



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultetet for realfag og teknologi (REALTEK)

Veileder : Arve Heistad

Hygienisering av utløpsvann fra minirensesanlegg i Drammensregionen.

Disinfection of effluents from package treatment plants in the eastern part of Norway.

Sunniva Ygre Fines

Vann- og miljøteknikk

Fakultetet for realfag og teknologi

Forord

Denne masteroppgaven i Vann- og miljøteknikk er skrevet for Fakultet for realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) og for Tilsynskontoret for små avløpsanlegg i Drammensregionen (Tilsynet). Arbeidet med oppgaven startet da jeg ble ansatt som prøvetaker hos Tilsynet sommeren 2017. Gjennom sommerjobben hos Tilsynet fikk jeg masse verdifull erfaring som har kommet til svært god nytte under gjennomføringen av masterarbeidet. Jeg ønsker å takke veilederne mine, Arve Heistad (NMBU) og Nina Alstad Rukke (Tilsynet) for mange lange inspirerende samtaler, stor frihet, masse tillit og for at dere alltid var villige til å dele deres erfaring og kunnskap med meg. Jeg vil gjerne også takke Tilsynskontoret for små avløpsanlegg i Drammensregionen for finansiering av feltarbeidet og for lån av bil og prøvetakingsutstyr. Anders Surlien, du fortjener en stor takk for både god opplæring i prøvetakingsprosedyrer, veiledning under forberedelsene til feltarbeidet, uvurdelig hjelp med en rekke praktiske problemer og for at du alltid har vært tilgjengelig. Ina Rassmussen, takk for bistand under feltarbeidet og for mange inspirerende samtaler. Takk til Fasil Ejigu Eregno, Knut Kvaal, Federico Cammelli, Ross Wetherbee og Erlend Fines for hjelp og veiledning i det statistiske arbeidet. Tusen takk til alle anleggseierne som lot meg gjøre feltarbeid i hagen deres. Tom Ringstad, takk for lån av bilbatteri og for teknisk bistand. Takk til Mari Svanemyr for korrekturlesning av oppgaven og for å ha gjort studietiden min ved NMBU enda bedre. Takk til Stein Olav Kolle, for at du brukte en hel ettermiddag på å snekre en boks i isopor som aldri ble brukt, og for ditt engasjement i å fikse det mystiske batteriet som til slutt viste seg å ikke være et batteri allikevel. Karoline Dahl Myrstad og Paul Beaumont, takk for dyrebare støtte, gode råd, og all kjærligheten. Takk til Capoeira-gruppa i Ås som har gitt meg gledesfylte, veltrengte pusterom under hele studietida. Karl Henrik Gundersen, takk for alt du har lært meg om mikroorganismer, og for all den gode energien. Og ikke minst, en stor stor takk til Vegard Nilsen, for at du bretta opp armene, ofra fritida di for å lese igjennom oppgaven min, og ga uvurdelig og veltrengt veiledning i den siste fasen.

Sammendrag

Flere norske kommuner krever installasjon av hygieniseringstrinn i minirenseanlegg som har direkte utslipp av utløpsvann til overflateresipienter. Hensikten med denne studien har vært å forsøke å evaluere om denne praksisen faktisk fører til en reduksjon av risikoen for potensielt utslipp av patogene mikroorganismer til omgivelsene. Arbeidet har bestått av statistiske analyser av et historisk datasett og av en feltstudie hvor 16 små avløpsrenseanlegg ble prøvetatt jevnlig over en periode på 12 uker. Det historiske datasettet besto av prøveresultater og data fra små avløpsanlegg samlet inn av Tilsynskontoret for små avløpsanlegg i Drammensregionen (Tilsynet) i perioden 2013-2017. Prøveresultatene inkluderte målte verdier av *E. coli*, intestinale enterokokker, total fosfor, biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅), turbiditet og pH i utløpsvannet, samt temperaturen i anlegget. Datasettet inkluderte også informasjon om blant annet anleggstype/modell, dimensjonert pe, antall personer tilknyttet adressen, tømmedato og eventuelt type hygieniseringstrinn – som enten besto av UV-bestråling, tilsetning av peroksid eller filtrering. Anleggene i feltstudien inkluderte 12 minirenseanlegg, hvor alle de tre ulike hygieniseringsmetodene var representert, og fire filteranlegg som mottok ubehandlet totalavløp. Utløpsprøvene i feltstudien ble i tillegg til parameterne nevnt ovenfor analysert for *C. perfringens*, nitrat og nitritt. Datamaterialet ble analysert ved kjikvadrat-testing, variansanalyse (ANOVA), t-tester, Levene's test for homogen varians, Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ , regresjonsmodellering og prinsipalkomponentanalyse (PCA). Motivet var å undersøke om det fantes signifikante forskjeller på anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn og på de ulike typene hygieniseringsmetodene når det gjaldt utløpsverdier av indikatororganismer, og å undersøke hvilke faktorer som kan bidra til eliminering og/eller fjerning av indikatororganismer i et minirenseanlegg. Analyse av prøveresultatene som forelå i Tilsynets datasett gir ikke grunn til å tro at installasjon av hygieniseringstrinn fører til en vesentlig reduksjon av risikoen for utslipp av eventuelle patogene mikroorganismer til omgivelsene. Prøveresultatene fra feltstudien viste også at utløpskonsentrasjonene av indikatorbakterier fra minirenseanlegg kan variere betydelig fra uke til uke, noe som betyr at en stikkprøve ikke nødvendigvis vil være representativ for anleggenes generelle utløpskonsentrasjoner. Lav pH, lavt innhold av BOF₅ og høyt innhold av nitritt/nitrat i utløpsvannet viste samsvar med lave utløpskonsentrasjonen av indikatororganismer.

Abstract

Several Norwegian municipalities require disinfection of outgoing water from package treatment plants if the effluent is released to surface recipients. The incentive for this study was to investigate if the installation of disinfection treatment steps in package treatment plants results in an actual reduction regarding the risk of releasing pathogen microorganisms to the environment. The study included statistical analyses of a historical data set and a field study where 16 small wastewater treatment units was frequently sampled over a period of 12 weeks. The historical data set consisted of measured effluent values and additional data from package treatment plants collected by Tilsynskontoret for små avløpsanlegg i Drammensregionen, an intermunicipal regulatory agency for small wastewater treatment plants in the eastern part of Norway, from 2013 to 2017. The data set consisted of effluent measurements of *E. coli*, intestinal enterococci, total phosphorous, biochemical oxygen demand (BOD₅), pH, turbidity and temperature. The data set also consisted of information regarding the plant type/model, the number of person equivalents the plant was designed for, the number of residents, date of sludge emptying and, if present, the type of disinfection unit – which either consisted of UV-irradiation, addition of peroxides or filters. There was also remarks regarding the general state of the plant when it was sampled. The treatment plants in the field study included 12 package treatment plants, among which all three types of disinfection units were represented, and four filter plants who received untreated blackwater. In addition to the effluent measurements mentioned above the effluent samples from the field study was also analysed for *C. perfringens*, nitrite and nitrate. The data material was analysed by Pearson's χ^2 -test/Fishers Exact Test for Count data, analysis of variance (ANOVA), t-tests, Levene's test, Kendall's rank correlation coefficient τ , regression models and principal component analysis (PCA). The incentive was to investigate if there were significant differences between the package treatment plants who included a disinfection unit and those who did not and between the different types of disinfection methods regarding effluent concentrations of indicator bacteria, and to investigate what factors which can contribute to elimination and/or inactivation of indicator bacteria in a package treatment plant. The analysis of the effluent sample data from the historical data set suggest that installation of disinfection units in package treatment plants does not result in any considerable reduction regarding the potential risk of releasing pathogens to the receiving surface waters. The samples from the field study revealed that outlet concentrations of indicator bacteria can vary immensely from week to week, which demonstrates that a single effluent sample will not necessarily be representative for the plants general outlet concentrations. Low pH, low BOF₅ contents and high of nitrite/nitrate in the effluent was associated with low outlet concentrations of indicator bacteria.

Innhold

1	Innledning	1
2	Minirenseanlegg	4
2.1	Evaluering renevirkningen til minirenseanlegg	5
2.2	Indikatororganismer	6
2.2.1	Grenseverdier for indikatorer	8
3	Årsaker til inaktivering og/eller eliminasjon av mikroorganismer i avløpsvann i minirenseanlegg.	10
3.1	Inaktivering som følge av "naturlige" årsaker	10
3.2	Inaktivering og/eller eliminering som følge av konvensjonell vannbehandling	11
3.2.1	Forbehandling: Slamavskiller	12
3.2.2	Sekundærbehandling: Biologisk rensetrinn	12
3.2.3	Tertiærbehandling: Kjemisk felling	13
3.2.4	Empiri	14
3.3	Inaktivering og eliminering som følge av hygienisering	14
3.3.1	Filtrering	14
3.3.2	UV	15
3.3.3	Kjemisk hygienisering: peroksider	16
4	Materialer og metoder	18
4.1	Statistisk analyse av Tilsynets datasett	18
4.1.1	Datakvalitet og korreksjoner	20
4.1.2	Kategorisering	21
4.1.3	Statistiske metoder	22
4.1.4	Risiko for Type-1 feil	25
4.1.5	Bønneplott	25
4.2	Feltarbeid	26
4.2.1	Prøvetaking	28
4.2.2	Karusellprøvetaking av Wallax-anlegg	31
4.2.3	Statistiske analyser av feltdata	32
5	Resultater fra Tilsynets datasett	33

5.1	Utløpskonsentrasjoner og tilfredsstillelse av gjeldende rensekrav .	33
5.1.1	Minirenseanlegg <i>uten</i> hygieniseringstrinn	38
5.1.2	Ulike hygieniseringsmetoder	38
5.1.3	Undergrupper av kjemisk hygienisering	40
5.1.4	Undergrupper av filtre	40
5.1.5	Ulike leverandører/typer anlegg	41
5.2	Intestinale enterokokker som indikasjon på lang oppholdstid . . .	45
5.3	Forskjeller imellom ulike kategorier/grupper	46
5.3.1	Anlegg <i>med</i> og <i>uten</i> hygieniseringstrinn	46
5.3.2	Ulike typer hygienisering	48
5.3.3	Undergrupper av kjemisk hygienisering	52
5.3.4	Ulike typer anlegg / leverandører	53
5.3.5	Anlegg som har lave utløpsverdier av indikatororganismer og anlegg som har høye utløpsverdier av indikatororganis- mer.	55
5.4	Prinsipalkomponentanalyse (PCA)	59
5.4.1	PCA Utvalg-1a	59
5.4.2	PCA Utvalg-1b	61
5.4.3	Utvalg-2b	63
5.5	Korrelasjon ; Kendall's rang	65
5.5.1	Alle minirenseanlegg	65
5.5.2	Anlegg med filter som hygieniseringsmetode	69
5.5.3	Anlegg med UV som hygienisering	69
5.5.4	Anlegg med kjemisk hygienisering	69
5.5.5	Anlegg <i>uten</i> hygienisering.	69
5.6	Regresjonsmodeller	74
5.7	Grenseverdier av øvrige parametere og påvirkning på indikator- bakterier	75
5.7.1	BOF ₅	75
5.7.2	Total fosfor	76
5.7.3	Turbiditet	78
5.7.4	pH	79
5.7.5	Antatt belastning på anlegget	80
5.7.6	Temperatur	81
5.7.7	Øvrige numeriske parametere	81
5.8	Tid : Stabilt eller ustabilt?	82
5.8.1	Utvikling fra år til år	82
5.8.2	Utvikling fra år til år for Wallax-anlegg	82
5.8.3	Enkeltanleggs utvikling	83
5.9	Merknader gjort av prøvetaker for anlegg som ikke tilfredsstiller rensekrav for <i>E.coli</i>	85
6	Resultater fra feltstudien	87
6.1	Tilstanden på anleggene under prøveperioden	88
6.2	Renseprestasjoner	91

6.3	Stabilitet, varians og kovarians for indikatororganismene	91
6.4	Korrelasjoner	93
6.4.1	Indikatororganismene og utløpsvannets innhold av nitritt/ nitrat	95
6.5	Karusellprøvetaking av Wallax-anlegg	96
7	Diskusjon	98
7.1	Indikatororganismene	98
7.2	Hygieniseringseffekten	100
7.3	Ulike hygieniseringsmetoder	100
7.3.1	UV	100
7.3.2	Kjemikalier	102
7.3.3	Filtre	104
7.4	Påvirkningsfaktorer	106
7.4.1	pH	106
7.4.2	Organisk stoff	107
7.4.3	Nitritt og nitrat	108
7.4.4	Antatt belastning på anlegget	108
7.4.5	Generell rensegrad	109
7.4.6	Temperatur	110
7.5	Stabilitet og utvikling over tid	110
7.6	Feilkilder	111
7.7	Konklusjon	112
A	Statistiske parametere for numeriske variabler i datasettet	122
A.1	Ulike hygieniseringsmetoder	122
A.1.1	Ulike typer filter	124
A.2	Ulike leverandører	126
B	Resultater fra Welch t-test, ANOVA, Levene's test og kjikvadrattest	129
B.1	Forskjeller mellom anlegg <i>med</i> og <i>uten</i> hygieniseringstrinn : Re- sultater fra Welch t-test, Levene's test og kjikvadrattest	129
B.2	Forskjeller mellom gruppene F-U-K-X : Resultater fra ANOVA, Welch ANOVA, Tukey Post Hoc, Games-Howell post hoc, Levene's test og kjikvadrattest	130
B.2.1	Levene's test	130
B.2.2	ANOVA	131
B.2.3	Resultater fra post hoc tester	132
B.2.4	Kjikvadrattest	133
B.2.5	Resultater fra Welch t-test for test av forskjeller i mellom gjennomsnitt av indikatororganismer i anlegg hvor det til- settes pereddiksyre og i anlegg hvor det tilsettes hydrogen- peroksid	134

B.2.6	Resultater fra Welch t-test for test av forskjeller i BOF ₅ i Odin/Biovac-anlegg med og uten hygieniseringstrinn	136
B.3	Forskjeller mellom gjennomsnitt for indikatorer for anleggstyper; Resultater fra Levene's test og ANOVA	136
B.4	Forskjeller mellom anlegg <i>med</i> og <i>uten</i> hygieniseringstrinn, type anlegg/leverandører	137
B.4.1	Resultater fra Welch t-test	137
B.4.2	Resultater fra kjiqvadrattest	138
B.5	Forskjeller på anlegg som presterer godt og anlegg som presterer dårlig med tanke på fjerning av indikatororganismer: Resultater fra Welch t-test	139
B.5.1	Forskjeller mellom anlegg som tilfredstiller rensekrav for <i>E.</i> <i>coli</i> og anlegg som ikke tilfredsstiller rensekrav for <i>E.coli</i>	140
B.5.2	Forskjeller mellom anlegg som har utløpsverdier under satt grenseverdi for <i>I. enterokokker</i> og anlegg som har utløps- verdier over satt grenseverdi <i>I. enterokokker</i>	142
C	Prinsipalkomponentanalyse (PCA), fullstendige resultater	145
C.1	Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 1a	145
C.2	Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 1b	160
C.3	Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 2a	165
C.4	Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 2b	170
D	Negativ binomial regresjonsmodell	175
D.1	For anlegg med hygieniseringstrinn	175
D.1.1	Modell for <i>E. coli</i>	175
D.1.2	Modell for i. enterokokker	178
D.2	For anlegg uten hygieniseringstrinn	183
E	Andel utløpsverdier av <i>E. coli</i> og i. enterokokker under rensekrav/ grense- verdi ved ulike grenseverdier for numeriske parametere i datasettet	187
E.1	BOF ₅	187
E.2	Total fosfor	190
E.3	Turbiditet	192
E.4	pH	195
E.5	Temperatur	198
E.6	Dimensjonert pe	200
E.7	Dim. pe/pers. tilkn. eiendommen	201
E.8	Tid siden tømning ved prøvetakingstidspunkt	202
F	Feltstudie	203
F.1	Analyseresultater	203
F.2	Statistiske parametere for numeriske variabler. Anleggstyper i feltstudien.	225

F.3	Kendall's rank korrelasjonskoeffesient for parametere målt i felt. Gruppert etter anleggstyper/etterpoleringsmetoder.	227
F.4	Resutater fra karusellprøvetaking av Wallax-anlegg	229
F.5	ANOVA : Validering av utvalg til feltstudie	231

Figurer

2.1	Eksempel på hvordan et minirenseanlegg kan se ut. Teknisk tegning av Klargester BioDisc minirenseanlegg fra SINTEF Teknisk Godkjenning (Thelin 2011d). Figuren er forenklet/redigert og oversatt til norsk.	4
2.2	Forhold mellom indikatorbakterier i human avføring og relativ overlevelsessevne ved utslipp til vann. For <i>E.coli</i> i ferskvann på ca. 20°C utsatt for dagslys, vil tallet 1 tilsvare ca. 1 uke (Folkehelseinstituttet 2016).	7
4.1	Eksempel på bønneplott	25
4.3	Odin-anlegg. (a) Biologisk og kjemisk rensetrinn, (b) prøvetaking i hygieniseringstrinn.	28
4.4	Klargester-anlegg. (a) Overblikk over anlegget prøvetaking under UV-lampe (b).	28
4.5	Wallax-anlegg. (a) Kjemisk fellingstrinn, (b) prøvetaking i pumpekum.	29
4.6	Prinsippskisse av våtmarksfilter fra HACO fra søknad om utslippstillatelse for anlegg F4.	30
4.7	Karusellprøvetaking ved anlegg W2	31
5.1	Fordeling av <i>E. coli</i> -verdier i utløpsvann, minirenseanlegg med hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under rensekra- vet på 1000 MPN/100 ml.	34
5.2	Fordeling av i. enterokokker-verdier i utløpsvann, minirenseanlegg med hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml.	34
5.3	Fordeling av målte total fosfor-verdier i utløpsvannet, alle minirenseanlegg. Grønne søyler viser målte verdier under rensekra- vet på 1 mg/l.	35
5.4	Fordeling av målte BOF ₅ -verdier i utløpsvannet, alle minirenseanlegg. Grønne søyler viser målte verdier under rensekra- vet på 25 mg/l.	35
5.5	Fordelingen av målte <i>E. coli</i> -verdier i utløpsvannet, anlegg uten hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under rensekra- vet på 1000 MPN/100 ml.	38

5.6	Søylene viser antall prøver analysert for <i>E. coli</i> i anlegg som benytter henholdsvis filtre (F), kjemikalier (K) og UV-bestråling (U) for hygienisering av utløpsvannet. Grønne seksjoner viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekraft for <i>E. coli</i>	39
5.7	Søylene viser antall prøver analysert for i. enterokokker i anlegg som benytter henholdsvis filtre (F), kjemikalier (K) og UV-bestråling (U) for hygienisering av utløpsvannet. Grønne seksjoner viser andel vannprøver med verdier for i. enterokokker under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml.	39
5.8	Søylene viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekraft for <i>E. coli</i> . Anlegg med hygienisering. X-aksen viser type anlegg.	42
5.9	Søylene viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som har verdier av i. enterokokker ≤ 350 -cfu/100-ml. Anlegg med hygienisering. X-aksen viser type anlegg.	42
5.10	Søylene viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekraft for total fosfor X-aksen viser type anlegg.	43
5.11	Søylene viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekraft for BOF ₅ . X-aksen viser type anlegg.	43
5.12	Bønneplott. Fordelingstetthet til <i>E. coli</i> i minirensenanlegg med hygieniseringstrinn (O) og i minirensenanlegg uten hygieniseringsstrinn (X).	46
5.13	Bønneplot. Fordelingstettheten av <i>E. coli</i> i gruppene F–U–K.	50
5.14	Bønneplot. Fordelingstetthet av i. enterokokker i gruppene F–U–K.	50
5.15	Bønneplott. Fordelingstettheten til ulike numeriske parametere, inndelt etter om anleggene tilfredsstillere rensekraft for <i>E.coli</i> (0) eller ikke (1).	56
5.16	Bønneplott. Fordelingstettheten til ulike numeriske parametere, inndelt etter om anleggene har utløpsverdier under 350 cfu/100 ml av i. enterokokker (0) eller ikke (1).	58
5.17	Forklart varians og ladningsplott for PC1-PC2, Utvalg-1a.	59
5.18	Score-plot for Utvalg-1a, prinsipalkomponent 1 (PC1) og 2 (PC2).	60
5.19	Forklart varians og ladningsplott for analyse av Utvalg-1b.	61
5.20	Score-plot for Utvalg-1b, prinsipalkomponent 1 og 2.	62
5.21	Forklart varians og ladningsplott for analyse av Utvalg-2b.	63
5.22	Score-plot for Utvalg-2b, PC1-PC2.	64
5.23	Spredningsplott av (a) <i>E. coli</i> og pH, (b) i. enterokokker og pH.	65
5.24	Spredningsplott av (a) <i>E. coli</i> og BOF ₅ , (b) i. enterokokker og BOF ₅	65
5.25	Spredningsplott av (a) <i>E.coli</i> og total fosfor, (b) i. enterokokker og total fosfor.	67
5.26	Andel minirensenanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstillere rensekraft for <i>E.coli</i> og (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for BOF ₅	75

5.27	Andel anlegg som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> under/over ulike grenseverdier for BOF ₅ . (a) Anlegg med filtre som hygienisering, (b) anlegg uten hygienisering.	76
5.28	Andel minirenseanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for total fosfor.	77
5.29	Andel anlegg som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> under/over ulike grenseverdier for total fosfor. (a) Anlegg uten hygieniseringstrinn, (b) anlegg med UV som hygienisering.	77
5.30	Andel minirenseanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml ved ulike grenseverdier for turbiditet.	78
5.31	Andel filter-anlegg (a) og andel anlegg uten hygienisering (b) som tilfredsstillere rensekrav <i>E.coli</i> ved ulike grenseverdier for turbiditet.	79
5.32	Andel minirenseanlegg som (a) tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for pH.	79
5.33	Andel minirenseanlegg som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> . (a) Anlegg som tilsetter hydrogenperoksid og (b) anlegg som tilsetter pereddiksyre i utløpsvannet.	80
5.34	Andel minirenseanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> og (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget.	80
5.35	Andel UV-anlegg som (a) tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> og (b) har utslippsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for temperatur.	81
6.2	Frosker i anlegg U1.	88
6.3	Hygieniseringskummen til anlegg U3 i uke 10.	89
6.4	Vannstrøm ut av biofilteret etter manuell oppstart av pumpe i Wallax-anlegg.	90
6.5	Forenklet oversikt over prøveresultater for indikatororganismene, total fosfor, BOF ₅ og turbiditet fra feltstudien. Prøver med verdier over rensekrav/satt grenseverdi er fargelagt.	94
6.6	Spredningsplott av (a) nitrat og i. enterokokker og (b) nitrat og <i>C. perfringens</i> . Gul strek markerer nitrat=15 000 μ g/l.	95
C.1	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH og temperatur. Laddningsplot, "fit" og forklart varians.	146
C.2	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH og temperatur. Laddningsplot, "fit" og forklart varians.	147
C.3	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 2.	148

C.4	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 2.	149
C.5	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.	150
C.6	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.	151
C.7	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 4.	152
C.8	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 4.	153
C.9	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.	154
C.10	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.	155
C.11	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 4.	156
C.12	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 4.	157
C.13	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 3 og 4.	158
C.14	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 3 og 4.	159
C.15	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH og temperatur. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.	161
C.16	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 2.	162
C.17	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.	163
C.18	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; <i>E.coli</i> , total fosfor, BOF ₅ , turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.	164
C.19	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.	166
C.20	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 2.	167
C.21	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 3.	168
C.22	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 2 og 3.	169
C.23	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.	171

C.24	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 2.	172
C.25	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 3.	173
C.26	Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF ₅ , turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 2 og 3.	174

Tabeller

2.1	Rensekrav for avløpsvann fra "bolighus, hytter, turistbedrifter og lignende virksomhet med utslipp mindre enn 50 pe". Årlig middelverdi. (Forurensningsforskriften, 2004, §12-8 og §12-9)	5
2.2	Badevannsklassifisering av ferskvann og assosierte grenseverdier for indikatororganismer i EU's badevannsdirektiv (<i>Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing the Directive 76/160/EC 2006</i>).	8
2.3	Konsentrasjon av indikatororganismer i ubehandlet avløpsvann (World Health Organization 2003).	8
3.1	Overlevelse for ulike organismer i utvalgte medier ved 20-30°C (World Health Organisation 2006)	11
4.1	Ulike typer minirenseanlegg prøvetatt av Tilsynet for små avløpsanlegg. Beskrivelse av anlegg og renseprosess.	19
4.2	Forventede innløpskonsentrasjoner av total fosfor, BOF ₅ , suspendert stoff (SS) og totale koliforme bakterier (TKB). Små avløpsanlegg (Yri et al. 2007).	20
4.3	Anlegg i feltstudien. Anleggstype/hygieniseringsmetode, dimensjonert pe, antall personer bosatt på adressen, og prestasjoner ved siste prøvetaking (for feltstudiestart).	26
5.1	Statistiske parametere for alle numeriske variabler i Tilsynets datasett. Alle minirenseanlegg.	33
5.2	Utløpskonsentrasjoner i forhold til gjeldende rensekrav. Alle minirenseanlegg. Totalt antall prøver og prosent.	37
5.3	Andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> og har verdier av i. enterokokker under 350 cfu/100 ml for undergrupper som benytter kjemisk hygienisering.	40

5.4	Andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> og som har verdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml for undergrupper av hygieniseringsfiltre.	41
5.5	Renseprestasjoner i forhold til rensekrav for <i>E. coli</i> , i anlegg uten installert hygieniseringstrinn, inndelt etter anleggstyper.	44
5.6	Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test, Levene's test for homogen varians og kjikvadrattest. Gruppen med hygienisering (O) mot gruppen uten hygienisering (X). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	47
5.7	Testede gjennomsnitt og p-verdier fra ANOVA. Gruppene F-U-K-X mot hverandre. Resultater for indikatororganismer, samt signifikante resultater for øvrige numeriske parametere. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	48
5.8	Andel utløpsprøver under rensekrav/grenseverdi av indikatororganismer og p-verdier fra kjikvadrattest. Gruppene F-U-K-X mot hverandre. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	49
5.9	Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test og kjikvadrattest. Gruppen som benytter pereddiksyre (P) mot gruppen som benytter hydrogenperoksid (H). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	52
5.10	Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Odin- og Biovac-anlegg med hygienisering (O) mot Odin- og Biovac-anlegg uten hygienisering. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	53
5.11	Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test. Målte verdier av <i>E. coli</i> /frekvens av anlegg som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> for "de fem store" anleggstypene med hygienisering (O) mot utløpsprøver fra "de fem store" anleggstypene uten hygienisering (X). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	54
5.12	Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Gruppen som tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> (0) mot gruppen som ikke tilfredsstillere rensekrav for <i>E. coli</i> (1). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	55
5.13	Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Gruppen som har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml mot gruppen som har utløpsverdier > 350 cfu/100 ml. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$	57
5.14	n-verdier. Alle minirenseanlegg	66
5.15	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Alle minirenseanlegg. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)	66
5.16	n-verdier (Antall datapunkter). Alle minirenseanlegg hvor utløpskonsentrasjoner av BOF ₅ < 100 mg/l og total fosfor < 15 mg/l	68
5.17	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Alle minirenseanlegg hvor BOF ₅ < 100 mg/l og total fosfor < 15 mg/l. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)	68
5.18	n-verdier (antall datapunkter). Minirenseanlegg med filter som hygienisering.	70

5.19	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirenseanlegg med filter som hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)	70
5.20	n-verdier. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.	71
5.21	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirenseanlegg med UV som hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultat ($p < \alpha = 0.05$)	71
5.22	n-verdier. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.	72
5.23	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$).	72
5.24	n-verdier. Minirenseanlegg uten hygienisering.	73
5.25	Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirenseanlegg uten hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$).	73
5.26	Suksessrate, rensing av næringsstoffer, sortert etter år. Alle minirenseanlegg.	82
5.27	Suksessrate, rensing av indikatorbakterier, anlegg med hygieniseringstrinn. <i>E. coli</i> ift. til renskrav, i. enterokokker ift. satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml. Utvikling over tid. Minirenseanlegg med hygieniseringstrinn.	82
5.28	Suksessrate for Wallax-anlegg, rensing av næringsstoffer, sortert etter år.	83
5.29	Suksessrate, Wallax-anlegg, rensing av indikatorbakterier, sortert etter år.	83
5.30	Prøveserier. <i>Stabile anlegg</i> : Minirenseanlegg som enten tilfredsstiller renskrav i alle eller ingen prøverunder.	84
5.31	Prøveserier. Minirenseanlegg som <i>forbedres</i> eller <i>forverres</i> i løpet av prøvetakingsperioden	84
5.32	Prøveserier. <i>Ustabile</i> prøveresultater	84
5.33	Meldinger fra prøvetaker som indikerer at anlegget ikke fungerer, for anlegg som har høye verdier for <i>E.coli</i>	86
6.1	Varians av prøveresultater av indikatororganismer for de ulike anleggstypene i feltstudien.	92
6.2	Gyldige resultater fra parvis ikke-parameterisk korrelasjonsanalyse for UV-anlegg i feltstudien, Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi.	93
6.3	Antall anlegg med lave verdier av indikatororganismer/Antall anlegg med hhv. nitrat $\geq 15\ 000\ \mu\text{g}/\text{l}$ og nitritt $\geq 250\ \mu\text{g}/\text{l}$. Alle anlegg i feltstudien.	95
A.1	Statistiske parametere for alle numeriske variabler i Tilsynets datasett. Alle minirenseanlegg.	122
A.2	Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg uten hygieniseringstrinn, men hvor utløpsvannet er analysert for <i>E. coli</i> *.	122

A.3	Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med UV som hygienisering av utløpsvannet*	123
A.4	Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med kjemisk hygienisering av utløpsvannet*	123
A.5	Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med filtre for hygienisering av utløpsvannet*	123
A.6	Statistiske parametere for numeriske variabler. HACO-filtre*	124
A.7	Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio-filtre*	124
A.8	Statistiske parametere for numeriske variabler. Wallax biofiltre*	124
A.9	Statistiske parametere for numeriske variabler. Filter uspesifisert.*	125
A.10	Statistiske parametere for numeriske variabler. August minirensesanlegg	126
A.11	Statistiske parametere for numeriske variabler. Biovac minirensesanlegg	126
A.12	Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio Weho minirensesanlegg	126
A.13	Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio Uponor minirensesanlegg	126
A.14	Statistiske parametere for numeriske variabler. Ipec minirensesanlegg	127
A.15	Statistiske parametere for numeriske variabler. Klargester (Kingspan) minirensesanlegg	127
A.16	Statistiske parametere for numeriske variabler. Klaro minirensesanlegg	127
A.17	Statistiske parametere for numeriske variabler. Odin minirensesanlegg	127
A.18	Statistiske parametere for numeriske variabler. VPI minirensesanlegg	128
A.19	Statistiske parametere for numeriske variabler. Wallax minirensesanlegg	128
E.1	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF ₅ . Alle minirensesanlegg med hygienisering.	187
E.2	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF ₅ . Minirensesanlegg med hygieniseringsfiltre.	188
E.3	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF ₅ . Minirensesanlegg med UV som hygienisering.	188
E.4	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF ₅ . Minirensesanlegg med kjemisk hygienisering.	189
E.5	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF ₅ . Minirensesanlegg med uten hygienisering.	189

E.6	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Alle minirenseanlegg <i>med</i> hygienisering.	190
E.7	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre	190
E.8	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med UV som hygienisering	191
E.9	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.	191
E.10	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg <i>uten</i> hygienisering.	191
E.11	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Alle minirenseanlegg.	192
E.12	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg <i>med</i> hygienisering.	192
E.13	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.	193
E.14	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.	193
E.15	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.	194
E.16	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg <i>uten</i> hygienisering.	194
E.17	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg <i>med</i> hygienisering.	195
E.18	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier for pH. Alle minirenseanlegg.	195
E.19	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.	196
E.20	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.	196
E.21	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg hvor det tilsettes pereddiksyre i utløpet (Odin-anlegg).	196

E.22	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg hvor det tilsettes H ₂ O ₂ i utløpet.	196
E.23	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.	197
E.24	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg uten hygienisering.	197
E.25	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for temperatur. Minirenseanlegg med hygienisering.	198
E.26	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.	198
E.27	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.	199
E.28	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.	199
E.29	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg uten hygienisering.	199
E.30	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike verdier for dimensjonert pe. Alle minirenseanlegg.	200
E.31	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike verdier for dimensjonert pe. Minirenseanlegg med hygienisering.	200
E.32	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget. Alle minirenseanlegg.	201
E.33	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget. Minirenseanlegg med hygienisering.	201
E.34	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, inndelt etter hvor lenge siden det var siden anlegget ble tømt ved prøvetakingstidspunkt. Alle minirenseanlegg.	202
E.35	Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, inndelt etter hvor lenge siden det var siden anlegget ble tømt ved prøvetakingstidspunkt. Minirenseanlegg med hygienisering.	202
F.1	Analyseresultater for anlegg K1	203
F.2	Analyseresultater for anlegg K2	203
F.3	Analyseresultater for anlegg K3	204

F.4	Analyseresultater for anlegg K4	204
F.5	Analyseresultater for anlegg U1	204
F.6	Analyseresultater for anlegg U2	205
F.7	Analyseresultater for anlegg U3	205
F.8	Analyseresultater for anlegg U4	205
F.9	Analyseresultater for anlegg W1	206
F.10	Analyseresultater for anlegg W2	206
F.11	Analyseresultater for anlegg W3	206
F.12	Analyseresultater for anlegg W4	207
F.13	Analyseresultater for anlegg F1	207
F.14	Analyseresultater for anlegg F2	207
F.15	Analyseresultater for anlegg F3	208
F.16	Analyseresultater for anlegg F4	208
F.17	Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med kjemisk hygienisering (Odin-anlegg) i feltstudien	225
F.18	Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med UV hygienisering (Klargester-anlegg) i feltstudien	225
F.19	Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle filteranlegg (HACO/Biovac) i feltstudien	226
F.20	Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med biofiltre (Wallax-anlegg) i feltstudien	226
F.21	Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. Kjemisk etterpøling. Feltstudie.	227
F.22	Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. UV etterpøling. Feltstudie.	227
F.23	Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. Filter etterpøling. Wallax. Feltstudie.	228
F.24	Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. Filter anlegg. Feltstudie.	228
F.25	Resultater fra karusellprøvetaker, anlegg WA1	229
F.26	Resultater fra karusellprøvetaker, anlegg WA2	230
F.27	ANOVA. Nullhypotese : HACO-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle HACO-anlegg i Tilsynets datasett.	231
F.28	ANOVA. Nullhypotese: Klargester-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirenseanlegg i Tilsynets datasett.	231
F.29	ANOVA. Nullhypotese: Klargester-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Klargester-anlegg i Tilsynets datasett.	231
F.30	ANOVA. Nullhypotese: Odin-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirenseanlegg i Tilsynets datasett.	232
F.31	ANOVA. Nullhypotese: Odin-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Odin-anlegg i Tilsynets datasett.	232

F.32 ANOVA. Nullhypotese: Wallax-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirenseanlegg i Tilsynets datasett.	232
F.33 ANOVA. Nullhypotese: Wallax-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Wallax-anlegg i Tilsynets datasett.	232
F.34 ANOVA. Nullhypotese: Anleggsgruppene (Odin, Klargester, Wallax og HACO) har likt gjennomsnitt for testede parametere.	232

1 Innledning

Humanpatogener i utløpsvann fra minirenseanlegg representerer en potensiell risiko for vannbåren smitte og sykdomsutbrudd. Hygienisering av utløpsvannet kan være en måte å redusere denne risikoen på. Selv om mange minirenseanlegg har installert hygieniseringstrinn for fjerning eller inaktivering av mikroorganismer har kunnskapen om hvorvidt disse rensetrinnene faktisk fungerer etter hensikten frem til nå vært begrenset.

Kommunale avløpsrenseanlegg i Norge praktiserer generelt ikke hygienisering av utløpsvann da det antas at man oppnår tilstrekkelig reduksjon av patogeninnholdet gjennom konvensjonell vannbehandling og fordi utslipp ofte skjer til "robuste" resipienter. Undersøkelser gjennomført i Norge de siste ti årene har imidlertid vist at renseprestasjonene til minirenseanlegg er relativt upålitelige. En anseelig andel av minirenseanleggene greier ikke å tilfredsstille myndighetenes rensekraav for total fosfor, og enkeltanleggenes renseprestasjoner kan være svært varierende over tid (Yri et al. 2007, Johannessen & Eikum 2014). Sammenlignet med kommunale renseanlegg har minirenseanleggene betydelig mindre grad av tilsyn og prosesskontroll. De har dessuten vesentlig større variasjon i innkommende vannmengde igjennom døgnet og fra dag til dag og mottar generelt mer konsentrert avløpsvann (Heistad 2014, Johannessen et al. 2014). Feil dosering eller utilstrekkelig innmiks av fellingskjemikalier, for lav slamtømmefrekvens, overbelastning, feil på mekanisk/teknisk utstyr, feil installasjon, eller feil bruk (f.eks tilførsel av toksiske kjemikalier, våtservietter etc.) pekes på som mulige årsaker til at minirenseanleggene ikke fungerer optimalt (Johannessen & Eikum 2014).

Siden humanpatogener bare vil være til stede i human avføring dersom personen som har produsert avføringen er smittet av en sykdomsfremkallende organisme, vil patogenkonsentrasjonen i små systemer kjennetegnes av stor variasjon; svært høye konsentrasjoner når menneskene som er koblet på systemet er syke, og resten av tiden ingen eller svært lave konsentrasjoner (Jahne et al. 2017). Selv om det er en høyere sannsynlighet for at en syk person er koblet på et stort system, kan konsekvensene av å ha smittebærere koblet på et lite system være større siden dette gjerne resulterer i utslipp med svært høy patogenkonsentrasjon (Heistad et al. 2009). Tatt i betraktning minirenseanleggs dokumenterte lite tilfredsstillende prestasjoner, er det sannsynlig at det vil være et potensial for tidvis utslipp av svært høye konsentrasjoner av patogener fra slike anlegg. Områder med desentraliserte avløpsløsninger har

dessuten også ofte høy tetthet av lokal drikkevannsforsyning Heistad et al. (2009) og utslipp fra små avløpsrenseanlegg skjer ofte til følsomme resipienter som også brukes til for eksempel drikkevannuttak, landbruksvanning og bading (Yri et al. 2007).

Da Folkehelseinstituttet (FHI) ble konsultert i forbindelse med en rapport hvor ulike hygieniseringsløsninger for minirenseanlegg ble evaluert (Rawcliffe & Paulsrud 2010) advarte de imidlertid mot installasjon av hygieniseringstrinn i minirenseanlegg. De poengterer at hygieniseringstrinnene må fungere *hele tiden*, og ikke bare deler av tiden, *”for at det skal ha en mening”* å hygienisere vann som slippes ut til følsomme resipienter, for at hygienisering ikke skal gi en *”falsk trygget”*. De påpeker også at overvåkning av kvaliteten på utløpsvannet ved hjelp av *Escherichia coli* (*E. coli*) ikke vil gi tilstrekkelig informasjon om den faktiske smittefaren, siden *E. coli* har relativt lav toleranse for de fleste fysiske og kjemiske hygieniseringsmetodene sammenlignet med en del aktuelle sykdomsfremkallende organismer.

Denne masteroppgaven ble utført etter oppfordring fra Tilsynskontoret for små avløpsanlegg i Drammensregionen (heretter kalt Tilsynet), som er en interkommunal etat som eies av kommunene Lier, Drammen, Røyken, Hurum, Svelvik, Sande, Øvre og Nedre Eiker og Modum. Jordsmonnet i Tilsynets ansvarsområde består – i likhet med store deler av det norske lavlandet – i stor grad av marine leireavsetninger, og det er derfor ofte ikke mulig å infiltrere avløpsvann i lokale masser. Skal avløpsvann renses lokalt står valget derfor ofte mellom konstruerte filteranlegg eller minirenseanlegg. Siden minirenseanlegg har lavere investeringskostnad og mindre arealbehov enn filteranlegg, blir denne løsningen ofte foretrukket av huseiere og prosjekterende firma.

Det produseres store mengder frukt, bær og grønnsaker i Tilsynets ansvarsområde – matvarer som ofte ikke skrelles eller varmebehandles før de spises av forbrukerne. Mikrobiell forurensning av vannkilder som brukes til vanning av slike matvarer kan ha store helsemessige konsekvenser. Tilsynet krever derfor hygienisering av utløpsvann fra minirenseanlegg i sitt ansvarsområde ved utslipp til overflateresipient, og hadde sterk interesse for å undersøke om hygieniseringstrinn i små avløpsanlegg faktisk fungerer etter hensikten.

Arbeidet har bestått av analyse av data og prøveresultater samlet inn av Tilsynet i perioden 2013-2017, samt en feltstudie hvor 16 små avløpsanlegg (12 minirenseanlegg og fire filteranlegg) anlegg med ulike hygieniseringstrinn ble prøvetatt jevnlig over en 12-ukers-periode. Hensikten har vært å forsøke å svare på følgende:

Fungerer hygieniseringstrinnene i minirenseanlegg etter hensikten?

- Er de i stand til å redusere innholdet av mikroorganismer i utløpsvannet til akseptable verdier?

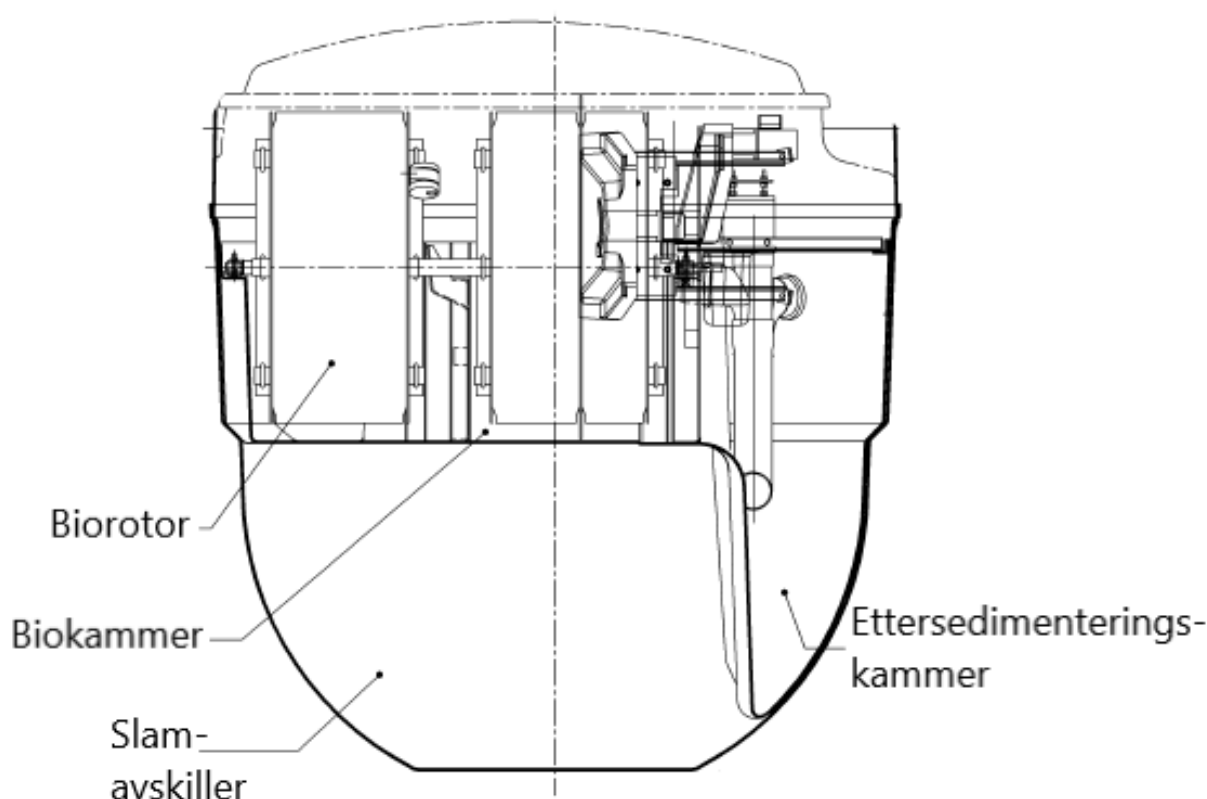
Hvilke faktorer påvirker grad av hygienisering?

- Er rensegraden av partikler, organisk stoff og total fosfor, belastningen på anlegget, størrelsen på anlegget og slamtømmefrekvens betingende for hygienise-

ringeffekten?

2 Minirenseanlegg

Minirenseanlegg er små avløpsrenseanlegg som betjener mellom 5-50 personekvivalenter (VA-Miljøblad nr. 52. *Minirenseanlegg*. 2009), hvor en personekvivalent ifølge *Forurensningsforskriften* er definert som "den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over fem døgn, BOF_5 , på 60 g oksygen per døgn" (*Forurensningsforskriften* 2004). De er i prinsippet små kompakte versjoner av konvensjonelle renseanlegg (figur 2.1) som renser avløpsvannet biologisk (aktivslam eller biofilm) og/eller kjemisk (utfelling av partikler, kolloider og fosfor ved tilsetning av fellingsskjemikalier) (Hensel & Yri 2008).



Figur 2.1: Eksempel på hvordan et minirenseanlegg kan se ut. Teknisk tegning av Klargester BioDisc minirenseanlegg fra SINTEF Teknisk Godkjenning (Thelin 2011d). Figuren er forenklet/redigert og oversatt til norsk.

2.1 Evaluering reisevirkningen til minirensaanlegg

Renseaanleggenes reiseprestasjoner evalueres vanligvis ut i fra deres evne til å tilfredsstille reisekrav fastsatt av myndighetene. I Norge har man tradisjonelt vært mer opptatt av eutrofieringsbegrensning enn av å hindre påslipp av mikroorganismer til resipientene, noe som gjenspeiles i Forurensningsforskriftens §12-8 og §12-9 reisekrav for små avløpsaanlegg (se tabell 2.1). Det stilles krav til reduksjon av total fosfor (Tot-P) og biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅) ved utslipp til normale og følsomme områder og til fjerning av suspendert stoff (SS) ved utslipp til mindre følsomme områder, men det er ingen fastsatte krav for mikroorganismer. Kommunen kan imidlertid i tillegg til reisekrav angitt i §12-8 og §12-9 angi ytterligere reisekrav i lokal forskrift dersom "forurensningsmessige forhold eller brukerinteresser" tilsier at dette er nødvendig (Forurensningsforskriften, 2004, §12-6).

Tabell 2.1: Reisekrav for avløpsvann fra "bolighus, hytter, turistbedrifter og lignende virksomhet med utslipp mindre enn 50 pe". Årlig middelerdi. (Forurensningsforskriften, 2004, §12-8 og §12-9)

Utslipp til resipient i følsomt og normalt område §12-8

...hvor det foreligger brukerinteresser 90% reduksjon av fosfor,
90% reduksjon av BOF₅

...hvor det er fare for eutrofiering, men ikke foreligger brukerinteresser 90% reduksjon av fosfor,
70% reduksjon av BOF₅

...hvor det verken foreligger brukerinteresser eller fare for eutrofiering 60% reduksjon av fosfor,
70% reduksjon av BOF₅

Utslipp til resipient i mindre følsomt område §12-9

20% reduksjon av SS eller
180 mg SS/l ved utslipp

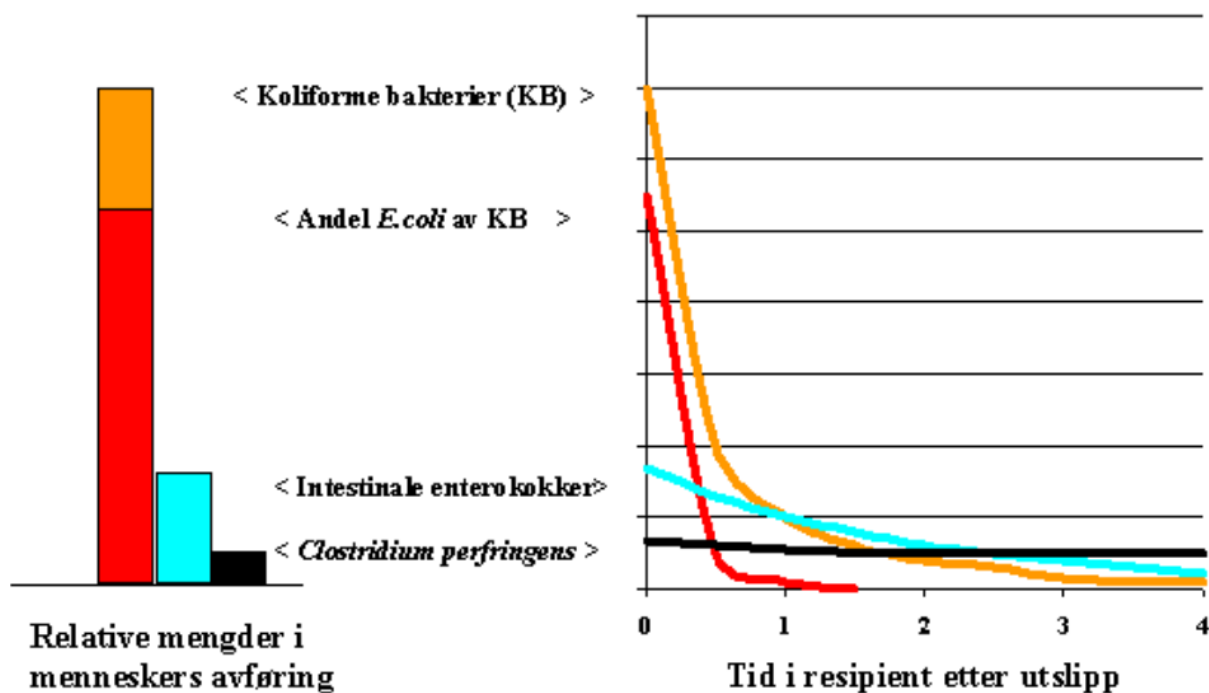
Johannessen & Eikum (2014) påpeker at det ikke er mulig å prøveta innløpsvann i minirensaanlegg, og at det derfor er umulig for kommunene å følge opp prosentkravet i Forurensningsforskriften. Siden innløpsvann i minirensaanlegg vil være svært inhomogent, vil det uansett ikke være hensiktsmessig å basere evaluering av reiseevnen på slike målinger (VA-Miljøblad nr. 52. *Minirensaanlegg*. 2009). Johannessen & Eikum (2014) anbefaler at minirensaanlegg heller vurderes ut i fra et *konsentrasjonskrav*. I Tilsynets ansvarsområde gjelder konsentrasjonskrav i utløpsvann fra små avløpsrensaanlegg på ≤ 1 mg Tot-P/l og ≤ 25 mg BOF₅/l. I tillegg er det krav om ≤ 1000 *E.coli*/100 ml i utløpsvann fra anlegg som har utslipp til overflateresipient.

2.2 Indikatororganismer

Fordi det både er vanskelig og kostbart å overvåke alle relevante vannbårne patogene mikroorganismer, er det vanlig å isteden overvåke såkalte *indikatororganismer*. En god indikator bør ha lignende (eller sterkere) evne til overlevelse i miljøet, og lignende respons til desinfeksjon som patogener. De bør kunne transporteres på lignende måte i naturen, med tanke på filtrering, sedimentering og adsorpsjon til partikler. Det bør dessuten være en sterk kvantitativ korrelasjon mellom konsentrasjonen av en indikatororganisme og graden av helserisiko. Indikatororganismer bør være til stede i større kvanta enn patogener, og være spesifikke for en bestemt fekal kilde (National Research Council 2004). Den perfekte indikatoren finnes ikke (National Research Council 2004). Patogene virus, bakterier, parasittiske protozoa og helminter vil ofte ikke reagere likt på ytre belastninger (som for eksempel desinfeksjon), og ha samme grad av overlevelse i miljøet som indikatororganismene (Ashbolt et al. 2001, National Research Council 2004, Mezzanotte et al. 2007). Koblingen i mellom patogener og indikatororganismer er dessuten (relativt) diffus (Wu et al. 2011, Ashbolt et al. 2001). Det er derfor viktig å være klar over begrensningene til de ulike indikatorene, og hva de faktisk kan fortelle om vannkvaliteten. Koliforme bakterier (inkludert *E. coli*), fekale enterokokker (inkludert intestinale enterokokker) og *Clostridium perfringens* er de mest benyttede indikatorbakteriene (Danielson & Cooper 2007, Folkehelseinstituttet 2012), og er i denne oppgaven benyttet som *prosessindikatorer* (Ashbolt et al. 2001) for å evaluere renseanleggenes evne til å fjerne mikroorganismer fra avløpsvannet.

Escherichia coli (*E. coli*) er en type termofil koliform bakterie og indikator for fersk fekal forurensning (Ashbolt et al. 2001). Dødeligheten øker i lyse, varme og salte omgivelser, og de overlever lengst i mørkt, kaldt ferskvann. De vanligste enteriske patogene mikroorganismene vil overleve omtrent like lenge som *E. coli* i miljøet ved like forhold (Folkehelseinstituttet 2012). Dette gjelder imidlertid ikke for persistente mikroorganismer, deriblant mange virus og protozoa, som vil overleve lenger enn *E. coli*, og dessuten er mer resistente mot desinfeksjon (Heistad 2008, Folkehelseinstituttet 2016). Om *E. coli* påvises i en vannprøve, er det derfor mulighet for at alle typer patogener kan være til stede (Folkehelseinstituttet 2012).

Intestinale enterokokker er en type fekal streptokokk som finnes i lavere antall i tarmen enn koliforme bakterier (Ashbolt et al. 2001). Selv om de ikke har evnen til å danne sporer, er intestinale enterokokker svært resistente mot ytre belastninger, og kan blant annet overleve ekstremverdier av pH, samt et temperaturspekter fra 10-45°C (Ramsey et al. 2014, Ashbolt et al. 2001). Intestinale enterokokker vil overleve lenger i vann enn koliforme bakterier (figur 2.2), og er regnes derfor som en bedre indikator for tarmvirus (Folkehelseinstituttet 2012, 2016). Når det er sagt, er det enda ikke bevist noen faktisk sammenheng i mellom intestinale enterokokker og virus (Boehm & Sassoubre 2014).



Figur 2.2: Forhold mellom indikatorbakterier i human avføring og relativ overlevelsessevne ved utslipp til vann. For *E.coli* i ferskvann på ca. 20°C utsatt for dagslys, vil tallet 1 tilsvare ca. 1 uke (Folkehelseinstituttet 2016).

Clostridium perfringens (*C. perfringens*) er en type sulfittreduerende klostridie og er den arten av klostridier som er sterkest assosiert med avføring til varmblodige dyr. *C. perfringens* er imidlertid bare tilstede i 13-35% av menneskelig avføring. Bakterien er obligat anaerob, men kan danne sporer som kan overleve svært lenge i vann (Ashbolt et al. 2001). Som vist i figur 2.2 antas antallet *C. perfringens* sporer å holde seg mer eller mindre stabilt selv lang tid etter de har forlatt tarmkanalen. *C. perfringens* benyttes ofte som indikator for om parasitt-cyster som *Giardia* eller *Cryptosporidium* kan være til stede i vannet (Folkehelseinstituttet 2012, 2016). En svakhet ved bruk av *C. perfringens* som indikator er at den er mer resistent enn de fleste enteriske patogener. Dette gjør den imidlertid samtidig til en egnet indikator for patogene organismer som har høy resistens mot desinfeksjon (Ashbolt et al. 2001).

Reduksjon av mikroorganismer angis gjerne i log-reduksjon eller i prosent reduksjon. Log-reduksjon (LR) er definert som (WaterRA 2014):

$$LR = \log_{10} \left(\frac{\text{innkommende antall levende mikroorganismer}}{\text{utgående antall levende mikroorganismer}} \right)$$

Reduksjon av antall mikroorganismer med 1 log tilsvarer dermed 90.0% reduksjon, 2 log tilsvarer 99.0% reduksjon, 3 log tilsvarer 99.9% reduksjon, og så videre (WaterRA 2014).

2.2.1 Grenseverdier for indikatorer

Tilsynet har satt grenseverdien for *E.coli* ved utslipp av utløpsvann til overflateresipienter til 1000/100 ml. Siden antall *E. coli* vil reduseres betydelig etter relativt kort oppholdstid i minirensenanlegget (figur 2.2), gir lave verdier av denne indikatoren egentlig ikke noen god garanti for at rensesprosessene som bidrar til inaktivering og eliminering av mikroorganismer i rensenanlegget faktisk er i funksjon. Tilsynet har derfor siden 2016 også analysert utløpsvann fra disse anleggene for intestinale enterokokker, siden disse organismene er noe mer resistente enn *E. coli* (figur 2.2). Om utløpsvannet fra et rensanlegg tilfredsstiller renskravet for *E. coli*, men har høy konsentrasjon av intestinale enterokokker, vil det derfor være grunn til å mistenke at lave verdier av *E. coli* kan skyldes oppholdstid, og at det foreligger en risiko for at utslippet av andre mikroorganismer fra anlegget kan være høyt. Det er foreløpig ikke satt noen grenseverdi for intestinale enterokokker i utløpsvannet.

Tabell 2.2: Badevannsklassifisering av ferskvann og assosierte grenseverdier for indikatororganismer i EU's badevannsdirektiv (*Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing the Directive 76/160/EC 2006*).

Indikator	Utmerket kvalitet	God kvalitet	Tilstrekkelig kvalitet	Måle-enhet
<i>E. coli</i>	500 ¹	1000 ¹	900 ²	[cfu/100ml]
Int. enterokokker	200 ¹	400 ¹	330 ²	[cfu/100ml]

¹ Basert på en 95-persentil evaluering.

² Basert på en 90-persentil evaluering.

Evaluering av indikatorene intestinale enterokokker og *C. perfringens* er i dette arbeidet er gjort ut i fra retningslinjer i EUs badevannsdirektiv og WHO's estimater for konsentrasjon av disse indikatororganismene i ubehandla kloakk (tabell 2.3). Om utslippskonsentrasjonen av intestinale enterokokker skal tilsvare vannkvalitetskategorien som oppnås ved gjeldende renskrav for *E. coli* ifølge EUs badevannsdirektiv, vil en rimelig grenseverdi antagelig ligge på mellom 330-400/100 ml (tabell 2.2). En utslippsverdi av *E. coli* på 1000/100 ml tilsvarer en logreduksjon av *E. coli* på 3.74 om man tar utgangspunkt i WHO's

Tabell 2.3: Konsentrasjon av indikatororganismer i ubehandlet avløpsvann (World Health Organization 2003).

Parameter	Antall pr. 100 ml
<i>E. coli</i>	10 ⁶ -10 ⁷
Fekale streptokokker/int. enterokokker	4.7·10 ³ -4·10 ⁵
<i>C. perfringens</i> sporer	6·10 ⁴ -8·10 ⁴

estimat på konsentrasjonen av *E. coli* i ubehandla avløpsvann (tabell 2.3). Om grenseverdien for intestinale enterokokker settes til 350/100 ml vil dette tilsvare en reduksjon på mellom en og tre log, og på 2.7 log om man tar utgangspunkt i det aritmetiske gjennomsnittet av den estimerte konsentrasjonen av disse organismene (tabell 2.3). En korrensponderende reduksjon av *C. perfringens* vil tilsvare en utslippskonsentrasjon på 150/100 ml.

3 Årsaker til inaktivering og/eller eliminasjon av mikroorganismer i avløpsvann i minirenseanlegg.

Innholdet av mikroorganismer i avløpsvann kan reduseres enten ved at de separeres fra vannet (eliminasjon) eller ved at de påføres ytre belastninger som gjør at de dør eller inaktiveres. Mekanismene som vil medføre inaktivering eller eliminasjon i et minirenseanlegg kan deles inn i tre kategorier; naturlige årsaker (inaktivering som følge av generelle miljøforhold i renseanlegget), konvensjonell vannbehandling og hygienisering.

3.1 Inaktivering som følge av "naturlige" årsaker

Selv uten noen som helst form for behandling, vil de fleste enteriske mikroorganismer dø utenfor tarmkanalen etter en viss *tid*. Hvor lenge de overlever avhenger av egenskaper hos de ulike organismene, og av graden av ytre belastninger de blir utsatt for. World Health Organisation (2006) og Schönning & Stenström (2004) presenterer en rekke faktorer som kan påvirke enteriske patogens evne til overlevelse. Miljøforhold av størst betydning i et minirenseanlegg vil være temperatur, pH, tilgang på næringsstoffer, oksygeninnhold og tilstedeværelse av ulike uorganiske og organiske kjemiske komponenter.

Ifølge World Health Organisation (2006) er temperatur den faktoren som har størst betydning for enteriske mikroorganismers evne til overlevelse utenfor tarmkanalen. Generelt vil høye temperaturer (>40-50°C) føre til økt dødelighet (World Health Organisation 2006, Schönning & Stenström 2004). Tilførsel av store mengder varmt vann, høye lufttemperaturer og/eller klart vær (soldager) kan muligens føre til at temperaturen i avløpsvannet stiger til skadelige nivåer.

De fleste mikroorganismer er tilpasset nøytral pH (~7), og vil derfor dø raskere i sure eller basiske miljøer (World Health Organisation 2006, Schönning & Stenström 2004). Noen virus kan imidlertid leve lenger ved lav pH, og en del bakterier trives under litt basiske forhold (World Health Organisation 2006). Om den naturlige pH'en i drikkevannet avviker fra nøytral – for eksempel på grunn av høyt kalkinnhold – vil dette trolig kunne bidra til økt dødelighet hos de patogene mikroorganismene i avløpsvannet.

Lav belastning og lang oppholdstid kan føre til mangel på næringsstoffer. Tilførsel av kjemikalier (som avløpsåpner eller klorin) eller medisinbruk (som antibiotika eller cellegift) kan også bidra til at færre patogener kommer seg ut av minirensanlegget med livet i behold. Tilstedeværelse av andre mikroorganismer og oksygeninnhold vil også ha betydning, men dette omtales nærmere i kapittel 3.2.2. Ved utslipp til overflateresipienter vil også UV-stråling fra sola bidra til inaktivering av mikroorganismene (World Health Organisation 2006).

Tabell 3.1: Overlevelse for ulike organismer i utvalgte medier ved 20-30°C (World Health Organisation 2006)

Organisme	Estimert "overlevelsestid" (dager)		
	I ferskvann og avløpsvann	På avlinger	I jord
Virus			
Enterovirus	<120, normalt <50	<60, normalt <15	<100, normalt <20
Bakterier			
Termotolerante koliforme	<60, normalt <30	<30, normalt <15	<70, normalt <20
<i>Salmonella</i> spp.	<60, normalt <30	<30, normalt <15	<70, normalt <20
<i>Shigella</i> spp.	<30, normalt <10	<10, normalt <5	-
<i>V.cholerae</i>	-	<5, normalt <2	<20, normalt <10
Protozoa			
<i>E. histolytica</i> cyster	<30, normalt <15	<10, normalt <2	<20, normalt <10
<i>Cryptosporidium</i> oocyster	<180, normalt <70	<3, normalt <2	<150, normalt <75
Helminter			
<i>Ascaris</i> egg	Flere år	<60, normalt <30	Flere år
Bendelorm egg	Mange måneder	<60, normalt <30	Mange måneder

Evnen til overlevelse – altså grad av *resistens* eller hardførhet – varierer fra patogen til patogen. Tabell 3.1 viser estimert levetid for ulike enteriske patogener når de befinner seg utenfor tarmkanalen. Helminter (rundormer) er mest robuste, mens bakterier generelt dør raskest av de ulike gruppene mikroorganismer (World Health Organisation 2006). Unntaket er sporeformende bakterier, som kan være svært resistente mot fysiske og kjemiske belastninger, og kan overleve vesentlig lenger enn bakterier som ikke danner sporer (Acea et al. 1988, Tronsmo 2016).

3.2 Inaktivering og/eller eliminering som følge av konvensjonell vannbehandling

Konvensjonell behandling av avløpsvannet kan gi vesentlig reduksjon av mikroorganismer, enten i form av at de dør/inaktiveres som følge av belastninger som påføres dem under behandlingsprosessen, eller ved at de separeres fra vannfasen.

3.2.1 Forbehandling: Slamavskiller

Partikkel-assosierte bakterier og virus, og helmint-egg og protozoa-(oo)cyster som har høy nok tetthet til å sedimentere, vil – avhengig av oppholdstiden i tanken – til en viss grad kunne separeres fra vannfasen (Feachem et al. 1983). Forbehandling i form av slamavskiller regnes imidlertid å i praksis gi ubetydelig reduksjon av enteriske mikroorganismer i vannstrømmen (Heistad 2014). Prosessen er allikevel viktig for å hindre gjentetting og for å minske belastningen på nedstrøms rensetrinn (Palm et al. 2002).

3.2.2 Sekundærbehandling: Biologisk rensetrinn

Selv om det biologiske rensetrinnets primærfunksjon er å fjerne organisk stoff, suspendert stoff og ofte næringsstoffer (nitrogen og fosfor) fra avløpsvannet, kan man, under optimale forhold i et storskale konvensjonelt renseanlegg, oppnå reduksjon av patogene bakterier og virus med ~ 2 log, protozoa-(oo)cyster med 0-1 log og helmint-egg med ~ 2 log, avhengig av avløpsvannets innhold av suspendert stoff (World Health Organisation 2006, Feachem et al. 1983). Tilstedeværelse av andre mikroorganismer vil generelt representere en trussel for enteriske patogener, enten direkte i form av predasjon eller utskillelse av toksiner og antagonister, eller indirekte i form av konkurranse om næringsstoffene (World Health Organisation 2006, Schönning & Stenström 2004). Bruk av aktivslam er mer effektiv enn andre biologiske metoder med tanke på patogen-reduksjon (Jiménez 2003). Både tilførsel av oksygen og sedimentering vil bidra til reduksjon av mikroorganismer. Sedimenteringsprosessen separerer organismer med høy tetthet (helmint-egg og protozoa-(oo)cyster), men også små, i utgangspunktet ikke-sedimenterbare organismer (som for eksempel *Giardia* og *Cryptosporidium*), som blir fanget i slam-fnökkene (Jiménez 2003, Feachem et al. 1983). Tilførsel av oksygen vil fremme antagonistiske reaksjoner mellom ulike mikroorganismer (Jiménez 2003). Obligate anaerobe bakterier som ikke har evne til å danne sporer vil generelt dø i nærvær av oksygen, men de fleste obligate anaerobe humanpatogene bakterier kan vanligvis tolerere atmosfærisk oksygen for minst åtte, og ofte opptil 72 timer (Bush et al. 2018).

Nedbrytning av organisk stoff utføres av *heterotrofe* bakterier. Nitrifikasjon – altså omdanning av ammonium (NH_4^+) til nitritt (NO_2^-) og nitrat (NO_3^-) – utføres av *autotrofe* bakterier (*Nitrosomonas* og *Nitrobacter*). Disse bakteriene vokser saktere enn de heterotrofe, og man vil derfor generelt bare ha nitrifikasjon i relativt lavt belastede anlegg. Nitrifikasjonsprosessen forbruker alkalitet – noe som fører til senkning av pH i vannet. Lav pH kan hemme både de ”snille” bakteriene i det biologiske rensetrinnet, og enteriske patogener. pH-forandringer i vannet vil også ha sterk påvirkning på den kjemiske fellingsprosessen, som omtales i kapittel 3.2.3. Denitrifikasjon – videre omdanning av nitritt til molekylært nitrogen (N_2) – vil føre til gjenvinning av alkalitet, altså økning av pH i vannet (Ødegaard 2014).

Siden det biologiske rensetrinnet består av levende mikroorganismer vil rensegraden det biologiske rensetrinnet derfor avhenge av en rekke miljøforhold. De samme påkjenningene – omtalt i kapittel 3.1 – som vil føre til at patogene organismer dør en "naturlig" død, vil også være skadelig for de "gode" mikroorganismene i det biologiske rensetrinnet (Ødegaard 2014). Generelt er det derfor ønskelig å unngå skadelige miljøforhold for mikroorganismer i et minirensesanlegg. Behovet for næringsstoffer antas å være 100BOF₅:5N:1P (Ødegaard 2014), men Tindlund (2017) viste at organismene i det biologiske rensetrinnet kan overleve relativt lange sulteperioder. De aktuelle mikroorganismene vil i hovedsak vokse ved pH 5-9, og ha optimal vekst ved pH ~7 (Ødegaard 2014). Omdanningshastigheten er temperaturavhengig, og vil generelt gå raskere ved høyere temperaturer (Ødegaard 2014). Det biologiske renseanlegget består av ulike bakterier, som alle har ulik respons på oksygeninnholdet i avløpsvannet. heterotrofe bakterier – som bryter ned det organiske stoffet i avløpsvannet – foretrekker aerobe forhold, men kan vokse selv ved lavt oksygenoverskudd. Nitrifiserende bakterier har et relativt høyt O₂-behov, mens denitrifiserende bakterier hemmes av oksygen (Ødegaard 2014).

3.2.3 Tertiærbehandling: Kjemisk felling

Under den kjemiske fellingsprosessen vil det være mulig å oppnå 0-1 log-reduksjon av bakterier, 1-3 log-reduksjon av virus, 1-3 log reduksjon av protozoa og 2 log-reduksjon av helmint-egg i et storskala konvensjonelt renseanlegg (World Health Organisation 2006). I norske kommunale renseanlegg regner man med en reduksjon av *E. coli* på 4-log/100mL (Ødegaard 2014). Siden virus og bakterier ofte er absorbert til partikler, vil god partikkelseparasjon også bidra til reduksjon av disse organismene (World Health Organisation 2006). Hovedårsaken til at det er mulig å oppnå opptil 3 log reduksjon av virus i dette rensetrinnet antas imidlertid å være kationisk interaksjon mellom virusets proteinkappe og fellingskjemikaliet, som destabiliserer viruset og dessuten øker sjansen for at det fanges opp i fnokkene (Jiménez 2003).

Rensegraden i det kjemiske rensetrinnet er avhengig av optimalisering av kjemikaliedosering. En viktig forutsetning er derfor at det finnes fellingskjemikalier i anlegget, og at doseringsmekanismene fungerer. Fellingsprosessen er følsom for pH og temperaturforhold. I minirensesanlegg benyttes hovedsakelig polyaluminiumklorid (PaCl) eller aluminiumsulfat (AlS) som fellingskjemikalie. De kan tilsettes før, i, eller etter det biologiske rensetrinnet. Optimal pH for felling med aluminium ligger på ~5.8-6.2 (Ødegaard 2014). PaCl er mindre følsom for pH og temperatur enn andre fellingskjemikalier (Ødegaard 2014). Ved kommunale renseanlegg vil fellingskjemikaliene omrøres i vannmassen (flokkulering), slik at de små utfelte kompleksene bygges opp til større komponenter – såkalte fnokker (Ødegaard 2014). I minirensesanlegg benyttes imidlertid ikke omrøring. Om anlegget har biotritt med tilførsel av trykkluft, og fellingskjemikaliene tilsettes før eller i det biologiske rensetrinnet (simultanfelling) vil man imidlertid trolig få større grad av innmiksing av fellingskjemikalier enn ved andre prosesskombinasjoner.

3.2.4 Empiri

Selv om konvensjonell vannbehandling kan redusere innhold av enteriske mikroorganismer til en viss grad, vil det ofte fremdeles være mikroorganismer til stede i avløpsvannet (James & Joyce 2004). Koivunen et al. (2003) fant at avløpsvann som hadde gjennomgått kjemisk-biologisk behandling ved stor-skala konvensjonelle renseanlegg i Finland, fremdeles kunne ha høyt innhold av enteriske mikroorganismer, og at variasjonen i utslippkonsentrasjoner var stor. De fant at innholdet av mikroorganismer i utløpsvannet kunne modelleres som en funksjon av innhold av organisk stoff, suspendert stoff (SS) og total fosfor konsentrasjon i utløpsvannet. Tilsvarende tendenser er observert i minirensesanlegg. Da Yri et al. (2007) analyserte utløpsvann fra 20 minirensesanlegg uten hygieniseringstrinn over en periode på fire måneder hadde 36.8% av prøvene hadde utløpsverdier ≤ 1000 *E. coli*/100 ml. Prøveresultatene varierte fra ingen *E. coli* i utløpsvannet, til så høye verdier at det ikke var mulig å tallfeste ved analyse, og enkeltanleggenes utløpskonsentrasjoner kunne variere betraktelig fra måned til måned. Da Johannessen et al. (2008) analyserte behandlet avløpsvann fra 36 minirensesanlegg uten hygieniseringstrinn for *E. coli* og intestinale enterokokker fant de at lav pH på utløpsvannet hadde sammenheng med lave utslippkonsentrasjoner av indikatorbakterier, og det syntes også å være en sammenheng mellom høyt nitritt/nitrat og lavt bakterieinnhold. De fant imidlertid ingen sammenheng mellom bakterieinnhold og utløpsvannets verdier for suspendert stoff (SS), kjemisk oksygenforbruk (KOF), biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅), ortofosfat (PO₄-P), total fosfor eller temperatur.

3.3 Inaktivering og eliminering som følge av hygienisering

3.3.1 Filtrering

Filtre kan tjene både som fullverdig renseløsning for totalavløp, som biologisk rensetrinn og som hygieniseringstrinn for utløpsvann. I denne studien filtre som tjener kombinasjoner av alle de ulike oppgavene undersøkt, men hensikten har primært vært å evaluere filtre som hygieniseringsmetode.

Filtre virker via tre rensmekanismer; elektrostatisk interaksjon med filtermediet, biologisk rensing ved biofilm som vokser på filtermediet, og mekanisk filtrering. Tilbakeholdelse av mikroorganismer antas å primært være elektrostatisk (adsorpsjon eller adhesjon), eller ved hydrofob interaksjon med biofilmen (Stevik et al. 2004a, Jenssen et al. 2006). De fleste filtermedier har ikke små nok porer til at mikroorganismene vil filtreres mekanisk. Mekanisk filtrering vil derfor hovedsakelig spille en rolle for partikkel-assosierte mikroorganismer (Heistad 2008, Stevik et al. 2004a). Kornstørrelsen i filteret har allikevel stor betydning, i form av at små partikler vil ha et større relativt overflateareal (sammenlignet med større partikler), og dermed mer tilgjengelig plass for adsorpsjon og adhesjon (Fontes et al. 1991a). Enteriske mikroorganismer som

holdes tilbake i filtermediet vil etterhvert dø som årsak av ytre miljøbelastninger (fuktighetsinnhold, pH, temperatur, mangel på næringsstoffer) eller konkurranse, predasjon og utskillelse av giftige stoffer fra andre mikroorganismer (Stevik et al. 2004a, Jenssen et al. 2006).

Renseevnen til et filter vil avhenge av hydrodynamiske forhold i filtermediet (Suliman et al. 2006). Umetta strømming gir bedre rensing siden vannstrømmen da i hovedsak vil bevege seg igjennom de minste porene (Stevik et al. 2004a), mens høy volumstrøm (stor belastning) igjennom filteret vil føre til at vannstrømmen i større grad beveger seg igjennom de store porene (makroporer), som innebærer at mikroorganismene i mindre grad vil komme i kontakt med overflatene på filtermediet (Smith et al. 1985). Det er dessuten ønskelig å distribuere vannstrømmen over *hele* filteret, siden dette vil gi bedre rensing enn i filtre som har dødsoner (Suliman et al. 2006). Hydraulisk oppholdstid i filteret vil også ha innvirkning på rensegraden, og Garcíá et al. (2003) fant at mikrobiell inaktivering økte med hydraulisk oppholdstid inntil grense for "maks inaktivering" var nådd, vanligvis rundt 3 dager. Noen filtermedier, for eksempel lettklinker (ekspandert leire), vil øke pH på vannet, særlig de første årene filteret er i bruk (Heistad et al. 2009). Alderen på hygieniseringsfilteret vil trolig også påvirke renseevnen. Da Heistad et al. (2009) undersøkte langtids renseevne for et filteranlegg som behandlet totalavløp fant de at utslippsverdiene av *E. coli* økte med tiden. Det er grunn til å tro at dette også vil gjelde for hygieniseringsfiltre.

3.3.2 UV

UV stråling dreper vanligvis ikke mikroorganismene, men forårsaker skade på cellulære proteiner og nukleinsyrer (DNA og RNA). For bakterier og protozoa vil dette påvirke cellenes evne til å dele seg (Mezzanotte et al. 2007, Leong et al. 2008), mens for virus vil UV-skadene svekke evnen til å injisere og replikere nukleinsyrer (Wigginton et al. 2012). Dette medfører at mikroorganismene heller ikke forårsake infeksjon hos en vert (mennesker).

UV-dosen er definert som energi per overflateareal (Leong et al. 2008):

$$\text{UV dose} = I \times t$$

hvor I er UV intensitet i mW/cm^2 , t er eksponeringstid i sekunder (s) og UV dosen angis i mJ/cm^2 . For å inaktivere et patogen, må UV-dosen være høyere enn terskelverdien for den spesifikke organismen. Dose-respons forholdet vil variere mellom mikroorganismer, siden ulikheter i DNA gjør at mikroorganismer absorberer UV-lys i ulik grad (Leong et al. 2008). Forsøk gjort på patogener i avløpsvann viser at UV er mest effektivt mot *Giardia*-cyster, etterfulgt av *Cryptosporidium*-cyster, bakterier og til sist virus (EPA 2006). UV regnes for å ha lavt potensiale for dannelselse av skadelige biprodukter (Leong et al. 2008).

Den faktiske UV-dosen som hvert enkelt patogen mottar vil avhenge av flere ulike faktorer. Energiintensiteten i et gitt punkt utenfor pæra (W/m^2), avhenger av UV-intensiteten og bølgelengden til UV-lampa, og vil avta med økende

avstand til pæra siden energien fordeles på et større og større areal. Reaktorvolumet bør derfor ikke være for stort. Høy lampealder og utilstrekkelig strømtilførsel vil føre til redusert intensitet (Leong et al. 2008). En vesentlig utfordring for god UV-desinfeksjon er beleggdannelse på pærene. Dette skyldes trolig termisk induert utfelling av metaller (som jern, aluminium, kalsium, magnesium, natrium) og anioner (som karbonat, sulfat, hydroksid, klorid og fosfat) fra avløpsvannet. Belegget vil absorbere og spre UV-strålene, og dermed redusere UV-dosen som tilføres vannet. Jern- og aluminiumsrester fra kjemikalier som tilsettes i fellingsprosessen kan bidra til å akselerere beleggdannelsen betydelig (Lin et al. 1999). Høy turbiditet og høyt partikkelinnhold/suspendert stoff vil også øke graden av absorpsjon og spredning. Mikroorganismer som befinner seg i skyggen av eller på innsiden av en partikkel vil ofte i liten grad eksponeres for UV-strålingen (Leong et al. 2008). Rawcliffe & Paulsrud gjennomførte i 2010 en pilotstudie på UV-hygienisering hvor de fant at UV-effekten var svært følsom for slamflukt og innhold av suspendert stoff i vannet.

Eksposeringstiden for hver mikroorganisme vil også avhenge av hydrauliske forhold. Dødsoner vil redusere det effektive reaktorvolumet og forkorte den gjennomsnittlige oppholdstiden. Ved kortslutning og dårlige blandingsforhold i reaktoren vil mikroorganismer kunne passere gjennom UV reaktoren i lengst mulig avstand fra lampen og dermed motta en lavere dose enn gjennomsnittet i reaktoren. Ideelt vil man ha en «plug flow» reaktor, hvor kontakttiden er lik for alle mikroorganismer (Leong et al. 2008).

Noen mikroorganismer er i stand til å reparere skaden forårsaket av UV-stråling, og kan i noen tilfeller i begrenset grad gjenopprette infeksjonsnivået (Leong et al. 2008). Reparasjon og reaktivering kan skje under mørke forhold (mørkereparasjon) og i lys (fotoreaktivering). Fotoreaktivering skjer raskere enn mørkereparasjon. (Leong et al. 2008). EPA (2006) anbefaler at vann som er behandlet med UV holdes i mørke omgivelser i minst to timer for å unngå fotoreaktivering.

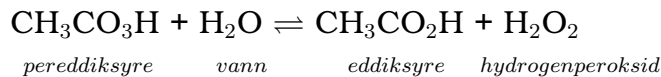
3.3.3 Kjemisk hygienisering: peroksider

Kjemisk hygienisering foregår i hovedsak ved bruk av *peroksider*; hydrogenperoksid (H_2O_2) eller pereddiksyre (CH_3CO_3H). Både hydrogenperoksid og pereddiksyre er oksidanter, og danner hydroksidradikaler ($\bullet OH$) som angriper og denaturerer essensielle cellekomponenter som lipider, proteiner og/eller DNA (McDonnell & Russell 1999, Leong et al. 2008).

Peroksider er mest effektive mot bakterier, etterfulgt av virus, bakteriesporer og til sist protozoa cyster (Liberti & Notarnicola 1999a, Koivunen & Heinonen-Tanski 2005, Norsk legemiddelhandbok 2016). Bakterier som kan danne sporer eller produserer katalase krever høyere doser og lenger kontaktid enn andre bakterier (Rutala et al. 2008, McDonnell & Russell 1999). Katalase vil bryte ned hydrogenperoksid til oksygen og vann (Rutala et al. 2008). Noen studier har funnet at pereddiksyre hadde svært liten effekt på enterovirus (Lefevre et al. 1992) og *Giardia* og *Cryptosporidium* (Liberti & Notarnicola 1999b). Gui-

marães et al. (2016) fant at hydrogenperoksid ikke klarte å inaktivere hverken *E. coli*, termotolerante koliforme bakterier eller *C. perfringens* da de tilsatte kjemikaliet i behandla avløpsvann.

Pereddiksyre er omtrent 100 ganger mer potent enn hydrogenperoksid (Leong et al. 2008), og forekommer vanligvis som en blanding av pereddiksyre, hydrogenperoksid, eddiksyre og vann, med følgende likevektsligning :



Ved pH under 8.2 vil pereddiksyre være den dominante formen (Wagner et al. 2002), og det er dokumentert økt log-reduksjon av mikroorganismer ved pH under 7 (Leong et al. 2008).

Hygieniseringseffekten avhenger av tilsatt dose og kontakttid. Siden pereddiksyre er mer potent, kreves høyere dosering og lenger kontakttid ved tilsetning av hydrogenperoksid (Wagner et al. 2002). Peroksider er meget reaktive og vil brytes relativt raskt ned etter dosering. Dette kan påvirke effekten, siden partikkelassosierte mikroorganismer ikke vil komme i kontakt med kjemikaliet før det har diffundert igjennom eventuelle beskyttende lag (Wagner et al. 2002). Hydrogenperoksid vil imidlertid brytes ned mer langsomt enn pereddiksyre, og kan ha bakteriedrepende effekt opptil fire timer etter tilsetning (Alasri et al. 1992). Kommersielle løsninger av peroksider tilsettes vanligvis stabilisatorer for å hindre nedbrytning under lagring (McDonnell & Russell 1999, Leong et al. 2008). Dette er spesielt viktig ved bruk av pereddiksyre, som er en mer ustabil komposisjon enn hydrogenperoksid (Leong et al. 2008).

Peroksider regnes som miljøvennlige, siden de brytes ned til ufarlige komponenter – pereddiksyre vil brytes ned til eddiksyre, oksygen, metan, karbondioksid og vann (Lefevre et al. 1992), mens hydrogenperoksid vil brytes ned til vann og oksygen (McDonnell & Russell 1999). Det er dessuten lav risiko for dannelse av skadelige biprodukter (Wagner et al. 2002). Ved tilsetning av peroksider er det imidlertid observert økning av biotilgjengeligheten til organisk stoff (Lazarova et al. 1998, Collivignarelli et al. 2000, Ksibi 2006).

Avløpsvannets innhold av suspendert stoff antas å kunne påvirke hygieniseringseffekten ved tilsetning av pereddiksyre, men ulike studier har fått noe motstridende resultater (Leong et al. 2008, Wagner et al. 2002). Om det suspenderte stoffet har en påvirkning er dette trolig i form av at pereddiksyren konsumeres av substanser i det suspenderte stoffet, slik at det blir mindre igjen til å reagere med mikroorganismer, eller ved at det suspenderte stoffet vil beskytte mikroorganismene, slik at de ikke kommer i kontakt med pereddiksyren (Koivunen & Heinonen-Tanski 2005).

4 Materialer og metoder

4.1 Statistisk analyse av Tilsynets datasett

Datasettet fra Tilsynet besto av totalt 809 prøver tatt av 498 små avløpsrenseanlegg. Av disse var det bare ett prøveresultat for filteranlegg, resten av anleggene som var prøvetatt, var minirenseanlegg. Tabell 4.1 gir en oversikt over de ulike typene minirenseanlegg som er prøvetatt. Generelt kan man skille i mellom minirenseanlegg som har fastsittende (biofilm) og suspendert (aktiv slam) bakteriekultur i det biologiske rensetrinnet, om det er et gjennomstrømningsanlegg eller om det behandler avløpsvannet satsvis, såkalt *sequencing batch reactor* (SBR), og om det benyttes forfelling, simultanfelling eller etterfelling. De ulike leverandørene benytter også ulike hygieniseringsmetoder for desinfeksjon av utløpsvannet. Disse kan grovinndeles i kjemikalietilsetning, filtre eller UV-behandling av vannet.

Datasettet besto av prøveresultater og data fra små avløpsanlegg samlet inn av Tilsynet i perioden 2013-2017. Ved tilsyn måles temperaturen i anlegget og utløpsvannet analyseres for pH, turbiditet, total fosfor og biokjemisk oksygenforbruk (BOF₅). Anlegg med hygieniseringstrinn er også prøvetatt for *E. coli*, og fra 2016 er også utløpsvannet i slike anlegg rutinemessig analysert for i .enterokokker. Det fantes dessuten også prøveresultater for *E. coli* fra et stort antall minirenseanlegg uten hygieniseringstrinn. I tillegg til prøvetaking av utløpsvannet kontrollerer prøvetaker den generelle tilstanden til anlegget (utseende, lukt, mekaniske feil, etc.). Datasettet inkluderte også informasjon om anleggsvolum, antall personekvivalenter anlegget var dimensjonert for å betjene (dimensjonert pe), antall personer tilknyttet adressen (data fra folkeregisteret), boligtype, installasjonsår, tømmedato, type/modell, og evt. type etterpølering/hygienisering. Prøvetaking av minirenseanlegg skal foregå i henhold til *Evaluering av prøvetakingsmetoder for rensesanlegg i spredt bebyggelse* (Johannessen et al. 2011). Prøvene er i hovedsak tatt i snøfri sesong (sommerhalvåret), og anleggene prøvetas vanligvis hvert andre år. Parameterne pH, temperatur og turbiditet måles av prøvetaker på stedet. Øvrige parametere sendes inn til lab og analyseres der. Laben foretar følgende analyser av vannprøvene :

<i>E. coli</i> :	ISO 9308-2	Total fosfor :	NS EN ISO 15681-2
Int. enterokokker :	NS-EN ISO 7899-2	BOF₅ :	NS EN ISO 1899-1 Mod

Tabell 4.1: Ulike typer minirensesanlegg prøvetatt av Tilsynet for små avløpsanlegg. Beskrivelse av anlegg og rensesprosess.

Leverandør / anleggsnavn	Rensesprosess / beskrivelse av anlegg	Fellingskjmn.	Evt. hyg.-metode	Kilde
August AT	Aerob og anaerob aktivslam. Simultanfelling. Gjennomstrømningsanlegg.	AlS	Filter	Theelin (2011a)
Biovac	Aktivslam. Simultanfelling. SBR.	PaCl	H ₂ O ₂ , HACO-filter	Theelin (2011c)
Ecobio Uponor Clean 1	Aktivslam. Simultanfelling. SBR.	PaCl	Filter, (ett anlegg med kjm. hyg.)	Myklebust (e-post 24.06.2018)
Ecobio WehoPuts	Forfelling. Biologisk rensing med biofilm. Gjennomstrømningsanlegg	PaCl	Filter	Myklebust (e-post 24.06.2018)
Ipec Bio-Flow	Biologisk / Kjemisk.	AlS/ PaCl	Filter	Theelin (2012a)
Klargester BioDisc	2×Biorotor. Simultanfelling. Mengdeprop. dosering av fellingskjm. Gjennomstrømningsanlegg.	PaCl	UV	Theelin (2011d)
Klaro	Biologisk rensing med simultanfelling. SBR.	PaCl	H ₂ O ₂ , filter	Theelin (2012b)
Odin	Biologisk rensing med biofilm. Kjemisk felling.	PaCl	Pereddiksyre, filter. UV	SINTEF Byggeforsk (2011)
VPI BagaEasy	Primærfelling (ikke forsedimentering) med biologisk etterpolering i biomodul.	PaCl	Filter, (ett anlegg med kjm. hyg.)	Theelin (2011b)
Wallax	Kjemisk fellingsanlegg. Mengdeprop. dosering av fellingskjm. Evt. biologisk rensing i biofilter.	AlS	Filter, (ett anlegg med kjemikalier)	Theelin (2015)

Nedre grense for kvantifisering av indikatororgansimene i vannprøven er <1/100 ml. Øvre grense for kvantifisering av *E.coli* ligger på ~24 000 MPN/100 ml, og for intestinale enterokokker på ~1500 cfu/100 ml. Nedre grense for kvantifisering av BOF₅ er 3 mg/l.

4.1.1 Datakvalitet og korreksjoner

Ved registrering av prøveresultater i datasettet var BOF₅ målt til <3 mg/l er endret til 1.5 mg/l. Analyser av indikatorbakterier hvor det har vært flere bakterier i prøven enn øvre grenseverdi for lab-analysen, har øvre grenseverdi blitt benyttet, det vil si at for *E.coli* har for eksempel >24 000 MPN/100 ml blitt endret til 24 000 MPN/100 ml og for intestinale enterokokker har >1500 cfu/100 ml blitt endret til 1500 cfu/100 ml. Ved indikatororganismer målt til <1/100 ml er dette endret til 0.00/100 ml.

Ved preparering av datasettet for statistiske analyser ble to verdier fjernet fra datasettet fordi de ble vurdert som usannsynlige: pH målt til 0.5 og intestinale enterokokker målt til 15 000 cfu/100 ml. Om det ble vurdert slik at prøveresultatene ikke var representable for anleggets renseprestasjoner ble også fjernet fra datasettet. Dette gjaldt for eksempel BOF₅-målinger fra VPI-anlegg, og for analyseresultater hvor det forelå en sterk mistanke om at anleggene trolig hadde blitt prøvetatt på feil sted.

I Tilsynets datasett forelå bare prøver av utløpsvann. For å kunne bestemme anleggenes *renseeffekt* av næringsstoffer og mikroorganismer må både innløps- og utløpskonsentrasjon være kjent. Evaluering av anleggenes *renseeffekt* basert på utløpskonsentrasjonen vil være mer og mer usikker jo mer den forventede innløpskonsentrasjonen varierer. Av tabell 4.2 fremkommer det at den forventede innløpskonsentrasjonen av bakterier er betydelig mer variabel enn forventet innløpskonsentrasjon av for eksempel total fosfor, BOF₅ og suspendert stoff (SS) (Yri et al. 2007). Dette medfører at grunnlaget for å sammenligne enkeltanleggs renseevne for mikroorganismer i prinsippet vil være svært diffust. Dette gjelder også grunnlaget for å kunne evaluere hvilke faktorer som kan påvirke anleggenes renseevne av mikroorganismer siden virkningen av endring i relevante påvirkningsfaktorer vil være i form av *renseeffekt*, som bare indirekte kan relateres til utløpskonsentrasjonen.

Tabell 4.2: Forventede innløpskonsentrasjoner av total fosfor, BOF₅, suspendert stoff (SS) og totale koliforme bakterier (TKB). Små avløpsanlegg (Yri et al. 2007).

Parameter	Forventet innløpskonsentrasjon
Total fosfor	8-11 mg/l
BOF ₅	200-260 mg/l
Suspendert stoff	205 - 275 mg/l
TKB ¹	1-20 millioner

¹ Total koliforme bakterier

Siden både miljøforhold, oppholdstid og kjemisk-biologisk behandling av avløpsvannet vil kunne medføre betydelig reduksjon av antall indikatororganismer i vannstrømmen, vil det i utgangspunktet være nesten umulig å evaluere den direkte effekten av et eventuelt hygieniseringstrinn i hvert enkelt tilfelle.

Høye verdier av total fosfor og BOF_5 kan forklares enten ved at prøvetaker har tatt prøve på feil sted i anlegget (før endt rensesyklus), eller ved at anlegget ikke fungerer slik det skal (slamflukt etc.). En gjennomgang av kommentarer skrevet av prøvetaker for anleggene med høye verdier av total fosfor (>15 mg P/l) og BOF_5 (>100 mg BOF_5 /l) viste at omtrent 67% av høye total fosforverdier og 76% av høye BOF_5 -verdier med *relativt høy sikkerhet* kunne antas å være reelle (fortrinnsvis i form av at prøvetakingssted er presisert av prøvetaker eller i form av at prøvetaker har gjort merknader som antyder at anlegget har driftsproblemer). Det ble derfor vurdert slik at det var hensiktsmessig å beholde høye verdier i datasettet. Ved enkelte anledninger ble imidlertid analyser gjennomført med et filtrert datasett, hvor høye verdier av fosfor og BOF_5 (>15 mg P/l og >100 mg BOF_5 /l) var fjernet.

Siden det var uklart hvilke type volumer som var angitt som "Anleggsvolum" (slamvolum, totalt volum i anlegget, etc.), ble det vurdert slik at dimensjonerende pe ga et bedre datagrunnlag for analyser. Dimensjonerende pe ble oppdatert i henhold til SINTEF teknisk godkjenning slik de forelå i februar 2018.

4.1.2 Kategorisering

For å kunne sammenligne anleggene i Tilsynets datasett ble de inndelt i ulike grupper ut ifra type anlegg/leverandør, hygieniseringsmetode og utslippsverdier.

Kategorisering av anleggene ut ifra type anlegg/leverandør ble gjort på følgende måte :

A : August AT	K : Klargester BioDisc	V : VPI BagaEasy
B : Biovac	L : Klaro	W : Wallax
E : Ecobio Weho	O : Odin	
I : Ipec	U : Ecobio Uponor	

Merk at Ecobio Weho- og Ecobio Uponor-anleggene er inndelt som to ulike kategorier. Dette er fordi de vurderes som så forskjellige at de må sees på som to forskjellige anleggstyper.

Kategorisering av hygieniseringsmetoder ble gjort på ulike måter. Hovedkategoriene inkluderte følgende :

F : Filtre	U : UV	K : Kjemikalier	X : Ingen
-------------------	---------------	------------------------	------------------

Anlegg hvor filtre og kjemikalier ble benyttet ble også inndelt i underkategorier, ut i fra type filter eller type kjemikalie. Filtre kan konstrueres og belastes på

mange ulike måter med blant annet ulike filtermaterialer, kornstørrelser, dimensjoner, strømningsmønstre, belastningssykluser og ulik grad av tildekning og isolasjon. Alle disse faktorene vil påvirke filterets renseevne. En fullstendig oversikt over de tekniske spesifikasjonene til alle filtertypene som anvendes til hygienisering i Tilsynets ansvarsområde foreligger ikke. Hygieniseringsfiltrene ble inndelt i tre grupper : :

H : HACO-filtre **W** : Wallax biofiltre **E** : Ecobio filtre **F** : Øvrige filtre

HACO[®]-filtrene til Biovac består av 4-10 mm skjellsand med vertikal nedoverrettet strømming og bunndren. De belastes kontinuerlig og filteret står alltid mettet med vann. Før hygieniseringsfilteret er det en slamavskiller som skal holde tilbake flyteslam og eventuelt restorganisk stoff fra minirenseanlegget. Et hygieniseringsfilter for 5 pe har dimensjoner 2000×1350 mm (D×H), mens et filter for 10 pe har dimensjoner 1600×1850 mm (D×H) (*Monteringsanvisning vannmettet EP - 5 pe n.d.*, *Monteringsanvisning vannmettet EP - 10 pe n.d.*). Filtrene til Wallax består av 16-32 mm grov pukkk, og har dimensjon på 2.5 m×1 m×1.4 m (B×L×H) (Thelin 2015), hvor kjemisk rensert vann pumpes støtvis fra en pumpekum til biofilteret i en gjentakende syklus på 24-t. Filtrene til Ecobio består i hovedsak av 0.5-4 mm ekspandert leire (Filtralite-P[®]) og et fordelingslag på 2-4 mm ekspandert leire (Filtralite-P[®]) over fordelingsrøret. Filtrene har oppadrettet vertikal strømming og dimensjoneres med 0.11 m³ Filtralite-P/pe. Filtrene etter Weho-anleggene vil belastes kontinuerlig, mens filtrene til Uponor-anleggene vil belastes støtvis, vanligvis med 170 l/batch. Etter filtrering renner vannet til et klarningskammer før det slippes ut (Rune Myklebust, daglig leder Ecobio, e-post, 21.06.2019). *Øvrige filtre* var hygieniseringsfiltre hvor det ikke forelå informasjon om tekniske spesifikasjoner.

Anlegg hvor det tilsettes kjemikalier for hygienisering av utløpsvannet ble inndelt i følgende undergrupper ut i fra hva slags kjemikalie som ble tilsatt:

H : Hydrogenperoksid **P** : Pereddiksyre

Med utgangspunkt i gjeldende rensekraft *E. coli* og satt grenseverdi for intestinale enterokokker (350 cfu/100 ml), ble anleggene også kategorisert på følgende måte:

O : Utløpsverdier under rensekraft/grenseverdi **X** : Utløpsverdier over rensekraft/grenseverdi

4.1.3 Statistiske metoder

Statistiske analyser ble utført ved hjelp av Unscrambler 1.5 (prinsippkomponentanalyse) og R, Versjon 1.1.383 (øvrige analyser).

Det ble antatt at rensegraden av total fosfor og BOF₅, turbiditet, pH, temperatur, belastningen på anlegget, størrelsen på anlegget, tid siden tømning av anlegget, type anlegg og hygieniseringsmetode kunne påvirke renseprestasjonen med tanke på tarmbakterier. I analyser hvor indikatororganismene inngikk

ble altså disse variablene benyttet som forklaringsvariabler, mens variablene *E. coli* og intestinale enterokokker ble benyttet som responsvariabler.

De numeriske variablenes fordelinger ble kartlagt visuelt, ved statistiske parametere (se tabell A.1 og forøvrig tabeller i vedlegg A) og testet for normalitet ved Shapiro Wilks normalitetstest (Whitlock & Schluter 2009). Indikatorbakteriene hadde bimodal fordeling, og alle parametere med unntak av pH og temperatur (som var normalfordelte) hadde høyreskjev fordeling. Bakterienes fordeling gjorde at mange "vanlige" statistiske analyser ikke kunne benyttes – en vanlig forutsetning er nemlig normalfordeling eller normalfordelte residualer, noe som i de aller fleste tilfeller ikke var mulig å oppnå, selv ikke med transformasjon av variablene.

Levene's test ble benyttet for å teste om variansen i ulike grupper var *homogen* (ingen statistisk signifikant forskjell i variansen til gruppene) eller *heterogen* (statistisk signifikant forskjell i variansen til gruppene) (Whitlock & Schluter 2009).

Variansanalyse, eller ANOVA (*Analysis of of Variance*), ble benyttet for å undersøke om gjennomsnittet av ulike numeriske parametere i ulike grupper/kategorier var signifikant forskjellig. ANOVA baserer seg på tre antagelser; at dataene representerer et tilfeldig utvalg fra den aktuelle populasjonen, at variablene er normalfordelt, og homogen varians (samme standardavvik) i alle gruppene (Whitlock & Schluter 2009). ANOVA er relativt robust for brudd på antagelsen om normalitet, særlig om utvalget er stort (Whitlock & Schluter 2009, Zuur et al. 2010). ANOVA er også robust for brudd på antagelsen om homogenitet, men bare om størrelsen på gruppene er omtrent like store (Whitlock & Schluter 2009). Siden gruppene i datasettet hadde meget varierende størrelse ble derfor Welch t-test eller Welch ANOVA benyttet om Levene's test viste at variansen i de ulike gruppene var *heterogen*. Welch t-test og Welch ANOVA sammenligner gjennomsnittet i ulike grupper, uten å anta homogenitet (likt standardavvik). Den baserer seg på antagelsen om at dataene representerer et tilfeldig utvalg og at variablene i hver gruppe er normalfordelte. Som ANOVA er Welch-tester relativt robuste mot brudd på antagelsen om normalitet (Whitlock & Schluter 2009). Når utløpsverdier av indikatororganismene inngikk som variabler i ANOVA og Welch t-test medførte dette et betydelig brudd på normalitetsantagelsen. Ved bruk av disse testene på bimodal data med stor varians (som er betegnende for indikatororganismene) er imidlertid risikoen for Type-2 feil (falsk negativ) betydelig større enn risikoen for Type-1 feil (falsk positiv), siden den store variansen vil føre til veldig vide konfidensintervaller. Det ble derfor vurdert som forsvarlig å anvende disse testene, så lenge det ble tatt høyde for at risikoen for Type-2 feil var tilstede.

Ved homogen varians i gruppene ble *Tukeys Multiple Comparison of means* benyttet til post hoc testing. Ved heterogen varians i gruppene ble post hoc testing gjennomført vha. Games-Howell test jf. Ruxton & Beauchamp (2008).

Siden variablene *E.coli* og intestinale enterokokker var fordelt slik at de hopet

seg opp i to ekstremer, ble disse variablene i tillegg til gjennomsnittstesting, også testet for gruppe-uavhengighet ved hjelp av kjikvadrattest (χ^2), som er tilpasset binomial data. Forventningsverdien til et bestemt utfall X for en kategori i beregnes ut ifra den totale observerte frekvensen i hele populasjonen, som :

$$\text{Forventningsverdi} = P_r[X \text{ og } i] \times n_i$$

hvor $P_r[X \text{ og } i] = P_r[X] \times P_r[i]$ for den totale populasjonen og n_i er antall datapunkter i kategori i . Om differansen mellom observerte X i i og forventningsverdien til X i i er stor nok, kan nullhypotesen om at X er uavhengig av i forkastes. Antagelser i kjikvadrattesten er at ikke mer enn 20% av forventningsverdiene til et bestemt utfall X i en kategori kan være under fem, og ingen av forventningsverdiene til et bestemt utfall X i en kategori i testen kan være mindre enn én (Whitlock & Schluter 2009). Om antagelsene i χ^2 -testen ble brutt ble Fisher's Exact Test for Count Data benyttet istedenfor χ^2 -test, jf. Whitlock & Schluter (2009). En svakhet ved metoden er imidlertid at de dimensjonene til de originale verdiene reduseres når de transformeres til et binært kategorisystem.

Parameterne ble undersøkt for interkorrelasjon vha. prinsipalkomponentanalyse, Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og ved konstruksjon av regresjonsmodeller. Prinsipalkomponentanalyse (PCA) er en projeksjonsbasert analysemetode, som baserer seg på antagelsen om at systemet eller prosessen man analyserer styres av et lite antall *latente variabler* (Trygg et al. 2006). Hensikten med en prinsipalkomponentanalyse (PCA) er å redusere antall dimensjoner i datasett bestående av mange interkorrelerte variabler, og samtidig beholde variasjonen i det originale datasettet. Dette gjøres ved å introdusere et nytt sett av uavhengige hypotetiske variabler, såkalte prinsipalkomponenter. Metoden forsetter ikke en bestemt fordeling av dataene (Jolliffe 2002), men er følsom for manglende datapunkter. Variablene som inngikk i prinsipalkomponentanalyse ble sentrert og transformert med formelen $1/\text{standardavvik}$ og analysen ble gjennomført ved kryssvalidering. Siden rader med manglende data må fjernes ved prinsipalkomponentanalyse, ble det gjennomført flere ulike analyser på ulike utvalg av datasettet, for å kunne analysere flest mulig datapunkter. Prinsipalkomponentanalyse ble først og fremst anvendt som et visuelt utforskende redskap.

Parameterne ble undersøkt for parvise sammenhenger ved Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ . Kendall's rang metode er en ikke-parametrisk metode, og har fordelene at den dermed ikke forutsetter en bestemt fordeling av data (Whitlock & Schluter 2009). Ulempen er at de aktuelle verdiene som analyseres transformeres til et rang-system, slik at mengden informasjon i dataene vil reduseres betraktelig. Spekteret til variablene forsvinner som dimensjon, siden variablene mister variansen ved rangering. Resultatene fra disse analysene vil kun gi et formløst estimat på assosiasjon eller ikke.

Regresjonsmodeller ble bygget ved hjelp av "backwards elimination"-metoden, som går ut på at man først inkluderer alle variabler i analysen, og så elimi-

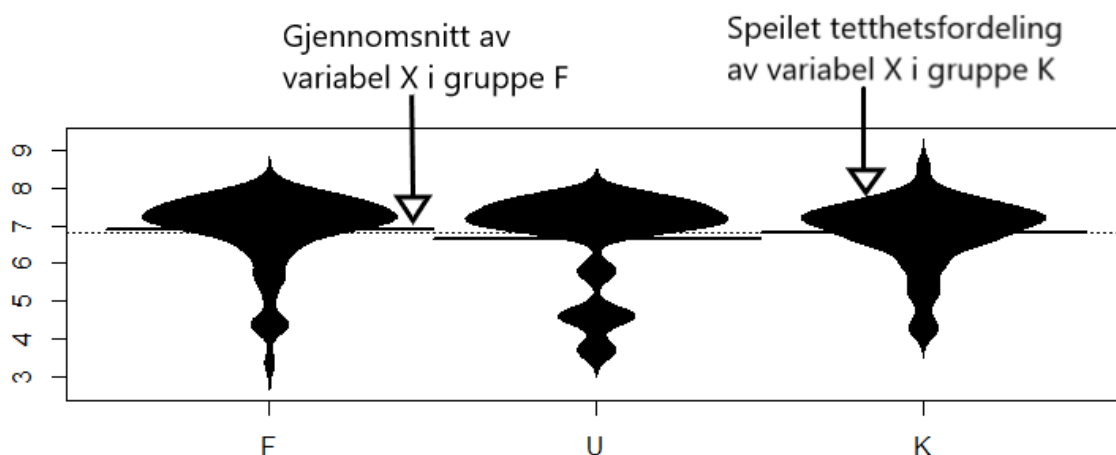
nerer variabelen med størst p-verdi. Dette gjentas til man sitter igjen med en modell med bare signifikante variabler. Siden Poisson ga overdispersjon av residualene, ble modellen bygget som negativ binomial generalisert lineærmodell. Denne typen regresjonsmodell gjør at man ikke behøver å transformere data uten at ekstremverdier får lov til å styre modellen for mye (Zuur et al. 2009).

4.1.4 Risiko for Type-1 feil

Hver gang man gjennomfører en statistisk test, vil det være en sjanse for å begå såkalt Type 1 feil, altså å forkaste nullhypotesen på feil grunnlag. Sannsynligheten for å begå minst én Type 1 feil øker ved gjentakende testing, og kan beskrives med formelen $(1-\alpha)^N$, hvor α er signifikansnivået og N er antall tester. Om hensikten med testene som gjennomføres er utforskende, slik som i denne studien, og man ikke er ute etter et nøyaktig resultat, kan det allikevel ofte være akseptabelt å gjennomføre gjentakende tester (Whitlock & Schluter 2009). I denne studien er det relativt utstrakt bruk av gjentakende testing. Dette er forsøkt kompensert for ved å utforske datamaterialet ved flere ulike statistiske metoder.

4.1.5 Bønneplott

For å illustrere hvordan ulike parametere i datasettet fordeler seg i de ulike gruppene, presenteres de ulike fordelingene i form av bønneplott (*beanplot*). Y-aksen representerer verdier av variabelen som plottes, og gjennomsnittet til denne variabelen markeres med en tykk sort strek. I et bønneplot vil fordelingstettheten til en variabel speiles på midten, og bredden av de individuelle figurene i x-retning vil korrespondere med *andelen* observasjoner av X ved y (se figur 4.1). Siden fordelingstettheten beregnes ved tetthetsestimering (*kernel density estimates*) gir imidlertid disse plottene ikke en helt nøyaktig projeksjon av dataene.



Figur 4.1: Eksempel på bønneplott

4.2 Feltarbeid

Feltarbeidet besto av jevnlig prøvetaking av 16 små avløpsanlegg i Lier og Øvre Eiker og Røyken i løpet av en periode på 12 uker – fra august til oktober 2017. Av anleggene som ble prøvetatt var fire Odin-anlegg, fire Klargester-anlegg, fire Wallax-anlegg og fire filteranlegg fra HACO®/Biovac. Anleggene var alle dimensjonert for imellom fem og ti pe og hadde vist ulike prestasjoner ved siste prøvetaking. Ett av Klargester-anleggene – U2 – og ett av filteranleggene fra HACO®/Biovac – F3 – var i teorien overbelastet (se tabell 4.3). For anlegg U2 skyldes dette nedjustering av dimensjonert pe i henhold til Thelin (2011d).

Tabell 4.3: Anlegg i feltstudien. Anleggstype/hygieniseringsmetode, dimensjonert pe, antall personer bosatt på adressen, og prestasjoner ved siste prøvetaking (for feltstudiestart).

Anleggstype/ hyg.metode	Anleggs- kode	Dim. pe	Ant. pers ¹	Prestasjoner ved siste prøvetaking ²
Odin	K1	10	5	<input type="checkbox"/> Tot-P <input type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
minirensesanlegg	K2	10	7 ³	<input checked="" type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
Kjemisk	K3	10	4-5	<input type="checkbox"/> Tot-P <input type="checkbox"/> BOF ₅ <input type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
(pereddiksyre)	K4	5	3	<input type="checkbox"/> Tot-P <input type="checkbox"/> BOF ₅ <input type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
Klargester	U1	7	4-5	<input type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
BioDisc	U2	7	10 ³	<input type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
minirensesanlegg	U3	6	4	Nytt anlegg, ikke prøvetatt
UV	U4	6	4	<input type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
Wallax	W1 ⁴	5	1	<input checked="" type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
minirensesanlegg	W2 ⁴	5	3-5	<input checked="" type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
Biofilter	W3 ⁴	5	2	<input type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
	W4 ⁴	5	4	<input type="checkbox"/> Tot-P <input type="checkbox"/> BOF ₅ <input type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
HACO®/Biovac	F1	5 ⁴	4	<input checked="" type="checkbox"/> Tot-P <input checked="" type="checkbox"/> BOF ₅ <input checked="" type="checkbox"/> <i>E.coli</i>
filteranlegg	F2	5 ⁵	4	Foreligger ikke ⁶
	F3	5 ⁵	2-8	Foreligger ikke ⁶
	F4	5 ⁶	4	Foreligger ikke ⁶

¹ Antall personer bosatt på adressen.

² Anlegg tilfredsstillere rensekraft Anlegget tilfredsstillere ikke rensekraft

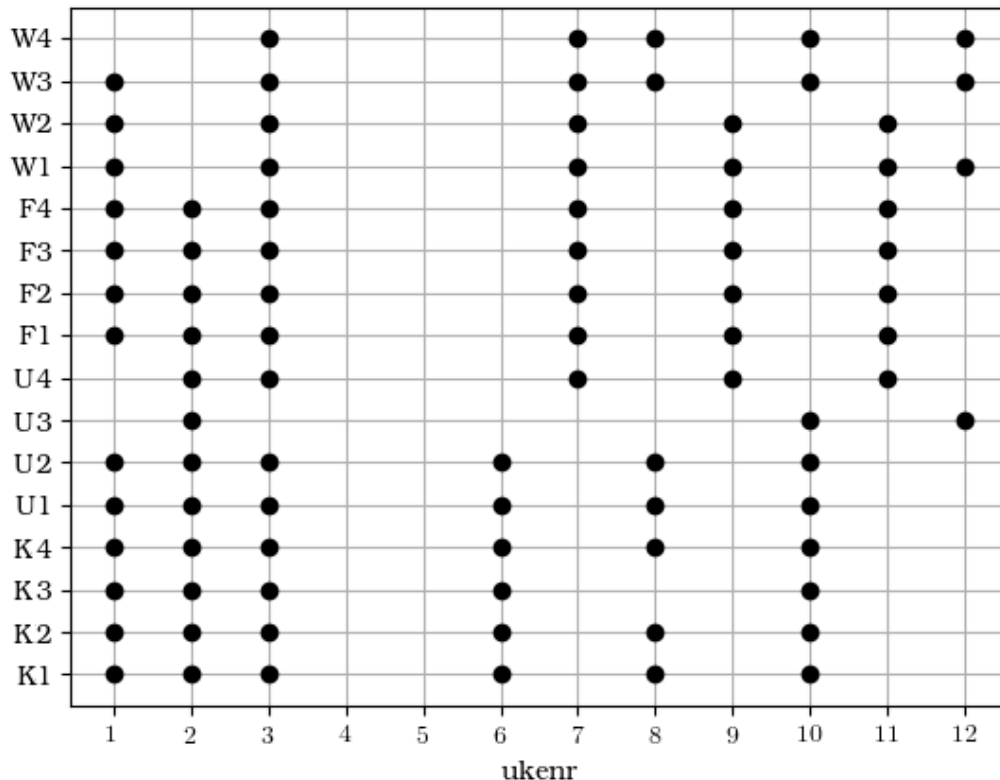
³ Informasjon om antall personer bosatt på adressen er hentet fra Folkeregisteret.

⁴ NB : Anleggskode er ikke analog med Wallax modell.

⁵ Anleggene er dimensjonert for en vannmengde på 1m³/d. Om man går ut i fra et vannforbruk på 200 l/p-d vil dette tilsvare 5 pe.

⁶ Prøver fra Tilsynet er tatt fra feil sted i anleggene, og derfor annullert.

SINTEF Teknisk Godkjenning for Klargester-anleggene ble revidert i april 2018, og i henhold til Thelin (2018) er anlegg U1 og U2 dimensjonert for 11 pe. To av Wallax-anleggene – W2 og W3 – hadde akkurat like mange personer bosatt på adressen som anlegget er dimensjonert for. Utvalget av anlegg i feltstudien ble kontrollert for om de representerte et tilfeldig utvalg av den totale populasjonen av minirensesanlegg i Tilsynets datasett ved ANOVA (vedlegg F.5).



Figur 4.2: Prøvetakingsfrekvens for anlegg i feltstudien

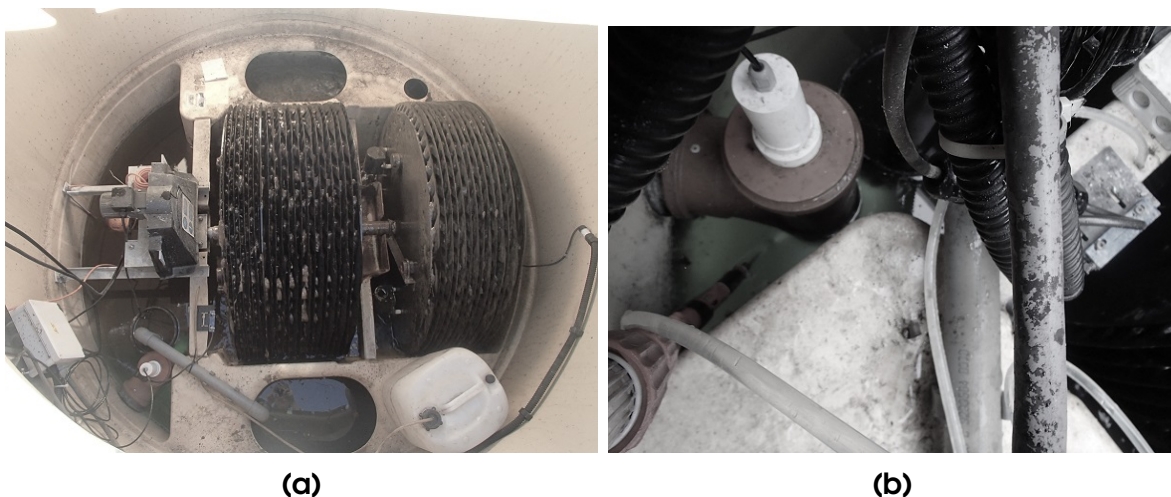
De fleste anleggene i feltstudien er prøvetatt fem eller seks ganger (se figur 4.2). Anlegg U3 ble prøvetatt bare tre ganger i løpet av studien, fordi det i en periode ikke var mulig å åpne lokket til hygieniseringskummen (kilt skrue). For anlegg K3 ble det besluttet å ikke prøveta anlegget som opprinnelig planlagt i uke 8, siden anlegget da allerede hadde vært tomt for hygieniseringskemikalier i flere uker.

4.2.1 Prøvetaking



Figur 4.3: Odin-anlegg. (a) Biologisk og kjemisk rensetrinn, (b) prøvetaking i hygieniseringstrinn.

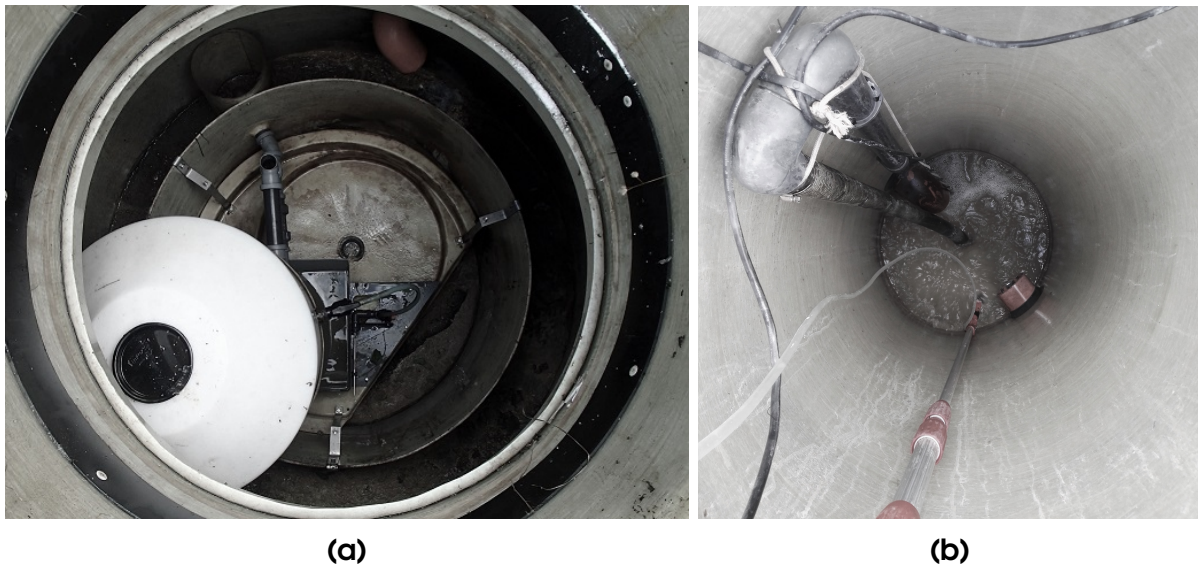
Odin-anleggene hadde et kjemisk hygieniseringstrinn, hvor en blanding av hydrogenperoksid, pereddiksyre og eddiksyre (Degaclean[®] 150) tilsettes i slamavskiller/hygieniseringskum etter det kjemisk-biologiske rensetrinn (figur 4.3a). Vannprøvene ble tatt i slamavskilleren (se figur 4.3b). Temperatur ble målt i det biologiske rensetrinn. En utfordring ved prøvetaking av Odin-anleggene var at noen av anleggene hadde meget høyt slamlag i hygieniseringskummen. Prøvene ble derfor forsøkt tatt rett under overflaten, men det kan allikevel ikke utelukkes at sedimentert slam ved visse anledninger har kommet med i prøvene.



Figur 4.4: Klargester-anlegg. (a) Overblikk over anlegget prøvetaking under UV-lampe (b).

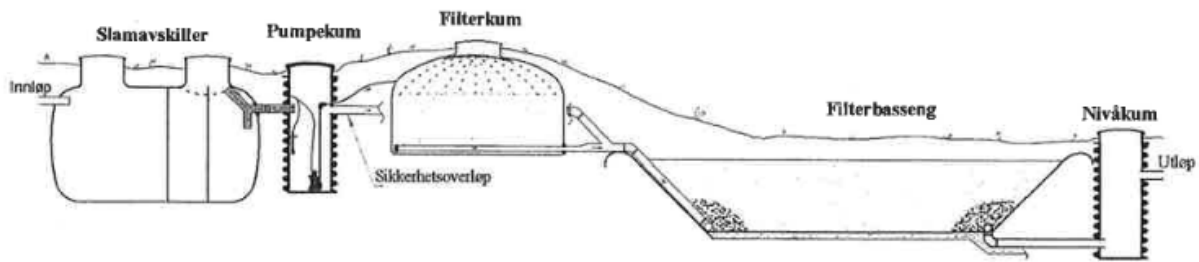
Klargester hygieniserer utløpsvann ved UV-bestråling. Tre av Klargester-anleggene hadde installert UV-lamper i utløp fra ettersedimenteringskammer (se figur

4.4a, nederst i venstre hjørne). Ett av anleggene – U3 – hadde UV-lampen installert i en hygieniseringskum etter det kjemisk-biologiske rensetrinnet. For de tre anleggene som hadde UV-lampe installert i ettersedimenteringskammeret ble vannprøver tatt ved utløpet, under UV-lampa (se figur 4.4b). For anlegg U3 ble vannprøver tatt i hygieniseringskummen. Temperatur ble målt i det biologiske rensetrinnet.



Figur 4.5: Wallax-anlegg. (a) Kjemisk fellingstrinn, (b) prøvetaking i pumpekum.

Wallax-anleggene hadde biofiltre for fjerning av både organisk stoff og mikroorganismer. Avløpsvannet behandles først i minirensanlegg med kjemisk fellingstrinn (se figur 4.5a), før det renner videre med selvføll ned i en pumpekum. Når vannivået i pumpekummen når et visst nivå, pumper vannet til biofilteret. Vannet perkolerer igjennom biofilteret og drenerer deretter tilbake i pumpekummen. Prosessen gjentar seg fram til pumpekummen tømmes mellom 03-04⁰⁰ om natten. Vannet i pumpekummen vil derfor bestå av en blanding av avløpsvann bare behandlet med kjemisk felling, og av vann som i en ulik tidsperiode har sirkulert over biofilteret. Filtrene består av 16-32 mm grov pukk, og har dimensjon på 2.5 m×1 m×1.4 m (B×L×H) (Thelin 2015). Vannprøver ble tatt i pumpekummen (se figur 4.5b). Temperaturen ble målt i slamavskilleren.



Figur 4.6: Prinsippskisse av våtmarksfilter fra HACO fra søknad om utslippstillatelse for anlegg F4.

Filteranleggene fra HACO[®]/Biovac besto av en slamavskiller på 4 m³, en resirkulasjonskum, et forfilter, et hovedfilter og en prøvetakingskum. Fra slamavskilleren renner avløpsvannet med selvføll ned i resirkulasjonskummen, som har to kamre med en støtbelastende pumpe i hvert kammer. Herfra blir avløpsvannet pumpet til et forfilter og fordelt vha. en fordelingsdyse over en filterflate på 4.5 m². Forfilteret er totalt 3 m³ filtralite 4-10 mm, og har vertikalstrømning. Vannet dreneres deretter tilbake i resirkulasjonskummens andre kammer, hvor det pumpes videre til et sandfilter (hovedfilter) med overflateareal på 40 m² og dybde på 1-1.2 m med horisontalstrømning. Både fordelingsrør og dreneringsrør til hovedfilteret har inspeksjonskummer. Prøvetakingskummen mottar ferdig rensert vann fra hovedfilteret. Vannprøver ble tatt i prøvetakingskummen, angitt som *nivåkum* i figur 4.6.

Temperatur, pH og turbiditet ble målt på stedet. pH ble målt med et HANNA HI9812-5 pH-meter. Turbiditeten ble målt med Turbidimeter TN-100 Eutech Instruments. Temperatur ble målt med Comark N005 Thermometer. pH-meter og turbidimeter ble kalibrert / kontrollert for hver 4. prøve. Vannprøver ble videre analysert for BOF₅, total fosfor, nitritt, nitrat, *E.coli*, intestinale enterokokker og *C. perfringens* på lab. Metoder for analyse av total fosfor, BOF₅, *E.coli* og *I.enterokokker* er de samme som angitt under kapittel 4.1. Laben foretar følgende analyser for øvrige parametere som ble analysert i vannprøvene som ble tatt under feltstudien:

C.perfringens : Internal Method mCP **Nitritt** : NS EN ISO 13395
Nitrat : NS EN ISO 13395

Nedre og øvre grense for kvantifisering av *C. perfringens* er henholdsvis <1/100 ml og ~1500 cfu/100 ml. Nedre grense for kvantifisering av nitrat og nitritt i vannprøven ligger på henholdsvis <5 og <2 µg/l.

Alle anleggene ble prøvetatt ved å senke en prøvestang med gummislange ned til prøvepunktet. Prøvestanga var konstruert med en justerbar knekk nederst. Dette var spesielt viktig for prøvetaking av Klargester-anleggene, hvor det ideelle prøvepunktet ble vurdert å ligge under inngangen til utløpsrøret og under UV-lampa. Prøvetakingsstanga ble konstruert spesielt for feltstudien, noe som innebærer at prøvetakingspunkt for Klargester-anleggene i feltstudien var noe

forskjellig (nærmere UV-lampa) enn prøvetakingspunkt for øvrige vannprøver som foreligger for UV-anlegg i Tilsynets datasett. Vannet ble pumpet i prøveflasker med en håndholdt pumpe. For å hindre forurensning fra prøvetakingsutstyr ble gummislage og pumpe skylt med destillert vann mellom hver prøvetaking. Før prøvetaking ble det pumpet vann igjennom slangen noen ganger før vannet ble pumpet i prøveflaskene. Prøvestanga ble rengjort med spritserviert mellom hver prøvetaking. I den siste prøverunden virket det å være noe galt med pH-meteret, og pH-målinger fra uke 12 foreligger derfor ikke. I uke 2 viste labanalysene mistenkelige høye fosforverdier for K1 og U3 (>1000 mg/l). Disse prøveresultatene ble derfor utelatt ved analyse av felldataene.

4.2.2 Karusellprøvetaking av Wallax-anlegg

Siden avløpsvannet i Wallax-anleggene ikke er ferdig rensert før midt på natten, ble det foretatt karusellprøvetaking ved to av Wallax-anleggene – anlegg W1 og W2. Prøvetakeren som ble brukt var en Teledyne ISCO 6712, med 24 flasker på 500 ml. Samme prøvetakingsstang som ble brukt til prøvetaking av anleggene i feltstudien forøvrig ble montert på pumpekummen, og knekken ble rettet inn mot sentrum av pumpekummen slik at slangeåpningen ikke kom i kontakt med kumveggen. Slangen ble deretter senket ned til bunnen av kummen, men med litt avstand fra bunnen, for å unngå innpumping av evt. bunnsлам. Prøvetakeren ble innstilt for å ta 500 ml prøve en gang pr. time i 24 timer. Figur 4.7 viser karusellprøvetaking av anlegg W2.



Figur 4.7: Karusellprøvetaking ved anlegg W2

Ved begge anledningene ble prøvetakeren satt igang på formiddagen, hhv. kl 10.00 for anlegg W1 og kl 11.35 for anlegg W2. Det var godt med vann i begge prøvekummer ved oppstart av prøvetakeren. Både anlegg W1 og W2 had-

de imidlertid for lite vann i prøvekurven under store deler av døgnet til at prøveflaskene ble fylt opp ved pumping. Ved lite vann i flaskene ble prøvene blandet, slik at tidsintervallene pr. prøve ble lenger. Analyser for indikatororganismer ble prioritert, slik at for W1 foreligger bakterieprøver for hver time, mens BOF_5 foreligger som blandeprøver. Det var regnet (21.2 mm) store deler av dagen ved prøvetaking av anlegg W2. Det er derfor en mulighet for at noe regnvann kan ha entret prøvekurven og dermed fortynnet prøvene noe. Ved prøvetaking av anlegg W1 viste det seg at anleggseier var bortreist store deler av ettermiddagen og kvelden ved prøvetaking. Belastningen på anlegget vil derfor ikke representere "normal" døgnvariasjon, siden anlegget i hovedsak var belastet på dagen og på morgenen. Ved prøvetaking av anlegg W1 ble prøvekurven dekket med plastposer for å unngå evt. innlekk av regnvann.

4.2.3 Statistiske analyser av felldata

Om utløpsverdiene var under eller over nedre eller øvre grenseverdi for kvantifisering av de ulike parameterne ved labanalyse, ble følgende avrundinger ble gjort i datasettet: <1 endret til 0.00, <2 endret til 1.00, <3 endret til 1.50, <5 endret til 4.00, >1 500 endret til 1600, >24 000 endret til 25 000, >24 200 endret til 25 000.

For undersøkelse om anleggene representerte et tilfeldig utvalg av anleggene i Tilsynets ansvarsområde ble ANOVA benyttet (Whitlock & Schluter 2009). Felldata ble analysert ved Levene's test og Kendall rang's korrelasjonskoeffisient τ jf. Whitlock & Schluter (2009). Kendall's rang ga generelt ikke gyldige resultater, og disse analysene er derfor ikke inkludert i presentasjonen av resultatene.

5 Resultater fra Tilsynets datasett

I kapittel 5.1-5.9 presenteres resultater fra analyser av Tilsynets datasett. I kapittel ?? presenteres resultater fra feltstudien.

5.1 Utløpskonsentrasjoner og tilfredsstillelse av gjeldende renskrav

Filteranlegget tilfredstilte renskrav for alle parametere (total fosfor, BOF₅ og *E. coli*) ved prøvetakingstidspunkt, med total fosfor målt til 0.21 mg/l, BOF₅ målt til >3 mg/l, *E. coli* målt til 2.00 MPN/100 ml og i. enterokokker målt til 0.00 cfu/100 ml.

Minirensanleggene hadde gjennomsnittsverdier høyere enn renskravet for alle parametere, med gjennomsnitt for total fosfor på 6.21 mg/l, BOF₅ på 31.9 mg/l og *E. coli* på 7767 MPN/100ml. Gjennomsnittet for i. enterokokker var 468 cfu/100ml (tabell A.1). Statistiske parametere for alle numeriske variabler i datasettet er presentert i tabell A.1.

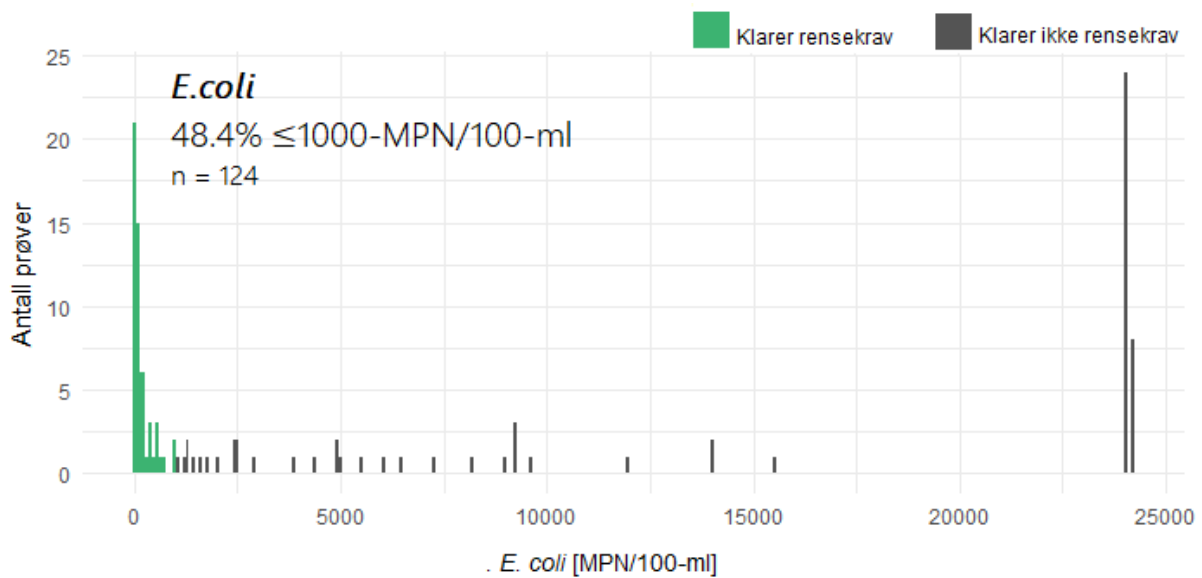
Tabell 5.1: Statistiske parametere for alle numeriske variabler i Tilsynets datasett. Alle minirensanlegg.

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	771	0.01	240	6.21	0.91	2.50	7.20	266	[mg/L]
BOF ₅	643	1.50	770	31.9	1.50	6.60	21.0	6285	[mg/L]
<i>E. coli</i> *	124	0.00	24200	7767	84.0	1250	24000	1.03E+08	[MPN/100mL]
<i>I.ent.</i> *	53	0.00	1900	468	2.00	48.0	900	4.07E+05	[cfu/100mL]
Turb.	771	0.08	1000	58.9	7.03	15.8	43.9	20108	[NTU]
Temp.	368	0.70	26.0	16.8	14.0	17.0	19.1	14.7	[°C]
pH	783	2.30	8.90	6.79	6.50	7.00	7.40	1.04	[pH]
DgrTM**	771	0.00	7269	315	56.0	167	279	6.60E+05	[dgr]
Dim. pe	957	2.00	48.0	7.86	5.00	5.00	10.0	34.3	[pe]
pe/pers***	677	0.50	40.0	2.97	1.40	2.25	3.33	11.2	[-]

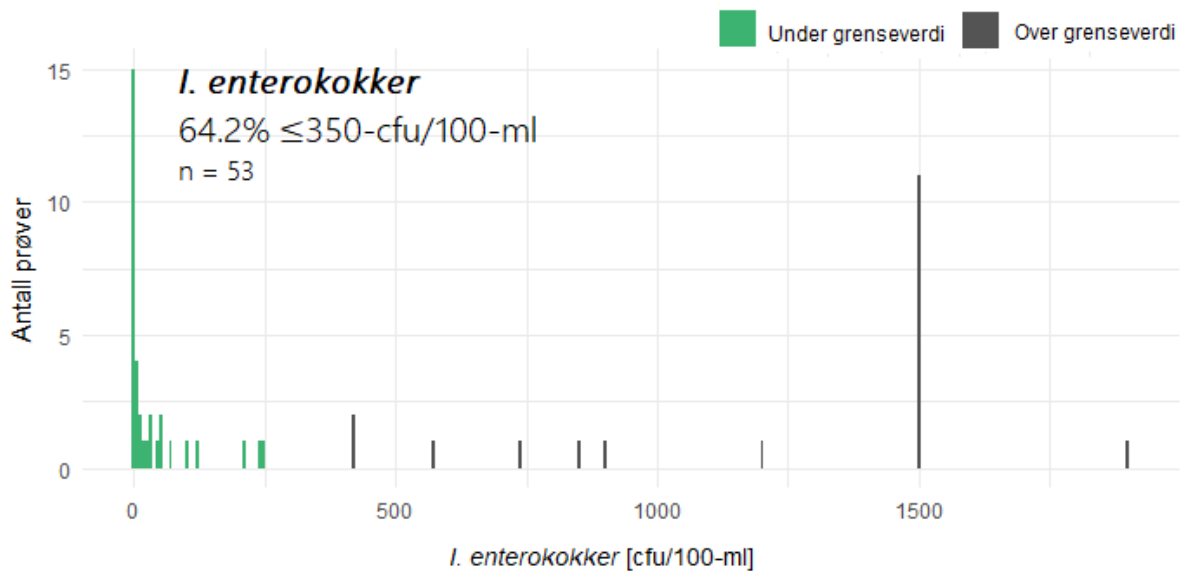
* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

** Dager siden tømning av anlegget ved prøvetakingstidspunkt.

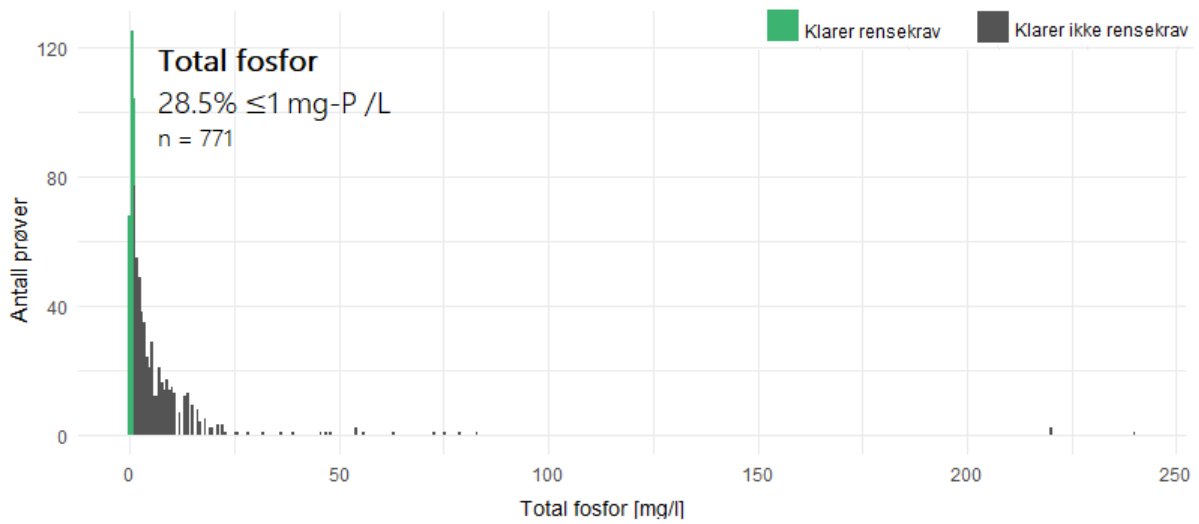
*** Dimensjonert pe / personer tilknyttet eiendommen (belastning på anlegget).



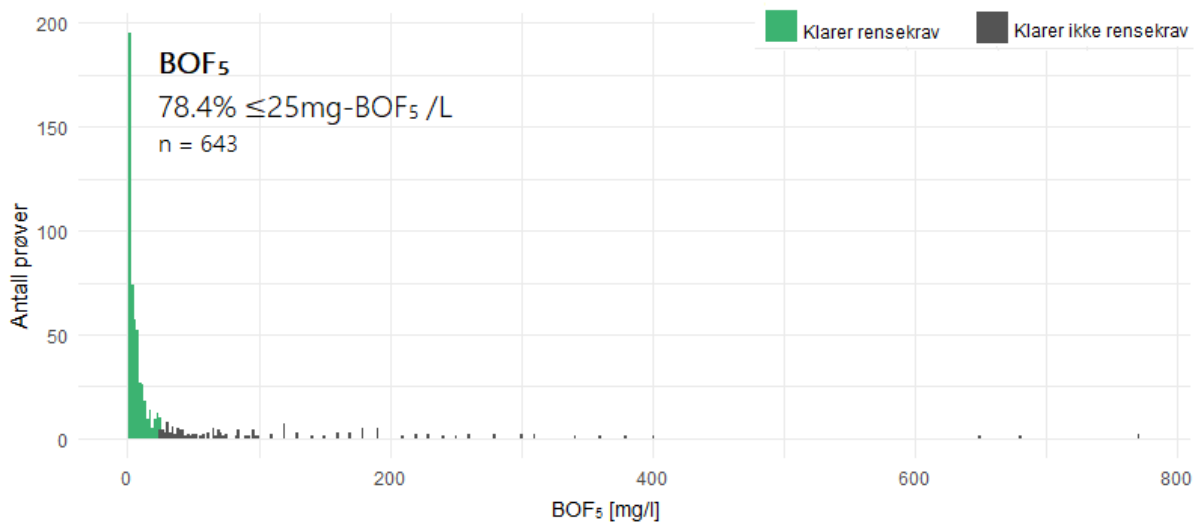
Figur 5.1: Fordeling av *E. coli*-verdier i utløpsvann, minirenseanlegg med hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under rensekravet på 1000 MPN/100 ml.



Figur 5.2: Fordeling av *i. enterokokker*-verdier i utløpsvann, minirenseanlegg med hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml.



Figur 5.3: Fordeling av målte total fosfor-verdier i utløpsvannet, alle minirenseanlegg. Grønne søyler viser målte verdier *under* rensekravet på 1 mg/l.



Figur 5.4: Fordeling av målte BOD₅-verdier i utløpsvannet, alle minirenseanlegg. Grønne søyler viser målte verdier *under* rensekravet på 25 mg/l.

Totalt finnes 124 vannprøver som er blitt analysert for *E. coli*, i minirenseanlegg som har installert hygieniseringstrinn. 48.4% av utløpsprøvene tilfredsstiller renskravet på 1000 *E. coli*/100ml (figur 5.1 og tabell 5.2). For i. enterokokker finnes totalt 53 analyserte vannprøver, hvor 64.2% har verdier under satt grenseverdi på 350 cfu/100-ml (figur 5.2). Figur 5.1 og figur 5.2 viser fordelingen av prøveresultater for indikatorbakterier i Tilsynets datasett. Begge indikatororganismene viser tendens til å fordele seg i ekstremitetene – flesteparten av vannprøvene har enten svært liten eller svært høy konsentrasjon av bakterier. Øvre målbare grense for kvantifisering av *E. coli* ved labanalyse ligger, som nevnt tidligere, på ~25 000 MPN/100 ml, og på ~1 500 cfu/100 ml for i. enterokokker. Det er derfor mulig at fordelingen av indikatorbakterier i det øvre sjiktet i virkeligheten er fordelt over et større spektrum. Man kan også se av figur 5.2 at det ikke finnes noen målte verdier av i. enterokokker i spekteret mellom 250 og 420 cfu/100 ml, noe som betyr at grenseverdien for på 350/100 ml som benyttes i denne oppgaven for evaluere om utløpskonsentrasjonene av i. enterokokker er *høye* eller *lave* kan justeres relativt mye før det får noen faktisk betydning for antall anlegg som faller inn under disse to kategoriene.

Totalt 771 vannprøver er analysert for total fosfor. Målte verdier strekker seg fra 0.01 til 240 mg/l (tabell A.1), hvor 93% av verdien er ≤ 15 mg/l. 28.5% er innenfor renskravet på 1 mg/l (figur 5.3 og tabell 5.2). 62.3% av prøvene har verdier ≤ 4 mg/l. For BOF₅ finnes 643 analyserte prøver, hvor resultatet varierer fra <3 mg/l til 770 mg/l (tabell A.1). 78.4% tilfredsstiller renskrav på 25 mg/l (figur 5.4 og tabell 5.2).

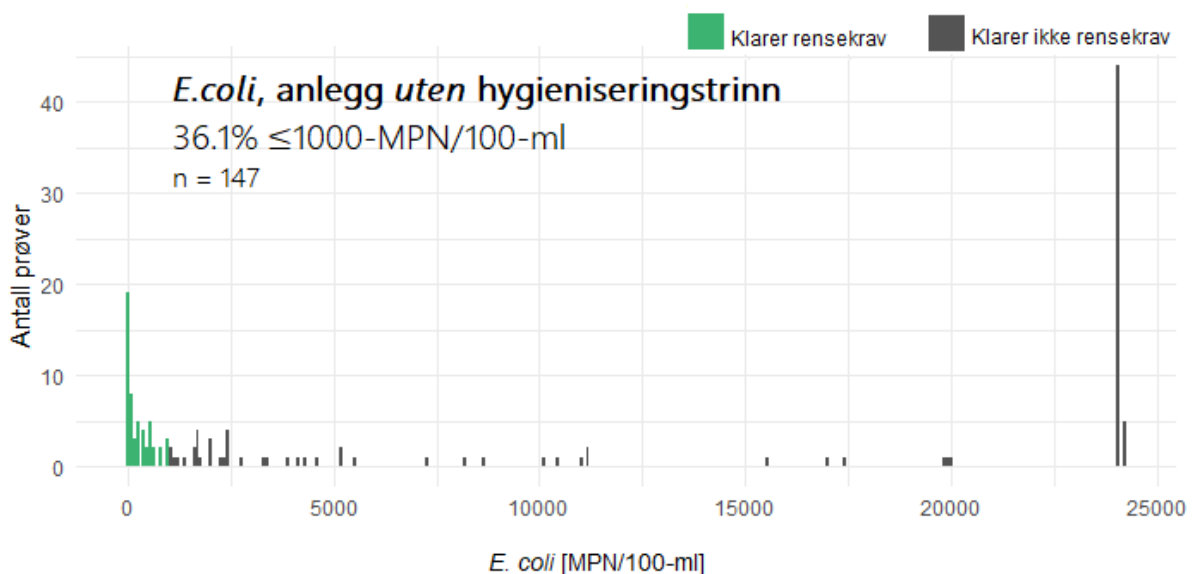
Bare ~1/4 av utløpsprøvene – 26.6% av totalt 631 – som er analysert for både total fosfor og BOF₅, tilfredsstiller renskrav for begge parametere. 19.8% tilfredsstiller verken renskrav for total fosfor eller BOF₅. For de 120 utløpsprøvene som er analysert for total fosfor, BOF₅ og *E. coli*, er det bare ~1/5 – 21.7% – som tilfredsstiller renskrav for alle tre parametere, mens 20.0% ikke tilfredsstiller renskravet for verken total fosfor, BOF₅ eller *E. coli* (tabell 5.2).

Tabell 5.2: Utløpskonsentrasjoner i forhold til gjeldende rensekrav. Alle mini-renseanlegg. Totalt antall prøver og prosent.

Total fosfor		
	ant.	%
Totalt antall vannprøver	771	100
Vannprøver som tilfredsstillter rensekrav	220	28.5
Vannprøver som ikke tilfredsstillter rensekrav	551	71.5
BOF₅		
	ant.	%
Totalt antall vannprøver	643	100
Vannprøver som tilfredsstillter rensekrav	504	78.4
Vannprøver som ikke tilfredsstillter rensekrav	139	21.6
<i>E. coli</i>		
	ant.	%
Totalt antall vannprøver	124	100
Vannprøver som tilfredsstillter rensekrav	60	48.4
Vannprøver som ikke tilfredsstillter rensekrav	64	51.6
Total fosfor og BOF₅		
	ant.	%
Antall vannprøver analysert for begge parametere	631	100
Vannprøver som tilfredsstillter rensekrav for begge parametere	168	26.6
Vannprøver som ikke tilfredsstillter rensekrav for noen av parametere	125	19.8
Total fosfor, BOF₅ og <i>E. coli</i>		
	ant.	%
Antall vannprøver analysert for alle tre parametere	120	100
Antall vannprøver som tilfredsstillter rensekrav for alle parametere	26	21.7
Antall vannprøver som ikke tilfredsstillter rensekrav for noen av parametere	24	20.0

5.1.1 Minirenseanlegg uten hygieniseringstrinn

Det finnes totalt 147 prøver av utløpsvann som er analysert for *E. coli*, hvor anleggene *ikke* har installert hygieniseringstrinn. 36.1% av disse utløpsprøvene har målte verdier av *E. coli* under rensekrauet på 1000 MPN/100 ml (figur 5.5). Sannsynligheten for å tilfredsstillere rensekrauet for *E. coli* øker altså tilsynelatende bare med 12.3 prosentpoeng ved installasjon av hygieniseringstrinn. En påfallende forskjell i fordelingen av målte *E. coli*-verdier i anlegg med hygieniseringstrinn (figur 5.1) og anlegg uten hygieniseringstrinn (figur 5.5) er imidlertid at andelen anlegg med veldig lave verdier av *E. coli* er markant mindre hos anleggene uten hygienisering.

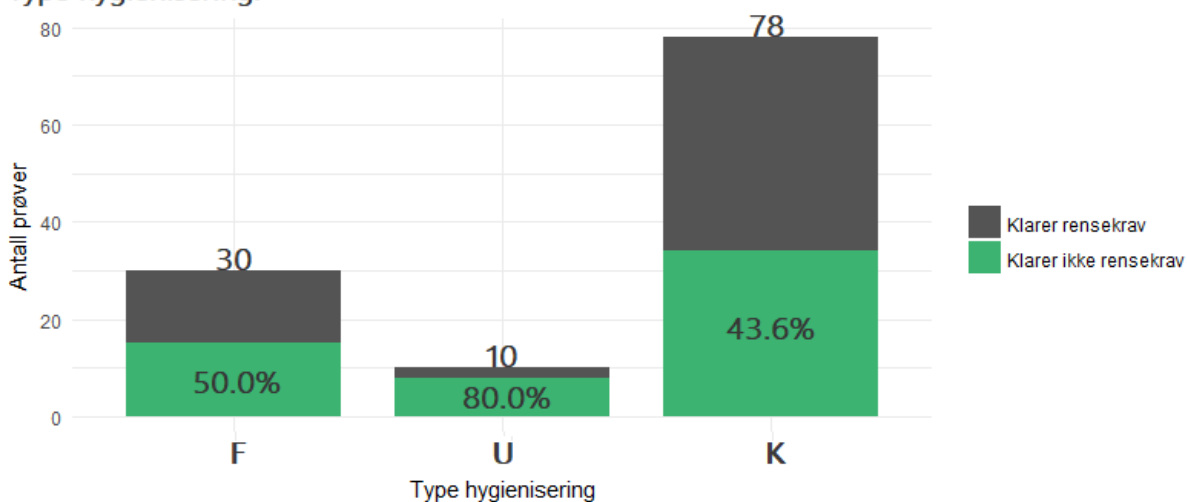


Figur 5.5: Fordelingen av målte *E. coli*-verdier i utløpsvannet, anlegg uten hygieniseringstrinn. Grønne søyler viser målte verdier under rensekrauet på 1000 MPN/100 ml.

5.1.2 Ulike hygieniseringsmetoder

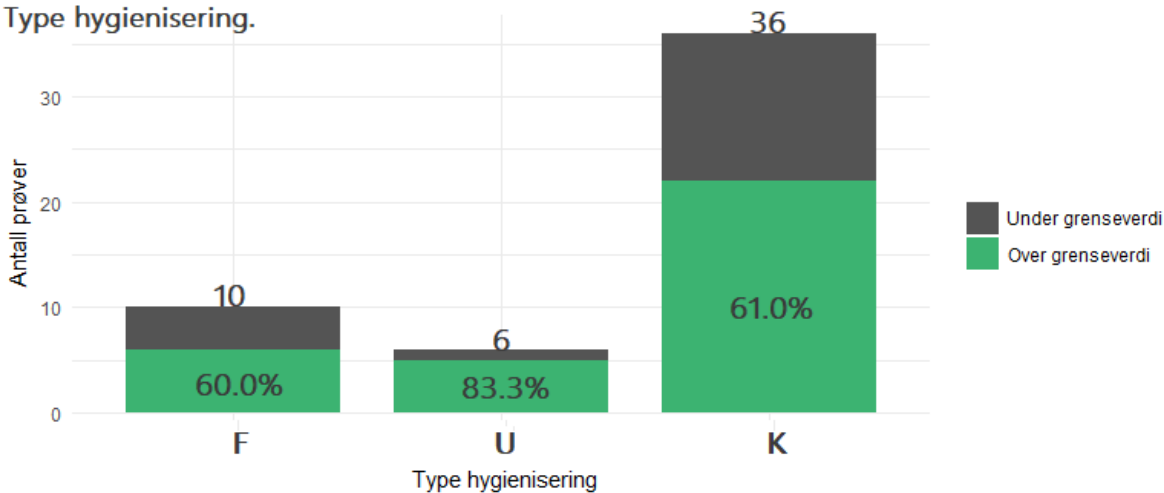
Av de ulike hovedkategoriene hygieniseringsmetoder (filtre, UV og kjemikalier) var det UV-anleggene som hadde høyest andel vannprøver – 80.0% – som tilfredsstilte rensekrauet for *E. coli*. Anlegg hvor det benyttes filtre og kjemikalier til hygienisering av utløpsvann hadde en betydelig mindre andel vannprøver som tilfredsstilte rensekrauet for *E. coli*, på henholdsvis 50.0 og 43.6% (se figur 5.6). UV-anleggene hadde også flest vannprøver – 83.3% – hvor utløpskonsentrasjonen var under grenseverdien på 350/100 ml. Anlegg som benytter filtre og kjemikalier til hygienisering hadde omtrent like stor andel av vannprøver hvor utløpskonsentrasjonen var under satt grenseverdien for i. enterokokker, henholdsvis 60.0 og 61.0% av vannprøvene fra disse anleggene hadde utløpsverdier under satt grenseverdi (se tabell figur 5.7).

Totalt antall vannprøver og andel som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli*.
Type hygienisering.



Figur 5.6: Søylen viser antall prøver analysert for *E. coli* i anlegg som benytter henholdsvis filtre (F), kjemikalier (K) og UV-bestråling (U) for hygienisering av utløpsvannet. Grønne seksjoner viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli*.

Totalt antall vannprøver og andel som har i. enterokokker målt til ≤ 350 cfu/100 ml.
Type hygienisering.



Figur 5.7: Søylen viser antall prøver analysert for i. enterokokker i anlegg som benytter henholdsvis filtre (F), kjemikalier (K) og UV-bestråling (U) for hygienisering av utløpsvannet. Grønne seksjoner viser andel vannprøver med verdier for i. enterokokker under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml.

Når det er sagt, kan det være greit å merke seg at datagrunnlaget for evaluering av de ulike metodene er relativt ulikt. Det finnes totalt 78 prøver fra anlegg hvor det benyttes kjemikalier for hygienisering av utløpsvannet, mens det bare er 10 prøver fra UV-anleggene. Samtlige av UV-anleggene kommer dessuten fra samme leverandør (Klargester). Dette vil derfor være en mer homogen gruppe enn for eksempel filteranleggene, hvor det er relativt stor variasjon i for eksempel type kjemisk-biologisk renseprosess, filtermaterialer, kornstørrelser og utforming.

5.1.3 Undergrupper av kjemisk hygienisering

Det benyttes to ulike typer kjemikalier til hygienisering av utløpsvann – hydrogenperoksid og pereddiksyre. Anlegg hvor det benyttes hydrogenperoksid har flere utløpsprøver som er under rensekraftet for *E. coli* ($\leq 1000/100$ ml) og under satt grenseverdi for i. enterokokker ($\leq 350/100$ ml) enn pereddiksyre (tabell 5.3). Det er imidlertid viktig å merke seg at samtlige anlegg hvor det benyttes pereddiksyre kommer fra samme leverandør; Odin. Det er derfor en mulighet for at forskjellen i utløpskonsentrasjoner skyldes andre faktorer enn bare type kjemikalie. Anleggene hvor det benyttes hydrogenperoksid kommer i hovedsak fra Biovac og Klaro.

Tabell 5.3: Andel vannprøver som tilfredsstillere rensekraft for *E. coli* og har verdier av i. enterokokker under 350 cfu/100 ml for undergrupper som benytter kjemisk hygienisering.

Kjemikalie	<i>E. coli</i>			Kjemikalie	i. enterokokker		
	OK	Total	% OK		OK	Total	% OK
Hydrogenperoksid	23	47	48.9	Hydrogenperoksid	17	25	68.0
Pereddiksyre	11	31	35.5	Pereddiksyre	5	11	45.5

5.1.4 Undergrupper av filtre

For de ulike undergruppene filtre, finnes det relativt få prøver i hver kategori. Sammenligningsgrunnlaget kan derfor være noe tynt. Biofiltrene til Wallax har en tydelig lavere andel vannprøver som har målte verdier av både *E. coli* og i. enterokokker under rensekraft/grenseverdi (se tabell 5.4). Wallax-anlegg med hygieniseringstrinn prøvetas i pumpekummen, som både mottar vann direkte fra det kjemiske fellingstrinnet og fra biofilteret. Det kan derfor tenkes at den relativt store andelen lite tilfredsstillende prøveresultater skyldes at en del prøver er blitt tatt av vann som ikke er ferdig renset.

Tabell 5.4: Andel vannprøver som tilfredsstillere renskrav for *E. coli* og som har verdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml for undergrupper av hygieniseringsfiltre.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
Filtertype	OK	Total	% OK	Filtertype	OK	Total	% OK
Filter Ecobio	5	8	62.5	Filter Ecobio	1	2	50.0
Filter Haco	0	2	0.00	Filter Haco	1	2	50.0
Wallax biofilter	6	14	42.9	Wallax biofilter	1	3	33.3
Filter, uspes.	4	6	66.7	Filter, uspes.	3	3	100

5.1.5 Ulike leverandører/typer anlegg

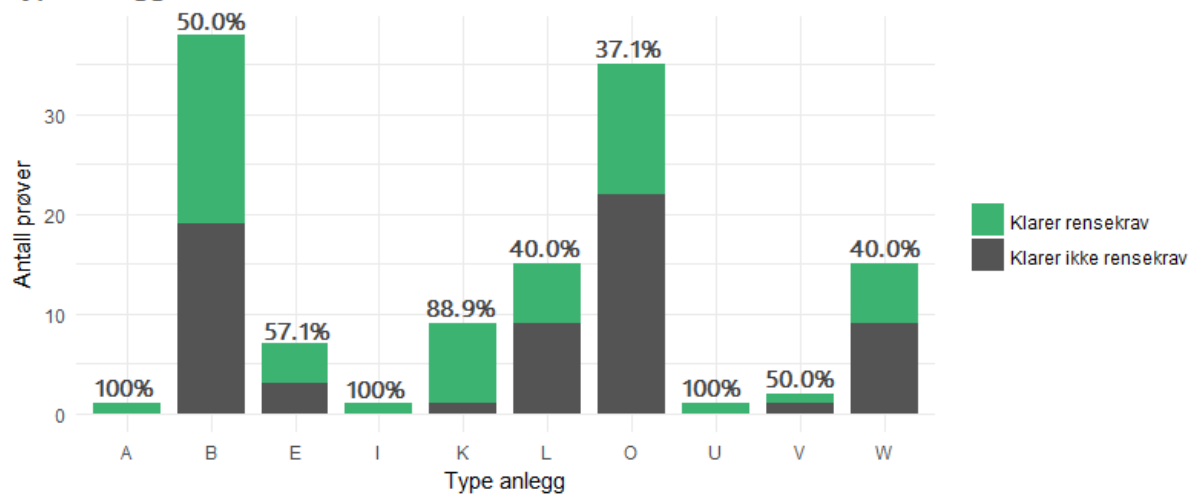
Som vist i figur 5.8-5.11 har de ulike leverandørene/anleggstypene relativt ulik andel vannprøver som har verdier av *E. coli*, total fosfor og BOF₅ under gjeldende renskrav, og som har målte verdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml. Datagrunnlaget, altså antall prøveresultater, for å kunne evaluere de ulike anleggstypene er svært variabelt. Fem leverandører – Biovac, Klargester, Klaro, Odin og Wallax, heretter referert til som "de fem store" – har mange nok prøvetatte anlegg til at det er relevant å sammenligne dem. "De fem store" har relativt lik andel utløpsprøver som tilfredsstillere renskravet for total fosfor (figur 5.10). For parameterne *E. coli*, i. enterokokker og BOF₅ er forskjellene mer framtrepende.

Klargester-anleggene benytter kun UV-hygienisering, og forutenom ett Odin-anlegg, er alle UV-anlegg i datasettet fra Klargester. Av "de fem store" har denne leverandøren markant høyest andel vannprøver som tilfredsstillere renskrav for *E. coli*, både i anlegg med hygieniseringstrinn (88.9%, se figur 5.8) og anlegg uten hygieniseringstrinn (60.5%, se tabell 5.5). De har også den største differansen av "de fem store" mellom andel vannprøver som tilfredsstillere renskrav med og uten hygienisering, nesten 30%. Klargester er den eneste leverandøren i Tilsynets ansvarsområde som benytter biorotorer i det biologiske rensetrinnet, og har den høyeste andelen vannprøver som tilfredsstillere renskrav for BOF₅ av alle anleggstypene – hele 90.9% av målte utløpsverdier er under renskravet (se figur 5.11).

Odin benytter pereddiksyre for hygienisering av utløpsvann i alle anlegg, med unntak av ett UV-anlegg. Odin-anleggene med hygienisering har lavest tilfredsstillelse av renskrav for *E. coli*, med bare 37.1% av utløpsprøvene som har målte verdier ≤ 1000 MPN/100 ml (se figur 5.8). Denne anleggsgruppen har også nest laveste grad av tilfredsstillelse av renskrav for BOF₅ (60.5%) av alle "de fem store"(figur 5.11).

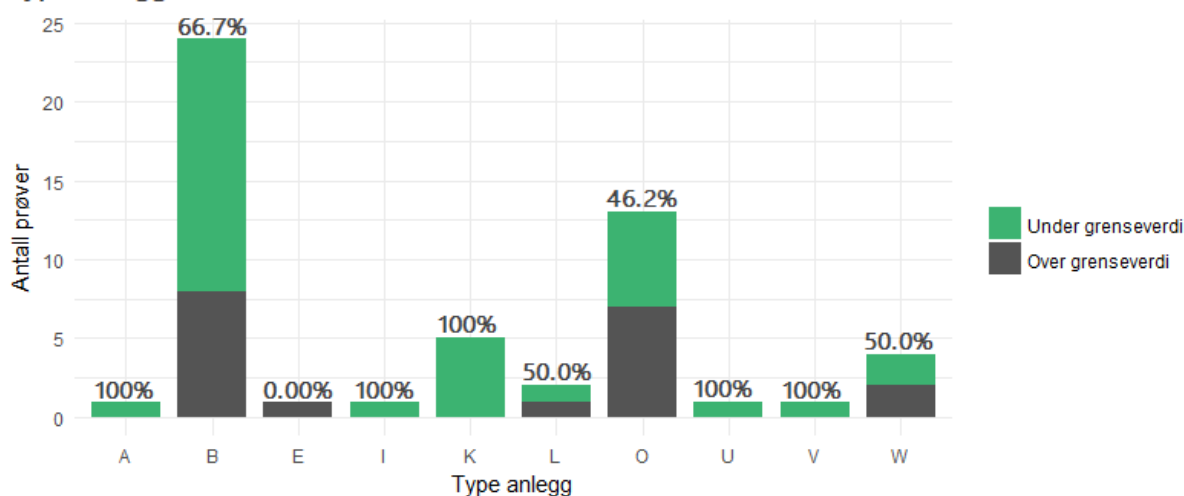
Wallax-anleggene er i utgangspunktet kjemiske fellingsanlegg i motsetning til mange andre anleggstyper, som i utgangspunktet er biologiske rensanlegg som har blitt modifisert for fosforrensing. Denne anleggstypen har også høyest andel utløpsprøver som tilfredsstillere renskrav for total fosfor, 31.8% (figur

Totalt antall vannprøver og andel som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli*.
Type anlegg/leverandør



Figur 5.8: Søylen viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli*. Anlegg med hygienisering. X-aksen viser type anlegg.

Totalt antall vannprøver og andel som har i. enterokokker målt til ≤ 350 cfu/100 ml.
Type anlegg/leverandør.



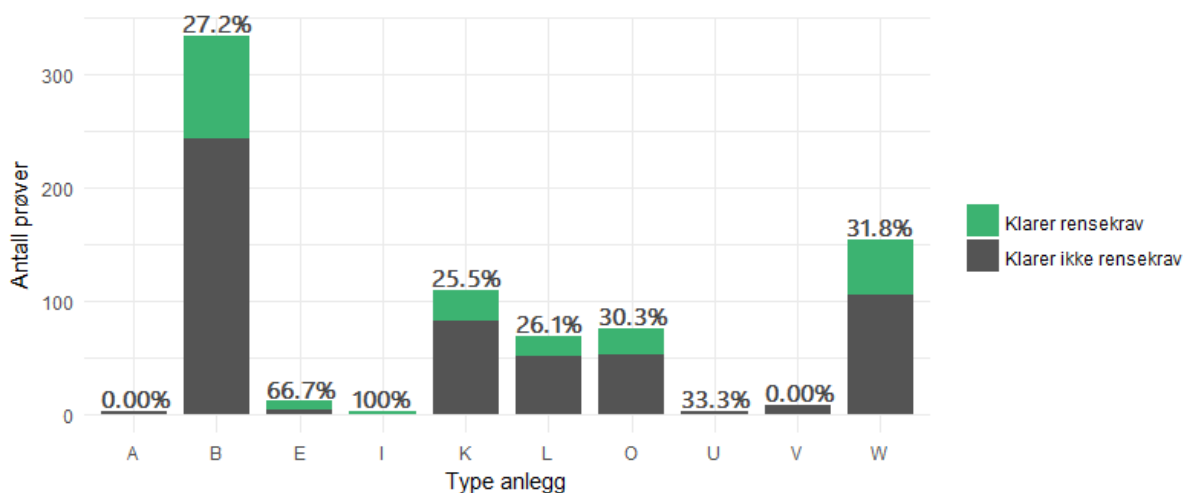
Figur 5.9: Søylen viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som har verdier av i. enterokokker ≤ 350 -cfu/100-ml. Anlegg med hygienisering. X-aksen viser type anlegg.

A: August AT
B: Biovac
E: Ecobio Weho
I: Ipec

K: Klargester BioDisc
L: Klaro
O: Odin
U: Ecobio Uponor

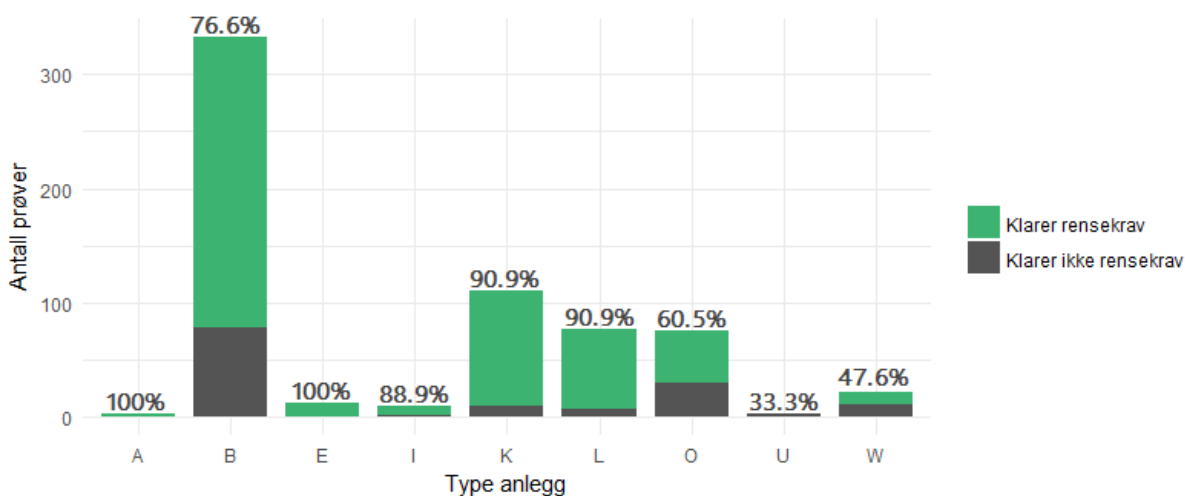
V: VPI BagaEasy
W: Wallax

Totalt antall vannprøver og andel som tilfredsstillere rensekrav for total fosfor.
Type anlegg/leverandør.



Figur 5.10: Søylen viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for total fosfor X-aksen viser type anlegg.

Totalt antall vannprøver og andel som tilfredsstillere rensekrav for BOF₅.
Type anlegg/leverandør



Figur 5.11: Søylen viser antall vannprøver. De grønne seksjonene viser andel vannprøver som tilfredsstillere rensekrav for BOF₅. X-aksen viser type anlegg.

A: August AT
B: Biovac
E: Ecobio Weho
I: Ipec

K: Klargester BioDisc
L: Klaro
O: Odin
U: Ecobio Uponor

V: VPI BagaEasy
W: Wallax

Tabell 5.5: Renseprestasjoner i forhold til renskrav for *E. coli*, i anlegg uten installert hygieniseringstrinn, inndelt etter anleggstyper.

Leverandør	<i>E. coli</i>		
	OK	Total	% OK
August AT	0	2	0.00
Biovac	10	21	47.6
Ecobio Weho	0	1	0.00
Ipec	0	4	0.00
Klargester	26	43	60.5
Klaro	8	26	30.8
Odin	3	15	20.0
VPI	0	1	0.00
Wallax	6	34	17.4

5.10) og lavest andel anlegg som tilfredsstillter renskrav for BOF₅, 47.6% (figur 5.11). Samtlige Wallax-anlegg med hygieniseringstrinn benytter biofiltre til fjerning av både tarmbakterier og organisk stoff, med unntak av ett anlegg hvor det tilsettes kjemikalier for hygienisering. Andel vannprøver som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* fra anlegg med hygieniseringstrinn er 40.0% (se figur 5.8). Dette er relativt lavt. For Wallax-anlegg uten hygieniseringstrinn er det imidlertid bare 17.4% av vannprøvene som har målte verdier av *E. coli* under renskravet (se tabell 5.5). Hygienisering gir altså en økning av andel anlegg med utslippsverdier under renskrav for *E. coli* på 22.6%. Som nevnt tidligere, kan tilsynelatende lave rensprestasjoner for *E. coli* og BOF₅ skyldes at prøver i disse anleggene tas av vann som ikke enda er ferdig rensset.

Biovac benytter hydrogenperoksid eller filtre til hygienisering av utløpsvann. Halvparten av utløpsprøvene fra anlegg med hygienisering, 50.0%, tilfredsstillter renskrav for *E. coli* (figur 5.8). Biovac-anlegg uten hygieniseringstrinn har imidlertid omtrent like stor andel utløpsprøver som tilfredsstillter renskravet for *E. coli*, 47.6% (tabell 5.5), altså en differanse på bare 2.4%. Biovac har også en relativt høy andel utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for BOF₅ (76.6%) (figur 5.11).

Klaro-anleggene benytter kjemikalier eller filtre for fjerning av tarmbakterier. 40.0% av utløpsprøvene fra Klaro-anlegg med hygieniseringstrinn tilfredsstillter renskrav for *E. coli* (figur 5.8), altså forholdsvis lavt. For Klaro-anlegg uten hygienisering ligger andelen vannprøver med målte verdier under renskravet for *E. coli* på 30.8% (tabell 5.5), altså en differanse fra anlegg med hygieniseringstrinn på bare 9.2%. Disse anleggene har, sammen med Klargester, den høyeste andelen utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for BOF₅ (90.9%) (figur 5.11).

5.2 Intestinale enterokokker som indikasjon på lang oppholdstid

I. enterokokker måles som en støtteparameter for å kunne evaluere om lave *E. coli*-verdier skyldes lang oppholdstid i anlegget. Totalt fantes 52 utløpsprøver som var analysert for både *E. coli* og i. enterokokker, hvor 25 av prøvene tilfredsstilte renskrav for *E. coli*. Av disse 25 vannprøvene var det to anlegg (8%) som hadde målte verdier av i. enterokokker på >350 cfu/100 ml. Om grenseverdien for i. enterokokker senkes til 100 cfu/100 ml, øker antallet til tre (12%). Alle utløpsprøver med *lave* verdier av *E. coli* og *høye* verdier av i. enterokokker var fra anlegg hvor det ble benyttet kjemisk hygienisering. Om man ser på denne anleggsgruppen alene, finnes totalt 16 utløpsprøver som er samtidig prøvetatt for *E. coli* og i. enterokokker hvor renskravet til *E. coli* tilfredsstilles. Andel utløpsprøver med forhøyede verdier av i. enterokokker for disse anleggene blir 12.5% om grenseverdien settes til 350 cfu/100 ml og 18.8% om grenseverdien settes til 100 cfu/100 ml.

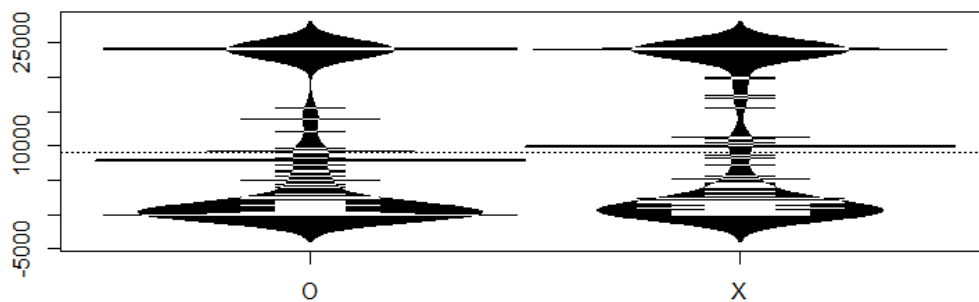
5.3 Forskjeller imellom ulike kategorier/grupper

5.3.1 Anlegg med og uten hygieniseringstrinn

Minirensaneanleggene ble inndelt i to grupper ut i fra om de hadde hygieniseringstrinn eller ikke :

O : Med hygienisering X : Uten hygienisering

Disse to gruppene ble deretter testet for forskjeller i gjennomsnitt, varians og frekvens av anlegg som tilfredsstilte renskravet for *E. coli*. De fullstедige resultatene fra disse analysene kan finnes i vedlegg B.1. Resultatene fra testene var noe motstridende. Gjennomsnittet for *E. coli* er lavere for anlegg med hygieniseringstrinn (O) enn for gruppen uten hygieniseringstrinn (X), men Welch t-test ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at det *ikke* er signifikant forskjell på gjennomsnittet av *E. coli* i de to gruppene (tabell 5.6). Levene's test ga heller ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at variansen i de to gruppene er homogen (tabell 5.6). Nullhypotesen i kjiqvadrattesten var at frekvensen av anlegg som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* (utløpsverdier $\leq 1000/100$ ml) er uavhengig om anleggene har hygieniseringstrinn eller ikke. Kjiqvadrattesten ga grunnlag for å forkaste nullhypotesen. Denne testen indikerer altså at hygieniseringstrinnene faktisk *har* effekt. Siden normalitetsantagelsen brytes kraftig når indikatororganismene inngår som variabler bør χ^2 -testen vekte tyngre enn Welch t-test. Når det er sagt, p-verdien fra kjiqvadrattesten er relativt høy – 0.04023 – noe som antyder at effekten hygieniseringstrinnene har på anleggenes evne til å tilfredsstillte renskravet for *E. coli* ikke er spesielt sterk. I figur 5.12 kan man også se at fordelingstettheten til målte verdier av *E. coli* ikke er markant forskjellig i anlegg med hygieniseringstrinn og i anlegg uten hygieniseringstrinn.



Figur 5.12: Bønneplott. Fordelingstetthet til *E. coli* i minirensaneanlegg med hygieniseringstrinn (O) og i minirensaneanlegg uten hygieniseringstrinn (X).

Tabell 5.6: Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test, Levene's test for homogen varians og kjikvadrattest. Gruppen *med* hygienisering (O) mot gruppen *uten* hygienisering (X). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Pearson's χ^2 -test

H_0 : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* er uavhengig av gruppetilhørighet

H_A : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* er ikke uavhengig av gruppetilhørighet

Parameter	O % ≤ 1000/100 ml	X % ≤ 1000/100 ml	p-verdi
<i>E. coli</i>	48.4%	36.1%	0.04023

Welch t-test

$H_0: \mu_o = \mu_X$ (Gjennomsnittene er like)

$H_A: \mu_o \neq \mu_X$ (Gjennomsnittene er ulike)

Parameter	O Gj.snitt	X Gj.snitt	p-verdi
<i>E. coli</i>	7767 MPN/100 ml	9925 MPN/100 ml	0.09055

Levene's test

$H_0: \sigma_o^2 = \sigma_X^2$ (Variansen er lik)

$H_A: \sigma_o^2 \neq \sigma_X^2$ (Variansen er ulik)

Parameter	O Varians	X Varians	p-verdi
<i>E. coli</i>	1.03E+08 (MPN/100 ml) ²	1.15E+08 (MPN/100 ml) ²	0.14141

5.3.2 Ulike typer hygienisering

Anleggene som var prøvetatt for *E. coli* ble delt inn i følgende grupper :

F : Filtre **U** : UV **K** : Kjemikalier **X** : Ingen

Levene's test for homogen varians, ANOVA/Welch ANOVA og Pearson's χ^2 -test/Fisher's Exact test for Count Data ble benyttet for å undersøke om disse gruppene var statistisk signifikant forskjellige fra hverandre. De fullstendige resultatene fra disse analysene kan finnes i vedlegg B.2.

Levene's test for homogen varians ga grunnlag om å forkaste nullhypotesen om at variansen i gruppene F-U-K-X er lik for parameteren BOF₅. For øvrige numeriske variable i datasettet, ga ikke Levene's test grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at variansen i gruppene F-U-K-X er lik. Ved variansanalyse ble derfor Welch ANOVA benyttet for BOF₅, mens ANOVA ble benyttet for de øvrige numeriske parameterne. Siden det bare fantes to verdier av i. enterokokker og bare fire verdier for temperatur i anlegg uten hygieniseringstrinn (X) ble denne gruppen utelatt fra analysene hvor disse to variablene inngikk. Når det gjaldt kjikvadrattesten, var forventningsverdien for UV-anleggene (U) mindre enn én for begge indikatorbakteriene og i alle gruppekombinasjoner som ble testet. Fisher's Exact Test for Count Data ble derfor benyttet istedenfor Pearson's χ^2 -test når UV-anleggene inngikk.

ANOVA ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene for *E. coli* i gruppe F-U-K-X er like (tabell 5.7). Fisher's Exact test for Count Data ga imidlertid grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at antall utløpsprøver som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli* er uavhengig av gruppetilhørighet når UV-anleggene (U) og ble testet mot alle øvrige grupper (F-K-X) (tabell 5.8). Siden normalitetsantagelsen brytes kraftig når verdier for indikatororg-

Tabell 5.7: Testede gjennomsnitt og p-verdier fra ANOVA. Gruppene F-U-K-X mot hverandre. Resultater for indikatororganismer, samt signifikante resultater for øvrige numeriske parametere. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

ANOVA					
	$H_0: \mu_F = \mu_U = \mu_K = \mu_X$ (Alle gjennomsnitt er like)				
	H_A : Minst ett gjennomsnitt er ulikt fra de andre				
Parameter	F Gj.snitt	U Gj.snitt	K Gj. snitt	X Gj. snitt	p-verdi
<i>E. coli</i>	6759/100 ml	2875/100 ml	8747/100 ml	9925/100 ml	0.113
Int. ent.	529/100 ml	17.0/100 ml	528/100 ml		0.285
BOF ₅	59.9 mg/l	15.1 mg/l	38.2 mg/l	24.4 mg/l	0.02564
Temperatur	15.5°C	19.0°C	16.0°C		0.0038

Tabell 5.8: Andel utløpsprøver under renskrav/grenseverdi av indikatororganismer og p-verdier fra kjikvadrattest. Gruppene F-U-K-X mot hverandre. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Andel utløpsprøver med målte verdier av indikatororganismer under renskrav/grenseverdi				
Parameter	F	U	K	X
<i>E. coli</i>	50.0%	80.0%	43.6%	36.1%
Int. ent.	60.0%	83.3%	61.0%	

**Pearson's χ^2 -test /
Fisher's Exact test for Count Data**

H_0 : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* er uavhengig av gruppetilhørighet

H_A : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillter renskrav for *E. coli* er ikke uavhengig av gruppetilhørighet

	F	U	K	X
F				
U	0.04309			
K	0.5489	0.02042		
X	0.1524	0.01414	0.2693	

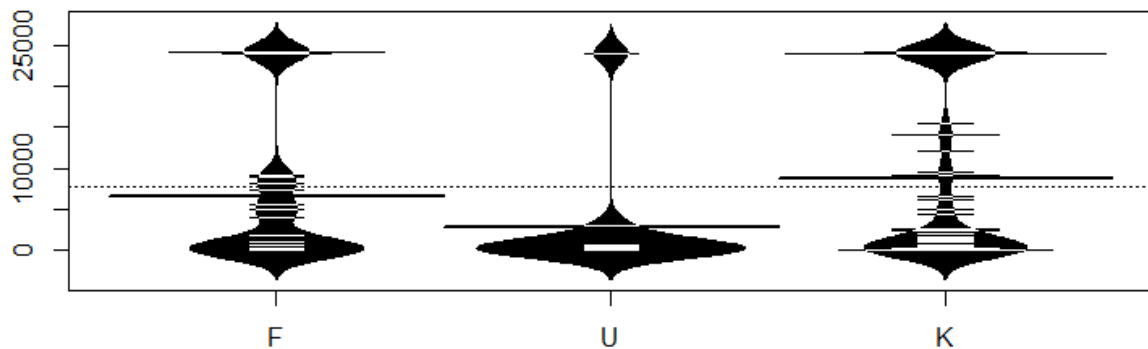
**Pearson's χ^2 -test /
Fisher's Exact test for Count Data**

H_0 : Frekvensen av utløpsprøver som har verdier av i. enterokokker $\leq 350/100$ ml er uavhengig av gruppetilhørighet

H_A : Frekvensen av utløpsprøver som har verdier av i. enterokokker $\leq 350/100$ ml er ikke uavhengig av gruppetilhørighet

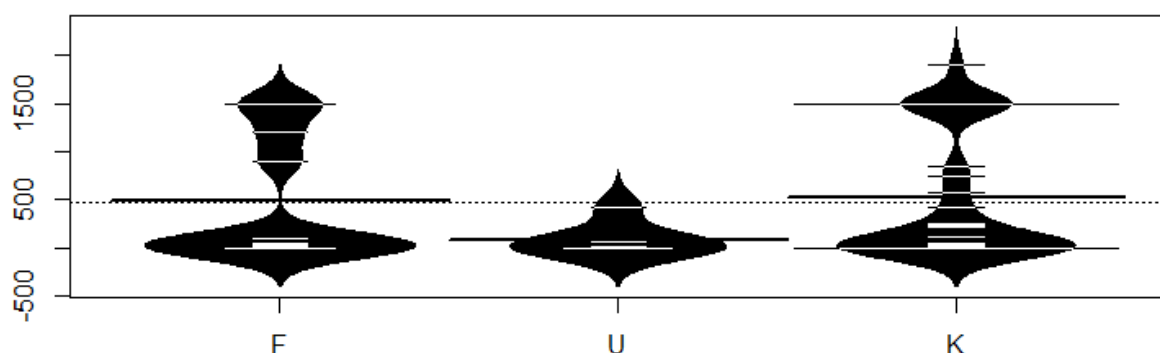
	F	U	K
F			
U	0.395		
K	1.00	0.4659	

anismer inngår, er det grunn til å vekte Fisher's Exact test for Count Data mer enn resultatene fra variansanalysen (ANOVA). Figur 5.13 illustrerer at frekvensen av lave utløpskonsentrasjoner av *E. coli* er høyere i UV-anleggene enn i de to andre hygieniseringsmetodene. Antall prøver i UV-anleggene er imidlertid så lavt at dette *kan* skyldes tilfeldigheter. Hygieniseringsfiltrene og anlegg hvor det tilsettes kjemikalier til hygienisering har en relativt lik fordeling av *E. coli*.



Figur 5.13: Bønneplot. Fordelingstettheten av *E. coli* i gruppene F–U–K.

ANOVA ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene i for i. enterokokker i gruppe F–U–K er like (tabell 5.7). Person's χ^2 -test/Fisher's Exact test for Count Data ga heller ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at frekvensen av utløpsprøver som har målte verdier av i. enterokokker $\leq 350/100$ ml er uavhengig av gruppetilhørighet/type hygienisering for noen av de parvise gruppekombinasjonene som ble testet. Av figur 5.14 ser man en tydelig forskjell mellom UV-anleggene og de to andre gruppene i fordelingstettheten av i. enterokokker, men siden datagrunnlaget er lite (særlig for UV og hygieniseringsfiltre), kan dette også skyldes tilfeldigheter.



Figur 5.14: Bønneplot. Fordelingstetthet av i. enterokokker i gruppene F–U–K.

Varians-analyse (ANOVA) ble også benyttet for å teste om det var forskjeller på noen av de andre numeriske variablene i datasettet for gruppene F–U–K–X. Games-Howell post hoc test ga ikke gyldige resultater, men differansen på

gjennomsnittelig målt BOF_5 i UV-anleggene (U) og filter-anleggene er temmelig stor – 44.4 mg/l (tabell 5.7). Varians-analysen (ANOVA) ga også grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene i gruppene F-U-K-X er like for BOF_5 og for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene i gruppene F-U-K er like for temperatur (tabell 5.7). Ifølge Tukey's post hoc test er differansen i gjennomsnittstemperaturene i gruppene U-K (p-verdi: 0.026) og U-F (p-verdi: 0.003) større enn det forventede standardavviket. Gjennomsnittstemperaturen i UV-anleggene er 3-3.5°C høyere enn gjennomsnittstemperaturen i gruppene F-K.

5.3.3 Undergrupper av kjemisk hygienisering

Det benyttes to ulike kjemikalier for hygienisering av utløpsvann hos minirensenanleggene i Tilsynets ansvarsområde; pereddiksyre og hydrogenperoksid. Hverken Welch t-test eller kjikvadrattest (Pearson's χ^2 -test) indikerer at det er statistisk signifikant forskjell for målt gjennomsnitt av *E. coli* eller i enterokokker for de to ulike kjemikalietyperne (tabell 5.9).

Tabell 5.9: Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test og kjikvadrattest. Gruppen som benytter pereddiksyre (P) mot gruppen som benytter hydrogenperoksid (H). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Pearson's χ^2-test			
H ₀ : Frekvensen av utløpsprøver som har lave verdier av indikatororganismer er uavhengig av gruppetilhørighet*.			
H _A : Frekvensen av utløpsprøver som har lave verdier av indikatororganismer er uavhengig av gruppetilhørighet*.			
Parameter	P % lave*	H % lave*	p-verdi
<i>E. coli</i>	35.5%	48.9%	0.241
Int. ent.	45.4%	68.0%	0.2735

Welch t-test			
H ₀ : $\mu_P = \mu_H$ (Gjennomsnittene er like)			
H _A : $\mu_P \neq \mu_H$ (Gjennomsnittene er ulike)			
Parameter	P Gj.snitt	H Gj.snitt	p-verdi
<i>E. coli</i>	10366 MPN/100 ml	7818 MPN/100 ml	0.288
Int. ent	676 cfu/100 ml	435 cfu/100 ml	0.3418

* Med lave verdier menes utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatororganismene.

Siden peroksider ifølge teorien kan bidra til å øke biotilgjengeligheten på organisk stoff, ble det for de to største anleggstypene hvor det benyttes kjemisk hygienisering – Biovac og Odin – undersøkt om det var signifikant forskjell på gjennomsnittelige utløpsverdier av BOF₅ i anlegg *med* og *uten* hygienisering ved Welch t-test. Testen ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittet av BOF₅ i anlegg *med* og *uten* hygienisering er like for noen av anleggstypene (tabell 5.10).

Tabell 5.10: Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Odin- og Biovac-anlegg *med* hygienisering (O) mot Odin- og Biovac-anlegg *uten* hygienisering. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Welch t-test			
$H_0: \mu_O = \mu_X$ (Gjennomsnittene er like)			
$H_A: \mu_O \neq \mu_X$ (Gjennomsnittene er ulike)			
Anleggstype	O Gj.snitt BOF ₅	X Gj.snitt BOF ₅	p-verdi
Odin	59.5 mg/l	55.0 mg/l	0.9058
Biovac	25.7 mg/l	31.7 mg/l	0.6953

5.3.4 Ulike typer anlegg / leverandører

For ”de fem store” anleggstypene ble målte verdier av *E. coli* i utløpsprøver fra anlegg *med* hygieniseringstrinn sammenlignet med målte verdier av *E. coli* i utløpsprøver fra anlegg *uten* hygieniseringstrinn. De fullstendige resultatene fra disse analysene kan finnes i vedlegg B.4. Bare for Klargester-anleggene ga Welch t-test grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittsverdiene av *E. coli* er like i anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn. For anleggstypene Biovac, Klaro, Odin og Wallax ga ikke Welch t-test grunnlag for å forkaste nullhypotesen (tabell 5.11). Pearson’s χ^2 -test ble benyttet for anleggstypene Klaro og Biovac. For de øvrige anleggstypene ble Fisher’s Exact test for Count Data benyttet. Pearson’s χ^2 -test/Fisher’s Exact test for Count Data ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillere rensekrevet for *E. coli* er uavhengig av hygienisering (tabell 5.11). Denne testen bør trolig vektlegges mer enn Welch t-test siden normalitetsantagelsen brytes kraftig i analyser hvor indikatororganismene inngår.

Varians-analyse ble også benyttet for å undersøke om det var signifikant forskjell på gjennomsnittsmålinger av indikatororganismene hos de ulike anleggstypene. Analysen ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene er like for verken *E. coli* (p-verdi: 0.449) eller i enterokokker (p-verdi: 0.5053). De fullstendige resultatene fra disse analysene kan finnes i vedlegg B.3.

Tabell 5.11: Testede parametere og p-verdier fra Welch t-test. Målte verdier av *E. coli*/frekvens av anlegg som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli* for "de fem store" anleggstypene med hygienisering (O) mot utløpsprøver fra "de fem store" anleggstypene uten hygienisering (X). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Pearson's χ^2 -test

H_0 : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli* er uavhengig av gruppetilhørighet/hygienisering

H_A : Frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillere rensekrav for *E. coli* er ikke uavhengig av gruppetilhørighet/hygienisering

Anleggstype	O % $\leq 1000/100$ ml	X % $\leq 1000/100$ ml	p-verdi
Biovac	50.0%	47.6%	0.861
Odin	37.1%	20.0%	0.3276
Klargester	88.8%	60.5%	0.1386
Klaro	40.0%	30.8%	0.5483
Wallax	40.0%	17.4%	0.1484

Welch t-test

H_0 : $\mu_B = \mu_O = \mu_K = \mu_L = \mu_W$ (Gjennomsnittene er like)

H_A : Minst ett gjennomsnitt er ulikt fra de andre.

Anleggstype	O Gj.snitt <i>E. coli</i>	X Gj.snitt <i>E. coli</i>	p-verdi
Biovac	7923 MPN/100 ml	7095 MPN/100 ml	0.7707
Odin	10366 MPN/100 ml	14361 MPN/100 ml	0.2372
Klargester	528 MPN/100 ml	5100 MPN/100 ml	0.002076
Klaro	8111 MPN/100 ml	10253 MPN/100 ml	0.533
Wallax	8346 MPN/100 ml	13929 MPN/100 ml	0.09591

5.3.5 Anlegg som har lave utløpsverdier av indikatororganismer og anlegg som har høye utløpsverdier av indikatororganismer.

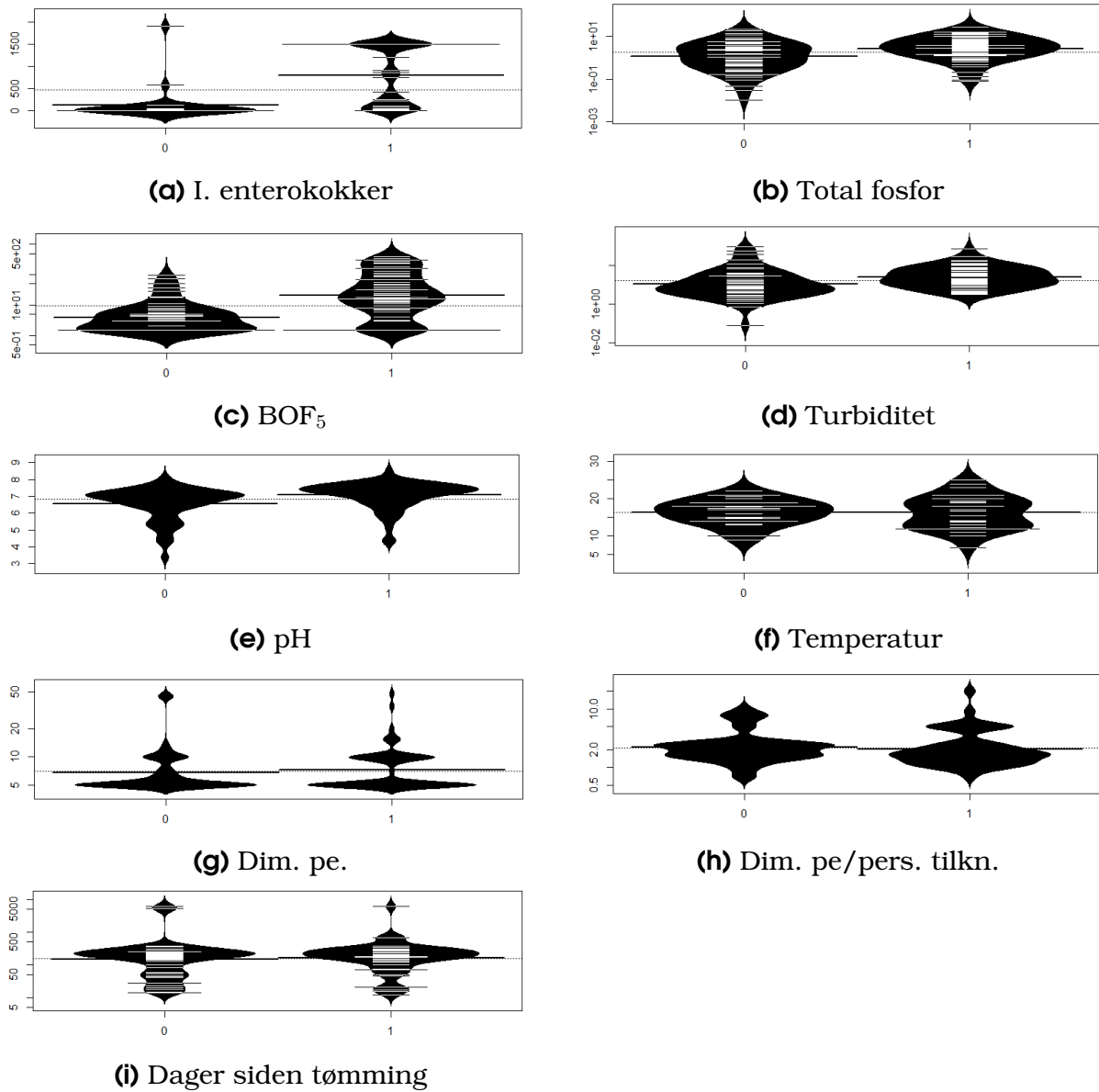
Anleggene med hygiensieringstrinn ble inndelt i to grupper for hver indikator, avhengig av om de tilfredsstilte eller ikke tilfredsstilte rensekravet for *E.coli* eller om de hadde utløpsverdier under eller over satt grenseverdi for i. enterokokker (350-cfu/100-ml). Gruppene ble deretter testet for om det var statistisk signifikante forskjeller for verdiene av samtlige numeriske parametere i datasettet (se tabell A.1) ved Welch t-test. De fullstendige resultatene fra disse analysene finnes i vedlegg B.5.

Forskjeller mellom gruppen anlegg som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* og gruppen som ikke tilfredsstiller rensekrav for *E.coli*

Welch t-test ga lavest p-verdier (mest signifikant resultat) for variablene BOF₅ og i. enterokokker. Den indikerte også statistisk signifikans for pH og total fosfor (se tabell 5.12). For disse parameterne gir altså Welch t-test grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittet for disse parameterne *ikke* er signifikant forskjellig. Gruppen som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli*, har generelt lavere verdier for BOF₅, i. enterokokker, pH og total fosfor enn gruppen som ikke tilfredsstiller rensekravet. I figur 5.15 kan man se en framtredd forskjell i fordelingstettheten til i. enterokokker og BOF₅ i de to gruppene.

Tabell 5.12: Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Gruppen som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* (0) mot gruppen som ikke tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* (1). Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Welch t-test			
	H ₀ : $\mu_0 = \mu_1$ (Gjennomsnittene er like)		
	H _A : $\mu_0 \neq \mu_1$ (Gjennomsnittene er ulike)		
Parameter	0 Gj.snitt	1 Gj.snitt	p-verdi
I. ent.	112 cfu/100 ml	799 cfu/100 ml	3.79E-05
Tot-P	2.98 mg/l	4.84 mg/l	0.03026
BOF ₅	8.77 mg/l	67.79 mg/l	2.27E-05
Turbiditet	51.5 NTU	52.7 NTU	0.9565
Temperatur	16.4°C	16.3°C	0.9286
pH	6.56	7.06	0.00354
Dim. pe	8.37	8.58	0.8828
pe/pers	2.72	2.77	0.9323
Dgr. tm	476	339	0.5238



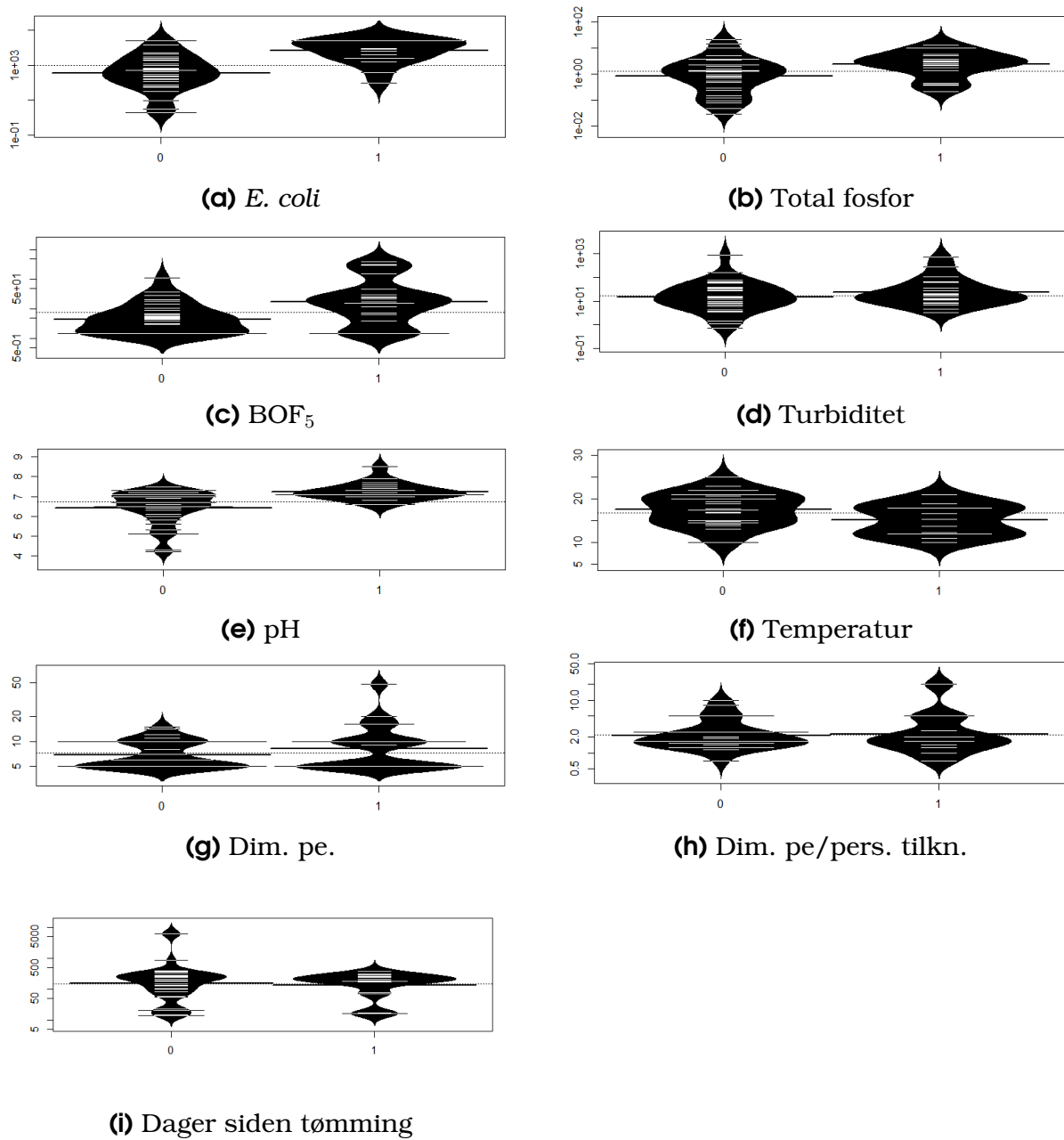
Figur 5.15: Bønneplott. Fordelingstettheten til ulike numeriske parametere, inndelt etter om anleggene tilfredsstillere rensekrav for *E.coli* (0) eller ikke (1).

Forskjeller mellom gruppen anlegg som har utløpsverdier under satt grenseverdi for i. enterokokker og gruppen som har utløpsverdier over satt grenseverdi for i. enterokokker.

Welch t-test ga grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittet for pH, *E. coli* og BOF₅ i gruppen som hadde utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml og gruppen som har utløpsverdier av i. enterokokker > 350 cfu/100 ml *ikke* er signifikant forskjellig (se tabell 5.13). Gruppen som har verdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml har generelt lavere verdier for pH, *E. coli* og BOF₅ enn gruppen som har utløpsverdier for i. enterokokker > 350 cfu/100 ml. I figur 5.16 kan man se en framtreddende forskjell i fordelingstettheten til pH, *E. coli* og BOF₅ i mellom de to gruppene. Forskjellen i fordelingstettheten for total fosfor er også iøyenfallende.

Tabell 5.13: Testede gjennomsnitt og p-verdier fra Welch t-test. Gruppen som har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml mot gruppen som har utløpsverdier > 350 cfu/100 ml. Nullhypotesen forkastes om $p < \alpha = 0.05$.

Welch t-test			
	$H_0: \mu_0 = \mu_1$ (Gjennomsnittene er like)		
	$H_A: \mu_0 \neq \mu_1$ (Gjennomsnittene er ulike)		
Parameter	0 Gj.snitt	1 Gj.snitt	p-verdi
<i>E. coli</i>	2727 MPN/100 ml	13631 MPN/100 ml	6.98E-04
Tot-P	2.52 mg/l	3.96 mg/l	0.2145
BOF ₅	10.4 mg/l	73.9 mg/l	0.03862
Turbiditet	52.3 NTU	74.4 NTU	0.6372
Temperatur	17.4°C	15.2°C	0.06609
pH	6.41	7.26	3.07E-05
Dim. pe	7.24	10.2	0.2314
pe/pers	2.66	3.85	0.506
Dgr. tm	545	181	0.1554



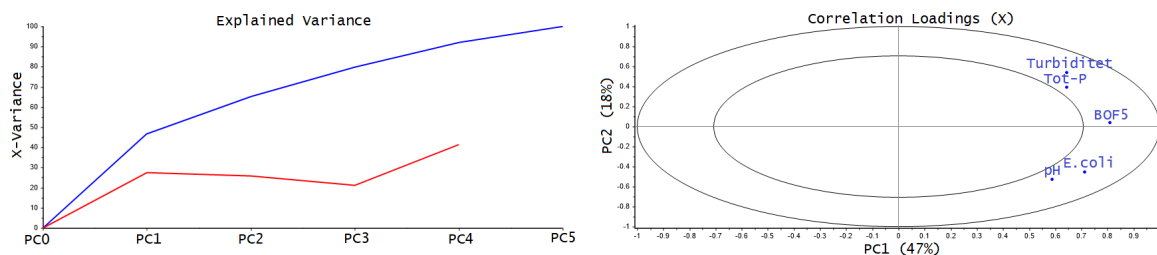
Figur 5.16: Bønneploott. Fordelingstettheten til ulike numeriske parametere, inndelt etter om anleggene har utløpsverdier under 350 cfu/100 ml av i. enterokokker (0) eller ikke (1).

5.4 Prinsipalkomponentanalyse (PCA)

Prinsipalkomponentanalyse (PCA) ble anvendt som et visuelt utforskende redskap for å kunne avdekke mulige sammenhenger i mellom *E.coli* og øvrige numeriske og kategoriske variabler i datasettet. Siden PCA er følsom for manglende datapunkter hos variablene som inngår i prinsipalkomponentene ble PCA utført på ulike utvalg av datasettet, for å kunne analysere både alle relevante variabler og samtidig kunne analysere så mye data som mulig. I dette kapittelet vil bare resultater fra Utvalg 1a, Utvalg 1b og Utvalg 2b presenteres. Disse utvalgene vil beskrives nærmere nedenfor. Resultater fra øvrige utvalg og supplerende plot til de utvalg som presenteres (1a, 1b og 2b) kan finnes i vedlegg C.

Når uteliggerverdier ble fjernet fra utvalgene resulterte dette i lavere grad forklart varians for samtlige utvalg. Det ble derfor vurdert som hensiktsmessig å ikke fjerne uteliggerverdier fra utvalgene.

5.4.1 PCA Utvalg-1a



(a) Kumulativ forklart varians, kalibrert (b) Ladningsplott, PC1 og PC2 (blå linje) og validert (rød linje).

Figur 5.17: Forklart varians og ladningsplott for PC1-PC2, Utvalg-1a.

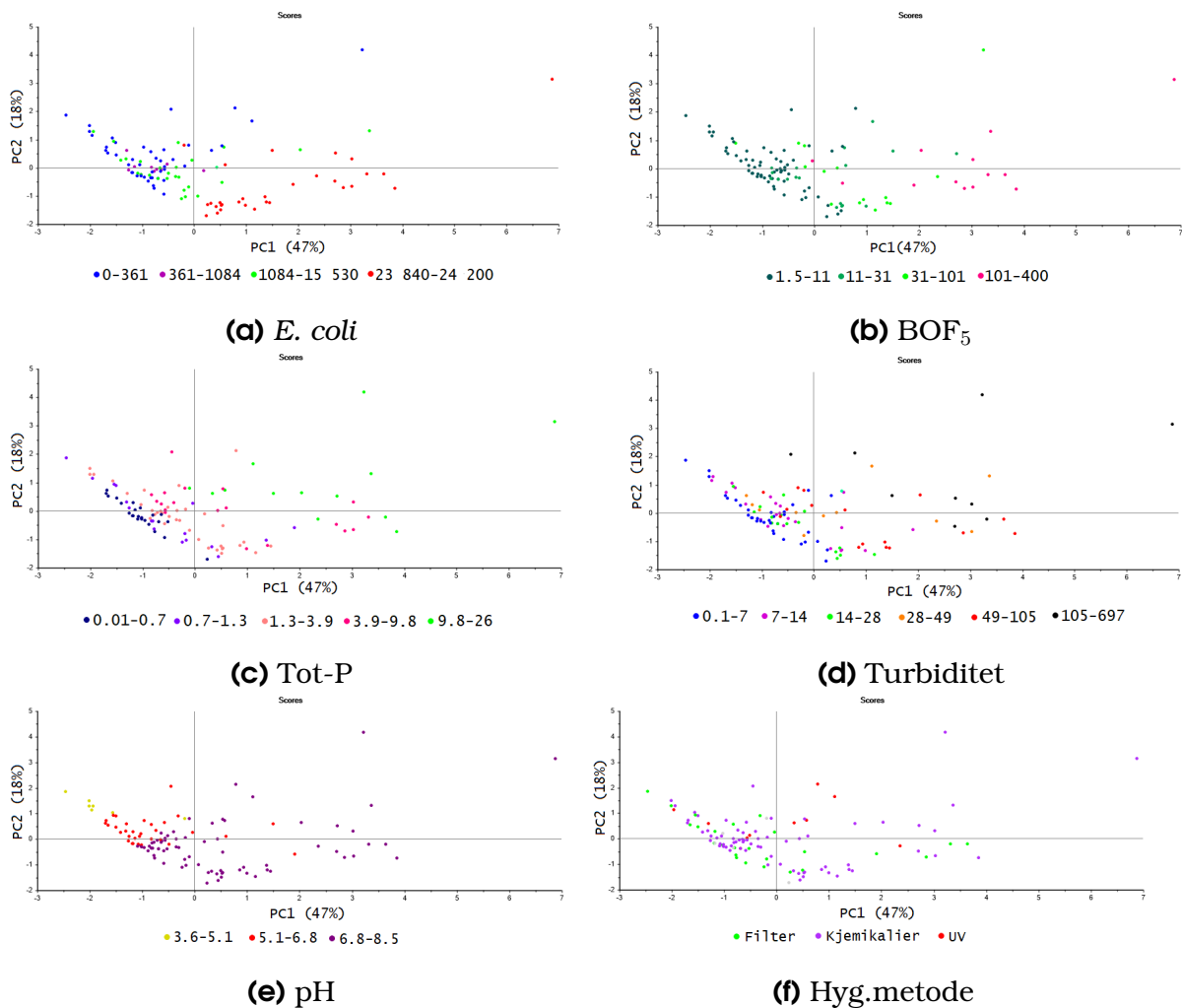
Utvalg 1a besto av 111 datapunkter, hvor variablene *E. coli*, BOF_5 , total fosfor, turbiditet og pH utgjorde prinsipalkomponentene. Verdier fra anlegg uten hygieniseringstrinn ble utelatt fra analysen. De fullstendige resultatene for PCA av utvalg 1a kan finnes i vedlegg C.1

Det er tydelig at det er prinsipalkomponent 1 (PC1) som forklarer mest varians, hele 47%, mens PC2, PC3 og PC4 forklarer henholdsvis 18%, 15% og 12%. Den validerte variansen (forklart varians som også er gyldig for et uavhengig datasett/kryssvalidert varians) er fallende etter PC1 (figur 5.17a).

Både ladningsplott (figur 5.17b) og analogt stratifiseringsmønster i score-plot (figur 5.18) indikerer sterkt samsvar imellom *E. coli* og pH. De samme komponentene indikerer også samsvar imellom *E. coli* og BOF_5 , men ikke like sterkt som for *E. coli* og pH; variablene har noe større avstand til hverandre i ladningsplott'et (figur 5.17b) og stratifiseringkongruensen i score-plot'et (figur 5.18) er ikke like fremtredende. analogt stratifiseringsmønsteren i mellom *E. coli* og BOF_5 var til gjengjeld relativt markant i samtlige score-plot (se

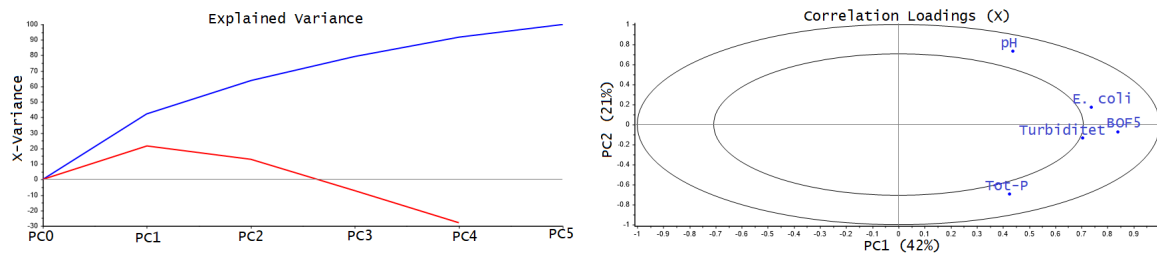
vedlegg C.1). Av figur 5.18 kan det også se ut som at lave verdier av total fosfor og turbiditet samsvarer med lave verdier av *E. coli*.

Parameterne temperatur, dimensjonert pe, dimensjonert pe/personer tilknyttet adressen (belastning på anlegget), dager siden tømning, hygieniseringsmetode og type anlegg/leverandør ble plottet som *kategorivariabler*. Ingen av disse viste synlige stratifiseringstendenser i noen av *score-plot*'ene.



Figur 5.18: Score-plot for Utvalg-1a, prinsipalkomponent 1 (PC1) og 2 (PC2).

5.4.2 PCA Utvalg-1b



(a) Kumulativ forklart varians, kalibrert (blå linje) og validert (rød linje).

(b) Ladningsplott, PC1 og PC2

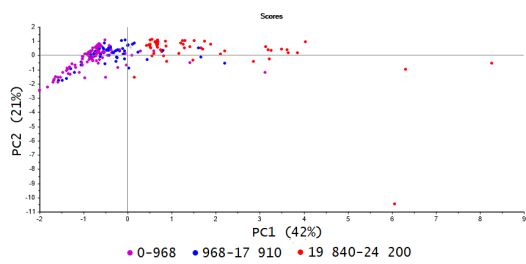
Figur 5.19: Forklart varians og ladningsplott for analyse av Utvalg-1b.

Utvalg 1b besto av 209 datapunkter, hvor de samme variablene som i Utvalg 1a – *E. coli*, BOF₅, total fosfor, turbiditet og pH – utgjorde prinsippkomponentene. Forskjellen til Utvalg 1a var at i Utvalg 1b var verdier fra anlegg uten hygieniseringstrinn inkludert i utvalget. De fullstendige resultatene fra Utvalg 1b kan finnes i vedlegg C.2.

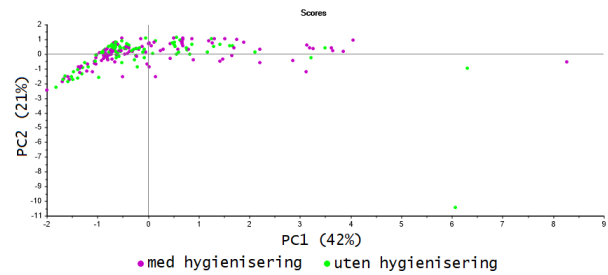
PC1 forklarer 42% av variansen, PC2 forklarer 21% og PC3 forklarer 16% av variansen i datasettet. Den validerte variansen er synkende etter PC1 (figur 5.19a).

Ladningsplottet (figur 5.19b) indikerer sterkt samsvar mellom *E. coli* og BOF₅ og *E. coli* og turbiditet. Score-plot'et (figur 5.20) viser imidlertid tydelig analogt stratifiseringsmønster mellom *E. coli* og samtlige variabler som inngikk i analysen (BOF₅, total fosfor, turbiditet og pH).

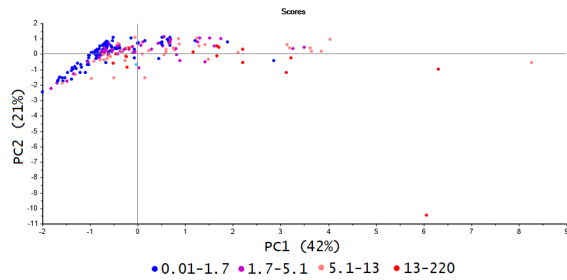
Parameterne temperatur, dimensjonert pe, dim. pe/pers. tilkn. adressen (antatt belastning på anlegget), dager siden tømning og hygieniseringsmetode ble plottet som *kategorivariabler*. Ingen av disse viste stratifiseringstendenser i noen av score-plot'ene. En variabel som kategoriserte anleggene ut i fra om de hadde hygienisering eller ikke ble også plottet som *kategorivariabel*. Denne viste ingen analogt stratifiseringsmønster med verdier av *E. coli* (figur 5.20b).



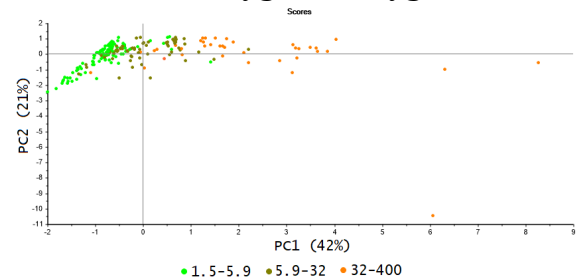
(a) E.coli



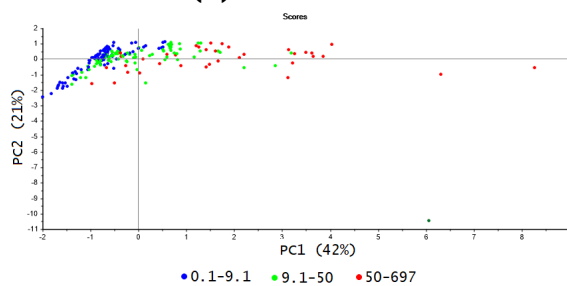
(b) Hyg./ikke hyg.



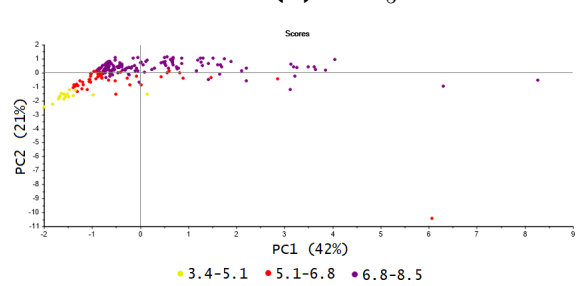
(c) Total fosfor



(d) BOF₅



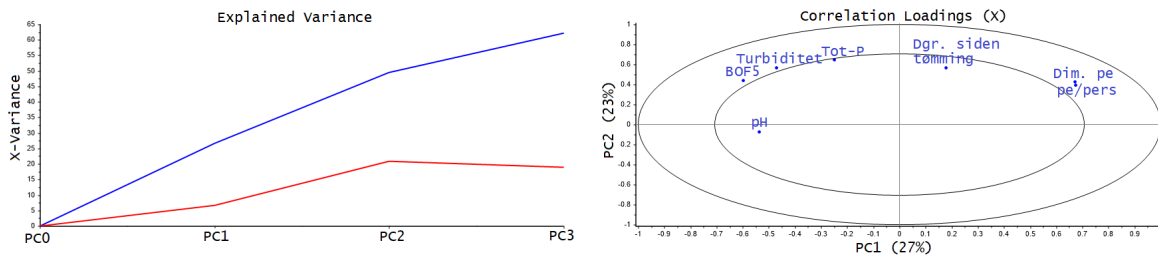
(e) Turbiditet



(f) pH

Figur 5.20: Score-plot for Utvalg-1b, prinsipalkomponent 1 og 2.

5.4.3 Utvalg-2b



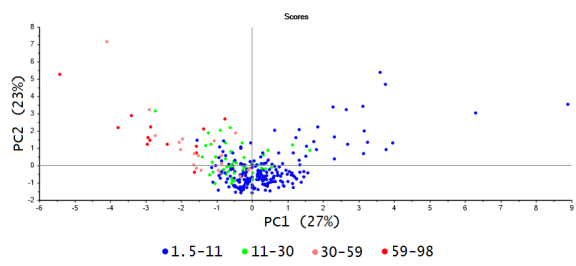
(a) Kumulativ forklart varians, kalibrert (blå linje) og validert (rød linje).

(b) Ladningsplott, PC1 og PC2

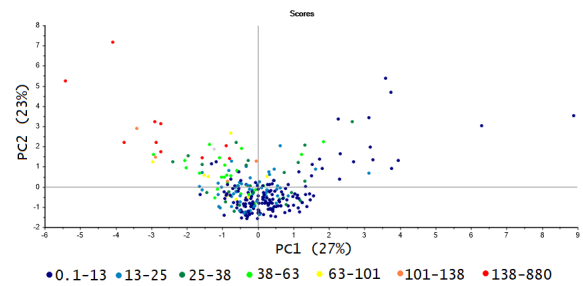
Figur 5.21: Forklart varians og ladningsplott for analyse av Utvalg-2b.

Utvalg 2b besto av 288 datapunkter, hvor variablene total fosfor, BOF_5 , turbiditet, pH, dager siden tømning ved prøvetakingstidspunkt, dimensjonert pe og dim. pe/pers. tilkn. adressen (antatt belastning på anlegget) utgjorde prinsippkomponentene. Verdier >100 mg BOF_5/l og >15 mg Tot-P/l ble ekskludert fra utvalget. De fullsendige resultatene fra dette utvalget kan finnes i vedlegg C.4.

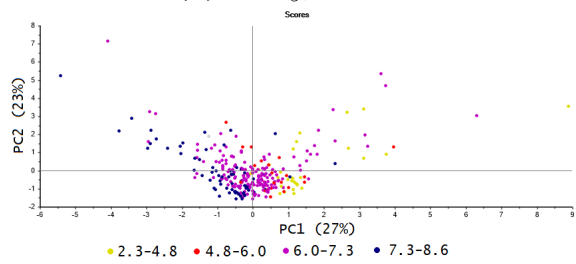
PC1 forklarer 27% av variansen i utvalget, PC2 forklarer 23% og PC3 forklarer 13% av variansen. Den validerte variansen flater ut etter PC2 (se figur 5.21a). Forklaringsgrunnlaget i denne modellen er med andre ord langt dårligere enn i øvrige PCA. Analysen er allikevel interessant, siden pH, BOF_5 , turbiditet og dimensjonert pe/personer tilknyttet adressen, viser analogt stratifiseringsmønster i score-plot (se figur 5.22). Total fosfor viser også analogt stratifiseringsmønster med dager siden tømning av anlegget (se figur 5.22). Disse tendensene var ikke tydelig i øvrige PCA (for eksempel Utvalg 2a, som var bygget opp av de samme variablene, men inkluderte alle mulige verdier av BOF_5 og total fosfor). Sammenhengen mellom pH, BOF_5 og belastning på anlegget (altså dimensjonert pe/personer tilknyttet adressen), kan muligens også være relevant også for *E.coli*, siden *E.coli* viste sterkt samsvar med pH og BOF_5 i foregående utvalg.



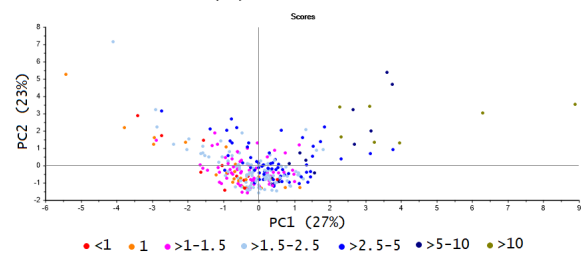
(a) BOD₅, verdier



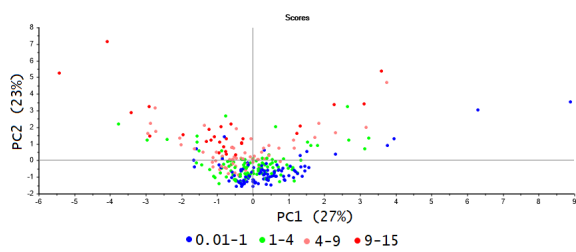
(b) Turbiditet



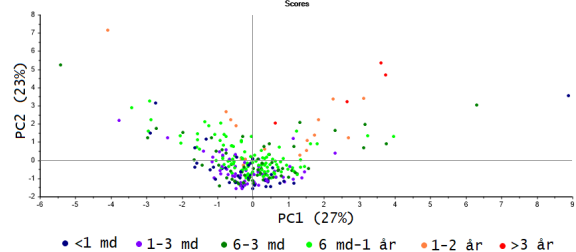
(c) pH



(d) Dim. pe/ pers. tilkn.



(e) Total fosfor



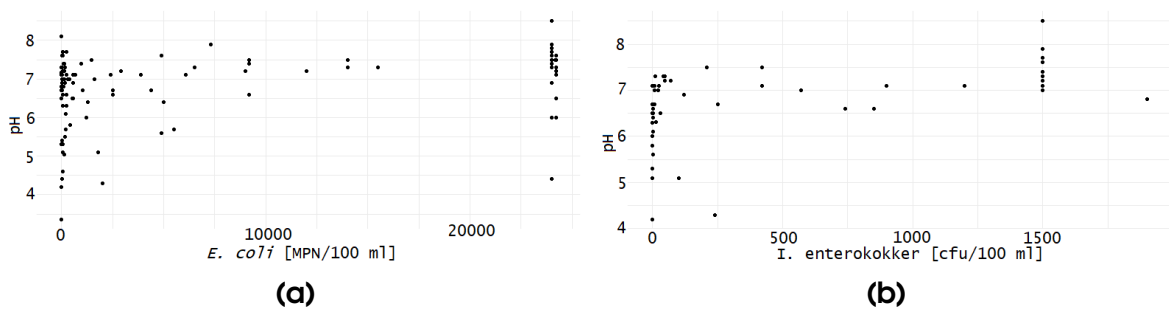
(f) Dgr. siden tømning

Figur 5.22: Score-plot for Utvalg-2b, PC1-PC2.

5.5 Korrelasjon ; Kendall's rang

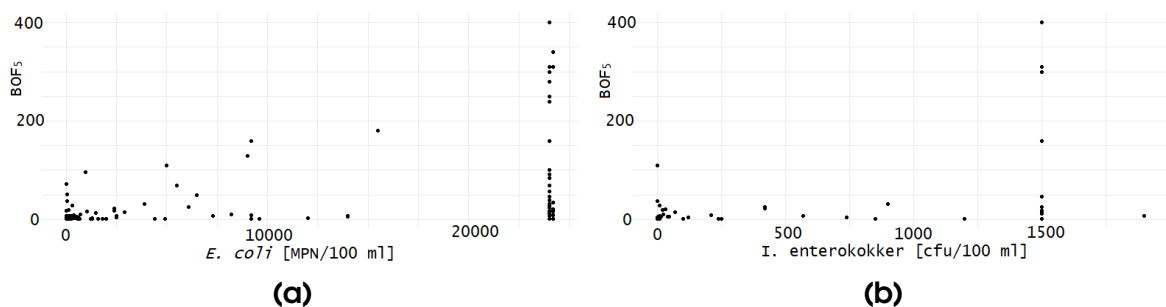
5.5.1 Alle minirenseanlegg

De fullstendige resultatene fra korrelasjons-analyser med Kendall's rang korrelasjonskoeffisient kan finnes i vedlegg ???. Ingen av de parvise korrelasjonstestene ved Kendall rangs korrelasjonskoeffisienten τ ga spesielt høye korrelasjonskoeffisienter (tabell ???). De høyeste koeffisientene finnes for i. enterokokker~pH ($\tau=0.491$), *E. coli*~i. enterokokker ($\tau=0.486$), BOF₅~Turbiditet ($\tau=0.485$), *E. coli*~BOF₅ ($\tau=0.426$), Tot-P~BOF₅ ($\tau=0.372$), Tot-P~Turbiditet ($\tau=0.370$), i. enterokokker~Tot-P ($\tau=0.355$), i. enterokokker~BOF₅ ($\tau=0.351$) og i mellom *E. coli*~pH ($\tau=0.306$). Utløpsverdiene av i. enterokokker virker altså å ha sterkest sammenheng til pH og total fosfor. *E. coli*-verdiene virker å være sterkest korrelert med innhold av organisk stoff og deretter pH. Spredningsplott av i. enterokokker mot pH viser at nesten samtlige utløpsprøver som har høye verdier for i. enterokokker har pH>7 (figur 5.23b). I spredningsplott av *E. coli* mot pH kan man ane noe av den samme tendensen, selv om her er det flere anlegg med høye verdier for pH som også har lave verdier for *E. coli* (figur 5.23a).



Figur 5.23: Spredningsplott av (a) *E. coli* og pH, (b) i. enterokokker og pH.

Spredningsplott av BOF₅ mot indikatororganismene (figur 5.24a og 5.24b) viser at samtlige utløpsprøver med verdier >200 mg BOF₅/l har høye verdier av indikatorbakterier. Sammenhengen mellom indikatororganismer for verdier <200 mg BOF₅/l er imidlertid noe mer diffus. Dette kan være en indikasjon på at korrelasjons-analysen domineres av ekstremverdier av BOF₅.



Figur 5.24: Spredningsplott av (a) *E. coli* og BOF₅, (b) i. enterokokker og BOF₅.

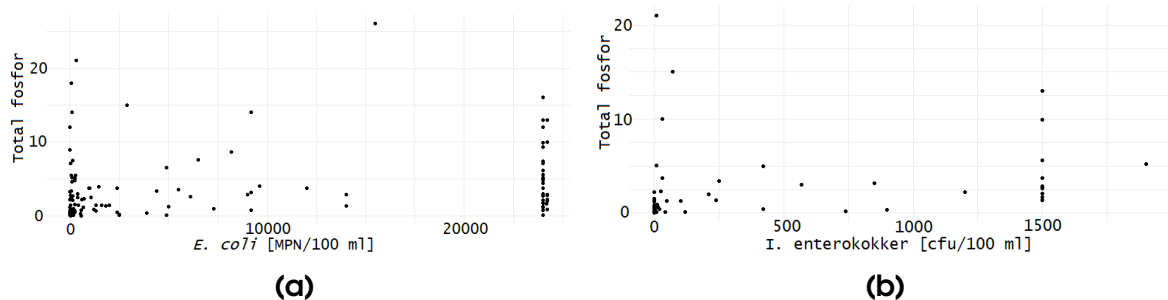
Tabell 5.14: n-verdier. Alle minirenseanlegg

	Turb.	Tot-P	BOF₅	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	pH
Tot-P	737					
BOF₅	610	628				
<i>E.coli</i>	114	122	120			
<i>I.enterokokker</i>	51	51	50	52		
pH	766	737	613	114	51	
Temp.	350	335	273	61	43	365
pe dim/pers.	546	538	457	89	37	556
Dager TM	641	640	512	100	49	654

Tabell 5.15: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Alle minirenseanlegg. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)

	Turb.	Tot-P	BOF₅	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	pH
Tot-P	0.370 <2.2E-16					
BOF₅	0.485 <2.2E-16	0.372 <2.2E-16				
<i>E.coli</i>*	0.265 4.06E-05	0.257 4.08E-05	0.426 5.01E-11			
<i>I.enterokokker</i>	0.101 0.3096	0.355 0.0004	0.351 0.0008	0.486 1.05E-06		
pH	0.131 9.40E-08	0.101 5.70E-05	0.278 <2.2E-16	0.306 3.29E-06	0.491 1.47E-06	
Temp.	0.037 0.3103	0.028 0.462	-0.018 0.6798	-0.044 0.6261	-0.143 0.1962	-0.004 0.9082
pe dim/pers.	-0.103 0.0006	-0.079 0.0093	-0.121 0.0004	-0.054 0.4814	-0.070 0.5677	-0.123 5.05E-05
Dager TM	0.053 0.0443	0.095 0.0004	0.046 0.1341	0.080 0.2477	0.029 0.7739	0.017 0.5161

* Bare verdier for anlegg med hygieniseringstrinn er tatt med i analysene.



Figur 5.25: Spredningsplott av (a) *E.coli* og total fosfor, (b) i. enterokokker og total fosfor.

I spredningsplott av total fosfor og indikatororganismene (figur 5.25a og 5.25b) er det ikke noe fremtredende mønster.

Når målte verdier av $\text{BOF}_5 \geq 100$ mg/l og av total fosfor ≥ 15 mg/l fjernes fra datasettet, resulterer dette i svakere korrelasjonskoeffesienter mellom indikatororganismene og disse to parameterne (tabell 5.17). Om høye verdier av total fosfor og BOF_5 utelates, vil det dermed være pH som har sterkest samsvar (høyest korrelasjonskoeffesient τ) til både *E. coli* og i. enterokokker.

For parameterne temperatur, dimensjonert pe/personer tilknyttet adressen og dager siden tømning gir korrelasjons-analyse enten ingen gyldige resultat, eller indikerer ingen svært svake sammenhenger med øvrige parametere.

Tabell 5.16: n-verdier (Antall datapunkter). Alle minireseanlegg hvor utløpskonsentrasjoner av $\text{BOF}_5 < 100 \text{ mg/l}$ og total fosfor $< 15 \text{ mg/l}$

	Turb.	Tot-P	BOF_5	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	pH	Temp.	pe dim/ pers.	Dgr. TM
Tot-P	693		552	117	50	692	318	500	604
BOF_5	560	552		107	45	562	252	416	466

Tabell 5.17: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Alle minireseanlegg hvor $\text{BOF}_5 < 100 \text{ mg/l}$ og total fosfor $< 15 \text{ mg/l}$. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)

	Turb.	Tot-P	BOF_5	<i>E.coli</i> *	<i>I.ent</i> *	pH	Temp.	pe dim/ pers.	Dgr. TM
Tot-P	0.328 <2.2E-16		0.298 <2.2E-16	0.261 4.29E-05	0.385 1.47E-04	0.100 1.27E-04	0.035 0.358	-0.08 0.0114	0.068 0.0129
BOF_5	0.428 <2.2E-16	0.298 <2.2E-16	0.350 3.73E-07	0.297 0.007	0.253 <2.2E-16	-0.017 0.6949	-0.086 0.0168	0.035 0.2796	

* Bare verdier for anlegg med hygieniseringstrinn er tatt med i analysene.

5.5.2 Anlegg med filter som hygieniseringsmetode

Korrelasjons-analysene for anlegg med filter som hygieniseringsmetode antyder sterkere samsvar hos filter-anleggene for $E. coli \sim i.$ enterokokker ($\tau=0.651$), $E. coli \sim BOF_5$ ($\tau=0.617$), $i.$ enterokokker \sim Tot-P ($\tau=0.535$), $E. coli \sim$ Tot-P ($\tau=0.393$) og for $E. coli \sim$ Turbiditet ($\tau=0.372$) enn for korrelasjons-analyser hvor verdier fra alle minirenseanlegg inngikk (tabell 5.19). Av de ulike gruppene hygieniseringstrinn har filter-anleggene svakest sammenheng i mellom indikatorbakterier og pH.

5.5.3 Anlegg med UV som hygienisering

Korrelasjons-analyse for anlegg med UV som hygieniseringsmetode ga få gyldige resultater (tabell 5.21). Samtlige analyser, med unntak av $E. coli \sim$ Temperatur, har for høye p-verdier for å være gyldige – dette skyldes trolig lave n-verdier (datagrunnlaget er for lite). Korrelasjonskoeffisienten τ for $E. coli \sim$ Temperatur er lik 0.714. Merk at det her er snakk om *positiv* korrelasjon, det vil si at høye verdier av temperatur samsvarer med høye verdier av $E. coli$. Om man aksepterer α lik 0.1, har UV-anleggene også den sterkeste sammenhengen for alle gruppene for $i.$ enterokokker \sim pH ($\tau=0.643$), og korrelasjonskoeffisient τ for $E. coli \sim BOF_5$ lik 0.449.

5.5.4 Anlegg med kjemisk hygienisering

Korrelasjonsanalyse for anlegg med kjemisk hygienisering (tabell 5.23) ga sterkere korrelasjonskoeffisienter τ for $i.$ enterokokker \sim pH ($\tau=0.570$), $E. coli \sim$ pH ($\tau=0.396$) og for $i.$ enterokokker \sim Tot-P ($\tau=0.431$) enn for korrelasjonsanalyser hvor verdier fra alle minirenseanlegg inngikk (tabell 5.23). Andre relativt sterke korrelasjoner finnes i mellom $E. coli \sim i.$ enterokokker ($\tau=0.451$), $E. coli \sim BOF_5$ ($\tau=0.412$) og $i.$ enterokokker $\sim BOF_5$ ($\tau=0.401$).

5.5.5 Anlegg uten hygienisering.

Korrelasjons-analyse for anlegg uten hygienisering antyder at disse anleggene har den nest sterkeste sammenhengen for gruppene F-K-U-X mellom $E. coli$ og BOF_5 ($\tau=0.523$), etter filter-anleggene (tabell 5.25). Anleggene har også den sterkeste koeffisienten for $E. coli \sim$ Turbiditet ($\tau=0.391$) av alle gruppene F-K-U-X. Sammenhengen mellom $E. coli$ og pH for denne gruppen er i følge Kendall rang relativt lav ($\tau=0.195$).

Tabell 5.18: n-verdier (antall datapunkter). Minirensesanlegg med filter som hygienisering.

	Turb.	Tot-P	BOF₅	E.coli	I.ent	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
E. coli	27	29	27		10	27	12	21	28
I. ent	9	9	8	10		9	8	7	10

Tabell 5.19: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirensesanlegg med filter som hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$)

	Turb.	Tot-P	BOF₅	E.coli	I.ent	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
E. coli	0.372 0.0070	0.393 0.0030	0.617 2.31E-05		0.651 0.0107	0.250 0.1604	0.125 0.5791	0.040 0.8072	0.125 0.3526
I. ent	-0.141 0.6002	0.535 0.0464	0.287 0.3491	0.651 0.0107		0.377 0.1683	-0.074 0.8016	-0.143 0.7726	-0.225 0.3692

Tabell 5.20: n-verdier. Minirensanlegg med UV som hygienisering.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
<i>E. coli</i>	10	10	10		5	10	7	9	10
<i>I. ent</i>	6	6	6	5		6	6	6	6

Tabell 5.21: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirensanlegg med UV som hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultat ($p < \alpha = 0.05$)

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
<i>E. coli</i>	0.156 0.6007	0.333 0.2164	0.449 0.0725		0.105 0.8005	0.296 0.2411	0.714 0.0302	0.155 0.5816	0.067 0.8618
<i>I. ent</i>	-0.276 0.442	0.414 0.2511	0.414 0.2511	0.105 0.8005		0.643 0.0798	0.138 0.7021	0.154 0.6823	-0.414 0.2511

Tabell 5.22: n-verdier. Minirensesanlegg med kjemisk hygienisering.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	E. coli	I. ent	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
E. coli	72	77	77	36	72	41	59	60	
I. ent	35	35	35	36	35	28	24	32	

Tabell 5.23: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirensesanlegg med kjemisk hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$).

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	E. coli	I. ent	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
E. coli	0.233 0.0047	0.202 0.0116	0.412 4.04E-07	0.451 0.0002	0.396 2.40E-06	-0.097 0.3838	-0.126 0.1933	0.075 0.4079	
I. ent	0.182 0.1353	0.434 0.0004	0.401 0.0014	0.451 0.0002	0.570 4.81E-06	-0.075 0.5889	-0.208 0.1856	0.057 0.6574	

Tabell 5.24: n-verdier. Minirensanlegg uten hygienisering.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
<i>E. coli</i>	136	141	111	134	4	106	134

Tabell 5.25: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Minirensanlegg uten hygienisering. Markerte tall (grønn) viser gyldige resultater ($p < \alpha = 0.05$).

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	pH	Temp	pe dim/pers.	Dager TM
<i>E. coli</i>	0.391 5.05E-11	0.255 1.43E-05	0.523 1.27E-14	0.195 0.001	0	-0.031 0.659	-0.110 0.067

5.6 Regresjonsmodeller

Den fullstendige prosessen for utarbeidelse av regresjonsmodeller kan finnes i vedlegg D.

Ifølge resultatene fra regresjonsmodellen kan *E. coli* og i. enterokokker i anlegg som har installert hygieniseringstrinn modelleres som :

$$E. coli = \exp(5.382 + 0.455\text{pH} + 0.006\text{BOF}_5)$$

$$I. \text{enterokokker} = \exp(-0.399 + 0.934\text{pH})$$

I anlegg uten hygieniseringstrinn, kan *E.coli* modelleres som :

$$E. coli = \exp(4.79 + 0.53\text{pH} + 0.01\text{BOF}_5)$$

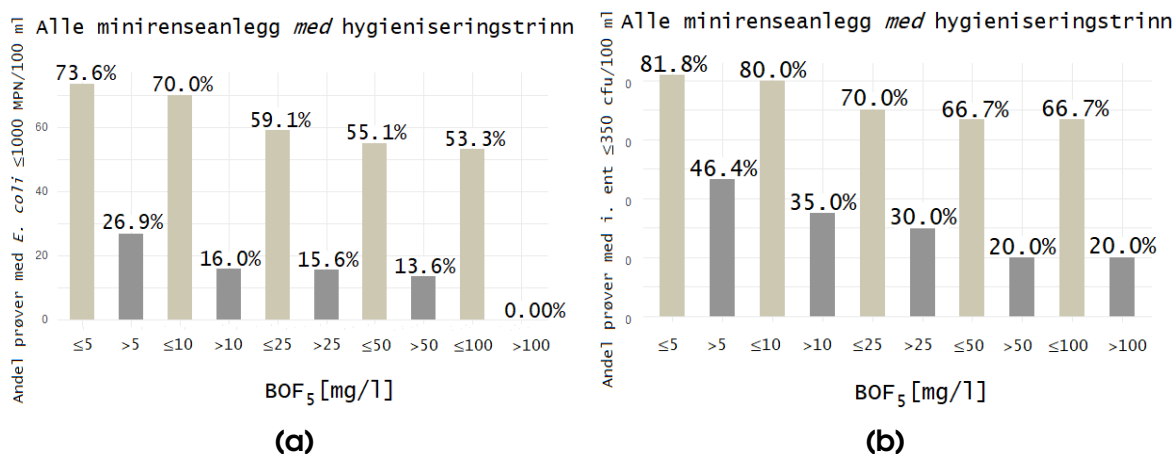
For anlegg med hygieniseringstrinn indikerer regresjon-modellen altså noenlunde det samme som korrelasjon-analyse med Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ , nemlig at bakterieinnholdet i utløpsvannet avhenger av pH og organisk stoff. For anlegg uten hygieniseringstrinn indikerer regresjonsmodellen at utløpsverdier av *E. coli* er relativt sterkt korrelert med pH. Denne sammenhengen var ikke framtrede i de parvise korrelasjonsanalysene (Kendall's rang).

5.7 Grenseverdier av øvrige parametere og påvirkning på indikatorbakterier

Som et supplement til de statistiske analysene ble det også foretatt konkrete beregninger av andel anlegg som hadde utløpsverdier *under* 1000 MPN/100 ml og 350/100 ml for henholdsvis *E. coli* og i. enterokokker avhengig av verdier av de øvrige numeriske variablene i datasettet. Dette ble gjort ved å sette ulike grenseverdier for de numeriske variablene, og deretter beregne hvor stor andel anlegg som hadde utløpsverdier ≤ 1000 MPN *E. coli* eller ≤ 350 cfu/100 ml over og under denne grenseverdien (for eksempel hvor stor andel av anleggene tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* når utløpsverdiene av total fosfor er >3 mg/l, og hvor stor andel av anleggene tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* når utløpsverdiene av total fosfor er ≤ 3 mg/l). I dette kapittelet presenteres bare deler av resultater fra disse beregningene, og kun grafer for fremstilling av resultatene. De fullstendige resultatene fra disse beregningene kan finnes i vedlegg E.

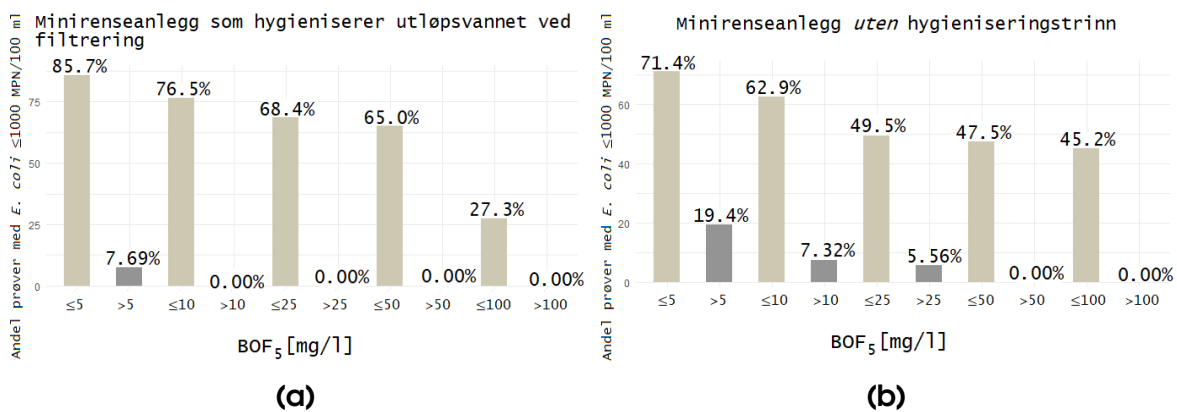
5.7.1 BOF₅

Andelen minirenseanlegg *med* hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* stiger ved synkende BOF₅-verdier i utløpsvannet (figur 5.26a). Ved ≤ 5 mg BOF₅/l er det 73.6% som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli*. Ved >25 mg BOF₅/l er det bare 15.6% som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli*. Den samme trenden kan observeres for i. enterokokker (figur 5.26b). Ved ≤ 5 mg BOF₅/l, ligger 81.8% av anleggene under grenseverdi på 350 cfu/100 ml, mens ved >25 mg BOF₅/l har andelen sunket til 30.0%.



Figur 5.26: Andel minirenseanlegg *med* hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstiller rensekrav for *E.coli* og (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for BOF₅.

For de ulike undergruppene hygienisering (F–U–K) er BOF_5 -effekten er mest framtreddende for anlegg med filter som hygieniseringstrinn. BOF_5 -verdiene i utløpsvannet ser også til å ha større innvirkning på bakterietallet i anlegg *uten* anlegg *uten* hygienisering (figur 5.27) enn i anlegg *med* hygieniseringstrinn. Anlegg hvor det benyttes filtre til hygienisering av utløpsvannet og anleggene *uten* hygieniseringstrinn var også de to anleggsgruppene som ifølge korrelasjonsanalysen hadde sterkest samsvar mellom BOF_5 og *E.coli*. Ingen av filteranleggene og bare 7.32% av anleggene *uten* hygieniseringstrinn tilfredsstiller rensekrav for *E.coli* ved $\text{BOF}_5 > 10$. Ved $\text{BOF}_5 \leq 25$ mg/l har anleggene *uten* hygieniseringstrinn en andel på 49.5% som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli*. Dette tilsvarer omtrent den totale andelen av anlegg *med* hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* (48.4%). Ved $\text{BOF}_5 \leq 5$ mg/l har andelen anlegg *uten* hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* steget til 71.4%.

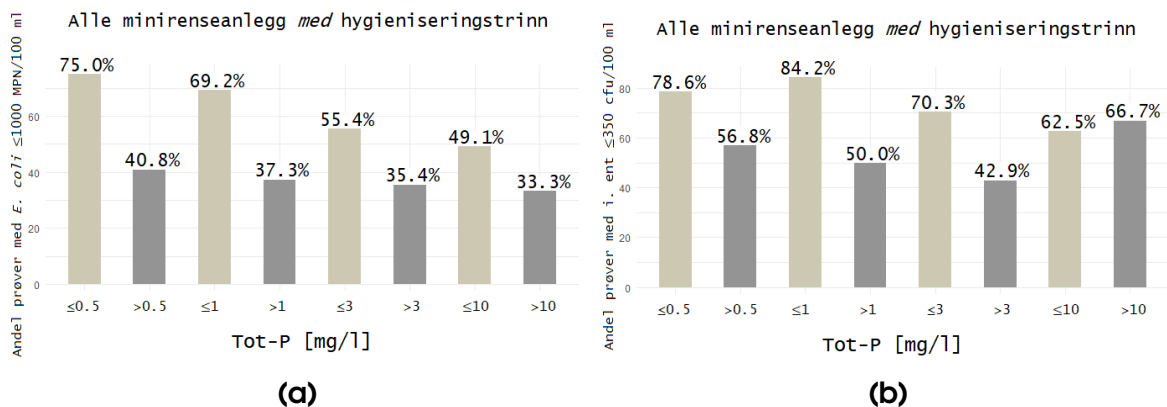


Figur 5.27: Andel anlegg som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* under/over ulike grenseverdier for BOF_5 . (a) Anlegg med filtre som hygienisering, (b) anlegg *uten* hygienisering.

5.7.2 Total fosfor

Andel minirensesanlegg *med* hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* øker ved lavere konsentrasjoner av total fosfor i utløpsvannet (figur 5.28a), fra 35.4% ved >3 mg Tot-P/l, til 75% ved ≤ 0.5 mg Tot-P/l – altså en økning på omtrent 40%. For i. enterokokker er det ikke en like tydelig trend (se figur 5.28b), men man kan allikevel ane noe av den samme tendensen. Andelen som har utløpsverdier under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml stiger fra 42.9% ved >3 mg P/l til 75.0% ved ≤ 0.5 mg P/l.

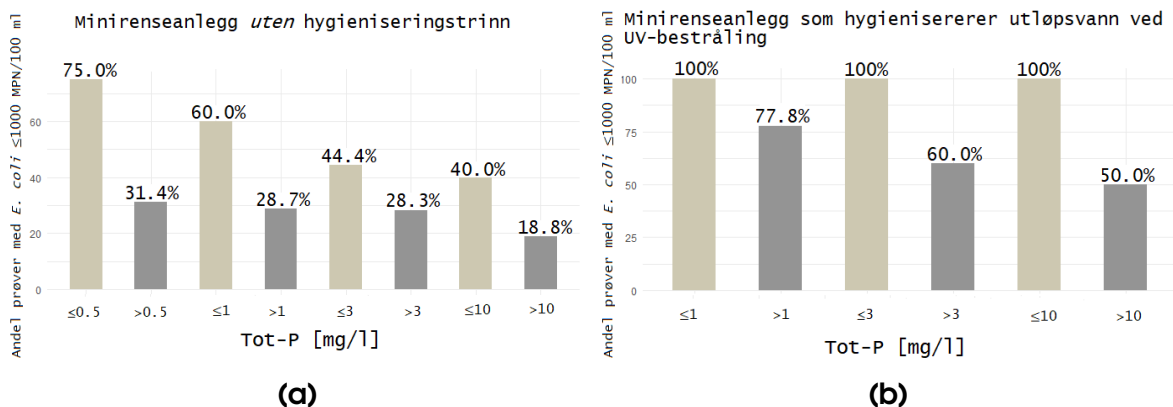
Utløpsverdier av total fosfor har større innvirkning på *E. coli*-verdiene i minirensesanlegg *uten* hygieniseringstrinn enn i anlegg *med* hygieniseringstrinn (figur 5.29a). I anleggene som ikke har hygienisering er det bare 28.3% som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* ved utløpsverdier >3 mg P/l, mens andelen anlegg som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* er ved utløpsverdier på ≤ 0.5 mg Tot-P/l er 75.0%. Ved total fosfor-verdier på ≤ 0.5 mg/l er det altså



Figur 5.28: Andel minirensesanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for total fosfor.

like stor andel av anleggene uten hygieniseringstrinn som anlegg med hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli*. Ved total fosfor-verdier i utløpsvannet ≤ 3 mg/l er det 44.4% av anleggene uten hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli*. Dette tilsvarer omtrent den totale andelen av anlegg med hygieniseringstrinn som tilfredsstiller rensekravet for *E. coli* (48.4%).

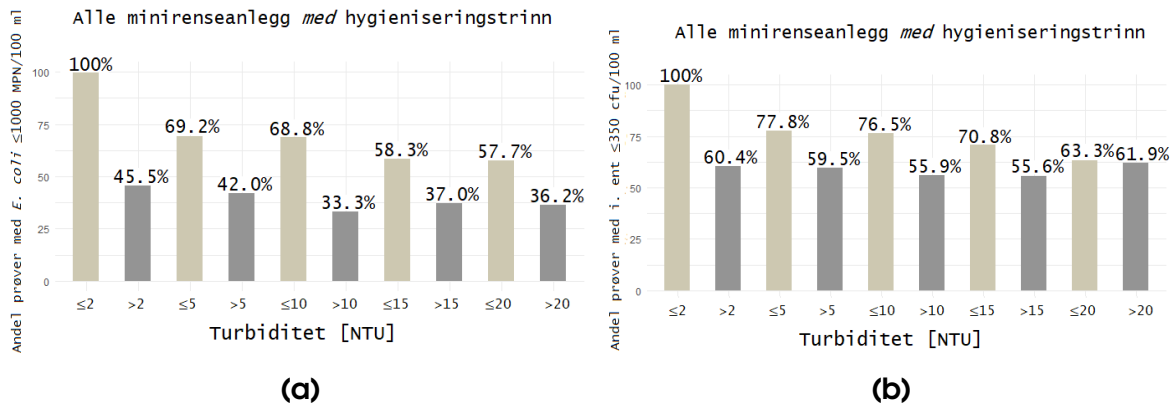
De parvise korrelasjonsanalysene ga ikke gyldig resultat for UV-anlegg for total fosfor mot indikatorbakteriene. Figur 5.29b indikerer at total fosfor-verdiene påvirker renseseffekten av *E. coli* på tilsvarende måte som for de øvrige hygieniseringsmetodene.



Figur 5.29: Andel anlegg som tilfredsstiller rensekrav for *E. coli* under/over ulike grenseverdier for total fosfor. (a) Anlegg uten hygieniseringstrinn, (b) anlegg med UV som hygienisering.

5.7.3 Turbiditet

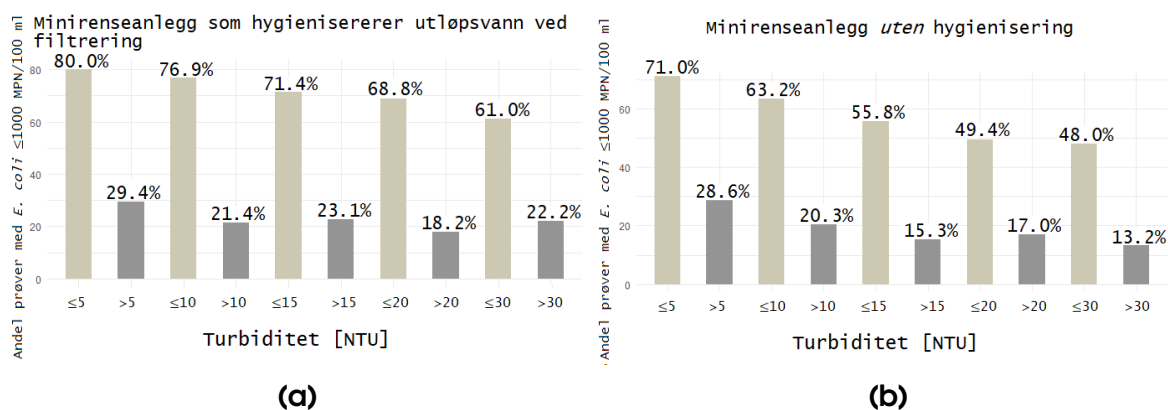
Andel anlegg *med* hygieniseringstrinn som tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* og eller har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml øker ved synkende verdier av turbiditet (figur 5.30). For *E. coli* øker andelen anlegg fra 36.2% ved >20 NTU til 69.2% ved ≤ 5 NTU (figur 5.30a). For i. enterokokker observeres lignende tendens, dog ikke like markant; i det samme intervallet øker andelen anlegg under satt grenseverdi fra 61.9% til 77.8% (se figur 5.30b).



Figur 5.30: Andel minirensesanlegg *med* hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml ved ulike grenseverdier for turbiditet.

Turbiditetseffekten er større for minirensesanlegg *uten* hygieniseringstrinn enn i anlegg *med* hygieniseringstrinn (figur 5.31b). For de ulike hygieniseringsmetodene, ser det ut til at filter-anleggene har sterkest sammenheng i mellom turbiditet og bakterietall (figur 5.31a). For begge disse anleggsgruppene er det langt færre anlegg (sammenlignet med beregninger for alle minirensesanlegg *med* hygieniseringstrinn) som tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* ved turbiditetsverdier >20 NTU, hhv. 18.2% for filter-anleggene og 17.0% for anlegg *uten* hygieniseringstrinn. Ved turbiditet på ≤ 5 NTU er andelen anlegg *uten* hygieniseringstrinn som tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* omtrent lik som alle anlegg *med* hygieniseringstrinn, 71.0%, mens den for filter-anleggene ligger noe høyere, på 80.0%. Allerede ved turbiditet på ≤ 30 NTU er det omtrent en like stor andel av anleggene *uten* hygieniseringstrinn (48.0%) som tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* som for den totale andelen av anlegg *med* hygieniseringstrinn som tilfredsstillter rensekraft for *E. coli* (48.4%).

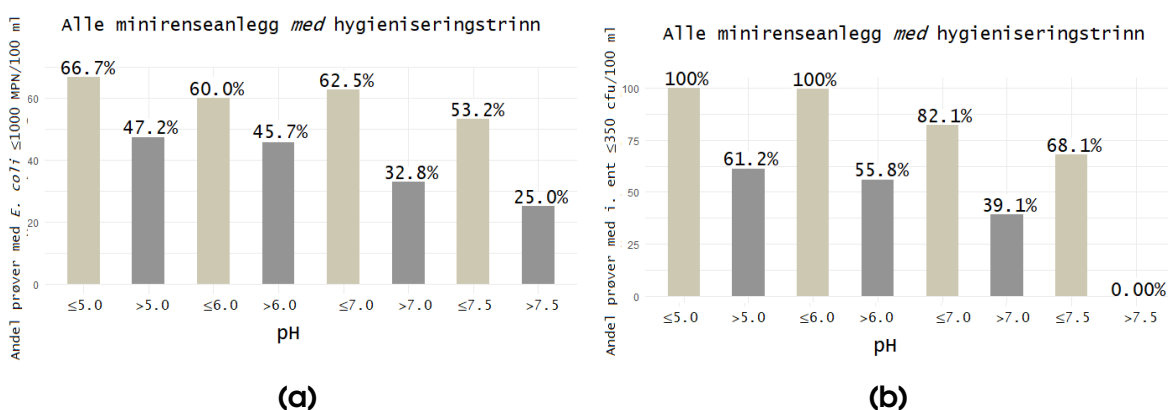
Det var ingen tydelig sammenheng i mellom turbiditetsverdier og indikatororganismer i utløpsvannet for UV-anleggene. To av UV-anleggene hadde turbiditetsverdier målt til >50 NTU (henholdsvis 64.7 og 373 NTU). Begge disse anleggene tilfredsstilte rensekraft for *E. coli*. I det ene av disse anleggene var også i. enterokokker målt til <1 cfu/100 ml. I begge UV-anleggene med turbiditetsverdier >50 NTU hadde prøvetaker notert at det var flyteslam i ettersedimenteringskammeret, og anleggene hadde omtrent like mange personer bosatt



Figur 5.31: Andel filter-anlegg (a) og andel anlegg uten hygienisering (b) som tilfredsstillere rensekraav *E.coli* ved ulike grenseverdier for turbiditet.

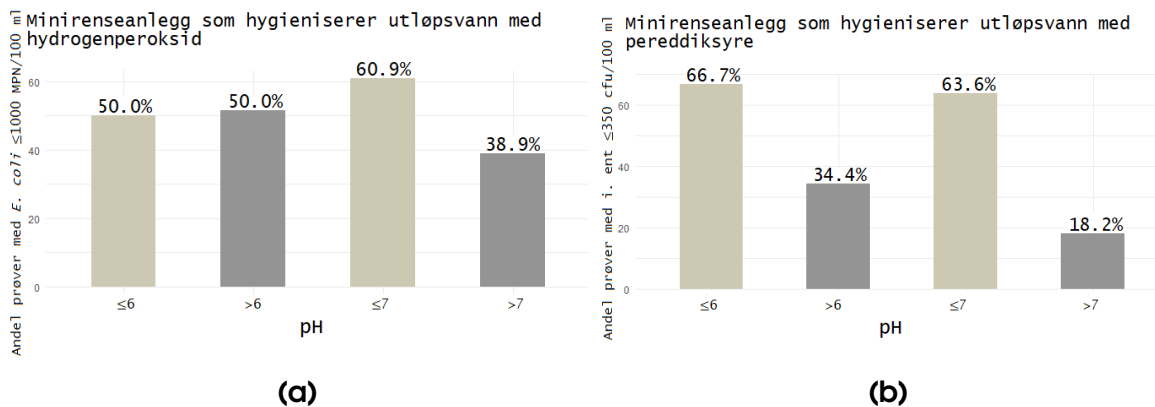
på adressen som anlegget var dimensjonert for. Det kan allikevel tenkes at lave bakterietall skyldes at anleggene var lavt belastet på prøvetakingstidspunktet, og at dette er årsaken til lave bakterietall. Om disse to anleggene ekskluderes fra beregningene, øker andelen anlegg med lave bakterietall i utløpet med synkende verdier av turbiditet.

5.7.4 pH



Figur 5.32: Andel minirensesanlegg som (a) tilfredsstillere rensekraav for *E. coli* eller (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for pH.

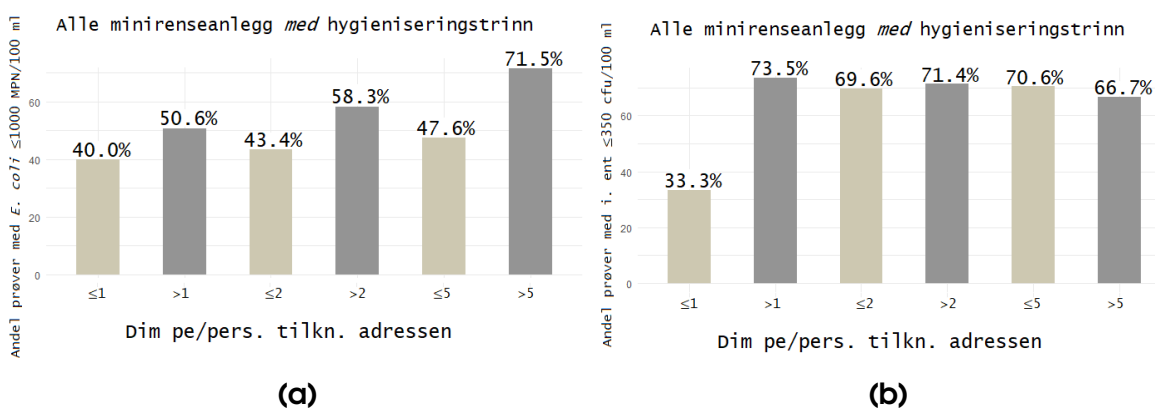
Lav pH samsvarer med lave verdier for indikatororganismer i utløpsvannet (figur 5.32). 62.5% av anleggene tilfredsstillere rensekraavet for *E. coli*, og 82.1% av anleggene har verdier av i. enterokokker ≤350 cfu/100 ml ved pH ≤7. Ved pH>7 er det hhv. 32.8% og 39.1% som tilfredsstillere rensekraav for *E. coli* eller har utløpsverdier av i. enterokokker ≤350 cfu/100 ml. pH-effekten er generelt sterkere for i. enterokokker enn for *E. coli* for alle grenseverdier av pH. Tilsvarende trender ble observert for alle undergrupper av hygienisering og for anlegg uten hygieniseringstrinn.



Figur 5.33: Andel minirensesanlegg som tilfredsstiller renskrav for *E. coli*. (a) Anlegg som tilsetter hydrogenperoksid og (b) anlegg som tilsetter pereddiksyre i utløpsvannet.

Av de ulike undergruppene hygieniseringsmetoder er effekten av pH-forandringer mest markant for anlegg hvor det benyttes kjemisk hygienisering. Om de kjemiske anleggene deles inn i anlegg som benytter hydrogenperoksid og anlegg som benytter pereddiksyre (Odin-anlegg), åpenbarer det seg en tydelig forskjell i mellom disse to gruppene. Anleggene som benytter pereddiksyre ser ut til å være langt mer følsomme for pH-forandringer enn gruppen som benytter hydrogenperoksid (se figur 5.33). Siden alle anlegg som benytter pereddiksyre alle kommer fra samme leverandør (Odin) kan det imidlertid tenkes at forskjellene i pH-følsomhet derfor også kan ha andre årsakssammenhenger enn hygieniseringskjemikaliet.

5.7.5 Antatt belastning på anlegget

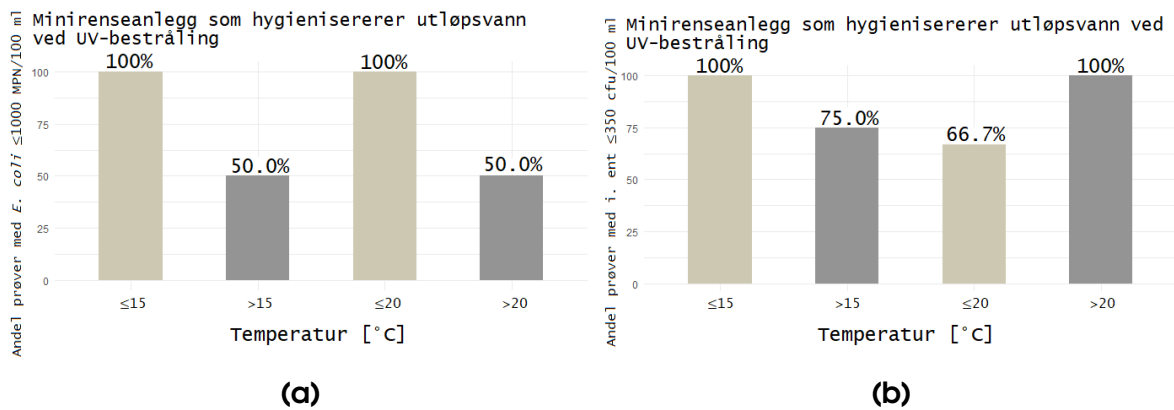


Figur 5.34: Andel minirensesanlegg med hygieniseringstrinn som (a) tilfredsstiller renskrav for *E. coli* og (b) har utløpsverdier av i. enterokokker ≤350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget.

Anlegg som er overbelastet ser ut til å ha større andel anlegg med høye bakterietall, enn anlegg som er underbelastet i forhold til dimensjonert pe (figur

5.34). 40.0% av anleggene med hygieniseringstrinn tilfredsstiller rensekrevet for *E. coli* ved dim.pe/pers. tilkn. ≤ 1 , mot 58.3% ved dim.pe/pers.tilkn. > 2 (se figur 5.34a). For i. enterokokker øker andelen som har utløpsverdier ≤ 350 cfu/100 ml fra 33.3% ved dim.pe/pers.tilkn. ≤ 1 til 71.4% ved dim.pe/pers.tilkn. > 2 (se figur 5.34b).

5.7.6 Temperatur



Figur 5.35: Andel UV-anlegg som (a) tilfredsstiller rensekrev for *E. coli* og (b) har utslippsverdier av i. enterokokker ≤ 350 cfu/100 ml under/over ulike grenseverdier for temperatur.

Ifølge Kendall rang korrelasjonskoeffesient τ er *E. coli* sterkt korrelert med temperatur i UV-anleggene. Datagrunnlaget er lite, men beregningene viser at *E. coli*-verdiene i disse anleggene synker ved lavere temperaturer (figur 5.35a). For i. enterokokker er de imidlertid ingen åpenbar sammenheng med målt temperatur i UV-anleggene (figur 5.35b). For øvrige grupper hygienisering og for minirensesanlegg uten hygieniseringstrinn er det ingen tydelig sammenheng imellom målte verdier av indikatororganismer og målt temperatur i anlegget.

5.7.7 Øvrige numeriske parametere

For de øvrige numeriske parametere (dimensjonert pe og dager siden tømming av anlegget) ble det ikke observert noen tydelig sammenheng i mellom verdier av disse parametere og bakterietallet i utløpsvannet (se vedlegg E).

5.8 Tid : Stabilt eller ustabilt?

5.8.1 Utvikling fra år til år

For total fosfor og BOF₅ er det ikke vesentlige forskjeller fra år til år når det gjelder andel anlegg som tilfredsstillende rensekraftene (tabell 5.26). For *E. coli* øker andelen anlegg med hygieniseringstrinn som tilfredsstillende rensekraftene jevnt fra 35.2% i 2013 til 53.8% i 2017 (tabell 5.27). I. enterokokker er bare rutinemessig prøvetatt fra anlegg med hygieniseringstrinn siden 2016. Andelen anlegg med utløpsverdier av i. enterokokker ≤350 cfu/100 ml steg fra 58.6% i 2016 til 70.8% i 2017 (figur 5.27).

Tabell 5.26: Suksessrate, rensing av næringsstoffer, sortert etter år. Alle minirensesanlegg.

År	Total fosfor				År	BOF ₅			
	OK	Ikke OK	Total	% OK		OK	Ikke OK	Total	% OK
2013	27	68	95	28.4	2013	37	10	47	78.7
2014	31	69	100	31.0	2014	76	18	94	80.9
2015	44	127	171	25.7	2015	121	41	162	74.7
2016	74	163	237	31.2	2016	140	37	177	79.1
2017	44	124	168	26.2	2017	130	33	163	79.8

Tabell 5.27: Suksessrate, rensing av indikatorbakterier, anlegg med hygieniseringstrinn. *E. coli* ift. til rensekraft, i. enterokokker ift. satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml. Utvikling over tid. Minirensesanlegg med hygieniseringstrinn.

År	<i>E. coli</i>				År	I. enterokokker			
	OK	Ikke OK	Total	% OK		OK	Ikke OK	Total	% OK
2013	6	11	17	35.2	2013				
2014	11	12	23	47.8	2014				
2015	6	6	12	50.0	2015				
2016	23	23	46	50.0	2016	17	12	29	58.6
2017	14	12	26	53.8	2017	17	7	24	70.8

5.8.2 Utvikling fra år til år for Wallax-anlegg

Revidering av tekniske godkjenninger fra SINTEF for minirensesanlegg begynte i 2015, hvor Wallax-anleggene var den første anleggstypen som ble revidert. Som et resultat av revidert teknisk godkjenning fikk mange av anleggene hyppigere slamtømming. Wallax-anlegg er den eneste anleggstypen som har blitt prøvetatt etter dette tiltaket trede i kraft. For total fosfor og *E. coli* er det ingen synlig forbedring i prøveresultatene fra Wallax-anlegg etter 2015 (tabell 5.28 og 5.29). For BOF₅ øker andelen Wallax-anlegg som tilfredsstillende rensekraftene fra 44.4% i 2013 til 50.0% i 2016 (tabell 5.28).

Tabell 5.28: Suksessrate for Wallax-anlegg, rensing av næringsstoffer, sortert etter år.

Total fosfor					BOF ₅				
År	OK	Ikke OK	Total	% OK	År	OK	Ikke OK	Total	% OK
2013	19	47	66	28.8	2013	4	5	9	44.4
2014	4	1	5	80.0	2014	-			
2015	1	4	5	20.0	2015	-			
2016	25	50	75	33.3	2016	6	6	12	50.0
2017	0	3	3	0.00	2017	-			

Tabell 5.29: Suksessrate, Wallax-anlegg, rensing av indikatorbakterier, sortert etter år.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
År	OK	Ikke OK	Total	% OK	År	OK	Ikke OK	Total	% OK
2013	4	5	9	44.4	2013				
2014	-				2014				
2015	-				2015				
2016	2	4	6	33.3	2016	2	2	4	50.0
2017	-				2017	-			

5.8.3 Enkeltanleggs utvikling

Flere av minirensesanleggene er prøvetatt i flere omganger, noe som gjør det mulig å følge utviklingen av enkeltanlegg over tid. Prøveresultatene er sortert ut i fra om anlegget tilfredsstillende renskravet eller ikke, og anleggene er kategorisert i *stabile anlegg* – altså anlegg som enten tilfredsstillende renskrav i alle eller ingen prøverunder, *anlegg som forbedres* – altså anlegg som går fra å ikke tilfredsstillende renskrav i de første prøverundene, til å tilfredsstillende renskrav ved (de) siste prøvetaking(ene), *anlegg som forverres* – altså anlegg som går fra å tilfredsstillende renskrav i (de) første prøverunde(ene), til å ikke tilfredsstillende renskrav ved (de) siste prøvetaking(ene). Beregningene er begrenset til å inkludere tre prøverunder – dvs. at om anleggene er prøvetatt i 4 eller 5 prøverunder, er de siste prøvene ikke inkludert.

For *E. coli* er 8 anlegg *stabilt gode*, 5 anlegg er *stabilt dårlige*, 8 anlegg forbedres, og 4 anlegg forverres i løpet av prøveperioden. For total fosfor er 26 anlegg *stabilt gode*, mens 143 anlegg er *stabilt dårlige* (tabell 5.30). 50 anlegg forbedres i løpet av prøveperioden (2013-2017), mens 52 anlegg forverres (tabell 5.31). Seks anlegg hadde *ustabile* prøveresultater (tabell 5.32). For BOF₅ er 142 anlegg *stabilt gode*, mens 20 anlegg er *stabilt dårlige* (tabell 5.30). 35 av anleggene forbedres i løpet av prøveperioden, og 21 anlegg forverres (tabell 5.31). Tre anlegg har *ustabile* prøveresultater (tabell 5.32).

Siden utløpsvannet i anleggene bare har blitt analysert for *I. enterokokker* siden 2016, og anleggene i hovedsak prøvetas hvert andre år, finnes ikke nok

data for *I. enterokokker* til å foreta utviklingsberegninger for enkeltanlegg.

Tabell 5.30: Prøveserier. *Stabile anlegg* : Minirenseanlegg som enten tilfredsstiller rensekraav i alle eller ingen prøverunder.

	Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>		Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>
☑☑☐	25	118	7	☒☒☐	120	19	4
☐☑☑	1	3	0	☐☒☒	1	0	0
☑☐☑	0	3	0	☒☐☒	2	0	0
☑☑☑	0	18	1	☒☒☒	20	1	1
Total	26	142	8	Total	143	20	5

☑ : Anlegget tilfredsstiller rensekraav, ☒ : Anlegget tilfredsstiller ikke rensekraav, ☐ : Prøveresultat mangler.

Tabell 5.31: Prøveserier. Minirenseanlegg som *forbedres* eller *forverres* i løpet av prøvetakingsperioden

	Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>		Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>
☒☑☐	40	24	5	☑☒☐	46	18	3
☒☐☑	0	0	1	☑☐☒	3	1	0
☐☒☑	0	0	0	☐☑☒	0	0	0
☒☒☑	4	0	0	☑☑☒	1	2	0
☒☑☑	6	11	2	☑☒☒	2	0	1
Total	50	35	8	Total	52	21	4

☑ : Anlegget tilfredsstiller rensekraav, ☒ : Anlegget tilfredsstiller ikke rensekraav, ☐ : Prøveresultat mangler.

Tabell 5.32: Prøveserier. *Ustabile* prøveresultater

	Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>
☑☒☑	1	0	0
☒☑☒	5	3	0
Total	6	3	0

☑ : Anlegget tilfredsstiller rensekraav, ☒ : Anlegget tilfredsstiller ikke rensekraav, ☐ : Prøveresultat mangler.

5.9 Merknader gjort av prøvetaker for anlegg som ikke tilfredsstillere rensekrav for *E.coli*

Prøvetaker fra Tilsynet har rapportert avvik/mulige avvik på 23 av de 64 mini-renseanleggene i datasettet som ikke tilfredsstillere rensekravet for *E.coli*. Disse meldingene er gjengitt i tabell 5.33. Slamflukt eller flyteslam er rapportert i ett Biovac-anlegg med filter som hygieniseringstrinn, i to Biovac-anlegg med kjemikalier som hygieniseringstrinn og i tre Odin-anlegg med kjemikalier som hygieniseringstrinn. I ett Klargester-anlegg, tre Odin-anlegg og ett Biovac-anlegg med kjemisk hygienisering er det gjort notiser som indikerer at det biologiske rensetrinnet ikke fungerer optimalt enten i form av lukt, blakket vann i biotrinnet eller lite biofilm på biorotor. Det er også en melding om lukt fra ett Wallax-anlegg, men det er uklart om lukten kommer fra det kjemiske fellingsanlegget eller i fra pumpekummen. Lukt fra det kjemiske fellingsanlegget i et Wallax anlegg vil være naturlig, siden det i hovedsak er det biologiske rensetrinnet som fjerner lukt. Om det er pumpekummen som lukter, vil dette være en indikasjon på at vannet der enda ikke har sirkulert tilstrekkelig over biofilteret, men behøver ikke å være en indikasjon på at den biologiske rensingen/hygieniseringen i biotrinnet ikke fungerer som det skal. I ett VPI-anlegg og i ett Biovac-anlegg er det meldt om hhv. mulig for lav dosering av fellingskjemikalier, eller at anlegget er tomt for fellingskjemikalier. Det er relativt få avviksmeldinger som antyder at hygieniseringstrinnene ikke er operative. Det er rapportert om tom hygieniseringkanne i ett Klaro-anlegg, og ett tilfelle hvor prøvetaker ikke kunne finne hygieniseringskjemikaliene i et Biovac-anlegg. Det er også en melding om ødelagt innløpsrør til et etterpoleringsfilter i et Ecobio Weho anlegg.

Tabell 5.33: Meldinger fra prøvetaker som indikerer at anlegget ikke fungerer, for anlegg som har høye verdier for *E.coli*

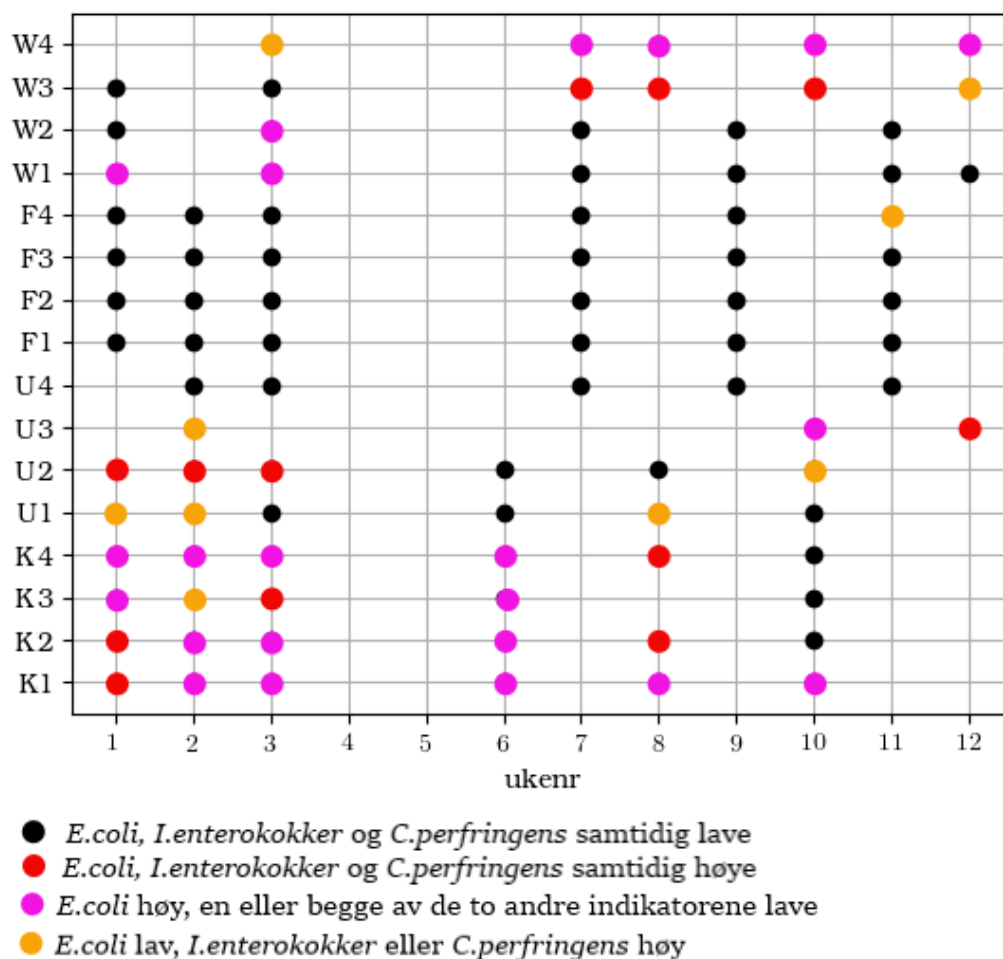
Filter-anlegg				
Merknad	Ant.	Type	E.coli	I.ent.
<i>Haco-filter fullt av slam</i>	1	B	24200	1500
<i>Slamtømmer har tømt etterpoleringstanken og i tillegg har innløpsrøret for oppstrømsrøret blitt revet av ved slamtømming</i>	1	E	24200	1200
<i>Lite bruk av kjemikalier?</i>	1	V	9200	
<i>Anlegget lukter</i>	2	W	24200, 5000	1500, 1
<i>Høy vannstand i kum nr.2</i>	1	W	24000	
<i>Dårlig renhold. Vanskelig å se kjemikalienivå pga. møkkete dunk</i>	1	W	24000	
UV-anlegg				
Merknad	Ant.	Type	E.coli	I.ent.
<i>Usikker på om anlegget fungerer. Nesten ingen biofilm på 1. rotor.</i>	1	K	2900	
Kjemiske anlegg				
Merknad	Ant.	Type	E.coli	I.ent.
<i>Tomt for hyg.kjemikalier</i>	1	L	24000	
<i>Prøvetaker kan ikke finne tank for dosering av hydrogenperoksid</i>	1	B	9200	850
<i>Tomt for fellingskjemikalier</i>	2	B	24000, 24000	
<i>Flyteslam/slamflukt</i>	5	B B O O O	24000, 24000, 24000, 1050, 6100	1500
<i>Blakket/hvitt vann i anlegget</i>	2	O O	24000, 24000	1500
<i>Anlegget lukter</i>	2	O B	24000, 1200	
<i>Partikler/fnökker i prøven</i>	2	B, O	24190, 24000	

B : Biovac, E : Ecobio Weho, K : Klargester, L : Klaro, O : Odin, V : VPI, W : Wallax

6 Resultater fra feltstudien

Feltstudien besto av jevnlig prøvetaking av 16 små avløpsanlegg over en periode på 12 uker. De fullstendige resultatene fra feltstudien kan finnes i vedlegg F. I tillegg til *E. coli* og i. enterokokker ble også *C. perfringens* analysert i vannprøvene. For å vurdere om verdiene av indikatorbakteriene var lave eller høye, ble følgende grenseverdier benyttet :

E. coli: 1000/100-ml *I. ent.*: 350/100-ml *C. perf.*: 150/100-ml



Figur 6.1: Prøvetakingsfrekvens for anlegg i feltstudien, anlegg med høye verdier av indikatororganismer er fargelagt.

6.1 Tilstanden på anleggene under prøveperioden

To av Odin-anleggene – K2 og K3 – var tomme/nesten tomme for hygieniseringskjemikalier ved første prøvetaking (uke 1). Anlegg K3 var også tom for fellingskjemikalier. Dette ble meldt i fra om til leverandøren i uke 1, uke 3 og uke 8. Det tok ni uker fra første melding til servicepersonalet fyllte på de tomme kannene. Både K2 og K3 hadde høye utslippsverdier av tarmbakterier i perioden anleggene manglet hygieniseringskjemikalier (figur 6.1), med unntak av *E. coli* målt til 370 MPN/100 ml i anlegg K3 i uke 2. Da kannene ble påfylt sank bakterieverdiene til lave nivåer i begge anleggene (se figur 6.1).

Anlegg K1 hadde hvitaktig vann i biotrinnet i uke 2-10. BOF₅-verdiene i utløpsvannet overskred renskravet i uke 2 og uke 10, men holdt seg ellers på relativt lavt nivå i denne perioden (se figur 6.5e). Anlegget hadde forøvrig høye bakterietall i samtlige vannprøver tatt under feltstudien (se figur 6.1). Total fosfor ble målt til 1300 mg/l i uke 2. Denne verdien ble vurdert som usannsynlig høy, og ble derfor utelatt ved analysering av dataene.

Anlegg K1, K3 og K4 hadde svært høyt slamlag i hygieniseringskum/slamavskiller etter anlegget. Prøvene ble derfor tatt rett under vannoverflaten, men det kan ikke utelukkes at noe slam kan ha kommet med i prøvene.

Anlegg K4 hadde store mengder flyteslam i ettersedimenteringskammeret i uke 6-10. Dette så ikke ut til å innvirke på prøveresultatene. Vannprøvene hadde høye *E. coli*-verdier under hele feltstudien, og i uke 2 og 8 var i. enterokokker >350 cfu/100 ml (figur 6.1). Forutenom en relativt høy fosformåling i uke 1 (2.6 mg/l), hadde anlegget lave verdier av øvrige indikatorer og BOF₅ i alle vannprøver tatt av anlegget (figur 6.5d og 6.5e).

Anlegg U1 var tilholdssted for to frosker (se figur 6.2), og det er derfor mulig at dette anlegget ikke var helt tett. Tilstanden i anlegget var ellers normal.

Anlegg U2 hadde lite biofilm på rotor nr. 2 i uke 1. Dette ble gradvis bedre i løpet av prøveperioden. Anlegget hadde imidlertid lave verdier av BOF₅ hele prøveperioden (figur 6.5e) Anlegget hadde lite/ingen fellingskjemikalier på kanna fra uke 1-3. I denne perioden hadde også vannprøvene høye verdier av total fosfor, og samtlige indikatororganismer (se figur 6.1 og 6.5d). Etter påfylt kjemikalie var både fosfor-verdiene og bakterieverdiene i anlegget lave, med unntak av uke 10, da *C.perfringens* ble målt til >1 500 cfu/100 ml.



Figur 6.2: Frosker i anlegg U1.

Anlegg U3 hadde svært mye slam i slamavskiller ved første prøvetaking, og dessuten lite utviklet biofilm (anlegget var nylig igangsatt). Hygienise-



Figur 6.3: Hygieniseringskummen til anlegg U3 i uke 10.

(se figur 6.1). Anlegget hadde også høye BOF_5 -verdier over renskravet i uke 2 og 12 (se figur 6.5e).

Anlegg U4 hadde også svært mye slam i slamavskilleren ved første prøvetaking, og fram til det ble tømt i uke 7/8. I uke 3 var det også flyteslam i ettersedimenteringskammeret/utløpskammeret. Slam kom imidlertid ikke med i prøven ved prøvetaking. I uke 7 var det nesten tomt for fellingskjemikalier, og svært mye grums i ettersedimenteringskammeret. Kjemikalier ble påfylt i uke 7/8. Anlegget hadde lave verdier av samtlige indikatororganismer (se figur 6.1) og total fosfor og BOF_5 (se figur 6.5) under hele feltstudien.

Anlegg W1 var generelt svært lavt belastet (bare én person var bosatt på adressen). Anlegget hadde mye slam i slamavskiller ved første prøvetaking (uke 1). I uke 1 og 3 hadde anlegget høye verdier av *E. coli* (figur 6.1) og i uke 1 hadde anlegget høye verdier av BOF_5 (figur 6.5e). Etter slamtømming i uke 5 hadde anlegget generelt lave verdier av indikatororganismer og næringsstoffer, med unntak av en prøve med høye verdier av BOF_5 i uke 11 (se figur 6.1 og 6.5e).

Anlegg W2 hadde noe varierende belastning, men når alle beboerne var til stede i huset, representerte disse akkurat antall pe anlegget var dimensjonert for. Anlegget hadde fullt slamkammer i uke 9-11. Dette så ikke ut til å påvirke prøveresultatene, anlegget hadde generelt lave utslippsverdier av indikatororganismer og næringsstoffer under hele feltstudien, med unntak av ett tilfelle av *E. coli* målt til 2900 MPN/100 ml i uke 3 (se figur 6.1 og 6.5).

Anlegg W3 hadde mye slam i slamavskilleren under hele prøveperioden. I uke 1, 3, 7, 9 og 12 rapporterte anleggseier å ha helt klorin i avløpet. I uke 7-10 lå flotøren under vann, vannstanden i pumpekummen var høy, og det er derfor lite trolig at vannet har sirkulert over biofilteret. I denne perioden ble det også målt høye verdier av samtlige indikatororganismer, total fosfor og BOF_5 (se figur 6.1 og 6.5).

Anlegg W4 hadde fullt slamkammer i uke 7-12, og ødelagt flotør som førte til opphoping av vann i pumpekummen og trolig ingen sirkulasjon over biofilteret i uke 7-10. Anlegget hadde i denne perioden høye verdier for *E. coli* og total

fosfor, men lave verdier for de to andre indikatororganismene (se figur 6.1 og 6.5). BOF_5 -verdiene var også generelt lave i denne perioden, med unntak av uke 10. Vannet i pumpekummen var da brunsvart og fullt av sedimenter.



Figur 6.4: Vannstrøm ut av biofilteret etter manuell oppstart av pumpe i Wallax-anlegg.

Ved manuell oppstart av pumpene i Wallax-anleggene kom det nærmest umiddelbart store mengder vann fossende ut av biofilteret (se figur 6.4). Dette tyder på høy gjennomstrømningshastighet og kort oppholdstid i filtrene.

To av filteranleggene fra HACO[®]/Biovac – F3 og F4 – hadde tette forfiltre under hele feltstudien. Anlegg F2 hadde tett forfilter og ødelagt pumpe i ytre pumpekammer, slik at vannet rant på selvføll ned til hovedfilteret, fra uke 1-7. I anlegg F2 og F3 flommet også fordelingsrøret til hovedfilteret over under inspeksjon av anlegget, begge tilfeller var i uke 7.

Anlegg F2 og F3 hadde hvite trådformede objekter i prøvetakingskummene. Disse så ut til å øke i omfang i løpet av prøveperioden.

Belastningen på anlegg F3 var varierende, men når alle beboerne var tilstede, var dette anlegget trolig noe overbelastet, om man går ut ifra et vannforbruk på 200 l/p.d.

Anlegg F4 hadde hull i lokket til prøvetakingskummen, og i uke 2 og uke 7 ble det funnet døde mus flytende i denne kummen. I uke to hadde vannprøven høye verdier av BOF_5 (41 mg/l), men i uke 7 hadde både indikatororganismene, total fosfor og BOF_5 lave verdier. Anlegg F4 var det eneste anlegget av HACO[®]-anleggene hvor det ble målt et tilfelle av høyt bakterietall; i uke 11 ble i. enterokokker målt til 540 cfu/100 ml. Den samme uka rapportert anleggseier å ha helt plumbo i avløpet.

Anlegg F1 var det eneste filteranlegget uten tett forfilter. Anleggseier hadde selv overtatt service på dette anlegget, og fortalte at fordelingsrøret flommet over om de ikke ble vasket ofte og grundig nok. Dette anlegget var også det eneste anlegget som hadde utslippsverdier under rensekraft for total fosfor under hele feltstudien. De andre filteranleggene – F2, F3 og F4 – hadde noe høye fosforverdier (mellom 1.1-2.2 mg/l) i utløpet i alle vannprøver tatt i løpet av prøveperioden.

Samtlige filteranlegg hadde gjennomgående høy pH i utløpsvannet, og hvite lag på veggene i prøvetakingskummene. Anleggene lå svært nærme hverandre geografisk, og den høye pH'en i disse anleggene skyldes trolig kalkholdig råvann.

6.2 Renseprestasjoner

Ifølge prøveresultatene fra siste prøvetaking for anleggene før feltstudien startet, hadde samtlige anleggsgrupper i feltstudien bedre prestasjoner med tanke på fjerning av *E. coli* i forhold til prestasjonene til minirenseanleggene i Tilsynets ansvarsområde generelt. Under feltstudien var det imidlertid bare 37.0% av utløpsprøvene fra minirenseanleggene som hadde *E. coli*-verdier under 1000/100-ml og bare 27.6% som hadde utløpsprøver hvor samtlige verdier av indikatororganismer var under rensekrav/grenseverdi. Alle vannprøvene fra filteranleggene fra HACO®/Biovac hadde utløpsverdier under rensekrav for *E. coli*, og 95.9% av prøvene fra filteranleggene hadde verdier av alle tre indikatorer under rensekrav/ grenseverdi.

Om man ser bort i fra vannprøver tatt av anlegg K2 og K3 mens de manglet hygieniseringskjemikalier, og prøver tatt av anlegg W3 og W4 mens de hadde defekt flotør/pumpe, tilfredsstillte 51.2% av prøvene fra minirenseanlegg rensekravet for *E. coli* og 37.2% har utløpsverdier av samtlige indikatororganismer under rensekrav/grenseverdi.

Klargester-anleggene var de eneste som hadde dårligere renseprestasjoner for i. enterokokker og *C. perfringens* enn for *E. coli*; 15 av prøvene (75.0%) hadde utløpsverdier av *E. coli* ≤ 1000 -MPN/100-ml, 14 av prøvene (70.0%) hadde utløpsverdier av i. enterokokker ≤ 350 -cfu/100-ml og 12 av prøvene (60%) hadde utløpsverdier av *C. perfringens* ≤ 150 -cfu/100-ml. Disse anleggene hadde naturlig nok også det største antallet prøver hvor *E. coli* var lav, mens en av de to andre indikatorene hadde høye verdier, hele fem vannprøver, eller 25% av totalt antall prøver tatt av Klargester-anleggene i løpet av feltstudien.

6.3 Stabilitet, varians og kovarians for indikatororganismene

Ifølge Levene's test har de ulike anleggstypene i studien *ikke* homogen varians for verken *E. coli* (p-verdi: 0.0011), i. enterokokker (p-verdi: 0.0126) eller *C. perfringens* (p-verdi: 0.002186). Tabell 6.1 viser variansen av målte utløpsverdier av indikatororganismene for de ulike anleggstypene i feltstudien. Minirenseanleggenes varians befinner seg stort sett i samme størrelsesorden. Klargester-anleggene har relativt lav varians for *E. coli*, mens Odin-anleggene har relativt lav varians av *C. perfringens*. Filteranleggene fra HACO®/Biovac har betydelig mindre varians av indikatororganismene enn minirenseanleggene. Den forholdsvis høye variansen av i. enterokokker, skyldes ett tilfelle av høye verdier av denne indikatoren målt i anlegg F4 i uke 11 (se figur 6.1).

Tabell 6.1: Varians av prøveresultater av indikatororganismer for de ulike anleggstypene i feltstudien.

Anleggstype	Varians		
	<i>E.coli</i>	<i>I.ent</i>	<i>C.perf</i>
Odin	8.30E+07	4.38E+05	1.83E+05
Klargester	1.90E+07	3.67E+05	5.06E+05
Wallax	8.84E+07	3.54E+05	3.83E+05
HACO [®] /Biovac	51.0	1.25E+04	4.81

Tre av Odin-anleggene (K2–K3–K4), to av Klargester-anleggene (U2–U3), og tre av Wallax-anleggene (W1–W2–W3) hadde utløpsvann med *E. coli*-verdier både under og over rensekravet i løpet av prøveperioden (se figur 6.1). Ett Odin-anlegg (K2) og ett Wallax-anlegg (W3) hadde tilfeller av både *ingen* og *maks målbar grense* (>24 000 MPN/100 ml) av *E. coli*. Ett Odin-anlegg (K1) overskred rensekravet for *E. coli* i samtlige prøverunder. To Klargester-anlegg (U1–U4) tilfredsstilte rensekrav for *E. coli* under hele prøveperioden. Filteranleggene fra HACO[®]/Biovac var den eneste anleggstypen hvor ingen av anleggene overskred rensekravet for *E.coli* – den største verdien målt var 51.0 MPN/100 ml.

Alle Odin-anleggene, tre av Klargester-anleggene (U1–U2–U3), ett Wallax-anlegg (W3), og ett filter-anlegg (F4) hadde verdier av i. enterokokker både under og over satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml under feltstudien (se figur 6.1). Ett Odin-anlegg (K2), ett Klargester-anlegg (U2), og ett Wallax-anlegg (W3) hadde både *ingen* og *maks målbar grense* (>1 500 cfu/100 ml) for i. enterokokker i løpet av feltstudien. Ett Klargester-anlegg (U4) og tre Wallax-anlegg (W1–W2–W4), og tre av filteranleggene fra HACO[®]/Biovac (F1–F2–F3) hadde utløpsverdier under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml under hele prøveperioden.

Tre Odin-anlegg (K1–K2–K3), to UV-anlegg (U1–U2) og to Wallax-anlegg (W3–W4), hadde verdier både over og under satt grenseverdi på 150-*C. perfringens*/100 ml i løpet av prøveperioden (se figur 6.1). Ett Odin-anlegg (K3) hadde både *ingen* og *maks målbar grense* (>1 50 cfu/100ml) for *C. perfringens*. Ett Odin-anlegg (K4), ett av Klargester-anleggene (U4), og to av Wallax-anleggene (W1–W2) hadde utløpsverdier under 150-*C. perfringens*/100 ml under hele feltstudien. Ett Klargester-anlegg (U3) hadde utløpsverdier over satt grenseverdi for samtlige prøver (kun to prøveresultater forelå for *C. perfringens* for dette anlegget). Maks målt grense for *C. perfringens* for filteranleggene fra HACO[®]/Biovac i prøveperioden var 8.00 cfu/100ml.

Figur 6.1 gir en generell oversikt over forholdet imellom de ulike indikatororganismene i utløpsprøvene som ble tatt i løpet av feltstudien. Den vanligste tilstanden var at indikatororganismene var samtidig lave (24 prøver fra minirensanleggene, 23 prøver fra filteranleggene) eller høye (12 prøver, alle minirensanlegg). Ved divergens var det fortrinnsvis *E. coli* som var høy, enten sammen med en av de andre indikatorene (7 tilfeller, hvor bare en av dis-

se var *C. perfringens*) eller alene (14 tilfeller). I åtte utløpsprøver ble det målt høye verdier av enten i. enterokokker eller *C. perfringens*, mens de to andre indikatororganismene hadde verdier under rensekrav/satt grenseverdi. Slike prøver gir indikasjon på at det er oppholdstida som er årsak til lave verdier av *E. coli*, og ikke nødvendigvis et fungerende hygieniseringstrinn. Klargesteranleggene er overrepresentert i disse tilfellene, med ett tilfeller av høye verdier av i. enterokokker (U1 uke 8) og tre tilfeller av høye verdier av *C. perfringens* (U1 uke 1 og uke2, U2 uke 10, U3 uke 2). Wallax-anleggene har to tilfeller av høye verdier av *C. perfringens* (W3 uke 12, W4 uke 3), mens filteranleggene fra HACO®/Biovac har ett tilfelle av høye verdier av i. enterokokker (F4 uke 11). *C. perfringens* var altså oftere høy enn i. enterokokker ved lave utløpskonsentrasjoner av *E. coli*. Det var hele syv tilfeller av høy *C. perfringens* og lav *E. coli*, mens det bare var to tilfeller av høy i. enterokokker og lav *E. coli*. Om grenseverdien til i. enterokokker senkes til 150/100 ml, øker antallet bare med ett tilfelle.

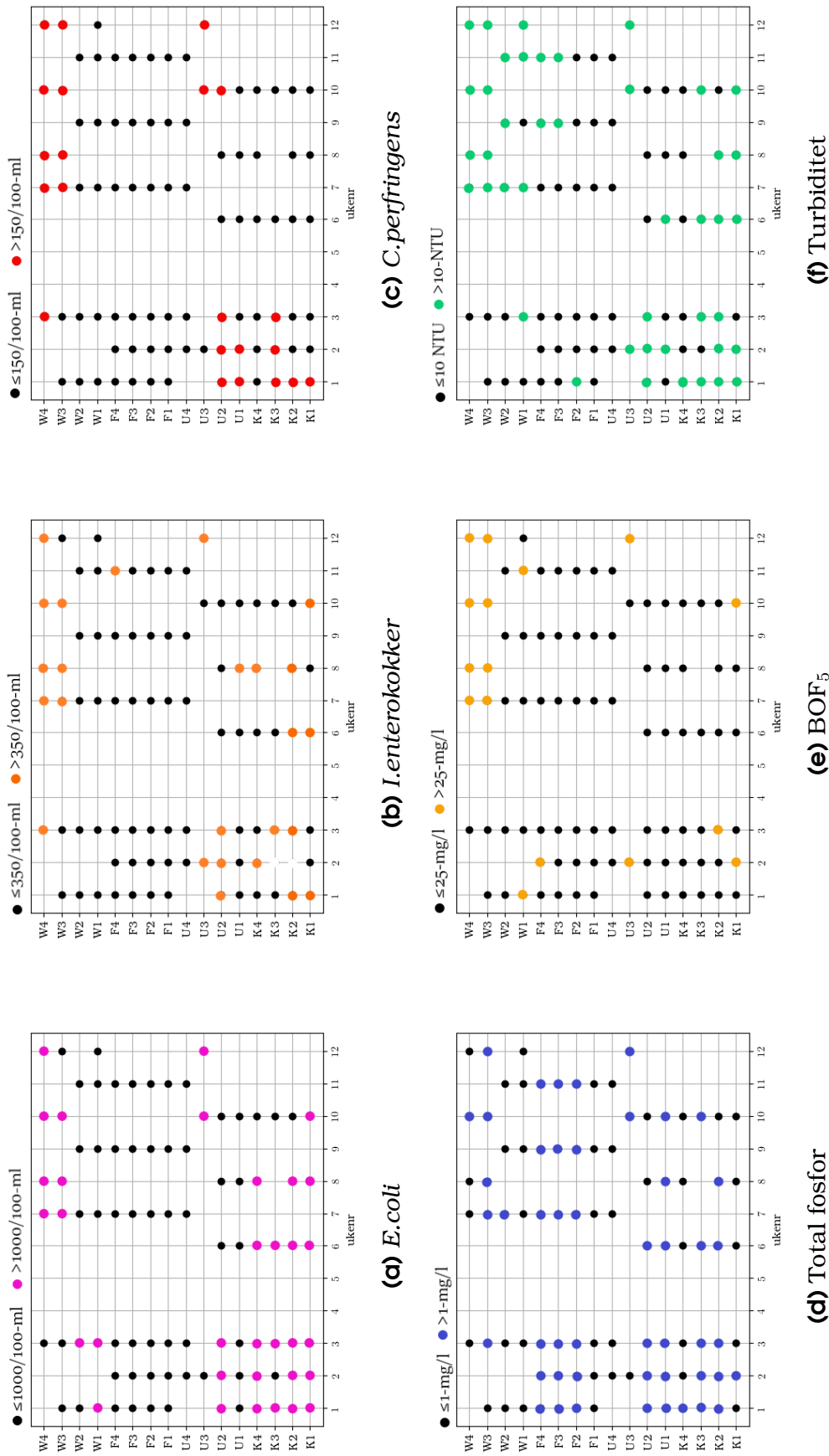
6.4 Korrelasjoner

Korrelasjonsanalyser ved Kendall's τ ga generelt ingen eller svært få gyldige resultater for alle anleggstypene i feltstudien. For UV-anleggene resulterte parvis korrelasjonsanalyse i gyldige resultater for indikatororganismene og næringsstoffer + turbiditet, og disse er vist i tabell 6.2. Særlig fjerning i. enterokokker og *C. perfringens* ser ut til å henge sammen med den generelle rensegraden av vannet (verdier av total fosfor, BOF₅ og turbiditet). i. enterokokker og *C. perfringens* har den sterkeste korrelasjonskoeffesienten, med $\tau=0.715$. Dette er muligens fordi lave verdier av disse indikatorene er betinget av et velfungerende hygieniseringstrinn.

Tabell 6.2: Gyldige resultater fra parvis ikke-parameterisk korrelasjonsanalyse for UV-anlegg i feltstudien, Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	<i>E. coli</i>	I. ent.
<i>E. coli</i>	0.499 0.0024	0.423 0.0125	0.319 0.0565		
I. enterokokker	0.692 8.31E-05	0.557 0.0015	0.509 0.0045	0.677 0.0001	
<i>C. perfringens</i>	0.619 0.0002	0.564 0.0010	0.550 0.0013	0.488 0.0040	0.715 6.99E-05

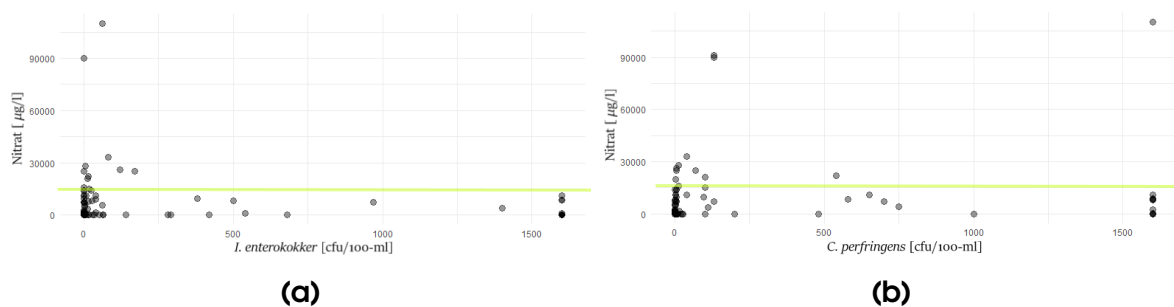
Figur 6.5 viser en forenklet fremstilling av målte verdier av indikatororganismene, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH for alle anlegg i feltstudien. Minirensesanleggenes utløpskonsentrasjoner varierte i stor grad for alle disse parameterne under prøveperioden. I Odin-anleggene (K1–K2–K3–K4) har alle vannprøver med BOF₅>25 mg/l (3 prøver) høye bakterietall. Med unntak av prøven fra uke 10 i anlegg K3 har også alle prøver med total fosfor>1 mg/l (12 prøver) og



Figur 6.5: Forenklet oversikt over prøveresultater for indikatororganismene, total fosfor, BOF₅ og turbiditet fra feltstudien. Prøver med verdier over rensekraft/satt grenseverdi er fargelagt.

turbiditet > 10-NTU (15 prøver) høye bakterietall. I Klargester-anleggene (U1–U2–U3–U4) har begge prøver med $\text{BOF}_5 > 25$ mg/l høye bakterietall, og alle prøver med turbiditetsverdier > 10 NTU (8 prøver), med unntak av prøven fra uke 6 i U1, også høye verdier av indikatororganismer. I Wallax-anleggene har fem av sju prøver med verdier av total fosfor > 1 mg/l høye bakterietall. Unntakene er vannprøver fra anlegg W1 i uke 7 og fra anlegg W3 i uke 3. I anlegg W1 ble total fosfor målt til 1.1 mg/l i uke 7, så total fosfor verdien ligger altså bare akkurat over renskravet. I anlegg W2 ble *E. coli* målt til 820 MPN/100 ml i uke 3.

6.4.1 Indikatororganismene og utløpsvannets innhold av nitritt/ nitrat



Figur 6.6: Spredningsplott av (a) nitrat og *i. enterokokker* og (b) nitrat og *C. perfringens*. Gul strek markerer nitrat = 15 000 µg/l.

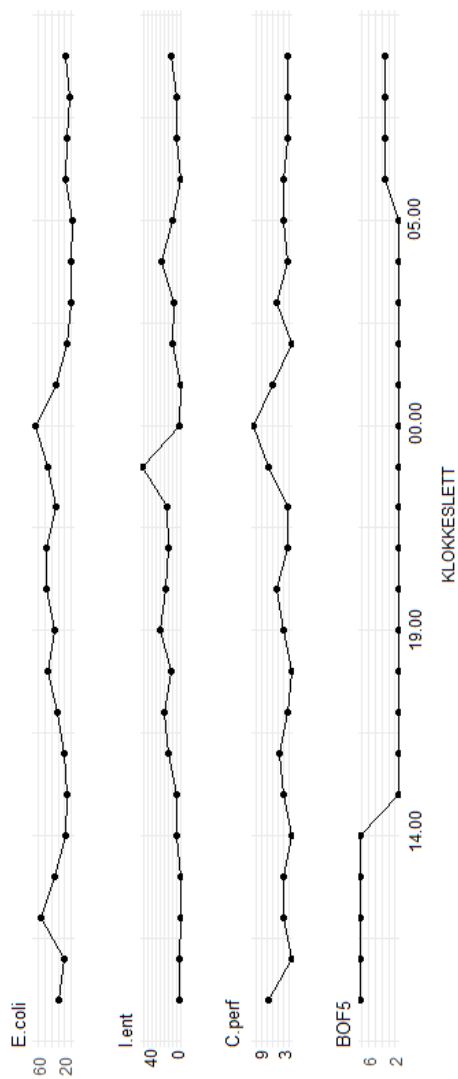
Høye verdier av nitrat og nitritt så ut til å samsvare med lave bakterietall (se tabell 6.3). Tendensen var sterkest for nitrat ~ *i. enterokokker* (figur 6.6a) og nitrat ~ *C. perfringens* (figur 6.6b). 11/11 prøver med nitrat $\geq 15\,000$ µg/l har verdier av *i. enterokokker* $\leq 250/100$ ml. 11/13 prøver har verdier av *C. perfringens* $\leq 250/100$ ml ved nitrat målt til $\geq 15\,000$ µg/l.

Tabell 6.3: Antall anlegg med lave verdier av indikatororganismer/Antall anlegg med hhv. nitrat $\geq 15\,000$ µg/l og nitritt ≥ 250 µg/l. Alle anlegg i feltstudien.

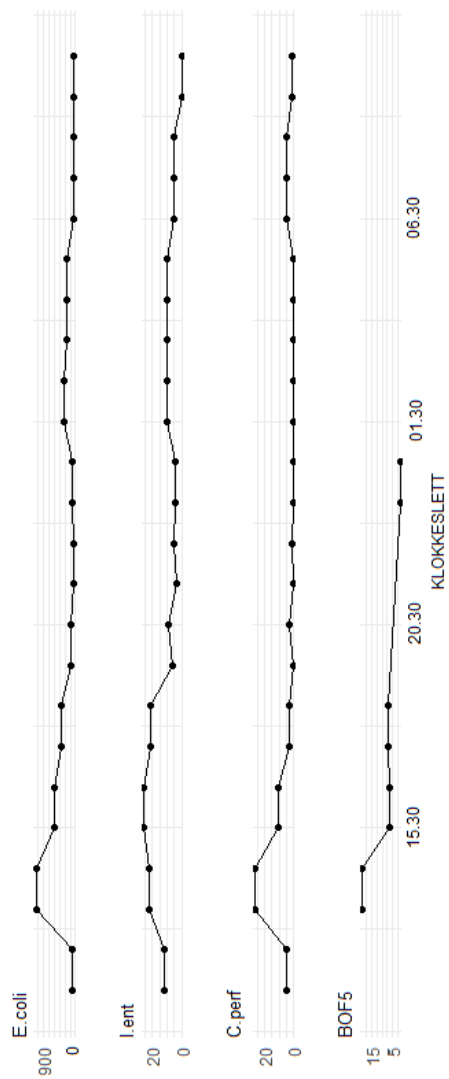
Nitrat $\geq 15\,000$ µg/l		Nitritt ≥ 250 µg/l	
<i>E. coli</i> $\leq 2\,500$ MPN/100 ml	10/13	<i>E. coli</i> $\leq 2\,500$ MPN/100 ml	5/10
<i>I. enterokokker</i> ≤ 250 cfu/100 ml	11/11	<i>I. enterokokker</i> ≤ 250 cfu/100 ml	7/10
<i>C. perfringens</i> ≤ 250 cfu/100 ml	11/13	<i>C. perfringens</i> ≤ 250 cfu/100 ml	8/10

6.5 Karusellprøvetaking av Wallax-anlegg

Figur 6.7 og 6.8 viser resultatene fra karusellprøvetaking av anlegg W1 og anlegg W2. Anlegg W1 hadde lave verdier og svært liten variasjon av indikatororganismer og BOF₅ i løpet av døgnet. Anlegget var også sannsynligvis svært lavt belastet denne dagen, siden anleggseier var bortreist store deler av ettermiddagen og kvelden. Anlegg W2 har noe mer variasjon av *E. coli* og BOF₅. *E. coli* har høyeste verdi i blandeprøven fra kl. 13³⁵ og 14³⁵, på 1100-MPN/100-ml. Deretter synker verdiene jevnt fram til blandeprøven fra 01³⁵ og 02³⁵ om natten, hvor det måles 330 MPN/100 ml. I blandeprøven fra 03³⁵, 04³⁵ og 05³⁵, som er tidsintervallet hvor pumpekummen tømmes for vann, er *E.coli* målt til 260 MPN/100 ml. BOF₅ er høyest på omtrent samme tidspunkt som *E. coli*, i blandeprøven fra 13³⁵ og 14³⁵. BOF₅-verdiene er da målt til 19 mg/l. Verdiene synker fram til siste prøvetaking for BOF₅, som var en blandeprøve fra 23³⁵ og 00³⁵. BOF₅ er da målt til <3 mg/l. For i. enterokokker og *C. perfringens* hadde vannprøvene fra anlegg W2 lave verdier over hele døgnet (<30 cfu/100 ml).



Figur 6.7: Resultater fra karusellprøvetaking, anlegg W1



Figur 6.8: Resultater fra karusellprøvetaking, anlegg W2

7 Diskusjon

7.1 Indikatororganismene

En vesentlig utfordring i evalueringen av hygieniseringstrinnes renseseffekt er begrensingen som ligger i bruk av indikatororganismer. Eliminering av indikatorer er ikke noe mål i seg selv – det essensielle er å fjerne de humanpatogene mikroorganismene, og det er lite trolig at alle aktuelle typer patogener vil respondere likt på ytre belastninger som én bestemt indikator (Ashbolt et al. 2001). Indikatororganismer vil dessuten være tilstede i human avføring mer eller mindre hele tiden, mens patogener bare sporadisk (eller aldri) vil være en ingrediens i avløpsvannet i små rensesystemer. Verken høy(e) eller lav(e) reduksjon/nivåer av indikatororganismer vil derfor nødvendigvis representere et reelt risikobilde.

Lave *E. coli*-verdier, som var den indikatoren det forelå flest analyser av i Tilsynets datasett, vil i utgangspunktet ikke være en garanti for trygt utløpsvann, siden mange aktuelle humanpatogene organismer vil være mer resistente mot ytre belastninger og dermed både overleve lenger i ekstra-intestinale miljøer og respondere dårligere på hygienisering enn *E. coli* (Ashbolt et al. 2001, National Research Council 2004). Siden *E. coli* vil inaktiveres relativt raskt utenfor tarmkanalen er det dessuten en nærmest umulig oppgave å vurdere om stor reduksjon av antall *E. coli* skyldes et velfungerende hygieniseringstrinn eller oppholdstid i hvert enkelt tilfelle. Lav reduksjon av *E. coli* vil på den andre siden gi en relativt pålitelig indikasjon på at elimineringen av mikroorganismer i renseanleggene sannsynligvis er utilstrekkelige. Det er imidlertid svært vanskelig å evaluere den faktiske reduksjonen (reell renseseffekt) av *E. coli* (og forøvrig alle andre indikatorer) så lenge innløpskonsentrasjonen er ukjent. Yri et al. (2007) anslår at innløpskonsentrasjonen for termotolerante koliforme bakterier (TKB) i små avløpsrenseanlegg ligger på i mellom 1-20 millioner/100 ml, hvor *E. coli* trolig utgjør ~85% av denne mengden (Hachich et al. 2012). Dette betyr at et anlegg med en utslippskonsentrasjon av *E. coli* på 24 000/100 ml og et anlegg med utslippskonsentrasjon på 1000/100 ml i praksis kan ha omtrent nøyaktig lik renseseffekt (~3 log fra øvre og nedre grenseverdi). Dette tilfører et betydelig usikkerhetsmoment i alle analysene som er foretatt i denne studien. Det bør tas høyde for at informasjonen man får av å analysere bare utløpsprøver kan være både begrenset og upålitelig. Grunnlaget for å evaluere en eventuell hygieniseringseffekt og for å sammenligne de ulike ka-

tegoriene vil derfor definitivt være temmelig dubiøst, spesielt om antall prøver fra hver kategori er lavt. Når det gjelder analyser av sammenhenger mellom indikatororganismene og øvrige parametere har trolig både varierende innløpskonsentrasjoner og det faktum at alt datamaterialet i denne studien stammer fra "felt" og ikke kontrollerte studier tilført datamaterialet vesentlig støy og muligens bidratt til å tåkelegge relevante årsakssammenhenger. Evalueringen av prøveresultater og resultater fra de statistiske analysene gjøres derfor med forbehold i at datamaterialet må betraktes som forholdsvis ufullstendig.

Samtidig lave utløpsverdier av *E. coli* og intestinale enterokokker behøver imidlertid ikke nødvendigvis å bety Da Ottoson et al. (2006) undersøkte sammenhengen mellom patogener og indikatorer i storskala konvensjonelle renseanlegg fant de at både målinger av *E. coli* og intestinale enterokokker sannsynligvis medfører en underestimering av virus-risikoen.

Den lave frekvensen av høye verdier av intestinale enterokokker (>350/100 ml) i utløpsprøver som hadde *E. coli* ≤ 1000/100 ml kan være en indikasjon på at intestinale enterokokker kanskje ikke er en egnet indikator for å vurdere om lave *E. coli*-verdier skyldes oppholdstid eller et velfungerende hygieniseringstrinn. Det er det mye som tyder på at lang oppholdstid i anleggene fører til ugunstige forhold som vil gjøre at disse organismene inaktiveres (se kapittel 7.4.1-7.4.4). Om dette er tilfellet er det sannsynlig at slike forhold også vil føre til inaktivering av mange aktuelle patogener, men miljøforholdene i et minirensanlegg vil ikke nødvendigvis holde seg stabile. For å få bekreftet at hygieniseringstrinnet faktisk er operativt, kan det derfor være formålstjenelig å også måle indikatororganismer som i mindre grad påvirkes av miljøforhold. Prøveresultatene fra feltstudien antyder at *C. perfringens* muligens er bedre egnet til dette formålet. Frekvensen av høye verdier av *C. perfringens* (>150/100 ml) var mye høyere enn frekvensen av høye verdier av intestinale enterokokker i prøver som tilfredsstilte rensekravet for *E. coli*, selv når grenseverdien for intestinale enterokokker ble justert ned til 150/100 ml. En vesentlig svakhet ved bruk av *C. perfringens* som indikator er imidlertid at den bare vil være tilstede i 13-35% av human avføring (Ashbolt et al. 2001), noe som betyr at i avløps-systemer som betjener små grupper mennesker vil den sannsynligvis ofte ikke være tilstede i det hele tatt. Den er regnes dessuten for å være mer robust enn de fleste aktuelle patogener (Ashbolt et al. 2001), og det vil derfor være en reell risiko for å underestimere hygieniseringstrinnets faktiske prestasjoner. *C. perfringens* vil derfor ikke være noen fullgod *erstatning* for intestinale enterokokker, men det kan muligens være hensiktsmessig å måle den *i tillegg til* intestinale enterokokker.

Grenseverdiene som ble fastsatt for intestinale enterokokker og *C. perfringens* representerer ikke nødvendigvis ideelle utslippsgrenser. I Tilsynets datasett var det en langt større andel anlegg som hadde utslippsverdier av intestinale enterokokker ≤ 350/100 ml enn som tilfredsstilte rensekravet for *E. coli*. I feltstudien var også *E. coli* også den indikatoren som oftest var høy i forhold til evalueringsverdiene. Siden *E. coli* i utgangspunktet skal være den minst robuste indikatoren (Ashbolt et al. 2001), tyder dette på at grenseverdiene for

intestinale enterokokker og *C. perfringens* muligens er satt litt høyt.

7.2 Hygieniseringseffekten

Bare 48.4% av utløpsprøvene fra minirenseanlegg med hygieniseringstrinn i Tilsynets datasett tilfredsstilte renskravet for *E. coli* på 1000/100 ml. Prøveresultatene for *E. coli* som foreligger i Tilsynets datasett antyder derfor at en betydelig andel av minirenseanleggene med hygieniseringstrinn – minst 51.6% – ikke har tilfredsstillende rensgrad av mikroorganismer. Installasjon av hygieniseringstrinn i minirenseanlegg fører til en økning på 12% av anlegg som har utslippsverdier under renskravet for *E. coli*. Resultatene fra de statistiske analysene var noe motstridende. Ifølge χ^2 -testen er frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstiller renskravet for *E. coli* ikke uavhengig av om anleggene har hygienisering eller ikke, altså antyder den at økningen på 12% er signifikant. Welch t-test ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at gjennomsnittene i gruppen med og uten hygieniseringstrinn er like. Sammenligning av gjennomsnitt på bimodal data med høy varians vil øke sjansen for Type-2 feil (falsk negativ), og χ^2 -testen vil derfor trolig være noe mer pålitelige enn Welch t-test. En differanse på 12% er imidlertid uansett ikke betydelig, og selv om installasjon av hygieniseringstrinn i minirenseanlegg muligens bidrar til en viss økning i andelen anlegg som tilfredsstiller renskravet for *E. coli*, ser det ikke ut som om at denne praksisen generelt medfører en vesentlig reduksjon i risiko med tanke på potensielt utslipp av humanpatogene organismer til omgivelsene.

Basert på målingene som er gjort av *E. coli* fra minirenseanlegg uten hygieniseringstrinn ser det dessuten ut som om tilstrekkelig rensgrad av BOF_5 , total fosfor og partikler, samt lav nok pH i anleggene ofte vil redusere bakterienivåene i utløpsvannet til akseptable nivåer. Både $\text{BOF}_5 \leq 5$ mg/l, total fosfor ≤ 0.5 mg/l og turbiditet ≤ 5 NTU korresponderer med en andel på $\sim 70\%$ av anleggene som tilfredsstiller renskravet for *E. coli*. Når det er sagt tilsvarer dette langt bedre rens effekter enn hva som er normalt i minirenseanlegg. Tiltak som tar sikte på å bedre effekten av de konvensjonelle rensprosessene vil imidlertid sannsynligvis også bidra til å redusere smitterisikoen forbundet med utslipp av utløpsvann.

7.3 Ulike hygieniseringsmetoder

7.3.1 UV

Ifølge prøveresultatene som forelå for *E. coli* og intestinale enterokokker i Tilsynets datasett har UV-anleggene generelt vesentlig lavere utløpskonsentrasjoner av *E. coli* og intestinale enterokokker enn minirenseanlegg som benytter kjemikalier og filtre til hygienisering av utløpsvannet. Dette er også den eneste gruppen som ifølge Fisher's Exact Test for Count Data er signifikant forskjellig fra øvrige grupper hygieniseringsmetoder (filtre og kjemikalier) og

fra anlegg *uten* hygienisering. Så godt som alle UV-anleggene i Tilsynets ansvarsområde er Klargester-anlegg. Fisher's Exact Test for Count Data ga ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om at frekvensen av utløpsprøver som tilfredsstillende renskravet for *E. coli* hos denne anleggstypen er uavhengig av om anleggene har hygieniseringstrinn eller ikke, men ifølge Welch t-test er det statistisk signifikant forskjell på gjennomsnittlig utløpskonsentrasjon av *E. coli* i Klargester-anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn. Siden det forelå svært få prøver fra UV-anlegg i Tilsynets datasett er imidlertid datagrunnlaget for denne kategorien hygienisering betraktelig dårligere enn for de andre kategoriene, og det kan derfor ikke utelukkes at den relativt høye frekvensen av tilfredsstillende utløpsprøver kan skyldes tilfeldigheter. I feltstudien hadde dessuten UV-anleggene fra Klargester vesentlig flere tilfeller av høye verdier av *C. perfringens* eller intestinale enterokokker i utløpsprøver som tilfredsstilte renskravet for *E. coli* enn noen av de andre anleggstypene. De hadde også høye gjennomsnittsverdier og høy varians av både *C. perfringens* og intestinale enterokokker, samtidig som at *E. coli*-verdiene i utløpsprøvene generelt var stabilt lave. UV er i utgangspunktet effektiv mot alle typer mikroorganismer, men dosene som kreves for å inaktivere de ulike artene varierer. *E. coli* og intestinale enterokokker har generelt høyere toleranse for UV enn protozoer, men lavere toleranse enn mange patogene virus- og bakteriearter (Hijnen et al. 2006, Farrell et al. 2018). Til sammenligning har *C. perfringens* generelt høyere toleranse for UV enn de fleste aktuelle patogener, men ikke høyere toleranse enn for eksempel adenovirus og andre sporeformende bakteriearter (Hijnen et al. 2006). Høye verdier av *C. perfringens* vil derfor indikere at UV-dosene trolig ikke er tilstrekkelig for å inaktivere *alle* typer mikroorganismer, men UV-behandlingen vil fremdeles kunne ha betydelig påvirkning på mindre resistente patogener. Sammenlignet med andre anleggstyper har imidlertid Klargester/UV-anleggene generelt eksepsjonelt lave utløpsverdier av BOF₅ og det kan derfor tenkes at den påfallende høye frekvensen av tilfredsstillende utløpsprøver for indikatororganismene som observeres hos denne anleggstypen skyldes faktorer relatert til den biologiske renseprosessen, enten i form av lang oppholdstid, inaktivering i det biologiske rensetrinnet, eller pH/nitrifikasjon (se kapittel 7.4.1-7.4.4), og ikke nødvendigvis god renseseffekt i hygieniseringstrinnene. Det er derfor grunn til å være forsiktig med å konkludere med at UV-bestråling gir bedre eliminering/inaktivering av mikroorganismer enn filtre og kjemikalier.

Beleggdannelse på pærene og følsomhet for turbiditetsforandringer i vannet regnes å være reelle problemstillinger for UV som hygieniseringsmetode (Rawcliffe & Paulsrud 2010, Lin et al. 1999, Leong et al. 2008). Tilsynet kontrollerer ikke beleggdannelse på pærene ved tilsyn siden UV-lys er skadelig for øynene, og det (foreløpig) ikke finnes instruksjoner for hvordan pærene skal skrues av. Det er derfor uvisst i hvilken grad beleggdannelse på pærene faktisk er et problem. Når det gjelder sammenhengen mellom turbiditet og bakterietall var denne noe diffus i prøveresultatene som forelå for UV-anlegg i Tilsynets datasett. Dette skyldes at de to UV-anleggene som hadde de høyeste målte turbiditets-

verdiene også hadde lave bakterietall. Korrelasjonsanalyser av prøvedata fra feltstudien indikerer imidlertid at turbiditet har en relativt sterk påvirkning på hygieniseringseffekten – av de analysene som ga gyldige resultater hadde turbiditet den høyeste korrelasjonskoeffesienten τ til alle tre indikatororganismene. Selv om det ikke kan utelukkes at den relativt sterke korrelasjonen mellom turbiditet og indikatororganismer skyldes at god partikkelseparasjon i seg selv også trolig vil bidra til å eliminere mikroorganismene fra vannstrømmen, kan dette også være en indikasjon på at UV-bestråling faktisk *har* en effekt. Om indikatornivåene i utløpsvannet ikke hadde blitt påvirket av turbiditeten ville det nemlig være grunn til å mistenke at UV-lampene ikke fungerer i det hele tatt, siden turbiditetens og vannets innhold av suspendert stoffs påvirkning på UV-effekten er relativt veldokumentert (Qualls et al. 1983, Emerick et al. 1999, Walters et al. 2013, Rawcliffe & Paulsrud 2010).

En ulempe med å hygienisere utløpsvann som skal slippes ut til overflatersipienter med UV-bestråling er risikoen for fotoreaktivering. Sannsynligheten for fotoreaktivering vil øke jo lavere UV-dose mikroorganismene eksponeres for. Siden begroing på pærene og vannets turbiditet og innhold av suspendert stoff vil redusere dosene, vil dårlig rensegrad av vannet øke sjansene for reaktivering etter utslipp (Lindenauer & Darby 1994, D. Harris et al. 1987). Det er derfor en mulighet for at tilsynelatende tilfredsstillende utløpsprøver kan gi en falsk trygghet, og at både indikatororganismene og eventuelle patogener vil reaktivere i resipienten om man ikke sørger for at utløpsvannet oppbevares tilstrekkelig lenge i mørke omgivelser før det slippes ut til omgivelsene.

7.3.2 Kjemikalier

Anlegg hvor det benyttes kjemikalier for hygienisering av utløpsvannet har den laveste andelen av anlegg som tilfredsstillt rensekravet for *E. coli* – 43% – av alle hygieniseringsmetodene. Ingen av de statistiske testene antydte at det er signifikant forskjell på utløpskonsentrasjonene til disse anleggene og anlegg *uten* hygieniseringstrinn med tanke på fjerning av *E. coli*. For de store gruppene anleggstyper hvor det benyttes kjemikaliedosering – Odin, Biovac (og Klaro) – var det heller ikke mulig å påvise statistisk signifikant forskjell i mellom anlegg *med* og *uten* hygienisering. Dette gir grunn til å mistenke at de kjemiske hygieniseringstrinnene generelt ikke fungerer etter hensikten. Pereddiksyre er et mer potent kjemikalie enn hydrogenperoksid og har, motsetning til hydrogenperoksid, vist å ha effekt mot både bakterier og virus i tidligere studier utført på rensed avløpsvann (Koivunen & Heinonen-Tanski 2005, Guimarães et al. 2016). Ingen av de statistiske testene utført på prøveresultatene som forelå i Tilsynets datasett antyder at det er signifikant forskjell på hygieniseringseffekten til disse to kjemikaliene. Alle anlegg hvor det benyttes pereddiksyre kommer imidlertid fra samme leverandør – Odin. Det kan derfor tenkes at det er andre faktorer enn selve hygieniseringskjemikaliene som påvirker renseeffekten (for eksempel utilstrekkelig dosering).

Beregningene som ble gjort i kapitell 5.7 indikerer at hygieniseringseffekten til

pereddiksyre er svært følsom for pH'en på vannet. Ved $\text{pH} > 7$ er det bare 18.2% av anleggene som tilfredsstillere renskravet for *E. coli* mot 63.6% når $\text{pH} > 7$. For intestinale enterokokker var effekten enda mer tydelig. Tilsetning av pereddiksyre i avløpsvann vil ha ubetydelig effekt på pH'en i vannet (Luukkonen et al. 2014). En mulig forklaring kan derfor være at en større andel av pereddiksyren vil finnes i form av hydrogenperoksid ved høy pH (Wagner et al. 2002, Leong et al. 2008), og at doseringen dermed blir for lav til å oppnå god hygienisering i disse tilfellene. Det kan derfor tenkes at en forutsetning for å få hygienisering med pereddiksyre til å fungere er å sørge for at pH'en på vannet som skal behandles er tilstrekkelig lav.

En helt grunnleggende forutsetning for at kjemiske hygieniseringstrinn skal fungere er at det faktisk finnes hygieniseringskjemikalier i anlegget. Flere av Odin-anleggene i feltstudien hadde tomme kjemikaliekanner, og det tok relativt lang tid – opptil ni uker – fra leverandøren ble varslet til servicepersonalet fylte opp kannene. Tilsynet meddeler at "flere leverandører i dialog med Tilsynskontoret problematiserer det økonomiske aspektet for anleggseiere i forhold til serviceutrykning for å fylle på tomme kjemikaliekanner. Servicemannen er tilbakeholden med å ta ekstra servicebesøk fordi det kan være vanskelig å få anleggseier til å betale for dette" (Nina Rukke, fagansvarlig ved Tilsynet, e-post, 11.06.2018). Tilsynet foreslår at dette problemet "kanskje [kan] løses ved at myndighetene (kommunen) spesifiserer dette som vilkår i utslippstillatelsen". I Tilsynets datasett er det bare ett av tilfellene hvor anlegget ikke tilfredsstillere renskrav for *E. coli* hvor prøvetaker har rapportert at det er tomt for hygieniseringskjemikalier i anlegget. Det kan selvfølgelig tenkes at dette betyr at tomme kjemikaliekanner vanligvis ikke er et problem, og at feltstudien derfor ikke er representativ for tilstanden i disse anleggene. Det kan imidlertid også være at det ikke finnes gode nok rutiner hos prøvetakerne på Tilsynet for å undersøke om det faktisk er hygieniseringskjemikalier på kannene, og at denne feilen dermed blir underreportert. Da kjemikaliekannene for de kjemiske anleggene i feltstudien ble påfylt førte dette dessuten til betydelig fall i bakterieinnholdet i utløpsvannet til disse anleggene. Dette tyder på at kjemikalier *kan* ha en effekt om de faktisk blir tilsatt. Det kan derfor være hensiktsmessig å undersøke nærmere om utilstrekkelig oppfølging fra leverandør og servicepersonale kan være en mulig forklaring på de dårlige rensprestasjonene hos anlegg som benytter kjemikalier til hygienisering.

Flere av Odin-anleggene i feltstudien hadde opphopning av slam i hygieniseringskummene. Leverandørene har ifølge Tilsynet mangelfulle rutiner for tømning og rengjøring av hygieniseringskummene (Nina Rukke, fagansvarlig ved Tilsynet, e-post, 11.06.2018). Dette kan muligens også være en del av forklaringen på de tilsynelatende dårlige rensprestasjonene til de kjemiske hygieniseringstrinnene. I noen studier av pereddiksyre er det blitt funnet at hygieniseringseffekten reduseres om vannet har høyt innhold av suspendert stoff (Leong et al. 2008, Wagner et al. 2002, Koivunen & Heinonen-Tanski 2005), trolig på grunn av at kjemikaliet konsumeres av det suspenderte stoffet istedenfor å reagere med mikroorganismene (Koivunen & Heinonen-Tanski

2005). Det kan derfor være en mulighet for at renseprestasjonene i anlegg hvor det benyttes peroksider til hygienisering vil forbedres om rutinene for rengjøring og tømning av hygieniseringskummene endres.

En betydelig svakhet ved bruk av peroksider er at de sannsynligvis er langt mer effektive mot bakterier enn for eksempel virus og parasittisk protozoa (Lefevre et al. 1992, Liberti & Notarnicola 1999b). Overvåkingen av bakterielle indikatorer i slike anlegg er derfor ekstra problematisk, siden hygieniseringstrinnet kan fjerne indikatorbakteriene uten nødvendigvis å fjerne de organismene som utgjør den faktiske risikoen. Det vurderes derfor som svært usikkert om prøveresultatene som foreligger i Tilsynets datasett faktisk er representative for disse anleggenes faktiske utslippkonsentrasjoner av mikroorganismer generelt. Samtlige anlegg hvor det var høye verdier av intestinale enterokokker og lave verdier av *E. coli* i Tilsynets datasett var dessuten anlegg hvor det ble benyttet kjemisk hygienisering. Ved overvåking av hygieniseringstrinn hvor det benyttes peroksider vurderes det derfor som spesielt viktig å måle flere ulike indikatororganismer samtidig.

Peroksider er kjent for å kunne øke biotilgjengeligheten på organisk stoff (Lazaro-va et al. 1998, Collivignarelli et al. 2000, Ksibi 2006). Analyse av prøveresultatene som foreligger for BOF₅ i Biovac- og Odin-anlegg ga ikke grunn til å tro at tilsetning av peroksider påvirker BOF₅-utslippene fra disse anleggene.

7.3.3 Filtre

I prøveresultatene som foreligger i Tilsynets datasett har minirensenanlegg hvor det benyttes filtre til hygienisering av utløpsvannet en andel på 50.0% med utløpsverdier under rensekrevet for *E. coli* og en andel på 60.0% med utløpsverdier av intestinale enterokokker $\leq 350/100$ ml. Anleggsgruppen har ifølge de statistiske analysene ikke signifikant forskjellige utløpskonsentrasjoner fra anlegg uten hygieniseringstrinn med tanke på eliminasjon av mikroorganismer.

Renseeffekten til et filter kan påvirkes av en rekke kjemiske og fysiske faktorer (Stevik et al. 2004b). Da Stevik et al. (1999) undersøkte effekten av kornstørrelse og spesifikt overflateareal, ulike filtermedier, hydraulisk belastning, pH og ionestyrke på filteres renseevne for *E. coli* fra avløpsvann, fant de at mindre kornstørrelser, større spesifikt overflateareal og lav belastning var de tre faktorene som bidro i størst grad til å redusere transporten av bakterier igjennom filtermediet, og at minimum hydraulisk oppholdstid i filteret trolig er den parameteren som har størst innflytelse på et filters renseevne av mikroorganismer. Muligens kan man derfor forbedre renseevnen til hygieniseringsfiltrene ved å justere disse parameterne.

En ulempe ved filtre er at de vil være utsatt for gjentetting ved slamflukt fra minirensenanlegget. Gjentetting vil i utgangspunktet bedre filterets renseevne av mikroorganismene (Krone et al. 1958, Bouwer et al. 1974, Baars 1957), men på sikt kan dette føre til at filteret tettes fullstendig. Det finnes imidlertid bare

ett tilfelle i Tilsynets datasett hvor prøvetaker har kommentert at filteret er fullt av slam i filteranlegg, så det er ikke sikkert at slamflukt til hygieniseringsfiltre egentlig er et reelt problem. Det kan forøvrig være svært vanskelig å vurdere tilstanden til et filter, siden de som oftest ligger begravet under bakken, og stigerørene noen ganger kan være gjemt i vegetasjonen. Dette innebærer muligens også en større risiko for at prøver tas på feil sted i anlegget ved tilsyn.

De ulike undergruppene filtre har relativt ulik tilfredsstillende av rensekrav for *E. coli*, hvor den største gruppen – biofiltrene til Wallax – gjør det vesentlig dårligere enn de øvrige gruppene. En forklaring på at Wallax-filtrene ser ut til å rense utilstrekkelig kan være at vannprøver fra disse anleggene tas i en pumpekum som både mottar vann fra det kjemiske fellingsanlegget og fra biofilteret, som skal fjerne både organisk stoff og mikroorganismer. Siden vannet skal sirkulere over biofilteret i en 24-timers-syklus som er ferdig mellom tre og fire om natten, vil vannet derfor ikke være ferdig renset for mikroorganismer og organisk stoff om prøvene tas på dagtid. I feltstudien ble det derfor ved to anledninger satt opp en karusellprøvetaker som tok prøver hver time av Wallax-anlegg over et helt døgn. Ved karusellprøvetaking av Wallax-anlegg i anlegg W2 ble utløpskonsentrasjonene av BOF_5 og *E. coli* redusert over døgnet, mens i anlegg W1 var det ingen tydelig forskjell. Det bør sannsynligvis uansett tas høyde for at stikkprøver tatt på dagtid av et Wallax-anlegg muligens ikke er representative for de faktiske utslippene, og det er derfor grunn til å være tilbakeholden med spekulasjoner om hvorvidt disse anleggene faktisk er i stand til å fjerne mikroorganismer og organisk stoff fra avløpsvann før det er gjort ytterligere undersøkelser for å kartlegge biofiltrenes renseevne. Når det er sagt, så fremstår det som svært lite hensiktsmessig å konstruere minirensesanlegg på en måte som gjør det utfordrende å kontrollere faktiske utslippsverdier, og det vil i prinsippet være relativt poenngløst å installere et hygieniseringstrinn i et minirensesanlegg om det ikke er mulig å dokumentere at dette faktisk medfører en reduksjon av risikoen for utslipp av patogene mikroorganismer.

Sirkulasjonssyklusen til Wallax's biofiltre ble observert flere ganger under feltstudien. Vannstrømmen ut av dreneringsrøret var i alle tilfeller relativt voldsom, noe som gir grunn til å mistenke at volumstrømmen og gjennomstrømningshastigheten i disse filtrene er svært høy under pumpesyklusen. Høy volumstrøm og gjennomstrømningshastighet i et filter vil føre til at vannet i større grad vil bevege seg igjennom makroporer. Dette medfører kortere oppholdstid i filteret, større avstand mellom mikroorganismene i vannet og overflaten på filtrene, og gjør at de eventuelle små porevolumene i filteret ikke vil utnyttes. Potensialet for elektrostatisk og hydrofob interaksjon blir derfor vesentlig mindre ved høy volumstrøm og høye gjennomstrømningshastigheter, noe som vil gjøre at færre mikroorganismer adsorberes til filtermediet (Stevik et al. 2004b).

Filteranleggene fra HACO®/Biovac i feltstudien skilte seg tydelig fra minirensesanleggene i den forstand at de hadde svært stabil rensegrad av indikatororganismer og næringsstoffer under hele prøveperioden. Disse filteranleggene

er imidlertid ikke nødvendigvis sammenlignbare med hygieniseringsfiltre som installeres i minirensanlegg. De er for eksempel betydelig større enn hygieniseringsfiltrene, noe som vil øke den hydrauliske oppholdstida. Siden de mottar vann som ikke har gjennomgått kjemisk-biologisk behandling, vil slike filtre også være mer disponert for gjentetting. Dette var et reelt problem i samtlige av filteranleggene som inngikk i feltstudien, men i størst grad for anlegg F2, F3, F4. Det sto vann over forfiltrene til disse anleggene over hele, eller store deler av, prøveperioden, og i F2 og F3 ble det også observert oversvømmelse fra inspeksjonsrørene til fordelingsrørene. Selv om utslippsverdiene til disse anleggene stort sett var akseptable, må man også ta i betraktning at utslipp av avløpsvann som ennå ikke er ferdig rensset fra inspeksjonsrørene trolig representerer en potensiell risiko for omgivelsene. Levetiden til et filter vil avhenge av ulike faktorer, hvor en av dem er grad av driftsoppfølging og vedlikehold. Anleggseieren til anlegg F1 besluttet i for en tid siden å si opp serviceavtalen med Biovac og isteden ta over service på anlegget selv. Dette var også det eneste filteranlegget i feltstudien som ikke hadde vannansamling over forfilteret, og det hadde dessuten klart best rensegrad av indikatororganismer, næringsstoffer og partikler av alle filteranleggene. Tilsynet meddeler at det var en diskusjon over tid imellom Tilsynet, leverandør, servicefirma og anleggseiere om hvilke oppgaver som bør inngå i service på slike anlegg. Det ble stilt spørsmål til rutiner og kompetanse (Nina Rukke, fagansvarlig ved Tilsynet, e-post, 11.06.2018).

7.4 Påvirkningsfaktorer

Generelt var sammenhengen imellom indikatororganismene og øvrige numeriske variabler som forelå i Tilsynets datasett preget av stor grad av varians. Dette skyldes muligens at minirensanlegg er relativt kompliserte systemer, hvor mange ulike elementer vil virke inn på funksjon og rensegrad. Utforming og renseprosess kan dessuten være relativt forskjellige i de ulike *typene* minirensanlegg. Bruksmønster, belastning, tilførsel av kjemikalier og medisinbruk vil dessuten variere fra husstand til husstand. Endringer i relevante påvirkningsfaktorer for prosessene som bidrar til å eliminere mikroorganismer i et minirensanlegg vil dessuten generelt påvirke *renseeffekten*. Utløpskonsentrasjonen til en bestemt *renseeffekt* vil avhenge av innløpskonsentrasjonen, som trolig har vært svært varierende hos de anleggene som har blitt prøvetatt (Yri et al. 2007). Utløpskonsentrasjoner av indikatororganismer gir derfor ikke et ideelt grunnlag for å avdekke direkte årsak-virkning-mekanismer for *renseeffektene*.

7.4.1 pH

Generelt er pH den parameteren som virker å ha sterkest samsvar med bakterienivået i utløpsvannet. I analysene som ble utført på alle minirensanlegg med hygieniseringstrinn var dette en fremtredende tendens i samtlige statistiske analyser. Beregninger viser også at andelen anlegg som har utløpsverdier

av *E. coli* $\leq 1000/100$ ml og av intestinale enterokokker $\leq 350/100$ ml øker jo lavere pH'en er i vannprøven. For anlegg *uten* hygieniseringstrinn, ga korrelasjonsanalysen relativt lav korrelasjonskoeffesient r for *E. coli*~pH, men regresjonsmodellen antyder at pH påvirker *E. coli*-nivået, og beregninger viser at andelen anlegg som har utløpsverdier av *E. coli* $\leq 1000/100$ ml øker med synkende verdier av pH i vannprøven. Dette samsvarer med Johannessen et al. (2008) sine funn da de analyserte utløpsvann fra 36 minirensenanlegg *uten* hygieniseringstrinn for *E. coli* og intestinale enterokokker. De vurderte det som at det ikke er sannsynlig at lave bakterietall i seg selv vil føre til senkning av pH, og foreslår at korrelasjonen i mellom pH og bakterier skyldes at et surt miljø vil være skadelig for mikroorganismer. En annen teori var at lang oppholdstid i anleggene vil føre til nitrifikasjon som vil senke pH'en på vannet. Resultatene i denne studien antyder at indikatornivået i anlegg hvor det tilsettes pereddiksyre er spesielt følsomt for pH. Mulige årsaker til dette er redgjort for i kapittel 7.3.2. Når det gjelder de øvrige hygieniseringsmetodene (filtre og UV) ser det generelt ut som pH-effekten er noe mindre fremtredende. Teoretisk sett vil økt ionestyrke på vann som perkolerer igjennom et filter generelt bety redusert tykkelse på det elektriske dobbeltlaget¹, noe som gjør at mikroorganismene og filterkornene vil kunne komme fysisk nærmere hverandre. Dette vil kunne gi økt grad av elektrostatisk tilbakeholdelse av mikroorganismene i filtermassene (Stevik et al. 2004b, Fontes et al. 1991b). Både Fontes et al. (1991b) og Jewett et al. (1995) har undersøkt pH/ionestyrkens påvirkning på transporten av bakterier igjennom sandkolonner. Fontes et al. (1991b) fant at ionestyrken påvirket tilbakeholdelsen av bakterier, men at kornstørrelsen var vesentlig viktigere, Jewett et al. (1995) fant at bakterietransporten var upåvirket av pH-forandringer i vannet i spekteret pH 5.5-7.0. Ionestyrkens betydning vil imidlertid avhenge av ladningsegenskapene til de ulike organismene (Stevik et al. 2004b), og det må derfor tas høyde for at resultatene fra disse eksperimentene ikke nødvendigvis vil være relevante for *alle* typer organismer. Det vurderes som lite sannsynlig at pH vil påvirke effekten av UV-behandlingen.

7.4.2 Organisk stoff

Samtlige analyser indikerer relativt tydelig samsvar imellom BOF_5 og indikatororganismer, både i anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn. Spredningsplott av BOF_5 og indikatororganismene indikerer at denne sammenhengen kan være betinget av ekstremverdier av BOF_5 (>200 mg/l), siden det ikke var noe tydelig visuelt samsvar imellom verdier av $\text{BOF}_5 < 200$ mg/l og utløpsverdier av indikatororganismene. Parvis korrelasjonsanalyse hvor høye verdier av BOF_5 (≥ 200 mg/l) var fjernet ga også tydelig lavere korrelasjonskoeffesient til både *E. coli* og intestinale enterokokker. *Score*-plott fra prinsipalkomponentanalysen (Utvalg 1a og 1b) antyder imidlertid et mer konsistent samsvar. Både Welch t-test og bønneplott av fordelingstettheten indikerer dessuten at det er markant forskjell i BOF_5 -verdier i utløpsprøver som har verdier av indikatororganismer *under* rensekrav/grenseverdi og i utløpsprøver som har ver-

¹Lag av ioner som vil omgi alle ladde objekter når de befinner seg i vann.

dier av indikatororganismer *over* rensekrav/grenseverdi. To mulige årsaks-sammenhenger er plausible. En forklaring er at indikatororganismene fjernes i den biologiske renseprosessen ved at de fanges i slamfnokkene (relevant for aktivslam-anleggene) eller ved at de inaktiveres som følge av utskillelse av antagonister/toksiner og eventuelt utkonkurreres (se 7.4.6 om muligheten for indikatorvekst i vann) fra/av mikroorganismene som er aktive i den biologiske rensingen av vannet (World Health Organisation 2006, Schönning & Stenström 2004, Jiménez 2003). Ifølge teorien har det biologiske rensetrinnet størst betydning for inaktivering og fjerning av bakterier, mens den kjemiske fellingsprosessen har større innvirkning på virus og protozoer (World Health Organisation 2006). Alle indikatorer som ble målt i denne studien var bakterier. Det bør derfor tas høyde for at resultatene i denne studien muligens vil indikere sterkere samsvar mellom BOF_5 og mikroorganismer enn hva som faktisk er tilfelle for virale og protozoiske patogener. En annen mulig forklaring er at både avløpsvannets innhold av organisk stoff og mikroorganismer vil reduseres med økende oppholdstid i anlegget.

7.4.3 Nitritt og nitrat

Resultatene fra feltstudien indikerer negativt samsvar mellom målte nivåer av nitrat og nitritt og indikatororganismer i utløpsvannet. Johannessen et al. (2008) observerte lignende sammenheng i sine prøver fra minirenseanlegg. Nitritt og nitrat dannes i nitrifikasjonsprosessen, som generelt vil opptre i minirenseanlegg med lang oppholdstid (Ødegaard 2014). Oppholdstida vil derfor være en relevant forklaringsmodell. Nitrat og nitritt viste imidlertid også samsvar med *C. perfringens*, som vil være mindre påvirket av oppholdstida enn de to andre indikatororganismer. En sannsynlig forklaring på samsvaret er derfor at indikatororganismene hemmes ved nitrifikasjon, muligens fordi nitrifikasjon vil senke pH'en på vannet (Ødegaard 2014). En mer spekulativ forklaring er at lav pH (≤ 6) (og forsåvidt også denitrifikasjon) vil føre til at nitritt omdannes til nitrogenmonoksid (NO), som er funnet å være skadelig for en lang rekke mikroorganismer (Lundberg et al. 2008, Xia et al. 2006, Groote & Fang 1995). Da Bjørne et al. (2006) undersøkte inaktivering av *E. coli* ved eksponering for lav pH og ved eksponering for både lav pH og nitritt fant de at denne bakterien ikke inaktiveres av lav pH alene, men at kombinasjonen av nitritt og lav pH vil føre til betydelig reduksjon i antall levende celler. Når det gjelder sammenhengen mellom nitrat og indikatororganismer er ikke nitrat i seg selv funnet å være skadelig for mikroorganismer, selv ikke ved lav pH (Xia et al. 2006).

7.4.4 Antatt belastning på anlegget

Om oppholdstida spiller en rolle i inaktiveringen av *E. coli*, ville man kunne forvente å se en sammenheng i mellom *E. coli*-nivåer og den antatte belastningen på anlegget. De statistiske analysene ga generelt ikke signifikante resultater for at belastningen på anlegget og indikatororganismene var korrelert. Beregninger av andel anlegg som har utløpsverdier av *E. coli* $\leq 1000/100$ ml og av intestinale enterokokker $\leq 350/100$ ml ved ulike grenseverdier for dim.

pe/personer tilknyttet adressen viste imidlertid at det er flere anlegg med lave bakterietall når anlegget er underbelastet enn når det er overbelastet. Prinsippalkomponentanalyse hvor høye verdier av BOF_5 og total fosfor var utelatt indikerte også en mulig sammenheng imellom BOF_5 og den antatte belastningen på anlegget. Om BOF_5 viser samsvar med belastningen på anlegget fordi dette fører til lengre oppholdstid, vil trolig også belastningen på anleggene påvirke utløpskonsentrasjonene av *E. coli*, siden mye tyder på at oppholdstida i anlegget er betingende for utløpskonsentrasjoner av denne indikatoren.

Informasjonen om hvor mange personer som er bosatt på adressen er hentet inn fra Folkeregisteret, og det vurderes som sannsynlig at disse tallene i mange tilfeller ikke stemmer overens med det faktiske antallet mennesker som er bosatt på adressen. Belastningen minirenseanlegget har vært utsatt for i perioden rett før prøvetaking vil dessuten være avhengig av eventuelle besøk eller ferier. Det kan derfor hende at datagrunnlaget om antatt belastning er så unøyaktig at en eventuell faktisk sammenheng vil forsvinne i støy.

Under feltstudien ble anleggseiere oppfordret til å rapportere om når de var bortreist og ekstra besøk på adressen. Det så imidlertid ikke ut til å være noen sammenheng imellom rensprestasjonene til anlegget og antall personer som belastet anlegget til enhver tid. Når det er sagt, var denne informasjonen i stor grad ufullstendig, og det var derfor ikke mulig å analysere dataene statistisk.

7.4.5 Generell rensgrad

Både tidligere studier av minirenseanlegg (Johannessen & Eikum 2014, Yri et al. 2007) og feltstudien har vist at de kjemisk-biologiske rensrinnenes rensprestasjoner kan være svært fluktuerende. En ideell hygieniseringsløsning vil garantere for lave bakterietall i utløpet uavhengig av oppstrøms driftsbetingelser, siden det bare er da man kan være sikker på at utløpsvannet er trygt *hele tiden*. De statistiske analysene og beregningene gjennomført i denne studien antyder at sannsynligheten for lave nivåer av indikatororganismer i utløpet øker med rensgraden av næringsstoffer og partikler både for minirenseanlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn. En medvirkende faktor til dette er trolig at velfungerende konvensjonelle rensprosesser kan bidra til å redusere antall mikroorganismer betydelig (World Health Organisation 2006, Feachem et al. 1983). Lang oppholdstid i anleggene vil dessuten bidra til økt rensgrad av både næringsstoffer, partikler og mikroorganismer. Dette betyr at man i mange tilfeller ikke vil være avhengig av et operativt hygieniseringstrinn for å ha akseptable utslippsverdier av indikatorbakterier. For UV-anleggene og anlegg hvor det tilsettes hygieniseringskjemikalier vurderes det som sannsynlig at disse sammenhengene også kan skyldes at hygieniseringseffekten vil påvirkes av den generelle rensgraden til avløpsvannet (se kapittel 7.3.1 og 7.3.2). For hygieniseringsfiltrene vurderes det som mer sannsynlig at sammenheng imellom indikatororganismer og generell rensgrad på vannet skyldes at et filter også vil fjerne næringsstoffer og partikler fra vannstrømmen.

7.4.6 Temperatur

Ifølge World Health Organisation (2006) er temperatur den viktigste miljøfaktoren for hvor lenge enteriske mikroorganismer vil overleve utenfor tarmkanalen. Generelt har analysene i denne studien ikke vist åpenbare sammenhenger mellom temperatur og bakterietall i utløpet. De målte temperaturene i minirenseanleggene lå generelt i spekteret 14-19°C. En mulig forklaring kan derfor være at temperaturvariansen i anleggene generelt var for lav til eventuelle endringer har gitt vesentlig utslag på inaktiveringsraten av indikatororganismene.

UV-anleggene har ifølge ANOVA signifikant høyere gjennomsnittstemperatur (19°C) enn de andre gruppene hygieniseringsmetoder (filter og kjemikalier). Årsaken til dette kan muligens være at Klargestør-anleggene har svært store lokk, noe som gjør at de vil absorbere mer solvarme enn andre anleggstyper. Korrelasjonsanalysen indikerte samsvar imellom *E. coli* og temperatur i disse anleggene. Beregninger viser at andel UV-anlegg som tilfredsstillere rensekrevet for *E. coli* øker ved lavere temperaturer. Selv om inaktiveringen av bakterier generelt vil øke med økende temperaturer (Howell et al. 1996, Medema et al. 1997, World Health Organisation 2006), har studier også vist at *veksten* av fekale koliforme bakterier vil øke i vann med høyere temperaturer (Howell et al. 1996, Doran & Linn 1979, Howell et al. 1995) og Tassoula (1997) fant at *E. coli* kan vokse i vann så lenge den har tilstrekkelig tilgang på organisk stoff (KOF>3 mg/l). Siden temperaturen generelt er høy i UV-anleggene, kan det tenkes at *E. coli* generelt vil ha bedre forutsetninger for å vokse, sammenlignet med anleggstyper som generelt har lavere temperaturer. Dette blir imidlertid bare spekulasjoner, og datagrunnlaget for UV-anleggene vurderes som for lite til at det er grunnlag for å trekke bastante slutninger.

7.5 Stabilitet og utvikling over tid

Resultatene fra feltstudien gir grunn til å tro at utslippskonsentrasjonen av indikatororganismer vil være svært varierende fra uke til uke. Det er vanskelig å vurdere om disse endringene skyldes endret *renseeffekt*, eller om de skyldes endringer i innløpskonsentrasjonen av indikatororganismer (se kapittel 7.1). Mest sannsynlig vil det være en kombinasjon av begge deler. Uansett er det lite trolig at en stikkprøve tatt en gang i året eller sjeldnere vil være representativ for enkeltanleggenes faktiske renseevne av mikroorganismer. For anlegg som har utslipp til spesielt følsomme resipienter kan det derfor være hensiktsmessig med tettere oppfølging.

Generelt ser man en jevn økning av andel anlegg som tilfredsstillere rensekrevet for *E. coli*, fra 35% i 2013 til 54% i 2017. For intestinale enterokokker økte andelen anlegg som befinner seg under satt grenseverdi på 350-cfu/100-mL fra 59% i 2016 til 71% i 2017. For total fosfor og BOF₅ er det ingen tydelig forskjell i andel anlegg som tilfredsstillere rensekrevet fra år til år. Årsaken til at man ser en økende rensegrad av tarmbakterier i minirenseanleggene kan skyldes fokus og oppfølging både fra leverandørene og fra myndighetene.

Hygienisering av utløpsvann har ikke vært praksis veldig lenge, og siden det heller ikke kreves for alle anlegg og i alle kommuner, kan kanskje leverandør/servicepersonale ha hatt større fokus på for eksempel fosforfjerning. Det er derfor kanskje naturlig at man i en startfase vil gå igjennom en prøve-feileperiode før man finner ut hva som faktisk fungerer. Når det gjelder enkeltanleggenes utvikling er det også fler anlegg som enten er stabilt gode på rensing av *E. coli*, eller som forbedres (til sammen 16 anlegg) enn anlegg som enten er stabilt dårlige eller forverres (totalt 9 anlegg). Selv om prøveresultatene fra Tilsynets datasett generelt gir grunn til å tro at hygieniseringstrinnene ofte ikke fungerer etter hensikten, viser utviklingen over tid at det trolig er mulig å forbedre renseresultatene.

7.6 Feilkilder

Den mest betydelige feilkilden er trolig usikkerhetene knyttet til faktisk innløpskonsentrasjon og innkommende vannmengder, noe som gjør at det er svært vanskelig å vurdere den reelle renseseffekten i de ulike rensesprosessene. Dette gjelder spesielt for indikatororganismene, siden variasjonen er betydelig større for bakterier enn for næringsstoffer og øvrige parametere. I tillegg vil analyse ulike parametere i vannprøven ofte innebære en viss usikkerhet. Måleusikkerheten for total fosfor på lab er mellom 20-40%, for BOF_5 mellom 25-35%, for nitrat mellom 20-30% og for nitritt mellom 10-30%, avhengig av vannmengden som blir analysert. Analyse av bakteriene vil også medføre en viss måleusikkerhet, men denne ble ikke oppgitt i rapporten fra laben. En måling av *E. coli* til 1000/100 ml ved E.coli-ert-metoden har imidlertid generelt et 95% konfidensintervall på 600-700/100 ml til 1000-1400/100 ml. Utløpsprøvene som forelå i Tilsynets datasett er dessuten samlet inn av flere ulike individer, noe som trolig vil øke sannsynligheten for at prøveprosedyre ikke vil være helt lik ved hver prøvetaking. Nøyaktigheten til pH- og turbiditetsanalyser som foretas av prøvetaker fra Tilsynet er avhengig av at måleutstyret kalibreres jevnlig. Riper i glass i prøveglass som benyttes til turbiditetsmålinger, og gammel sonde i pH-meteret kan bidra til å redusere kvaliteten på disse målingene. Temperatur skal måles så nærme innløpet som mulig, men siden de ulike anleggstypene er konstruert ulikt, vil målepunkt for temperatur variere fra anlegg til anlegg. Det foreligger dessuten alltid en viss risiko for at vannprøven forurenses ved prøvetaking. Prøvepunkt for anlegg hvor det benyttes kjemisk hygienisering er i hygieniseringskummene, noe som gjør at eksponeringstiden for hygieniseringskjemikalier i de ulike vannprøvene trolig har vært noe ulik. Ved god innmiks av kjemikalier i kummene, vil man imidlertid forvente at vannprøven også vil inneholde hygieniseringskjemikalier, slik at virkningen vil fortsette mens vannprøven transporteres til lab. For UV-anleggene blir vannprøvene tatt i siste kammer, og selv om prøven skal tas så nærme UV-lampa som mulig, har ikke vannet som prøvetas faktisk passert UV-lampa i prøvepunktet. Dette gjør at vannet muligens ikke kan anses som ferdig behandlet med tanke på reduksjon av mikroorganismer, siden ekspo-

neringstida for UV-bestrålingen trolig i mange tilfeller vil være noe lenger for vannet som slippes ut av anlegget enn for vannet som befinner seg i prøvepunktet.

Ved analyse av dataene ble ekstremverdier i liten grad fjernet fra datasettet, og disse verdiene kan trolig ha bidratt til å påvirke resultatene fra de statistiske analysene. Når det gjelder sammenhengen mellom BOF_5 og *E. coli* indikerte spredningsplottet at den tilsynelatende relativt sterke korrelasjonen mellom disse to parameterne muligens kunne være betinget av ekstremverdier for BOF_5 . Siden sammenhengen mellom disse to parameterne ble bekreftet av samtlige statistiske analyser vurderes det allikvel som sannsynlig at sammenhengen kan være reell. Ved analyse av få datapunkter, eller om variablene har svært høy variasjon, er det en fare for at betydelige påvirkningsfaktorer og forskjeller blir oversett ved statistisk analyse. Indikatororganismenes fordelinger var bimodale, og hadde svært høy variasjon. De ulike utvalgene som ble analysert inneholdt dessuten ved flere anledninger svært få datapunkter. Det er derfor en mulighet for at analyse av relevante påvirkningsfaktorer og forskjeller mellom grupper har ført til falske negative (Type-2 feil). Dette gjelder spesielt for sammenligning av gjennomsnitt til indikatororganismene i de ulike gruppene, siden den store variansen og det relativt lave antallet av datapunkter i de ulike gruppene vil føre til at man får et svært stort konfidensintervall. Normalitetsantagelsen brytes dessuten kraftig når indikatororganismene inngår i analysene. Selv om Welch t-test og variansanalyse (ANOVA) skal være relativt robuste mot antagelsen om normalitet, vil kvaliteten på resultatene sannsynligvis påvirkes av at normalitetsantagelsen ikke er oppfylt. På den andre siden er det en risiko for at gjentakende testing av datamaterialet har ført til falske positive funn (Type-1 feil). Det vurderes imidlertid som sannsynlig at de positive funnene i denne studien – samsvar mellom pH og BOF_5 og indikatororganismene – ikke egentlig er et falsk positiv, siden disse sammenhengene ble bekreftet i flere ulike statistiske metoder.

7.7 Konklusjon

Generelt ser det ikke ut som om at praksis med installasjon av hygieniserings-trinn i minirensanlegg foreløpig har gitt noen vesentlig reduksjon i risikoen for utslipp av eventuelle humanpatogene mikroorganismer til omgivelsene. Utslippskonsentrasjonen av indikatororganismer virker å være sterkt varierende fra uke til uke, noe som gjør at stikkprøver ikke nødvendigvis vil være representable for anleggenes generelle utløpskonsentrasjoner. Sammenhengen mellom BOF_5 , pH, nitritt/nitrat og indikatororganismer som ble observert i minirensanleggene antas å være relatert til oppholdstid, inaktivering som følge av lav pH i seg selv, og muligens eliminering i det biologiske rensetrinnet ved at indikatororganismene fanges i slamfnokkene.

Referanser

- Acea, M. J., Moore, C. R. & Alexander, M. (1988), 'Survival and growth of bacteria introduced into soil', *Soil Biology and Biochemistry* **20**(4), 509 – 515.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038071788900661>
- Alasri, A., Roques, C., Michel, G., Cabassud, C. & Aptel, P. (1992), 'Bactericidal properties of peracetic acid and hydrogen peroxide, alone and in combination, and chlorine and formaldehyde against bacterial water strains', *Canadian Journal of Microbiology* **38**(7), 635–642. PMID: 1393833.
URL: <https://doi.org/10.1139/m92-104>
- Ashbolt, N. J., Grabow, W. O. & Snozzi, M. (2001), Indicators of microbial water quality, in L. Fewtrell & J. Bartram, eds, 'Water quality: Guidelines, standards and health', IWA Publishing, chapter 13, pp. 289–316. Published on behalf of WHO by IWA Publishing.
- Baars, J. K. (1957), 'Travel of pollution, and purification en route, in sandy soils', *Bulletin of the World Health Organization* **16**(4), 727–747.
- Björne, H., Weitzberg, E. & Lundberg, J. O. (2006), 'Intragastric generation of antimicrobial nitrogen oxides from saliva –physiological and therapeutic considerations', *Free Radical Biology & Medicine* **41**, 1404–1412.
- Boehm, A. B. & Sassoubre, L. M. (2014), Enterococci as indicators of environmental fecal contamination, in M. S. Gilmore, D. B. Clewell, Y. Ike & N. Shankar, eds, 'Enterococci. From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection', Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Boston.
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190421/>
- Bouwer, H., Lance, J. C. & Riggs, M. S. (1974), 'High-rate land treatment ii: Water quality and economic aspects of the flushing meadows project', **46**(5), 844–859.
URL: <http://www.jstor.org/stable/25038728>
- Bush, L. M., Schmidt, C. E. & Vazquez-Pertejo, M. T. (2018), 'Overview of anaerobic bacteria'. Sist sett: 2018-06-12.
URL: <https://www.msmanuals.com/professional/infectious-diseases/anaerobic-bacteria/overview-of-anaerobic-bacteria>

- Collivignarelli, C., Bertanza, G. & Pedrazzani, R. (2000), 'A comparison among different wastewater disinfection systems: Experimental results', *Environmental Technology* **21**(1), 1–16.
URL: <https://doi.org/10.1080/09593332108618137>
- D. Harris, G., Adams, V., L. Sorensen, D. & Dupont, R. (1987), 'The influence of photoreactivation and water quality on ultraviolet disinfection of secondary municipal wastewater', **59**, 781–787.
- Danielson, R. E. & Cooper, R. C. (2007), Detection of bacterial pathogens in wastewater and sludge, in C. J. Hurst, R. L. Crawford, J. I. Garland, D. A. Lipson, A. L. Mills & L. D. Stetzenbach, eds, 'Manual of Environmental Microbiology. Third Edition.', ASM Press, Washington D.C., chapter 24, pp. 300–310.
- Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing the Directive 76/160/EC (2006), *OJ L* **64**, 37–51.
URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006L0007>
- Doran, J. W. & Linn, D. M. (1979), 'Bacteriological quality of runoff water from pastureland', *Applied and Environmental Microbiology* **37**(5), 985—991.
- Emerick, R. W., Loge, F. J., Thompson, D. & Darby, J. L. (1999), *Water Environment Research* **71**, 1178–1187.
- EPA (2006), 'Ultraviolet disinfection guidance manual for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule'.
- Farrell, C., Hassard, F., Jefferson, B., Leziart, T., Nocker, A. & Jarvis, P. (2018), 'Turbidity composition and the relationship with microbial attachment and uv inactivation efficacy', *Science of The Total Environment* **624**, 638 – 647.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717335994>
- Feachem, R. G., Bradley, D. J., Garelick, H. & Mara, D. D. (1983), *Sanitation and Disease. Health Aspects of Excreta and Wastewater Management.*, John Wiley & Sons. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3.
- Folkehelseinstituttet (2012), 'Mikrobiologiske drikkevannsanalyser - hva forteller de?'. Sist sett : 27.02.2017.
- Folkehelseinstituttet (2016), Vannkvalitet og helse, in E. Andersen, ed., 'Vannforsyning og helse. Veiledning i drikkevannshygiene.', Vol. 127, Folkehelseinstituttet, chapter 2, pp. 22–39.
URL: <https://www.fhi.no/contentassets/10f6285109df44af96a0de9dd283c5ed/vanrapport-127-vannforsyning-og-helse.pdf>
- Fontes, D. E., Mills, A. L., Hornberger, G. M. & Herman, J. S. (1991a), 'Physical and chemical factors influencing transport of microorganisms through porous media', *Applied and Environmental Microbiology* **57**(9), 2473–2481.

- Fontes, D. E., Mills, A. L., Hornberger, G. M. & Herman, J. S. (1991b), 'Physical and chemical factors influencing transport of microorganisms through porous media.', *Applied and Environmental Microbiology* **57**(9), 2473–2481.
- Forskrift om begrensning av forurensning (Forurensningsforskriften). Lov av 24.juni 2004.* (2004), <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931?q=forurensningsforskriften>. Sist sett : 27.02.2017.
- García, J., Vivar, J., Aromir, M. & Mujeriego, R. (2003), 'Role of hydraulic retention time and granular medium in microbial removal in tertiary treatment reed beds', *Water Research* **37**(11), 2645 – 2653.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135403000666>
- Groote, M. A. D. & Fang, F. C. (1995), 'No inhibitions: Antimicrobial properties of nitric oxide', *Clinical Infectious Diseases* **21**, 162—165.
- Guimarães, J. R., Guadagnini, R. A., Franco, R. M. B. & dos Santos, L. U. (2016), 'Inactivation of clostridium perfringens, total coliforms, and escherichia coli by uv/h₂O₂ in wastewater treatment plant effluent', *Journal of Advanced Oxidation Technologies* **19**(1).
- Hachich, E., Bari, M. D., Christ, A., Lamparelli, C., Ramos, S. & M.I.Z (2012), 'Comparison of thermotolerant coliforms and escherichia coli densities in freshwater bodies.', *Brazilian Journal of Microbiology*. **43**(2), 675–681.
- Heistad, A. (2008), Small scale wastewater treatment – design optimization, reduction efficiency and risk prediction, PhD thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway.
- Heistad, A. (2014), VA i spredt bebyggelse, in 'Vann- og avløpsteknikk', Norsk Vann, Hamar, chapter 17.
- Heistad, A., Seidu, R., Flø, A., Paruch, A. M., Hanssen, J. F. & Stenstrøm, T. (2009), 'Long-term hygienic barrier efficiency of a compact on-site wastewater treatment system', *Journal of Environmental Quality* **38**, 2182—2188.
- Hensel, G. R. & Yri, A. (2008), 'Minirensesanlegg som renseløsning - mindre avløpsrenseanlegg (<50 pe)', *Bioforsk Jord og Miljø* . .
- Hijnen, W., Beerendonk, E. & Medema, G. (2006), 'Inactivation credit of uv radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review', *Water Research* **40**(1), 3 – 22.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313540500610X>
- Howell, J., Coyne, M. & Cornelius, P. (1995), 'Fecal bacteria in agricultural waters of the bluegrass region of kentucky', *Journal of environmental quality* **24**(3), 411–419.

- Howell, J. M., Coyne, M. S. & Cornelius, P. L. (1996), 'Effect of sediment particle size and temperature on fecal bacteria mortality rates and the fecal coliform/fecal streptococci ratio', *American Society of Agronomy* **25**(6), 1216–1220.
- Jahne, M. A., Schoen, M. E., Garland, J. L. & Ashbolt, N. J. (2017), 'Simulation of enteric pathogen concentrations in locally-collected greywater and wastewater for microbial risk assessments', *Microbial Risk Analysis* **5**, 44 – 52. Quantitative Microbial Risk Assessment of Reclaimed Water.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235235221630038X>
- James, E. & Joyce, M. (2004), 'Assessment and management of watershed microbial contaminants', *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* **34**(2), 109–139.
URL: <https://doi.org/10.1080/10643380490430663>
- Jenssen, P. D., Jonasson, S. A. & Heistad, A. (2006), 'Naturbasert rensing av avløpsvann - en kunnskapssammenstilling med hovedvekt på norske erfaringer', **20**.
- Jewett, D. G., Hilbert, T. A., Logan, B. E., Arnold, R. G. & Bales, R. C. (1995), 'Bacterial transport in laboratory columns and filters: Influence of ionic strength and ph on collision efficiency', *Water Research* **29**(7), 1673 – 1680.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135494003388>
- Jiménez, B. (2003), Health risk in aquifer recharge with recycled water, in R. Aertgeerts & A. Angelakis, eds, 'State of the art report; health risk in aquifer recharge using reclaimed water.', World Health Organization Regional Office for Europe, København, chapter 3. (Report No. EUR/03/5041122).
- Johannessen, E. & Eikum, A. S. (2014), 'Bedre forvaltning av separate avløpsanlegg - eksempler fra vannområde morsa', *Vannområdeutvalget Morsa* .
- Johannessen, E., Eikum, A. S. & Jantsch, T. G. (2014), 'Langtidsundersøkelse av minirensanlegg – vannmengder og driftsstabilitet.', *Vannområdeutvalget Morsa* .
- Johannessen, E., Eikum, A. S. & Krogstad, T. (2011), 'Evaluering av prøvetakingsmetoder for rensanlegg i spredt bebyggelse.', *Vannområdeutvalget Morsa* .
- Johannessen, E., Ovell, L., Eikum, A. S., Ek, M. & Junestedt, C. (2008), 'Funksjonskontroll av rensanlegg i spredt bebyggelse i morsa-vassdraget', *Vannområdeutvalget Morsa* .
- Jolliffe, I. T. (2002), *Principal component analysis*, Springer series in statistics, 2nd ed. edn, Springer, New York.

- Koivunen, J. & Heinonen-Tanski, H. (2005), 'Peracetic acid (paa) disinfection of primary, secondary and tertiary treated municipal wastewaters', *Water Research* **39**(18), 4445 – 4453.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135405004604>
- Koivunen, J., Siitonen, A. & Heinonen-Tanski, H. (2003), 'Elimination of enteric bacteria in biological–chemical wastewater treatment and tertiary filtration units', *Water Research* **37**(3), 690 – 698.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135402003056>
- Krone, R. B., Orlob, G. T. & Hodgkinson, C. (1958), 'Movement of coliform bacteria through porous media', *Sewage and Industrial Wastes* **30**(1), 1–13.
URL: <http://www.jstor.org/stable/25033513>
- Ksibi, M. (2006), 'Chemical oxidation with hydrogen peroxide for domestic wastewater treatment', *Chemical Engineering Journal* **119**(2), 161 – 165.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894706001331>
- Lazarova, V., Janex, M., Fiksdal, L., Oberg, C., Barcina, I. & Pommepuy, M. (1998), 'Advanced wastewater disinfection technologies: Short and long term efficiency', *Water Science and Technology* **38**(12), 109 – 117. Health-related Water Microbiology 1998.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122398008105>
- Lefevre, F., Audic, J. M. & Ferrand, F. (1992), 'Peracetic acid disinfection of secondary effluents discharged off coastal seawater', *Water Science and Technology* **25**(12), 155–164.
URL: <http://wst.iwaponline.com/content/25/12/155>
- Leong, L. Y., Kuo, J. & Tang, C.-C. (2008), *Disinfection of Wastewater Effluent - Comparison of Alternative Technologies*, IWA Publishing.
- Liberti, L. & Notarnicola, M. (1999a), 'Advanced treatment and disinfection for municipal wastewater reuse in agriculture', *Water Science and Technology* **40**(4), 235 – 245.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122399005053>
- Liberti, L. & Notarnicola, M. (1999b), 'Advanced treatment and disinfection for municipal wastewater reuse in agriculture', *Water Science and Technology* **40**(4), 235 – 245.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122399005053>
- Lin, L.-S., Johnston, C. T. & Blatchley, E. R. (1999), 'Inorganic fouling at quartz:water interfaces in ultraviolet photoreactors: Ii. temporal and spatial distributions', *Water Research* **33**(15), 3330 – 3338.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313549900038X>
- Lindenauer, K. G. & Darby, J. L. (1994), 'Ultraviolet disinfection of wastewater: Effect of dose on subsequent photoreactivation', *Water Research* **28**(4), 805

– 817.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135494900876>

Lundberg, J. O. N., Weitzberg, E. & Gladwin, M. T. (2008), 'The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics', *Nature Reviews Drug Discovery* **7**, 156–167.

Luukkonen, T., Teeriniemi, J., Prokkola, H., Rámío, J. & Lassi, U. (2014), 'Chemical aspects of peracetic acid based wastewater disinfection', *Water SA* **40**(1).

McDonnell, G. & Russell, A. D. (1999), 'Antiseptics and disinfectants: Activity, action and resistance', *Clinical Microbiology Reviews* **14**(1), 147–179.

URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC88911/>

Medema, G., Bahar, M. & Schets, F. (1997), 'Survival of cryptosporidium parvum, escherichia coli, faecal enterococci and clostridium perfringens in river water: influence of temperature and autochthonous microorganisms', *Water Science and Technology* **35**(11), 249 – 252. Health-Related Water Microbiology 1996.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122397002679>

Mezzanotte, V., Antonelli, M., Citterio, S. & Nurizzo, C. (2007), 'Wastewater disinfection alternatives: Chlorine, ozone, peracetic acid, and uv light', *Water Environment Research* **79**(12), 2373–2379.

URL: <http://www.jstor.org/stable/25053705>

Monteringsanvisning vannmettet EP - 10 pe (n.d.).

Monteringsanvisning vannmettet EP - 5 pe (n.d.).

National Research Council (2004), Attributes and application of indicators, in 'Indicators for Waterborne Pathogens', The National Academies Press, Washington, DC, chapter 4.

URL: <https://www.nap.edu/catalog/11010/indicators-for-waterborne-pathogens>

Norsk legemiddelhåndbok (2016), 'L1.9.1.4 hydrogenperoksid', <http://m.legemiddelhandboka.no/Legemidler/542110>. Sist sett : 08.03.2017.

Ottoson, J., Hansen, A., Westrell, T., Johansen, K., Norder, H. & Stenström, T. A. (2006), 'Removal of noro- and enteroviruses, giardia cysts, cryptosporidium oocysts, and fecal indicators at four secondary wastewater treatment plants in sweden', *Water Environment Research* **78**(8), 828–834.

URL: <http://www.jstor.org/stable/25053589>

Palm, O., Malmén, L. & Jónsson, H. (2002), 'Robusta, uthålliga små avloppssystem'. Rapport 5224.

- Qualls, R. G., Flynn, M. P. & Johnson, J. D. (1983), 'The role of suspended particles in ultraviolet disinfection', *Journal (Water Pollution Control Federation)* **55**(10), 1280–1285.
URL: <http://www.jstor.org/stable/25042084>
- Ramsey, M., Hartke, A. & Huycke, M. (2014), The physiology and metabolism of enterococci, in M. S. Gilmore, D. B. Clewell, Y. Ike & N. Shankar, eds, 'Enterococci. From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection', Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Boston.
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190421/>
- Rawcliffe, M. & Paulsrud, B. (2010), 'Desinfeksjon av utløpsvann fra minirenseanlegg', *Aquateam*. Rapportnr : 10-021, Prosjekt nr: 09064.
- Rutala, W. A., Weber, D. J. & Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) (2008), 'Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities.'
- Ruxton, G. D. & Beauchamp, G. (2008), 'Time for some a priori thinking about post hoc testing', *Behavioral Ecology* **19**(3), 690–693.
URL: <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arn020>
- Schönning, C. & Stenström, T. A. (2004), 'Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems', (1).
- SINTEF Byggforsk (2011), 'Odin minirenseanlegg 5-50 p.e.', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20109). Gyldig til : 06.06.2016.
- Smith, M. S., Thomas, G. W., White, R. E. & Ritonga, D. (1985), 'Transport of escherichia coli through intact and disturbed soil columns.', **14**.
- Stevik, T. K., Aa, K., Ausland, G. & Hanssen, J. F. (2004a), 'Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review', *Water Research* **38**(6), 1355 – 1367.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135403007140>
- Stevik, T. K., Aa, K., Ausland, G. & Hanssen, J. F. (2004b), 'Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review', *Water Research* **38**(6), 1355 – 1367.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135403007140>
- Stevik, T. K., Ausland, G., Hanssen, J. F. & Jenssen, P. D. (1999), 'The influence of physical and chemical factors on the transport of e. coli through biological filters for wastewater purification', *Water Research* **33**(18), 3701 – 3706.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135499000779>
- Suliman, F., Futsaether, C., Oxaal, U., Haugen, L. & Jenssen, P. (2006), 'Effect of the inlet–outlet positions on the hydraulic performance of horizontal subsurface-flow wetlands constructed with heterogeneous porous media',

- Journal of Contaminant Hydrology* **87**(1), 22 – 36.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772206000763>
- Tassoula, E. A. (1997), 'Growth possibilities of e.coli in natural waters', *International Journal of Environmental Studies* **52**(1-4), 67–73.
URL: <https://doi.org/10.1080/00207239708711096>
- Thelin, W. R. (2011a), 'AUGUST AT minirensesanlegg med kjemisk felling.', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20126). Revidert siste gang : 03.03.17.
- Thelin, W. R. (2011b), 'Baga Easy minirensesanlegg med biomoduler', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20111). Revidert : 20.09.2016. Korrigert : 03.01.2018.
- Thelin, W. R. (2011c), 'Biovac minirensesanlegg 5-50 p.e.', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20108). Revidert : 27.03.2017.
- Thelin, W. R. (2011d), 'Klargester BioDisc Minirensesanlegg', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20106). Revidert siste gang : 30.03.2017.
- Thelin, W. R. (2012a), 'Bio-Flow Minirensesanlegg', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20324).
- Thelin, W. R. (2012b), 'Klaro minirensesanlegg 5-50 pe', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20150). Revidert : 02.04.2013.
- Thelin, W. R. (2015), 'Wallax minirensesanlegg med biologisk etterpolering', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20247).
- Thelin, W. R. (2018), 'Klargester BioDisc Minirensesanlegg', *SINTEF Teknisk Godkjenning* (20106). Korrigert : 19.04.2018.
- Tindlund, K. (2017), Minirensesanleggs egnethet for bruk på hytter: Reaktivering av biologisk rensetrinn etter tre måneders belastningsstopp, Master's thesis, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås.
- Tronsmo, A. (2016), *Innføring i mikrobiologi*, Universitetsforlaget, Oslo.
- Trygg, J., Holmes, E. & Lundstedt, T. (2006), 'Chemometrics in metabonomics', (6), 469–479.
- VA-Miljøblad nr. 52. Minirensesanlegg.* (2009), *VA-Miljøblad* .
- Wagner, M., Brumelis, D. & Gehr, R. (2002), 'Disinfection of wastewater by hydrogen peroxide or peracetic acid: Development of procedures for measurement of residual disinfectant and application to a physicochemically treated municipal effluent', *Water Environment Research* **74**(1), 33–50.
- Walters, E., Graml, M., Behle, C., M'uller, E. & Horn, H. (2013), 'Influence of particle association and suspended solids on uv inactivation of fecal indicator bacteria in an urban river', *Water, Air, & Soil Pollution* **225**(1), 1822.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1822-8>

- WaterRA (2014), 'Log removal values in wastewater treatment', *Water Research Australia* . .
- Whitlock, M. C. & Schluter, D. (2009), *The Analysis of Biological Data*, Roberts and Company Publishers, Greenwood Village, Colorado.
- Wigginton, K. R., Pecson, B. M., Sigstam, T., Bosshard, F. & T, T. K. (2012), 'Virus inactivation mechanisms: impact of disinfectants on virus function and structural integrity.', *Environmental science & technology* **46**(21).
- World Health Organisation (2006), *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Wastewater Use in Agriculture*, Vol. 2, World Health Organisation.
- World Health Organization (2003), Faecal pollution and water quality, in 'Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters', World Health Organization, chapter 4, pp. 51–96.
- Wu, J., Long, S. C., Das, D. & Dorner, S. M. (2011), 'Are microbial indicators and pathogens correlated? a statistical analysis of 40 years of research', *Journal of Water and Health* **9**(2), 265 – 278.
- Xia, D., Liu, Y., Zhang, C. & Wang, S. (2006), 'Antimicrobial effect of acidified nitrate and nitrite on six common oral pathogens in vitro.', *Chinese medical journal* **119**(22), 1904–1909.
- Yri, A., Hensel, G. R., Aasen, R. & Mæhlum, T. (2007), 'Undersøkelse av mindre avløpsanlegg i normal drift', *Bioforsk Jord og Miljø* . Bioforsk Rapport Vol.2 Nr. 146.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N. & Elphick, C. S. (2010), 'A protocol for data exploration to avoid common statistical problems.', **1**, 3–14.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. (2009), *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.*, Springer, New York.
- Ødegaard, H. (2014), Rensing av avløpsvann, in H. Ødegaard, ed., 'Vann- og avløpsteknikk', Norsk Vann, Hamar, chapter 14.

A Statistiske parametere for numeriske variabler i datasettet

Tabell A.1: Statistiske parametere for alle numeriske variabler i Tilsynets datasett. Alle minirensesanlegg.

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	771	0.01	240	6.21	0.91	2.50	7.20	266	[mg/L]
BOF ₅	643	1.50	770	31.9	1.50	6.60	21.0	6285	[mg/L]
<i>E. coli</i> *	124	0.00	24200	7767	84.0	1250	24000	1.03E+08	[MPN/100mL]
<i>I.ent.</i> *	53	0.00	1900	468	2.00	48.0	900	4.07E+05	[cfu/100mL]
Turb.	771	0.08	1000	58.9	7.03	15.8	43.9	20108	[NTU]
Temp.	368	0.70	26.0	16.8	14.0	17.0	19.1	14.7	[°C]
pH	783	2.30	8.90	6.79	6.50	7.00	7.40	1.04	[pH]
DgrTM**	771	0.00	7269	315	56.0	167	279	6.60E+05	[dgr]
Dim. pe	957	2.00	48.0	7.86	5.00	5.00	10.0	34.3	[pe]
pe/pers***	677	0.50	40.0	2.97	1.40	2.25	3.33	11.2	[-]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

** Dager siden tømning av anlegget ved prøvetakingstidspunkt.

*** Dimensjonert pe / personer tilknyttet eiendommen (belastning på anlegget).

A.1 Ulike hygieniseringsmetoder

Tabell A.2: Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg uten hygieniseringstrinn, men hvor utløpsvannet er analysert for *E. coli**

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	141	0.05	220	5.86	0.97	2.40	6.60	352	[mg/l]
BOF ₅	111	1.50	380	24.4	1.50	5.80	17.0	2975	[mg/l]
<i>E. coli</i>	147	1.00	24200	9925	405	2420	24000	1.15E+08	[MPN/100ml]
<i>I.ent.</i>	2	22.0	1500	761	392	761	1131	1.09E+06	[cfu/100ml]
Turb.	136	0.57	585	35.4	5.77	12.1	38.7	5149	[NTU]
Temp.	4	11.0	22.0	17.0	14.75	17.5	19.8	22	[°C]
pH	134	3.80	8.70	6.87	6.60	7.10	7.50	0.93	[pH]

* Data for vannprøver analysert for *E. coli*.

Tabell A.3: Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med UV som hygienisering av utløpsvannet*

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	10	0.80	21.0	8.04	2.13	3.95	14.8	57.5	[mg/l]
BOF ₅	10	1.50	84.0	15.1	3.20	4.10	12.5	659	[mg/l]
<i>E. coli</i>	10	40.0	24000	2875	99.8	274	538	5.58E+07	[MPN/100ml]
I.ent.	5	0.00	70.0	17.0	0.00	7.00	8.00	892	[cfu/100ml]
Turb.	10	2.65	373	56.7	6.95	19.3	36.9	2.27E+04	[NTU]
Temp.	7	13.0	25.0	19.0	14.8	20.7	22.5	23.2	[°C]
pH	10	4.60	7.70	6.82	6.93	7.10	7.35	0.86	[pH]

* Data for vannprøver analysert for *E. coli*.

Tabell A.4: Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med kjemisk hygienisering av utløpsvannet*

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	77	0.03	26.0	4.14	0.76	2.70	5.00	22.4	[mg/l]
BOF ₅	77	1.50	400	38.2	3.00	7.50	31.0	5544	[mg/l]
<i>E. coli</i>	78	0.00	24200	8747	97	1800	24000	1.11E+08	[MPN/100ml]
I.ent.	36	0.00	1900	528	2.75	84	1500	4.51E+05	[cfu/100ml]
Turb.	72	0.73	884	63.6	7.25	14.1	61.7	2.14E+04	[NTU]
Temp.	41	7.00	23.0	16.0	13.7	17.0	18.9	11.9	[°C]
pH	72	4.20	8.50	6.89	6.60	7.10	7.40	0.69	[pH]

* Data for vannprøver analysert for *E. coli*.

Tabell A.5: Statistiske parametere for numeriske variabler. Anlegg med filtre for hygienisering av utløpsvannet*

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	29	0.01	13.0	2.63	0.67	1.10	3.50	9.97	[mg/l]
BOF ₅	27	1.50	340	59.9	1.50	4.30	50.0	1.17E+04	[mg/l]
<i>E. coli</i>	30	0.00	24200	6759	90	1390	8800	8.65E+07	[MPN/100ml]
I.ent.	10	0.00	1500	529	15.3	74.5	1125	4.40E+05	[cfu/100ml]
Turb.	27	0.08	124	26.2	3.02	10.9	36.4	969	[NTU]
Temp.	12	9.00	21.0	15.5	12.6	15.7	18.5	17.3	[°C]
pH	27	3.36	8.10	6.69	6.15	7.10	7.55	1.31	[pH]

* Data for vannprøver analysert for *E. coli*.

A.1.1 Ulike typer filter

Tabell A.6: Statistiske parametere for numeriske variabler. HACO-filtre*.

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	2	1.30	2.80	2.05	1.68	2.05	2.43	1.13	[mg/l]
BOF ₅	2	1.50	16.00	8.75	5.13	8.75	12.4	105	[mg/l]
<i>E. coli</i>	2	1800	24200	13000	7400	13000	18600	2.51E+08	[MPN/100 ml]
I. ent.	2	101	1500	801	451	801	1150	9.79E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	2	15.6	27.1	21.34	18.5	21.3	24.2	66.2	[NTU]
Temp.	2	13.1	15.4	14.3	13.7	14.3	14.8	2.65	[°C]
pH	2	5.10	7.20	6.15	5.63	6.15	6.68	2.21	[pH]

* Data for prøverunder analysert for *E.coli*.

Tabell A.7: Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio-filtre*.

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	8	0.26	2.20	0.87	0.61	0.80	0.91	0.34	[mg/l]
BOF ₅	8	1.50	9.50	3.31	1.50	1.50	3.13	11.4	[mg/l]
<i>E. coli</i>	8	1.00	24200	5191	47.0	368	7775	7.26E+07	[MPN/100 ml]
I. ent.	2	10	1200	605	308	605	903	7.08E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	8	0.08	32.9	7.68	1.90	2.77	6.90	126	[NTU]
Temp.	4	11	20.0	16.5	15.5	17.5	18.5	15.0	[°C]
pH	8	6.90	8.10	7.51	7.25	7.55	7.75	0.16	[pH]

* Data for prøverunder analysert for *E.coli*.

Tabell A.8: Statistiske parametere for numeriske variabler. Wallax biofiltre*.

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	14	0.01	13.0	3.22	0.60	1.30	5.00	14.3	[mg/l]
BOF ₅	14	1.50	340	111	3.33	50.0	213	1.74E+04	[mg/l]
<i>E. coli</i>	14	0.00	24200	8593	90.0	4450	20250	1.11E+08	[mg/l]
I. ent.	3	1.00	1500	800	451	900	1200	5.69E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	14	2.26	124	22.4	4.51	10.5	59.3	1476	[NTU]
Temp.	5	9.00	21.0	15.4	10.0	16	21.0	33.3	[°C]
pH	14	3.36	7.80	6.23	5.70	6.35	7.18	1.57	[pH]

* Data for prøverunder analysert for *E.coli*.

Tabell A.9: Statistiske parametere for numeriske variabler. Filter uspesifisert.*

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	5	0.29	8.60	4.04	1.10	3.70	6.50	12.4	[mg/l]
BOF ₅	3	1.50	11.0	4.67	1.50	1.50	6.25	30.1	[mg/l]
<i>E. coli</i>	6	70.0	8200	2493	278	820	3920	1.11E+07	[MPN/100 ml]
l. ent	3	0.00	48.0	26.3	15.5	31.0	39.5	592	[cfu/100 ml]
Turb.	3	36.4	62.9	45.2	36.4	36.4	49.7	234	[NTU]
Temp.	1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	NA	[°C]
pH	3	6.30	7.60	7.03	6.75	7.20	7.40	0.44	[pH]

* Data for prøverunder analysert for *E.coli*.

A.2 Ulike leverandører

Tabell A.10: Statistiske parametere for numeriske variabler. August minirenses-anlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	3	2.60	11.0	6.27	3.90	5.20	8.10	18.5	[mg/l]
BOF ₅	2	9.80	11.0	10.4	10.1	10.4	10.7	0.72	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	1	150	150	150	150	150	150	NA	[MPN/100 ml]
I. ent.*	1	48	48	48	48	48	48	NA	[cfu/100 ml]
Turb.	3	16.8	62.9	36.6	23.5	30.2	46.6	562	[NTU]
Temp.	1	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	NA	[°C]
pH	3	6.70	7.20	6.87	6.70	6.80	7.00	0.09	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.11: Statistiske parametere for numeriske variabler. Biovac minirenses-anlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	334	0.03	240	7.55	0.92	2.80	7.83	417	[mg/l]
BOF ₅	333	1.50	770	37.0	1.50	6.60	24.0	8999	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	38	0.00	24200	7923	77.25	945	24000	1.15E+08	[MPN/100 ml]
I. ent.*	24	0.00	1900	447	1.75	36.5	768	4.14E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	339	0.65	1000	82.6	7.17	17.0	49.8	3.41E+04	[NTU]
Temp.	144	8.30	23.0	15.9	13.9	15.6	18.0	8.48	[°C]
pH	354	3.30	8.50	6.71	6.33	7.10	7.48	1.21	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.12: Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio Weho minirenses-anlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	12	0.21	9.90	1.69	0.40	0.80	1.75	7.20	[mg/l]
BOF ₅	12	1.50	9.50	3.39	1.50	1.50	4.13	8.22	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	7	1.00	24200	5908	44.0	570	8250	7.99E+07	[MPN/100 ml]
I. ent.*	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	NA	[cfu/100 ml]
Turb.	12	0.08	32.9	6.60	1.90	3.42	4.60	89.6	[NTU]
Temp.	7	11.0	24.0	19.0	17.5	20.0	21.5	18.0	[°C]
pH	12	6.00	8.10	7.42	7.33	7.55	7.70	0.30	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.13: Statistiske parametere for numeriske variabler. Ecobio Uponor minirenses-anlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	3	0.92	11.0	4.41	1.11	1.30	6.15	32.6	[mg/l]
BOF ₅	3	1.50	62.0	31.2	15.8	30.0	46.0	916	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	1	166	166	166	166	166	166	NA	[MPN/100 ml]
I. ent.*	1	10.0	10.0	10	10	10	10	NA	[cfu/100 ml]
Turb.	2	15.16	37.1	26.1	20.6	26.1	31.6	241	[NTU]
Temp.	1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	NA	[°C]
pH	2	7.30	7.40	7.35	7.33	7.35	7.38	0.01	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.14: Statistiske parametere for numeriske variabler. Ipec minirensesanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	2	0.29	0.38	0.34	0.31	0.34	0.36	0.38	[mg/l]
BOF ₅	9	1.50	190	27.5	1.50	5.20	12.0	3764	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	1	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	NA	[MPN/100 ml]
I. ent.*	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NA	[cfu/100 ml]
Turb.	9	1.66	47.4	16.1	7.30	8.83	16.7	237	[NTU]
Temp.	3	14.0	17.0	15.7	15.0	16.0	16.5	2.33	[°C]
pH	9	6.30	8.00	7.42	7.10	7.70	7.80	0.38	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.15: Statistiske parametere for numeriske variabler. Klargester (Kingspan) minirensesanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	110	0.12	220	6.80	1.10	2.80	6.75	455	[mg/l]
BOF ₅	110	1.50	180	11.0	1.50	4.95	10.8	428	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	9	40	2900	528	93	248	410	8.23E+05	[MPN/100 ml]
I. ent.*	5	0.00	70.0	17.0	0.00	7.00	8.00	892	[cfu/100 ml]
Turb.	112	0.57	878	31.9	5.643	10.5	21.9	9296	[NTU]
Temp.	59	6.80	25.0	19.8	17.5	21.0	22.0	14.3	[°C]
pH	112	3.70	8.00	6.68	6.50	6.95	7.30	0.86	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.16: Statistiske parametere for numeriske variabler. Klara minirensesanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	69	0.10	20.0	4.64	0.91	3.30	7.30	21.5	[mg/l]
BOF ₅	77	1.50	120	12.6	1.50	5.10	11.0	517	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	15	10.0	24000	8111	76.5	1300	16800	1.07E+08	[MPN/100 ml]
I. ent.*	2	250	1500	875	563	875	1188	7.81E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	57	0.84	195	16.5	4.48	9.10	18.1	729	[NTU]
Temp.	27	10.0	26.0	16.4	12.45	17.00	19.0	17.6	[°C]
pH	56	2.30	8.60	6.66	6.48	7.00	7.30	1.49	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.17: Statistiske parametere for numeriske variabler. Odin minirensesanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	76	0.05	26.0	4.84	0.91	2.90	5.83	31.8	[mg/l]
BOF ₅	76	1.50	400	51.2	6.23	18.5	55.5	6475	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	35	0.00	24200	10366	140	6100	24000	1.17E+08	[MPN/100 ml]
I. ent.*	13	1.00	1500	657	21.0	420	1500	5.01E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	77	1.08	697	43.2	7.39	16.8	35.6	9102	[NTU]
Temp.	46	0.70	24.6	15.8	13.0	16.5	19.0	22.8	[°C]
pH	77	4.40	8.00	7.09	6.90	7.20	7.40	0.38	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.18: Statistiske parametere for numeriske variabler. VPI minirensanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	8	1.70	10.0	5.28	3.55	4.05	7.10	8.47	[mg/l]
BOF ₅									
<i>E. coli</i> *	2	980	4900	2940	1960	2940	3920	7.68E+06	[MPN/100 ml]
I. ent.*	1	31.00	31	31.0	31.0	31.0	31.0	NA	[cfu/100 ml]
Turb.	6	18.9	76.1	50.9	39.9	55.7	62.4	423	[NTU]
Temp.	2	12.0	18.0	15.0	13.5	15.0	16.5	18.0	[°C]
pH	6	7.20	8.20	7.62	7.38	7.60	7.75	0.13	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

Tabell A.19: Statistiske parametere for numeriske variabler. Wallax minirensanlegg

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	154	0.01	75.0	4.76	0.94	1.75	5.73	68.2	[mg/l]
BOF ₅	21	1.50	340	81.9	3.00	31.0	110	1.33E+04	[mg/l]
<i>E. coli</i> *	15	0.00	24200	8346	120	4900	16500	1.04E+08	[MPN/100 ml]
I. ent.*	4	1.00	1500	601	1.00	451	1050	5.39E+05	[cfu/100 ml]
Turb.	154	0.85	832	57.8	11.5	24.3	61.2	1.13E+04	[NTU]
Temp.	78	9.00	23.0	16.7	14.3	17	19.0	12.4	[°C]
pH	152	2.30	8.90	6.82	6.50	6.90	7.23	1.00	[pH]

* For indikatorbakterier er bare data fra anlegg med hygieniseringstrinn tatt med.

B Resultater fra Welch t.test, ANOVA, Levene's test og kjiqvadrattest

B.1 Forskjeller mellom anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn : Resultater fra Welch t-test, Levene's test og kjiqvadrattest

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

IKKE : Anlegg *uten* hygieniserings- IKKE_HYG : Kolonne som kategoriserer
trinn anlegg med og uten hygieniserings-
HYG : Anlegg *med* hygieniseringstrinn trinn
Ecoli : *E. coli*

Welch Two Sample t-test

```
data: IKKE$Ecoli and HYG$Ecoli
t = 1.6987, df = 265.67, p-value = 0.09055
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -343.2998 4658.5646
sample estimates:
mean of x mean of y
 9924.721  7767.089
```

```
> leveneTest(Ecoli ~ IKKE_HYG,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 1  2.1749 0.1414
      269
```

Pearson's Chi-squared test

```
data: Tilsyn$Ecoli_test and Tilsyn$IKKE_HYG
X-squared = 4.2081, df = 1, p-value = 0.04023
```

B.2 Forskjeller mellom gruppene F-U-K-X : Resultater fra ANOVA, Welch ANOVA, Tukey Post Hoc, Games-Howell post hoc, Levene's test og kjkvadrattest

B.2.1 Levene's test

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

HYGF : En kolonne som kategoriserer de ulike anleggene ut ifra hva slags hygieniseringsmetode som benyttes (F-U-K-X).

Ecoli : *E. coli*

TotalFosfor : Total fosfor

BOF5 : BOF₅

Turbiditet : Turbiditet

Temperatur : Temperatur

pH : pH

Pepers : Dim. pe/pers. tilkn. adressen

pe_NY : Dim. pe

Dager_TM_Provet : Dager siden tømming av anlegget ved prøvetakings-tidspunkt

```
> leveneTest(Ecoli ~ HYGF,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  2.0748 0.1039
    261

> leveneTest(TotalFosfor ~ HYGF,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  0.3022 0.8238
    364

> leveneTest(BOF5 ~ HYGF,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  3.0771 0.02778 *
    326
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> leveneTest(Turbiditet ~ HYGF,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  1.6502 0.1775
    348

> leveneTest(Temperatur ~ HYGF, data = Tilsyn1)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 2  0.1529 0.8584
    100

> leveneTest(pH ~ HYGF,
+           data = Tilsyn)
```

```
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  3  0.3013 0.8244
      348
```

```
> leveneTest(Pepers ~ HYGf,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  3  0.9528 0.4154
      309
```

```
> leveneTest(pe_NY ~ HYGf,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  3  1.9864 0.1154
      421
```

```
> leveneTest(Dager_TM_Provet ~ HYGf,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group  3  1.6054 0.1877
      368
```

B.2.2 ANOVA

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

HYGF : En kolonne som kategoriserer de ulike anleggene ut ifra hva slags hygieniseringsmetode som benyttes (F-U-K-X).

Ecoli : *E. coli*

TotalFosfor : Total fosfor

BOF5 : BOF₅

Turbiditet : Turbiditet

Temperatur : Temperatur

pH : pH

Pepers : Dim. pe/pers. tilkn. adressen

pe_NY : Dim. pe

Dager_TM_Provet : Dager siden tømming av anlegget ved prøvetakings-tidspunkt

```
> summary(aov(Tilsyn$Ecoli~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3 6.559e+08 218621164  2.01 0.113
Residuals 261 2.839e+10 108782388
702 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn$TotalFosfor~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3  216  71.95  0.444 0.722
Residuals 364 59011 162.12
599 observations deleted due to missingness
```

```
> oneway.test(BOF5 ~ HYGf, data=Tilsyn, var.equal=FALSE)
One-way analysis of means (not assuming equal variances)
```



```
data: BOF5 and HYGf
F = 3.256, num df = 3.000, denom df = 83.629, p-value = 0.02564
```

```
> summary(aov(Tilsyn$Turbiditet~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3   51172   17057   1.675  0.172
Residuals 348 3543716   10183
615 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn1$Temperatur~Tilsyn1$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn1$HYGF  2   240.7   120.34   5.672 0.00464 **
Residuals  100 2121.6    21.22
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
660 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn$pH~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3    0.8   0.2606   0.281  0.839
Residuals 348  323.3   0.9290
615 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn$Peppers~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3    44   14.55   1.092  0.352
Residuals 309  4116   13.32
654 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn$pe_NY~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3   291   96.94   1.906  0.128
Residuals 421 21407   50.85
542 observations deleted due to missingness
```

```
> summary(aov(Tilsyn$Dager_TM_Provet~Tilsyn$HYGF))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$HYGF  3 4188637 1396212   1.771  0.152
Residuals 368 290087744  788282
595 observations deleted due to missingness
```

B.2.3 Resultater fra post hoc tester

```
> posthocTGH(y=Tilsyn$BOF5, x=Tilsyn$HYGF, method="games-howell")
      n means variances
F 83 NA NA
K 119 NA NA
U 19 NA NA
X 204 NA NA

      diff ci.lo ci.hi t df p
K-F NA NA NA NA NA NA
U-F NA NA NA NA NA NA
X-F NA NA NA NA NA NA
U-K NA NA NA NA NA NA
X-K NA NA NA NA NA NA
X-U NA NA NA NA NA NA
```

Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Tilsyn1\$Temperatur ~ Tilsyn1\$HYGF)

```
$`Tilsyn1$HYGF`
      diff      lwr      upr      p adj
K-F 1.317542 -1.0649433 3.700027 0.3898451
U-F 5.057240  1.4838513 8.630628 0.0030741
U-K 3.739698  0.3660379 7.113358 0.0260116
```

B.2.4 Kjikvadrattest

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

HYGF : Kolonne som kategoriserer anleggene ut i fra hygieniseringsmetode.

KJMUUV1 : Utvalg med anlegg hvor det benyttes kjemikalier og UV til hygienisering

KJMX1 : Utvalg med anlegg hvor det benyttes kjemikalier til hygienisering og anlegg som ikke har hygienisering

KJMFIL : Utvalg med anlegg hvor det benyttes kjemikalier og filter til hygienisering.

UVFILT1 : Utvalg med anlegg hvor det benyttes UV og filter til hygienisering

UVX1 : Utvalg med anlegg som benytter UV til hygienisering og anlegg uten hygienisering

FILTX1 : Utvalg med anlegg hvor det benyttes filter til hygienisering og anlegg som ikke har hygienisering

Ecoli_test : Kolonne som kategoriserer anleggene ut i fra om de tilfredsstiller rensekrevet for *E. coli* eller ikke.

IntEnt_test : Kolonne som kategoriserer anleggene ut ifra om de har utløpsverdier av i. enterokokker over eller under satt grenseverdi på 350 cfu/100 ml.

Pearson's Chi-squared test

```
data: KJMFILT$Ecoli_test and KJMFILT$HYGF
X-squared = 0.3592, df = 1, p-value = 0.5489
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: KJMUUV1$Ecoli_test and KJMUUV1$HYGF
p-value = 0.02042
alternative hypothesis: two.sided
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: UVFILT$Ecoli_test and UVFILT$HYGF
p-value = 0.04309
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.01915866 1.07324298
sample estimates:
```

odds ratio
0.1965828

Pearson's Chi-squared test

data: FILTX1\$Ecoli_test and FILTX1\$HYGF
X-squared = 2.0481, df = 1, p-value = 0.1524

Fisher's Exact Test for Count Data

data: UVX1\$Ecoli_test and UVX1\$HYGF
p-value = 0.01414
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
1.331627 70.232644
sample estimates:
odds ratio
7.007288

Pearson's Chi-squared test

data: KJMX1\$Ecoli_test and KJMX1\$HYGF
X-squared = 1.2201, df = 1, p-value = 0.2693

Fisher's Exact Test for Count Data

data: KJMUUV1\$IntEnt_test and KJMUUV1\$HYGF
p-value = 0.4659
alternative hypothesis: two.sided

Fisher's Exact Test for Count Data

data: KJMFILT\$IntEnt_test and KJMFILT\$HYGF
p-value = 1
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
0.1860796 5.4657623
sample estimates:
odds ratio
0.9555377

Fisher's Exact Test for Count Data

data: UVFILT\$IntEnt_test and UVFILT\$HYGF
p-value = 0.395
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
0.006213987 3.332068350
sample estimates:
odds ratio
0.3217773

B.2.5 Resultater fra Welch t-test for test av forskjeller i mellom gjennomsnitt av indikatororganismer i anlegg hvor det tilsettes pereddiksyre og i anlegg hvor det tilsettes hydrogenperoksid

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

HYGODKJM : En kolonne som kategoriserer anleggene ut i fra om det tilsettes
 pereddiksyre eller hydrogenperoksid i utløpet
 KJMP : Anlegg hvor det tilsette pereddiksyre
 KJMH : Anlegg hvor det tilsettes hydrogenperoksid
 Ecoli : *E. coli*
 IntEnt : I. enterokokker

```
> Tilsyn$HYGODKJM <- as.factor(Tilsyn$HYGODKJM)
> leveneTest(Ecoli ~ HYGODKJM,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 1  0.7638 0.3849
      76
```

```
> leveneTest(IntEnt ~ HYGODKJM,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 1  1.313 0.2598
      34
```

Welch Two Sample t-test

```
data: KJMP$Ecoli and KJMH$Ecoli
t = 1.0704, df = 72.042, p-value = 0.288
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -2197.135  7292.924
sample estimates:
mean of x mean of y
10366.171  7818.277
```

Welch Two Sample t-test

```
data: KJMP$IntEnt and KJMH$IntEnt
t = 0.97491, df = 19.117, p-value = 0.3418
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -276.2970  758.4903
sample estimates:
mean of x mean of y
 676.4167  435.3200
```

Pearson's Chi-squared test

```
data: Tilsyn$Ecoli_test and Tilsyn$HYGODKJM
X-squared = 1.3747, df = 1, p-value = 0.241

> chisq.test(Tilsyn$IntEnt_test, Tilsyn$HYGODKJM, correct=FALSE)
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: Tilsyn$IntEnt_test and Tilsyn$HYGODKJM
p-value = 0.2735
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.4705593 13.9563837
sample estimates:
```

```
odds ratio
2.480549
```

B.2.6 Resultater fra Welch t-test for test av forskjeller i BOF₅ i Odin/Biovac-anlegg med og uten hygieniseringstrinn

Forklaring av gruppe/variabelnavn :

ODINHYGP : Odin-anlegg hvor det tilsettes pereddiksyre i utløpsvannet

ODINIKKE : Odin-anlegg hvor det ikke tilsettes pereddiksyre i utløpsvannet

BIOVACHYGH : Biovac-anlegg hvor det tilsettes hydrogenperoksid i utløpsvannet

BIOVACIKKE : Biovac-anlegg hvor det ikke tilsettes hydrogenperoksid i utløpsvannet

BOF5 : BOF₅

Welch Two Sample t-test

```
data: ODINHYGP$BOF5 and ODINIKKE$BOF5
t = 0.13861, df = 1.526, p-value = 0.9058
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -184.9676  193.9064
sample estimates:
mean of x mean of y
 59.46944  55.00000
```

Welch Two Sample t-test

```
data: BIOVACHYGH$BOF5 and BIOVACIKKE$BOF5
t = -0.39384, df = 50.843, p-value = 0.6953
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -36.52111  24.54275
sample estimates:
mean of x mean of y
 25.70682  31.69600
```

B.3 Forskjeller mellom gjennomsnitt for indikatorer for anleggstyper; Resultater fra Levene's test og ANOVA

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

TYPE : Kolonne som kategoriserer anleggene ut ifra leverandør/anleggstype

Ecoli : *E. coli*

IntEnt : I. enterokokker

```

> leveneTest(Ecoli ~ TYPE,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group 10  1.3531 0.2113
      114

```

```

> leveneTest(IntEnt ~ TYPE,
+           data = Tilsyn)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group 10  0.9425 0.5053
      43

```

```

> summary(aov(Tilsyn$Ecoli~Tilsyn$TYPE))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$TYPE 10 1.021e+09 102144404  0.998  0.449
Residuals  114 1.166e+10 102307097
650 observations deleted due to missingness

```

```

> summary(aov(Tilsyn$IntEnt~Tilsyn$TYPE))
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tilsyn$TYPE 10 3438574 343857  0.824  0.608
Residuals  43 17936836 417136
721 observations deleted due to missingness

```

B.4 Forskjeller mellom anlegg *med* og *uten* hygieniseringstrinn, type anlegg/leverandører

B.4.1 Resultater fra Welch t-test

Forklaring gruppe/variabelnavn :

HYGK : Klargester-anlegg *med* hygieniseringstrinn
 HYGXK : Klargester-anlegg *uten* hygieniseringstrinn
 HYGL : Klaro anlegg *med* hygieniseringstrinn
 HYGXL : Klaro-anlegg *uten* hygieniseringstrinn
 HYGO : Odin-anlegg *med* hygieniseringstrinn
 HYGXO : Odin-anlegg *uten* hygieniseringstrinn
 HYGW : Wallax-anlegg *med* hygieniseringstrinn
 HYGXW : Wallax-anlegg *uten* hygieniseringstrinn.
 Ecoli : *E. coli*

```

> t.test(HYGB$Ecoli, HYGXB$Ecoli, alternative="two.sided", var.equal=FALSE)

```

Welch Two Sample t-test

```

data: HYGB$Ecoli and HYGXB$Ecoli
t = 0.29324, df = 43.13, p-value = 0.7707
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -4865.649  6521.579
sample estimates:
mean of x mean of y
 7922.632 7094.667

```

```

> t.test(HYGK$Ecoli, HYGXK$Ecoli, alternative="two.sided", var.equal=FALSE)

Welch Two Sample t-test

data:  HYGK$Ecoli and HYGXK$Ecoli
t = -3.2656, df = 45.638, p-value = 0.002076
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -7390.650 -1753.257
sample estimates:
mean of x mean of y
  528.000  5099.953

> t.test(HYGL$Ecoli, HYGXL$Ecoli, alternative="two.sided", var.equal=FALSE)

Welch Two Sample t-test

data:  HYGL$Ecoli and HYGXL$Ecoli
t = -0.63074, df = 30.11, p-value = 0.533
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -9073.555  4790.934
sample estimates:
mean of x mean of y
  8111.267 10252.577

> t.test(HYGO$Ecoli, HYGXO$Ecoli, alternative="two.sided", var.equal=FALSE)

Welch Two Sample t-test

data:  HYGO$Ecoli and HYGXO$Ecoli
t = -1.2089, df = 26.896, p-value = 0.2372
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -10777.405  2787.081
sample estimates:
mean of x mean of y
  10366.17 14361.33

> t.test(HYGW$Ecoli, HYGXW$Ecoli, alternative="two.sided", var.equal=FALSE)

Welch Two Sample t-test

data:  HYGW$Ecoli and HYGXW$Ecoli
t = -1.7209, df = 29.021, p-value = 0.09591
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -12217.758  1051.809
sample estimates:
mean of x mean of y
  8346.467 13929.441

```

B.4.2 Resultater fra kjiqvadrattest

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

ODIN : Odin-anlegg

KLARO : Klaro-anlegg

KLARGESTER : Klargester-anlegg

BIOVAC : Biovac-anlegg

WALLAX : Wallax-anlegg

IKKE_HYG : Kolonne som kategoriserer anleggene ut i fra om de har hygienise-

ringstrinn eller ikke

Ecoli_test : Kolonne som kategoriserer anleggene ut i fra om de tilfredsstiller rensekraft for *E. coli* eller ikke

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: ODIN$Ecoli_test and ODIN$IKKE_HYG
p-value = 0.3276
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.492353 15.227626
sample estimates:
odds ratio
 2.325714
```

Pearson's Chi-squared test

```
data: KLARO$Ecoli_test and KLARO$IKKE_HYG
X-squared = 0.36044, df = 1, p-value = 0.5483
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: KLARGESTER$Ecoli_test and KLARGESTER$IKKE_HYG
p-value = 0.1386
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.5907929 245.2134533
sample estimates:
odds ratio
 5.100226
```

Pearson's Chi-squared test

```
data: BIOVAC$Ecoli_test and BIOVAC$IKKE_HYG
X-squared = 0.030679, df = 1, p-value = 0.861
```

```
> chisq.test(WALLAX$Ecoli_test, WALLAX$IKKE_HYG, correct=FALSE)
```

Fisher's Exact Test for Count Data

```
data: WALLAX$Ecoli_test and WALLAX$IKKE_HYG
p-value = 0.1484
alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.6367093 14.8294746
sample estimates:
odds ratio
 3.03064
```

B.5 Forskjeller på anlegg som presterer godt og anlegg som presterer dårlig med tanke på fjerning av indikatororganismer: Resultater fra Welch t-test

B.5.1 Forskjeller mellom anlegg som tilfredstiller rensekrav for *E. coli* og anlegg som ikke tilfredstiller rensekrav for *E.coli*

Resultater fra Welch t-test. Tester for statistisk signifikante forskjeller i gjennomsnitt for total fosfor, BOF₅, i. enterokokker turbiditet, temperatur, pH, dimensjonert pe, dimensjonert pe/personer tilknyttet eiendommen (over/underbelastning) og dager siden tømning ved prøvetakingstidspunkt mellom gruppe anlegg som tilfredstiller rensekrav for *E.coli* og gruppe anlegg som ikke tilfredstiller rensekrav for *E. coli*.

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

ECOLOK : Anlegg som tilfredstiller rensekrav for *E. coli* ECOLIKKE : Anlegg som ikke tilfredstiller rensekrav for *E. coli*

TotalFosfor : Total fosfor

pe_NY : Dimensjoner pe

BOF5 : BOF₅

Pepers : Dim. pe/pers. tilkn. anlegget

IntEnt : I. enterokokker

Dager_TM_Provet : Dager siden tømning ved prøvetakingstidspunkt

Turbiditet : Turbiditet

Temperatur : Temperatur

pH : pH

Welch Two Sample t-test

```
data: ECOLOK$TotalFosfor and ECOLIKKE$TotalFosfor
t = -2.1928, df = 119.49, p-value = 0.03026
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -3.5424508 -0.1806529
sample estimates:
mean of x mean of y
 2.980464  4.842016
```

Welch Two Sample t-test

```
data: ECOLOK$BOF5 and ECOLIKKE$BOF5
t = -4.5614, df = 65.942, p-value = 2.268e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -84.85257 -33.18552
sample estimates:
mean of x mean of y
 8.766667 67.785714
```

Welch Two Sample t-test

```
data: ECOLOK$IntEnt and ECOLIKKE$IntEnt
t = -4.5978, df = 42.618, p-value = 3.79e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -987.9058 -385.3920
sample estimates:
mean of x mean of y
 112.2400  798.8889
```

Welch Two Sample t-test

```
data: ECOLOK$Turbiditet and ECOLIKKE$Turbiditet
```

t = -0.054691, df = 94.704, p-value = 0.9565
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-47.68823 45.13129
sample estimates:
mean of x mean of y
51.46255 52.74102

Welch Two Sample t-test

data: ECOLOK\$Temperatur and ECOLIKKE\$Temperatur
t = 0.090081, df = 53.594, p-value = 0.9286
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.927138 2.108428
sample estimates:
mean of x mean of y
16.38065 16.29000

Welch Two Sample t-test

data: ECOLOK\$pH and ECOLIKKE\$pH
t = -2.9834, df = 105.72, p-value = 0.00354
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.8432494 -0.1699278
sample estimates:
mean of x mean of y
6.557818 7.064407

Welch Two Sample t-test

data: ECOLOK\$pe_NY and ECOLIKKE\$pe_NY
t = -0.14778, df = 112.63, p-value = 0.8828
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-3.046513 2.623596
sample estimates:
mean of x mean of y
8.366667 8.578125

Welch Two Sample t-test

data: ECOLOK\$Pepers and ECOLIKKE\$Pepers
t = -0.085256, df = 77.968, p-value = 0.9323
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.180588 1.083626
sample estimates:
mean of x mean of y
2.723268 2.771749

Welch Two Sample t-test

data: ECOLOK\$Dager_TM_Provet and ECOLIKKE\$Dager_TM_Provet
t = 0.63989, df = 92.155, p-value = 0.5238
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-289.4885 564.7025
sample estimates:
mean of x mean of y
476.2453 338.6383

B.5.2 Forskjeller mellom anlegg som har utløpsverdier under satt grenseverdi for *I. enterokokker* og anlegg som har utløpsverdier over satt grenseverdi *I. enterokokker*.

Resultater fra Welch test. Tester for forskjeller mellom verdier for total fosfor, BOF₅, *E. coli* turbiditet, temperatur, pH, dimensjonert pe, dimensjonert pe/personer tilknyttet eiendommen (over/underbelastning) og dager siden tømning ved prøvetakingstidspunkt mellom gruppe anlegg som tilfredsstiller rensekraft for *I. enterokokker* og gruppe anlegg som ikke tilfredsstiller rensekraft for *I. enterokokker*.

Forklaring til gruppe/variabelnavn :

INTENTOK : Anlegg som har utløpsverdier av *I. enterokokker* under 350 cfu/100 ml

INTENTIKKE : Anlegg som har utløpsverdier av *I. enterokokker* over 350 cfu/100 ml

TotalFosfor : Total fosfor
BOF5 : BOF₅
Ecoli : *E. coli*
Turbiditet : Turbiditet
Temperatur : Temperatur
pH : pH

pe_NY : Dimensjoner pe
Pepers : Dim. pe/pers. tilkn. anlegget
Dager_TM_Provet : Dager siden tømning ved prøvetakingstidspunkt

Welch Two Sample t-test

```
data: INTENTOK$Ecoli and INTENTIKKE$Ecoli
t = -3.922, df = 22.647, p-value = 0.0006984
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -16660.190 -5147.777
sample estimates:
mean of x mean of y
 2727.294 13631.278
```

Welch Two Sample t-test

```
data: INTENTOK$TotalFosfor and INTENTIKKE$TotalFosfor
t = -1.2589, df = 45.658, p-value = 0.2145
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -3.7280694 0.8594971
sample estimates:
mean of x mean of y
 2.525187 3.959474
```

Welch Two Sample t-test

```
data: INTENTOK$BOF5 and INTENTIKKE$BOF5
t = -2.2256, df = 18.609, p-value = 0.03862
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -123.307400 -3.697693
sample estimates:
mean of x mean of y
```

10.42903 73.93158

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$Turbiditet and INTENTIKKE\$Turbiditet
t = -0.47562, df = 36.353, p-value = 0.6372
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-116.1878 72.0321
sample estimates:
mean of x mean of y
52.28688 74.36474

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$pH and INTENTIKKE\$pH
t = -4.5983, df = 48.515, p-value = 3.067e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.2144978 -0.4756666
sample estimates:
mean of x mean of y
6.412813 7.257895

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$Temperatur and INTENTIKKE\$Temperatur
t = 1.9058, df = 30.681, p-value = 0.06609
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.1558818 4.5701675
sample estimates:
mean of x mean of y
17.40714 15.20000

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$pe_NY and INTENTIKKE\$pe_NY
t = -1.2348, df = 19.695, p-value = 0.2314
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-7.864712 2.019511
sample estimates:
mean of x mean of y
7.235294 10.157895

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$Pepers and INTENTIKKE\$Pepers
t = -0.68682, df = 11.369, p-value = 0.506
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-4.981317 2.604719
sample estimates:
mean of x mean of y
2.663599 3.851898

Welch Two Sample t-test

data: INTENTOK\$Dager_TM_Provet and INTENTIKKE\$Dager_TM_Provet
t = 1.4544, df = 32.632, p-value = 0.1554
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-145.2703 872.6542

```
sample estimates:  
mean of x mean of y  
544.6364 180.9444
```

C Prinsipalkomponentanalyse (PCA), fullstendige resultater

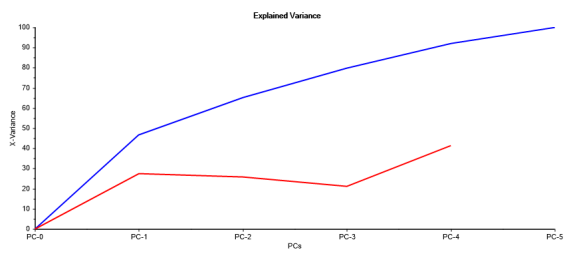
C.1 Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 1a

Variabler som utgjør prinsipalkomponentene : *E. coli*, BOF_5 , total fosfor, turbiditet og pH. Temperatur ble utelatt fra analysen for å kunne få med mest mulig datapunkter.

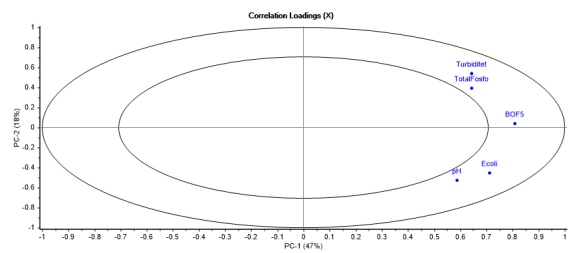
Forklart varians :

PC1 : 47%, PC2 : 18%, PC3 : 15%, PC4 : 12%.

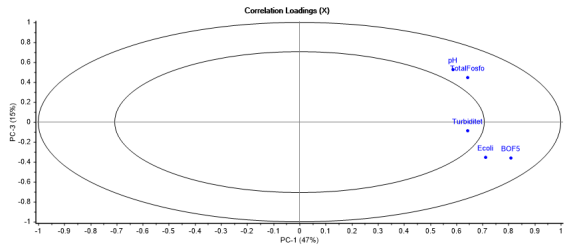
PC1-PC2 : 65%, PC1-PC3 : 62%, PC1-PC4 : 59%, PC2-PC3 : 33%, PC2-PC4 : 30%, PC3-PC4 : 27%.



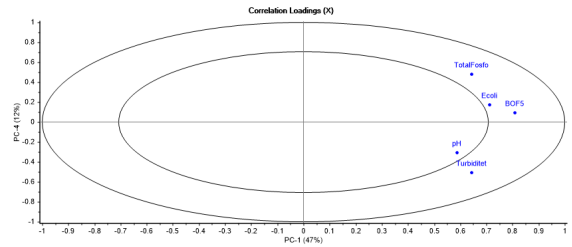
(a) Forklart varians



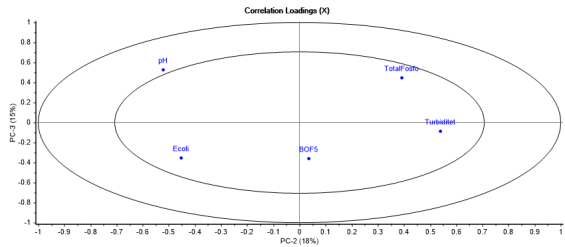
(b) Ladningsplot, PC1 og PC2



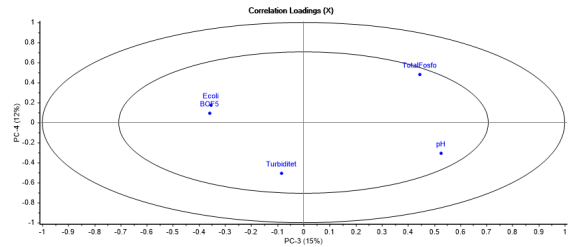
(c) Ladningsplot, PC1 og PC3



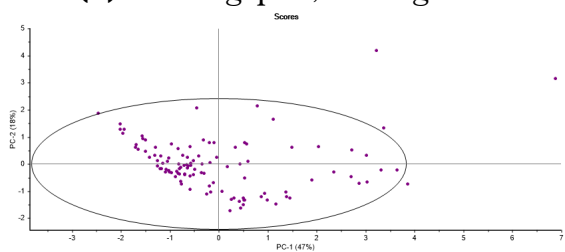
(d) Ladningsplot, PC1 og PC4



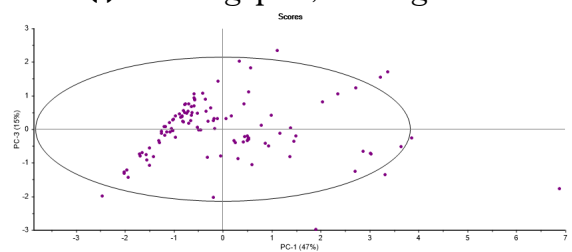
(e) Ladningsplot, PC2 og PC3



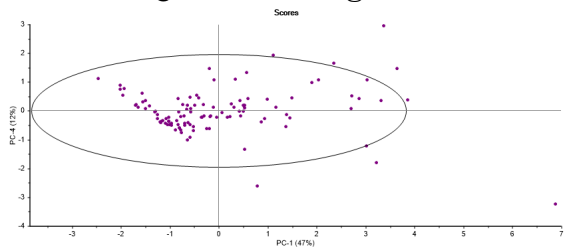
(f) Ladningsplot, PC3 og PC4



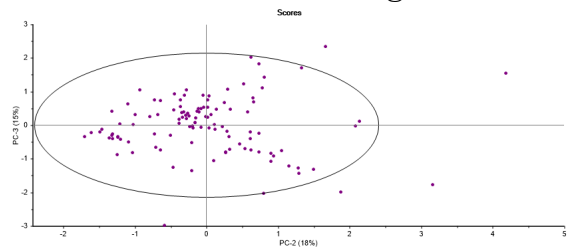
(g) "Fit" PC1 og PC2



(h) "Fit" PC1 og PC3

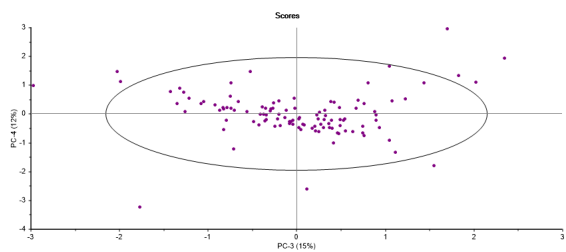


(i) "Fit" PC1 og PC4



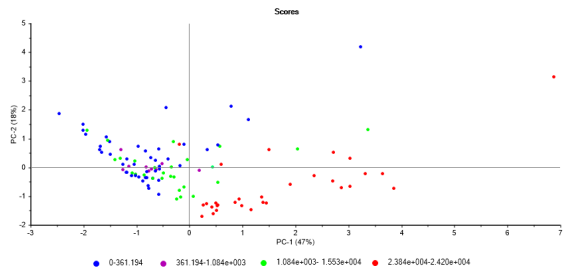
(j) "Fit" PC2 og PC3

Figur C.1: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH og temperatur. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.

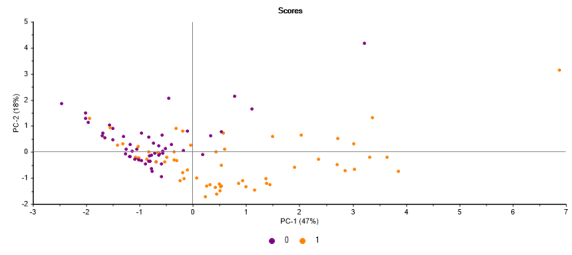


(a) "Fit" PC3 og PC4

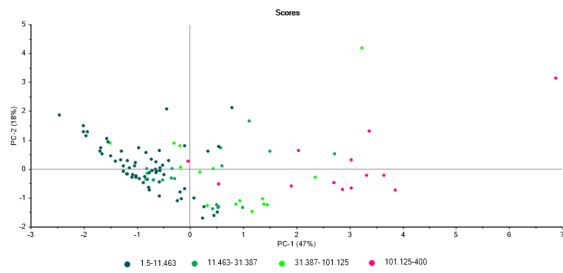
Figur C.2: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF_5 , turbiditet, pH og temperatur. Laddningsplot, "fit" og forklart varians.



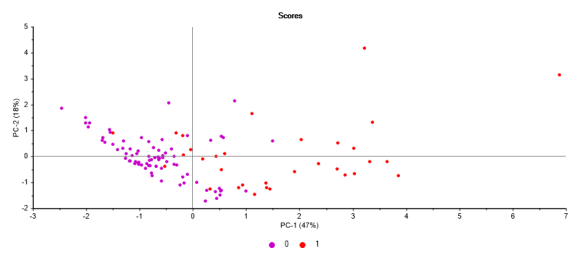
(a) *E.coli*, verdier



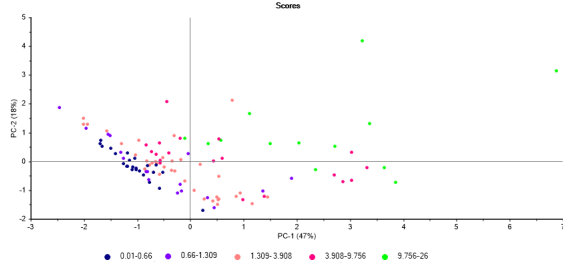
(b) *E.coli*, rensekrav



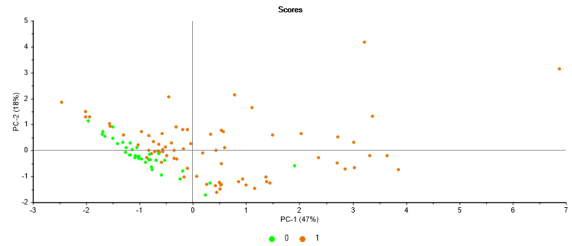
(c) BOF₅, verdier



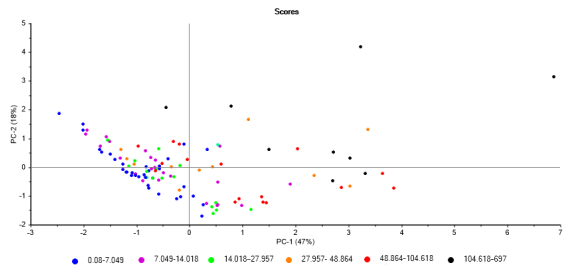
(d) BOF₅, rensekrav



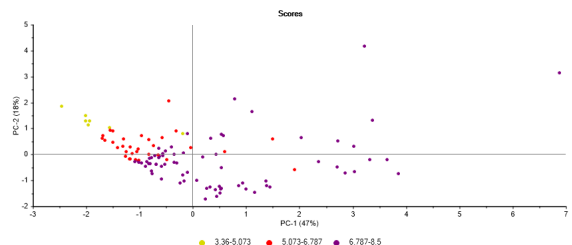
(e) Tot-P, verdier



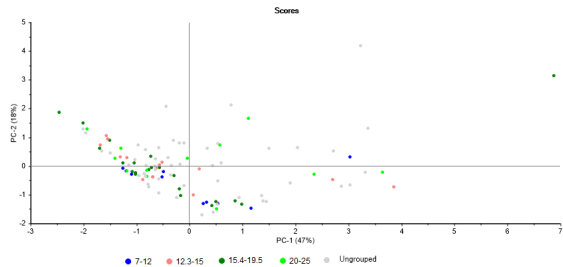
(f) Tot-P, rensekrav



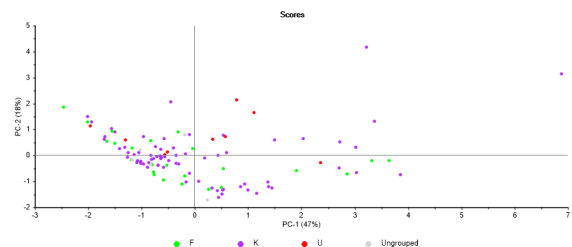
(g) Turbiditet



(h) pH

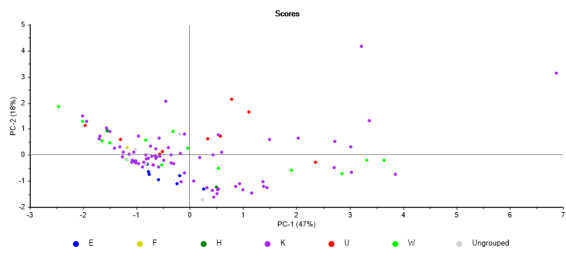


(i) Temperatur

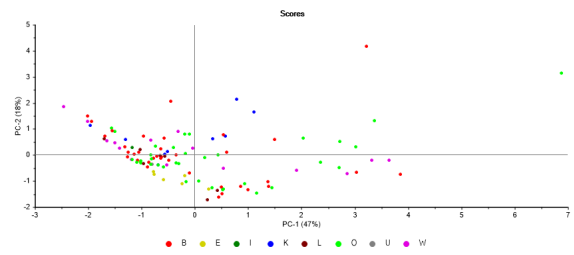


(j) Hyg.metode

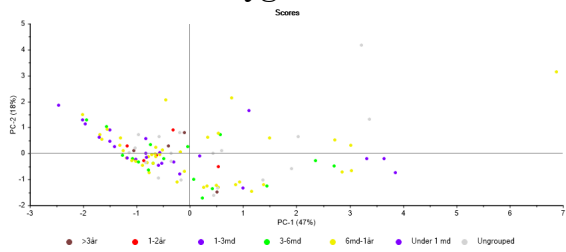
Figur C.3: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 2.



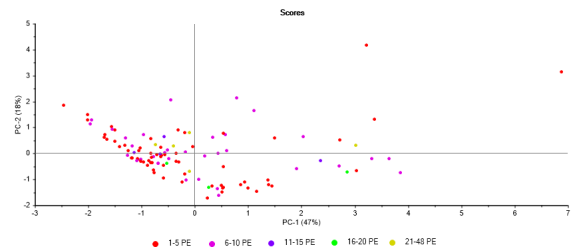
(a) Hyg. metoder



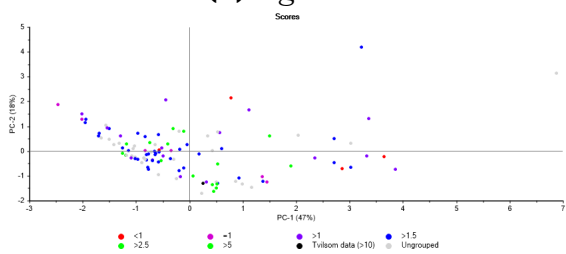
(b) Leverandør



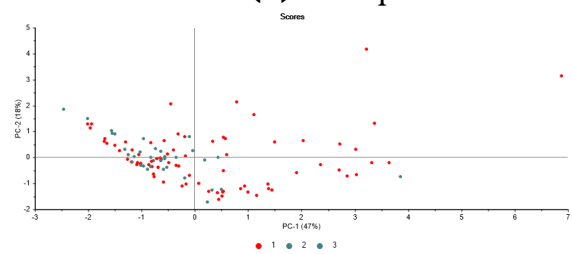
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe

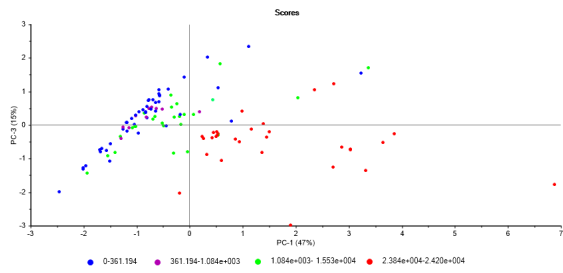


(e) Dim. pe/pers. tilkn.

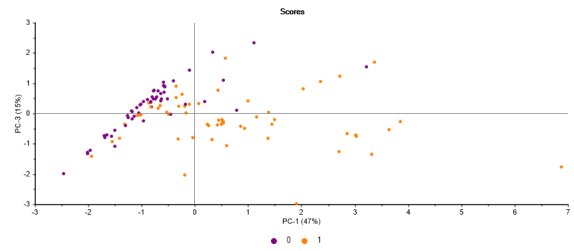


(f) Prøvenr

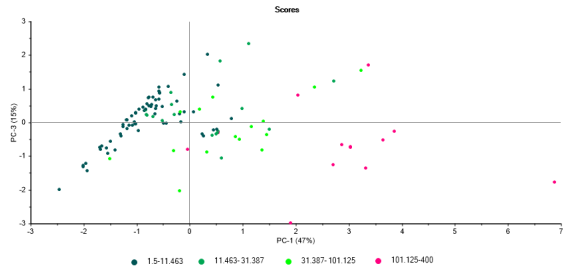
Figur C.4: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 2.



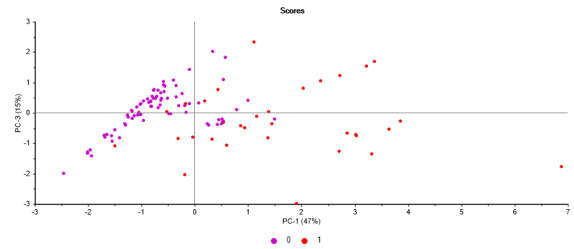
(a) *E.coli*, verdier



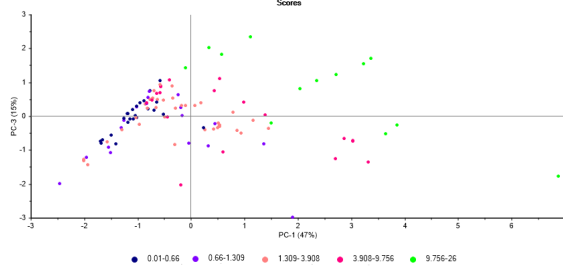
(b) *E.coli*, rensekrav



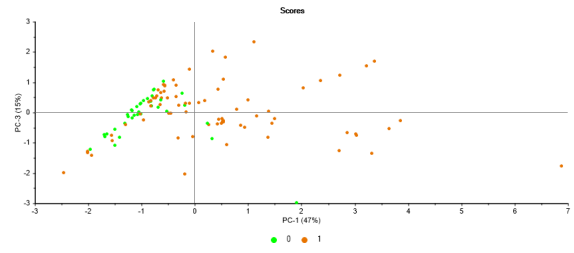
(c) BOF₅, verdier



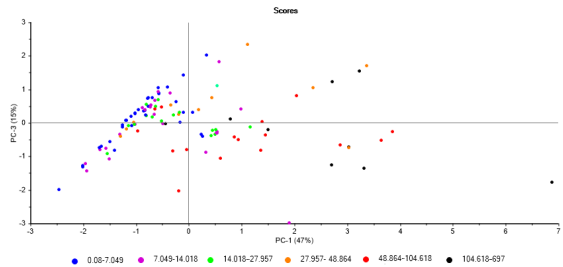
(d) BOF₅, rensekrav



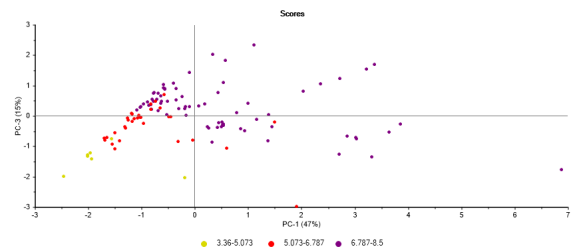
(e) Tot-P, verdier



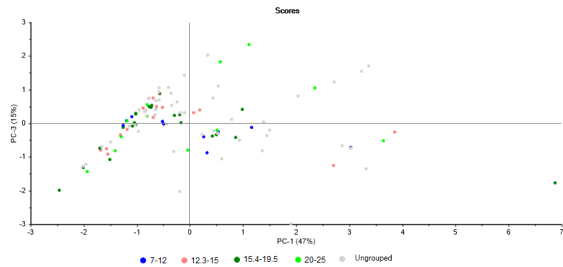
(f) Tot-P, rensekrav



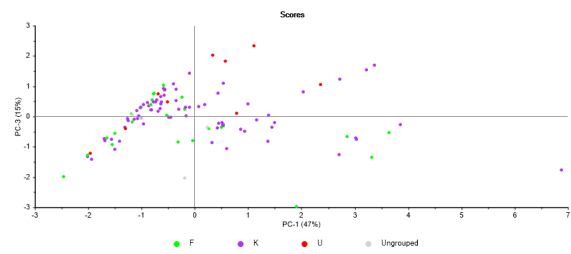
(g) Turbiditet



(h) pH

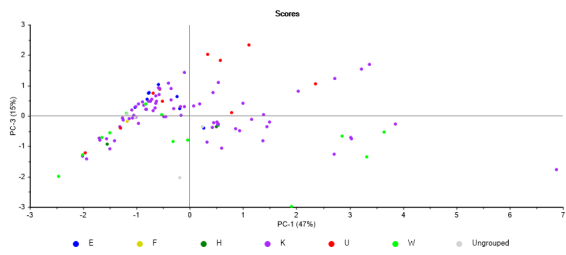


(i) Temperatur

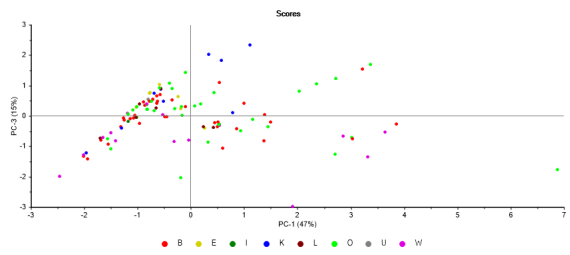


(j) Hyg.metode

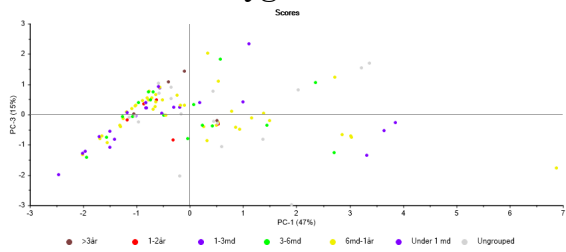
Figur C.5: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.



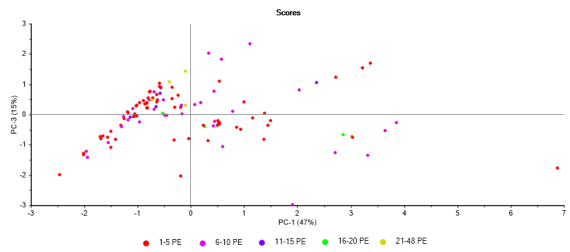
(a) Hyg. metoder



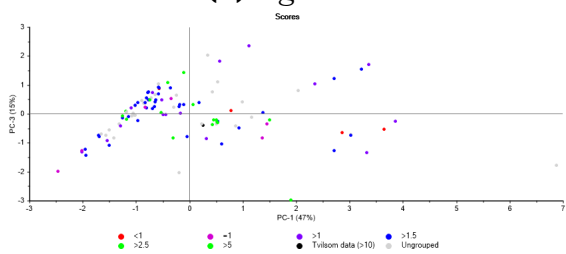
(b) Leverandør



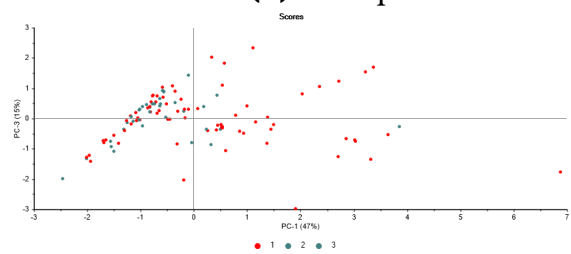
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe

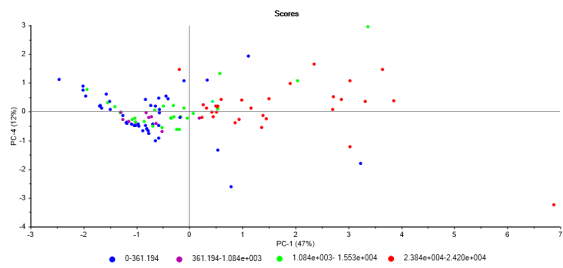


(e) Dim. pe/pers. tilkn.

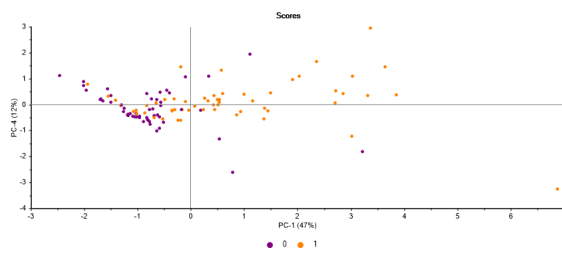


(f) Prøvenr

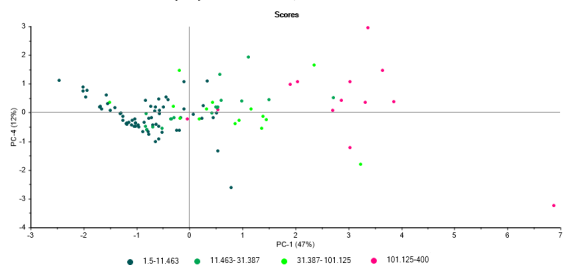
Figur C.6: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.



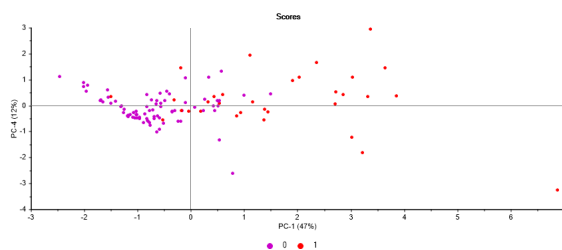
(a) *E.coli*, verdier



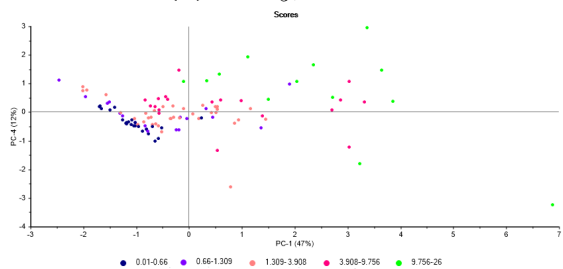
(b) *E.coli*, rensekrav



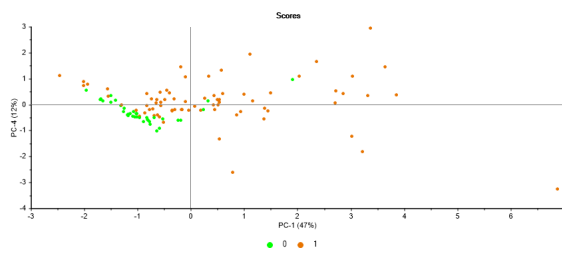
(c) BOF₅, verdier



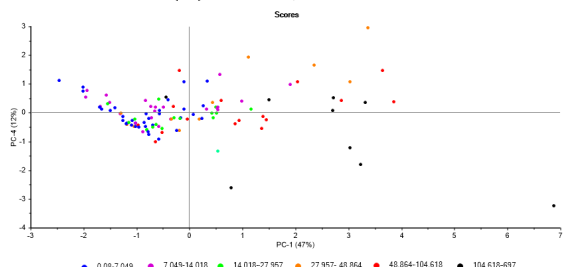
(d) BOF₅, rensekrav



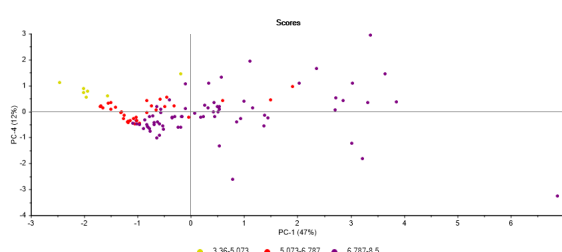
(e) Tot-P, verdier



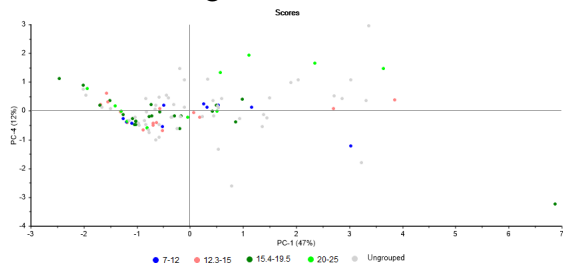
(f) Tot-P, rensekrav



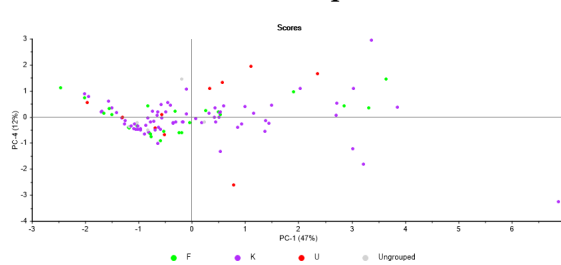
(g) Turbiditet



(h) pH

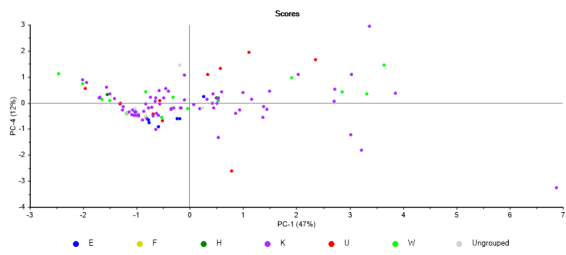


(i) Temperatur

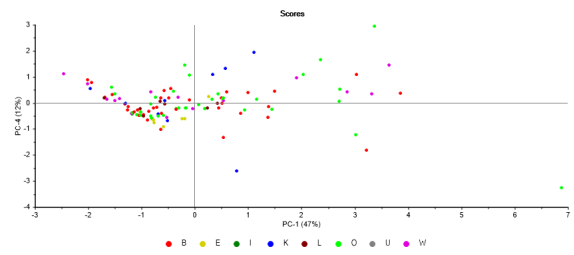


(j) Hyg.metode

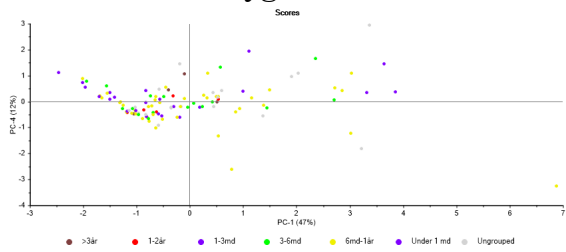
Figur C.7: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 4.



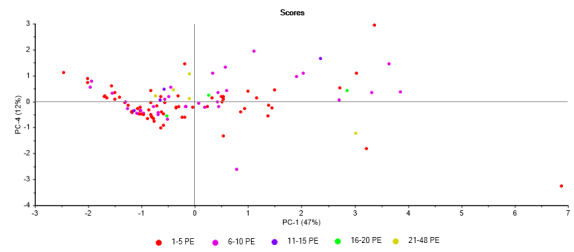
(a) Hyg. metoder



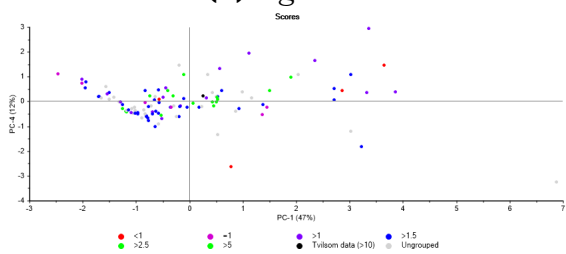
(b) Leverandør



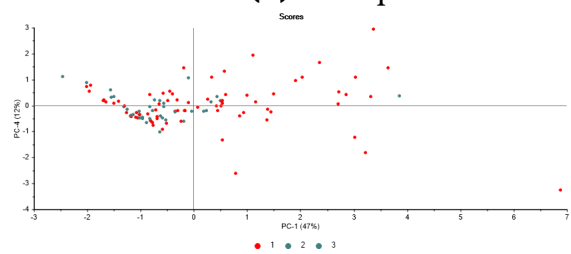
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe

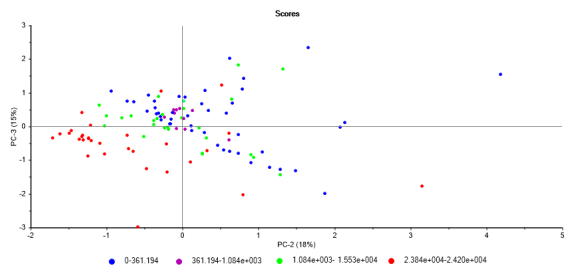


(e) Dim. pe/pers. tilkn.

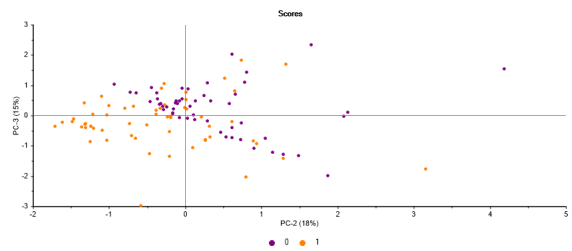


(f) Prøvenr

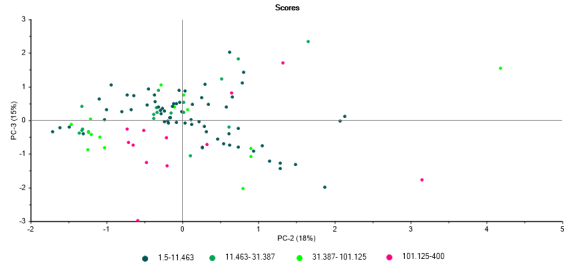
Figur C.8: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 4.



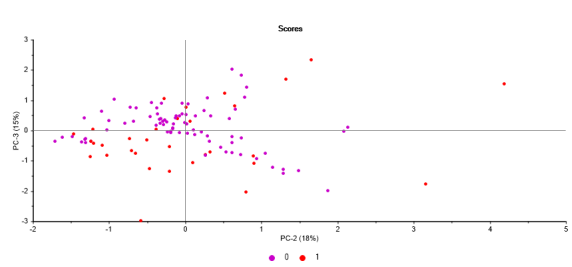
(a) *E.coli*, verdier



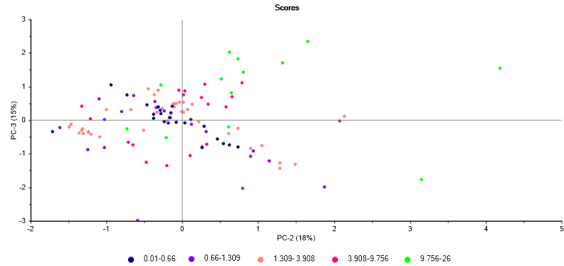
(b) *E.coli*, rensekrav



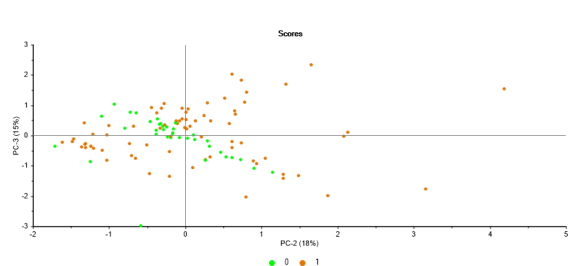
(c) BOF₅, verdier



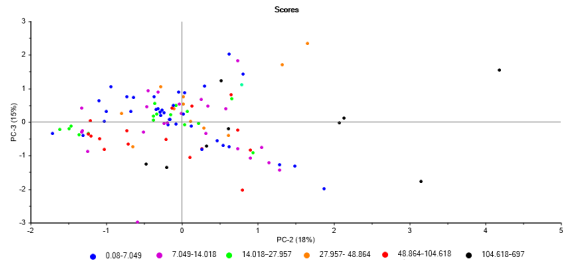
(d) BOF₅, rensekrav



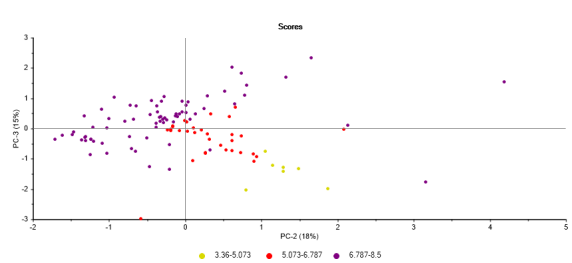
(e) Tot-P, verdier



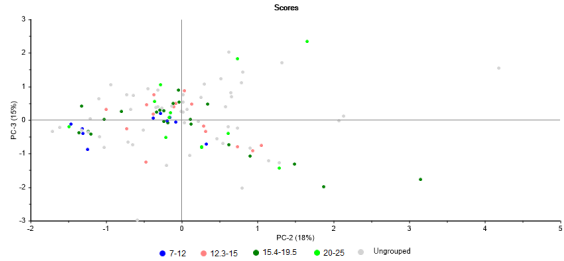
(f) Tot-P, rensekrav



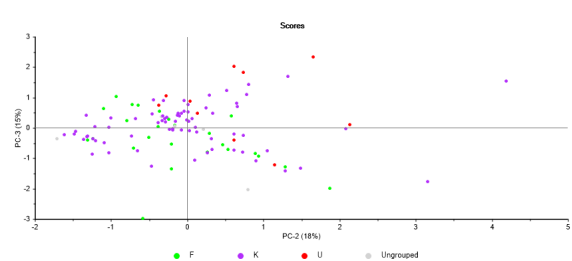
(g) Turbiditet



(h) pH

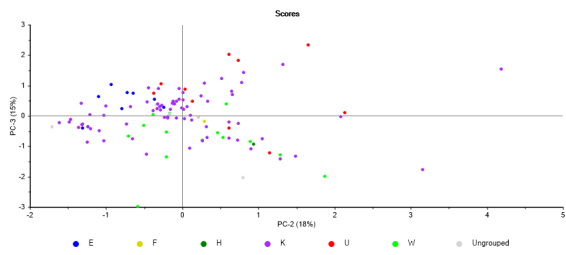


(i) Temperatur

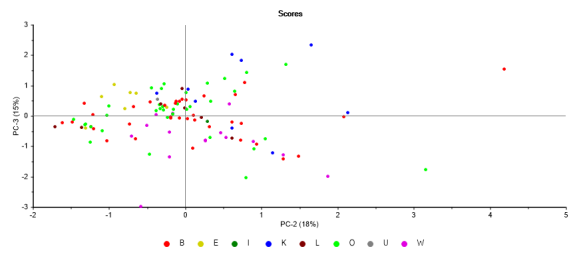


(j) Hyg.metode

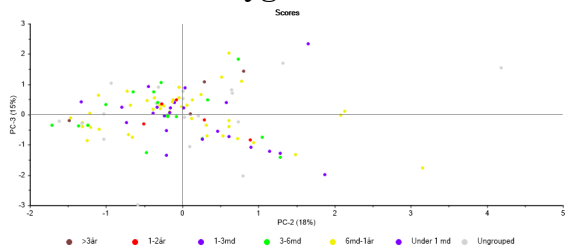
Figur C.9: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.



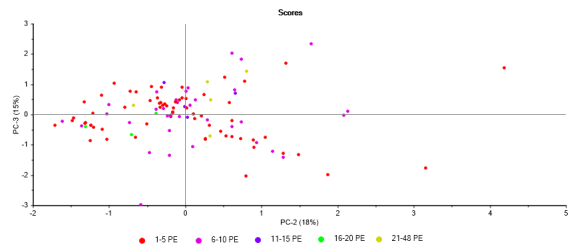
(a) Hyg. metoder



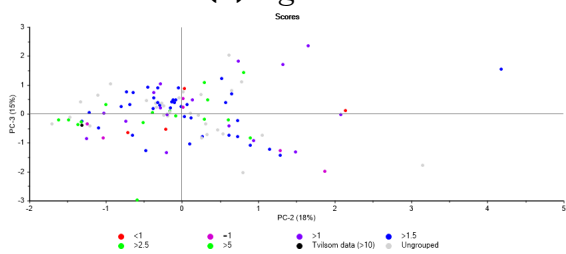
(b) Leverandør



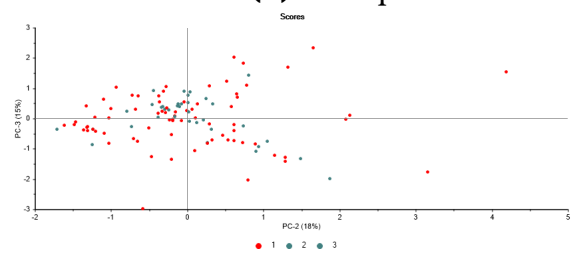
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe

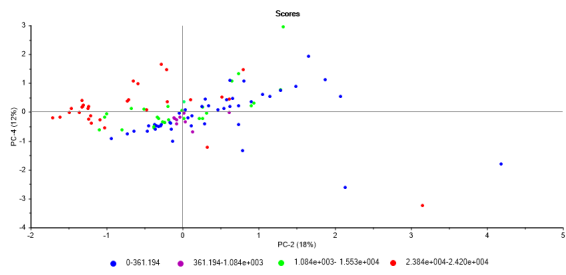


(e) Dim. pe/pers. tilkn.

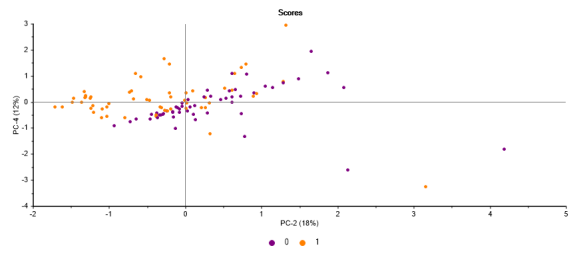


(f) Prøvenr

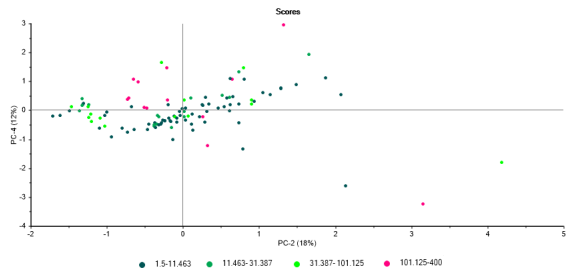
Figur C.10: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.



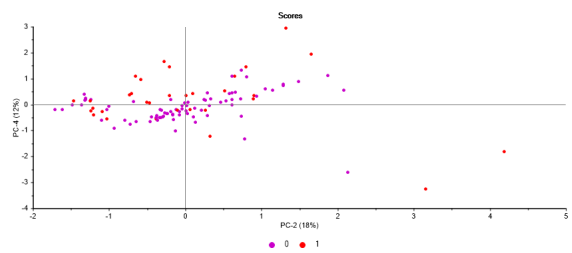
(a) *E.coli*, verdier



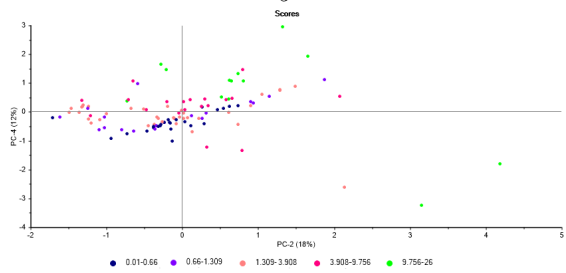
(b) *E.coli*, rensekrav



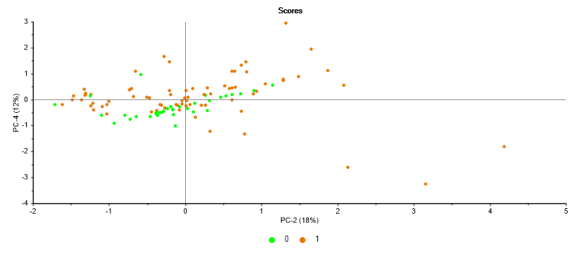
(c) BOF₅, verdier



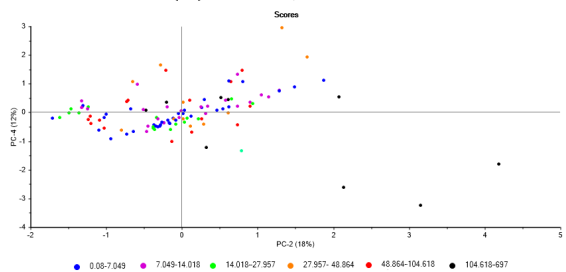
(d) BOF₅, rensekrav



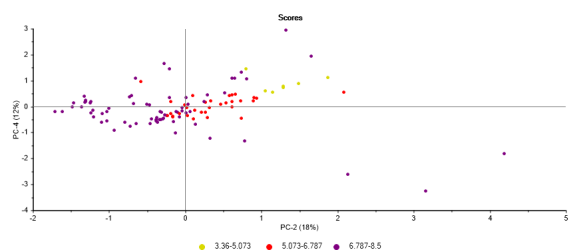
(e) Tot-P, verdier



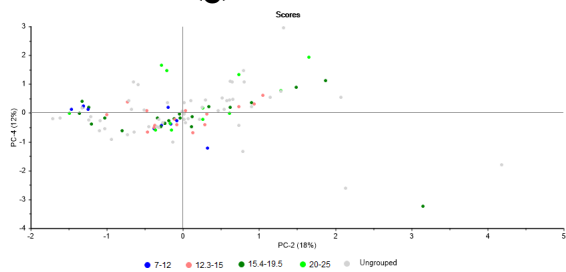
(f) Tot-P, rensekrav



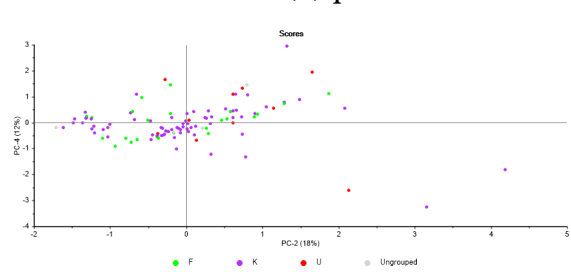
(g) Turbiditet



(h) pH

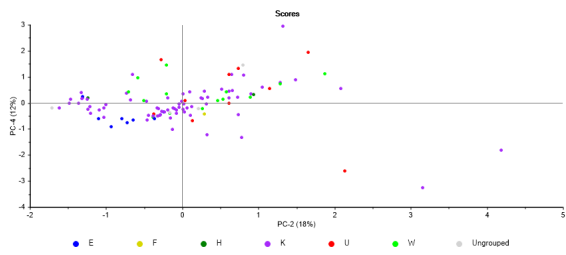


(i) Temperatur

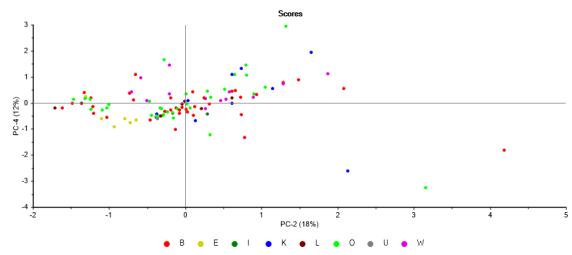


(j) Hyg.metode

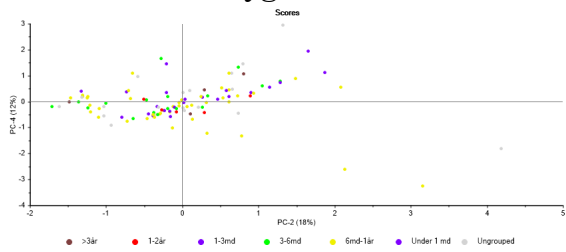
Figur C.11: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 4.



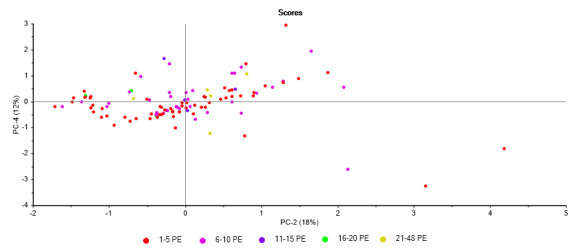
(a) Hyg. metoder



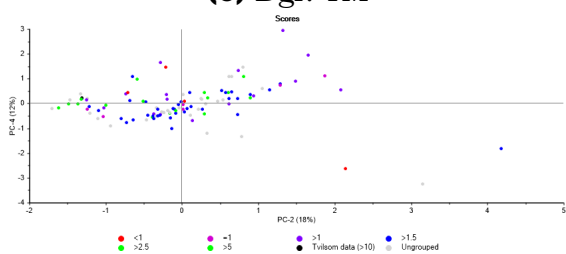
(b) Leverandør



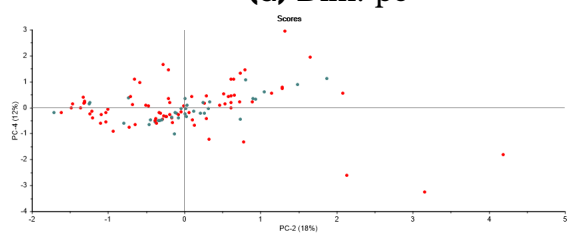
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe

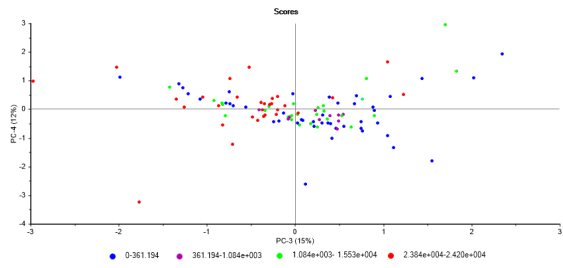


(e) Dim. pe/pers. tilkn.

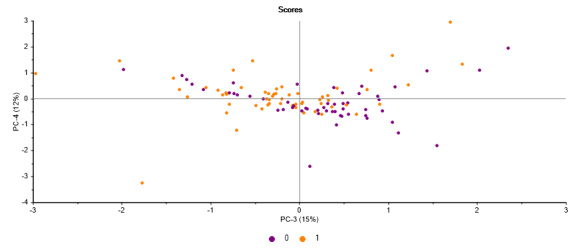


(f) Prøvenr

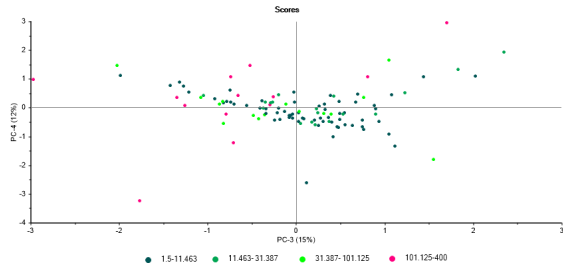
Figur C.12: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 4.



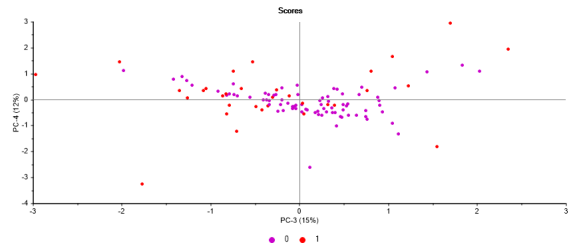
(a) *E.coli*, verdier



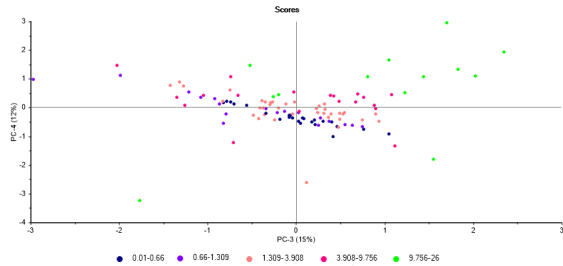
(b) *E.coli*, rensekrav



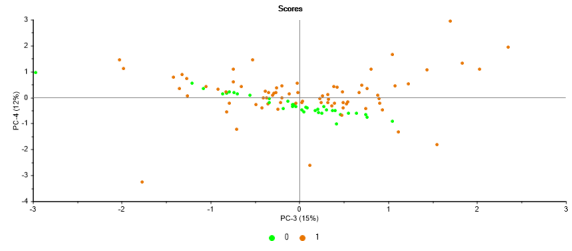
(c) BOF₅, verdier



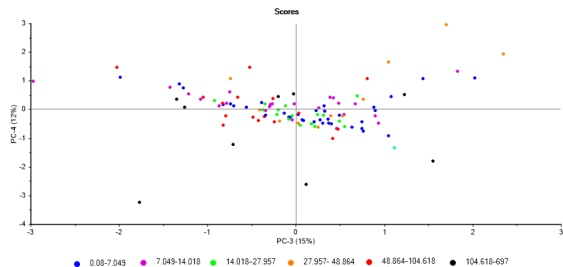
(d) BOF₅, rensekrav



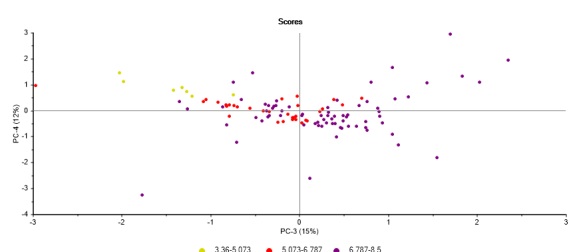
(e) Tot-P, verdier



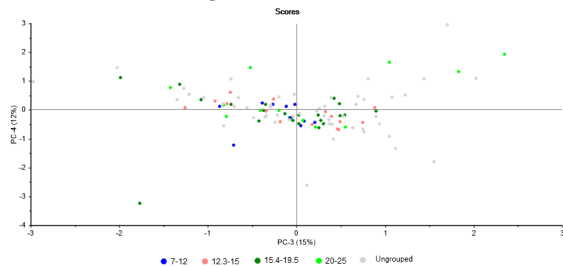
(f) Tot-P, rensekrav



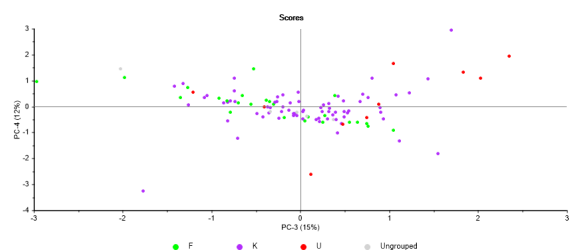
(g) Turbiditet



(h) pH

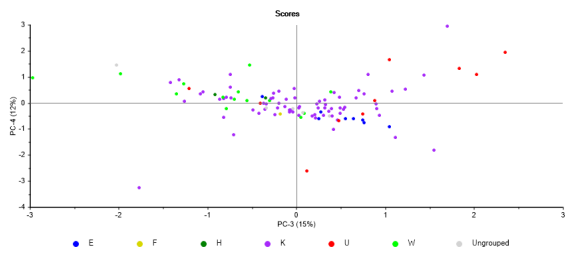


(i) Temperatur

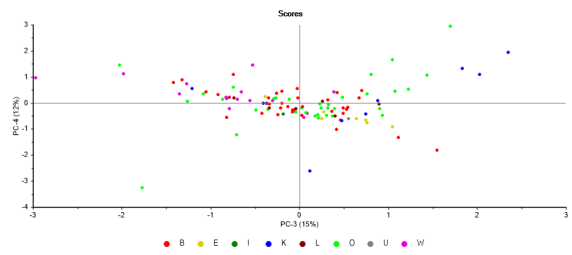


(j) Hyg.metode

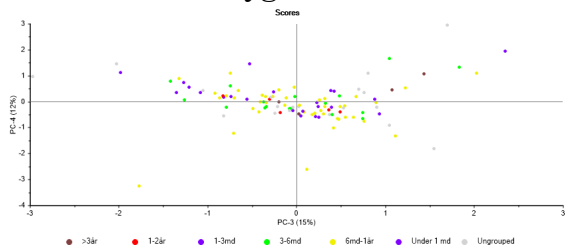
Figur C.13: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 3 og 4.



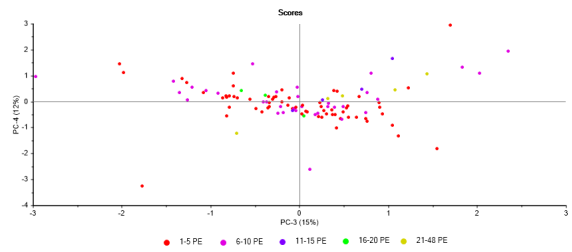
(a) Hyg. metoder



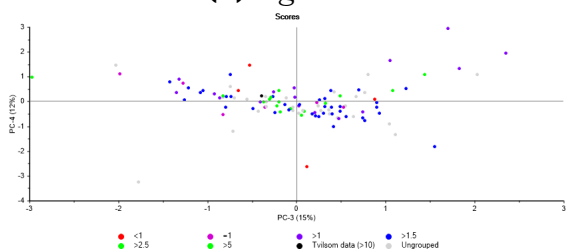
(b) Leverandør



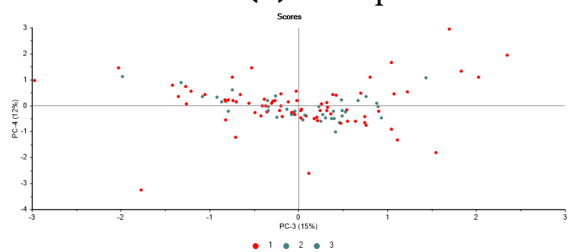
(c) Dgr. TM



(d) Dim. pe



(e) Dim. pe/pers. tilkn.



(f) Prøvenr

Figur C.14: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbidiet og pH. Prinsipalkomponent 3 og 4.

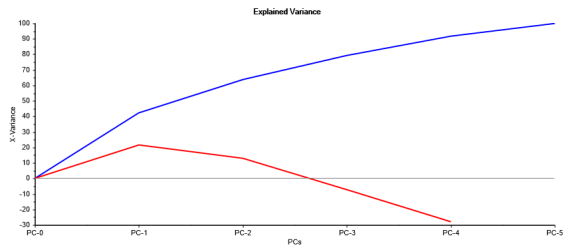
C.2 Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 1b

Variabler som utgjør prinsipalkomponentene : Total fosfor, BOF_5 , turbiditet, pH og *E. coli*. Temperatur ikke tatt med for å få mest mulig datapunkter. I denne analysen er også *E.coli*-målinger fra anlegg som *ikke* har hygieniseringstrinn tatt med i analysene.

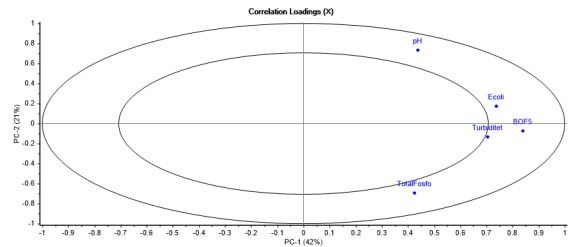
Forklart varians i hver prinsipalkomponent (PC) :

PC1 : 42%, PC2 : 21%, PC3 : 16%.

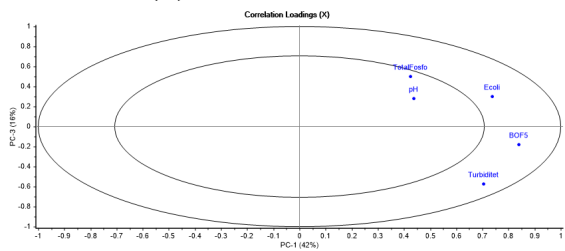
PC1-PC2 : 63%, PC1-PC3 : 58%, PC2-PC3 : 36%.



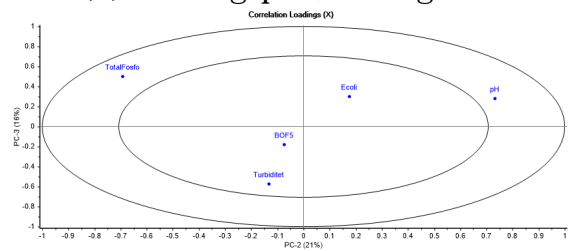
(a) Forklart varians



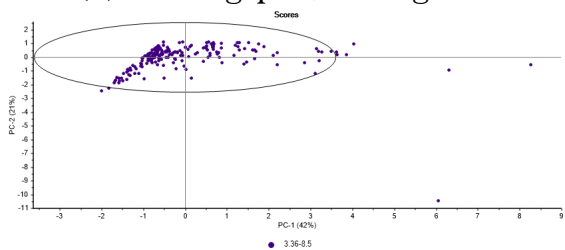
(b) Ladningsplot, PC1 og PC2



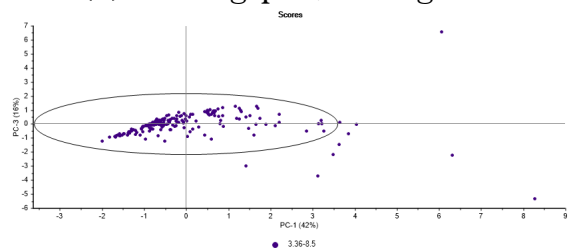
(c) Ladningsplot, PC1 og PC3



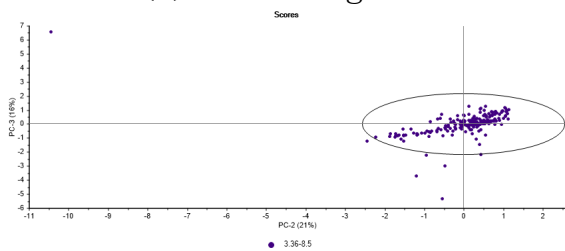
(d) Ladningsplot, PC2 og PC3



(e) "Fit" PC1 og PC2

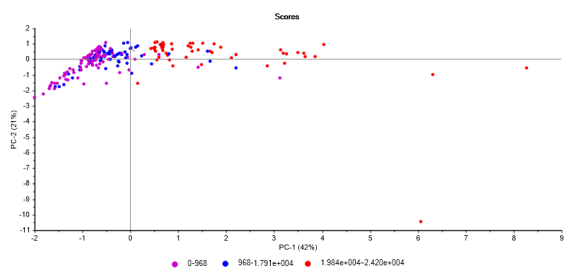


(f) "Fit" PC1 og PC3

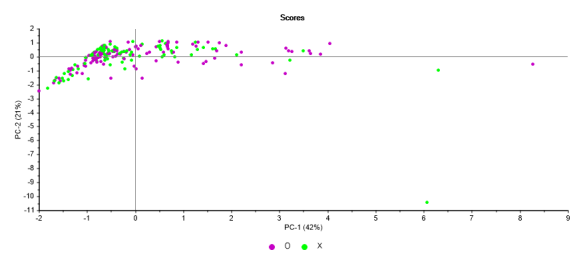


(g) "Fit" PC2 og PC3

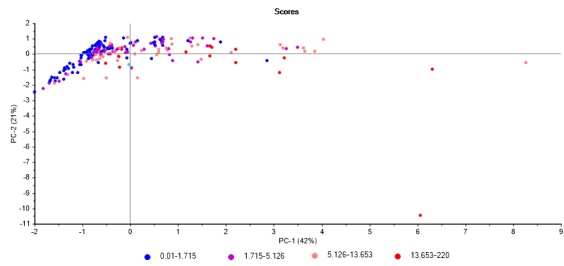
Figur C.15: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH og temperatur. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.



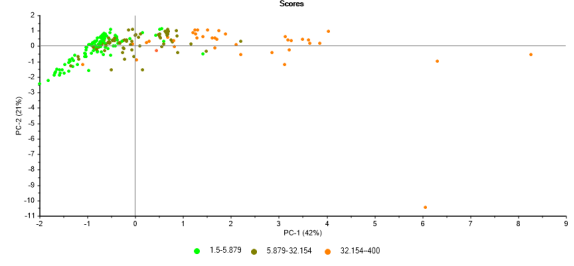
(a) *E.coli*



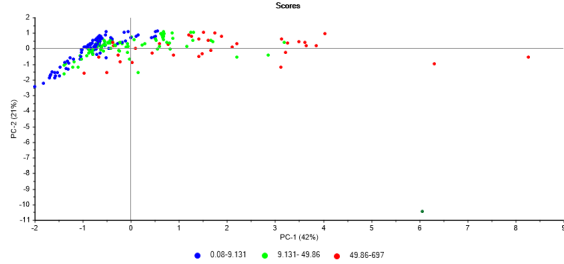
(b) Anlegg med/uten hyg.trinn



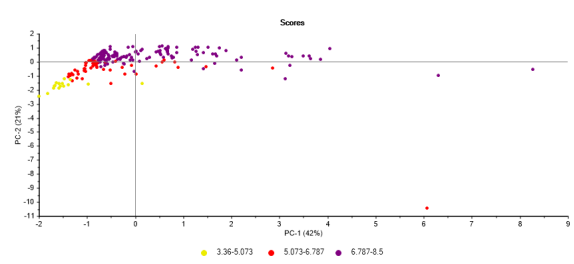
(c) Total fosfor



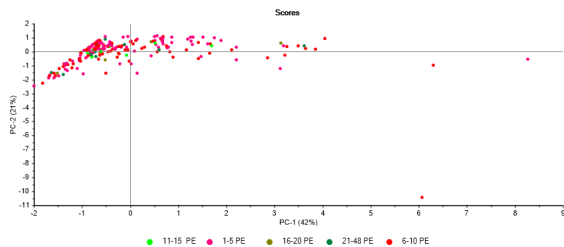
(d) BOF₅



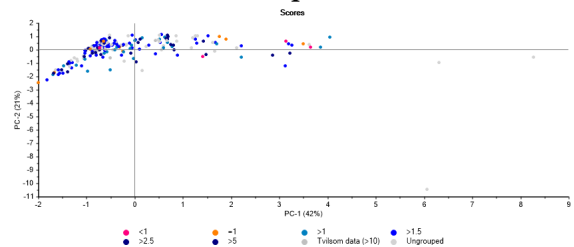
(e) Turbiditet



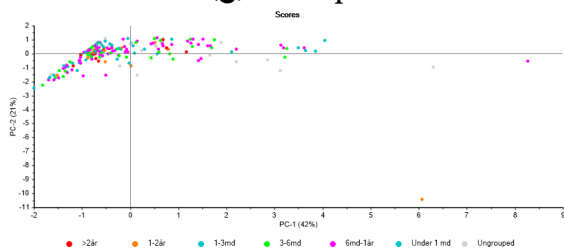
(f) pH



(g) Dim. pe

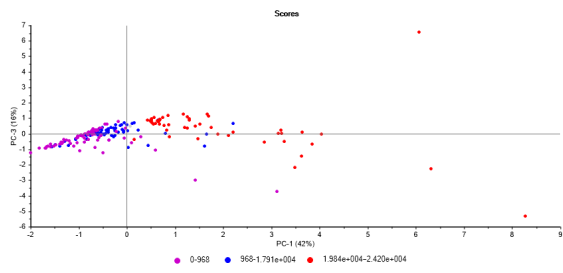


(h) Dim. pe/pers. tilkn.

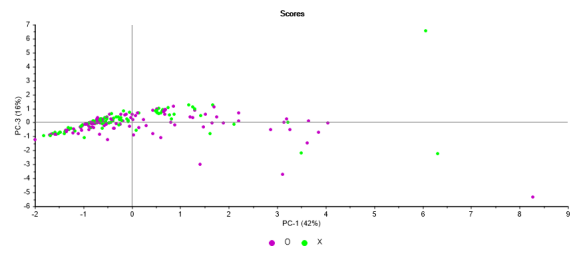


(i) Dgr. TM

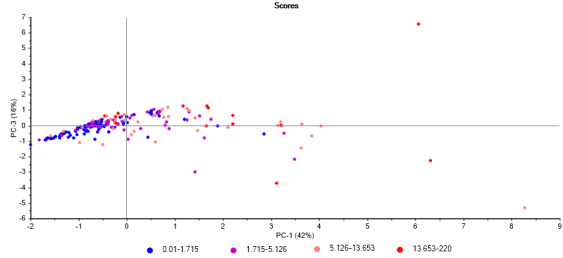
Figur C.16: Prinsippalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsippalkomponent 1 og 2.



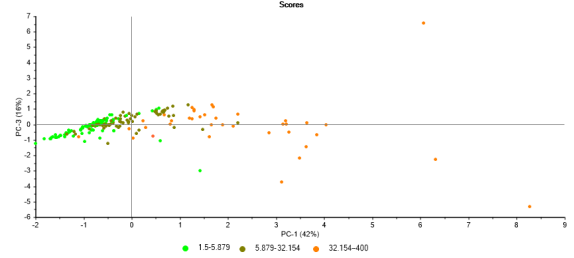
(a) *E.coli*



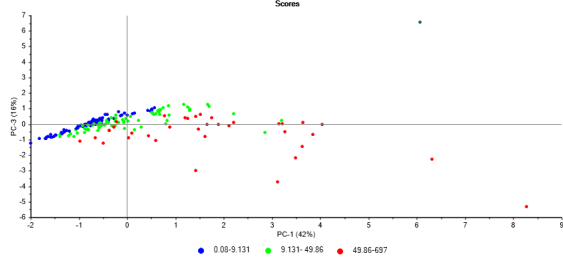
(b) Anlegg med/uten hyg.trinn



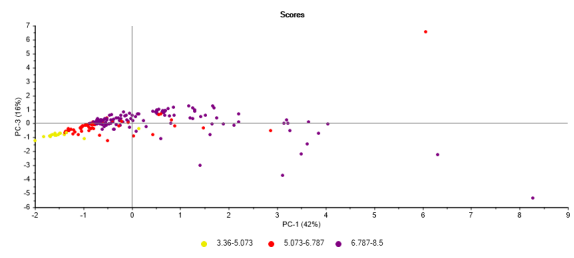
(c) Total fosfor



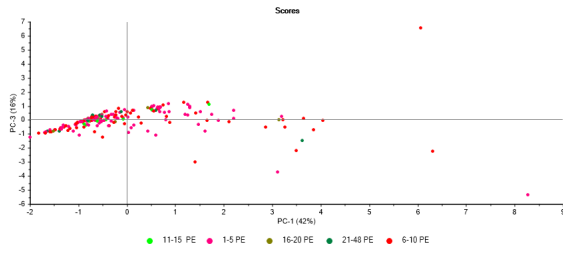
(d) BOF₅



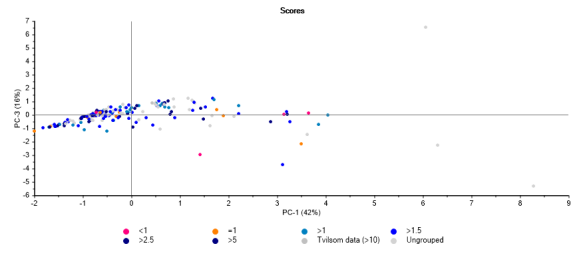
(e) Turbiditet



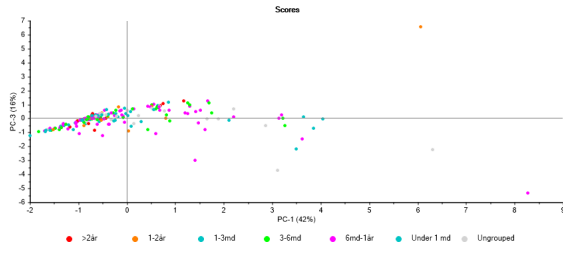
(f) pH



(g) Dim. pe

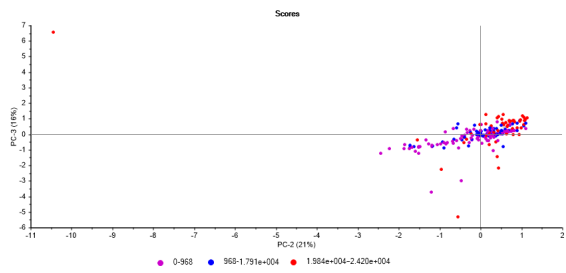


(h) Dim. pe/pers. tilkn.

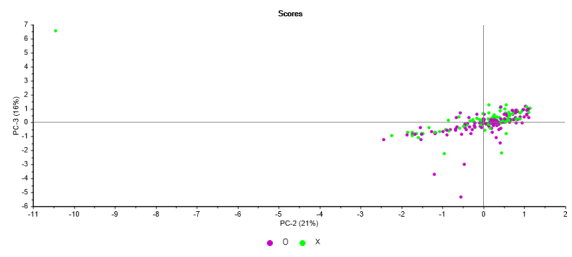


(i) Dgr. TM

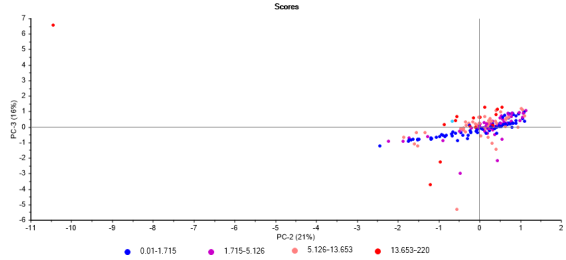
Figur C.17: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 1 og 3.



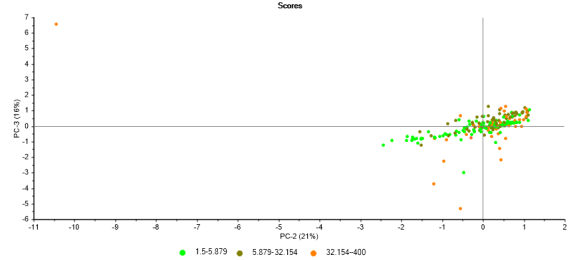
(a) *E.coli*



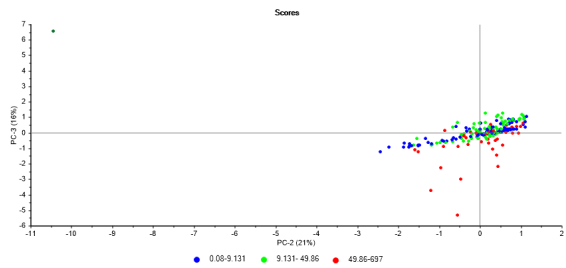
(b) Anlegg med/uten hyg.trinn



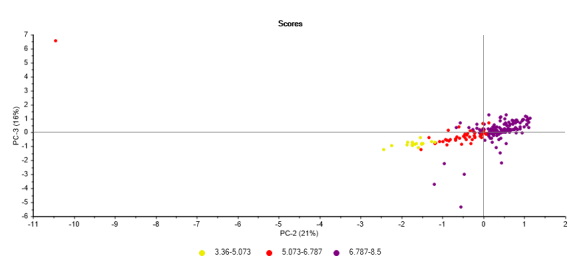
(c) Total fosfor



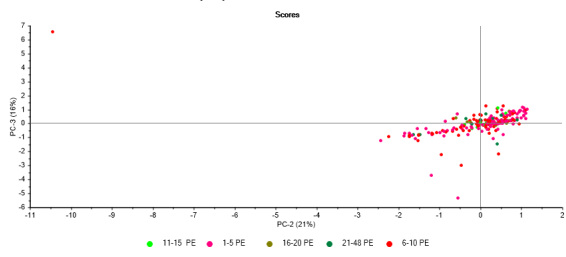
(d) BOF₅



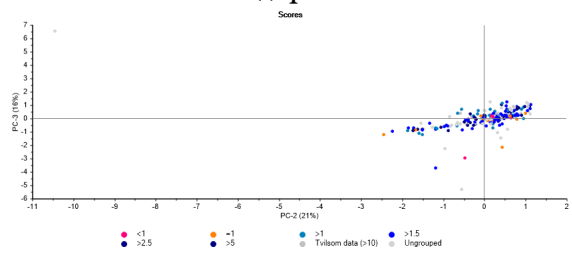
(e) Turbiditet



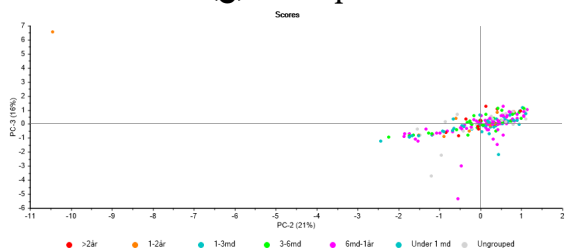
(f) pH



(g) Dim. pe



(h) Dim. pe/pers. tilkn.



(i) Dgr. TM

Figur C.18: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; *E.coli*, total fosfor, BOF₅, turbiditet og pH. Prinsipalkomponent 2 og 3.

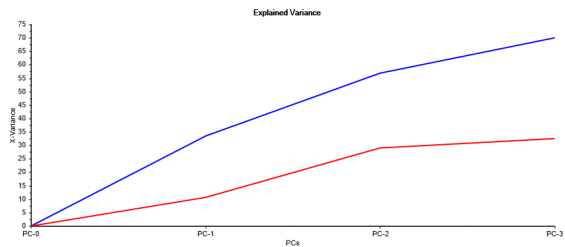
C.3 Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 2a

Variabler som utgjør prinsipalkomponentene : total fosfor, BOF_5 , turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget (dim pe. /pers. tilkn.).

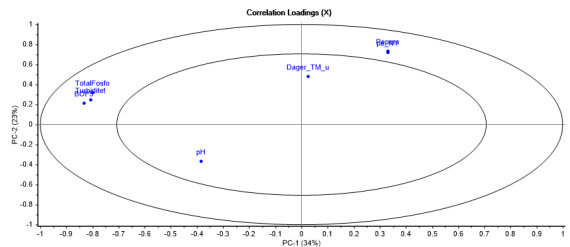
Forklart varians :

PC1 : 34%, PC2 : 23%, PC3 : 13%.

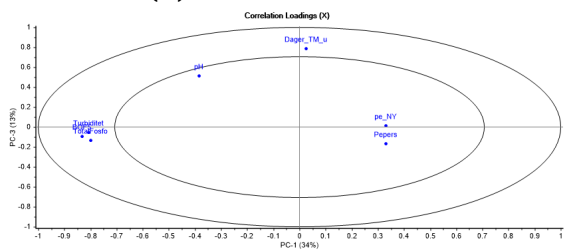
PC1-PC2 : 57%, PC1-PC3 : 47%, PC2-PC3 : 36%.



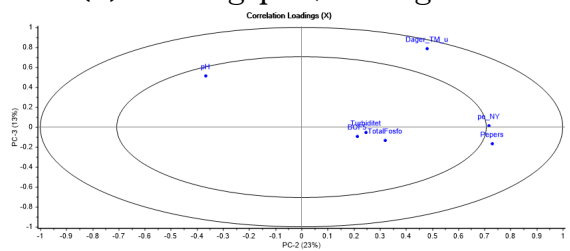
(a) Forklart varians



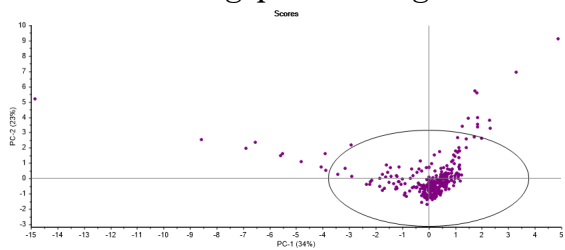
(b) Ladningsplot, PC1 og PC2



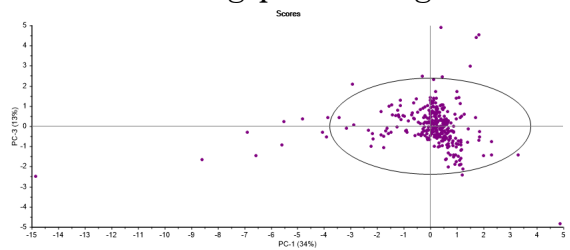
(c) Ladningsplot, PC1 og PC3



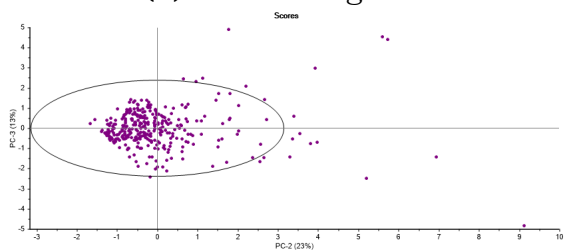
(d) Ladningsplot, PC2 og PC3



(e) "Fit" PC1 og PC2

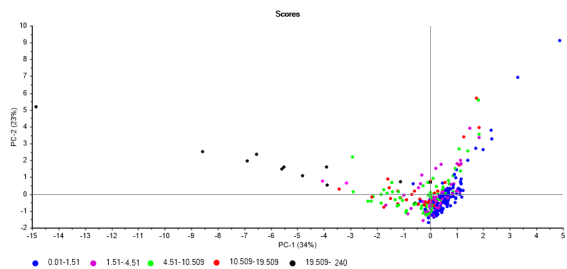


(f) "Fit" PC1 og PC3

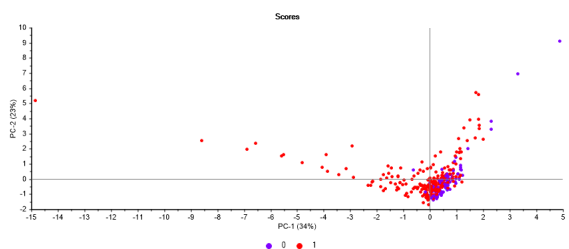


(g) "Fit" PC2 og PC3

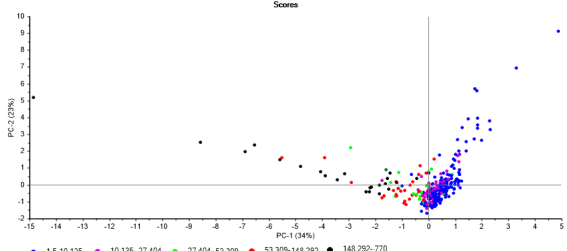
Figur C.19: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF_5 , turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.



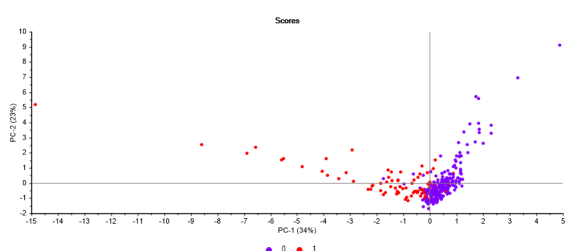
(a) Tot-P, verdier



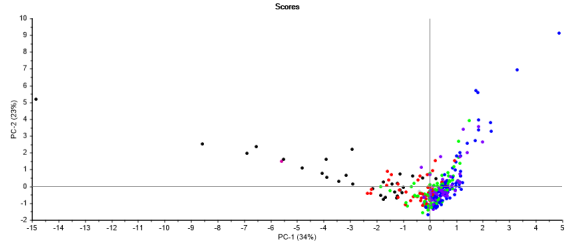
(b) Tot-P, rensekraav



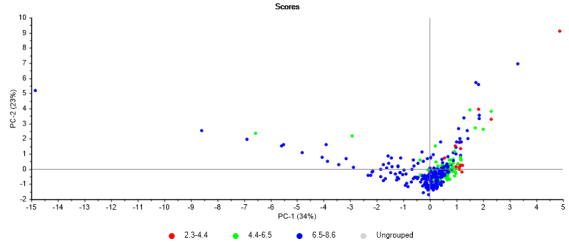
(c) BOF₅, verdier



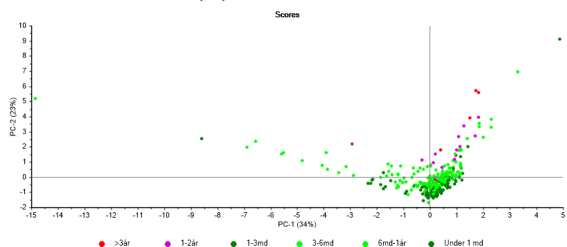
(d) BOF₅, rensekraav



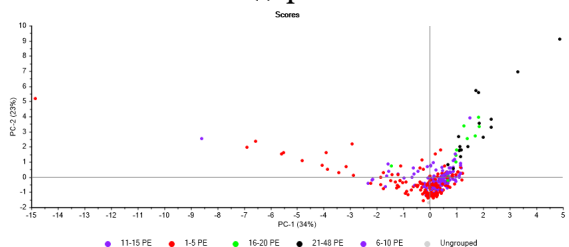
(e) Turbiditet



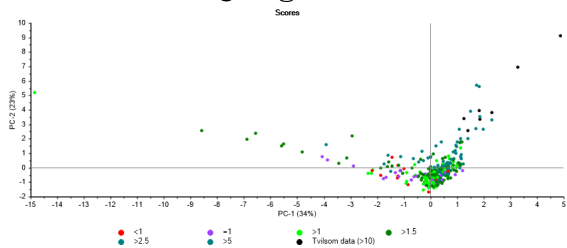
(f) pH



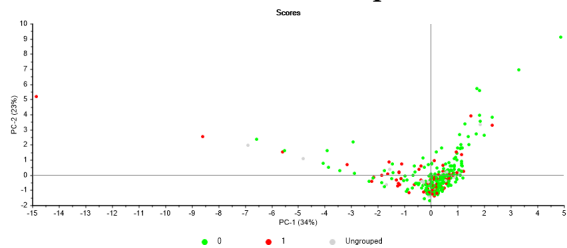
(g) Dgr. TM



(h) Dim. pe

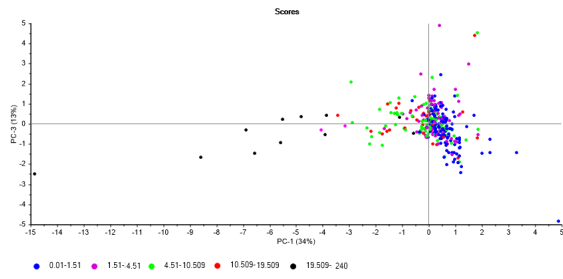


(i) Dim. pe/ pers. tilkn.

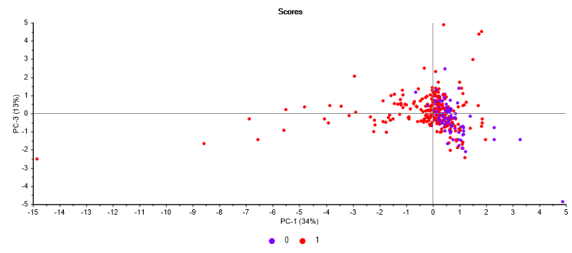


(j) Merkn. på tilsyn

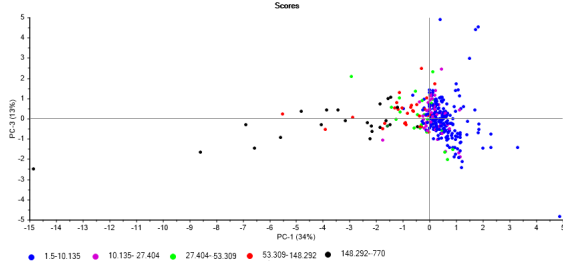
Figur C.20: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 2.



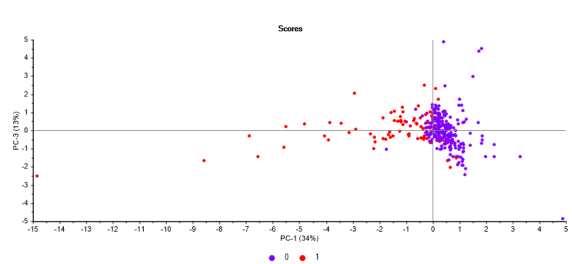
(a) Tot-P, verdier



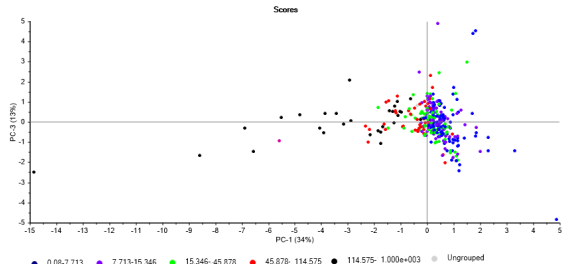
(b) Tot-P, renskrav



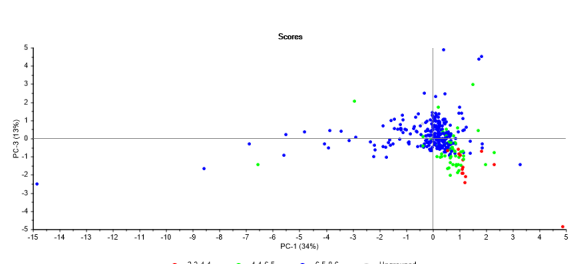
(c) BOF₅, verdier



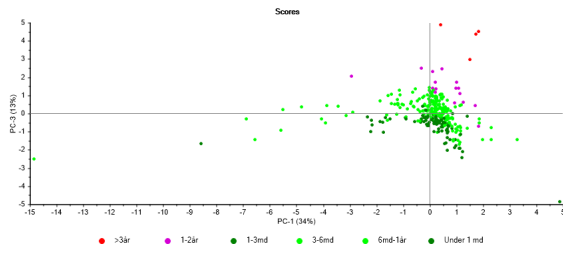
(d) BOF₅, renskrav



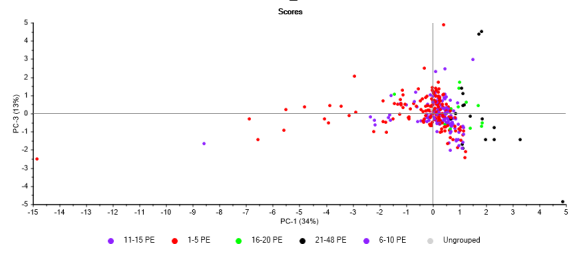
(e) Turbiditet



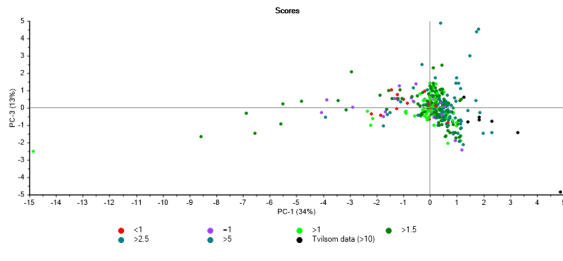
(f) pH



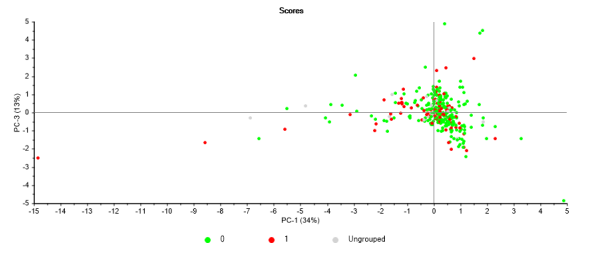
(g) Dgr. TM



(h) Dim. pe

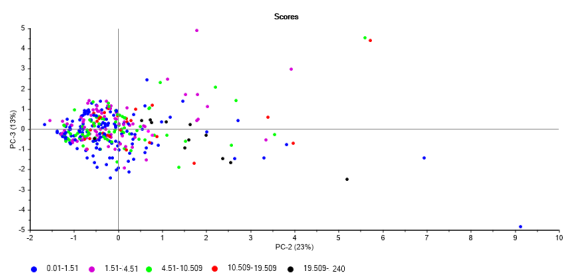


(i) Dim. pe/ pers. tilkn.

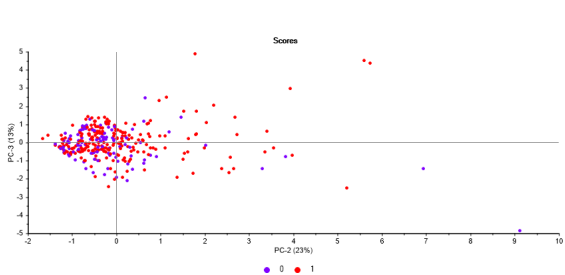


(j) Merkn. på tilsyn

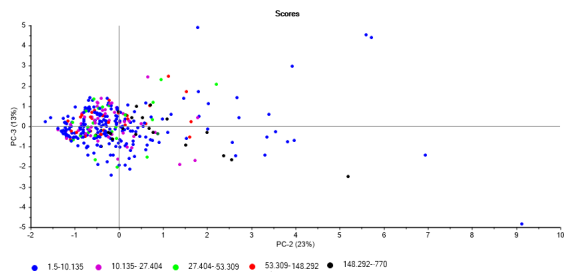
Figur C.21: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømming, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 3.



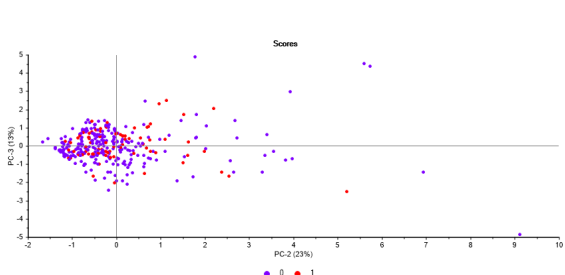
(a) Tot-P, verdier



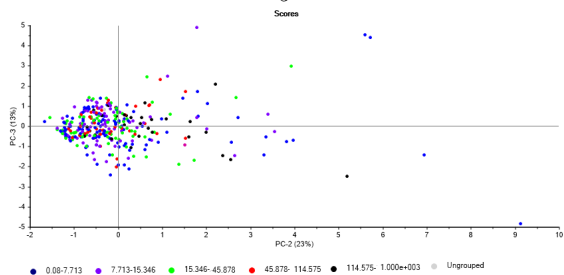
(b) Tot-P, rensekrav



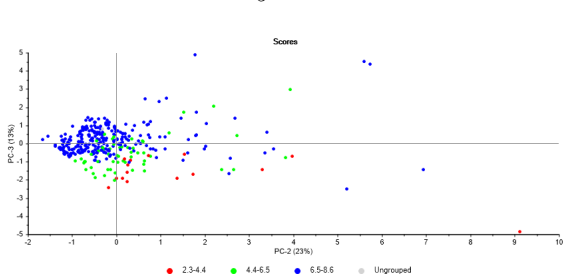
(c) BOF₅, verdier



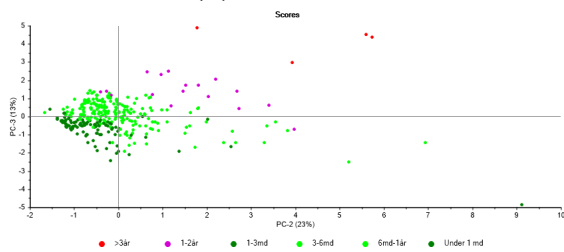
(d) BOF₅, rensekrav



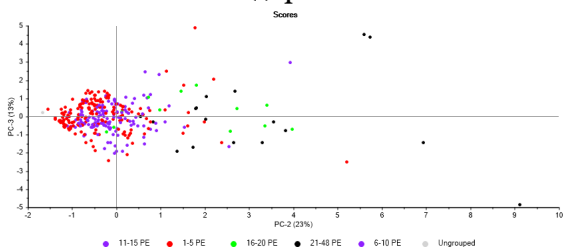
(e) Turbiditet



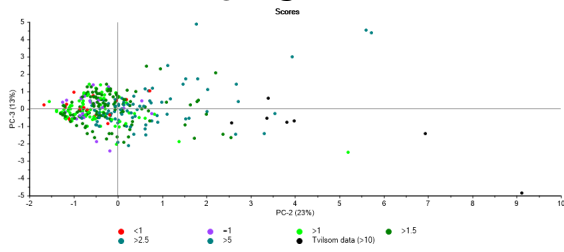
(f) pH



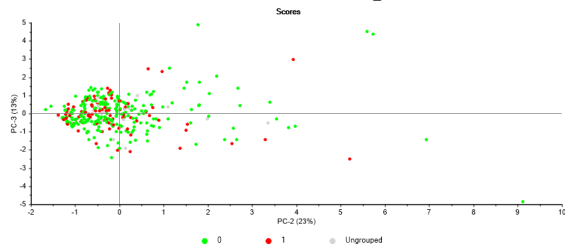
(g) Dgr. TM



(h) Dim. pe



(i) Dim. pe/ pers. tilkn.



(j) Merkn. på tilsyn

Figur C.22: Prinsippalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsippalkomponent 2 og 3.

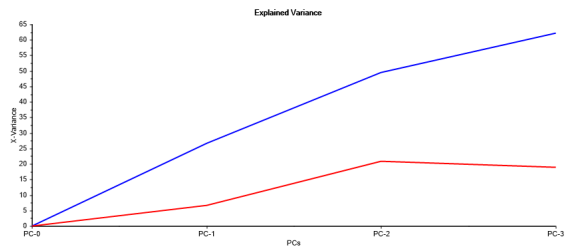
C.4 Prinsipalkomponentanalyse, Utvalg 2b

Variabler som utgjør prinsipalkomponentene : Total fosfor, BOF_5 , turbiditet, dager siden tømming, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Verdier >15 mg-P/L og >100 mg- BOF_5 /L er tatt ut av datasettet.

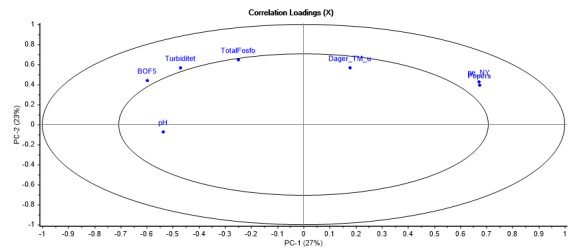
Forklart varians :

PC1 : 27%, PC2 : 23%, PC3 : 13%

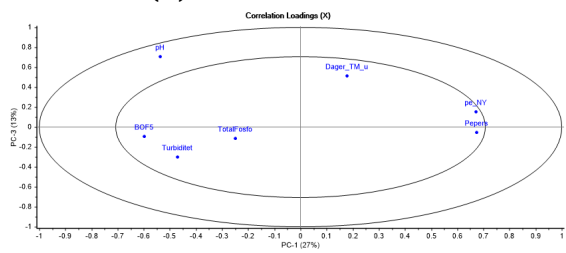
PC1-PC2 : 50%, PC1-PC3 : 40%, PC2-PC3 : 36%



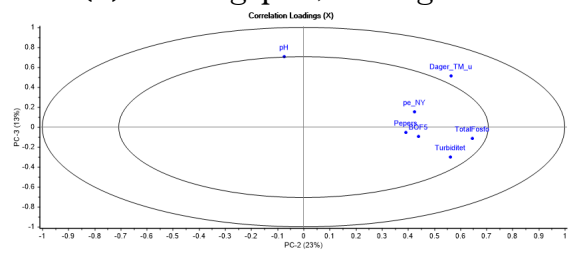
(a) Forklart varians



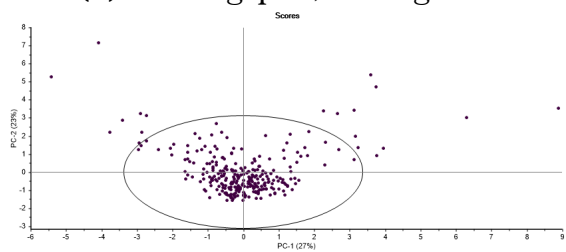
(b) Ladningsplot, PC1 og PC2



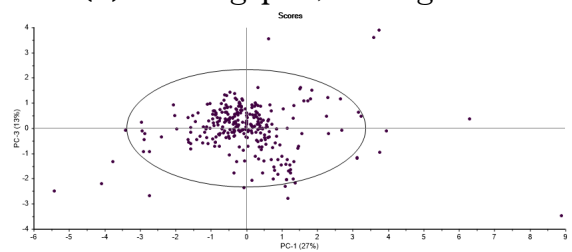
(c) Ladningsplot, PC1 og PC3



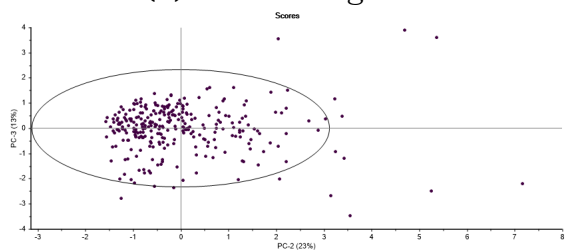
(d) Ladningsplot, PC2 og PC3



(e) "Fit" PC1 og PC2

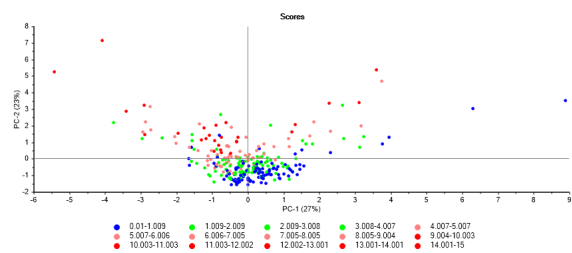


(f) "Fit" PC1 og PC3

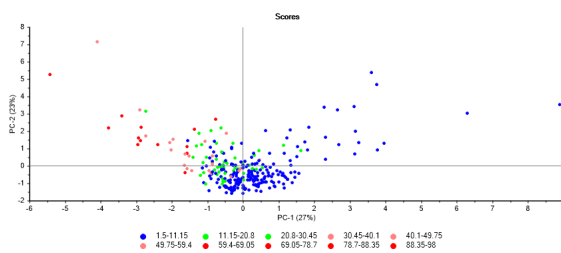


(g) "Fit" PC2 og PC3

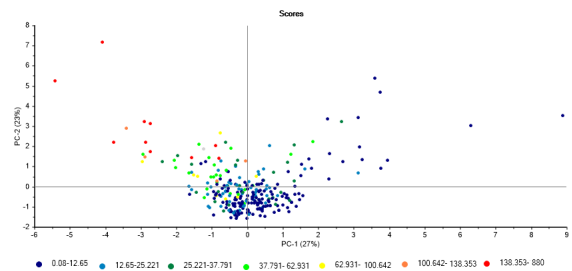
Figur C.23: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOP₅, turbidiet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Ladningsplot, "fit" og forklart varians.



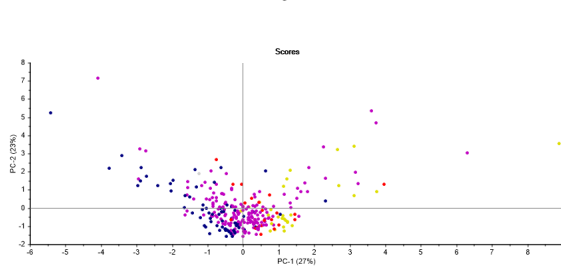
(a) Tot-P, verdier



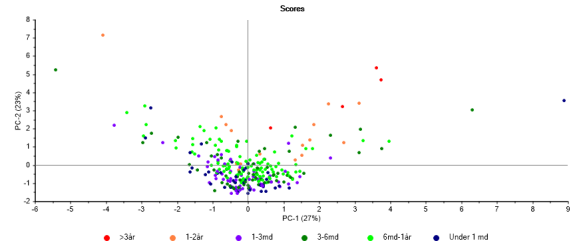
(b) BOF₅, verdier



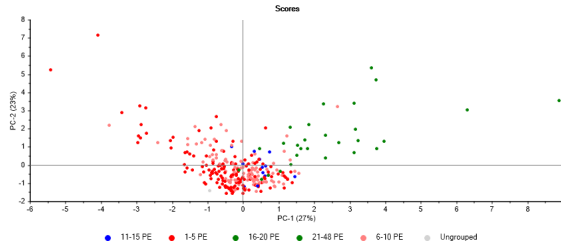
(c) Turbiditet



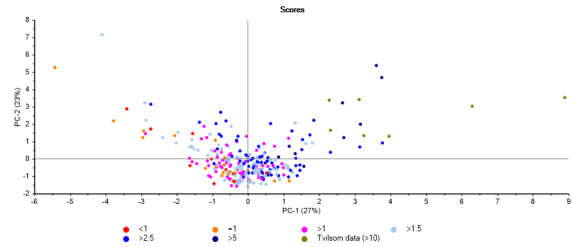
(d) pH



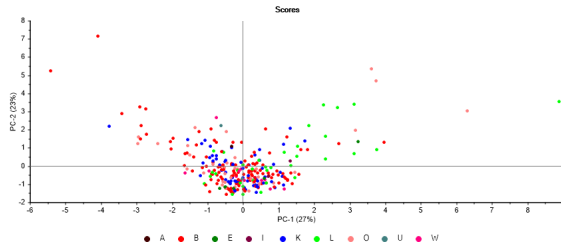
(e) Dgr. TM



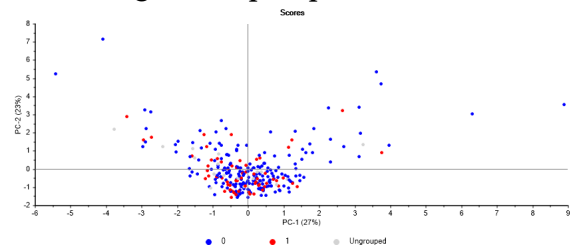
(f) Dim. pe



(g) Dim. pe/ pers. tilkn.

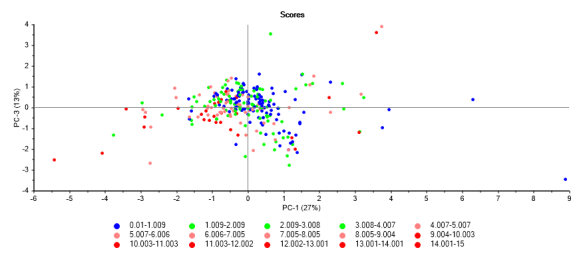


(h) Leverandør / type anlegg

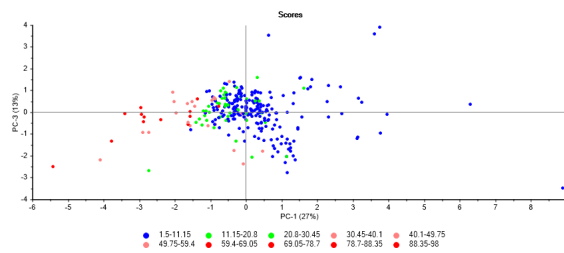


(i) Merkn. på tilsyn

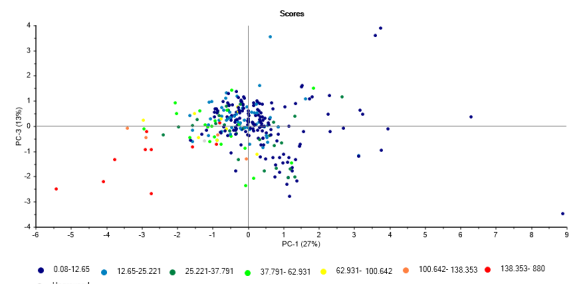
Figur C.24: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 2.



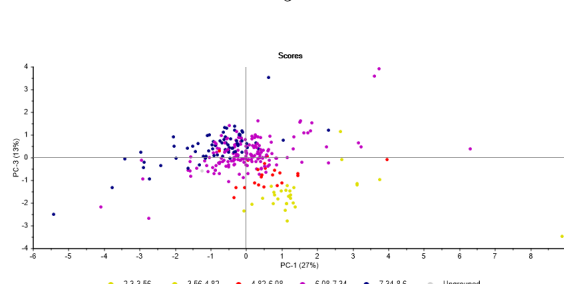
(a) Tot-P, verdier



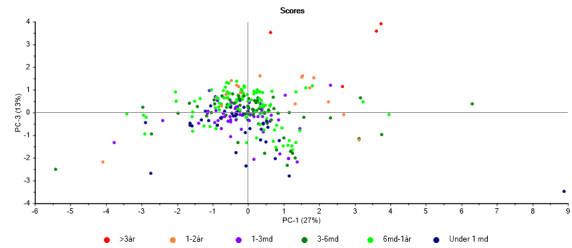
(b) BOF₅, verdier



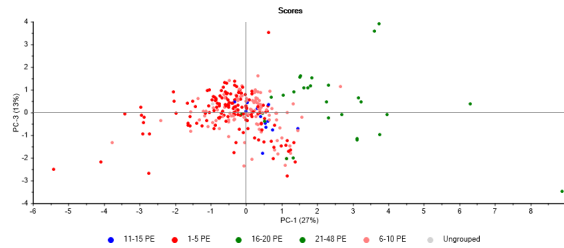
(c) Turbiditet



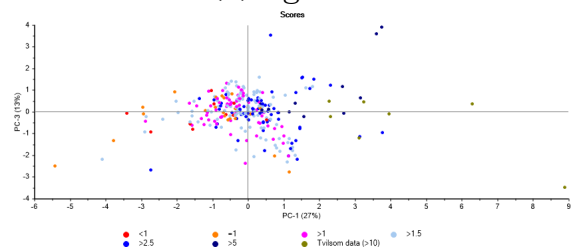
(d) pH



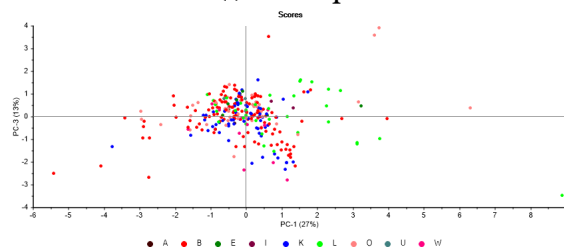
(e) Dgr. TM



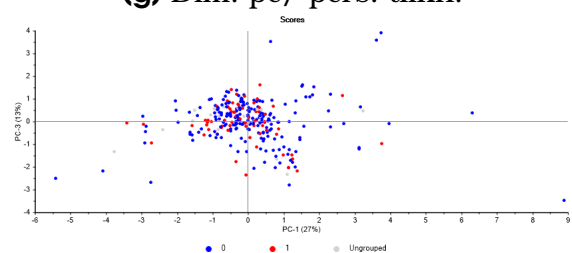
(f) Dim. pe



(g) Dim. pe/ pers. tilkn.

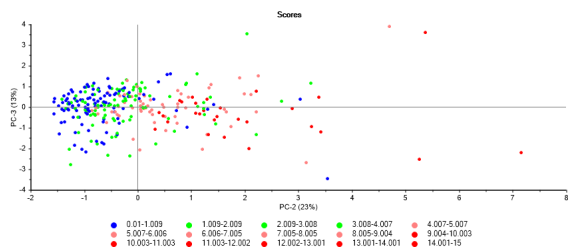


(h) Leverandør / type anlegg

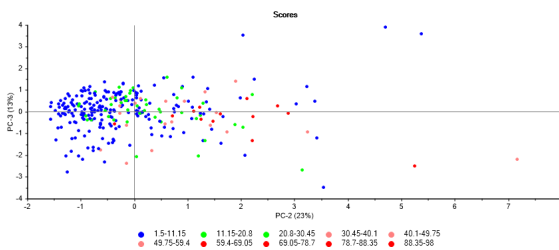


(i) Merkn. på tilsyn

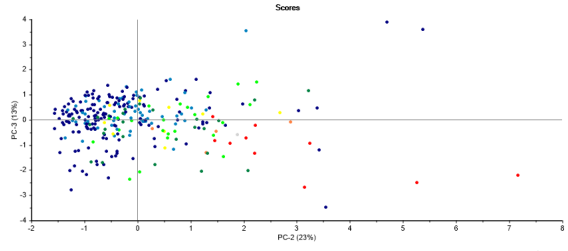
Figur C.25: Prinsipalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsipalkomponent 1 og 3.



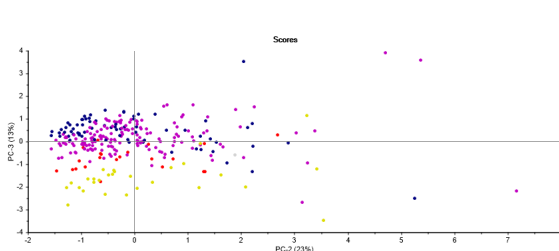
(a) Tot-P, verdier



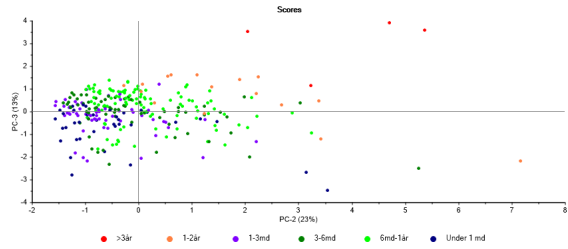
(b) BOF₅, verdier



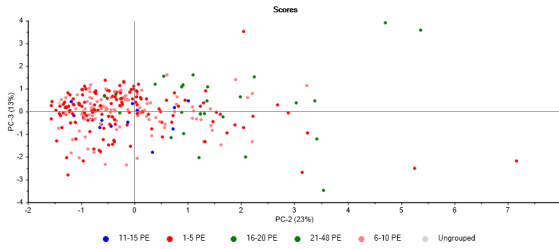
(c) Turbiditet



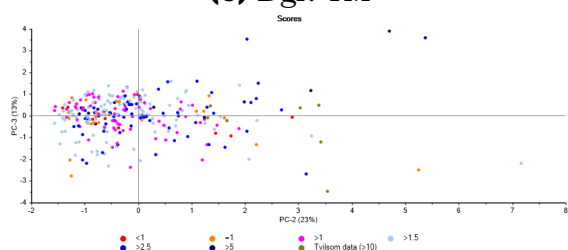
(d) pH



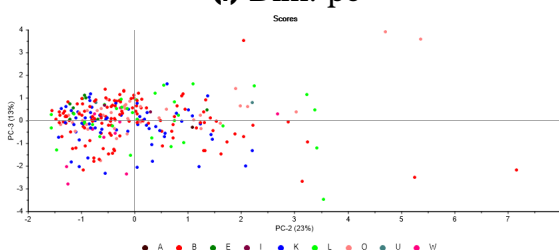
(e) Dgr. TM



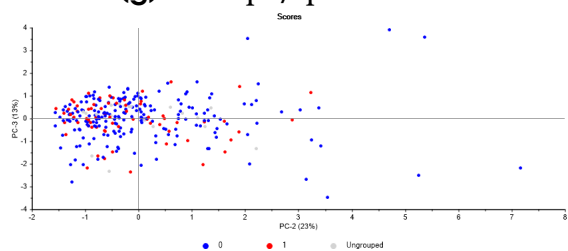
(f) Dim. pe



(g) Dim. pe/ pers. tilkn.



(h) Leverandør / type anlegg



(i) Merkn. på tilsyn

Figur C.26: Prinsippalkomponentanalyse, variabler med ; total fosfor, BOF₅, turbiditet, pH, dager siden tømning, dimensjonert pe og belastning på anlegget. Prinsippalkomponent 2 og 3.

D Negativ binomial regresjonsmodell

D.1 For anlegg med hygieniseringstrinn

D.1.1 Modell for *E. coli*

Call:

```
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur +  
pH + Dager_TM_Provet + pe_NY + Pepers, data = Tilsyn, init.theta = 0.4014555357,  
link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1420	-1.3388	-0.7596	0.3625	1.4631

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.8562613	2.3712765	0.783	0.43374
TotalFosfor	-0.0367526	0.0720770	-0.510	0.61012
BOF5	0.0086697	0.0059067	1.468	0.14216
Turbiditet	-0.0109303	0.0166895	-0.655	0.51252
Temperatur	-0.0294321	0.0782272	-0.376	0.70674
pH	0.9107528	0.2810424	3.241	0.00119 **
Dager_TM_Provet	0.0003110	0.0002897	1.074	0.28296
pe_NY	0.0860562	0.0430274	2.000	0.04550 *
Pepers	-0.0116522	0.0904908	-0.129	0.89754

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.4015) family taken to be 1)

Null deviance: 72.740 on 40 degrees of freedom

Residual deviance: 53.229 on 32 degrees of freedom

(926 observations deleted due to missingness)

AIC: 742.55

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.4015
Std. Err.: 0.0733

2 x log-likelihood: -722.5490

```
> NB.glm2<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=T
```

```
> summary(NB.glm2)
```

Call:

```
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur +  
pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.4126618963,  
link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.3176	-1.4021	-0.6349	0.2499	1.5696

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.047e+00	1.991e+00	0.526	0.599
TotalFosfor	-3.465e-02	6.347e-02	-0.546	0.585
BOF5	4.993e-03	4.263e-03	1.171	0.242
Turbiditet	-1.736e-03	3.248e-03	-0.534	0.593
Temperatur	7.437e-03	5.966e-02	0.125	0.901
pH	1.036e+00	2.405e-01	4.307	1.65e-05 ***
Dager_TM_Provet	6.795e-05	1.964e-04	0.346	0.729
pe_NY	2.537e-02	2.758e-02	0.920	0.358

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.4127) family taken to be 1)

Null deviance: 99.871 on 57 degrees of freedom
Residual deviance: 75.157 on 50 degrees of freedom
(909 observations deleted due to missingness)
AIC: 1066

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.4127
Std. Err.: 0.0632

2 x log-likelihood: -1047.9570
> NB.glm3<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=Tilsyn)#over d
> summary(NB.glm3)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH +
Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.3384284369,
link = log)

Deviance Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-2.5916 -1.3568 -0.7060 0.1699 1.5858

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.343e+00	1.353e+00	0.993	0.321
TotalFosfor	7.517e-03	4.840e-02	0.155	0.877
BOF5	3.510e-03	2.875e-03	1.221	0.222
Turbiditet	1.019e-03	2.403e-03	0.424	0.672
pH	1.017e+00	2.042e-01	4.978	6.42e-07 ***
Dager_TM_Provet	-1.936e-05	1.711e-04	-0.113	0.910
pe_NY	-2.418e-03	2.194e-02	-0.110	0.912

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3384) family taken to be 1)

Null deviance: 151.40 on 91 degrees of freedom
Residual deviance: 120.68 on 85 degrees of freedom
(875 observations deleted due to missingness)
AIC: 1644.4

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.3384
Std. Err.: 0.0415

2 x log-likelihood: -1628.3830
> NB.glm4<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH + Dager_TM_Provet, data=Tilsyn)#over dispersed
> summary(NB.glm4)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH +
Dager_TM_Provet, data = Tilsyn, init.theta = 0.3384038014,

```

link = log)

Deviance Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.5918  -1.3564  -0.6996   0.1754   1.5789

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  1.329e+00  1.349e+00   0.985   0.324
TotalFosfor  7.601e-03  4.761e-02   0.160   0.873
BOF5         3.508e-03  2.875e-03   1.220   0.222
Turbiditet   9.947e-04  2.403e-03   0.414   0.679
pH           1.016e+00  2.042e-01   4.974  6.56e-07 ***
Dager_TM_Provet -1.763e-05  1.610e-04  -0.110   0.913
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3384) family taken to be 1)

Null deviance: 151.38  on 91  degrees of freedom
Residual deviance: 120.68  on 86  degrees of freedom
(875 observations deleted due to missingness)
AIC: 1642.4

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3384
    Std. Err.: 0.0415

2 x log-likelihood: -1628.3930
> NB.glm5<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH, data=Tilsyn)#over dispersed count data with p
> summary(NB.glm5)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH,
       data = Tilsyn, init.theta = 0.3099513129, link = log)

Deviance Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.5130  -1.3535  -0.5671   0.1605   2.2795

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  5.309e+00  1.287e+00   4.126 3.69e-05 ***
TotalFosfor  2.324e-02  4.000e-02   0.581  0.5613
BOF5         5.356e-03  2.453e-03   2.183  0.0290 *
Turbiditet   2.897e-05  2.059e-03   0.014  0.9888
pH           4.569e-01  1.927e-01   2.370  0.0178 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.31) family taken to be 1)

Null deviance: 164.32  on 110  degrees of freedom
Residual deviance: 147.20  on 106  degrees of freedom
(856 observations deleted due to missingness)
AIC: 2014.9

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3100
    Std. Err.: 0.0343

2 x log-likelihood: -2002.8810
> NB.glm6<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + pH, data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that
> summary(NB.glm6)

Call:

```

```
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + pH, data = Tilsyn,
  init.theta = 0.3053287379, link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.4951	-1.3440	-0.6237	0.1609	2.2796

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	5.275828	1.295658	4.072	4.66e-05	***
TotalFosfor	0.025554	0.039215	0.652	0.5146	
BOF5	0.005404	0.002325	2.325	0.0201	*
pH	0.459014	0.194074	2.365	0.0180	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3053) family taken to be 1)

Null deviance: 166.10 on 111 degrees of freedom
Residual deviance: 148.81 on 108 degrees of freedom
(855 observations deleted due to missingness)
AIC: 2022.4

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.3053
Std. Err.: 0.0336

2 x log-likelihood: -2012.4340

```
> NB.glm7<-glm.nb(Ecoli ~ BOF5 + pH, data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that is why we use  
> summary(NB.glm7)
```

Call:

```
glm.nb(formula = Ecoli ~ BOF5 + pH, data = Tilsyn, init.theta = 0.3047731483,  
link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.4969	-1.3528	-0.6320	0.1453	2.3171

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	5.382015	1.293127	4.162	3.15e-05	***
BOF5	0.005896	0.002190	2.692	0.00711	**
pH	0.455428	0.191654	2.376	0.01749	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3048) family taken to be 1)

Null deviance: 165.81 on 111 degrees of freedom
Residual deviance: 148.85 on 109 degrees of freedom
(855 observations deleted due to missingness)
AIC: 2020.7

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.3048
Std. Err.: 0.0335

2 x log-likelihood: -2012.7360

D.1.2 Modell for i. enterokokker

Call:

```
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur +  
pH + Dager_TM_Provet + pe_NY + Pepers, data = Tilsyn, init.theta = 0.4014555357,
```

```

link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.1420  -1.3388  -0.7596   0.3625   1.4631

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  1.8562613  2.3712765   0.783  0.43374
TotalFosfor  -0.0367526  0.0720770  -0.510  0.61012
BOF5          0.0086697  0.0059067   1.468  0.14216
Turbiditet   -0.0109303  0.0166895  -0.655  0.51252
Temperatur   -0.0294321  0.0782272  -0.376  0.70674
pH            0.9107528  0.2810424   3.241  0.00119 **
Dager_TM_Provet 0.0003110  0.0002897   1.074  0.28296
pe_NY        0.0860562  0.0430274   2.000  0.04550 *
Pepers       -0.0116522  0.0904908  -0.129  0.89754
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.4015) family taken to be 1)

Null deviance: 72.740  on 40  degrees of freedom
Residual deviance: 53.229  on 32  degrees of freedom
(926 observations deleted due to missingness)
AIC: 742.55

Number of Fisher Scoring iterations: 1

            Theta: 0.4015
            Std. Err.: 0.0733

2 x log-likelihood: -722.5490
> NB.glm2<-glm.nb(IntEnt ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=T
Warning message:
glm.fit: algorithm did not converge
> summary(NB.glm2)

Call:
glm.nb(formula = IntEnt ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + Temperatur +
      pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.2480787724,
      link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.9222  -1.3387  -0.7507   0.2119   1.2452

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  1.3256265  3.4723111   0.382  0.703
TotalFosfor  -0.0568291  0.0912234  -0.623  0.533
BOF5          0.0049880  0.0062882   0.793  0.428
Turbiditet   -0.0013203  0.0044448  -0.297  0.766
Temperatur   -0.0576546  0.0978878  -0.589  0.556
pH            0.7658775  0.4197295   1.825  0.068 .
Dager_TM_Provet -0.0002231  0.0002593  -0.861  0.389
pe_NY        0.0342975  0.0506516   0.677  0.498
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.2481) family taken to be 1)

Null deviance: 57.111  on 39  degrees of freedom
Residual deviance: 47.978  on 32  degrees of freedom
(927 observations deleted due to missingness)
AIC: 484.77

Number of Fisher Scoring iterations: 1

```



```

      Theta: 0.2481
      Std. Err.: 0.0515

  2 x log-likelihood: -466.7680
> NB.glm3<-glm.nb(IntEnt ~ TotalFosfor + BOF5 + Temperatur + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=Tilsyn)#over
Warning message:
glm.fit: algorithm did not converge
> summary(NB.glm3)

Call:
glm.nb(formula = IntEnt ~ TotalFosfor + BOF5 + Temperatur + pH +
  Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.2327546872,
  link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.8560  -1.4080  -0.8439   0.2232   1.2298

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   1.0994570  3.5788418   0.307  0.7587
TotalFosfor  -0.0275883  0.0934014  -0.295  0.7677
BOF5           0.0029333  0.0045184   0.649  0.5162
Temperatur    -0.0532046  0.1006251  -0.529  0.5970
pH             0.7699219  0.4329394   1.778  0.0753 .
Dager_TM_Provet -0.0002175  0.0002665  -0.816  0.4145
pe_NY          0.0388248  0.0513001   0.757  0.4492
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.2328) family taken to be 1)

Null deviance: 57.377  on 40  degrees of freedom
Residual deviance: 48.641  on 34  degrees of freedom
(926 observations deleted due to missingness)
AIC: 486.21

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.2328
      Std. Err.: 0.0482

  2 x log-likelihood: -470.2110
> NB.glm4<-glm.nb(IntEnt ~ BOF5 + Temperatur + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=Tilsyn)#over dispersed coun
Warning message:
glm.fit: algorithm did not converge
> summary(NB.glm4)

Call:
glm.nb(formula = IntEnt ~ BOF5 + Temperatur + pH + Dager_TM_Provet +
  pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.2326550024, link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.8534  -1.3889  -0.8321   0.2143   1.2310

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   1.2683850  3.3587536   0.378  0.7057
BOF5           0.0023030  0.0042131   0.547  0.5846
Temperatur    -0.0592967  0.0933620  -0.635  0.5253
pH             0.7520246  0.4156533   1.809  0.0704 .
Dager_TM_Provet -0.0002104  0.0002629  -0.800  0.4235
pe_NY          0.0378253  0.0511151   0.740  0.4593
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.2327) family taken to be 1)

```

Null deviance: 57.355 on 40 degrees of freedom
Residual deviance: 48.642 on 35 degrees of freedom
(926 observations deleted due to missingness)
AIC: 484.23

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.2327
Std. Err.: 0.0482

2 x log-likelihood: -470.2310
> NB.glm5<-glm.nb(IntEnt ~ Temperatur + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=Tilsyn)#over dispersed count data
Warning messages:
1: glm.fit: algorithm did not converge
2: glm.fit: algorithm did not converge
> summary(NB.glm5)

Call:
glm.nb(formula = IntEnt ~ Temperatur + pH + Dager_TM_Provet +
pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.231070417, link = log)

Deviance Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-1.8523 -1.3767 -0.8387 0.2953 1.2773

Coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -0.1116108 3.0376249 -0.037 0.9707
Temperatur -0.0246428 0.0916971 -0.269 0.7881
pH 0.8803797 0.3725377 2.363 0.0181 *
Dager_TM_Provet -0.0002600 0.0002603 -0.999 0.3178
pe_NY 0.0469093 0.0505371 0.928 0.3533

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.2311) family taken to be 1)

Null deviance: 56.997 on 40 degrees of freedom
Residual deviance: 48.661 on 36 degrees of freedom
(926 observations deleted due to missingness)
AIC: 482.55

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.2311
Std. Err.: 0.0478

2 x log-likelihood: -470.5500
> NB.glm6<-glm.nb(IntEnt ~ pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson,
> summary(NB.glm6)

Call:
glm.nb(formula = IntEnt ~ pH + Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn,
init.theta = 0.2519709679, link = log)

Deviance Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-1.9507 -1.3356 -0.7878 0.2902 1.2505

Coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -0.5420661 2.3215712 -0.233 0.81538
pH 0.9416764 0.3507207 2.685 0.00725 **
Dager_TM_Provet -0.0003106 0.0002468 -1.258 0.20829
pe_NY 0.0231542 0.0440109 0.526 0.59882

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.252) family taken to be 1)

Null deviance: 65.264 on 46 degrees of freedom
Residual deviance: 56.939 on 43 degrees of freedom
(920 observations deleted due to missingness)
AIC: 577.62

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.2520
Std. Err.: 0.0478

2 x log-likelihood: -567.6240

```
> NB.glm7<-glm.nb(IntEnt ~ pH + Dager_TM_Provet, data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that is
> summary(NB.glm7)
```

Call:

```
glm.nb(formula = IntEnt ~ pH + Dager_TM_Provet, data = Tilsyn,
       init.theta = 0.2507087562, link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9550	-1.3451	-0.7990	0.3059	1.2781

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.3540055	2.3236898	-0.152	0.87891
pH	0.9449434	0.3434892	2.751	0.00594 **
Dager_TM_Provet	-0.0003283	0.0002456	-1.337	0.18131

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.2507) family taken to be 1)

Null deviance: 64.963 on 46 degrees of freedom
Residual deviance: 56.959 on 44 degrees of freedom
(920 observations deleted due to missingness)
AIC: 575.9

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.2507
Std. Err.: 0.0476

2 x log-likelihood: -567.9040

```
> NB.glm8<-glm.nb(IntEnt ~ pH, data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that is why we use this m
> summary(NB.glm8)
```

Call:

```
glm.nb(formula = IntEnt ~ pH, data = Tilsyn, init.theta = 0.2480159685,
       link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9452	-1.3860	-0.8160	0.3264	1.3296

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.3989	2.3044	-0.173	0.86256
pH	0.9341	0.3399	2.748	0.00599 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.248) family taken to be 1)

Null deviance: 70.027 on 50 degrees of freedom
Residual deviance: 62.455 on 49 degrees of freedom

(916 observations deleted due to missingness)
AIC: 619.99

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.2480
Std. Err.: 0.0445

D.2 For anlegg uten hygieniseringstrinn

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH +
Dager_TM_Provet + pe_NY + Pepers, data = Tilsyn, init.theta = 0.4029045413,
link = log)

Deviance Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-2.2413 -1.3508 -0.6174 0.1150 1.3908

Coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.6250136 1.3638931 3.391 0.000696 ***
TotalFosfor -0.0489909 0.0560388 -0.874 0.381992
BOF5 0.0376621 0.0069878 5.390 7.06e-08 ***
Turbiditet -0.0021383 0.0044238 -0.483 0.628839
pH 0.4395104 0.1929047 2.278 0.022704 *
Dager_TM_Provet 0.0008257 0.0004266 1.936 0.052910 .
pe_NY 0.0338356 0.0323746 1.045 0.295963
Pepers -0.0332056 0.0803715 -0.413 0.679496

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.4029) family taken to be 1)

Null deviance: 101.070 on 62 degrees of freedom
Residual deviance: 82.428 on 55 degrees of freedom
(141 observations deleted due to missingness)
AIC: 1140.2

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 0.4029
Std. Err.: 0.0583

2 x log-likelihood: -1122.1960
> NB.glm2<-glm.nb(Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY , data=Tilsyn)#over
Warning message:
glm.fit: algorithm did not converge
> summary(NB.glm2)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ TotalFosfor + BOF5 + Turbiditet + pH +
Dager_TM_Provet + pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.3902469691,
link = log)

Deviance Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-2.3054 -1.3304 -0.7191 0.1310 1.5319

Coefficients:
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.3211148 1.3045146 3.312 0.000925 ***
TotalFosfor 0.0006068 0.0085315 0.071 0.943296
BOF5 0.0168801 0.0053257 3.170 0.001527 **
Turbiditet 0.0008185 0.0043790 0.187 0.851720

```

pH          0.5500400  0.1809453  3.040 0.002367 **
Dager_TM_Provet -0.0001657  0.0001948  -0.850 0.395126
pe_NY       0.0218066  0.0291059  0.749 0.453727
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3902) family taken to be 1)

Null deviance: 135.48 on 88 degrees of freedom
Residual deviance: 117.09 on 82 degrees of freedom
(115 observations deleted due to missingness)
AIC: 1631.9

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3902
    Std. Err.: 0.0473

2 x log-likelihood: -1615.9280
> NB.glm3<-glm.nb(Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH + Dager_TM_Provet + pe_NY , data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson
> summary(NB.glm3)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH + Dager_TM_Provet +
      pe_NY, data = Tilsyn, init.theta = 0.3980408607, link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.3305  -1.3387  -0.6796   0.2652   1.4820

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.257e+00  1.226e+00   3.471 0.000518 ***
BOF5         1.368e-02  4.233e-03   3.231 0.001233 **
Turbiditet   2.423e-03  4.150e-03   0.584 0.559351
pH           5.586e-01  1.713e-01   3.261 0.001108 **
Dager_TM_Provet -6.069e-05  1.817e-04  -0.334 0.738330
pe_NY        2.303e-02  2.816e-02   0.818 0.413456
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.398) family taken to be 1)

Null deviance: 140.33 on 91 degrees of freedom
Residual deviance: 120.66 on 86 degrees of freedom
(112 observations deleted due to missingness)
AIC: 1699.6

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3980
    Std. Err.: 0.0476

2 x log-likelihood: -1685.5860
> NB.glm4<-glm.nb(Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH + pe_NY , data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson
> summary(NB.glm4)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH + pe_NY, data = Tilsyn,
      init.theta = 0.3701729271, link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.3213  -1.3429  -0.6857   0.2811   1.3800

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.555509  1.229437   3.705 0.000211 ***

```

```

BOF5      0.010363  0.004033  2.569 0.010185 *
Turbiditet 0.001573  0.004003  0.393 0.694467
pH        0.548780  0.172188  3.187 0.001437 **
pe_NY     0.009754  0.025533  0.382 0.702465
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3702) family taken to be 1)

Null deviance: 149.30 on 99 degrees of freedom
Residual deviance: 132.52 on 95 degrees of freedom
(104 observations deleted due to missingness)
AIC: 1845.2

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3702
    Std. Err.: 0.0422

2 x log-likelihood: -1833.2150
> NB.glm5<-glm.nb(Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH , data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that
> summary(NB.glm5)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ BOF5 + Turbiditet + pH, data = Tilsyn,
       init.theta = 0.3698722445, link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.3274 -1.3520 -0.6968  0.3075  1.3431

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.814795  1.174941  4.098 4.17e-05 ***
BOF5         0.010304  0.004022  2.562 0.01041 *
Turbiditet  0.001525  0.003986  0.383 0.70203
pH           0.524347  0.171191  3.063 0.00219 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3699) family taken to be 1)

Null deviance: 149.18 on 99 degrees of freedom
Residual deviance: 132.53 on 96 degrees of freedom
(104 observations deleted due to missingness)
AIC: 1843.3

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3699
    Std. Err.: 0.0422

2 x log-likelihood: -1833.3400
> NB.glm6<-glm.nb(Ecoli ~ BOF5 + pH , data=Tilsyn)#over dispersed count data with poisson, that is why we u
> summary(NB.glm6)

Call:
glm.nb(formula = Ecoli ~ BOF5 + pH, data = Tilsyn, init.theta = 0.3695876374,
       link = log)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.3161 -1.3528 -0.7022  0.3045  1.3226

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.785391  1.175381  4.071 4.67e-05 ***
BOF5         0.011392  0.002986  3.815 0.000136 ***

```

```
pH          0.530896  0.171185  3.101 0.001927 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(0.3696) family taken to be 1)

Null deviance: 149.07 on 99 degrees of freedom
Residual deviance: 132.55 on 97 degrees of freedom
(104 observations deleted due to missingness)
AIC: 1841.5

Number of Fisher Scoring iterations: 1

      Theta: 0.3696
    Std. Err.: 0.0421

2 x log-likelihood: -1833.4580
```

E Andel utløpsverdier av *E. coli* og i. enterokokker under rensekrav/ grenseverdi ved ulike grenseverdier for numeriske parametere i datasettet

E.1 BOF₅

Tabell E.1: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF₅. Alle minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤5	39	53	73.6	≤5	18	22	81.8
>5	18	67	26.9	>5	13	28	46.4
≤10	49	70	70.0	≤10	24	30	80.0
>10	8	50	16.0	>10	7	20	35.0
≤25	52	88	59.1	≤25	28	40	70.0
>25	5	32	15.6	>25	3	10	30.0
≤50	54	98	55.1	≤50	30	45	66.7
>50	3	22	13.6	>50	1	5	20.0
≤100	57	107	53.3	≤100	30	45	66.7
>100	0	13	0.00	>100	1	5	20.0

Tabell E.2: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF₅. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤5	12	14	85.7	≤5	3	4	75.0
>5	1	13	7.69	>5	1	4	25.0
≤10	13	17	76.5	≤10	3	4	75.0
>10	0	10	0.00	>10	1	4	25.0
≤25	13	19	68.4	≤25	3	5	60.0
>25	0	8	0.00	>25	1	3	33.3
≤50	13	20	65.0	≤50	3	6	50.0
>50	0	7	0.00	>50	1	2	50.0
≤100	3	11	27.3	≤100			
>100	0	6	0.00	>100			

Tabell E.3: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF₅. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤5	7	7	100	≤5	3	3	100
>5	1	3	33.3	>5	2	3	66.7
≤10	7	7	100	≤10	3	3	100
>10	1	3	33.3	>10	2	3	66.7
≤25	7	8	87.5	≤25	4	4	100
>25	1	2	50.0	>25	1	2	50.0
≤50	8	9	88.9	≤50	5	6	83.3
>50	0	1	0.00	>50	-		

Tabell E.4: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF₅. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤5	17	27	63.0	≤5	11	14	78.6
>5	15	49	30.6	>5	10	21	47.6
≤10	27	42	64.3	≤10	17	22	77.3
>10	6	35	17.1	>10	4	13	30.8
≤25	29	56	51.8	≤25	20	30	66.7
>25	4	21	19.0	>25	1	5	20.0
≤50	30	63	47.6	≤50	21	32	65.6
>50	3	14	21.4	>50	0	3	0.00
≤100	22	70	47.1	≤100			
>100	0	7	0.00	>100			

Tabell E.5: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av BOF₅. Minirenseanlegg med *uten* hygienisering.

<i>E. coli</i>			
BOF ₅ [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤5	35	49	71.4
>5	12	62	19.4
≤10	44	70	62.9
>10	3	41	7.3
≤25	46	93	49.5
>25	1	18	5.6
≤50	47	99	47.5
>50	0	12	0.00
≤100	47	104	45.2
>100	0	7	0.00

E.2 Total fosfor

Tabell E.6: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Alle minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤0.5	18	24	75.0	≤0.5	11	14	78.6
>0.5	40	98	40.8	>0.5	21	37	56.8
≤1	27	39	69.2	≤1	16	19	84.2
>1	31	83	37.3	>1	16	32	50.0
≤3	41	74	55.4	≤3	26	37	70.3
>3	17	48	35.4	>3	6	14	42.9
≤10	54	110	49.1	≤10	30	48	62.5
>10	4	12	33.3	>10	2	3	66.7

Tabell E.7: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤0.5	6	7	85.7	≤0.5	1	2	50.0
>0.5	8	22	36.4	>0.5	4	7	57.1
≤1	9	13	69.2	≤1	2	3	66.7
>1	5	16	31.3	>1	3	6	50.0
≤3	12	21	57.1	≤3	4	7	57.1
>3	2	6	25.0	>3	1	2	50.0
≤10	14	28	50.0	≤10	5	8	62.5
>10	0	1	0.00	>10	0	1	0.00

Tabell E.8: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med UV som hygienisering

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤0.5	-			≤0.5	-		
>0.5	8	2	80.0	>0.5	5	6	83.3
≤1	1	0	100	≤1	-		
>1	7	9	77.8	>1	5	6	83.3
≤3	5	5	100	≤3	2	2	100
>3	3	5	60.0	>3	3	4	75.0
≤10	6	6	100	≤10	3	4	75.0
>10	2	4	50.0	>10	2	2	100

Tabell E.9: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK	Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤0.5	10	14	71.4	≤0.5	9	11	81.8
>0.5	23	63	36.5	>0.5	12	24	50.0
≤1	14	21	66.7	≤1	13	15	86.7
>1	19	56	33.9	>1	8	20	40.0
≤3	21	43	48.8	≤3	19	27	70.4
>3	12	34	35.3	>3	2	8	25.0
≤10	31	70	44.3	≤10	21	35	60.0
>10	2	7	28.6	>10	-		

Tabell E.10: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av total fosfor. Minirenseanlegg uten hygienisering.

<i>E. coli</i>			
Tot-P [mg l ⁻¹]	OK	Total	% OK
≤0.5	15	20	75.0
>0.5	38	121	31.4
≤1	24	40	60.0
>1	29	101	28.7
≤3	36	81	44.4
>3	17	60	28.3
≤10	50	125	40
>10	3	16	18.8

E.3 Turbiditet

Tabell E.11: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Alle minirenseanlegg.

Total fosfor					BOF ₅				
Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK	Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤ 10	131	127	258	50.8	≤100	467	89	556	84.0
> 10	85	395	480	17.7	>100	13	41	54	24.1
≤5	73	47	120	60.8	≤40	429	44	473	90.7
> 5	143	475	618	23.1	>40	52	86	138	37.7
≤2	22	9	31	71.0	≤15	314	10	324	96.9
> 2	194	513	707	27.4	> 15	167	120	287	58.2
					≤ 10	240	4	244	98.4
					> 10	241	126	367	65.7

Tabell E.12: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>					I. enterokokker				
Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK	Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤20	38	29	67	57.7	≤20	19	11	30	63.3
> 20	17	30	47	36.2	>20	13	8	21	61.9
≤15	35	25	60	58.3	≤15	17	7	24	70.8
> 15	20	34	54	37.0	>15	15	12	27	55.6
≤ 10	33	15	48	68.8	≤10	13	4	17	76.5
>10	22	44	66	33.3	>10	19	15	34	55.9
≤5	18	8	26	69.2	≤5	7	2	9	77.8
>5	37	51	88	42.0	>5	25	17	42	59.5
≤2	6	0	6	100	≤2	3	0	3	100
>2	49	59	108	45.4	>2	29	19	48	60.4

Tabell E.13: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK	Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤5	8	2	10	80.0	≤5	0	1	1	0.00
>5	5	12	17	29.4	>5	5	3	8	62.5
≤10	10	3	13	76.9	≤10	0	1	1	0.00
>10	3	11	14	21.4	>10	5	3	8	62.5
≤15	10	4	14	71.4	≤15	0	1	1	0.00
>15	3	10	13	23.1	>15	5	3	8	62.5
≤20	11	5	16	68.8	≤20	1	2	3	33.3
>20	2	9	11	18.2	>20	4	2	6	66.7
≤30	11	7	18	61.1	≤30	2	3	5	40.0
>30	2	7	9	22.2	>30	3	1	4	75.0

Tabell E.14: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK	Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤5	7	5	12	58.3	≤5	5	1	6	83.3
>5	25	35	60	41.7	>5	16	13	29	55.2
≤10	17	10	27	63.0	≤10	10	3	13	76.9
>10	15	30	45	33.3	>10	11	11	22	50.0
≤15	19	9	28	67.9	≤15	14	6	20	70.0
>15	13	21	34	38.4	>15	7	8	15	46.7
≤20	21	22	43	48.8	≤20	15	8	23	65.2
>20	11	18	29	37.9	>20	6	6	12	50.0
≤30	25	24	49	51.0	≤30	17	9	26	65.4
>30	7	16	23	30.4	>30	4	5	9	44.4

Tabell E.15: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK	Turbiditet [NTU]	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤5	2	0	2	100	≤5	1	0	1	100
>5	6	2	8	75.0	>5	4	1	5	80.0
≤10	4	1	5	80.0	≤10	2	0	2	100
>10	4	1	5	80.0	>10	3	1	4	75.0
≤15	4	1	5	80.0	≤15	2	0	2	100
>15	4	1	5	80.0	>15	3	1	4	75.0
≤20	4	1	5	80.0	≤20	2	1	3	66.7
>20	4	1	5	80.0	>20	3	0	3	100
≤30	5	1	6	83.3	≤30	3	1	4	75.0
>30	3	1	4	75.0	>30	2	0	2	100
≤50	6	2	8	75.0					
>50	2	0	2	100					
≤300	7	2	9	77.8					
>300	1	0	1	100					

Tabell E.16: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier av turbiditet. Minirenseanlegg *uten* hygienisering.

<i>E. coli</i>			
Turbiditet [NTU]	OK	Total	% OK
≤5	22	31	71.0
>5	30	105	28.6
≤10	36	57	63.2
>10	16	79	20.3
≤15	43	77	55.8
>15	9	59	15.3
≤20	44	89	49.4
>20	8	47	17.0
≤30	47	98	48.0
>30	5	38	13.2

E.4 pH

Tabell E.17: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>				I. enterokokker			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤5	4	6	66.7	≤5	2	2	100
>5	51	108	47.2	>5	30	49	61.2
≤6	12	20	60.0	≤6	8	8	100
>6	43	94	45.7	>6	24	43	55.8
≤6.5	20	31	64.5	≤6.5			
>6.5	35	83	42.2	>6.5			
≤7	35	56	62.5	≤7	23	28	82.1
>7	20	61	32.8	>7	9	23	39.1
≤7.5	50	94	53.2	≤7.5	32	47	68.1
>7.5	5	20	25.0	>7.5	0	4	0.00
≤8	54	112	48.2				
>8	1	2	50.0				

Tabell E.18: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier for pH. Alle minirenseanlegg.

Total fosfor				BOF ₅			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
5.0-5.5	10	23	43.5	5.0-5.5	19	23	82.6
5.5-6.0	15	31	48.4	5.5-6.0	20	23	87.0
6.0-6.5	22	69	31.9	6.0-6.5	43	51	84.3
6.5-7.0	65	185	35.1	6.5-7.0	123	140	87.9
7.0-7.5	64	234	27.4	7.0-7.5	154	208	74.0
7.5-8.0	18	103	17.5	7.5-8.0	61	97	62.9
8.0-8.5	3	13	23.1	8.0-8.5	2	5	40.0

Tabell E.19: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤6	4	7	57.1	≤6	1	1	100
>6	9	20	45.0	>6	4	8	50.0
≤7	8	12	66.7	≤7	3	3	100
>7	5	15	33.3	>7	2	6	33.3

Tabell E.20: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤6	6	10	60.0	≤6	6	6	100
>6	26	62	41.9	>6	15	29	51.7
≤7	22	34	64.7	≤7	17	22	77.3
>7	10	38	26.3	>7	4	13	30.8

Tabell E.21: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg hvor det tilsettes pereddiksyre i utløpet (Odin-anlegg).

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤6	2	3	66.7	≤6	1	1	100
>6	11	32	34.4	>6	4	10	40.0
≤7	7	11	63.6	≤7	5	5	100
>7	4	22	18.2	>7	1	8	12.5

Tabell E.22: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg hvor det tilsettes H₂O₂ i utløpet.

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤6	4	8	50.0	≤6	5	5	100
>6	17	33	51.5	>6	11	19	57.9
≤7	14	23	60.9	≤7	13	18	72.2
>7	7	18	38.9	>7	3	6	50.0

Tabell E.23: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.

<i>E. coli</i>				<i>I. enterokokker</i>			
pH	OK	Total	% OK	pH	OK	Total	% OK
≤6	2	2	100	≤6	1	1	100
>6	6	8	75.0	>6	4	5	80.0
≤7	4	4	100	≤7	2	2	100
>7	4	6	66.7	>7	3	4	75.0

Tabell E.24: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg uten hygienisering.

<i>E. coli</i>			
pH	OK	Total	% OK
≤5	8	11	72.7
>5	43	123	35.0
≤6	14	24	58.3
>6	37	110	33.3
≤6.5	17	32	53.1
>6.5	34	102	33.3
≤7	32	65	49.2
>7	19	69	27.5
≤7.5	45	107	42.1
>7.5	6	27	22.2
≤8	51	128	60.2
>8	0	6	0.00

E.5 Temperatur

Tabell E.25: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for temperatur. Minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK	Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤10	3	2	5	60.0	≤10	2	1	3	66.7
>10	28	28	56	50.0	>10	26	14	40	65.0
≤15	13	13	26	50.0	≤15	11	7	18	61.1
>15	18	17	35	51.4	>15	17	8	25	68.0
≤20	27	25	52	51.9	≤20	21	14	35	60.0
>20	4	5	9	44.4	>20	7	1	8	87.5

Tabell E.26: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med hygieniseringsfiltre.

<i>E. coli</i>					<i>I. enterokokker</i>				
Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK	Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤10	1	1	2	50.0	≤10	0	1	1	0.00
>10	4	6	10	40.0	>10	4	3	7	57.1
≤15	2	3	5	40.0	≤15	2	2	4	50.0
>15	3	4	7	42.9	>15	2	2	4	50.0
≤20	4	5	9	44.4	≤20	3	3	6	50.0
>20	0	2	2	0.00	>20	1	1	2	50.0

Tabell E.27: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med kjemisk hygienisering.

<i>E. coli</i>					I. enterokokker				
Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK	Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤10	2	1	3	66.7	≤10	2	0	2	100
>10	18	20	38	47.4	>10	16	10	26	61.5
≤15	8	10	18	44.4	≤15	7	5	12	58.3
>15	12	11	23	52.2	>15	11	5	16	68.8
≤20	19	18	37	51.4	≤20	16	10	26	61.5
>20	1	1	2	50.0	>20	2	0	2	100

Tabell E.28: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg med UV som hygienisering.

<i>E. coli</i>					I. enterokokker				
Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK	Temp. (°C)	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤10	-	-	-	-	≤10	-	-	-	-
>10	5	2	7	71.4	>10	5	1	6	83.3
≤15	3	0	3	100	≤15	2	0	2	100
>15	2	2	4	50.0	>15	3	1	4	75.0
≤20	3	0	3	100	≤20	2	1	3	66.7
>20	2	2	4	50.0	>20	3	0	3	100

Tabell E.29: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for pH. Minirenseanlegg uten hygienisering.

<i>E. coli</i>			
Temp. (°C)	OK	Total	% OK
≤10	-	-	-
>10	3	4	75.0
≤15	1	1	100
>15	2	3	66.7
≤20	2	3	66.7
>20	1	1	100

E.6 Dimensjonert pe

Tabell E.30: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike verdier for dimensjonert pe. Alle minirenseanlegg.

Fosfor					BOF ₅				
Dim. pe	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dim. pe	OK	Ikke OK	Total	% OK
1-5	127	321	448	28.3	1-5	264	89	353	74.8
6-10	70	164	234	29.9	6-10	178	39	217	82.0
11-15	7	26	33	21.2	11-15	23	5	28	82.1
16-20	5	16	21	23.8	16-20	14	4	18	77.8
21-48	10	20	30	33.3	21-48	23	1	24	95.8

Tabell E.31: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike verdier for dimensjonert pe. Minirenseanlegg med hygienisering.

<i>E.coli</i>					I. enterokokker				
Dim. pe	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dim. pe	OK	Ikke OK	Total	% OK
1-5	36	36	72	50.0	1-5	17	10	27	70.0
6-10	18	21	39	46.2	6-10	14	6	20	70.0
11-15	3	2	5	60.0	11-15	3	0	3	100
16-20	0	3	3	0.00	16-20	0	2	2	0.00
21-48	3	2	5	60.0	21-48	0	1	1	0.00

E.7 Dim. pe/pers. tilkn. eiendommen

Merk at dim. pe/pers. tilkn. < 1 , betyr at anlegget teoretisk sett er underdimensjonert / overbelastet.

Tabell E.32: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, ved ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget. Alle minirenseanlegg.

Total fosfor					BOF ₅				
Dim pe./ pers. tilkn.	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dim pe./ pers. tilkn.	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤ 0.5	1	2	3	33.3	≤ 0.5	3	0	3	100
> 0.5	154	381	535	28.8	> 0.5	351	103	454	77.3
≤ 1	10	59	69	14.5	≤ 1	34	24	58	58.6
> 1	145	324	469	30.9	> 1	320	79	399	80.2
≤ 2	71	209	280	25.4	≤ 2	180	59	239	75.3
> 2	84	174	258	32.6	> 2	174	44	218	79.8
≤ 5	145	365	510	28.4	≤ 5	326	101	427	76.3
> 5	10	18	28	35.7	> 5	28	2	30	93.3

Tabell E.33: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, ved ulike grenseverdier for antatt belastning på anlegget. Mini-renseanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>					I. enterokokker				
Dim pe./ pers. tilkn.	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dim pe./ pers. tilkn.	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤ 0.5	-	-	-	-	≤ 0.5	-	-	-	-
> 0.5	44	45	89	49.4	> 0.5	26	11	37	70.3
≤ 1	4	6	10	40.0	≤ 1	1	2	3	33.3
> 1	40	39	79	50.6	> 1	25	9	34	73.5
≤ 2	23	30	53	43.4	≤ 2	16	7	23	69.6
> 2	21	15	36	58.3	> 2	10	4	14	71.4
≤ 5	39	43	82	47.6	≤ 5	24	10	34	70.6
> 5	5	2	7	71.5	> 5	2	1	3	66.7

E.8 Tid siden tømning ved prøvetakingstidspunkt

Tabell E.34: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav for næringsstoffer, inndelt etter hvor lenge siden det var siden anlegget ble tømt ved prøvetakingstidspunkt. Alle minirensesanlegg.

Total fosfor					BOF ₅				
Dager siden tømning*	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dager siden tømning*	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤1 md	37	59	96	38.5	≤1 md	50	16	66	75.8
1-3 md	37	93	130	28.5	1-3 md	78	15	93	83.9
3-6 md	45	94	139	32.4	3-6 md	86	29	115	74.8
6 md-1 år	58	159	217	26.7	6 md-1 år	151	47	198	76.3
1-2 år	9	35	44	20.5	1-2 år	25	7	32	78.1
>2 år	9	32	41	22.0	>2 år	30	5	35	85.7

* ved prøvetaking

Tabell E.35: Antall og andel utløpsverdier under rensekrav/grenseverdi for indikatorbakterier, inndelt etter hvor lenge siden det var siden anlegget ble tømt ved prøvetakingstidspunkt. Minirensesanlegg med hygienisering.

<i>E. coli</i>					I. enterokokker				
Dager siden tømning*	OK	Ikke OK	Total	% OK	Dager siden tømning*	OK	Ikke OK	Total	% OK
≤1 md	8	5	13	61.5	≤1 md	6	3	9	66.7
1-3 md	8	5	13	61.5	1-3 md	4	2	6	66.7
3-6 md	8	13	21	38.1	3-6 md	5	3	8	62.5
6 md-1 år	26	10	46	56.5	6 md-1 år	13	9	22	59.1
1-2 år	2	4	6	33.3	1-2 år	2	1	3	66.7
>2 år	4	1	5	80.0	>2 år	3	0	3	100

* ved prøvetaking

F Feltstudie

F.1 Analyseresultater

Tabell F.1: Analyseresultater for anlegg K1

Dato	01.08	07.08	14.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	1 900	> 24 200	2 500	4 900	>24 000	2 500	[MPN/100 ml]
I. ent	680	-	34	420	260	>1 500	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	480	100	19	<1	-	25	[cfu/100 ml]
Turb.	23.3	19.36	5.35	10.34	10.59	23.7	[NTU]
Tot-P	0.55	1 300	0.10	0.51	0.33	0.69	[mg/l]
BOF ₅	16	r42	11	13	15	33	[mg/l]
Nitrat	24	6.3	8.0	56	-	17	[μg/l]
Nitritt	29	<2	45	150	-	<2	[μg/l]
pH	6.6	6.9	6.9	7.0	7.0	7.1	[pH]
Temp.	17.7	10.4	18.4	18.0	17.0	14.2	[°C]

Tabell F.2: Analyseresultater for anlegg K2

Dato	01.08	07.08	14.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	1 100	8 700	2 500	20 000	>24 000	<1	[MPN/100 ml]
I. ent	1 400	-	>1 500	>1 500	420	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	750	<1	<1	<1	-	8	[cfu/100 ml]
Turb.	11.06	14.41	22.1	16.20	12.70	4.63	[NTU]
Tot-P	4.9	590	7.7	11	9.0	1.0	[mg/l]
BOF ₅	11	19	38	21	13	17	[mg/l]
Nitrat	4 000	2 300	<5	1 100	-	270	[μg/l]
Nitritt	190	160	<2	1 900	-	470	[μg/l]
pH	7.0	7.5	7.2	7.3	7.5	7.0	[pH]
Temp.	16.4	16.2	15.2	15.5	14.5	13.6	[°C]

Tabell F.3: Analyseresultater for anlegg K3

Dato	01.08	07.08	14.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	4 900	370	2 500	12 000	-	16	[MPN/100 ml]
I. ent	280	-	>1 500	290	-	5	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	>1 500	200	1 000	<1	-	26	[cfu/100 ml]
Turb.	28.6	5.53	18.21	35.6	48.6	14.91	[NTU]
Tot-P	7.9	6.4	7.7	6.6	-	5.6	[mg/l]
BOF ₅	13	6.5	34	16	-	19	[mg/l]
Nitrat	260	15	<5	<5	-	81	[μg/l]
Nitritt	1 100	130	<2	<2	-	160	[μg/l]
pH	7.4	7.6	7.2	7.5	7.6	7.2	[pH]
Temp.	20.5	21.1	18.2	20.7	18.0	18.6	[°C]

Tabell F.4: Analyseresultater for anlegg K4

Dato	01.08	08.08	15.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	2 400	6 900	> 24 200	4 600	9 200	640	[MPN/100 ml]
I. ent	12	500	120	24	>1 500	8	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	110	1	4	<1	-	39	[cfu/100 ml]
Turb.	64.0	2.26	1.71	3.04	2.85	7.00	[NTU]
Tot-P	2.6	0.17	0.13	0.085	0.16	0.056	[mg/l]
BOF ₅	11	<3	<3	3.1	3.7	<3	[mg/l]
Nitrat	3600	8 000	26 000	14 000	-	11 000	[μg/l]
Nitritt	150	300	970	830	-	340	[μg/l]
pH	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	6.7	[pH]
Temp.	16.8	16.4	16.2	16.4	15.5	14.2	[°C]

Tabell F.5: Analyseresultater for anlegg U1

Dato	01.08	08.08	15.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	390	260	<1	440	74	<1	[MPN/100 ml]
I. ent	40	28	<1	170	380	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	650	580	5	70	96	11	[cfu/100 ml]
Turb.	8.86	15.34	7.41	16.45	9.91	5.75	[NTU]
Tot-P	3.4	6.8	4.1	4.7	5.1	5.9	[mg/l]
BOF ₅	7.7	20	17	7.3	11	4.9	[mg/l]
Nitrat	11 000	8 300	9 500	25 000	9 500	16 000	[μg/l]
Nitritt	69	76	420	540	62	170	[μg/l]
pH	7.5	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5	[pH]
Temp.	18.9	19.4	17.5	18.0	17.5	17.3	[°C]

Tabell F.6: Analyseresultater for anlegg U2

Dato	01.08	08.08	15.08	04.09	19.09	03.10	
Ukenr	1	2	3	6	8	10	
<i>E. coli</i>	6 900	9 100	1 600	<1	<1	240	[MPN/100 ml]
I. ent	>1 500	>1 500	>1 500	18	<1	15	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	>1 500	>1 500	> 1 500	100	4	>1 500	[cfu/100 ml]
Turb.	10.38	33.0	25.3	5.63	4.68	6.31	[NTU]
Tot-P	9.3	10	4.0	1.3	0.58	1.0	[mg/l]
BOF ₅	7.6	21	10	3.6	4.4	7.5	[mg/l]
Nitrat	8 500	11 000	8 500	15 000	14 000	7 800	[μg/l]
Nitritt	47	82	41	120	81	47	[μg/l]
pH	7.3	7.1	7.0	7.1	6.7	6.8	[pH]
Temp.	16.5	16.8	16.7	17.1	15.3	14.2	[°C]

Tabell F.7: Analyseresultater for anlegg U3

Dato	07.08	03.10	17.10	
Ukenr	2	10	12	
<i>E. coli</i>	120	1 100	17 300	[MPN/100 ml]
I. ent	> 1 500	40	970	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	-	>1 500	700	[cfu/100 ml]
Turb.	36.5	13.16	29.6	[NTU]
Tot-P	3 300	17	14	[mg/l]
BOF ₅	42	14	29	[mg/l]
Nitrat	2 500	8 900	7 300	[μg/l]
Nitritt	76	58	67	[μg/l]
pH	7.3	6.9		[pH]
Temp.	19.1	16.9	16.0	[°C]

Tabell F.8: Analyseresultater for anlegg U4

Dato	08.08	14.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	2	3	7	9	11	
<i>E. coli</i>	110	23	7	248	160	[MPN/100 ml]
I. ent	<1	<1	<1	4	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	3	1	5	12	4	[cfu/100 ml]
Turb.	3.21	2.48	3.84	4.68	7.19	[NTU]
Tot-P	0.25	0.13	0.28	0.31	0.85	[mg/l]
BOF ₅	<3	<3	<3	<3	<3	[mg/l]
Nitrat	11 000	11 000	14 000	28 000	30 000	[μg/l]
Nitritt	43	15	2.3	<2	<2	[μg/l]
pH	7.3	4.8	4.3	4.5	3.7	[pH]
Temp.	18.14	18.0	16.4	15.8	13.2	[°C]

Tabell F.9: Analyseresultater for anlegg W1

Dato	04.08	15.08	12.09	26.09	10.10	17.10	
Ukenr	1	3	7	9	11	12	
<i>E. coli</i>	2 400	1 300	120	17	820	47	[MPN/100 ml]
I. ent	-	11	40	2	<1	1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	2	100	15	1	4	5	[cfu/100 ml]
Turb.	7.14	35.0	11.27	1.05	34.8	13.11	[NTU]
Tot-P	0.12	0.22	0.04	0.011	0.26	0.066	[mg/l]
BOF ₅	76	<3	<3	<3	40	9.4	[mg/l]
Nitrat	20 000	21 000	1 500	4 900	7 300	7 000	[μg/l]
Nitritt	72	90	2.8	2.2	36	4.3	[μg/l]
pH	6.4	6.9	6.1	7.1	6.3	-	[pH]
Temp.	-	-	16.2	14.8	13	10.9	[°C]

Tabell F.10: Analyseresultater for anlegg W2

Dato	04.08	14.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	1	3	7	9	11	
<i>E. coli</i>	93	2 900	260	57	52	[MPN/100 ml]
I. ent	-	4	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	<1	1	9	<1	<1	[cfu/100 ml]
Turb.	5.71	2.17	105	36.0	15.4	[NTU]
Tot-P	0.34	0.40	1.1	0.74	0.8	[mg/l]
BOF ₅	16	<3	8.7	6.0	5.4	[mg/l]
Nitrat	8 100	910	59	90	87	[μg/l]
Nitritt	120	70	19	26	24	[μg/l]
pH	6.6	6.5	6.9	7.1	7.8	[pH]
Temp.	-	20.1	11.9	15.5	14.1	[°C]

Tabell F.11: Analyseresultater for anlegg W3

Dato	04.08	14.08	12.09	19.09	03.10	17.10	
Ukenr	1	3	7	8	10	12	
<i>E. coli</i>	43	<1	>24 000	24 000	1 800	16	[MPN/100 ml]
I. ent	-	<1	>1 500	>1 500	>1 500	61	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	130	130	>1 500	>1 500	>1 500	>1 500	[cfu/100 ml]
Turb.	3.35	0.32	41.3	63.9	32.3	34.1	[NTU]
Tot-P	0.52	2.6	2.9	3.9	2.1	2.1	[mg/l]
BOF ₅	15	<3	100	55	58	26	[mg/l]
Nitrat	91 000	90 000	20	12	29	110 000	[μg/l]
Nitritt	57	<2	<2	<2	<2	110	[μg/l]
pH	4.4	3.8	6.7	7.3	6.9	-	[pH]
Temp.	-	-	-	-	24	15.2	[°C]

Tabell F.12: Analyseresultater for anlegg W4

Dato	07.08	14.08	12.09	19.09	03.10	17.10	
Ukenr	2	3	7	8	10	12	
<i>E. coli</i>	-	990	7 700	9 800	>24 000	1 870	[MPN/100 ml]
I. ent	-	15	<1	2	80	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	-	540	<1	<1	40	130	[cfu/100 ml]
Turb.	-	2.80	20.0	32.9	223	62.5	[NTU]
Tot-P	-	0.40	0.26	0.39	55	0.51	[mg/l]
BOF ₅	-	7.1	180	170	460	79	[mg/l]
Nitrat	-	22 000	21	12	33 000	7 300	[μg/l]
Nitritt	-	1 100	<2	<2	<2	170	[μg/l]
pH	-	6.9	6.2	6.5	6.5	-	[pH]
Temp.	-	16.8	-	16.5	26.4	13.2	[°C]

Tabell F.13: Analyseresultater for anlegg F1

Dato	02.08	08.08	15.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	1	2	3	7	8	11	
<i>E. coli</i>	<1	2	<1	<1	<1	<1	[MPN/100 ml]
I. ent	<1	2	62	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
Turb.	1.47	0.66	0.00	0.07	0.76	0.79	[NTU]
Tot-P	0.14	0.18	0.18	0.10	0.11	0.12	[mg/l]
BOF ₅	<3	<3	<3	<3	<3	<3	[mg/l]
Nitrat	7 200	5 200	5 500	2 000	2 500	1 700	[μg/l]
Nitritt	<2	160	92	73	54	10	[μg/l]
pH	8.0	7.1	7.6	7.6	7.7	6.7	[pH]

Tabell F.14: Analyseresultater for anlegg F2

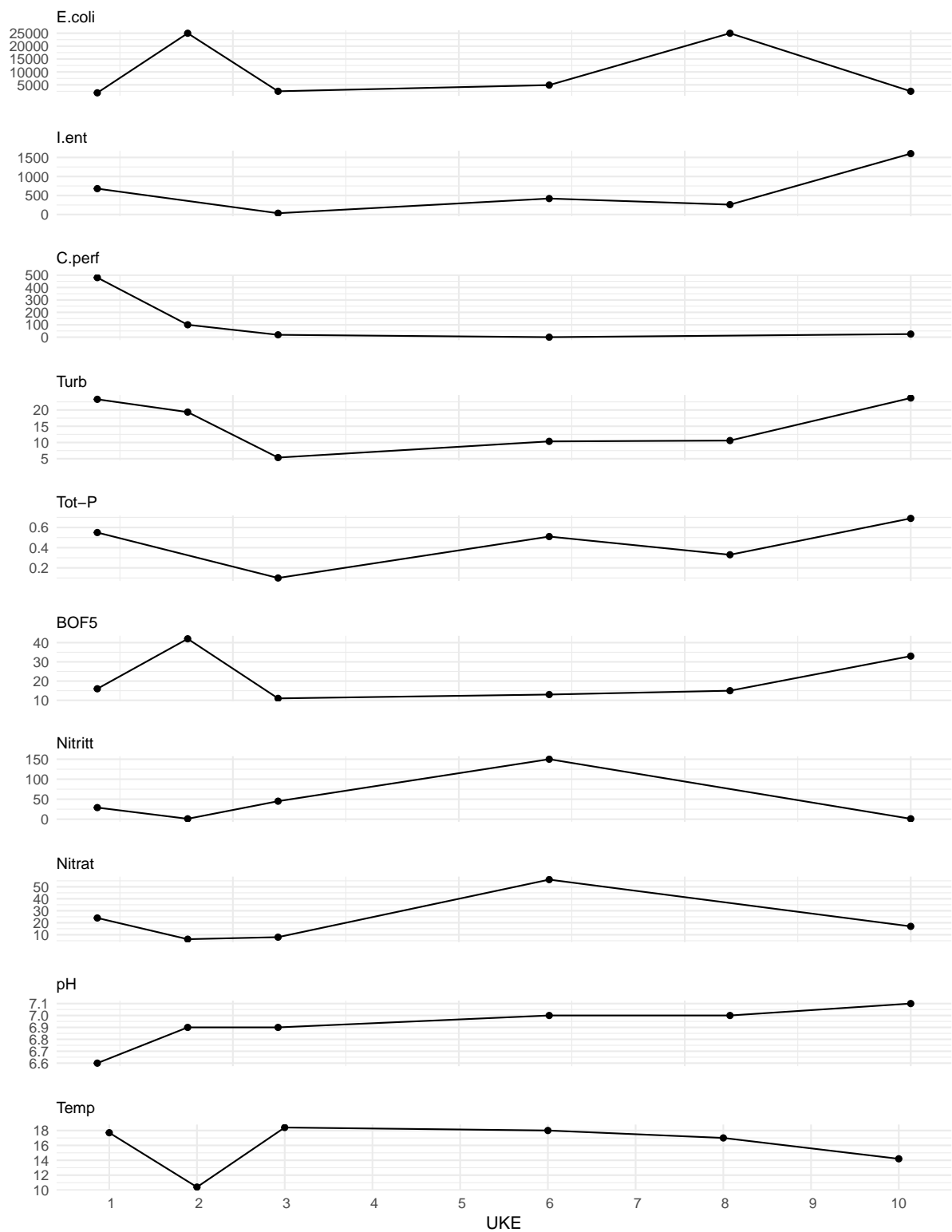
Dato	02.08	08.08	15.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	1	2	3	7	9	11	
<i>E. coli</i>	2	4	3	4	51	8	[MPN/100 ml]
I. ent	15	18	6	<1	<1	<1	[MPN/100 ml]
<i>C. perf</i>	<1	2	<1	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
Turb.	10.71	5.67	2.14	4.18	8.58	9.21	[NTU]
Tot-P	1.8	1.7	1.9	1.2	1.4	1.5	[mg/l]
BOF ₅	3.1	<3	<3	<3	<3	<3	[mg/l]
Nitrat	110	38	90	1 100	740	550	[μg/l]
Nitritt	74	69	88	190	120	130	[μg/l]
pH	8.5	7.9	8.1	7.9	8.1	7.2	[pH]

Tabell F.15: Analyseresultater for anlegg F3

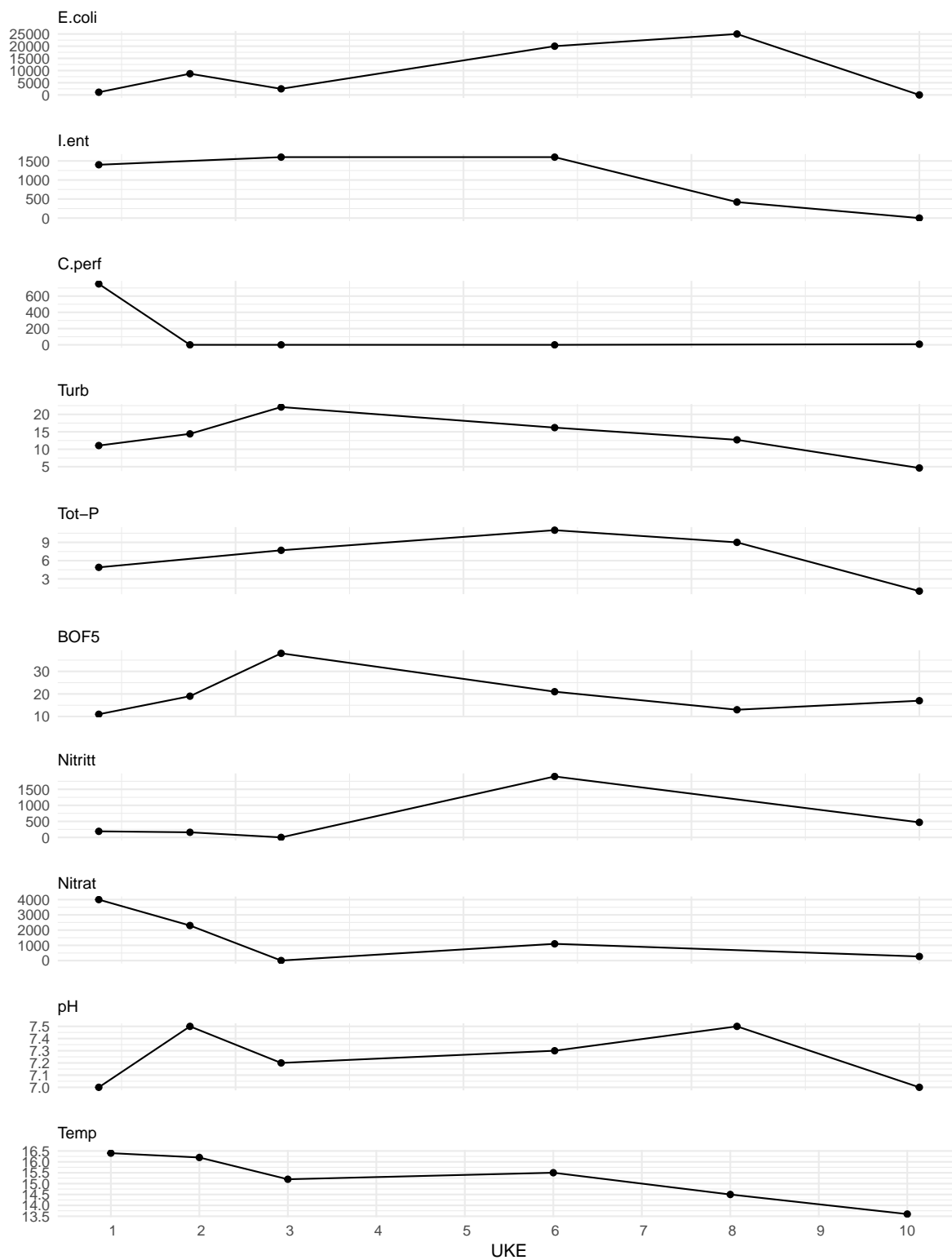
Dato	02.08	08.08	15.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	1	2	3	7	9	11	
<i>E. coli</i>	<1	2	5	1	1	1	[MPN/100 ml]
I. ent	<1	<1	<1	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	[cfu/100 ml]
Turb.	5.29	2.93	2.67	6.73	15.34	13.67	[NTU]
Tot-P	2.1	1.7	1.6	1.1	1.4	1.6	[mg/l]
BOF ₅	3.5	<3	<3	<3	3.0	<3	[mg/l]
Nitrat	14	120	580	1 300	1 500	810	[μg/l]
Nitritt	3.3	17	60	130	120	160	[μg/l]
pH	7.9	7.3	7.5	7.5	7.7	6.7	[pH]

Tabell F.16: Analyseresultater for anlegg F4

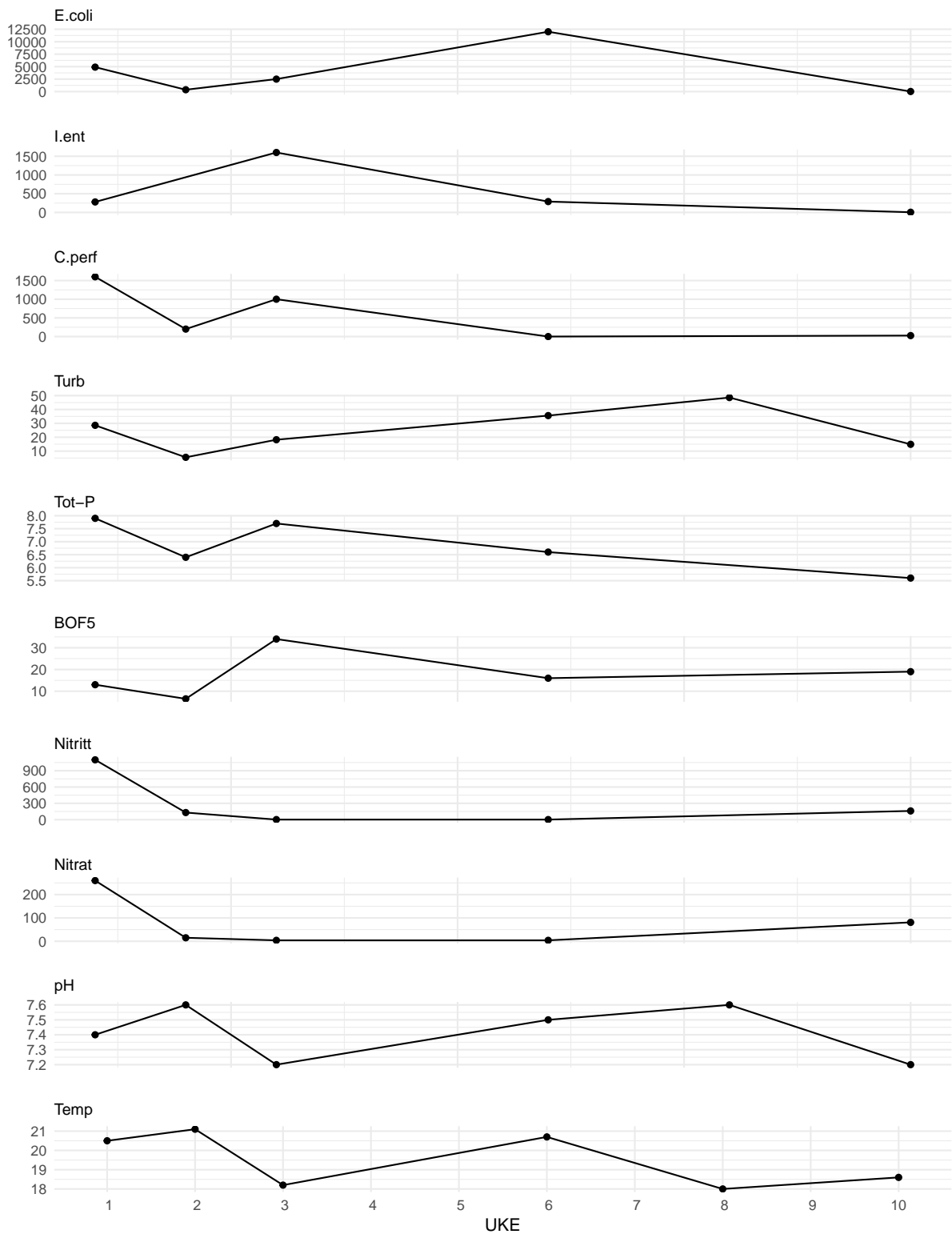
Dato	02.08	08.08	15.08	12.09	26.09	10.10	
Ukenr	1	2	3	7	9	11	
<i>E. coli</i>	1	<1	2	<1	1	2	[MPN/100 ml]
I. ent	65	52	140	30	65	540	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	<1	6	8	<1	5	<1	[cfu/100 ml]
Turb.	7.09	5.19	6.19	5.86	68.3	19.3	[NTU]
Tot-P	1.5	2.2	1.7	1.5	1.6	1.7	[mg/l]
BOF ₅	12	41	15	12	12	3.3	[mg/l]
Nitrat	17	<5	17	15	<5	890	[μg/l]
Nitritt	5.2	<2	<2	<2	<2	120	[μg/l]
pH	8.4	7.9	7.7	7.9	8.0	7.5	[pH]



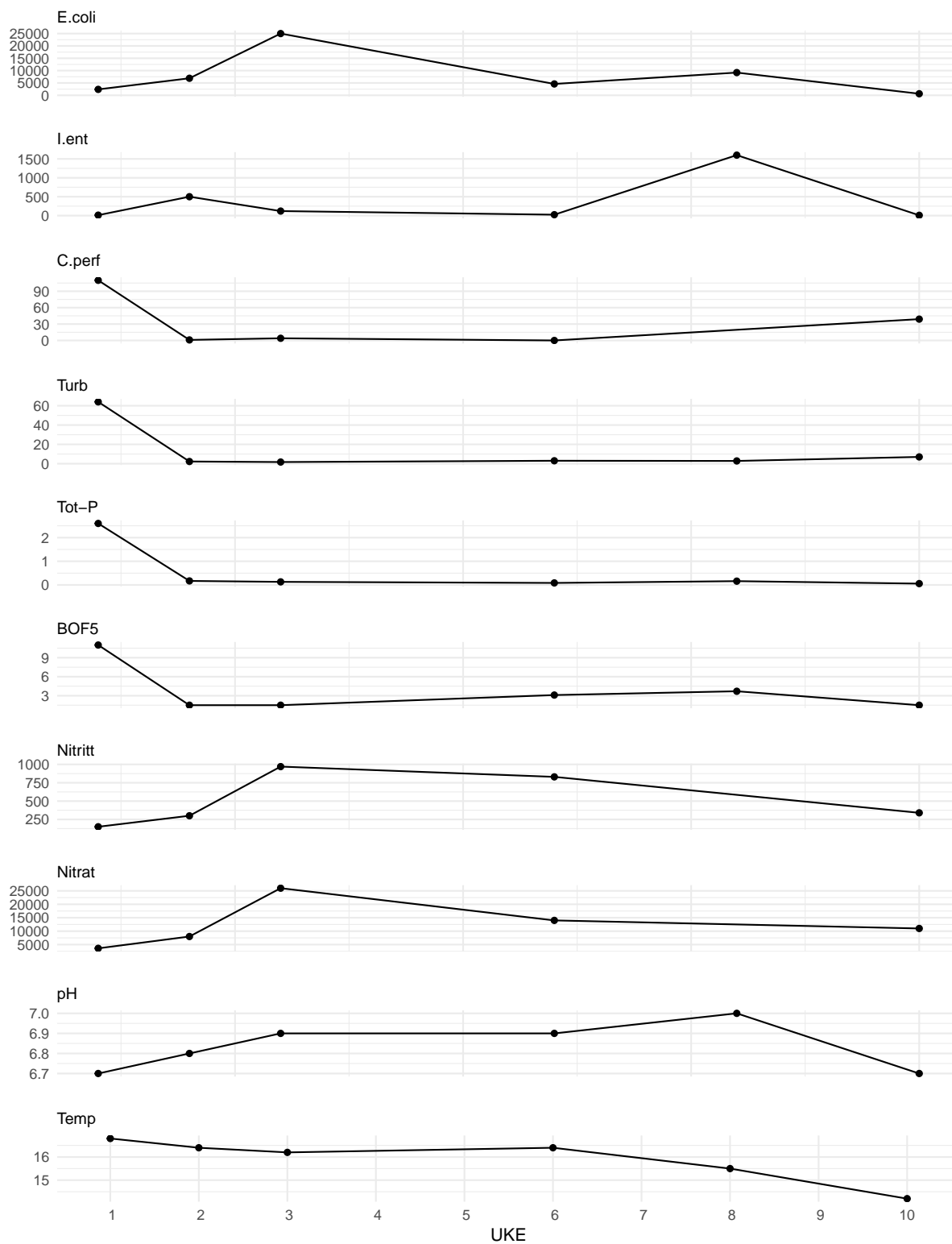
Figur F.1: Analyseresultater for anlegg K1



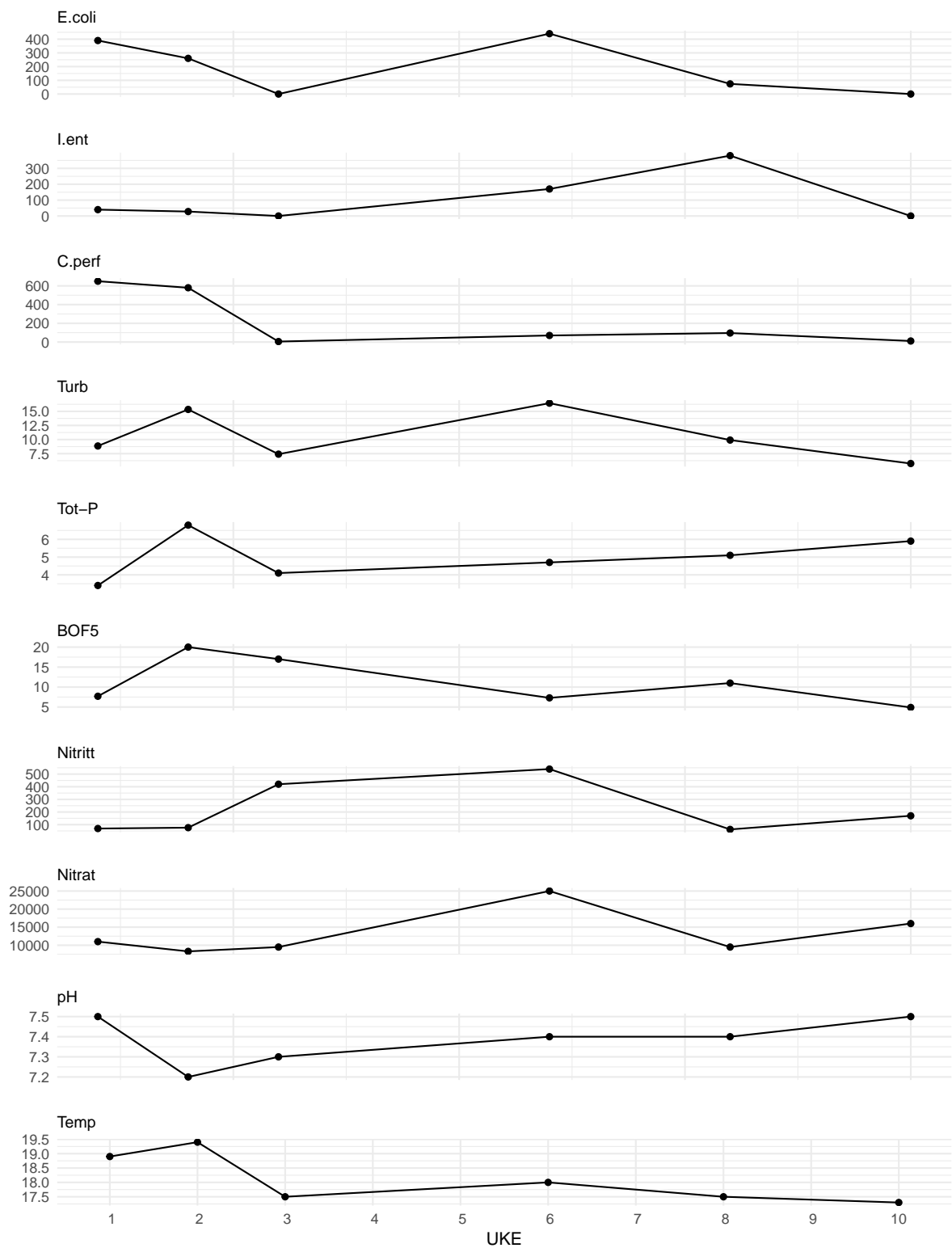
Figur F.2: Analyseresultater for anlegg K2



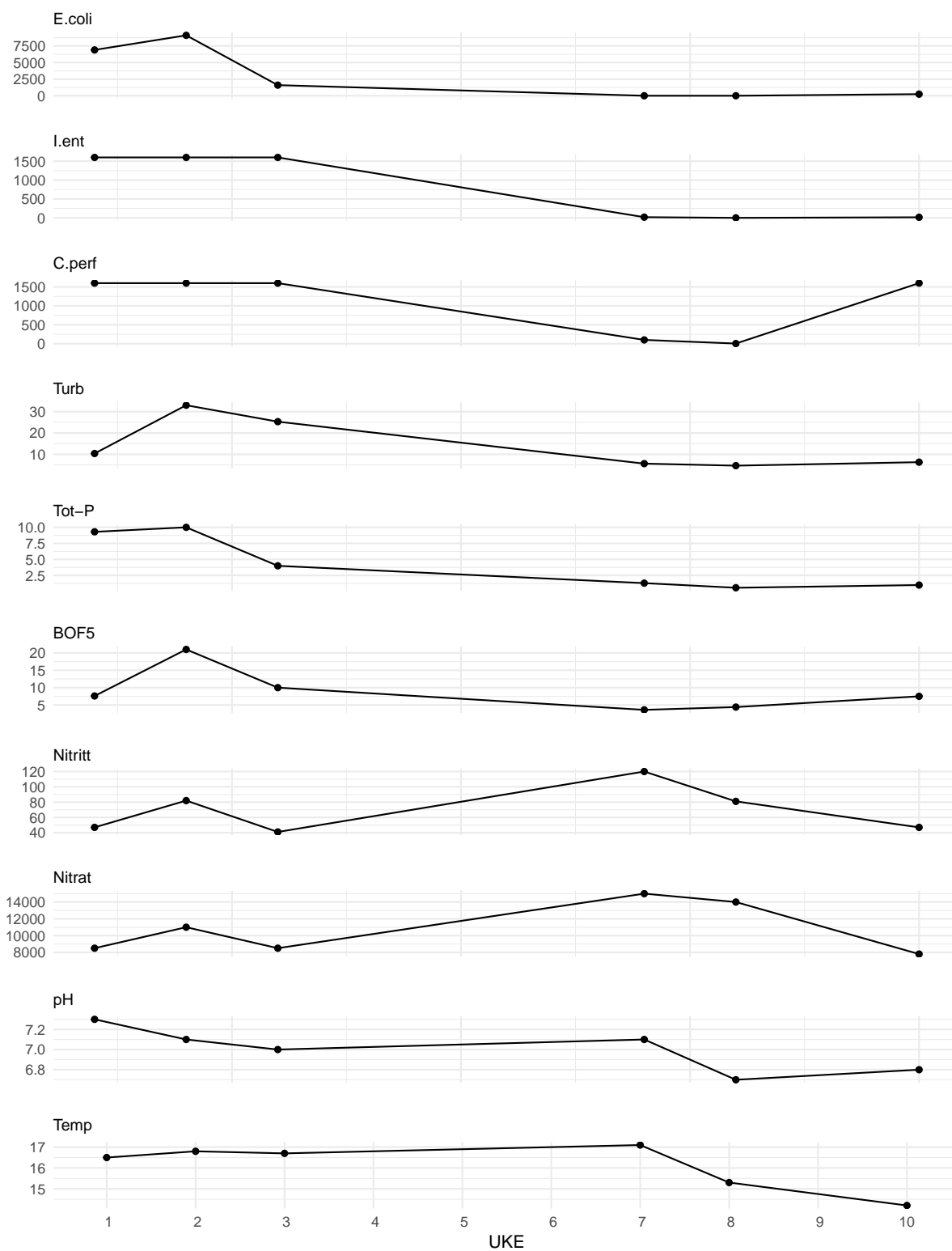
Figur F.3: Analyseresultater for anlegg K3



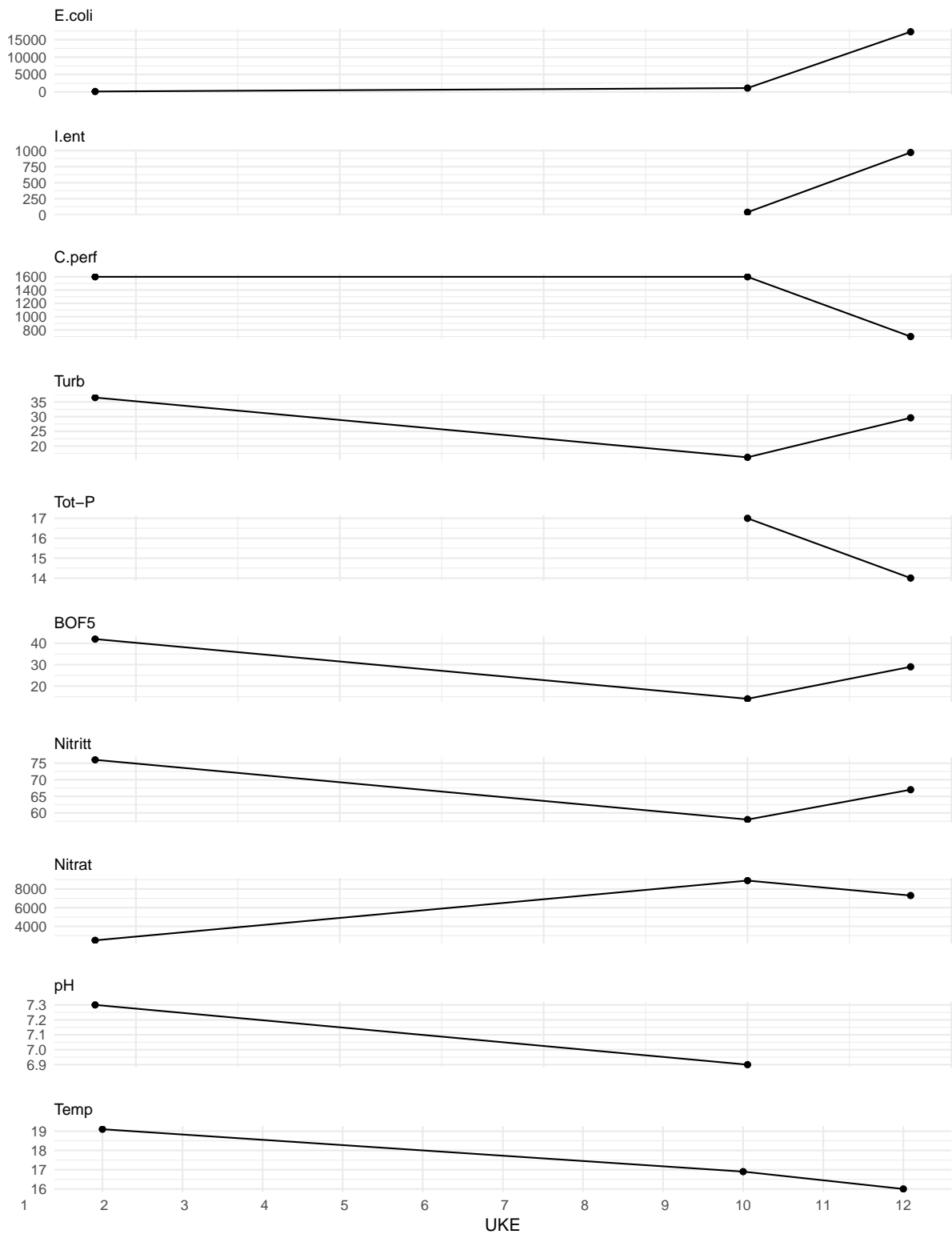
Figur F.4: Analyseresultater for anlegg K4



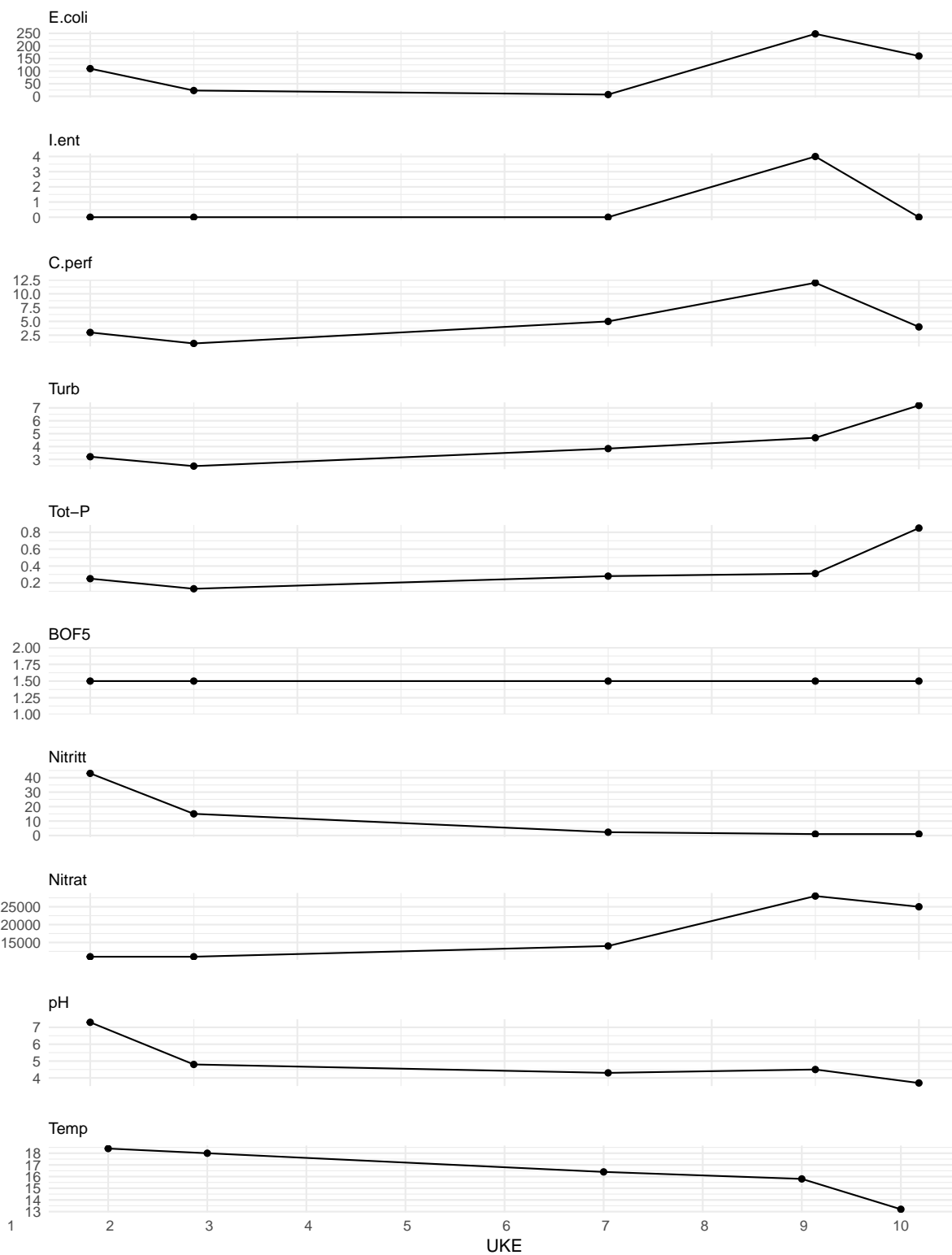
Figur F.5: Analyseresultater for anlegg U1



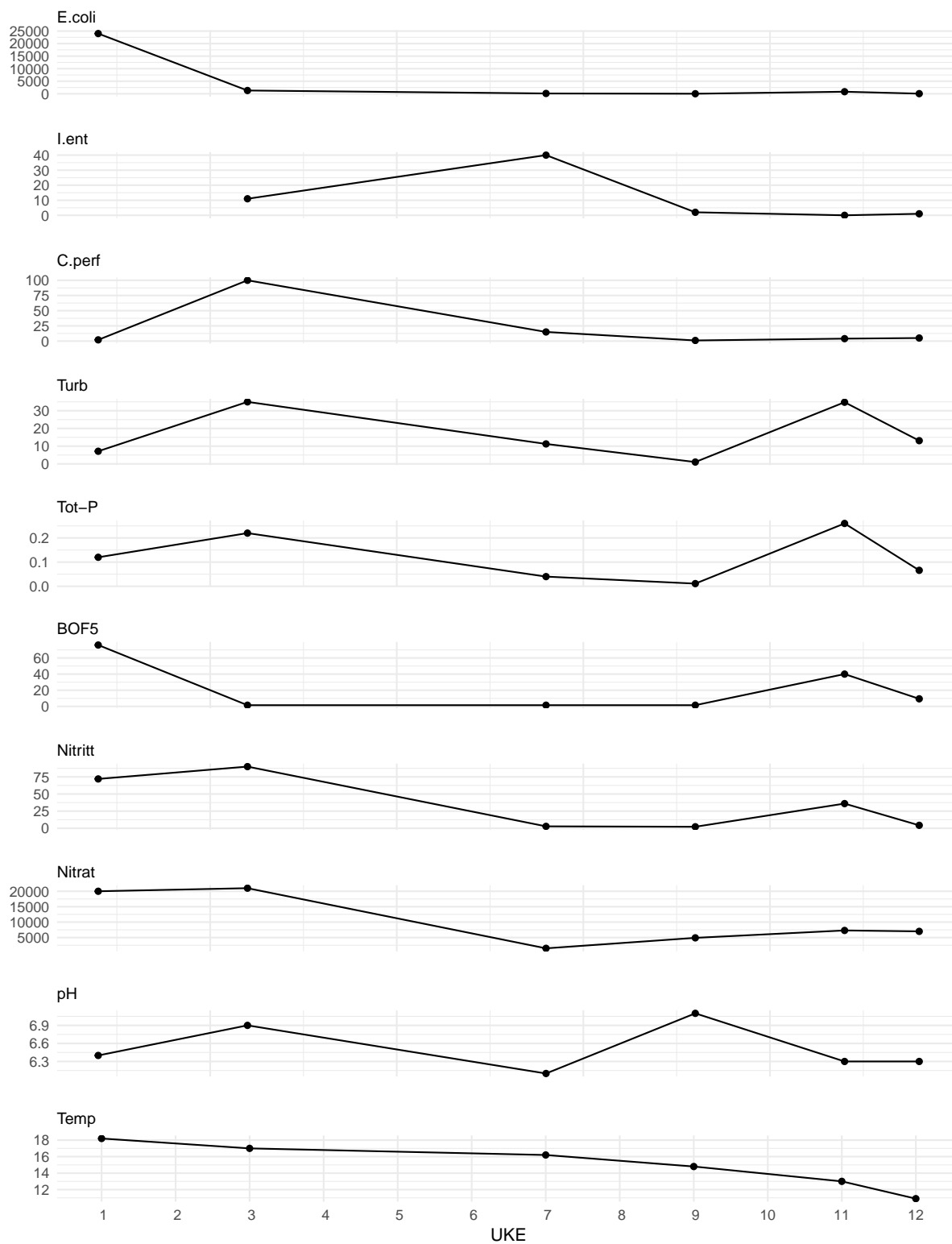
Figur F.6: Analyseresultater for anlegg U2



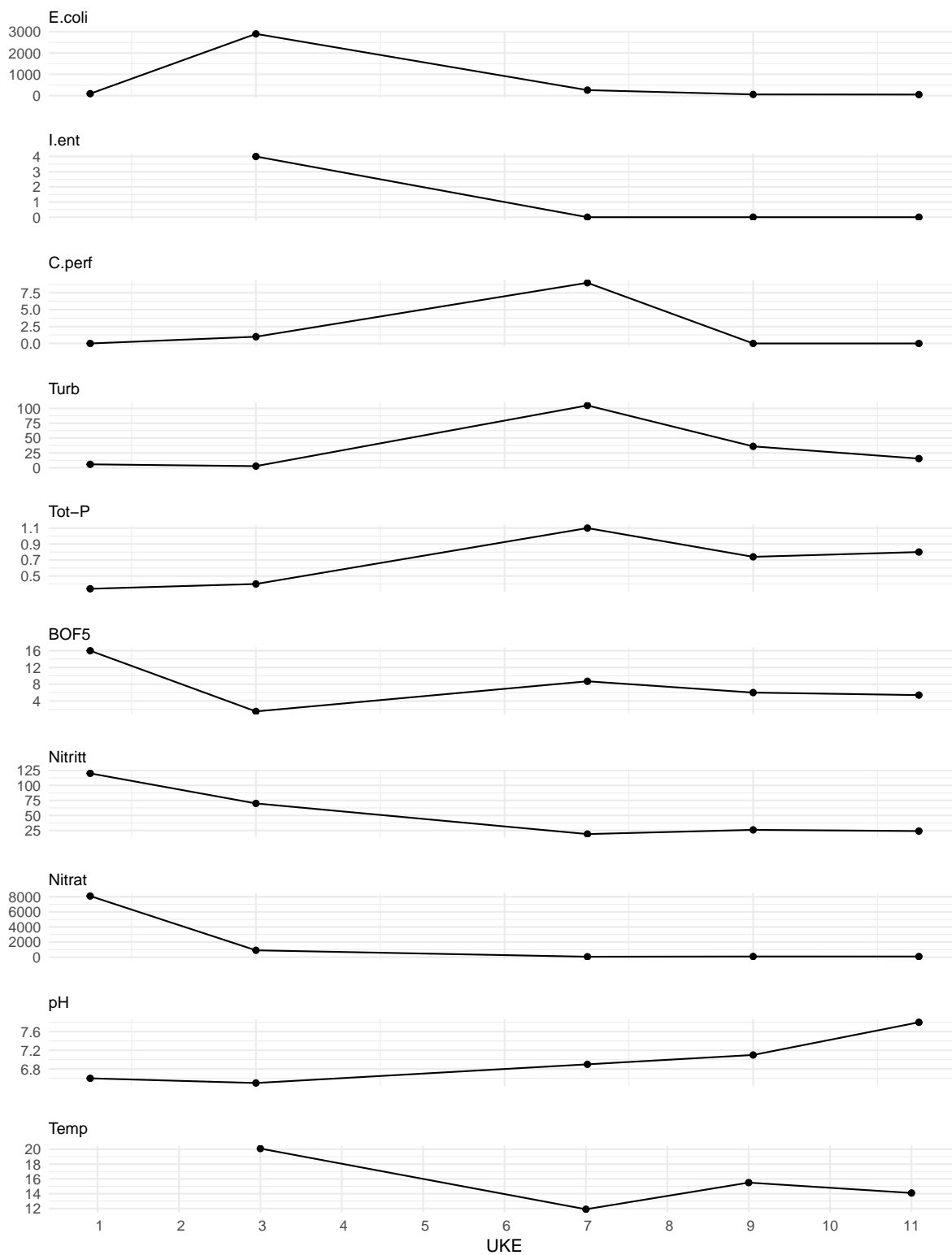
Figur F.7: Analyseresultater for anlegg U3



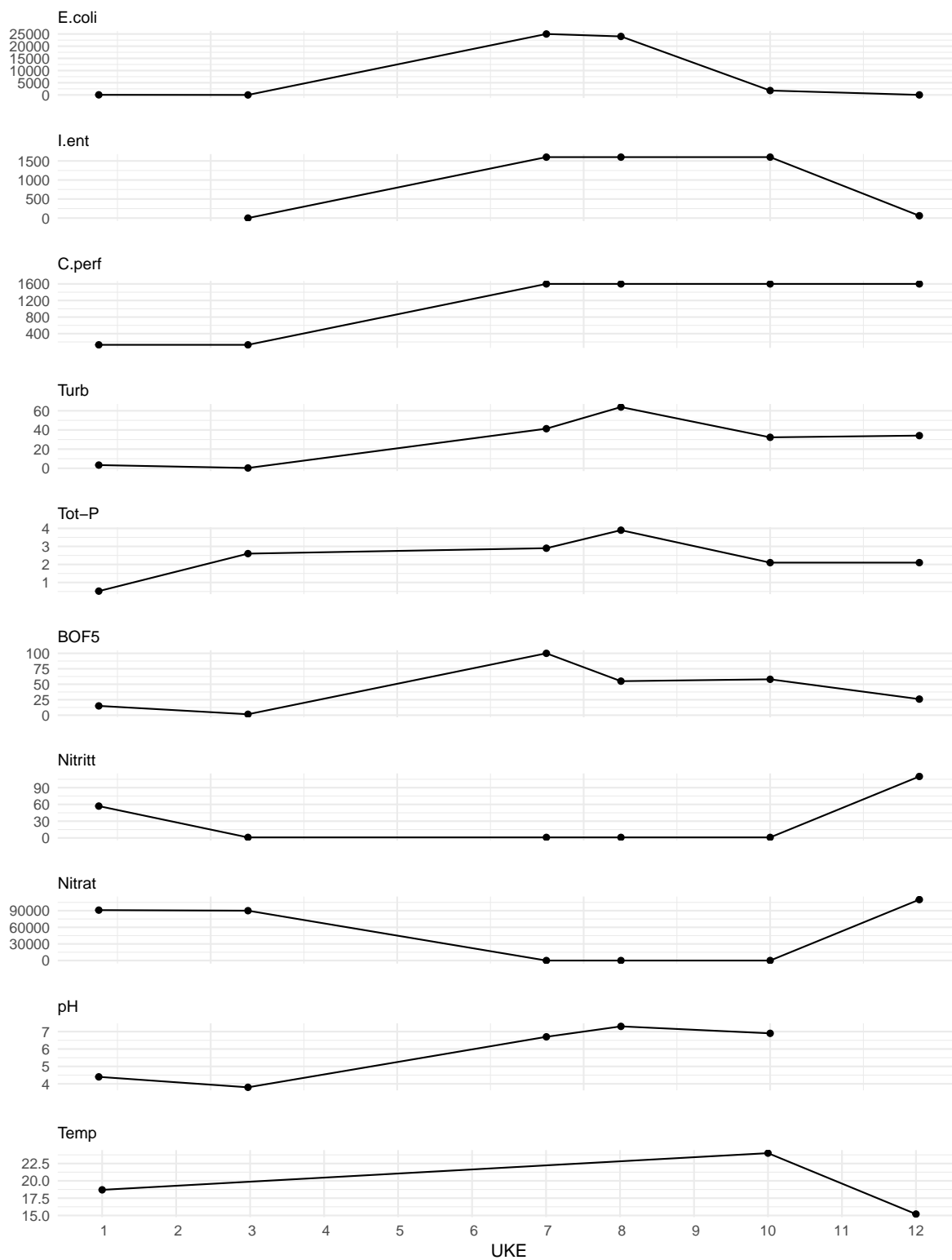
Figur F.8: Analyseresultater for anlegg U4



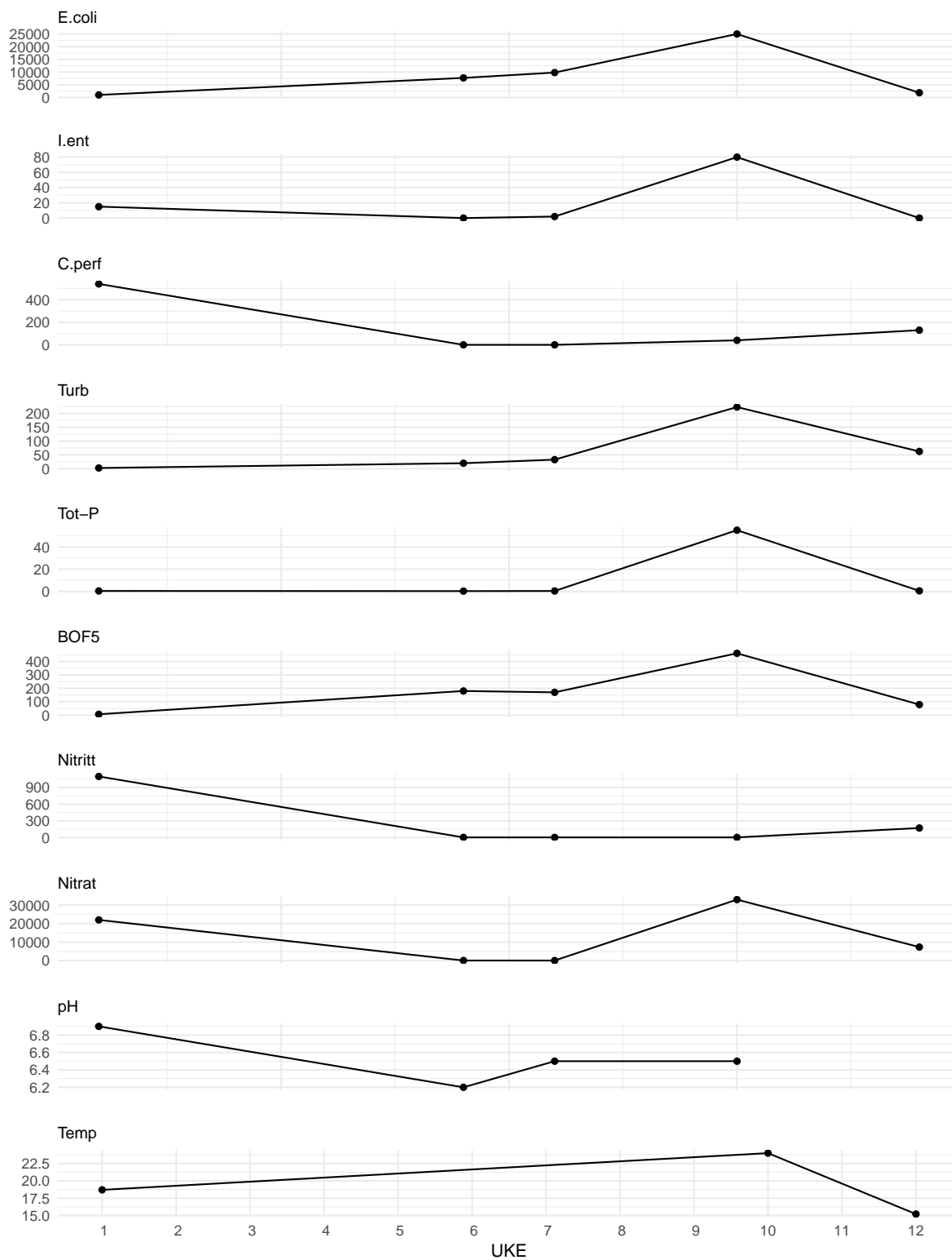
Figur F.9: Analyseresultater for anlegg W1



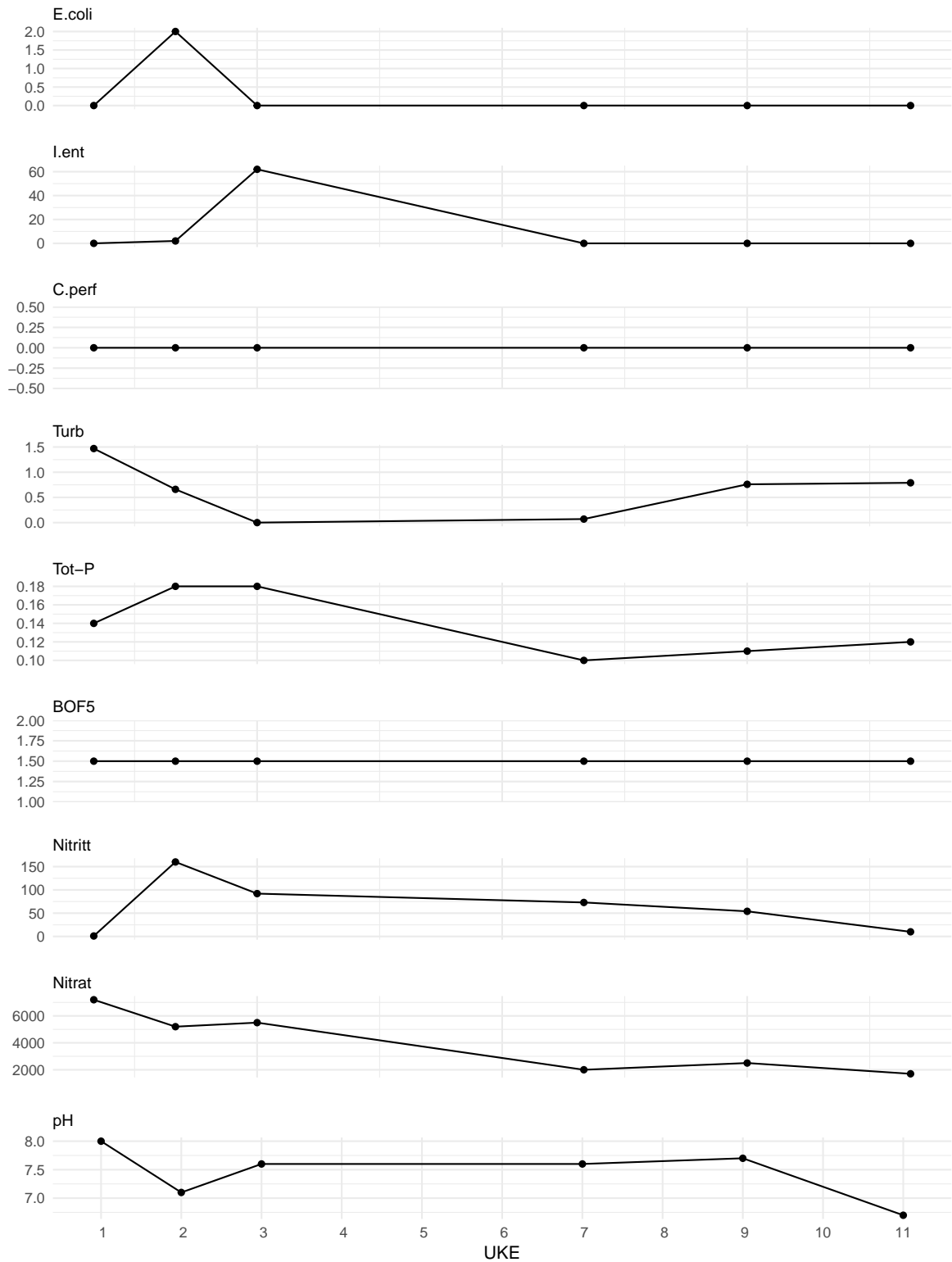
Figur F.10: Analyseresultater for anlegg W2



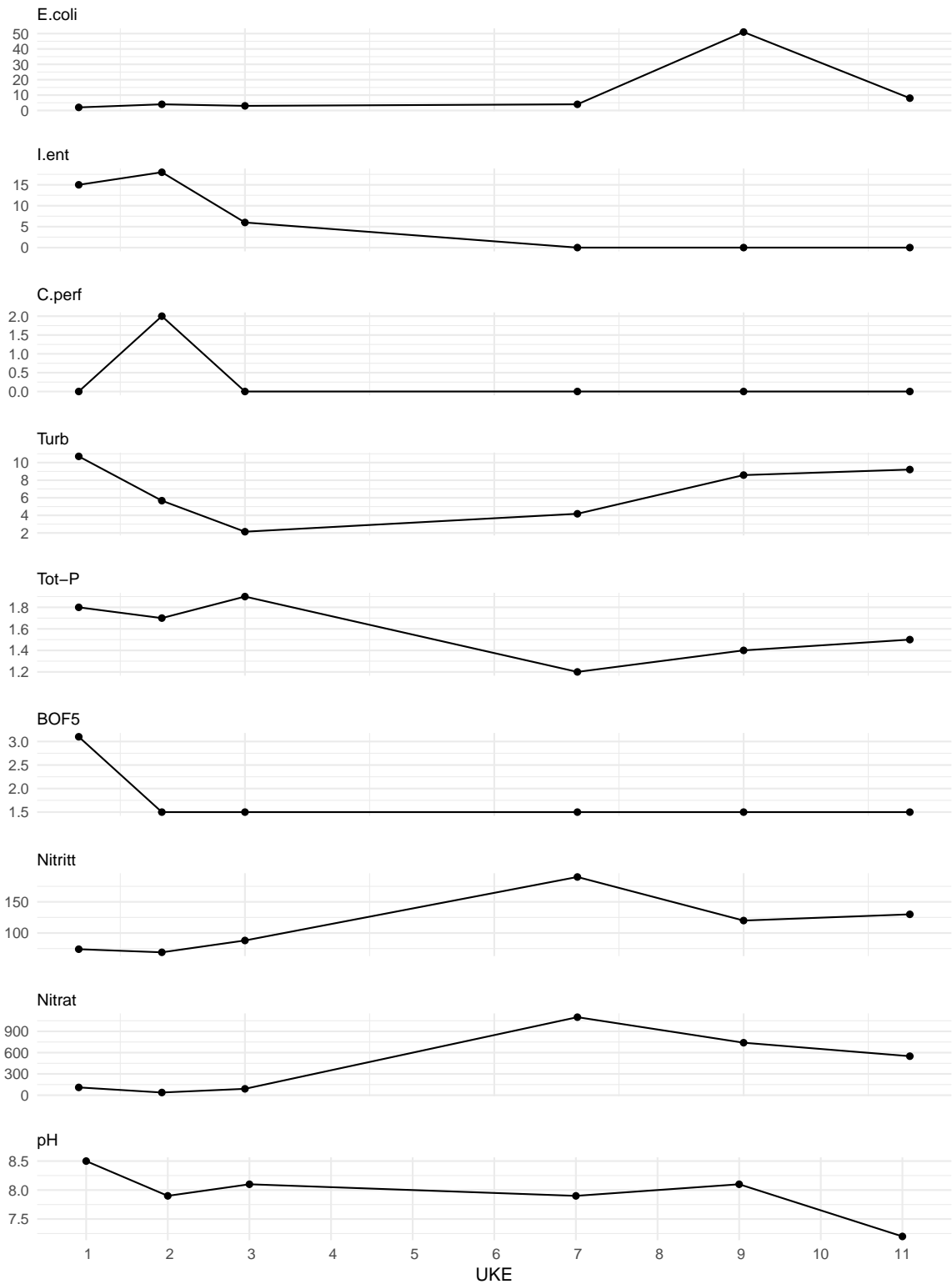
Figur F.11: Analyseresultater for anlegg W3



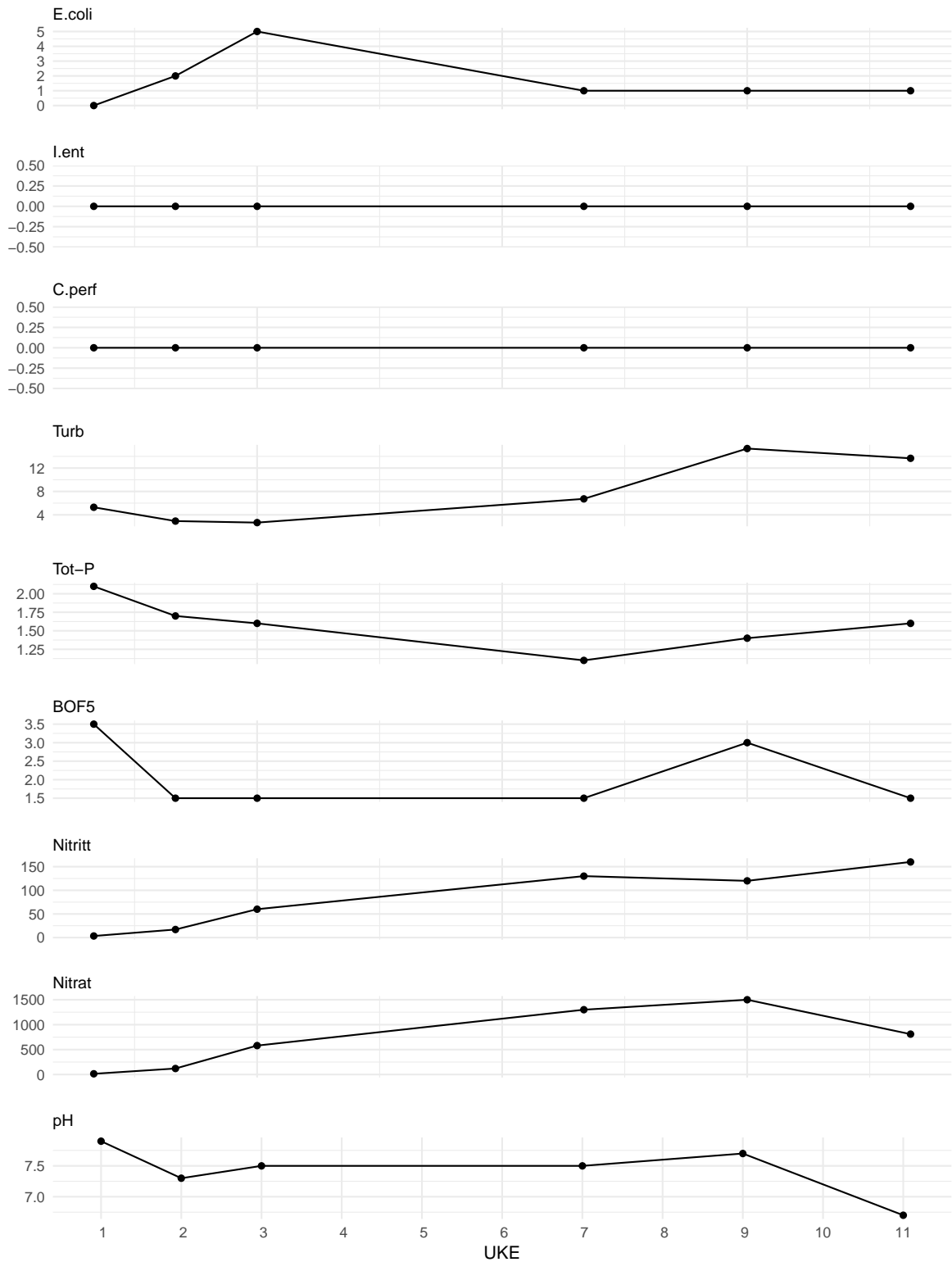
Figur F.12: Analyseresultater for anlegg W4



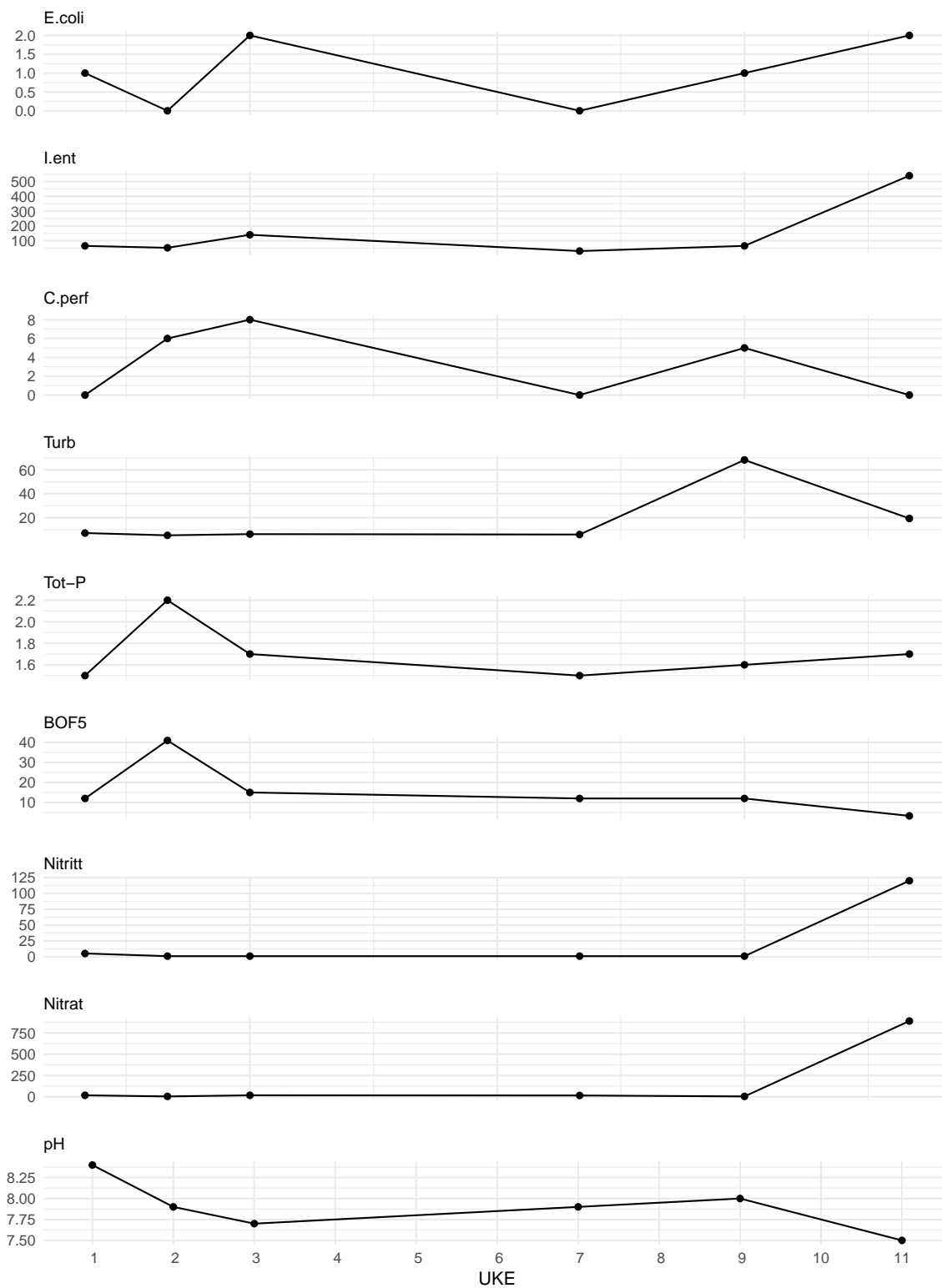
Figur F.13: Analyseresultater for anlegg F1



Figur F.14: Analysresultater for anlegg F2



Figur F.15: Analysresultater for anlegg F3



Figur F.16: Analyseresultater for anlegg F4

F.2 Statistiske parametere for numeriske variabler. Anleggstyper i feltstudien.

Tabell F.17: Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med kjemisk hygienisering (Odin-anlegg) i feltstudien

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	21	0.06	11.0	3.49	0.17	1.00	6.60	13.8	[mg/l]
BOF ₅	23	1.50	42.0	15.6	8.75	13.0	19.0	134	[mg/l]
Nitritt	20	1.00	1900	346	22.0	155	373	2.44E+05	[µg/l]
Nitrat	20	4.00	26000	3537	13.3	171	3700	4.43E+07	[µg/l]
Turbiditet	24	1.71	64.0	16.9	5.49	13.6	22.4	231	[µg/l]
<i>E. coli</i>	23	0.00	25000	8158	2150	4600	10600	8.30E+07	[MPN/100 ml]
I. ent	20	0.00	1600	623	31.5	355	1450	4.38E+05	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	20	0.00	1600	218	0.00	22.0	133	182469	[cfu/100 ml]
pH	24	6.60	7.60	7.10	6.90	7.00	7.33	0.09	[pH]
Temp	24	10.4	21.1	16.7	15.4	16.4	18.1	5.89	[°C]

Tabell F.18: Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med UV hygienisering (Klargester-anlegg) i feltstudien

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	19	0.13	17.0	4.68	0.72	4.00	6.35	24.0	[mg/l]
BOF ₅	20	1.50	42.0	10.7	3.08	7.55	14.8	113	[mg/l]
Nitritt	20	1.00	540	101	42.5	64.5	81.3	1.88E+04	[µg/l]
Nitrat	20	2500	28000	12590	8500	11000	14250	4.29E+07	[µg/l]
Turbiditet	20	2.48	36.5	12.6	5.39	8.14	16.2	110	[NTU]
<i>E. coli</i>	20	0.00	17300	1904	19.0	200	605	1.90E+07	[MPN/100 ml]
I. ent	19	0.00	1600	340	0.00	18.0	275	3.67E+05	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	20	1.00	1600	592	5.00	98.0	1600	5.06E+05	[cfu/100 ml]
pH	19	3.70	7.50	6.58	6.75	7.10	7.30	1.52	[pH]
Temp	20	13.2	19.4	17.0	16.3	17.0	18.0	2.46	[°C]

Tabell F.19: Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle filteranlegg (HACO/Biovac) i feltstudien

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	24	0.10	2.20	1.25	0.87	1.50	1.70	0.49	[mg/l]
BOF ₅	24	1.50	41.0	5.31	1.50	1.50	3.35	75.5	[mg/l]
Nitritt	24	1.00	190	70.0	4.73	71.0	120	3711	[μg/l]
Nitrat	24	4.00	7200	1333	32.8	660	1550	3.80E+06	[μg/l]
Turbiditet	24	0.00	68.3	8.45	1.97	5.48	8.74	188	[NTU]
<i>E. coli</i>	24	0.00	51.0	3.75	0.00	1.00	2.25	51.0	[MPN/100 ml]
I. ent	24	0.00	540	41.5	0.00	0.00	35.5	1.25E+04	[cfu/100 ml]
<i>C. perf</i>	24	0.00	8.00	0.88	0.00	0.00	0.00	4.81	[cfu/100 ml]
pH	24	6.70	8.50	7.68	7.50	7.70	7.93	0.21	[pH]

Tabell F.20: Statistiske parametere for numeriske variabler. Alle anlegg med biofiltre (Wallax-anlegg) i feltstudien

Parameter	n	Min	Maks	Gj.snitt	Q ₁	Median	Q ₃	Var	Enhet
Tot-P	22	0.01	55.0	3.40	0.26	0.46	1.85	134	[mg/l]
BOF ₅	22	1.50	460	60.0	5.55	15.5	71.5	1.07E+04	[mg/l]
Nitritt	22	1.00	1100	86.8	1.00	21.5	71.5	5.35E+04	[mg/l]
Nitrat	22	12.0	1.10E+05	19288	66.0	5950	20750	1.09E+09	[mg/l]
Turbiditet	22	0.32	223	35.6	6.07	26.2	35.8	2410	[NTU]
<i>E. coli</i>	22	0.00	25000	5722	53.3	905	6500	8.84E+07	[MPN/100 ml]
I. ent	19	0.00	1600	264	0.00	2.00	50.5	3.54E+05	[cfu/100 ml]
<i>C. pref</i>	22	0.00	1600	341.2	1.00	12.0	130	3.83E+05	[cfu/100 ml]
pH	20	3.80	7.80	6.46	6.30	6.55	6.90	0.83	[pH]
Temp	17	10.9	26.4	16.6	14.1	16.2	18.2	16.4	[°C]

F.3 Kendall's rank korrelasjonskoeffesient for parametere målt i felt. Gruppert etter anleggstyper/etterpoleringsmetoder.

Tabell F.21: Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. Kjemisk etterpolering. Feltstudie.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	Nitritt	Nitrat	pH	Temp	E.coli	I.ent
E.coli	-0.024 0.8733	0.029 0.8553	0.041 0.7895	0.006 0.9737	0	0.123 0.4335	-0.140 0.356		
I.ent	0.157 0.3422	0.310 0.0618	0.279 0.0994	-0.278 0.132	-0.304 0.0959	0.262 0.1268	-0.093 0.5766	0.245 0.1468	
C.perf.	0.214 0.1989	0.163 0.3572	-0.011 0.9472	-0.102 0.5494	-0.072 0.6679	-0.114 0.5061	0.167 0.3217	-0.275 0.1046	-0.023 0.8995

Merk høye p-verdier på samtlige.

Tabell F.22: Kendall's rang korrelasjonskoeffesient τ og p-verdi. UV etterpolering. Feltstudie.

	Turb.	Tot-P	BOF ₅	Nitritt	Nitrat	pH	Temp	E.coli	I.ent
E.coli	0.499 0.0024	0.423 0.0125	0.319 0.0565	-0.102 0.5351	-0.275 0.1009	0.037 0.8317	-0.043 0.7941		
I.ent	0.692 8.31E-05	0.557 0.0015	0.509 0.0045	0.089 0.613	-0.320 0.0749	0.284 0.1239	0	0.677 0.0001	
C.perf.	0.620 0.0002	0.564 0.0010	0.550 0.0013	0.028 0.8688	-0.431 0.0117	0.139 0.4297	-0.017 0.9211	0.488 0.0040	0.715 6.99E-05

Tabell F.23: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Filter etterpolering, Wallax. Feltstudie.

	Turb.	Tot-P	BOF₅	Nitritt	Nitrat	pH	Temp	E.coli	I.ent
E.coli	0.361 0.0192	0.096 0.5342	0.467 0.0029	-0.141 0.3731	-0.328 0.0342	0.060 0.7189	0.397 0.0273		
I.ent	0.114 0.516	0.204 0.2474	0.143 0.4227	-0.182 0.3168	-0.032 0.8567	0.149 0.4401	0.544 0.0063	0.273 0.1205	
C.perf.	0.140 0.3763	0.342 0.0321	0.074 0.6458	-0.019 0.9075	0.242 0.1301	-0.057 0.7408	0.150 0.4074	0.059 0.7104	0.535 0.0031

Tabell F.24: Kendall's rang korrelasjonskoeffisient τ og p-verdi. Filter anlegg. Feltstudie.

	Turb.	Tot-P	BOF₅	Nitritt	Nitrat	pH	Temp	E.coli	I.ent
E.coli	0.228 0.1445	0.242 0.129	-0.220 0.2037	0.357 0.0250	-0.116 0.4576	0.017 0.9178			
I.ent	0.184 0.2429	0.304 0.0597	0.555 0.0015	-0.256 0.1129	-0.357 0.0241	0.227 0.1627	-0.009 0.9554		
C.perf.	0.169 0.3171	0.353 0.0405	0.466 0.0131	-0.407 0.0182	-0.456 0.0070	0.162 0.3522	0.014 0.9369	0.499 0.0064	

F.4 Resultater fra karusellprøvetaking av Wallax-anlegg

Tabell F.25: Resultater fra karusellprøvetaker, anlegg WA1

KL	<i>E. coli</i>	<i>I. ent</i>	<i>C.perf</i>	BOF ₅	Merknad
10 ⁰⁰	29	1	7	7.1	BOF ₅ blandeprøve fra 10 ⁰⁰ -14 ⁰⁰
11 ⁰⁰	21	1	1		
12 ⁰⁰	55	<1	3		
13 ⁰⁰	36	<1	3		
14 ⁰⁰	19	5	1		BOF ₅ blandeprøve fra 15 ⁰⁰ -19 ⁰⁰
15 ⁰⁰	17	5	3	<3	
16 ⁰⁰	21	15	4		
17 ⁰⁰	32	20	2		
18 ⁰⁰	45	11	1		BOF ₅ blandeprøve fra 20 ⁰⁰ -00 ⁰⁰
19 ⁰⁰	35	25	3		
20 ⁰⁰	47	18	5	<3	
21 ⁰⁰	47	15	2		
22 ⁰⁰	34	16	2		BOF ₅ blandeprøve fra 01 ⁰⁰ -05 ⁰⁰
23 ⁰⁰	46	46	7		
00 ⁰⁰	64	1	11		
01 ⁰⁰	34	<1	6	<3	
02 ⁰⁰	16	10	1		BOF ₅ blandeprøve fra 06 ⁰⁰ -09 ⁰⁰
03 ⁰⁰	11	7	5		
04 ⁰⁰	11	23	2		
05 ⁰⁰	8	10	3		
06 ⁰⁰	19	<1	3	3.5	
07 ⁰⁰	17	4	2		
08 ⁰⁰	13	4	2		
09 ⁰⁰	19	11	2		

Tabell F.26: Resultater fra karusellprøvetaker, anlegg WA2

KL	<i>E. coli</i>	I. ent	<i>C.perf</i>	BOF ₅	Merknad
11 ³⁵	75	12	5		Blandeprøve fra 11 ³⁵ og 12 ³⁵
12 ³⁵					
13 ³⁵	1100	22	27	19	Blandeprøve fra 13 ³⁵ og 14 ³⁵
14 ³⁵					
15 ³⁵	610	26	11	6.70	Blandeprøve fra 15 ³⁵ og 16 ³⁵
16 ³⁵					
17 ³⁵	390	21	3	7	Blandeprøve fra 17 ³⁵ og 18 ³⁵
18 ³⁵					
19 ³⁵	120	6	<1		
20 ³⁵	120	9	3		
21 ³⁵	71	3	<1		
22 ³⁵	64	5	1		
23 ³⁵	88	4	<1	<3	Blandeprøve fra 23 ³⁵ og 00 ³⁵
00 ³⁵					
01 ³⁵	330	10	<1		Blandeprøve fra 01 ³⁵ og 02 ³⁵
02 ³⁵					
03 ³⁵	260	10	<1		Blandeprøve fra 03 ³⁵ - 05 ³⁵
04 ³⁵					
05 ³⁵					
06 ³⁵	60	5	5		Blandeprøve fra 06 ³⁵ - 08 ³⁵
07 ³⁵					
08 ³⁵					
09 ³⁵	40	<1	1		Blandeprøve fra 09 ³⁵ og 10 ³⁵
10 ³⁵					

F.5 ANOVA : Validering av utvalg til feltstudie

Valgt signifikansnivå er $p=0.05$

Tabell F.27: ANOVA. Nullhypotese : HACO-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle HACO-anlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.87	4.67	0.37
BOF5	0.35	4.67	0.56

Tabell F.28: ANOVA. Nullhypotese: Klargestor-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirensesanlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.12	3.86	0.73
BOF5	0.42	3.86	0.52
<i>E.coli</i>	1.48	3.91	0.23

Tabell F.29: ANOVA. Nullhypotese: Klargestor-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Klargestor-anlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.14	4.00	0.71
BOF5	0.55	4.00	0.46
<i>E.coli</i>	0.37	4.23	0.55

Tabell F.30: ANOVA. Nullhypotese: Odin-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirensesanlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.13	3.86	0.72
BOF5	2.79	3.86	0.096
<i>E.coli</i>	0.90	3.91	0.34

Tabell F.31: ANOVA. Nullhypotese: Odin-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Odin-anlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.31	3.99	0.58
BOF5	1.91	3.99	0.17
<i>E.coli</i>	0.0029	4.09	0.96

Tabell F.32: ANOVA. Nullhypotese: Wallax-anleggene i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle minirensesanlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.37	3.86	0.55
BOF5	0.017	3.86	0.90
<i>E.coli</i>	1.43	3.91	0.23

Tabell F.33: ANOVA. Nullhypotese: Wallax-anlegg i feltstudien har likt gjennomsnitt for testede parametere som alle Wallax-anlegg i Tilsynets datasett.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	0.74	3.91	0.39
BOF5	0.02	4.45	0.90
<i>E.coli</i>	0.41	4.67	0.53

Tabell F.34: ANOVA. Nullhypotese: Anleggsgruppene (Odin, Klargest, Wallax og HACO) har likt gjennomsnitt for testede parametere.

Parameter	F-verdi	F-crit	P-verdi
Tot-P	2.45	3.49	0.12
BOF5	1.71	3.49	0.22
<i>E.coli</i>	2.35	4.25	0.16



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway