



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2018 30 stp**  
Fakultet for Realfag og Teknologi

## **Renseeffekten til Måsabekken rensepark 10 år etter etablering.**

The effectiveness of Måsabekken wetland  
treatment system 10 years after its establishment.

**Asil A. Abudayya**

Vann og miljøteknikk  
Fakultet for Realfag og Teknologi

## Forord

Denne rapporten er skrevet som avslutning av mitt sivilingeniørstudium i Vann og Miljøteknikk ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet.

Å skrive masteroppgave har vært en både spennende og utfordrende prosess. Spennende har det vært fordi det har gitt meg muligheten til å fordype meg i en sentral og viktig problemstilling, og denne prosessen har gitt meg masse nye kunnskaper og erfaringer. Utfordrende har det vært også fordi det krevde en god del innsats av praktisk og teoretisk art, samt skrivearbeid. I denne forbindelse har jeg flere personer jeg ønsker å takke for all støtte de har gitt meg underveis.

Jeg vil rette en takk til min veileder Arve Heistad og biveileder Oddvar Lindholm for å ha vist engasjement, og inspirert til nye måter å belyse problemstillingen min på. Alltid på en positiv måte. Jeg vil også takke Vegard Nilsen for all hjelp og råd han har gitt meg.

En takk også til Ullensaker kommune for all økonomisk støtte de har gitt for å kunne gjennomføre prøvetakning og analyse, samt utstyr som er stilt til rådighet. Jeg vil også takke kollegene mine på VARV-enheten i Ullensaker kommune. Takk til min hjelpeveileder i Ullensaker, Steven Wang Hole, som tok seg tid til å være med meg på å utføre undersøkelsene, og gi et verdifullt datamateriale. Jeg vil også takke Synnøve Knivsland og Anette Åkerstrøm for gode veiledninger, oppfølginger og lesing av oppgaveutkast. Jeg vil også takke Cornelia Toga for hjelpen med laboratorier.

For å skrive masteroppgave kreves tålmodighet og støtte. Derfor vil jeg takke mine foreldre for støttende telefonsamtaler og omsorg, og takke mine søsken Hadil, Bashar, Yara, Nora og Mohammad. Jeg vil gjerne takke Nadia for hjelp til den statistiske delen. Takker min fantastiske venn Kozhen M. Fars for å alltid få opp humøret under skriving, og stor takk til Mina Rahimzaie, Hamdi Aburayya og Chawan Ahmed for god hjelp, spesielt god samtalepartner omkring den metodiske problemstillingen, og for alltid å vise seg positive til mitt arbeid med masteroppgaven. Det ville vært vanskelig å fullføre denne oppgaven uten hjelpen fra ovennevnte, og støtte og oppmuntring fra kjente og kjære.

Asil A. Abudayya

---

01.03.2018

## Sammendrag

Ullensaker kommune mangler store resipienter for å ta imot overvann. Kommunen planlegger derfor langsiktige prosjekter og iverksetter tidlig planlegging for mulige tiltak for å ivareta sine resipienter. En lokal overvannsløsning, Måsabekken rensepark, ble etablert i 2009 med renseareal på 77000 m<sup>2</sup>, som tilsvarer 0,3 % av det 2,6 km<sup>2</sup> store nedbørsfeltet. Denne er bygget opp med et sedimentasjonsbasseng og et vegetasjonsfilter ved Nordbytjernet. Renseparken er bygget for å rense overvann som kommer fra Jessheim sentrum i Ullensaker kommune, før det renner videre til Nordbytjernet.

I forprosjektet ble det antydnet forventet tilbakeholdelse av fosfor på 45 % og på tungmetaller 60-80 %. I dette arbeidet har en hatt som målsetting å undersøke hvilken renseeffekt Måsabekken rensepark har mot ulike forurensinger, hvilke kilder disse kommer fra, og alternative tiltak mot disse utfordringene.

I dette arbeidet ble Jessheim sentrum delt til 4 delområder for å identifisere hovedkilden til forurensning. Konsentrasjoner av tungmetaller, næringsstoffer, suspendert stoff og indikatorbakterier ble funnet ved prøvetaking fra hoved-overvannskum for hvert delområde, samt ved inn- og utløp av sedimentasjonsbasseng og utløp av Måsabekken rensepark.

Resultater fra prøvene fra delområdene og renseparken i 2017 ble sammenlignet med standard overvannskonsentrasjoner, StormTac, v.2012-12, og Miljødirektoratets tilstandsklasser for ferskvann. Resultatene viser at parkeringsplasser og trafikk er hovedkilden til forurensning i overvannet som kommer fra Jessheim sentrum, spesielt fra delområdet B.

Analyseresultater viser at Måsabekken rensepark holder tilbake ca. 18 % TSS, 13 % Nitrogen, 20 % fosfor og 38-54% tungmetaller. Videre er det en økning av indikatorbakterier, *E. Coli*, gjennom renseparken. Dette skyldes sannsynligvis avføring fra fugler i renseparken.

Ved kraftig nedbør i en tørrværsperiode vil forurensningstransporten til renseparken være størst, med utvasking av både oppløst og partikkelbundet forurensning fra overflater. Samtidig fører den høye avrenningen til kortere oppholdstid i renseparken og dermed lavere renseevne.

Problemet kan løses med lokal overvannsdiskonering i delområdene A og B, med et fordrøyningsbasseng, løsningen vil forsinke vannet og vil gi kontroll over overvanns kvaliteten og mengden. Og/eller ved å bruke filter på parkeringsplasser og moderne sandfang på veier som har ÅDT > 4000 som vil sikrer høy grad av rensing over lang tid.

## Abstract

Ullensaker municipality lacks large recipients to receive the stormwater runoff. Therefore, the municipality is planning long-term projects and taking early measures for possible solutions to safeguard its recipients. A local stormwater wetland (Måsabekken Wetland) was established in 2009 with a clean area of 77000 m<sup>2</sup>, which is equal to 0.3% of the 2.6 km<sup>2</sup> large catchment area. Måsabekken wetland was built with a sedimentation basin and a vegetation filter at Nordbytjernet. The Wetland is built to treat the stormwater runoff that flows from Jessheim center before it flows into Nordbytjernet.

In the pre-project Måsabekken wetland was expected to remove up to 45% phosphorus and 60-80% heavy metals. This research presents a study of the effectiveness of Måsabekken wetland treatment on pollutants such as heavy metals, nutrients, suspended solids and indicator bacteria in the stormwater runoff, the source of pollutants, moreover the alternative solutions/measures against these challenges in the future.

In this research, Jessheim Center was divided into 4 sub-catchment areas to identify the main source of contamination. The concentrations of heavy metals, nutrients, suspended solids and indicator bacteria were found by taking samples from main stormwater manhole for each catchment area, as well as at the inlet and outlet zone of the sedimentation basin and the outlet of the Måsabekken wetland. The samples result of Måsabekken wetland and sub-catchments 2017 were compared with Standard Classification Table, Storm Tac, V.2012-12, and Norwegian Environment Agency Standard Class For Freshwater to determine the pollution level.

The Results show that parking lots and traffic are the main sources of pollution in the stormwater runoff that is discharged from Jessheim center, especially from subarea B. The results also show that Måsabekken wetland retains approximately 18% TSS, 13% Nitrogen, 20% phosphorus and 38-54% heavy metals. Furthermore, there is an increase in indicator bacteria, E. Coli, through Måsabekken wetland. This is probably due to birds faeces in the wetland.

In the case of heavy rainfall during a dry period, the pollutant transport to the wetland will be greatest, with leaching of both dissolved and particle-bound contamination from surfaces. At the same time, it leads to a high drainage rate for shorter stay time in the wetland and thus reduce detergency.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
Figurliste.....	VII
Tabelliste .....	IX
Terminologi.....	X
1. Introduksjon .....	1
1.1 Innledning.....	1
1.2 Problemstilling.....	3
2. Litteraturstudie .....	4
2.1 Hydrologi.....	4
2.1.1 Nedbør.....	5
2.1.2 Avrenning.....	6
2.1.3 Klimaendring i Norge.....	7
2.2 Avløpssystemet i Norge.....	8
2.3 Overvannshåndtering.....	8
2.4 Forurensninger i overvann.....	15
2.4.1 Standardparameter.....	15
2.4.2 Tungmetaller .....	17
2.5 Kilder til forurensninger i overvann .....	19
3. Prosjektområdet .....	21
3.1 Overordnet beskrivelse av prosjektområdet .....	21
3.1.1 Delområdet A .....	24
3.1.2 Delområdet B .....	24
3.1.3 Delområdet C .....	25
3.1.4 Delområdet D .....	25
3.1.5 Eksterne kilder av overvann inn i prosjekt området.....	26

3.2	Overordnet beskrivelse av overvannsresipient Måsabekken renseanlegget.....	27
3.2.1	Nordbytjernet .....	28
3.2.2	Måsabekken renseparken .....	28
3.2.3	Renseparkens funksjoner.....	29
3.2.4	Renseparkens oppbygging.....	29
4.	Metode og materialer .....	32
4.1	Inndeling av prosjektområdet .....	32
4.2	Topografikart/fordeling .....	32
4.3	Prøvetakingstidspunkt .....	32
4.4	Prøvetaking og prøvehåndtering.....	33
4.5	Nedbørintensitet og avrenningsvannet .....	36
4.5.1	Nedbørsdata.....	36
4.5.2	Klassifisering av nedbør.....	36
4.5.3	Konsentrasjonstid .....	37
4.5.4	Renseeffekten av renseparken .....	37
4.6	Klassifisering av forurensningsutslipp. ....	39
4.7	Slam behandling .....	40
5.	Resultat og diskusjoner .....	41
5.1	Nedbørmengde og Måsabekken rensepark .....	41
5.2	Resultater fra prosjektsområd .....	46
5.3	Forurensningskonsentrasjonen fra prosjektområdet til renseparken. ....	55
5.4	Resultater fra Måsabekken renseparken .....	57
6.	Mulige tiltak for problemløsning .....	66
6.1	Dam .....	66
6.2	D-Rainclean filter .....	67
6.3	INNOLET-G.....	68
6.4	Anbefalinger .....	69
7.	Konklusjon.....	70

8. Referanser .....	71
Vedlegg 1 .....	77
Vedlegg 2 .....	78
Vedlegg 3 .....	79
Vedlegg 4 .....	80
Vedlegg 5 .....	81
Vedlegg 6 .....	82
Vedlegg 7 .....	83
Vedlegg 8 .....	84
Vedlegg 9 .....	85

## Figurliste

FIGUR 1. 1 VISER HVORDAN AVRENT OVERVANNSMENNGDE ENDRER SEG MED URBANISERING [7].	2
FIGUR 1. 2 VISER OVERSIKTLIG BILDET OVER LØP AV OVERVANNET, HVOR DET KOMMER FRA, HVORDAN DET DELER SEG I FIRE HOVEDKUMMER, PLASSERING TIL RENSEPARKEN I FORHOLD TIL RESIPIENT NORDBYTJERNET OG SIN .OPPBYGGING OG AKTIVITETER SOM SKJER I NORDBYTJERNRESIPIENTEN SOM MOTTAR RENSET OVERVANNVISER .	3
FIGUR 2. 1 VISER GRØFTEN MED DE TRE VANNLEDNINGER	8
FIGUR 2. 2 VISER KONVENJONELT OVERVANNSSYSTEM MED LEDNINGER [40]	9
FIGUR 2. 3 VISER OVERVANNSSYSTEM BASERT PÅ FORDAMPING, INFILTRASJON OG FORDRØYNING LOD [40]	9
FIGUR 2. 4 TRELEDDTRINNSTRATEGI FOR Å HÅNDTERE OVERVANNET VISER HÅNDTERING GJENNOM 1) INFILTRASJON 2) FORDRØYNING OG TRANSPORTERING AV OVERVANN GJENNOM 3) FLOMVEIER OG 4) LEDNINGSNETTET [43].	10
FIGUR 2. 5 VISER PLASSERING AV LOKALE OG TRADISJONELLE OVERVANNSTILTAK I FORHOLD TIL OVERVANNSSSTRATEGI.	10
FIGUR 2. 6 VISER PRINSIPSKISSE FOR INFILTRASJONSBASSENG.	13
FIGUR 2. 7 VISER PRINSIPSKISSE AV OVERVANNSDAM	14
FIGUR 2. 8 VISER FORURENSNINGSLØP	20
FIGUR 3. 1 VISER AT PROSJEKTOMRÅDET ER GODT EGNET FOR INFILTRASJON, IFØLGE INFILTRASJONSEFFEKT KARTET [70]	21
FIGUR 3. 2 VISER AT PROSJEKTOMRÅDET BESTÅR AV BREELVLØSMASSE IFØLGE LØSMASSEKART [70].	21
FIGUR 3. 3 VISER EN PAI DIAGRAM FOR TOPOGRAFI FORDELING AV PROSJEKTOMRÅDE.	22
FIGUR 3. 4 VISER KART OVER ULLENSAKER KOMMUNE SOM ER MARKERT MED MØRKT GRÅ, OG PROSJEKTOMRÅDET INN I RØDT SIRKEL [75]	23
FIGUR 3. 5 VISER DELOMRÅDER FOR PROSJEKTOMRÅDET.	23
FIGUR 3. 6 VISER PAIDIAGRAM FOR TOPOGRAFI FORDELING DELOMRÅDET A	24
FIGUR 3. 7 VISER PAI DIAGRAM AV TOPOGRAFIFORDELING FOR DELOMRÅDET B.	24
FIGUR 3. 8 VISER PAI DIAGRAM VISER TOPOGRAFI FORDELING FOR DELOMRÅDET C.	25
FIGUR 3. 9 PAI DIAGRAM VISER TOPOGRAFI FORDELING FOR DELOMRÅDET D.	25
FIGUR 3. 10 VISER OVERVANNSLØP FRA GYSTAMARKA TIL NORDBYTJERNET SOM GÅR GJENNOM OMRÅDET C VED BLÅ LINJE.	26
FIGUR 3. 11 VISER RESIPIENTER FOR LANGELANDSFJELL, GRØNT LINJE FØRES TIL NORDBYTJERNET OG RØDPIL PEKER MOT JESSHEIM SENTRUM(OMRÅDE A OG B	27
FIGUR 3. 12 VISER NORDBYTJERNET MED FOLK SOM BADER OG FUGLER [82]	28
FIGUR 3. 13 VISER PLASSERING AV MÅSABEKKEN RENSEPARKEN «LYS BLÅ FARGE» I FORHOLD TIL NORDBYTJERNET.	28
FIGUR 3. 14 VISER PRINSIPSKISSE AV RENSEANLEGG, INNLØP-SEDIMENTASJONSBASSENG--VEGETASJONSFILTER-UTLØP	29
FIGUR 4. 1 VISER BILDET AV PRØVETAKINGSPUNKER, BLÅ MARKE FOR KUMMER, RØDT FOR INN SEDIMENTASJONSBASSENG Q1, ORAGNE FOR UT AV SEDIMENTASJONSBASSENGET INN TIL VÅTSMARK Q2 OG GRØNT FOR RENSET OVERVANNET UT FRA VÅRMARK Q3.	34
FIGUR 4. 2 VISER PH-MÅLER PRØVENE NUMINERETE. FOTO ASIL ABUDAYYA	35
FIGUR 4. 3 VISER BILDET AV INFILTRASJON INSTRUMENT. FOTO ASIL ABUDAYYA.	35



FIGUR 4. 4 VISER BILDET AV FARGEFORSKJELL PÅ FILTERPAPIR FRA FORSKJELLIG OMRÅDER, DER 1,2,3,4 ER REKKE FØLGE FOR KUMMER A,B,C,D OG 5 FOR INN SED. 6 FOR UT SED. OG 7 FOR UT RENSEPARKEN. FOTO ASIL ABUDAYYA.....	35
FIGUR 5. 1 VISER NEDBØRSMENGDE FOR DAGENE VANNPRØVENE BLE UTFØRT. ....	41
FIGUR 5. 2 VISER UTLØP FRA PROSJEKTOMRÅDET TIL SEDIMENTASJONSBASSENG I MÅSABEKKEN RENSEPARK. FOTO ASIL ABUDAYYA.....	42
FIGUR 5. 3 VISER BILDET TIL HØYERE OVERSVØMMELSE SITUASJONEN OG TIL HØYERE VANLIG LAV VANNFØRINGS DAG.....	43
FIGUR 5. 4 VISER OVERSVØMMELSE PÅ GANGFELT I OMRÅDET MÅSABEKKEN RENSEPARKEN.....	43
FIGUR 5. 5 VISER HVORDAN ER VANNET NIVÅET HAR DEKKET HELT RØR RA TERKSL 1 , TIL VENSTRE VED HØY NEDBØR TIL VENSTRE VED NEDBØRMENGDE. FOTO ASIL ABUDAYYA.....	44
FIGUR 5. 6 VISER EFFEKTEEN AN FORSKJELLIG NEDBØRSMENGDER PÅ SEDIMENTASJONS OVERFLATE . FOTO ASIL ABUDAYYA.....	45
FIGUR 5. 7 VISER KONSENTRASJON AV TUNGMETALLUTSLIPP I OPPLØST OG PARTIKULÆRT FORM FRA DELOMRÅDER . ....	47
FIGUR 5. 8 VISER KONSENTRASJON AV FOSFOR (VENSTRE) OG NITROGEN (HØYRE) FOR DELOMRÅDER VED FORSKJELLIG NEDBØRS.....	48
FIGUR 5. 9 KONSENTRASJON AV TSS TIL VENSTRE OG E.COLI TIL HØYRE. UTSLIPP FRA DELOMRÅDER VED FORSKJELLIG NEDBØRSMENGDER....	49
FIGUR 5. 10 VISER KONSENTRASJON AV VEISALT (KLORID) I OVERVANNET ETTER SNØSMELTING MED GRENSEVERDIEN SOM RØRØD LINJE I FORHOLD TIL STORM TAC. ....	51
FIGUR 5. 11 VISER RESULTATER PRESENTERES SOM GJENNOMSNIITTLIG $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3).....	52
FIGUR 5. 12 VISER RESULTATER PRESENTERES SOM GJENNOMSNIITTLIG $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3).....	53
FIGUR 5. 13 RESULTATER PRESENTERES SOM GJENNOMSNIITTLIG $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3).....	53
FIGUR 5. 14 VISER SAMMENLIGNING MELLOM RARAPPORTS RESULTATERG COWI BEREGNEDE AV TUNGMETALLER .....	54
FIGUR 5. 15 VISER SAMMENLIGNE MELLOM REELLE TALL FRA RAPPORTEN OG SWIM MODELL FOR SAMME OMRÅDET .....	55
FIGUR 5. 16 VISER RESULTATENE PRESENTERES SOM SUM $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3). ....	56
FIGUR 5. 17 VISER RESULTATENE PRESENTERES SOM SUM $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3). ....	56
FIGUR 5. 18 VISER RESULTATENE PRESENTERES SOM SUM $\pm$ SD FRA TRE UAVHENGIGE MÅLINGER (N = 3).....	57
FIGUR 5. 19 BILDET TIL VENSTRE VISER RASK OG STOR VANNFØRING SOM TAR MED SEG TSS OG TUNGMETALLER OG TIL HØYRE VISER LAV VANNFØRING DER PARTIKLENE LETTERE SEDIMENTERES .....	57
FIGUR 5. 20 VISER KONSENTRASJON AV TUNGMETALLUTSLIPP I OPPLØST OG PARTIKULÆR FORM FRA RENSEPARKENS TRINN VED FORSKJELLIG NEDBØRMENGDER. ....	59
FIGUR 5. 21 VISER KONSENTRASJON AV TUNGMETALLER ETTER HVERT TRINN I RENSEPARKEN .....	60
FIGUR 5. 22 VISER KONSENTRASJON AV STANDERPARAMETERNE ETTER HVERT TRINN I RENSEPARKEN. ....	61
FIGUR 5. 23 VISER PH-VERDIER FRA DELOMRÅDER VED FORSKJELLIGE NEDBØRSKLASSER. ....	61
FIGUR 5. 24 VISER RENSEEFFEKTEEN TIL SEDIMENTASJONSBASSENGET GJENNOM ET HALVÅR (SOMMER- HØST PERIODE) .....	63
FIGUR 5. 25 VISER RENSEEFFEKTEEN TIL VEGETASJONSFILTERET I ET HALVT ÅR (SOMMER -HØST PERIODE) .....	63
FIGUR 5. 26 VISER RENSEPARKENS RENSEEFFEKT .....	64
FIGUR 6. 1 VISER HVOR FORSLAGET OMRÅDET FOR DAM FOR DELOMRÅDENE A OG B KAN LEGGE.....	66
FIGUR 6. 2 VISER HVORDAN FILTERET SKAL Plasseres PÅ PARKERINGPlass PÅ BILDET TIL HØYERE, BILDET TIL VENSTRE VISER HVORDAN VANNST LØP INN OG UT FRA FILTEREN SKJER. ....	67
FIGUR 6. 3 VISER FILTERMEDIA LAG TIL HØYERE OG HVORDAN DEN Plasseres PÅ FILTERE .....	68

FIGUR 6. 4 VISER BILDET AV INNOLET-G SANDFANG TIL HØYRER, OG SIN DELER TIL VENSTRE .....	69
--	----

## Tabelliste

TABELL 2. 1 OVERSIKT OVER RENSEPROSESSER AKTUELLE I LOKALE LØSNINGER FOR OVERVANN (SEDIMENTASJON, FILTRERING OG INFILTRASJON), FORVENTET RENSEEFFEKT OG FORUTSETNINGER [38]. .....	12
TABELL 2. 2 VISER KILDER TIL FORURENSNINGSTOFFER OG AREALTYPE DET FINNES I [1]. .....	17
TABELL 3. 1 VISER PLANTETYPE SOM ER GYRKET I VEGETASJONSFILTER OG ANTALLET SE FIGUR 6.6 [86].....	31
TABELL 4. 1 VISER DATO PÅ PRØVETAKINGSDAGER, NEDBØRSMENGDE, KLASSE OG SNØSMELTING. ....	33
TABELL 4. 2 VISER METODER EUROFINS LABORATORIET HAR BRUKT FOT Å ANALYSERE FØLGE SUBSTANSER.....	34
TABELL 4. 3 VISER NEDBØR HVER MÅNED.....	36
TABELL 4. 4 VISER KLASIFISERINGS VERDIER FOR NEDBØR .....	37
TABELL 4. 5 VISER SKISSE OVER AVRENNINGSBEVEGELSE FRA KUMMENE TIL MÅSABEKKEN RENSEBAKKEN OG UT TIL NORDBYTJERNET.....	38
TABELL 4. 6 VISER NORMAL VERDIER AV TUNGMETALLER OG MILJØGIFTS STOFFER FOR NORGE OG SVERIGE. STORM TAC 2012.....	39
TABELL 4. 7 KONSENTRASJONER AV TUNGMETALLER KLASIFISERT AV STOCKHOLM STAD 2001 [92] .....	39
TABELL 4. 8 VISER TILSTANDSKLASSE FOR FERSKVANN ( $\mu\text{G/L}$ )   M-608 .....	40
TABELL 5. 1 VISER VÆR SITUASJON FØR PRØVETAKINGSDAGER.....	45
TABELL 5. 2 VISER KLASIFISERING AV KONSENTRASJONER FORURENSNINGER I OVERVANN , BASERT PÅ STORM TAC 2012 .....	50
TABELL 5. 3 KONSENTRASJONER AV TUNGMETALLER KLASIFISERT AV STOCKHOLM STAD 2001.....	50
TABELL 5. 4 VISER VERDIER TIL Q1 VURDERT MED STORM TAC VERDIER. ....	57
TABELL 5. 5 VISER KLASIFISERING AV OVERVANNET Q3 SOM SLIPPES UT FRA VÅTMARK I FORHOLD TIL STORM TAC 2012.....	62
TABELL 5. 6 VISER PROSENT MENGDE FORVENTNINGSVERDIER FOR RENSEPARKEN I FORHOLD TIL TEORIEN, DIMENSJONERTE VERDIER AV FIRMA OG REELLE VERDIER RENSEPARKEN HAR I DAG. ....	65

## Terminologi

Ord/uttrykk	Definisjon
As	Forkortelse for grunnstoffet Arsen, og er kjemisk symbol for atomnummer 33.
Avrenningsfaktor	Forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren over samme område. Avrenningsfaktoren er blant annet avhengig av overflatenes permeabilitet, beskaffenhet og fallforhold til terrenget.
Avrenningslinje	Linje i terrenget hvor overvann samles og renner videre. Sier ikke noe om vannmengde.
Bekk	Er en naturlig vannstrøm som er smalere enn elv, og renner i terreng til et hav, innsjø, dam eller tjern, og har helårsvannføring.
Cd	Forkortelse for grunnstoffet Kadmium, og er kjemisk symbol for atomnummer 48.
Cr	Forkortelse for grunnstoffet Krom, og er kjemisk symbol for atomnummer 24.
Cu	Forkortelse for grunnstoffet Kobber, og er kjemisk symbol for atomnummer 29.
Drensvann	Vann som ledes bort fra grunnen under terrengoverflaten.
E.coli	Tarmbakterie, måles MPN/100ml
Eutrofiering	Lagring av næringssalter i innsjøens sedimenter, og senere tilbakeføring av disse til vannet i innsjøen.
Evapotranspirasjon	Sammensetning av mengde nedbør som går til plantenes transpirasjon og fordampning.
First flush	Første del av over vannavrenninga på overflaten ved nedbør etter en tørkeperiode eller ved starten av snøsmelting. Har ofte stort innhold av forurensningsstoffer.
Fordrøyning	Tiltak som forsinker avrenning gjennom oppsamling.

Forurensning	Utslipp av skadestoffer fra naturlig eller menneskeskapte prosesser.
Ha	Hektar, 1000 = 1 km <sup>2</sup>
HBV-modell	Hydrologi modell
Infiltrasjon	Inntrengning av vann i løsmasser eller oppsprukket fjell.
Lokal overvanns-disponering	Tiltak som infiltrerer og/eller fordrøyer overvann.
Miljøgifter	Kjemiske stoffer som er lite nedbrytbare, lett hoper seg opp i næringskjeden og kan være giftige. Miljøgifter kan gi irreversible skader på organismer og natur.
Måsabekken	En bekk som stort sett er lagt i rør, tilføres store deler av overvannet i Jessheim by og ender i en menneskeskapt våtmark med takrør og andre sumpplanter. Våtmarken er etablert for å prøve å hindre forurenset vann i å renne ut i Nordbytjernet naturreservat.
Nedbørsfelt	En avgrenset område der all nedbør renner ned til samme punkt nederst i feltet. Landarealet som bidrar med vann til en vannkilde.
Ni	Forkortelse for grunnstoffet Nikkel, og er kjemisk symbol for atomnummer 28.
Overvann	Nedbør og smeltevann som ikke blir infiltrert eller fordampet og som renner på overflaten.
Overvannshåndtering	Virkemidler og tiltak for å forebygge skader og ulempe og utnytte overvann som en ressurs.
Pb	Forkortelse for grunnstoffet Bly, og er kjemisk symbol for atomnummer 82.
Pesticider	Kjemiske midler brukt mot skadelige organismer som griper forstyrrende inn i våre omgivelser (på planter, i hus og hjem, lager, tekstiler osv.)
pH	Potentia Hydrogeni. Sier noe om surhetsgraden i vannløsninger. Surhetsgraden er bestemt av konsentrasjonen av hydrogenioner.
Resipient	Mottaker av overvann eller avløpsvann, kan være sjø og eller vassdrag.

Spillvann	Sanitært og industrielt avløpsvann. Særlig benyttet om avløpsvann som ledes bort i egen ledning ved separatsystem.
Stikkledning	Med stikkledning menes forbindelsesledning mellom bygning og hovedavløpssystemet/hovedvannledningen for området. Denne er ikke allment tilgjengelig for tilknytning, men vanligvis privat eid.
TSS	Totalt suspendert stoff.
Våtmark	Mark der det er vann ved eller nær overflaten hele året. Det har ofte høy biologisk produksjon noe som gjør at de er optimale for biologisk nedbrytning for ulike forurensningsstoffer og partikler ved å fange partikler og planteopptak av næringsstoffer.
Zn	Forkortelse for grunnstoffet Sink, kjemisk symbol for atomnummer 30
ÅDT	Årsdøgntrafikk på en vei. Årlig trafikkmengde dividert på 365.
PCB	Polyklorerte bifenyler.
Kompostering	Nedbrytningsprosessen som organisk avfall gjennomgår for å bli til ny jord.
GIS Line	Geografisk informasjonssystem. Norges mest komplette system for forvaltning av geografisk informasjon
Næringsavfall	Avfall som stammer fra bedrifter.
Standard normal periode	30-årsperioder som brukes for å beregne normalverdier (normaler) av meteorologiske data.
Våtorganisk avfall	Biologisk lett nedbrytbart avfall av vegetabilsk eller animalsk opprinnelse. Omfatter matavfall fra privat- og storhusholdninger.
LOD	Lokal overvannsdiskonering. Også kalt lokal overvannshåndtering (LOH).
Toksisitet	Giftighet målt under bestemte betingelser.

# 1. Introduksjon

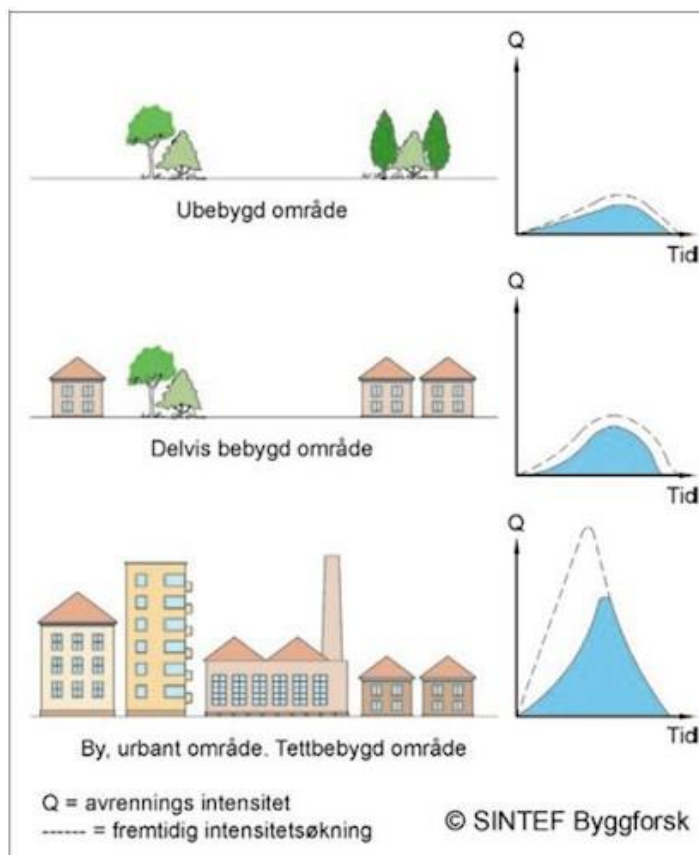
## 1.1 Innledning

Overvannsavrenning har alltid vært et globalt problem, men å snakke om dette som et lokalt problem er nytt. Klimaendring og samfunnsutvikling med økt fortetting fører til økning i intensitet i overvannsavrenning som uten forbyggende tiltak vil gi økte skader på bebyggelse, helse og miljø.

FNs klimapanel oppgir at klimaendringer er menneskeskapt. Verdens årlige befolkningsvekst er 80 millioner, og i 2017 hadde befolkningen på jorda passert 7,4 milliarder [1]. Befolkningsvekst fører til mer bruk av naturressurser, mer utslipp av CO<sub>2</sub> og av forurensnings- og miljøgiftstoffer som skaper endringer i økosystemet. Jordens temperatur har økt med 0,8°C i de siste 100 år. Økning i temperaturen har store konsekvenser. Det fører til ismelting på polene, samt til økning i nedbørsmengde for mange områder, med dramatiske flommer som konsekvens. Det forventes at nedbørsmengden vil øke med 18 % frem mot 2100 [2]. Den nye Climate Change Vulnerability Index (CCVI) har beregnet sårbarheten og fant at 197 land er berørt og følsomme for klimaendringer, og kommer til å ha en del hendelser med tørke, sykloner og/eller jordskred.

I løpet av det siste hundre år har Norge opplevd stort økning i nedbørsmengde og temperatur. Dersom utslippet av CO<sub>2</sub> forsetter slik som det er i dag, vil temperatur i Norge øke med 4,5°C i løpet av 50 år, med variasjon i ulike deler i landet. I for eksempel Finnmark forventes det å bli 6 °C varmere enn i dag. Nedbørsmengden har økt særlig vest og sørvest for landet. Økningen har vært størst om våren med kraftige nedbørsperioder på 1-10 dager. Mot 2100 forventes en økning i nedbør på 18 %, med dobbelt så mange dager med kraftig nedbør [2]. Derfor må vi regne med våtere sommer og tørrere vinter mange steder i landet. I områder som opplever økning av nedbørsmengde, befolkningsvekst og høy urbanisering, kan dette medføre økning i overvannsproblemer. Høy befolkningsvekst fører til større behov for mer rurale områder, tettebygninger, veier, parkeringsplasser, store butikker og osv. Avrenning av overvann økes når vegetasjonsarealer reduseres (figur 1.1). Samtidig øker mengden forurensninger fra ulike kilder som luft, takvann og veivann. Overvann fra veier og parkeringsplasser er mer forurenset av miljøgifter enn overvann fra skog. Forurenset overvann vil i stor grad være avhengig av mengden trafikk og menneskelige aktiviteter. Mange av disse forurensningene kan være toksiske for akvatiske organismer, og forårsake problemer selv i svært små mengder [3]. Det er derfor behov for å finne fornuftige overvannsløsninger som kan holde tilbake forurensningsstoffer [4] Forurensningsstoffer i overvann kan inneholde frostvæske, fett, olje og tungmetaller fra biler, gjødsel, kjemikalier fra hager, boliger og bedrifter, bakterie fra kjæledyr, avfall og sedimenter fra dårlige byggeplasser [5] Hvis overvannsavrenning ikke håndteres riktig, kan det ødelegge dreneringsfelt og

skade fiske- og dyrelivet. Grunnvann kan bli berørt. Det igjen kan føre til vannmangel for mennesker og utilstrekkelige strømmer for fisk [6].



Figur 1. I viser hvordan avrent overvannsmengde endrer seg med urbanisering [7].

Ullensaker kommune på Romerike i Akershus fylke, med 34 189 innbyggere og folketilvekst 3- 4% årlig [8]. Det oppleves byutvikling spesielt i Jessheim, samt en stor sentrumutvikling i sentrumsområdet. I den hensikt har Ullensaker kommune ønsket en håndtering for overvannsavrenning fra området, slik at innbyggere og næringsliv beskyttes mot skader. Overvann i Jessheim sentrum samles på overvannskum, som ledes bort videre gjennom overvannsledning mot Måsebekken, før vannet ender i Nordbytjern. Overvannet som renner fra Jessheim sentrum er forurenset, på grunn av parkeringsplasser, asfaltdekke, tak, og snøsmelting.

Kommunen har i 2009 etablert et renseanlegg for å håndtere forurenset overvann som ledes bort fra Jessheim sentrum til Måsabekken, som et tiltak for å beskytte innsjøen Nordbytjern.

Måsabekken er en lokal overvannsløsning, som er bygget med et sedimentasjonsbasseng og vegetasjonsfilter. Etter etablering av renseparken har kommunen månedlig analysert innløpt -og utløptvannet. Resultatet av analysene tyder på økt forurensning av flere ulike stoffer i biologisk filter. Den økologiske tilstanden målt ved utløpet av renseparken iht. krav i vannforskriften viser svært

dårlig tilstand. Dette tyder på at noen stoffer ikke fjernes i parken, noe som har en negativ effekt på bunndyr.

Jessheim sentrum er prosjektområdet for oppgaven, og har et areal på 2,6 km<sup>2</sup>. Det ble delt i 4 delområder (A, B, C og D). Hvert delområde har hovedovervannskum som leder bort overvann mot Måsabekken. Høsten 2017 ble prøver tatt fra de fire hovedovervannskummene, innløp til renseparken, utløp fra sedimentasjonsbasseng og utløp fra renseparken.

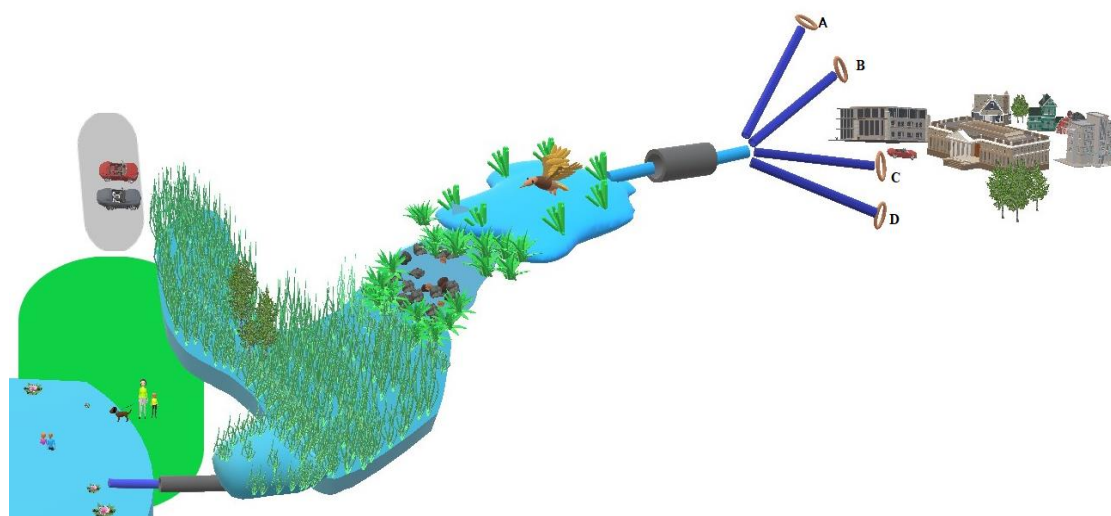
Avhengig av analyseresultater, vil Ullensaker kommune kunne få svar på renseeffekten i dagens situasjon for Måsabekken rensepark, belastning på anlegget og hvor ofte sedimentasjonsbassenget må tømmes, i tillegg til et løsningsforslag som vil forbedre renseeffekten for Måsabekken rensepark.

## 1.2 Problemstilling

Ullensaker kommune har ikke oversikt over dagens situasjon for renseparken, og har ikke oversikt over forureningskilder som forurenser overvannet. Dersom det skal iverksettes effektive tiltak mot forurensning må tilførslene fra de ulike delfeltene kartlegges og renseeffekten til renseparken undersøkes. Hvor store er tilførslene, hvordan er de fordelt i tid og rom, og kan problemområder identifiseres?

Hovedmål for oppgaven er å:

- Beskrive dagens renseeffekt i Måsabekken rensepark
- Identifisere kilder og årsaker til forurensning tilførsel
- Komme med forslag for å forbedre overvannskvaliteten



Figur 1. 2 viser oversiktlig bildet over løp av overvannet, hvor det kommer fra, hvordan det deler seg i fire hovedkummer, plassering til renseparken i forhold til resipient nordbytjern og sin oppbygging Og aktiviteter som skjer i Nordbytjernresipienten som mottar rensset overvannviser.



## 2. Litteraturstudie

### 2.1 Hydrologi

Vann er en av de viktigste ressursene på jorda. Studien om grunnleggende transportprosesser er viktig for å kunne beskrive vannmengder og vannkvalitet til vannressurser. Vann- og miljøteknikkingeniører er involvert i planlegging, analyse, design, utnyttelse og forvaltning av vannressurser. Bekymring for vannressursproblemer berører også meteorologer, havforskere, geologer, kjemikere, fysikere, biologer, økonomer, politiske forskere, spesialister innen anvendt matematikk- og datavitenskap [9].

Hydrologi er den vitenskapelige studien om fordeling, bevegelse og kvalitet av ferskvannet på jorda, og dets forhold til miljøet innen hver fase av vannets kretsløp [10]. Med solen som drivkraft, er vannets kretsløp naturens system for sirkulasjon av vann. Det starter med fordampning og plantenes transpirasjon, som avsettes på overflaten av jorda som nedbør og deretter avrenning for så å bli fordampet igjen [11].



Figur 2. viser vannets kretsløpsprosesser [12].

Fordampning, plantenes transpirasjon, nedbør, infiltrasjon og avrenningsprosesser er et kontinuerlig kretsløp [13]. Tiden hver dråpe vann bruker for å fullføre en syklus av dette kretsløpet varierer. Det kan ta dager, og det kan ta millioner av år. Ett eksempel på en langsom prosess er når nedbøren blir fanget i polariskapper. Nedbør kan også perkolere gjennom jordsporene til grunnvannreservoarer, og bli lagret der før det enten drenerer ut i et vassdrag eller innsjø, eller blir utnyttet som drikkevann og/eller vanningsbrønner [9].

Verden i dag bruker 70 % av ferskvannsressursene på landbruk, 20 % går med i industrien, og bare 10 % er dermed igjen til dyr og mennesker [14]. Når det gjelder rensset drikkevann så er det store vannmengder som tappes gjennom lekkasje på ledningsnettene, estimert 40 % i Norge. Alt vannet

som tappes fra vannkretsløpet, returneres tilbake til vannets kretsløp, men med lavere kvalitet og forsinkelse, selv om mye av dette blir behandlet [9].

Norge har store hydrologiske gradienter, på grunn av store variasjoner i klima og nedbørfelts egenskaper [15], og sin geografiske beliggenhet. Norge er ett av de landene i verden som har størst andel vannmengder (nedbørsfall), målt som overflateavrenning. Avrenning er alt vannet fra nedbør og snøsmelting som ikke fordamper, og som finner sin vei til (innsjø, elv, tjern osv.) eller lengere ned i bakken og blir til grunnvann. Cirka  $260\,000\text{ l p}^{-1}\text{ d}^{-1}$  i Norge, mens det globale gjennomsnitt er på rundt  $25\,000\text{ l p}^{-1}\text{ d}^{-1}$  [16].

Det er viktig å ha oversikt over nedbørs- og avrenningsmengde for å kunne planlegge og dimensjonere tilpassende sikringstiltak i bebygde områder, og for infrastrukturen. Dette for å unngå problemer som flom, erosjon og skred. Disse fører til skader på bebyggelse, infrastruktur, landbruk, former landskapet kan medføre tap av menneskeliv både direkte og indirekte. I tillegg påfører det samfunn og enkeltmennesker økte utgifter til oppbygging og sikringstiltak [17].

### 2.1.1 Nedbør

Rundt halvparten av nedbøren som faller i Norge er kommer først som snø. Temperaturen både over og i bakken avgjør om det forblir snø eller ikke. Når lufttemperaturen ved bakken er ca.  $2^{\circ}\text{C}$ , er det mer enn 50 % sannsynlighet for at det snør [18].

Årlig gjennomsnittlig nedbør i Norge er 1500 mm. Nedbøren varierer grafisk fra ca. 300 mm for Finnmark og indre Østlandet, og til 4000 mm for Vestlandet og Sogn [15]. Årlig gjennomsnittlig avrenning er 1150 mm [19]. Faktorer som spiller en betydelig rolle for nedbør og avrenning er størrelsen på nedbørsfeltet, jordtype, overdekning, form, vegetasjon, frost og evapotranspirasjon. Tett bebyggelse og veier med fast dekke er hovedfaktoren som påvirker hastigheten og mengden med avrenning til vannkilden de ender opp i [20].

Stedsplassering i forhold til både avstand og høyde over havet, har også stor betydning for hvor mengden nedbør og hvor mengden nedbør faller som snø eller regn. Av den grunn deles den norske hydrologien inn i to klimatyper, innlandsklima og kystklima. Innlandsklima har normalt snøakkumulasjon i vinterperioden. Derfor er det størst avrenning i innlandsklima under vårflommen. Nedbør og fordampning er nesten like stor i indre deler av Østlandet, samt er det vanligste i verden. Kystklimaet er mer vekslende mellom snøakkumulasjon og smelting i løpet av vinteren. Derfor er det høyere vannføring om vinteren, mens det er lav vannføring om sommeren. Avrenningen er også større i kystklima enn innlandsklima grunnet mengde nedbør. I tillegg så er det en del av Norge som

karakteriseres midt imellom innlandsklima og kystklima. I disse områdene forekommer de største flommene både om høsten og om våren [21].

I Norge er det Meteorologisk institutt, som har ansvaret for at det utføres målinger av nedbør, hvor det skal være målestasjoner, og hvordan målingene skal foregå. Meteorologisk institutt er et norsk statlig forvaltningsorgan under Kunnskapsdepartementet. Meteorologisk institutt styrer over 500 målestasjoner over hele landet og sørger for samlet tilgang til nedbørsdataene i Norge for alle som trenger det [22].

### 2.1.2 Avrenning

Nedbør og snøsmelting som renner på overflater, tak, gater og parkeringsplasser, uten å infiltreres i grunnen, kalles for overvann. Ved store regnskyll i tettbebygde områder treffer nedbøren tak og parkeringsarealer, uten mulighet til infiltrering. Klimaendringene vil føre til hyppigere og kraftigere nedbør, noe som fører til mer overvann. Som resultat, kan avløpssystemet og resipientene bli overbelastet [23].

Den rasjonelle formel benyttes ofte for dimensjonering av avløpsendringer i tettsteder og anbefales for felt som er mindre enn 0,2- 0,5 km<sup>2</sup> [24]. Her settes avrenning  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) lik avrenningsfaktor multiplisert med dimensjonerende nedbørintensitet og multiplisert med feltareal i km<sup>2</sup> [25].

Rasjonelle formelen.:  $Q = C * I * A * k_f$

$Q$ : *Regnvannsavrenning*

$C$ : Avrenningsfaktor

$A$ : *Areal* (Horisontalt)

$I$ : *Nedbørintensitet*

$K_f$ : *Klimafaktor*

Vannbalanseligningen er nedbør,  $P$ , minus fordamping,  $E$ , og endring i vannmengde lagret i jord/snø fra dagen før,  $\Delta M$ . Avrenningsdata kan også hentes fra Norges vassdrags- og energidirektorat. De bruker HBV-modell. HBV-modellen er en nedbør-avløpsmodell som tar hensyn til jordtype, grunnvannssone og endring i snømagasin. Norge har rundt 600 målestasjoner for vannføring, målestasjonene måler vannstand og ved hjelp av vannføringskurven for den enkelte elveprofil ved den enkelte målestasjon, så får man ut vannføring [26].

### 2.1.3 Klimaendring i Norge

Rural-urban migrasjon begynte i Norge på 1800-tallet, og herfra har tettsteder, infrastrukturer og befolkningstettheten økt [27]. Slik som vist på figur 1.1, vil økning i urbanisering medføre en økning i overvannsmengde, som igjen øker faren for flom. I løpet av de siste hundre årene har Norge opplevd en stor økning i nedbørsmengde og temperatur [28].

Økt nedbør om sommeren vil medføre stigning av havnivået, og det vil kunne oppstå oversvømmelser i mange byer med flom -og skredepisoder [29]. Skien kommune har kartlagt områdene som rammes av 200 års- flom, og vil ikke gi nye byggetillatelser i disse områdene som et tiltak. Kommunen har også laget kart med flomveier for bedre planarbeid for både eksisterende og nye områder. Skedsmo kommune har også fokus på klimaendringer, økt nedbørintensitet og påfølgende avrenningsproblematikk. Det eksisterende avløpsnett i deres kommune klarer ikke å ta unna vannmengde som kommer i forbindelse med kraftig nedbør. Dette fører til tilbakeslag i kjellere på grunn av oppstuvninger på avløpsnett. For å møte klimaendring har Skedsmo kommune vedtatt planbestemmelser som skal sørge for grønn byutvikling med fokus på blågrønne løsning [30].

Eksisterende avløpssystemer i Norge er ikke dimensjonert for å takle klimaendringer og store overvannsmengder av følge økning i nedbørsmengder og tette flater [31]. Ca. 57 % av norske kommuner har ikke kapasitet for å håndtere fremtidige overvannsmengder på grunn av at dimensjonering av ledningene ikke er tilpasset til disse endringene. Resultatet av dette, er at avløpssystemet blir overbelastet [32].

Finansdepartementet mener at det er behov for et langt større fokus både nasjonalt og kommunalt på overvannskader, bedre stratiger og mulige tiltak. Kostnader i dag på grunn av overvannskader er store. Forbygning kan redusere kostnader betydelig, samtidig som det vil skape et bedre nærmiljø og bedre muligheter for friluftsliv [33].

Med gode overvannshåndteringer vil risikoen for flom i utsatte områder bli redusert, biologisk mangfold vil bli styrket, bedre estetikk, rekreasjon og vannkvalitet[34]. Tradisjonelle overvannshåndteringsmetoder i bebygde områder leder bort overvannet i rør gjennom bakken. Systemet er utsatt for kapasitetsproblemer ved flom, og har liten evne til å tilbakeholde forurensningsstoffer. Ved å ta i bruk åpne overvannsløsninger vil overvannet bli brukt som et ressurs for opplevelse og økt biologisk mangfold, i tillegg til at dette gir økt flomsikkerhet og reduserte utslipp av forurensninger. Dessuten er åpne løsninger rimeligere å bygge og drifte enn tradisjonelle lukkede løsninger [35].

## 2.2 Avløpssystemet i Norge

Avløpssystemet i Norge kan være fellessystem eller separatsystem. Fellessystemet betyr at både spillvann og overvann går i samme rør. Separatsystem vil si at overvann går i egen overvannsledning, mens spillvannet, sanitært og industrielt avløpsvann, går i en annen ledning [36].

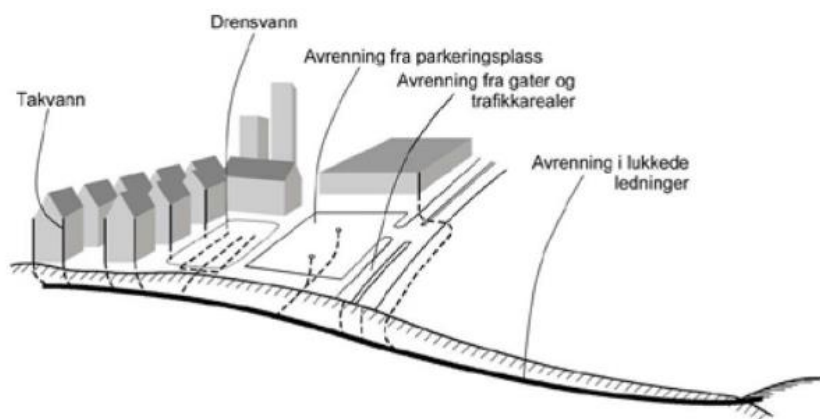
Tidligere ble ofte avløpsnett i byer og tettsteder bygd som fellesledninger, mens i dag er det krav om å separere disse, og av god grunn. Økning av nedbørsmengde og tette flater fører til økning av intensitet og volum av overvann, grunnet redusert infiltrasjonsevne. I tillegg til kjelleroversvømmelser, skader på eiendommer og bygninger, urbane flomskader på veier og annen infrastruktur, så kan det føre til overløp med den følgen at urensset spillvann går rett til resipient [37]. For å unngå oversvømmelsesproblemer, er det fornuftig å benytte overvannshåndteringsmetoder som fordrøyer og infiltrerer overvannet, og sørger for at spillvann og overvann føres til separate rør ved for eksempel å kreve frakobling av taknedløp for eksisterende boliger. Det kan også opprettes naturbaserte løsninger som regnbed, sedimentasjonsbasseng og våtmark. Dette vil gi kostnadseffektive løsninger med mindre flomproblemer, bedre vannbalanse og redusert forurensning ut i resipientene [38].



Figur 2. 1 viser grøften med de tre vannledninger.

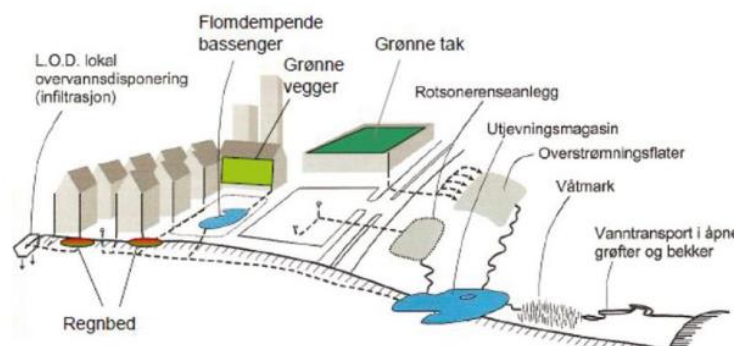
## 2.3 Overvannshåndtering

Overvannet håndteres i Norge på to måter - konvensjonelt og naturbasert overvannssystem. Konvensjonelt overvannssystem leder bort overvann i rør eller i kulvert. Består systemet av fellesledninger, vil vannet føres til avløpsrensaneanlegg før det slippes ut. Ofte er rørene ikke dimensjonert til å ta imot økningen av avrent overvann som fortetting, økning i andel av tette flater og klimaendringer fører til, noe som er en trussel mot de fremtidige utfordringene og som kan medføre mer oversvømmelser og vann på avveie [39].



Figur 2. 2 viser konvensjonelt overvannssystem med ledninger [40].

Naturbasert overgangssystem er den metoden som er mest ønskelig å benytte fremover. Her er det fokus på lokal overvannshåndtering (LOH/ LOD) og naturlige vannveier, ved å la vannet renne i åpne vannveier og dammer, eller infiltrasjon til grøft og grunn for å opprettholde grunnvannsbalansen til et område [41].

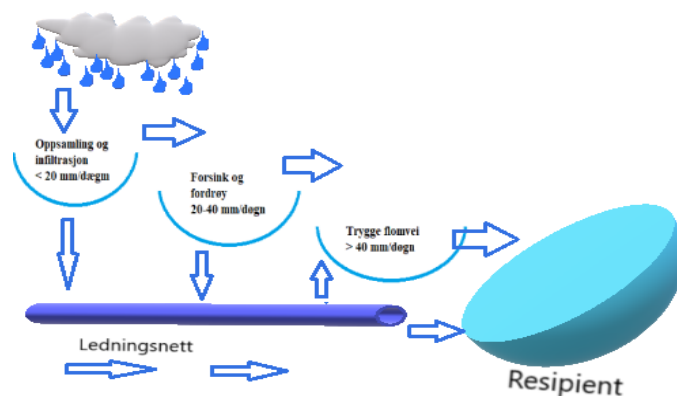


Figur 2. 3 viser overvannssystem basert på fordampning, infiltrasjon og fordrøyning LOD [40].

For en optimal håndtering av overvann så er det tre-ledds-strategien som er grunnleggende tankegang for LOH/LOD. Tankegangen bak strategien er at det først skal infiltreres og/eller tilbakeholde overvannet ved nedbørsmengde pr. hendelse som er mindre enn 20 mm, for å forbygge skader og sikre liv, helse og miljø. Ved nedbørsmengde på 20 - 40 mm, vil overvannet renne videre til åpne anlegg som forsinker og fordrøyer avrenning.

Ved å møte store avrenningsmengder større enn 40 mm og der infiltrasjon og fordrøyningsanleggene ikke klarer å håndtere overvannet, så skal man videre til siste ledd i strategien der man sørger for flomveier slik at overvannet avledes trygt. Ved å lage åpne vannveier og dammer så fremmes også biologisk mangfold [42].

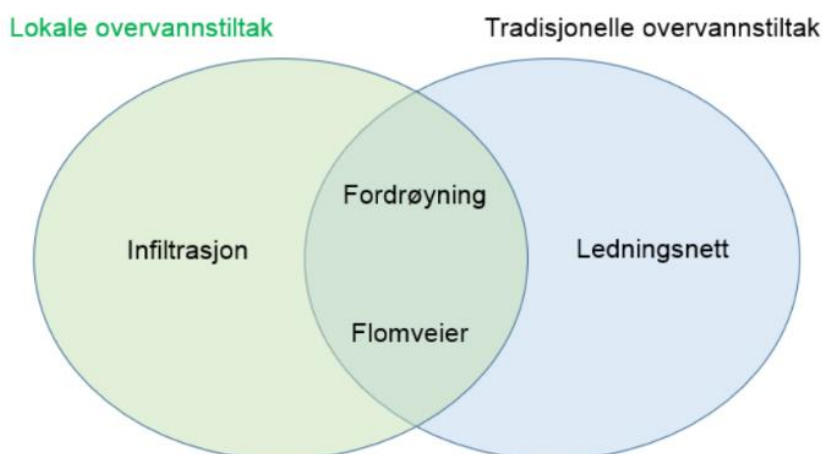




Figur 2. 4 treleddstrategi for å håndtere overvannet viser håndtering gjennom 1) infiltrasjon 2) fordrøyning og transportering av overvann gjennom 3) flomveier og 4) ledningsnettet [43].

For å imøtekomme de fremtidige problemer som er knyttet til overvann, kreves det gode løsninger for håndtering av overvannet. Det ønskes også å få overvannet tilbake til naturen slik at vannets naturlige kretsløp opprettholdes.

Lokal overvannshåndtering er en god løsning for å imøtekomme de fremtidige overvannsproblemer som er tilknyttet til klimaendringer og befolkningsvekst. Uten optimal håndtering kan det føre til dårligere vannkvalitet i innsjøer, vassdrag og fjorder, og hurtigere vannstandsøkning grunnet redusering av naturlig permeabel grunn og vegetasjon. Overvannet må håndteres for å minimere skader og ulemper [44].



Figur 2. 5 viser plassering av lokale og tradisjonelle overvannstiltak i forhold til overvannsstrategi.

Naturbasert overvannshåndtering er en løsning som gir lavt energiforbruk, få mekaniske deler, og stort sett ingen kjemikalietilsetninger. Løsningene er basert på naturlige vannsystemer og infiltrasjonsområder, hvor ideen bak er å forsinke overvannet mest mulig før det når resipienten, i

tillegg ønsker man å fjerne en stor del av forurensningsstoffene. Vannsystemer i naturbasert overvannshåndtering kan være sedimentasjonsdammer, våtmark og overvannsbassenger. Infiltrasjonsløsninger kan bygges som gresskledd forsengkninger, lukket infiltrasjonsmagasin og åpen infiltrasjon i bassenger.

### **Fordrøyning**

Brukes for å redusere risikoen for oversvømmelse (flomdempende), hindrer overbelastning av resipienter og rør og kan fungere som lokalt tiltak for minimering av forurensningsmengde ved at suspendert stoff avsettes. Fordrøyning kan skje i konstruerte bassenger eller ved å utnytte volumet av allerede eksisterende rør [38, 45].

### **Flomveier**

Overvannsledning er dimensjonert for å ta imot overvannet fra et gitt område, og i en gitt mengde. Ved ekstrem nedbør vil ledningene ikke klare å ta imot overvannet. I slike tilfeller må det være etablert flomveier, der flomavrenning ledes til vassdrag utenom ledningsnett og bebyggelse. Planlegging av flomveier må inngå som en integrert del av overvannsplanleggingen i utbyggingsområder [38].

### **Rensing av forurenset overvann**

Fordrøyning og infiltrasjon gir en mekanisk rensing av forurensningsstoffer fra overvann. Rensing av overvann lokalt i et område er hovedsakelig bygget opp ved hovedprosessene sedimentasjon, filtrering og infiltrasjon. Hver rensemethode har en forventet renseeffekt. Tabell 2.1 under viser forskjellige typer prosesser og deres renseeffekt [38].



Tabell 2. 1 Oversikt over renseprosesser aktuelle i lokale løsninger for overvann (sedimentasjon, filtrering og infiltrasjon), forventet renseeffekt og forutsetninger [38].

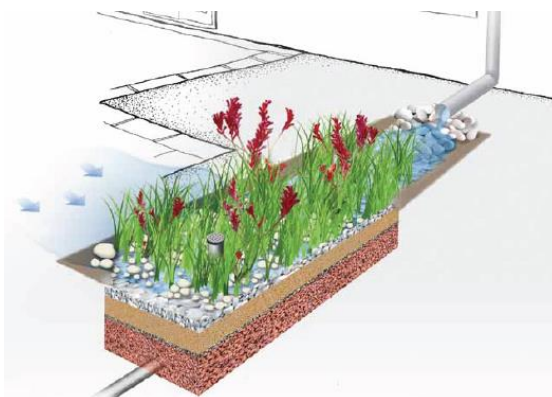
Prosess	Renseeffekt
<p><b>Sedimentasjon</b> Sedimentasjon bidrar til å redusere andelen partikler i vannet ved at disse bunnfeller. Renseeffekten øker med økende overflateareal i sedimentasjonssonen og oppholdstid. Prosessen er godt egnet for å fjerne synlige partikler fra vannfasen og erfaringsmessig vil riktig utforming gi en robust renseeffekt.</p>	<p>God renseeffekt for partikler og partikkel-bundet forurensninger</p> <p>Liten eller ingen renseeffekt for løst forurensning, flytестoffer og bakterier</p>
<p><b>Filtrering</b> Tett vegetasjon med liten vanddybde (15 – 30 cm) bidrar til å tilbakeholde og filtrere ut søppel, partikler og flytестoffer i vannet. I tillegg vil noe løst næringsstoffer og forurensning (tungmetaller og organiske miljøgifter) reduseres gjennom biologisk opptak og omsetting i planter, bunnsubstrat og vannfasen. Selv om de biologiske prosessene spiller en vesentlig rolle i forbindelse med naturbasert rensing, er prosessene lite robust som renseprosess.</p>	<p>Vil fjerne flytестoffer, partikler og søppel fra vannet.</p> <p>Variierende renseeffekt for næringsstoffer og løst forurensning (sorpsjon og planteopptak)</p> <p>Vil i liten eller ingen grad bidra til å redusere farge og uklarhet i vannet</p>
<p><b>Infiltrasjon</b> Ved å infiltrere vann gjennom ett porøst filter (f.eks., jord, sand eller skjellsand) vil partikler fjernes fra vannfasen ved at disse tilbakeholdes i filteret. Renseeffekten og hvilke partikkelstørrelsesfraksjoner som tilbakeholdes avhenger av kornstørrelsen til filteret. Filteret vil i tillegg fjerne løst stoff gjennom sorpsjonsprosesser (adsorpsjon, absorpsjon og ionebytteprosesser). Type filtersubstrat påvirker i stor grad hvilke stoffer som blir tilbakeholdt. Renseeffekten er ansett som robust.</p>	<p>Fjerner partikler, flytестoffer, søppel og løst forurensning fra vannet</p> <p>Vil kunne redusere farge og gi vannet større klarhet</p>

Krav til rensing av overvann avhenger av vannkvalitetsmål som gjelder for resipienten. Basert på dette bestemmes type overvannsanlegg, her er noen eksempler.

### Regnbed

Regnbed er et lokalt tiltak for overvannshåndtering for små, gjerne urbane og eksisterende områder. Utformingen av anlegget er som en beplantet forsenking i terrenget. Det mottar overvann på overflaten og infiltrerer det ned gjennom et filtermedium. Derfra ledes det enten videre til grunnvann eller til vassdrag via et drens-system. Regnbedet tørrelgges etter hver episode for å være klar til å motta overvann fra neste nedbørshendelse. Dette er en god løsning for å redusere avrenning og for å rense overvannet ved å holde tilbake forurensninger i filtermassen, øke biodiversiteten og forsterke grøntstrukturen i byen. Regnbedet kan motta overvann fra tak, parkering, boligområder og vei. Normalt så må et regnbed ha volum og infiltrasjonskapasitet slik at det kan håndtere 2,5-4,5 m/døgn

med konsentrasjonstid 10 min. For å beholde den best mulig, så skal vegetasjonsetablering være stedeegne og ved tørre perioder er det viktig med vanning [46].



Figur 2. 6 viser eksempel på en regnbed plantene over grus, og under benyttes et sandrikt jordlag «filtermedium» og et gruslag med drenerør (figuren fremstilles [Melbourne Water](#)).

## Infiltrasjonsbasseng

Infiltrasjonsbasseng er en lokal overvannshåndtering som består av et åpent basseng og gode infiltrasjonsmasser under. Anlegget har god renseevne av både partikulære stoffer og oppløste, og organiske stoffer som blir brutt ned i grunnen. Hvis avrent overvann inneholder større materialer, anbefales det å bygge et sedimenteringsbasseng, som kan tømmes for slam, før infiltrasjonsdelen. Infiltrasjonskapasiteten bør være ca. 2 m/ døgn med konsentrasjonstid på 20 min [47].



Figur 2. 6 viser prinsippkisse for infiltrasjonsbasseng.

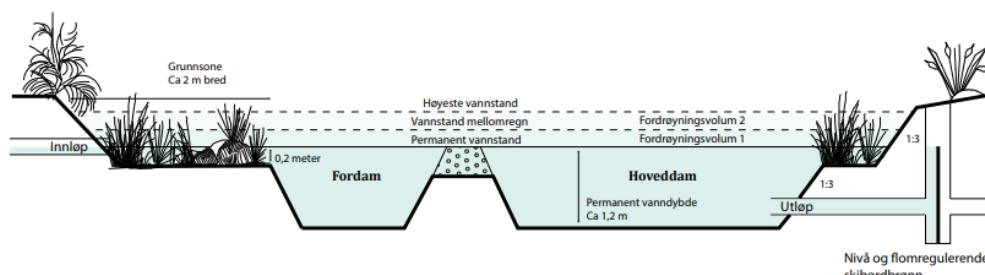
## Overvannsdammer

Overvannsdammer er et lokalt tiltak for overvannshåndtering. Dammene er bygget for å kunne motta forurenset overvann fra harde flater og dempe flomtopper. Rensemekanisme i anlegget består av sedimentering, planteopptak, adsorpsjon og mikrobiologisk nedbrytning ved nitrifikasjon og

denitrifikasjon. Overvannsdammer har til vanlig terskler som håndterer dimensjonerende nedbørhendelser, der utløpet bygges delvis eller helt dykket. Det er vanlig å bruke en permeabel terskel. Dammen oppnår best renseseffekt med litt tid mellom hvert regnskyll, og ved riktig utforming, derfor er det viktig å anlegge den trinnvis med vegetasjonsfilter og med størst mulig utstrekning horisontalt. Jo lenger oppholdstid og lavere hastighet vannet har gjennom dammen gir best rensing av forurensningsstoffer [48].

For å oppnå den optimale renseseffekten så må renseseparken ha et overflateareal på 2,5- 1,5 % av effektivt tilrenningsareal. Vegetasjonen må dekke omlag 30 % av vannoverflateareal. Den brukes for å hindre algeoppblomstring og bremser vannstrømmen gjennom anlegget, særlig ved høy vannføring når forurensningsstoffer transporteres. Røttene til plantene bringer oksygen ned i sedimentene. Dette begrenser frigjøringen av fosfor. Normalt oppholdstid for overvannet i et slikt rensenanlegg er mellom 12-14 timer [49]. En slik løsning trenger kontinuerlig drift og vedlikehold, mye areal og kontinuerlig vanntilførsel.

Anlegget er laget for å motta oppløste og partikulære forurensningsstoffer fra overvannet. Oppløste forurensningsstoffer renses fra vannet ved opptak i planter og adsorpsjon til sediment gjennom anlegget. Særlig i sommertiden har anlegget sin høyeste renseseffekt, men det er god effekt også om vinteren for både oppløste og partikulære forurensninger, grunnet lang oppholdstid [49]. Det er veldig viktig med konstant vedlikehold med årlig tømning av slambasseng og kontroll av innløp og utløp.



Figur 2. 7 viser prinsipskisse av overvannsdam.

## 2.4 Forurensninger i overvann

### 2.4.1 Standardparameter

#### **Totalt suspendert stoff**

Total suspendert stoff (TSS) er partikler som ikke er oppløselige i vann, med partikkelstørrelse  $>2$   $\mu\text{m}$ . De fleste suspenderte stoffer består av uorganiske materialer, selv om bakterier og alger også kan bidra til total faststoffkonsentrasjon [50]. Disse faststoffene inkluderer alt som flyter i vannet fra bygninger, industri og jord, i form av silt, sand, veistøv, utslipp av drivstoff og andre trafikkrelaterte forurensninger som dekk- og veislitasje [3]. TSS anses som en forurensning og ofte fraktes tungmetaller og oljer adsorbent på overflaten til stoffene, og det er også en stor kilde til mikroplast fra dekkslitasje. Det vaskes bort fra tette overflater ved nedbør, og ledes bort med overvann til overvannsledning og videre til resipient. Når det gjelder vannkvalitet, vil høye nivåer av TSS øke vanntemperaturen og redusere oppløsningsnivåene. Dette skyldes at suspenderte partikler absorberer mer varme fra solstråling enn vannmolekylene gjør. Denne varmen overføres deretter til det omkringliggende vannet ved varmeledning. Varmere vann kan ikke holde på så mye oppløst oksygen som kaldere vann. Vannet kan bli stratifisert, hvilket betyr at vannet blir delt i et øvre og nedre lag som ikke blandes hvor kaldt, oksygenfattig vann siger ned til bunnen. Siden nedbrytning og respirasjon ofte forekommer i de nedre lagene, kan det bli for hypoksis (lave oppløste oksygenivåer) til at organismer kan overleve [50].

#### **Næringsalter**

Fosfor måles i form av total fosfor, som er summen av orthofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), og polyfosfat ( $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$  og  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ ), I gamle dager var bruk av fosfor i vaskemidler høy, men dette er det slutt på i dag. En del fosfor finnes partikulært i vann, men mer en 60 % finnes i oppløst form. Kilden til fosfor i dag er gjødsel, husdyr og fra feiltilkobling av avløpsledning til overvannsledninger. Fosfor er et begrensende næringsstoff i ferskvann [51].

Nitrogen finnes i avløpsvannet som organisk bundet nitrogen (urea) og /eller uorganisk nitrogen ammonium  $\text{NH}_4^+$ , nitritt  $\text{NO}_2^-$  og nitrat  $\text{NO}_3^-$ . og måles som total nitrogen. I renseprosessen vil ammonium oksidere til nitritt eller nitrat, derfor finnes mesteparten av nitrogenet som nitrat. I utløp av en biologisk renseprosess er det rettet mer mot nitrogenfjerning. Nitrogen er begrensende næringsstoff i saltvann [51].

## **Escherichia coli**

*Escherichia coli* (*E. coli*), er en stor gruppe bakterier. Over ca. 250 ulike stereotyper av *E. coli* har blitt påvist. De fleste av bakterier gir ikke sykdom hos mennesker, men noen er sykdomsfremkallende og fører til implikasjoner som urinveisinfeksjoner, blodig diare', mild diare', nyresvikt og infeksjoner knyttet til forurensende implanter [52]. Bakterien smitter mellom dyr og mennesker, og forekommer normalt i tarmsystemet til mennesker og dyr [53].

*E. coli* indikerer på fekal forurensning. Den kan komme fra mennesker, drøvtyggere (kyr, sau og geit), hest, gris og eller varmblodige dyr som (hund, fugler, ville dyr, osv.). I den varme årstiden kommer den største mengden av *e.coli* av fekal fra varmblodige dyrearter, men i kalde perioder er største kilde til forurensning i vannet fra mennesker [32] Kilden til *e.coli* kan spores ved mikrobiell kildesporing undersøkelse [33]. Generelt så lever *e.coli* ikke lengere en to uker når de ikke er i et varmblodig dyr, hvilket gir sannsynlighet til at de kun overlever noen uker i naturen [34].

Funn av bakterien i vann viser at vannet er forurenset med kloakktilsig eller dyr som er i nærheten. Vanligvis når vannprøve viser *e.coli* i tre etterfølgende prøver > 1000 MPN/ ml, skal det tas på alvor. Hvis resultatene er fra en badeplass, så må den stenges [54].

## **pH-verdien**

pH-verdien er et mål på vannets innhold av hydrogenionet ( $H^+$ ), og opplyses fra en log-skala med verdier fra 0-14 som definerer hvor surt eller basisk vannet er. Sammenhengen er at ved  $pH = 1$  så inneholder løsningen 0,1 mmol/L med  $H^+$ -ioner på formen  $H_3O^+$ , hvilket også kan skrives som  $10^{-1}$ , altså er pH lik 1. Ved innhold av oksoniumioner på 0,01 mmol/L, hvilket kan skrives som  $10^{-2}$ , så er pH lik 2. Ved pH-verdi på 7 er  $H_3O^+$  og  $OH^-$  tilstede i like store mengder så er vannet nøytralt [55], Hvis vannets pH-verdi er for høy eller for lav vil det påvirke oppløseligheten, og toksisiteten av kjemikalier og tungmetaller i vannet, fordi det styrer hvor reaktivt vannet er, og hva slags ioner det vil reagere med [55], i tillegg til økning av fosfor og andre næringsstoffer som kan bli trussel for algevekst ved høy pH verdi [56]. Det er mange faktorer som påvirker pH-verdi i vann, både naturlige og menneskeskapt. De fleste naturlige endringer forekommer på grunn av samspill med omgivelsene som temperaturendringer,  $CO_2$ , bergarter, jordsmonn og andre naturlige påvirkningsfaktorer. pH-verdi kan også påvirkes av nedbør, spesielt surt regn som er regn med pH under 5,6, og avløpsvann [57]. Ferskvann, innsjøer, dammer og bekker har vanligvis en pH på 6-8, avhengig av omliggende jordsmonn og berggrunn. Naturlig nedbør, både regn og snø, har en pH nær 5,6 på grunn av kontakt med  $CO_2$  og andre atmosfæriske påvirkninger.

## 2.4.2 Tungmetaller

Metaller med tetthet over  $5 \text{ g/cm}^3$  defineres som tungmetaller [58], og de fleste regnes som miljøgift. Ulike tungmetaller har forskjellige effekter på organismer, og den enkelte organisme kan ha forskjellig følsomhet mot det enkelte tungmetall [59]. Hoveddelen av tungmetaller som fører til betydelig forurensning i vann er As, Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Ni og Zn, som kommer fra en lang rekke kilder. De måles som totale tungmetaller (partikulært og oppløst) i vannet [60], oppløste metaller er alt som har mindre størrelse enn 0,45 mikron, og binder seg sterkt med vannmolekyler.

Bindingskapasitet av tungmetaller i skogsmark og innsjøsedimenter er stort, noe som fører til en økning av tungmetaller i økosystemet med tiden. Når sedimentenes bindingskapasitet av de enkelte tungmetaller overskrides, så kan metallene løses ut i vannfasen og bli en trussel for økosystemet. Dyr og planter som lever i økosystemet kan bli utsatt for pulser av tungmetaller ved nedbørhendelser, noe som kan føre til forgiftninger. En del av tungmetallene kan hoppe opp og gi kronisk forgiftninger i levende organismer [61].

Tabell 2. 2 viser kilder til forurensningsstoffer og arealtype det finnes i [1].

Forurensningsbidrag	Kilde	type areal
Tot-N	forbrenningsmotorer og gjødselprodukter. Atmosfærisk nedfall.	Alle
Tot-P	Gjødselprodukter, og atmosfærisk bidrag	Alle
Asren	Forbrenningsmotorer, tidligere vegmerking og impregnert trevirke	Vei, sentrum og industri
Bly	forbrenningsmotorer, bildekk, smøreljer og slitasje på bildekk	Veier
kobber, sink	Korrosjon og bremses på kjøretøy, samt bildekk	veier
kadmium	Drivstoff	veier
kobber	Kobbertak og kobberinstallasjoner i bebygde	Boligområder
Nikkel	Diesellolje og smøreljer. Diverse legeringer	Alle
Sink	Alle galvaniserte produkter (lysstolper, skilter og rekkverk). Slitasje av bildekk	Vei, sentrum og industri

### Arsen:

Arsen er et naturlig forekommende grunnstoff., De vanligste utslippskildene for arsen er tobakksproduksjon, kull og olje. Arsen kan tas opp fra luften via luftveiene og gjennom inntak av vann og mat. Det finnes naturlig i jordsmonn i store daler fra erosjon av bergarter, men som oftest i lave konsentrasjoner. I 2002 ble det forbud å produsere produkter, som impregnert tre, som inneholder krom, kobber og arsen, CCA-salter, i Norge på grunn av utslipp som er farlig for miljøet og kan føre til lungekreft. As finns på organisk og uorganisk form, der uorganisk arsen er den som er mest giftig for planter og dyr da den kan bli tatt opp i kroppen [62].

### **Bly:**

Bly (Pb) er et naturlig forekommende grunnstoff som er svært giftig og ikke et essensielt metall for kroppen. Utslippskilder for bly er veier med høy ÅDT, sentrumsområder, bildekk, smørolje, slitasje på bremses i kjøretøy, utslipp fra næringsområder, maling og overløpsvann [63].

Pb transporteres lett i jord og vann, da det danner bindinger til uorganisk partikulært materiale og humus. Bly kan være akutt giftig for vannlevende organismer ved høye konsentrasjoner [61]. Bly kan finnes i ulike former i overvannet der giftigheten er sterkt avhengig av innhold av organiske materiale og pH. Organiske blyforbindelser er mer farlig for organismer enn de uorganiske, da det lettere tas opp i kroppen hvor det kan oppkonsentreres i skjelettet og i blodet.

### **Kadmium:**

Konsentrasjon av Kadmium (Cd) i naturen er lavt, så det meste av metallet kommer fra industrier. Andre kilder er slitasje av asfalt, forbrenning av olje og kull. Mange kunstgressbaner inneholder kadmium. Det kan også finnes i plast, emballasjer og maling. Giftigheten til kadmium er avhengig av hardheten i vannet. De fleste kadmiumforbindelser er akutt giftige for vannlevende organismer, særlig i ferskvann og kan ha kroniske giftvirkninger selv ved små konsentrasjoner [64]. Dødelig dose av kadmium for fisker og levende akvatiske organismer varierer mellom 0,1-10 gCd/l. Virkning av kadmium på mennesker er mindre enn dyr. Det kan føre til oppkast, diare og kvalme, og påvirker nyrer, lever og skjoldbruskkjertelen. Kadmium er ikke et essensielt metall for oss [65].

### **Kobber:**

Kobber (Cu) er et grunnstoff som finnes naturlig i mineraler og bergarter. Det finns i jordsmonn og sedimenter. Menneskeskapte utslipp kommer mest fra veier med høy ÅDT, overløpsvann, sentrumsområder [63], [63], maling, smelteverk og elektrokjemisk industri. Det er også et viktig metall i elektriske kabler og kunstgjødsel, noe som kan medføre mye forurensning. Kobber finnes i vannet både løst og partikulært, og kan bindes til organiske og uorganiske partikler. pH-verdi, hardhet og innhold av organisk materiale i vannet vil påvirke giftigheten til kobber å øke faren for at det er bundet til TOC og humus. Sur nedbør vil kunne føre til at kobber løses ut som  $\text{Cu}^+$ -ioner fra partikler i jord og sedimenter, og følge med vannet videre [65]. Kobber er et viktig metall, men høy konsentrasjon kan føre til akutt forgiftning for mange organismer og dyr. Alger og sopp er følsomme mot kobber, og de kan dø av å komme i direkte kontakt med metalliske kobberoverflater. Kobber er mindre giftig for landlevende organismer enn vannlevende [61].

### **Krom:**

Den største utslippkilden av krom er bolig og blokkbebyggelse og deretter veier med høy ÅDT, krom, Cr, finnes i naturen i bergarter, støv og jord. Cr er naturlig i lavt konsentrasjonsnivå, og det er heller ikke så mye fra menneskeskapte kilder i norsk miljø. Krom brukes som fargestoff i maling, lakk og blåsesand [65]. Krom i små mengder er viktig for fisk og mennesker. Pattedyr kan tåle 100-200 ganger normal konsentrasjon i kroppen uten å få negativ påvirkning. Derfor er det stor avstand mellom essensielle mengder av krom til toksiske nivåer. Høy konsentrasjon av krom kan føre til allergiske reaksjoner i huden, og kreft.

### **Nikkel:**

Nikkel er et grunnstoff som er vanlig i en rekke mineraler og bergarter og finnes i lav konsentrasjon i miljøet i Norge [65]. Største utslippkilde for nikkel er sentrumsområder, boligbebyggelse, næringsområder og overløpsvann [63]. Nikkel benyttes i noen produkter som legeringer, stålprodukter, pigmenter og batterier. Den antas som farlig for akvatiske organismer, og kan være kreftfremkallende. Mange er allergiske mot nikkel [65], men det regnes som et essensielt metall inntil et visst nivå for fisker [61].

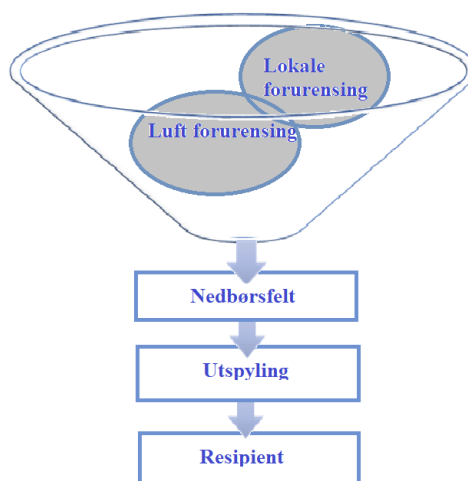
### **Sink:**

Sink, Zn, er et grunnstoff som benyttes i mange produkter i dag, for eksempel i legeringer, trykkplater, maling og galvanisering. Menneskelige aktiviteter er hovedkilde til utslipp av sink [65]. Største utslippkilde til sink er næringsområder, overløp, sentrumsområder og veier med høy ÅDT [63]. Ferskvannsorganismer er mer følsomme for sink enn marine arter. De kan akkumulere sink og en høy konsentrasjon av sink i en organisme påvirker overlevelse, reproduksjon og vekst [65].

## **2.5 Kilder til forurensninger i overvann**

Overvann er all nedbør som ikke infiltrerer i grunnen. Kvaliteten påvirkes direkte av lokale forurensningskilder og luftforurensninger (figur 2.2). Mengde og sammensetning av forurensninger i overvann varierer, i forhold til nedbørsfeltets fysiske beskaffenhet, bergarter, jordsmonn og bruk av området. Å kjenne til forurensningskilder er viktig for å kunne ta fornuftige vurderinger av forurensningsbelastning og teknisk tiltak for rensing av overvannet. Figuren nedenfor viser forurensningsforløp [59].





Figur 2. 8 viser forurensningsløp.

### Luftforurensning og lokalforurensning

Atmosfæren inneholder gasser og små partikler, dannet av giftige utslipp fra menneskelige aktiviteter som trafikk, industri og forbrenning. Forbrenning av olje og kull, smelting av ulike malm typer, smelteprosesser i jernstøperier, utslipp fra produkter og forbrenning av søppel [66] berører luftkvaliteten, som igjen påvirker overvannskvaliteten.

Trafikkarealer slipper ut eksos, veislitasje, bildekkslitasje, veisalt og ferdsl, korrosjon av takbeslag fra bygninger, og gjødsling av hagene og landbruk bidrar til lokale forurensninger [59]. Dette vil bidra til økning av organiske stoffer, næringssalter og tungmetaller som akkumuleres på overflaten og endrer på lokale forurensningskonsentrasjoner med tiden.

Fysisk dimensjonering, helningsgrad, materialtype og kvalitet på avrenningsareal influerer på overvannsforurensningen. Utskyling av forurensningsstoffer fra asfaltoverflaten, takrenner og hovedvannledninger er avhengig av hydrologiske tilstander, og varierer med varighet og intensitet av nedbør, snøsmelting, tørrvårsperioder og temperatur [67].

### 3. Prosjektområdet

#### 3.1 Overordnet beskrivelse av prosjektområdet

Prosjektområdets beliggenhet er i Jessheim sentrum, i Ullensaker kommune. Ullensaker kommune ligger på Østre Romerike i Akershus fylke ca. 25 km nordøst for Oslo [8]. Området har innlandsklima og kortvarige og intense nedbørperioder, med 862 mm årlige nedbør og 3,8°C gjennomsnittlig årlig temperatur [68]. Total nedbørsmengde og temperatur er direkte berørt av klimaendringen og mot slutten av århundret er det forventet at total nedbørsmengde i området vil øke med ca. 12-17%, og 2-3 °C økning i middeltemperatur fram til 2060, og 3-4 °C frem til 2100, ifølge klimaservicesenter [69]. Området ligger over en meget god infiltrasjonsgrunn av breelvvavsetninger, bygget opp av løsmasser (sand og grus) med god grunnvannskvalitet [70], se figurene under. Gardermoenakviferen er Norges største nedbørsmatede grunnvannsførekønst.

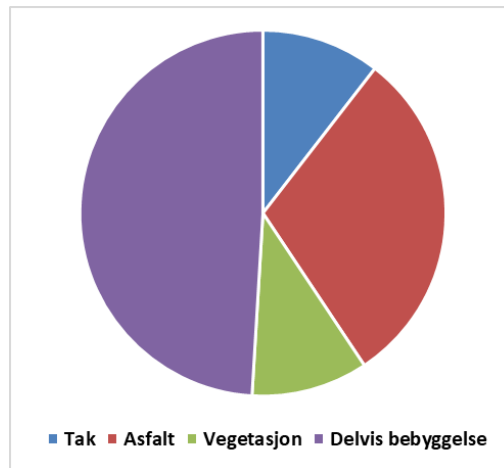


Figur 3. 1 viser at prosjektområdet er godt egnet for infiltrasjon, ifølge infiltrasjonseffekt kartet [70].



Figur 3. 2 viser at prosjektområdet består av breelvløsmasse ifølge løsmassekart [70].

Prosjektområdet er på ca. 2,6 km<sup>2</sup>, med stor trafikk (5 000 – 10 000 ÅDT). Det er en betydelig andel med tette flater som parkeringsplasser, ca. på 30 % og takoverflate ca. på 10 %. Delvis bebygde dekker område på rundt 49 %, og vegetasjon dekker ca. 10 % av totalt område (figur 3.3).



Figur 3. 3 viser en pai diagram for topografi fordeling av prosjektområde.

Ullensaker kommune har separat avløpssystem med ca. 261 km spillvannsledning og 119 km overvannsledning. Det finnes kun 100 m med fellesledninger og de er i ferd med å bli separert. Mesteparten av kommunen er dekket av offentlig avløpssystemet. Per dags dato eksisterer det 840 mindre avløpsanlegg hvorav 400 av disse er minirenseanlegg. 40 anlegg er for fritidsboliger og 10 anlegg for institusjoner [71].

Kommunen har ansvaret for alle overføringsledninger som er koblet til kommunes avløpsrenseanlegg, med unntak av private stikkledninger. Det er ikke lov å koble til kommunalt ledningsnett uten tillatelse.

Det er tre hovedresipienter for overvannsutslipp. Disse er vassdragene Risa, Leira og Rømua, som vist på vedlegg 1. Det er i tillegg noen små bekker. Den største bekken i Jessheim er Måsebekken, som tar imot overvann fra Jessheim sentrumsområde. I dag er det krav om at takvann skal føres til terreng og håndteres lokalt på egen eiendom, i henhold til VA-normen [72]. Dette var ikke tilfellet tidligere og mange boligområdet føres alt takvann, drensvann og overvann fra boligeiendommer til kommunens overvannssystem.

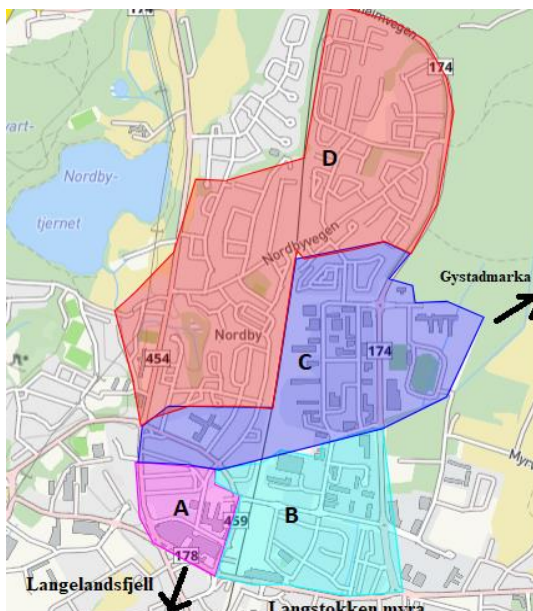
I 2017 har Fylkesmannen i Oslo og Akershus kommet med nye krav om tømning av sandfang når kummen er halvfull. Høsten 2017 begynte Ullensaker kommune med regelmessig og planmessig tømning av sandfang for å imøtekomme kravet. Fylkesmannen håper at tiltaket vil føre til mindre utslipp av forurensningsstoffer via overvannet til resipienter som vann og vassdrag. Det er kun kummer med rist som har sandfang [73]. De fleste av kummene i prosjektområdet har tett lokk.

Ullensaker Kommune har to avløpsrenseanlegg. Gardermoen renseanlegg med mekanisk, biologisk og kjemisk rensesmetode, og Kløfta renseanlegg med mekanisk og kjemisk rensesmetode. Slammet fra avløpsvann fra Kløfta- og Gardermoen renseanlegg behandles ved Gardermoen renseanlegg med biologisk rensetrinn [74].

Området masteroppgaven omhandler er Jessheim sentrum i Ullensaker kommune, og består av avrenningsfeltet for Måsabekken og Nordbytjernet som den munner ut i (figur 3.4). Prosjektområdet ble delt inn til 4 delområder, for å kunne studere prosessene mer nøyaktig, og forhåpentlig lokalisere ulike typer forurensning som ledes med overvannet til Måsabekken og deretter ut i Nordbytjernet. Overvannet som ledes til Måsabekken rensepark er ikke kun fra prosjektområdet, det er en liten del som renner i to bekker inn til områdene A, B og C og blander seg med til Måsabekken. Langelandsfjell renner til områdene A og B og Gystadmarka fører overvann til området C (se figur 3.5).



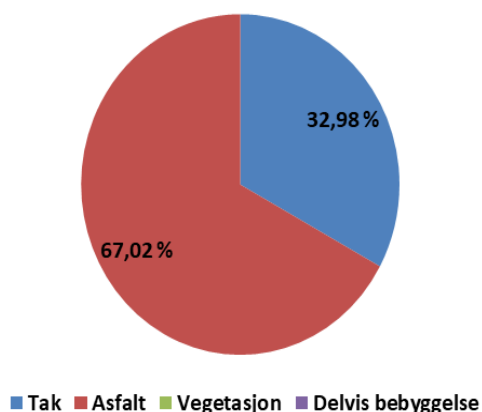
Figur 3. 4 viser kart over Ullensaker kommune som er markert med mørkt grå, og prosjektområdet inn i rødt sirkel [75].



Figur 3. 5 viser delområder for prosjektområdet.

### 3.1.1 Delområdet A

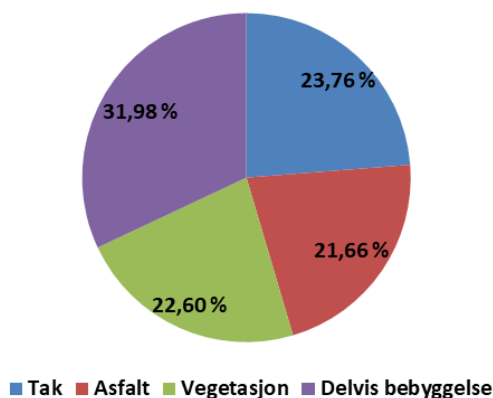
Delområdet A har et areal på 0,152 km<sup>2</sup>. Og består hovedsakelig av blokker, kontorbygg, Jessheim storsentrum, parkeringsplasser, rådhuset og jernbanestasjonen. Det er mye tette flater og nesten ingen vegetasjonsarealer i delområdet A. I tillegg er det mange byggeplasser i området i 2017 og ÅDT på veiene er på mellom 3000 og 7000 kjøretøy.



Figur 3. 6 viser paidiagram for topografi fordeling delområdet A.

### 3.1.2 Delområdet B

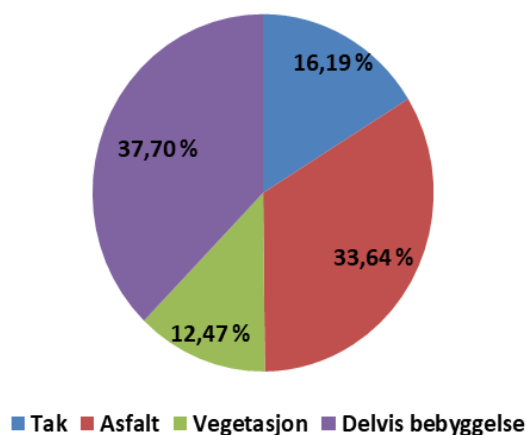
Delområde B er på 0.456 km<sup>2</sup>. Det består av kontor, store butikker, vaskehaller, kommunens driftsavdeling og brannstasjon. Delområdet kalles industriområdet. Tette flater som tak og parkering dekker nesten halvparten av området. Grunnvannstanden er høy, og mange av byggene har alt overvann ledet inn på kommunalt nett. Nyere bygg har krav om å fordrøye og infiltrere mest mulig av takvann, overvann og drensvann, og kun ha et nødoverløp til kommunalt overvannsnett. Det har vært lite fokus på flomveier ved store eller intense nedbørshendelser og mye av overvannet vil da stort sett ledes til vei. Området opplever tunge kjøretøy hver dag på grunn av aktivitetene i området. ÅDT er ca. 4000-12000 kjøretøy.



Figur 3. 7 viser pai diagram av topografifordeling for delområdet B.

### 3.1.3 Delområdet C

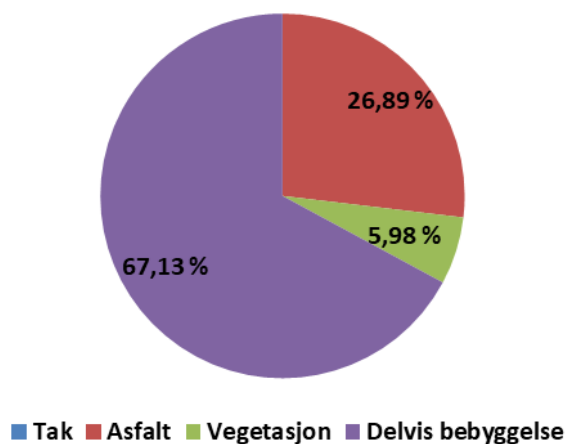
Delområdet C har et areal på 0,728 km<sup>2</sup>. Den største delen av området består av boligområder. På veiene kjøres det for det meste personbiler, og ikke mange tunge kjøretøy. Dette er med unntak av den delen som opplever mye nybygging, spesielt i 2017. I dette delområdet er det mest andre boliger som blokker og kontorer med asfaltdekkende rundt, hvilket drar opp andelen av disse flatene. Grøntarealer i delområdet er hager, med også et lite areal med tett skog.



Figur 3. 8 viser pai diagram viser topografi fordeling for delområdet C.

### 3.1.4 Delområdet D

Området D er det største delområdet, med store, veletablerte boligområder. Det er på 1,3 km<sup>2</sup>. ÅDT er mellom 4000- 10 000 kjøretøy. Vegetasjonsarealer i området består av tett vegetasjon og hager.



Figur 3. 9 pai diagram viser topografi fordeling for delområdet D.

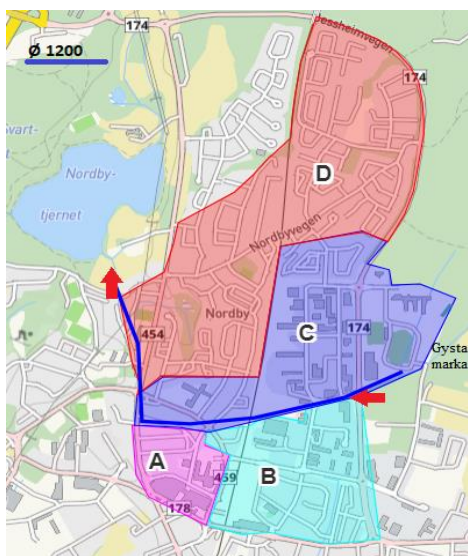
### 3.1.5 Eksterne kilder av overvann inn i prosjekt området

#### Gystadmarkamyra

Gystadmarka er en gammel myr som består av et åpent våtmarksområde med lite trær, der overvannet samler seg, før det drenerer videre [76]. Myra ligger øst for Jessheim sentrum i Ullensaker kommune, og er en ny bydel som er under utvikling. Gystadmarka er et område med boligbebyggelse, næringsområder, skole, barnehager, idrettsarenaer og noe skog.

Gystadmarka har to utløp som leder avrenning ut av området. Mot vest ledes avrenningen via en overvannsledning med dimensjon Ø1200. Ledningen fører avrenning gjennom Jessheim sentrum og videre til Nordbytjernet (se figur 3.10). Andre utløpet går til Pinnebekken som går sørover mot Rambydalen, og er ikke omfattet av oppgaven.

Overvannsmengde fra Gystadmarka til Nordbytjernet i dag, ligger ca. på 60,7 l/s, med en kontinuerlig økning. Dette problemet ble tatt i betraktning av Ullensaker kommune ved regulering av utbyggingsområdet Gystamarka. Juni 2017 utarbeidet COWI et skisseprosjekt med overordnet plan for håndtering av overvann for området. Der foreslo de å redusere avrenningen til Ø1200 i fremtid til maks. 50 L/s [77]. Målinger fra Gystadmarka viser en grunnvannstand på mellom 0,4 til 1,2 m under overflaten [78].



Figur 3. 10 viser overvannsløp fra Gystamarka til nordbytjernet som går gjennom området C ved blå linje.

#### Langlandsfjell og langstokken myra

Langlandsfjell og Langstokken er et område som ligger sørøst for Jessheim sentrum. Her forventes sterk befolkningsvekst fremover i de tilgrensende områdene A og B. De eksisterende boligområder i



sørøst Jessheim og ny bebyggelse skal romme ca. 4000 nye innbyggere, samt at områdene blir mer urbanisert med økning i tette flater, og det kan bli endring i avrenningsveier for overvann i området.

I dag deles området sørøst for Jessheim inn i tre felt, basert på hvilken resipient overvannet føres til. Feltene som ikke er omfattet av oppgaven har avrenning til Dølibekken og Tveia, som begge munner ut i vassdraget Leira. Resten av eksisterende bebyggelse i nord har avrenning til Nordbytjernet (se figur 3.11). Overvannet som føres til Nordbytjernet, samles i to overvannsledninger av hhv. Ø 400 og 500 mm ut av områder, som etter hvert går over i en Ø1200 mm fellesledning. Dagens avrenningsmengder fra området mot Nordbytjern er på ca. 392 l/s, eller 104 l/s\*ha [78].



Figur 3. 11 viser Resipienter for langlandsfjell, grønt linje føres til nordbytjernet og rødpil peker mot Jessheim sentrum(område A og B.

### 3.2 Overordnet beskrivelse av overvannsresipient Måsabekken renseanlegget

I Norge slippes håndtert avløpsvann ut til resipientene. Det kan være overvann eller spillvann fra avløpsrenseanlegg. Resipientene i Norge deles inn til ferskvannsresipienter (elver, bekker, og innsjøer) og saltvannsresipienter (hav og fjord) og jordresipienter (grunnvann).

Ferskvannsresipienter er mer følsomme mot utslippsvann enn saltvannsresipienter. Derfor er kravene ved utslipp i ferskvannsresipienter strengere enn ved utslipp til saltvannsresipienter. Forurensningsstoffer som slippes til ferskvann kan føre til oksygenforbrukende stoff og begroing. Høyt innhold av fosfor kan føre til eutrofiering og algevekst i ferskvann, derfor er det strenge krav til utslipp av fosfor fra kommunale og private renseanlegg til små resipienter fra bebyggelse [79].

Overvannet fra Jessheim sentrum slippes ut til Nordbytjernet etter at det har gått gjennom Måsabekken rensepark, fordi vannet skal ha estetiske kvaliteter og virke rent. Fokuset er på vannkvalitet, uønsket farge, forhindre eutrofiering, og at søppel og lukt ikke skal være med ut til resipienten Nordbytjernet.



### 3.2.1 Nordbytjernet

Nordbytjernet ligger 1 km fra Jessheim sentrum, ca. 185 meter over havet med areal på 0,27 km<sup>2</sup> [80]. Området er et friluftsområde med fugleliv, og har badestrand, turgåing og treningspark med apparater.

Dette landskapsvernområdet ble dannet under avsmelting av innlandsisen for 9500 år siden, og består av to sammenhengende dødisgroper, som har ca. 23 m og 10 m dybde. Vanntilførsel til Nordbytjernet kommer fra undervannskilder, to bekker som drenerer grunnvann fra terreng nær vannet og overvannet fra Jessheim sentrum gjennom overvannsledning lagt i bekkefaret til Måsabekken som i dag er lukket. Resten kommer som nedbør direkte på overflate [81].



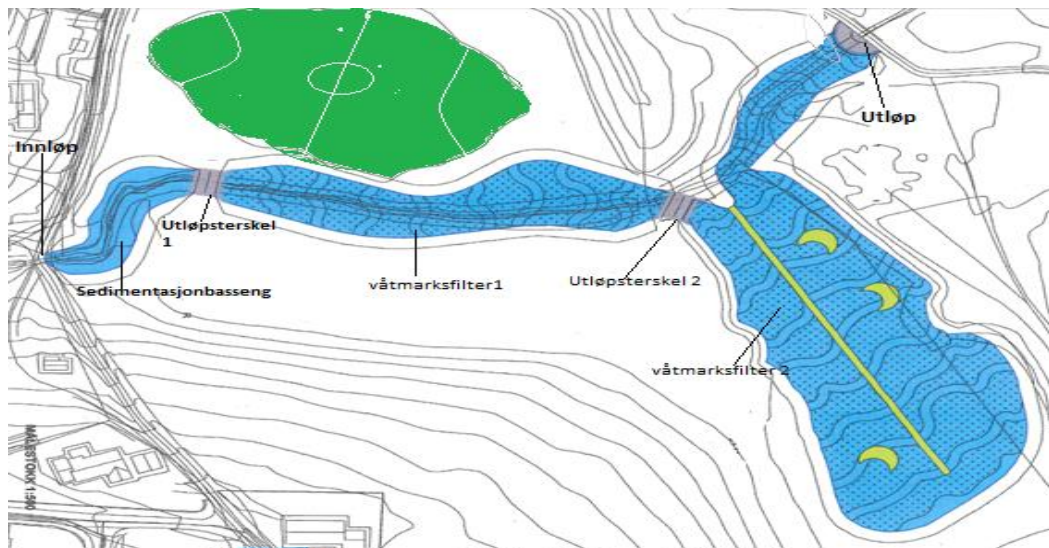
Figur 3. 12 viser Nordbytjernet med folk som bader og fugler [82].

### 3.2.2 Måsabekken renseparken

Måsabekken rensepark er et tiltak for å bevare og beskytte vannmiljøet i Nordbytjern. Den ble etablert i 2009 med renseareal på 77000 m<sup>2</sup>, lokalisert før Nordbytjernets utløp. Renseparken mottar overvann via den lukkede Måsabekken til Nordbytjernet fra Jessheimsentrumsområdet. Den er bygget opp med et sedimentasjonsbasseng og et vegetasjonsfilter se figur 3.13 og figur 14 [2].



Figur 3. 13 viser plassering av Måsabekken renseparken «lys blå farge» i forhold til Nordbytjernet.



Figur 3. 14 viser Måsabekken renseparkens oppbygde deler.

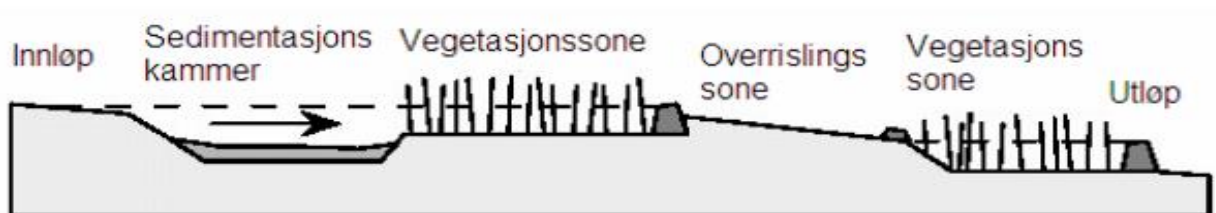
### 3.2.3 Renseparkens funksjoner

Konsulentfirmaet Naturforvalteren har prosjektert renseparken. De har beskrevet i sitt forprosjekt at Måsabekken rensepark skal ha følgende funksjoner:

- Holde tilbake slam med partikler som inneholder næringsstoffer, tungmetaller og andre miljøgifter som kommer fra nedbørfeltet, og hindre dette i å komme ut til Nordby tjern.
- Gir vannet økt oppholdstid for å redusere mengden E. coli i vannet før det når Nordby tjern.
- Være et flomdempende tiltak.
- Øke bekkens areal og volum, for å gi lenger oppholdstid. Dette er en fordel ved punktutslipp av miljøgifter eller olje [83].

### 3.2.4 Renseparkens oppbygging

Renseanlegget er bygget opp med ulike elementer, plassert i bestemt rekkefølge. Sedimentasjonskammer, tett terskel med utløpskum og vegetasjonsfilter (se figur 3.14).



Figur 3. 14 viser prinsipskisse av renseanlegg, innløp-sedimentasjonsbasseng--vegetasjonsfilter-utløp.

## **Sedimentasjonsbasseng**

Sedimentasjonsbassenget er en dam i renseparken med areal på 410 m<sup>2</sup>. Dammen holder tilbake grove sedimenter større enn 10–100 µm og olje fra små lekkasjer og større ulykker, som har stor betydning om vinteren, men om sommeren når vegetasjonsdekket er godt, vil bassenget har mindre betydning. Også det kan lekke mer fosfor enn ved lav vannføring fra bassenget [48]. På den øvre delen av dammen har vi en bekk som samler overvannet fra prosjektområdet. Der ligger det ca. 5-10 større steiner som fungerer som energidrepere. Sedimentasjon, opptak og binding vil kunne bidra til å samle miljøgiftene i sediment og organisk materiale. Sedimentasjonsbassenget alene kan gi en rensing av fokuserte forurensningskomponenter (avrenning fra vei, PAH, tungmetaller) på 60-80 % hvis de er riktig utformet [83].

## **Terskler med utløps kulvert**

Terskelen er bygget opp av tett kjerne av fiberduk i klasse 3. Over denne duken er terskelen kledd med naturstein. I forkanten av terskelen er det en perforert kum, og fra kummen renner vannet gjennom terskelen fra to rør.

## **Vegetasjonsfilter**

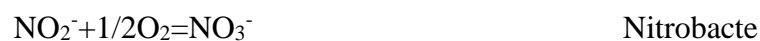
Vegetasjonsfilter er et konstruert våtmarksområde. Det holder tilbake de små partiklene som tungmetaller og næringsstoffer fra bekevannet. Og er mest effektivt om sommeren når det inneholder masse planter. Der planter, alger og bakterier trenger nitrogen og fosfor til egen vekst, og forbruker en del av næringsstoffene i vannet. Derfor det største ansvaret for rensing av overvannet i renseparken ligger hos vegetasjonsfilter. Plantene som er dyrket tåler tungmetaller, røttene til plantene tar opp løselig bundne tungmetaller. Deretter transporeterer tungmetaller gjennom magasineres i bladene uten selv å ta skade av dette. Plantene vil ta opp nitrogen og fosfor som vil gi en positivt effekt på artsmangfoldet, men høye verdier av dem vil minske antall arter [84]

Nitrogen fjernes hovedsakelig ved en biologisk nitrogenfjerning, basert på at nitrogengass kan dannes ved en biologisk reaksjon av nitrat NO<sup>3-</sup>. I tillegg er nitrogen bundet i organisk materialer som ammonium NH<sup>4+</sup>. Plantene fjerner nitrogen ved den biologisk nitrogenfjerning to trinn prosess, nitrifikasjon og denitrifikasjon.

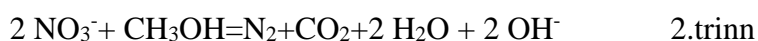
\_ Nitrifikasjonprosessen er en aerob prosess som skjer ved to trinn, ammonium oksideres til nitritt av en gruppe bakterier som kalles nitrosomonas. Deretter oksideres nitritt til nitrat, av en annen gruppe bakterie som kalles Nitobactor:



Nitrosomonas



\_ Denitrifikasjonsprosesser foregår under anaerobe forhold, der bakterien reduserer nitritt/nitrat ved fjernes fra vannet som nitrogen gass i form  $\text{N}_2$  [85].



Våtmarken i Måsaparken har en dybde på 0,3-0,5 meter og er 10 meter langt. Vegetasjonsfilteret er beplantet med lokale vannplanter som er satt ut i striper med ca. 1 meters mellomrom. Tabell 3.1 nedenfor viser mer om detaljer om de ulike plantetyperne [36, 83].

Tabell 3. 1 viser plantetype som er gyret i vegetasjonsfilter og antallet se figur 6.6 [86].

Navn	400 stk bredkaveldunn-	Våtmarksfilter 1
Iris pseudacorus	1800 stk Gul swardsilja	Våtmarksfilter 1
Phragmites australis	2000 stk Bladvass	Våtmarksfilter 1
Schoenoplectus lacustris	600 stk Rorflen	Våtmarksfilter 1
Phalaris arundinacea	1600 stk Rorflen	Våtmarksfilter 1
Schoenoplectus lacustris	200 stk Sav	Våtmarksfilter 2
Phragmites australis	2800 stk Bladvass	Våtmarksfilter 2

### Utløpsterskel

I anlegget er det to permeable terskler, for å demme opp vannet til toppen av en tett kjerne. I tillegg holder tersklene tilbake vann i flomperioder, hvilket gir en fordrøyningseffekt. Tersklene er bygget opp med en jordkjerne. Mellom jord og stein med Ø 30- 50 cm så er det en fiberduk i klasse tre med 30-50 cm pukkt rundt [83].

## 4. Metode og materialer

### 4.1 Inndeling av prosjektområdet

Prosjektområdet er delt i fire deler (A, B, C og D). Hvert delområde har en hovedovervannsledning med kum som er lokalisert rett før samløpet der overvannet blander seg med resten av de andre overvannsområdene. Delområdene er delt inn ved å bruke kommunens kartsystem (GisLine Norkart AS) slik at hvert delområde representerer et nedbørsfelt. Befaring med kommunens driftsavdeling ble utført for å bekrefte at inndelingen var riktig. Se vedlegg 2.

Overvann fra området A møter overvannet fra området B og ledes bort sammen til å møte overvannet fra området C. Deretter vil overvann ledes bort sammen og møter vannet fra området D i ca. 130 m før kulvertsinnløpet til sedimentasjonsbassenget.

### 4.2 Topografikart/fordeling

Data over topografidataene ble funnet ved å bruke Gisline program, Google maps, kommunalproff, Norgeskart og vegkart. Dette for å kunne finne prosentvis andel av vegetasjonsareal, asfaltareal, taksareal og delvis bebyggelse areal i forhold til prosjektområdets areal.

Takareal i prosent ble beregnet ved bruk av Gisline kartprogram. Ved å skanne eksisterende takarealer for hvert delområde i 2017, ved bruk av en funksjon for taksarealet. For å beregne prosenten av vegetasjonsareal (skog og grøntområder) ble det brukt funksjon for arealberegning, fra kommunalproff nettside etter å ha markert grøntområder. Asfaltoverflatene (parkeringsplasser og veier) ble beregnet ved hjelp av en Excel-ark fra veikonsulent i Ullensaker kommune. Delvis bebyggelsesområdet består av bygning med eget grøntarealer, som ikke kommer under vegetasjonsarealet, dette ble beregnet med Google maps ved arealberegningfunksjon, siden prosjektområdet var begrenset og ikke stort, ga det mulighet for å kunne bruke arealberegningmetoden for beregning av arealet.

### 4.3 Prøvetakingstidspunkt

Vannprøvene ble utført på sommer-høst 2017. Vannprøvene ble tatt fra prosjektområdet og renseseparken med et uregelmessig tidsmellomrom. Prøvetakingdagene ble bestemt etter værvarsel ved å følge opp med meteorologisk nettsted, med prioritering for regnfulle dager. Samtidig har jeg prøvd å velge dager med forskjellige nedbørsmengder, for å kunne skape en variasjon, for å få et

bedre helhetsbilde for mine vurderinger. Tabellen nedenfor viser dagene prøvetakingen ble tatt i og nedbørsmengdeverdi for den.

Tabell 4. 1 viser dato på prøvetakingsdager, nedbørsmengde, klasse og snøsmelting.

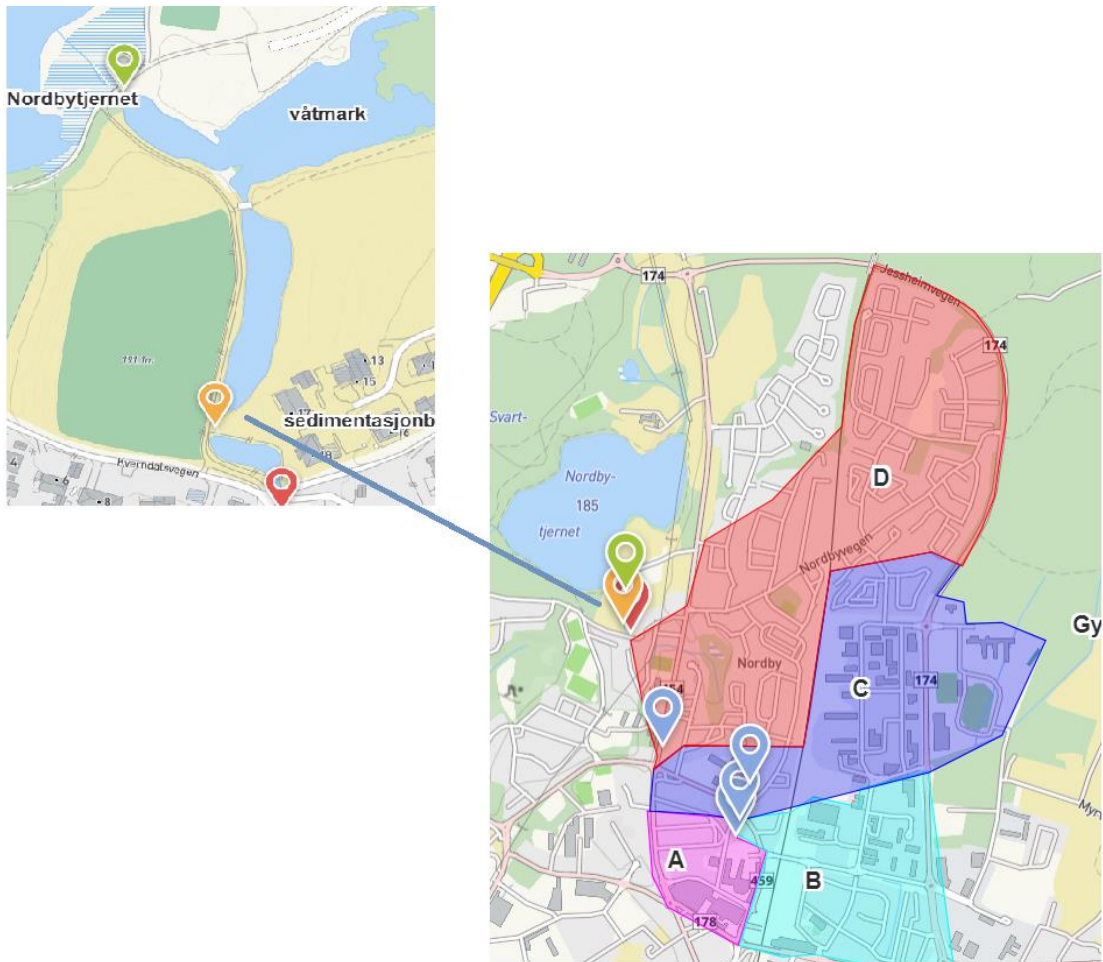
Nr	Dato	Nedbørsmengde mm/døgn	Klasse	snøsmelting mm/døgn
1	26.04.2017	6,2	Middel	0
2	18.07.2017	0,2	Lav	0
3	31.08.2017	0,3	Lav	0
4	02.10.2017	10,7	høy	0
5	23.11.2017	28,2	Høy	9

#### 4.4 Prøvetaking og prøvehandling

Vannprøver ble tatt i de fire hovedkummene (A, B, C, D), innløp til sedimentasjonsbasseng (Q1), utløp til sedimentasjonsbasseng (Q2) og utløp fra renseparken Måsabekken (Q3) (figur 4.1). I samtlige prøver ble det analysert for tungmetaller (As, Cr, Cu, Cd, Pb og Zn), *e.coli*, total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), total mengde suspenderte stoffer (TSS) og pH. Kommunen har tidligere analysert for THC og PAH stoffer ved innløpet til renseparken. Resultatene viste at dette var i konsentrasjoner under deteksjonsnivåer, og ble dermed ikke analysert for i denne oppgaven.

Prøver ble tatt med en spesialbygget vannhenter (vedlegg 3), fra kummene. Ved prøvetaking ble flaskene dykket raskt ned i vannet, og ført rolig fremover med flaskemunningen ca. 5 cm under vannoverflaten, og slik at det ikke virvlet opp sedimenter/grus. Flasker og emballasje ble levert av Eurofins. Sterile 250 mL flasker ble brukt for *e.coli*. For metaller ble 250 mL rør brukt. 1 L plastflasker ble brukt til analyse for TSS, pH, Tot-P og Tot-N. TSS og pH-verdianalysene ble utført på laboratoriet ved Gardermoen rensesanlegg for Ullensaker kommune på samme dag. De resterende analysene ble utført av eurofins og sendt laboratorium i Moss samme dag i kjølebeholder med kjøleelementer.





Figur 4. 1 viser bildet av prøvetakingspunkter, blå merke for kummer, rødt for inn sedimentasjonsbasseng Q1, oragne for ut av sedimentasjonsbassenget inn til våtmark Q2 og grønt for rensert overvannet ut fra våtmark Q3.

### Analysering av tungmetaller og næringsstoffer

Eurofins laboratoriet har analysert de uorganiske stoffer, næringsstoffer og mikroorganismer, ved bruk av forskjellige metoder/instrumenter og standard, slik som vist i tabellen nedenfor.

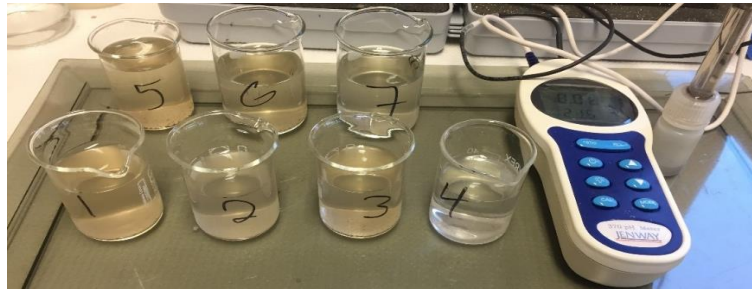
Tabell 4. 2 viser metoder Eurofins laboratoriet har brukt for å analysere følge substanser

Substanser	Standard	Metode/Instrument
Tungmetaller	NS EN ISO 17294-2,	Utført på ICP-MS instrument.
Total Nitrogen	NS 4743,	Spektrofotometri (CFA)
Total Fosfor	NS EN ISO 15681-2	Spektrofotometri (CFA)
<i>e.coli</i>	UMTU2 (analysekode fra oppdrag B182297)- NS 4792,	E- Cultural technique (membrane plate)

## Analysering av totalt suspender stoff (TSS) og pH-verdi

Analyse av pH ble målt med en kalibrert pH-måler jenway 3510 pH-meter (figur 4.2). TSS ble målt gjennom å filtrere 200 mL prøve på whatman glassfilterpapir med porestørrelse 5 µm. Sugokolbe og pumpe ble brukt (figur 4.3). Filtrepapirene ble tørket på 98 °C i dissicator ovn i 30 min, og deretter avkjølt. Filtrepapirene ble veiet på vekt Precisa 205 A SCS. TSS ble beregnet ved å bruke formel:

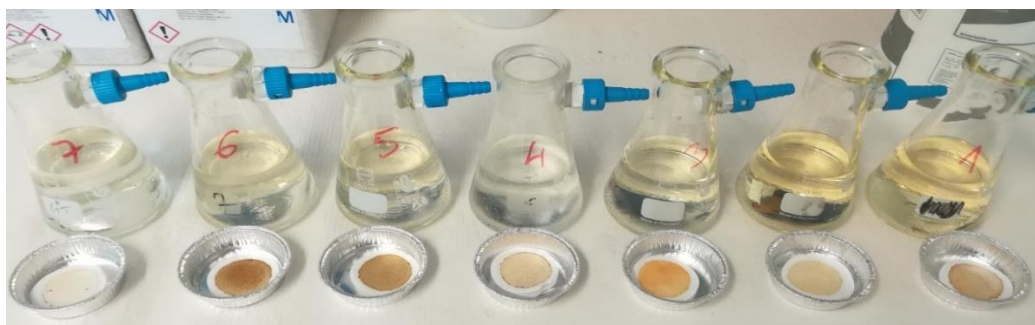
Beregning av TSS konsentrasjon: 
$$\frac{(\text{filtervekt etter ovn} - \text{filtervekt før ovn}) \text{ mg}}{(\text{Volum av prøven som blei filtrert}) \text{ L}}$$



Figur 4. 2 viser pH-måler prøvene numinerete. Foto Asil Abudayya.



Figur 4. 3 viser bildet av infiltrasjons instrument. Foto Asil Abudayya.



Figur 4. 4 viser bildet av fargeforskjell på filterpapir fra forskjellig områder, der 1,2,3,4 er rekke følge for kummer A,B,C,D og 5 for inn sed. 6 for ut sed. Og 7 for ut rensparken. Foto Asil Abudayya.



## 4.5 Nedbørintensitet og avrenningsvannet

### 4.5.1 Nedbørsdata

Nedbørsdata ble hentet fra Gardermoen målestasjon fra meteorologisk institutt. Gardermoen målestasjon er en offisiell målestasjon som ble opprettet i mai 1940 og ligger 202 m.o.h. Målestasjonen måler vind, nedbør og temperatur, og gir mest mulige representative nedbørsstatistikker for Ullensaker kommune [87].

### 4.5.2 Klassifisering av nedbør

For å kunne studere resultatene av vannprøver i forhold til tilstanden av nedbør, ble nedbør klassifisert med noen grenseverdier for nedbørintensitet i mm/døgn. For å kunne klassifisere nedbørsmengde for de dagene prøvene ble utført på, er det viktig å ha grenseverdier som grunnlag. Dette vil være til hjelp når vi skal gi en forklaring på forholdet mellom forurensningsstoffer, utslipp og nedbørintensitet. Prøvene ble tatt på uregelmessige dager, hvor variasjonen i nedbørintensitet varierte veldig (tabell 4.1). Beregningene for grenseverdiene for nedbørintensitet er basert på nedbørsdata, som er hentet fra meteorologisk institutt. Det er viktig å legge merke til at tabell 4.4 Klassifisere nedbørintensitet i mm/døgn, er kun gyldig for dette prosjektet.

Nedbørintensitet har blitt delt inn i 4 klasser-lav, middel, middels høy og høy. Utgangspunktet er tatt fra tabell 4.3, som viser «Mest nedbør på ett døgn» for hver måned i 2017, og «Totalt nedbør» for hver måned i løpet av 2017 i Ullensaker kommune.

Tabell 4. 3 viser nedbør hver måned

Måneder	Nedbør	
	Totalt	Mest på ett døgn
des 2017	54,3 mm	16,6 mm 27. des
nov 2017	79,8 mm	29,0 mm 23. nov
okt 2017	125,6 mm	38,4 mm 25. okt
sep 2017	102,3 mm	21,4 mm 7. sep
aug 2017	208,4 mm	33,4 mm 10. aug
jul 2017	63,7 mm	10,7 mm 8. jul
jun 2017	82,7 mm	22,4 mm 10. jun
mai 2017	58,0 mm	15,5 mm 11. mai
apr 2017	47,2 mm	17,1 mm 25. apr
mar 2017	38,5 mm	11,2 mm 1. mar
feb 2017	40,3 mm	13,3 mm 28. feb
jan 2017	26,3 mm	9,6 mm 12. jan

Dataene fra tabell 4.3 ble brukt for å kunne beregne grenseverdiene for nedbørsmengden mm/døgn. I kolonnen «Mest på ett døgn» kan man legge merke til den maksimale nedbørsmengden i 2017 var på 33,3 mm/døgn, og samtidig som den minimale nedbørsmengden var på 9,6 mm/døgn. Ved å bruke minimum og maksimum nedbørsmengde fra kolonnen «Totalt nedbør», og dividere på 30 dager, vil man som svar få totalverdiene 1,5 -3,2 mm/døgn. Omregningen er som følger:

- Totalt maksimal verdi på 208 mm/mnd., som tilsvarer 6,9 mm/døgn, var i august.
- Totalt Minimum verdi på 26 mm/mnd., som tilsvarer 0.86 mm/døgn. var i januar.

Grenseverdiene ble delt inn i egen definerte intervaller for klassifisering iht til tabell 4.4.

*Tabell 4. 4 viser klassifiserings verdier for nedbør.*

klasse	Nedbørintensitet mm/døgn
Lav	< 0,86
Middel	0,87 – 6,9
Middels høy	7 - 9,5
Høy	9,6 -33,3

### 4.5.3 Konsentrasjonstid

Den tid en vannpartikkel bruker fra den faller på nedbørsfeltet, til den kommer seg i ledningsnett/innløpskulvert. Konsentrasjonstid er basert på strømningshastighet i kanaler og overvannsledning. Den beregnes av avrenningstid på nedbørsfelt overflaten og strømmingstid i ledninger, kanaler eller grøfter. Konsentrasjonstid kan bestemmes med bruk formler eller nomogrammer. Tilrenningstid for et felt kan ikke være mindre enn 3 min [88].

Hastigheten er basert på nedbørsmengde og helning på bakken. Hastigheten er vanligvis 0.3 m/s for avrenning på overflate, og 1.0 m/s for avrenning i ledninger [89] og som er brukt i denne oppgaven. Prosjektområdet har helning som er slakt til relativt flatt.

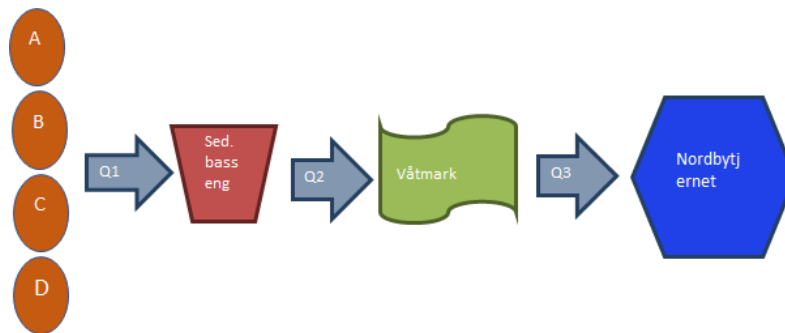
### 4.5.4 Renseeffekten av renseseparken

Renseeffekten til renseseparken ble beregnet ved hjelp av ligningene nedenfor. Renseeffekten vises i prosent. Beregningene er basert på å finne ut hvor stor prosentandel av forurensningstoffer som er mistet gjennom hvert trinn (figur 4.5).

$$Q1: \text{Renseevnen for sed. Basseng} = \frac{(Q2-Q1)}{Q1} * 100 \%$$

$$Q2: \text{Renseevnen for våtmark} = \frac{(Q3-Q2)}{Q2} * 100 \%$$

$$Q3: \text{Renseevnen for renseanlegg} = \frac{(Q3-Q1)}{Q1} * 100 \%$$



Tabell 4. 5 viser skisse over avrenningsbevegelse fra kummene til Måsabekken rensebakken og ut til Nordbytjernet..

For å finne variasjonsnivået i forhold til gjennomsnittet, ble standardavvik brukt, og beregnet ved SD-funksjon i Excel program, som sier noe om hvor langt enkelte verdier i gjennomsnitt ligger fra gjennomsnittverdien, for hver verdi regnes avstanden ut til gjennomsnittsverdien. Hver avstand kvadreres, og så summeres alle kvadratene. Summen deles på antall verdier. Det tallet vi da får, kalles varians. Standardavviket er kvadratroten av variansen [90].

Varians 
$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}$$

Standardavvik 
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}}$$

## 4.6 Klassifisering av forurensningsutslipp.

For å kunne klassifisere forurensningskonsentrasjonen av de analyserte stoffene er følgende klassifiseringssystem/veiledere brukt:

### Strom tac 2012tabell

Tabell 4.5 viser en svensk data som er basert på utalandske og svenske undersøkelser, som er bidratt til den samlede data om avrenning av forurensningsstoff fra urbanområder, og tette flater [91].

Tabell 4. 6 viser normal verdier av tungmetaller og miljøgifts stoffer for Norge og Sverige. Strom tac 2012.

Substans	Eenhet	Tett bebygning	Delvis bebygning	Vegetasjon	5000 ÅDT	1000 ÅDT
Arsen, As	ug/l	2,4	3	4	2,4	
Bly, Pb	ug/l	20	10	6	7,5	12
Kadmium, Cd	ug/l	1	0,5	0,2	0,31	0,34
Kobber, Cu	ug/l	22	20	6,5	30	38
Krom, Cr	ug/l	5	4	0,5	9	11
Nikkel, Ni	ug/l	8,5	6	0,5	6	8
Sink, Zn	ug/l	140	80	15	97	164
E.coli	MPN/100ml	2000	2000	700	2500	
TSS	ug/l	100000	45000	34000	75000	87000
Total Nitrogen	ug/l	1900	1400	750	2400	
Total Fosfor	ug/l	280	200	35	160	180

### Stockholm stad 2001 tabell

Tabell 4.6 viser at klassifisering av tungmetaller fra overvannet i tre klasser lav-, midlere- og høykonsentrasjon. Jo høyere konsentrasjon vi får, jo mer farlig for miljøet er det. konsentrasjoner av tungmetaller er klassifisert av Stockholm Stad 2001 til tre klasser lav-midlere- og høykonsentrasjon

Tabell 4. 7 konsentrasjoner av tungmetaller klassifisert av Stockholm Stad 2001 [92].

Substans	Enheten	lave konsentrasjoner	midlere konsentrasjoner	høye konsentrasjoner
Bly, Pb	ug/l	< 3	3- 15	> 15
Kadmium, Cd	ug/l	< 0,3	0,3- 1,5	> 1,5
Kobber, Cu	ug/l	< 9	9- 45	> 45
Krom, Cr	ug/l	< 15	15- 75	> 75
Nikkel	ug/l	< 45	45- 225	> 225
Sink	ug/l	< 60	60- 300	> 300

### Tilstander klasse for ferskvann

Tabell 4.7 vier klassegrenser Miljødirektoratet har laget i 2016 for ferskvann «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota». Klassifiseringssystemet presenterer klassegrensene som

forventet økende grad av skade på biota som følger av forurensningsstoffer i vannsøylen. Klassifiseringen er basert på data som bli hentet fra laborietester, risikovurderinger og dossierer om akutt og kronisk toksisitet på organismer [93].

Tabell 4. 8 viser tilstandsklasser for ferskvann ( $\mu\text{g/l}$ ) | M-608.

Substans	Enhet	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Arsen, As	$\mu\text{g/l}$	0.15	0.5	8.5	85	>85
Bly, Pb	$\mu\text{g/l}$	0.02	1.2	14	57	>57
Kadmium, Cd	$\mu\text{g/l}$	0.003	footnote 1	footnote 2	footnote 3	footnote 3
Kobber, Cu	$\mu\text{g/l}$	0.3	7.8	7.8	15.6	>15.6
Krom, Cr	$\mu\text{g/l}$	0.1	3.4	3.4	3.4	>3.4
Nikkel, Ni	$\mu\text{g/l}$	0.5	4	34	67	>67
Sink, Zn	$\mu\text{g/l}$	1.5	11	11	60	>60

#### 4.7 Slam behandling

Tømming av sedimentasjonsbassenget gjøres ved slamsuging av et firma som tar ansvar for tømming med egne sugebiler. Hvoretter de leverer slammet til en returtrevirke. Returtrevirke tar imot slam avfall og behandler den ved en biorensanlegg «biogassanlegg» [94].

Behandling av slam i en biorensanlegg går gjennom flere trinn. Slammet steriliseres først, ved en termisk hydrolyseprosess, der kokes slammet ved  $165^{\circ}$  i 20 min med trykk på 5-6 bar. Etter at koketiden er over, reduseres trykket til ca.  $42^{\circ}$ , og slammet ligger i 20 dager til det råtner. Råtning skjer ved at cellevegger og fiber sprenges og brytes opp i mindre partikler. Inne i bioreaktoren finnes to bakteriekulturer, den ene lager syrer mens den andre lever av disse syrene og produserer metangass. På neste trinn oppgraderes gassen fra tanken, og selges som energidrivstoffer. Biogjødsel som blir rester, er rik på fosfor og nitrogen, og brukes for jordproduksjon eller landbruk [95, 96].

Tungmetaller i jordgjødsel er godkjent hvis den ligger i klasse 1 og 2. Total nitrogen skal ligge under ca. 3 %, mens total fosfor skal ligge på omtrent ca. 2 %. *E. coli* skal fjernes helt gjennom prosessen. Resten sendes til avløpsrensanlegg for å behandle den [96].

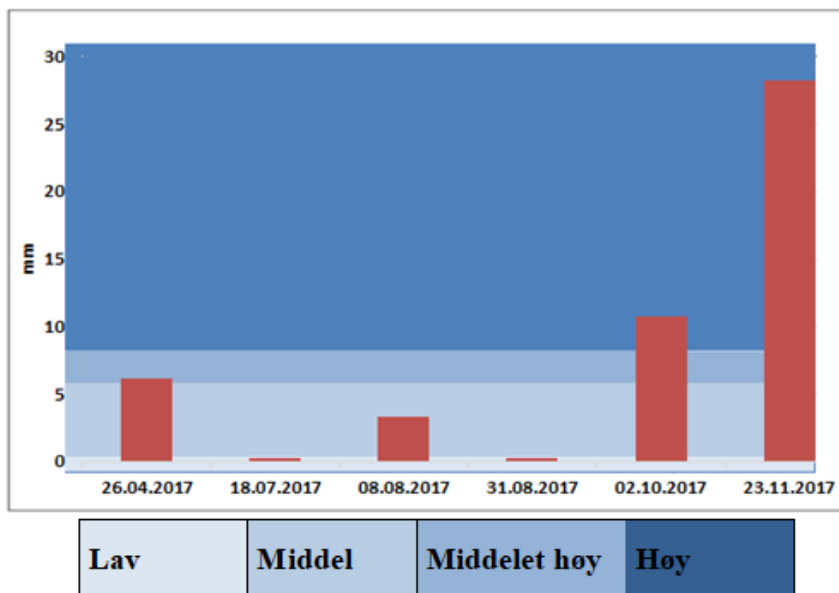
## 5. Resultat og diskusjoner

### 5.1 Nedbørsmengde og Måsabekken rensepark

Nedbørsmengden i 2017 var 927 mm, med et gjennomsnitt på 2,54 mm/døgn noe som klassifiseres til middel, se tabell 4.4. Basert på disse dataene og ut ifra at Ullensaker kommune har innlandsklima, ser målte verdier, beregninger og vurderinger for klassifisering av grenseverdier ut som rimelig verdier i forhold til overvannsmengde andre steder i Norge.

Figur 5.1 viser nedbørsmengde fra dagene prøvetaking ble utført på, og klassifiseringen av nedbørsmengde basert på tabell 4.4. Prøvetaking er tatt fra utløp for prosjektområdet inn til sedimentasjonsbasseng (Inn sed.), utløp for sedimentasjonsbasseng (Ut sed.) og utløp fra renseparken (Ut renseparken) den 26.04.2017, 18.07.2017, 08.08.2017, 31.08.2017, 02.10.2017 og 23.11.2017. Prøvetaking ble utført fra fire hovedovervannskum den 31.08.2017, 02.10.2017, 23.11.2017.

Plannen til kommunene var at prøvene skulle tas fra de tre punktene fra renseparken (Inn sed, Ut sed og Ut rensepark), etter å ha startet med oppgaven har jeg bestemt å ta prøvetaking for å kunne finne kildet til forurensning. For å kunne løse problemet lokalt måtte det lages overvannkart (vedlegg 2), det mest utforderende var å kartlegge riktig hovedovervannskummer. Denne prosessen er grunnen til at prøvene ble utført seinere.



Figur 5. 1 viser nedbørsmengde for dagene vannprøvene ble utført..

Ved vurdering av konsentrasjonstid har feltets størrelse og utforming stor betydning. Vannet fra delområde A ledes til delområde B. Deretter møter dette vannet vann fra felt C. 130 m før kulvertsinnløp til Måsabekken rensepark, møtes vannet fra området D med A, B og C. Oppholdstiden er lang ved regnskyll med kort varighet. Ved lav og middels nedbørsmengde vil strømningshastighet

i overvannsledning være lav, vannføring i renseparken være liten, og sedimentasjonen av partiklene i overvannsledning bli høyere. Det blir lite vask av overflater, og renseparken bør klare å ta imot mengden bra. Nedbørsmengde og vannføringen inn i overvannsledning og videre til Måsabekken rensepark varierer sammen. Oppholdstid for vannet er kort ved høy nedbørsmengde og langvarige regnskyll. Det blir høy vannføring og hastighet på vannet både på overflaten og i overvannsrørene. Dette gir overvannet stor sedimentføringskapasitet. Dette fører til kraftig vask av overflater, kort oppholdstid i overvannsledningene, og oversvømmelser av sedimentasjonbasseng. I tillegg fører de store mengdene med vann at oppholdstiden i renseparken blir kort. Den 23.11.2017 opplevde området en nedbørsmengde på 29 mm og snøsmelting på 9 mm. Bildene under viser situasjonen i parken denne dagen.

Bilde 5.2 viser at utløpet fra prosjektområdet hadde høyere vannstand enn normalt. Det var mer enn 50 % full og utløpet fra renseparken var rundt 90% full.



*Figur 5. 2 viser utløp fra prosjektområdet til sedimentasjonsbasseng i Måsabekken rensepark. Foto Asil Abudayya.*

Figur 5.3 bildet til venstre viser hvordan situasjonene var den 23.11.2017, da det var høy vannføring og i tillegg kom det store mengder overvann over gangfeltet fra fotballbane vest for feltet (se figur 3.15). Vannet fra fotballbaneområdet renner inn i renseparken etter sedimentasjonsbassenget og inn i vegetasjonsfeltet med én gang. Bildet til høyre viser hvordan situasjonen normalt er ved lav vannføring og lite nedbør.





Figur 5. 3 viser bildet til høyere oversvømmelse situasjonen og til høyere vanlig lav vannføringsdag.

Figur 5.4 Viser oversvømmelsessituasjonen, der vannet dekket gangfelt med høyde på ca. 25 cm. Overvannet har kommet fra idrettsbanen, og rent inn i renseparken uten å gå gjennom sedimentasjonbassenget.



Figur 5. 4 viser oversvømmelse på gangfelt i området Måsabekken renseparken..

Figur 5.5 Ved vanlig situasjon med normal vannføring vil steinene som ligger inne i den rødt sirkelen være synlig, men ved dette tilfellet var de helt dekket.





*Figur 5. 5 viser hvordan er vannet nivået har dekket helt rør ra terksl 1 , til venstre ved høy nedbør til venstre ved nedbørmengde.  
Foto Asil Abudayya.*

Partiklene og utslipp av olje som føres med overvannet til renseseparken legger seg på vannoverflaten i sedimentasjonsbassenget. Figur 5.6, Bildet til venstre viser olje og partikler på vannoverflater på en sommerdag med lav vannføring, bildet i midten viser olje og partikler to måneder etter det første bildet. Bildene viser hvordan mengden har økt i løpet av tiden som har gått. Bildet ble tatt etter en dag med middels høy nedbørmengde. Bildet til høyere fra kraftig nedbør og viser hvor mye partikler som kan legge seg på overflaten. Det dykkede utløpet fra sedimentasjonsbassenget sørger for at søppel og annet som flyter ikke blir med videre gjennom renseseparken. For optimal renseseffekt er det viktig med regelmessig kontroll og fjerning av laget som flyter på toppen. Da unngår man at det skylles videre ut i renseseparken ved store nedbørhendelser.

Olje stammer oftest fra avrenning fra vei ved nedbør etter lange tørke perioder. Kildene er bilvask og bruk av avfetting fra vaskehaller, og fra husmaling kommer det stadig små mengder oljefilm.



Figur 5. 6 viser effekten an forskjellig nedbørsmengder på sedimentasjonsoverflate . Foto Asil Abudayya.

For å kunne trekke noen konklusjoner ut fra resultatene av målt konsentrasjon av ulike forurensinger i overvannet, så må man også se på vær og nedbørsmengde som var i dagene før prøvetakingsdag. Det vil fortelle oss om grunnen er mettet på vann, slik at mesteparten vil gå som avrenning på overflaten og lite vil infiltrere. Har det regnet mye i dagene før prøvetaking, så vil overflatene allerede være vasket for forurensningsstoffer/miljøgiftstoffer. Mens hvis det kommer kraftig nedbør etter tørrværsperiode så vil det være mye oppsamlet forurensing på overflaten som skylles med det første vannet som renner over bakken. Får man et kraftig regnskyll etter en slik tørrværsperiode ser man ofte en «first flush» med svært forurenset overvann. Særlig siden et kraftig regnskyll gjør at vannet renner hurtig over de tette flatene og gir en skikkelig erosjonseffekt. Ved lav nedbørsmengde etter tørrværsperiode, så vil man se en økning i konsentrasjonen av forurensinger i overvannet, men det vil være en mindre skarp stigning i mengde og den vil pågå over lengre tid, da vannet ikke har like stor evne til å frakte med seg masse. Tabell 5.1 viser hvordan værsituasjonen var før vannprøve ble tatt.

Tabell 5. 1 viser vær situasjon før prøvetakingsdager.

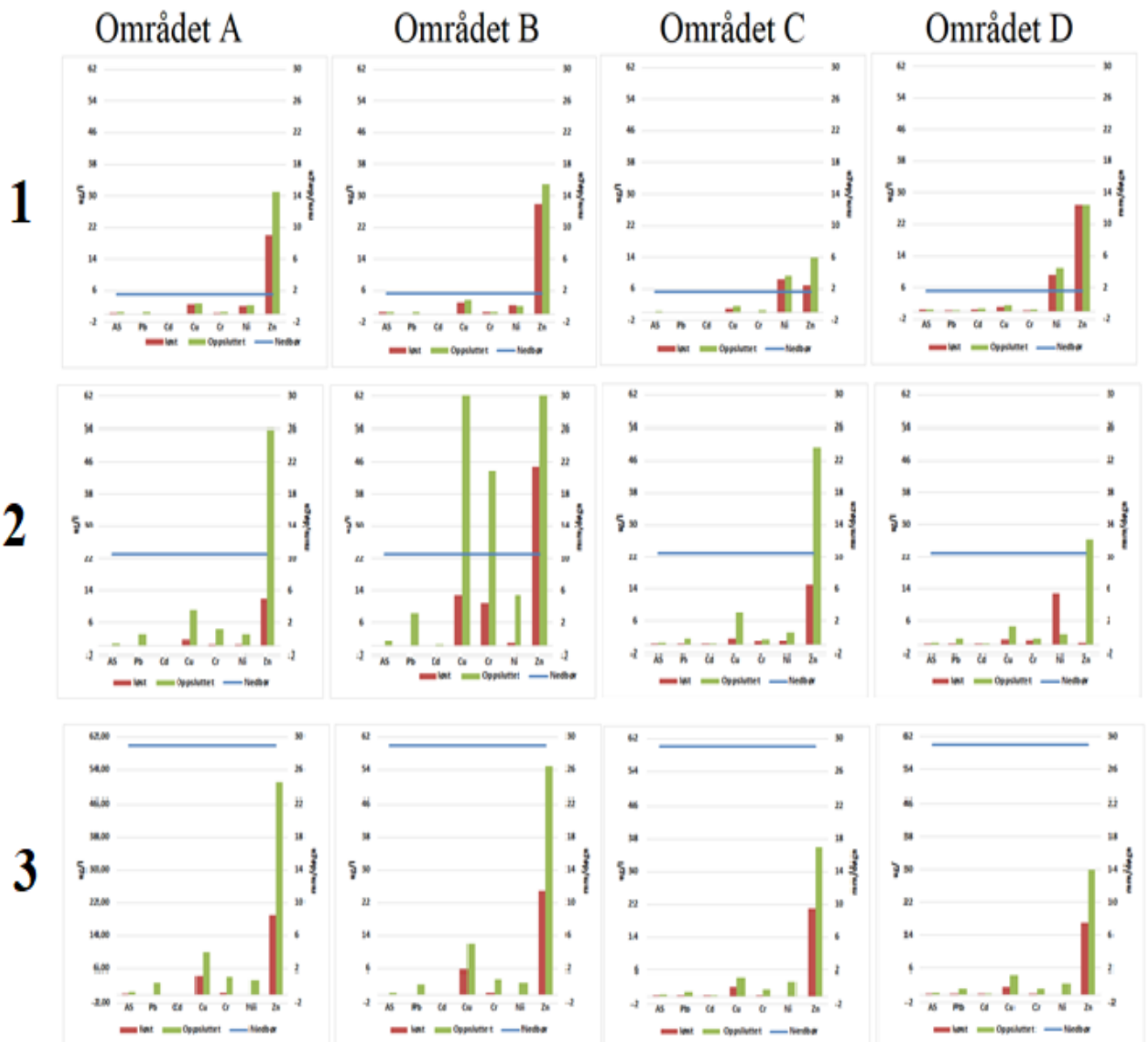
Nr	Dato	Nedbørsmengde mm/døgn	Klasse	Kommentar
1	26.04.2017	6,2	Middel	Uken før prøvetakingsdag hadde området en tørr uke
2	18.07.2017	0,2	Lav	Dagen før hadde området høy nedbør med 10,6 mm/døgn og en hel uke med lav nedbør før prøvetakingsdag.
3	31.08.2017	0,3	Lav	Middels nedbør to dager på rad før prøvetakingsdag.
4	02.10.2017	10,7	høy	Tre dager på rad hadde området lav nedbør.
5	23.11.2017	28,2	Høy	Dagen før prøvetaking hadde området lav nedbør, mens 5 dager før prøvetakingen var det middels høy nedbør

## 5.2 Resultater fra prosjektsområde

### **Mengde nedbør påvirker oppløst og partikulært innhold av tungmetaller.**

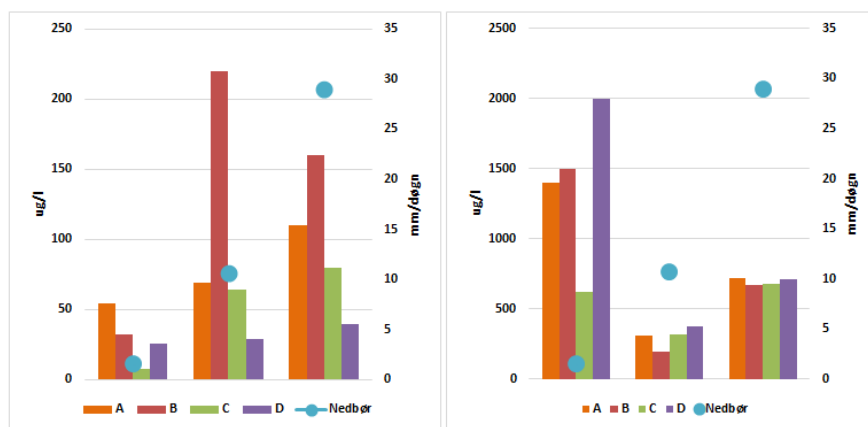
I denne studien ble resultatene av analyserte vannprøver sammenlignet med nedbørmengden. Det synes å være en klar sammenheng mellom mengden tungmetaller (As, Cr, Cu, Cd, Pb og Zn), *E. coli* og TSS som kommer fra Jessheim sentrum til Måsabekken rensepark og mengden nedbør.

Der nedbørmengde har direkte effekt på forholdet mellom oppløste og partikulært bundne tungmetaller i overvannet. Figur 5.7 viser konsentrasjon av oppløst og partikulært bundne tungmetaller fra delområder (A, B, C, og D) i prosjektsområdet, ved ulike nedbørssituasjoner. Første rad på figuren er prøvetaking den 31.08.2017. Da var konsentrasjon av tungmetaller i oppløst- og partikulært bundet form omtrent likt. Prøven tatt 02.20.2017 som er på andre rad, var fra en dag med mye nedbør. Her er det blitt en variasjon mellom oppløste og partikulært bundne tungmetaller, det var en større mengde med partikulært bundne tungmetaller sammenlignet med mengde på løst form. Prøvene tatt 23.11.2017 som vises på tredje rad, er fra en dag med kraftig nedbør. Det er en stor forskjell i mengde løst tungmetall og partikulært bundet. Dette skyldes at konsentrasjonstid er kort ved høy nedbør, og den kjemiske reaksjoner for tungmetaller trenger tid for å nå og oppløse seg i vannet. Noe av grunnen er at oppholdstiden er kort ved kraftig nedbør, og sedimentføringskapasiteten til vann som renner raskt er høy. Dermed får det med seg mer partikler og de blir ikke avsatt underveis i rørene eller andre steder. Tungmetallene får heller ikke tid til å bli løst i vannet, men forblir partikulært bundet.



Figur 5. 7 viser konsentrasjon av tungmetallutslipp i oppløst og partikulært form fra delområder .

Figur 5.8 viser målte verdier for total fosfor til vestre og total nitrogen til høyre fra delområdene ved forskjellige nedbørsmengder. Total fosfor har et positivt forhold med økende nedbørsmengde, mens total nitrogenkonsentrasjon har et omvendt forhold med økende nedbørsmengde, hvor konsentrasjonen synket jo høyere nedbørsmengden var. Fosfor er som oftest partikulært bundet, mens nitrogen er lettløselig i vann. Dermed blir det en større føring av fosfor med økende vannføring fordi vannet da kan bære med seg mye mer partikler. For nitrogen, som vanligvis befinner seg i vannet, så blir det en fortynnende effekt, i tillegg til at det er en kontinuerlig tilførsel, så mengden som føres med blir i liten grad påvirket av økende vannmengde. Dermed kan mengden nitrogen som måles, øke med lavere vannføring, slik som sett i måleseriene i figur 5.8.

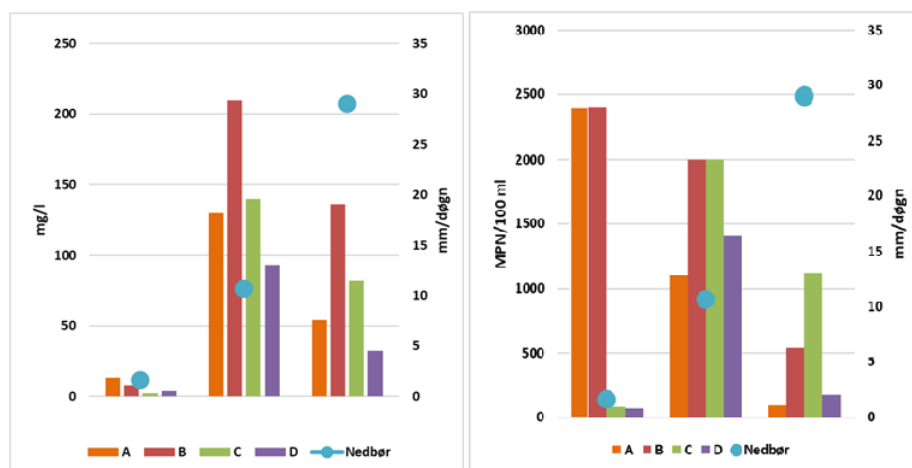


Figur 5. 8 viser konsentrasjon av fosfor (venstre) og nitrogen (høyre) for delområder ved forskjellig nedbørs.

Figur 5.9 viser konsentrasjon av TSS og *e.coli* fra delområdene ved forskjellige nedbørsmengder. Figuren til venstre viser at resultatene av TSS henger sammen med nedbørsmengdene tabell 5.1. Ved liten nedbørsmengde er det lite TSS, mens ved større mengder nedbør (kolonne i midten) er det høy TSS-konsentrasjon i overvannet. Kolonnene til høyre, i figur 5.9, viser verdier målt ved en enda kraftigere nedbørhendelse som fant sted, etter målte verdiene i midten. Selv om regnskylllet var kraftigere, var mengden TSS i overvannet allikevel lavere, fordi mye av det allerede var skylt med av nedbørshendelsen i midten.

Ved høy nedbør etter en tørrværsperiode, var konsentrasjon på TSS høyest, grunnen til det har vært høy strømming av akkumulerte TSS på overflaten tidligere. Ved situasjonen til høyre var det kraftigere regnskyll, men det kom 2 dager etter et annet kraftig regnskyll. Men fortsatt har det vist høyt TSS, og det vil si at det er høyt utslipp av TSS i områdene, slik at det har blitt akkumulert veldig mye på kort tid. Område A og B hadde høyest konsentrasjon, mens D ga minst, sannsynligvis fordi det er lite tungtrafikk i området.

*E.coli* hadde et omvendt forhold med nedbør fra delområdet A og B. Det skyldes at konsentrasjonen av *e.coli* utslipp er konstant, men ble fortynnet ved større nedbørsmengde. Området C og D har samme form i forhold til hverandre, selv om den ikke er like synlig i første prøvetakning.



Figur 5.9 konsentrasjon av TSS til venstre og e.coli til høyre. Utslipp fra delområder ved forskjellig nedbørmengder.

### Klassifisering av konsentrasjoner fra analyse resultater

Det er viktig å kunne klassifisere forurensningskonsentrasjonen av miljøgiftstoffer som kommer til Måsabekken rensepark fra prosjektområdet, slik at man ser skadeligheten av det, og hvordan menneskelige aktiviteter og produkter påvirker miljøet. For å avgjøre hvilket forurensningsnivå delområdene har, ser man på forurensningsnivå av en fremmed forbindelse innenfor et gitt naturlig miljø (vann). Tabellene nedenfor viser vurdering av forurensningsnivå fra prosjektområdet, hvilket klasser miljøgiftstoffene som ble analysert ligger i, og om de er over eller under normalverdier for Norge.

Tabell 5.2 viser resultatene fra prosjektområdene opp mot norske og svenske normalverdier. Selv om ved lite nedbør er lite vask av akkumulerte forurensningsstoffer, så vil ikke det bety at konsentrasjoner av stoffer er lave og innenfor normalverdier for Norge. Selv ved lite nedbør så har delområdene gitt en del høye verdier på de fleste undersøkte parametere. Det ser vi ved første og andre nedbørstilfelle. Ved å sammenligne andre og tredje prøverunde så ser vi at de målte verdiene var lavere på siste. Dette er mest sannsynlig på grunn av et regnskyll som fant sted to dager tidligere og skylte med seg mye av det akkumulerte forurensingen i området. Det er lite utslipp av arsen og bly fra Jessheimsentrum området. Delområde B har de største mengdene av kadmium, nikkel, sink, krom og kobber. Total nitrogen, TSS og e.coli er alle over normalverdier, det vil si at delområdet B høyt utslipp av disse parametere.



Tabell 5. 2 viser klassifisering av konsentrasjoner forurensninger i overvann , basert på Storm Tac 2012.

Substans	Eenheten	Lav nedbør				Høy nedbør				Høy nedbør			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Arsen, As	ug/l	0,54	0,68	0,36	0,35	0,70	1,70	0,50	0,53	0,71	0,61	0,36	0,35
Bly, Pb	ug/l	0,54	0,62	0,20	0,29	3,20	8,20	1,80	1,80	2,90	2,50	1,10	1,40
Kadmium, Cd	ug/l	0,05	0,04	0,15	0,61	0,06	0,38	0,14	0,15	0,04	0,02	0,04	0,06
Kobber, Cu	ug/l	2,90	3,70	1,60	1,60	9,40	110,00	8,40	4,70	10,00	12,00	4,60	4,70
Krom, Cr	ug/l	0,59	0,57	0,50	0,50	4,60	44,00	1,70	1,90	4,40	3,80	1,70	1,40
Nikkel, Ni	ug/l	2,40	2,20	7,00	11,00	3,30	13,00	3,30	3,00				
Sink, Zn	ug/l	31,00	33,00	14,00	27,00	54,00	230,00	49,00	26,00	51,00	55,00	36,00	30,00
E.coli	MPN/100ml	2400,00	2400,00	81,00	68,00	1100,00	2000,00	2000,00	1400,00	100,00	540,00	1120,00	180,00
TSS	ug/l	13600,00	240000,00	81000,00	68000,00	1100000,00	2000000,00	2000000,00	1400000,00	54000,00	136000,00	82000,00	32500,00
Total Nitrogen	ug/l	1400,00	1500,00	620,00	2000,00	310,00	200,00	320,00	380,00	720,00	670,00	680,00	710,00
Total Fosfor	ug/l	54,00	32,00	7,50	26,00	69,00	220,00	64,00	29,00	110,00	160,00	80,00	40,00
Større enn storm tac-tabell verdier.													

De samme verdiene ble studert med en annen klassifiserings metode, som klassifiserer mengder i tre klasser. Tabell 5.3 viser i forhold til Stockholm stad 2001 at ved lav nedbør tar overvann med seg veldig lite forurensningsstoffer, mens ved kraftig nedbør så økes konsentrasjonen i overvannet fra lav konsentrasjon klasse til middel konsentrasjon klasse og høy konsentrasjon klasse for kobber fra området B. Stockholm stad 2001. Tabellen gir en generell vurdering uten å ta hensyn til områdets topografi, mens Storm Tac tabellen gir en vurdering i henhold til områdets topografi.

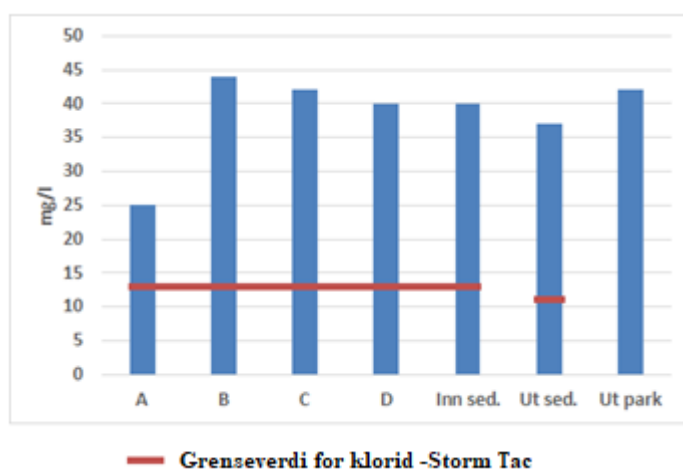
Tabell 5. 3 konsentrasjoner av tungmetaller klassifisert av Stockholm Stad 2001.

Substans	Eenheten	Lav nedbør				Høy nedbør				Høy nedbør			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Bly, Pb	ug/l	0,54	0,62	0,2	0,29	3,2	8,2	1,8	1,8	2,90	2,5	1,1	1,4
Kadmium, Cd	ug/l	0,045	0,035	0,15	0,61	0,062	0,38	0,14	0,15	0,04	0,023	0,037	0,059
Kobber, Cu	ug/l	2,9	3,7	1,6	1,6	9,4	110	8,4	4,7	10,00	12	4,6	4,7
Krom, Cr	ug/l	0,59	0,57	0,5	0,5	4,6	44	1,7	1,9	4,40	3,8	1,7	1,4
Nikkel, Ni	ug/l	2,4	2,2	7	11	3,3	13	3,3	3				
Sink, Zn	ug/l	31	33	14	27	54	230	49	26	51,00	55	36	c

### Konsentrasjon av veisalt -Klorid Cl<sup>-</sup>

Siste vannprøve ble tatt under kraftig nedbør med snøsmelting på 11 mm/døgn, i slutten av november. Analyseresultatene for vannprøvene viste høy konsentrasjon av klorid i overvannet (figur 5.10), i forhold til Storm Tac tabell. Vannprøvene har blitt analysert én gang for kloridinnhold og de prøvene ble tatt i starten av vintersesongen hvor veiene akkurat hadde blitt saltet av Statens vegvesen. Derfor kan vi ikke si at resultatene representerer den nåværende og kontinuerlige situasjonen når det gjelder utslipp fra Jessheim sentrum. Det anbefales å gjøre jevnlige undersøkelser av utslipp av klorid fra veisalt i vintersesongen, slik at man kan få en oversikt over mengden som kommer til Måsabekken rensesepark, og hvorvidt det går videre til Nordbytjernet. Ullensaker kommune bruker ikke veisalt på

sine veier, men en stor andel av veisystemene i prosjektområdet er driftet av Statens vegvesen. Kommunen venter en stor urban vekst i fremtiden, som vil føre til flere asfaltarealer og til mer bruk av veisalt hvis noen av dem klassifiseres til å være fylkes- eller riksveier. Hvis resultatene skal vise en høy konsentrasjoner av klorid, så må kommunen kunne komme med beskyttelse tiltak av grunnvannet, og Nordby tjernet for å forhindre at det blir en sjiktning i Nordby tjernet med salt-rikt bunnvann i fremtiden.



Figur 5. 10 viser konsentrasjon av veisalt (klorid) i overvannet etter snøsmelting med grenseverdien som rørd linje i forhold til Storm Tac.

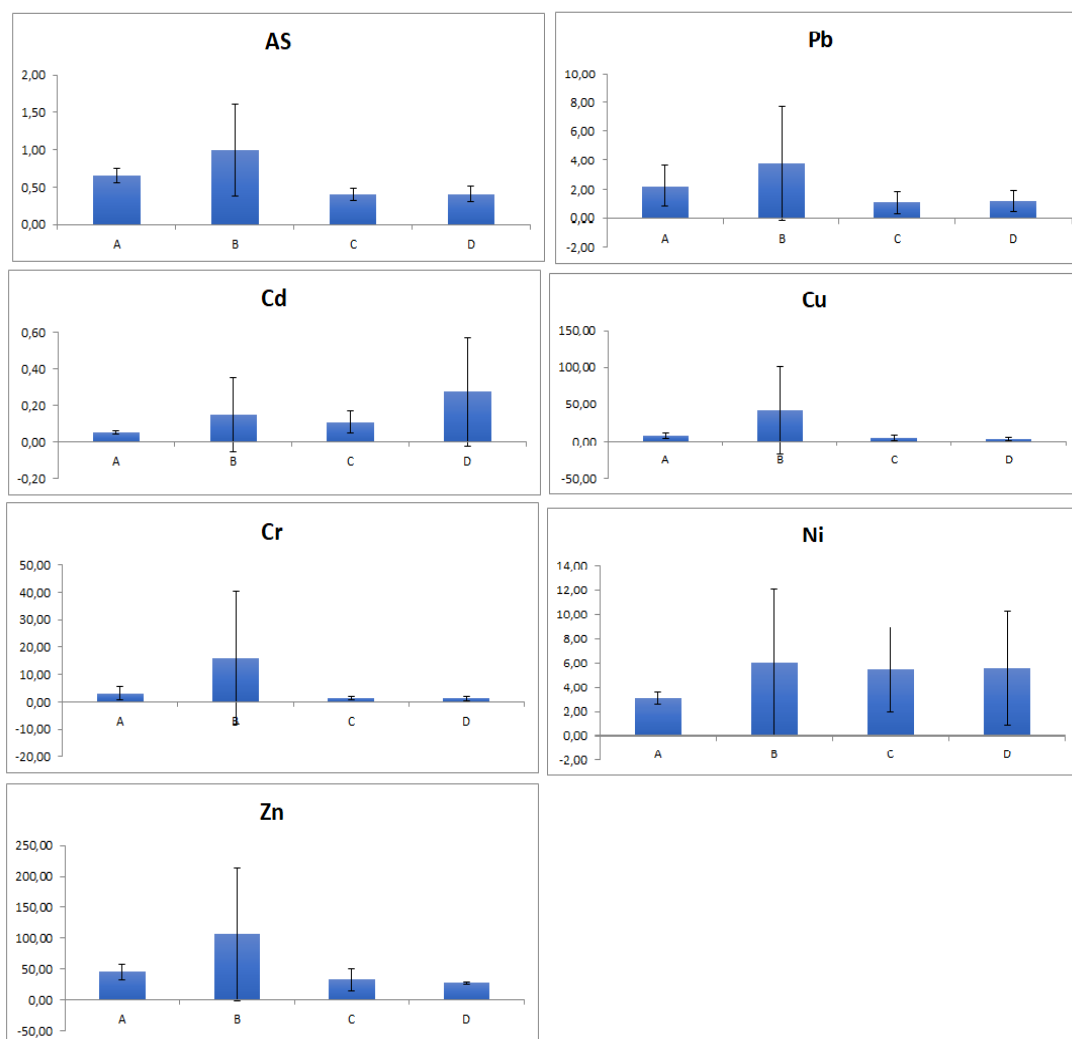
### Generelle situasjonen

Figur 5.11-5.13, alle data i resultatene presenteres med middel og standardavvik for middelverdien (SD). Feilkilde for alle resultater er at de avledet fra kun tre målinger på henholdsvis tre forskjellige dager. Resultatene i figur 5.11-5.13 viser det samlede bildet av forurensninger fra prosjektområdet gjennom halvparten av et år (sommer-høstsesong).

Figuren 5.11 viser at delområdet B og A har de største utslippene av forurensningsstoffene As, Pb, Cu, Cr og Zn. Det er allikevel en betydelig variasjon i resultatene mellom de to områdene. Disse tungmetaller stammer fra kjøretøys bremses og dekkslitasje. Inkluderer man topografi så stemmer det bedre med at delområde B har mer utslipp i mengde enn delområde A som er flatere. Nikkel kommer mest fra naturlige kilder, næringsområder og boligbebyggelse. I delområde A er det lite av dette, og nikkel har tydelig lavest konsentrasjon sammenlignet med de andre delområdene. Område D hadde størst utslipp av kadmium. Vanlig hovedkilde til kadmium er veier, forbrenning av olje og kull og slitasje av asfalt. Delområdet D har store arealer med nylig anlagt asfalt, mye nybygging og andel kjøretøy enn delområdene A, B og C. I tillegg finnes kadmium naturlig i jordsmonn og i fosfatholdig gjødsel. Delområde D har 30 % vegetasjonsareal, og endel av dette er hager og dyrkede arealer. Alle



disse faktorene tilsammen er nok grunnen til de høye målingene av kadmium i prøvene fra delområde D.

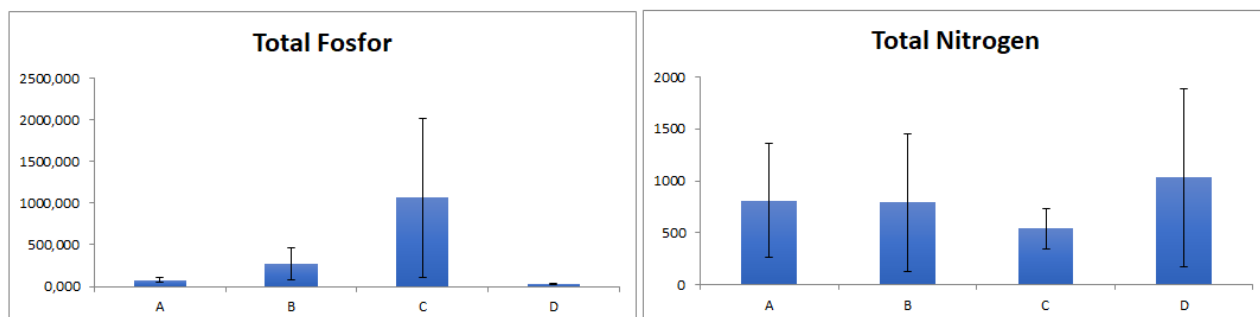


Figur 5. 11 viser resultater presenteres som gjennomsnittlig  $\pm$ SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).

Figur 12 viser, Total mengde av nitrogen i delområde D var høyest i forhold til andre delområdene, mens delområdene A og B hadde nesten like verdier. Dette skyldes mye gjødsling i delområde D. Det er store arealer med hager, området er ca. 67 % delvis bebyggt. Det er også en del nitrogenutslipp fra områdene A og B selv om de ikke har mye grøntareal. Dette skyldes mest sannsynlig anleggsarbeider. Det kommer mye nitrogen på grunn av byggeaktiviteter, og i tillegg er forbrenningsmotorer er en kilde til nitrogen i overvann.

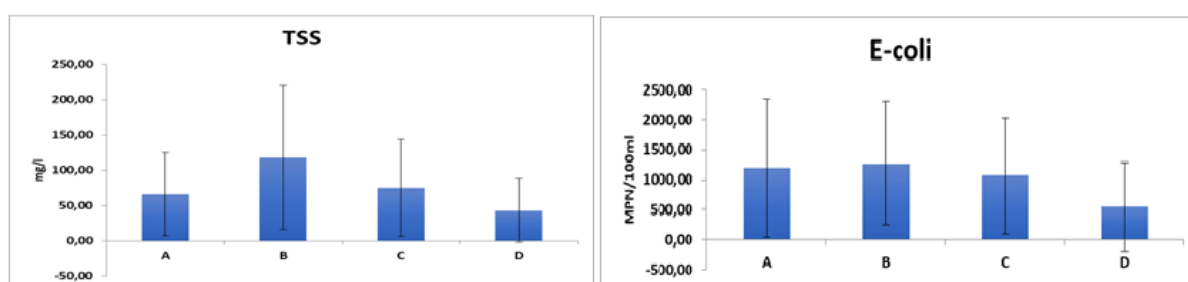
Delområde C har høyest utslipp av total fosfor. Hovedgrunnen til dette er nok feilkoblinger av spillvann inn på overvannsnett. Det ble registrert kloakkluft hver gang overvannshovedkumen for

område C ble åpnet for å ta vannprøver. I tillegg er delområdet også utsatt for gjødsling, akkurat som i delområdene A, B og D. Område B kommer på andre plass. Her har man i tillegg vaskehaller, hvis det er feilkoblinger føres det til utslipp av vaskemiddel inn på overvannsnett.



Figur 5. 12 viser resultater presenteres som gjennomsnittlig  $\pm$ SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).

Figur 5.13 viser TSS konsentrasjon på bildet til venstre og *E.coli* til høyere. Delområde B har størst utslipp av suspenderte stoffer på grunn av mye tungtrafikk i området, som er et næringsområde for Jessheim i dag. Figur 5.13 viser en rimelig fordeling av målte verdier i forhold til andel trafikkaktiviteter i delområdene. *E.coli* har nesten samme utslipp på alle, men litt mindre i fra D. *E. coli* gir en god indikasjon på om det er feilkoblinger i et område av spillvann inn på overvannsnett. Det anbefales å undersøke særlig delområde C, og deretter delområde A og B for feilkoblinger, slik at man med tiden vil få en reduksjon i tilførsel av spillvann via overvannssystemet til Måsabekken rensesepark.

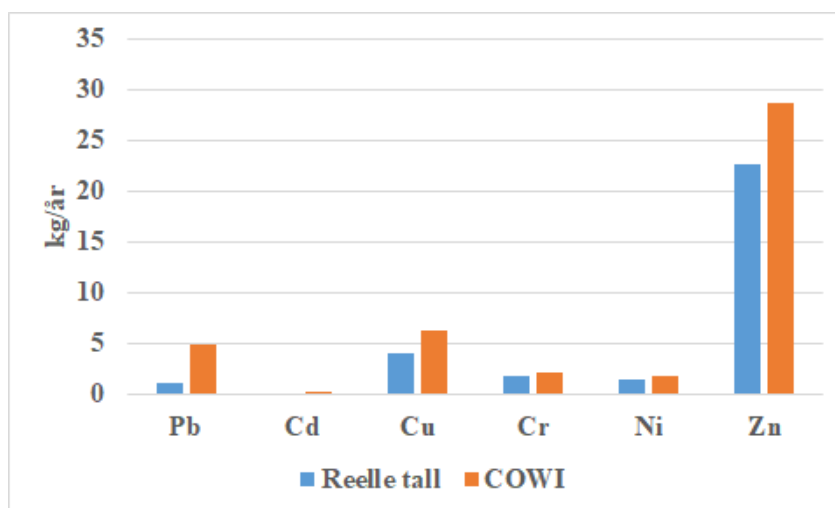


Figur 5. 13 resultater presenteres som gjennomsnittlig  $\pm$ SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).

Figur 5.14 viser en sammenligning mellom reelle tall fra resultatene av prøverundene oppgaven baserer seg på, beregnede konsentrasjoner av miljøgifter i overvann for sentrumsområdet til Jessheim, utarbeidet av COWI i 2014. COWI's Resipientavsnittene er rangert i forhold til årlig utslippsmengde for de ulike stoffene. Beregningen ble gjort for et 1,2 km<sup>2</sup> område i Jessheim sentrum [97] (vedlegg

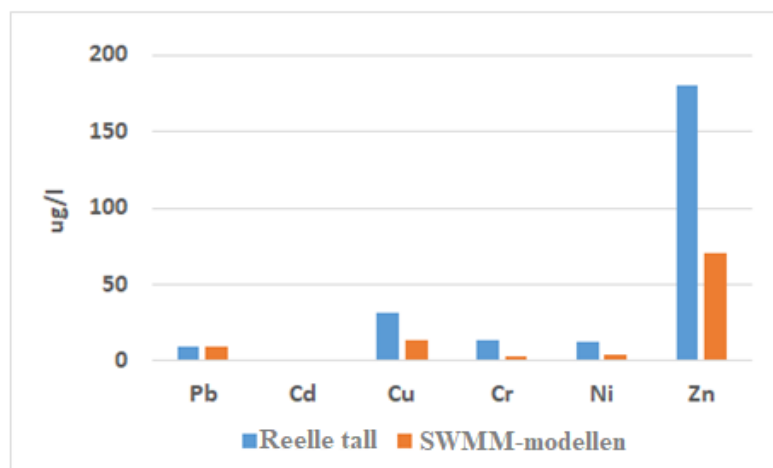
4). For å kunne sammenligne resultatene sammen så ble arealet for delområdene A, B og C beregnede, som har areal på rundt 1,3 km<sup>2</sup>. Beregningen til COWI har kommet frem til større konsentrasjonsverdier enn vannprøveanalysene har gitt.

Det er forskjeller mellom de målte verdiene i denne oppgaven (reelle tall) og COWI sine. Minst forskjell er i resultatene for Cr og Ni, størst forskjell var er i resultatene for Zn, Cu, Pb og Cd. Variasjonen mellom de beregnede konsentrasjonsverdier og mine målte verdier, kan ha flere grunner. En påvirkende faktor er at måleserien ble tatt over et begrenset tidsintervall (sommer-høstperiode), mens COWI sine resultater dekker et større tidsintervall som er på omtrent en hel årsperiode. I tillegg var antallet prøver tatt få, noe som gjør dem utsatt for at de målte verdiene kan vise for høye eller lave konsentrasjoner grunnet påvirkninger som «first flush», tidligere regnskyll og så videre.



Figur 5. 14 viser sammenligning mellom rarapports resultatene og COWI beregnede av tungmetaller.

Figur 5.15 viser sammenligning mellom resultater fra vannprøvene og et tidligere oppbygget modell (SWMM-modellen [98]) for prosjektområdet. Variasjonen mellom reelle tall og SWMM-modellen er stor for enkelte stoffer, for eksempel Zn. Denne variasjonen skyldes at referansedataene i oppgaven ble studert i forhold til nedbørsmengde. Det anbefales at Ullensaker kommunene kalibrerer en eksisterende oppbygget modell utført ved SWMM-program våren 2017, ved bruk av dataene som hentes fra profilmåler som er installert ved utløp av prosjektområdet. Ved ønske om å finne aktuell avrenningsverdi i utløpet av prosjektområdet, og å finne frem forurensningsverdier i forhold til overvannsvolum som avrenner til Måsabekken for å kunne ta bedre dimensjonering for tiltakene i videre arbeid.



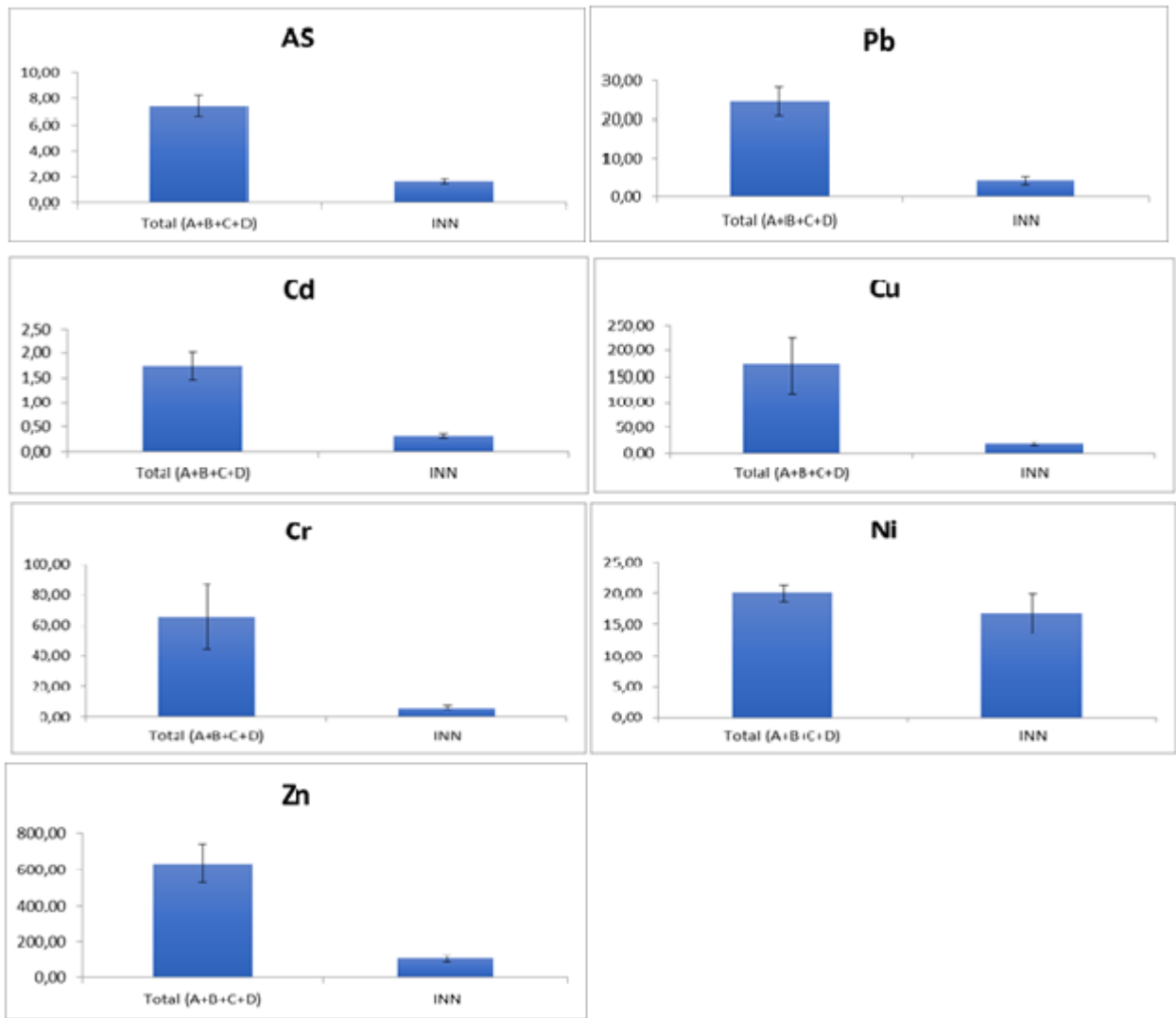
Figur 5. 15 viser sammenligne mellom reelle tall fra rapporten og SWIM modell for samme området.

### 5.3 Forurensningskonsentrasjonen fra prosjektområdet til renseparken.

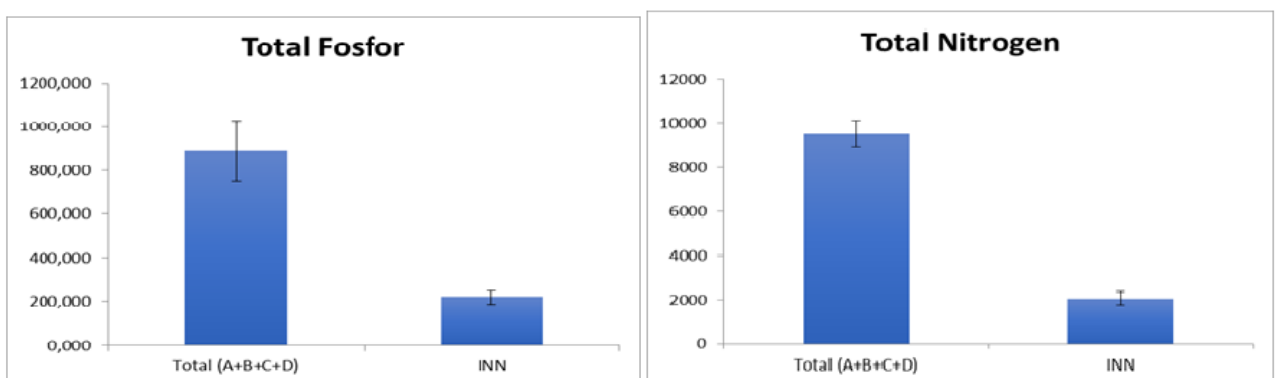
Figur 5.16 Alle kolonner til venstre for Total (A+B+C+D) presenterer konsentrasjonsverdien lokalt av substans fra de ulike delprosjektområdene (A, B, C og D). Kolonnen på høyre side (INN) viser konsentrasjonsverdi for substansene fra hele prosjektområdet, ved utløpet av prosjektområdet og innløpet av sedimentasjonsbassenget til Måsabekken rensepark.

Resultatene på figurene 5.16-18 viser et generelt bildet av hvordan en del av forurensningskonsentrasjon er i sommer- og høstperioden (eller skal vi si det varme halvåret). Det er en fortykning i konsentrasjon for tungmetaller, TSS, tot.fosfor, tot.nitrogen og *e.coli* underveis gjennom prosjektområdet. Fortynning skyldes at overvannet som renner fra de eksterne områdene Gystamarka og Langelandsfjellet er lite forurenset. Når rent overvann blander seg med urensset overvann, vil konsentrasjon bli redusert, i tillegg til mekaniske aktiviteter som oppstår i overvannsledningen, der det kan oppstå naturlig utfelling på rørene og sedimentering. Suspenderte, vannførte stoffer kan avsettes i rørbunnen eller ved bend, avhengig av strømningshastighet og regnskylsvarighet. Det vil si at når vi har lav strømningshastighet, så har de tunge partiklene blitt avsatt i overvannsrøret. (figur 5.18).

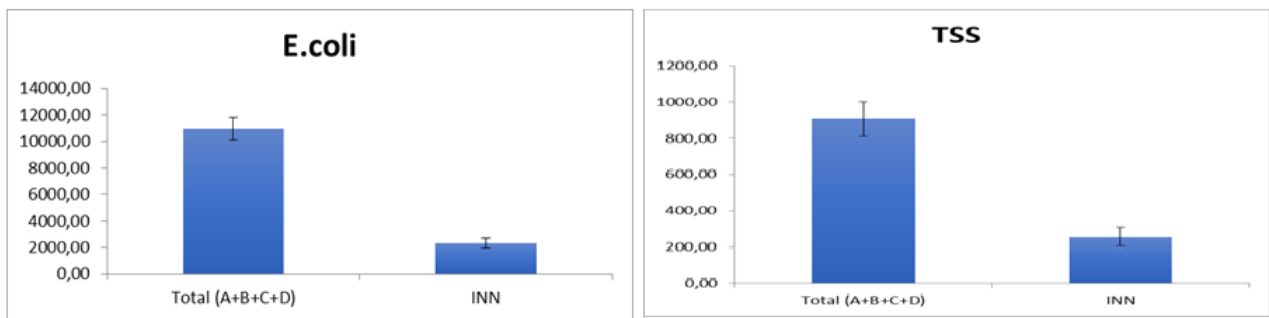
Dette gir en positiv påvirkning på konsentrasjon av forurensning, men nikkell er den eneste som har ikke vist stor reaksjon som andre tungmetaller, og det kan skyldes to ting, at Langelandsfjellet og Gystamarkaområdet har høyt utslipp av nikkell, eller fordi nikkell er et kjemikalie som inngår i kompliserte molekyler og vanskelig felles ut eller avsettes da den holder seg i vannfasen.



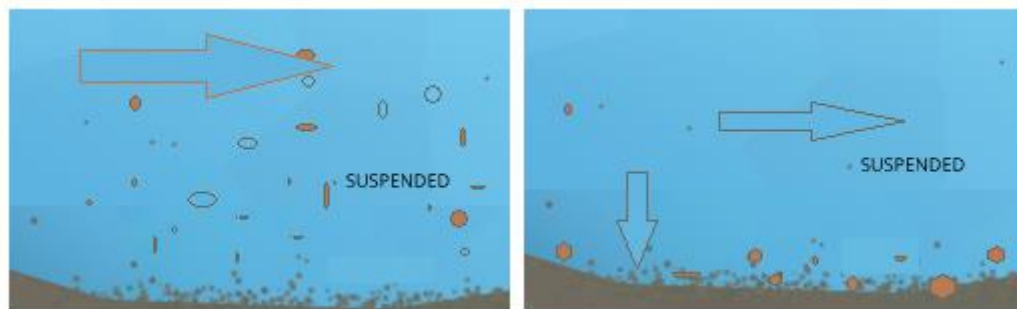
Figur 5. 16 viser resultatene presenteres som sum  $\pm$  SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).



Figur 5. 17 viser resultatene presenteres som sum  $\pm$  SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).



Figur 5. 18 viser resultatene presenteres som sum  $\pm$  SD fra tre uavhengige målinger ( $n = 3$ ).



Figur 5. 19 bildet til venstre viser rask og stor vannføring som tar med seg TSS og tungmetaller og til høyre viser lav vannføring der partiklene lettere sedimenteres.

## 5.4 Resultater fra Måsabekken renseparken

Tabell 5.4 viser at overvannet som renner til Måsabekken rensepark fra utløp av prosjektområdet gir unormale og høye konsentrasjoner av kobber, nikkel, sink, Tot. Fosfor, Tot. Nitrogen og TSS i forhold til Storm Tac tabell verdier. Selv om en stor del av konsentrasjonen fortynnes på veien til parken, så er det fortsatt over normalt.

Tabell 5. 4 viser verdier til Q1 vurdert med Storm Tac verdier.

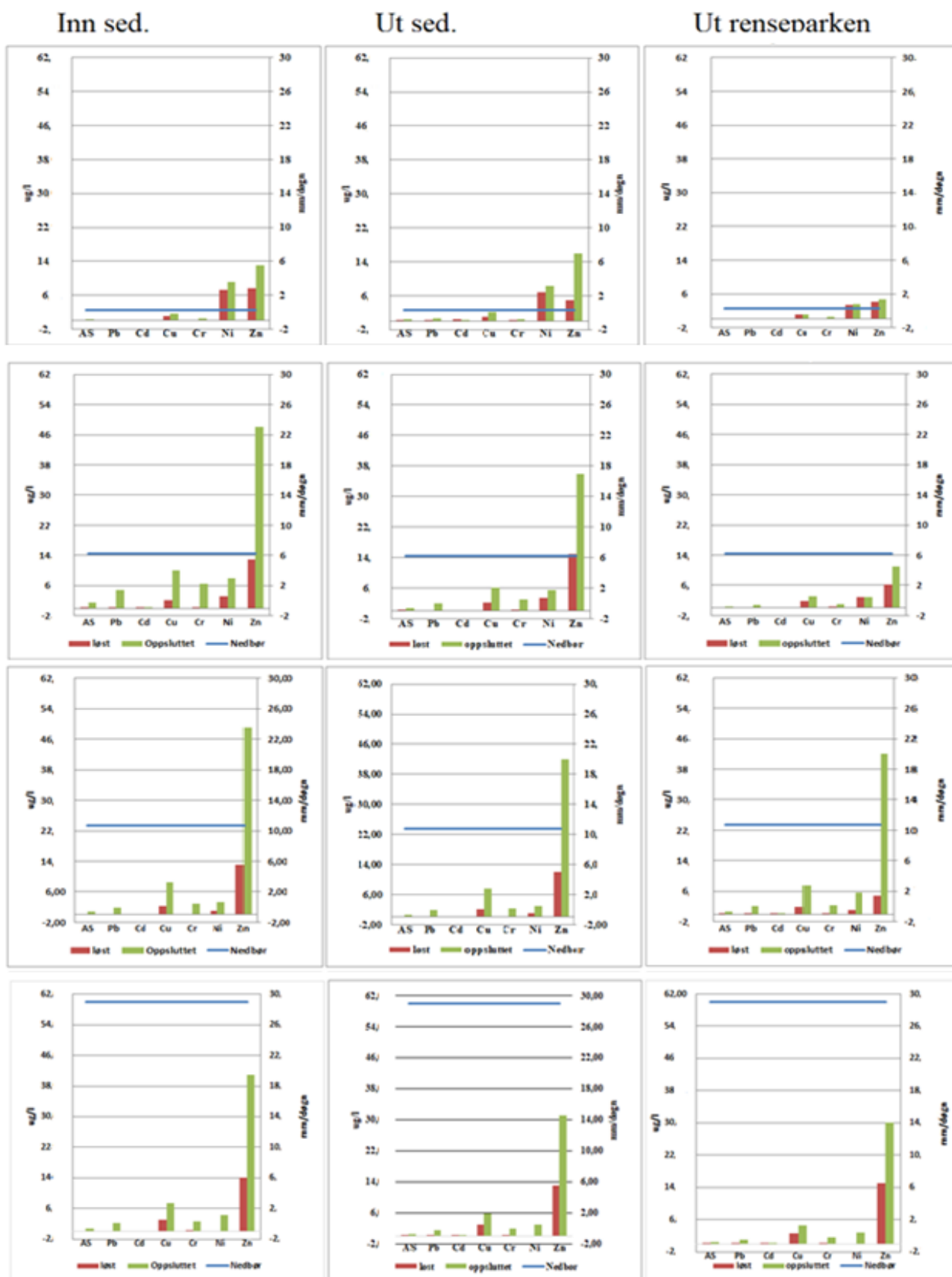
Substans	Enheden	Middel høy	Lav	Lav	Høy	Høy
Asren, As	ug/l	1,40	0,31	0,31	0,71	0,63
Bly, Pb	ug/l	4,80	0,19	0,19	1,90	2,10
Kadmium, Cd	ug/l	0,14	0,14	0,14	0,12	0,05
Kobber, Cu	ug/l	10,00	1,60	1,60	8,40	7,40
Krom, Cr	ug/l	6,40	0,48	0,48	2,80	2,70
Nikkel	ug/l	8,00	9,20	9,20	3,30	4,30
Sink	ug/l	48,00	13,00	13,00	49,00	41,00
E.coli MPN/100ml		280,00	490,00	520,00	1200,00	590,00
Total Fosfor		15,00	18,00	48,00	60,00	110,00
Total Nitrogen		890,00	870,00	950,00	350,00	760,00
TSS (mg/l)		2500,00	4500	29000,00	130000,00	97000,00
Større enn storm tac tabell verdier						

Figur 5.20 viser oppløste og partikulært bundne tungmetallmengder i Måsabekken rensepark, og hvordan renseeffekten er mot tungmetaller ved forskjellige nedbørsmengder. Renseeffekten for

sedimentasjonsbasseng var lavt ved lav nedbør. Der konsentrasjons av partikulært bundet tungmetall økes etter sedimentasjonstrinn, men renseeffekten av sedimentasjonsbasseng økes ved middel høy og høy nedbør. Vegetasjonsfilter har bedre renseeffekt mot partikulært bundne tungmetaller ved lav nedbør enn ved middel høy og høy nedbør. Oppløste bundne tungmetaller viste ingen reduksjon i konsentrasjon etter sedimentasjonstrinn uansett nedbørsituasjon. Ved lav nedbør har vegetasjonsfiltere vist god renseeffekt mot oppløste tungmetaller, enn ved middel høy og høy nedbør. Det er på grunn av god oppholdstid som gir røttene til plantene sjansen til å ta opp oppløst bundet tungmetall.

Dette vil si at rensesystemet jobber best ved liten nedbørsmengde, der vegetasjonsfilter er hovedrensetrinn mot oppløste og partikulært bundne tungmetaller. Særlig konsentrasjonen av oppløste tungmetaller fikk en stor reduksjon.

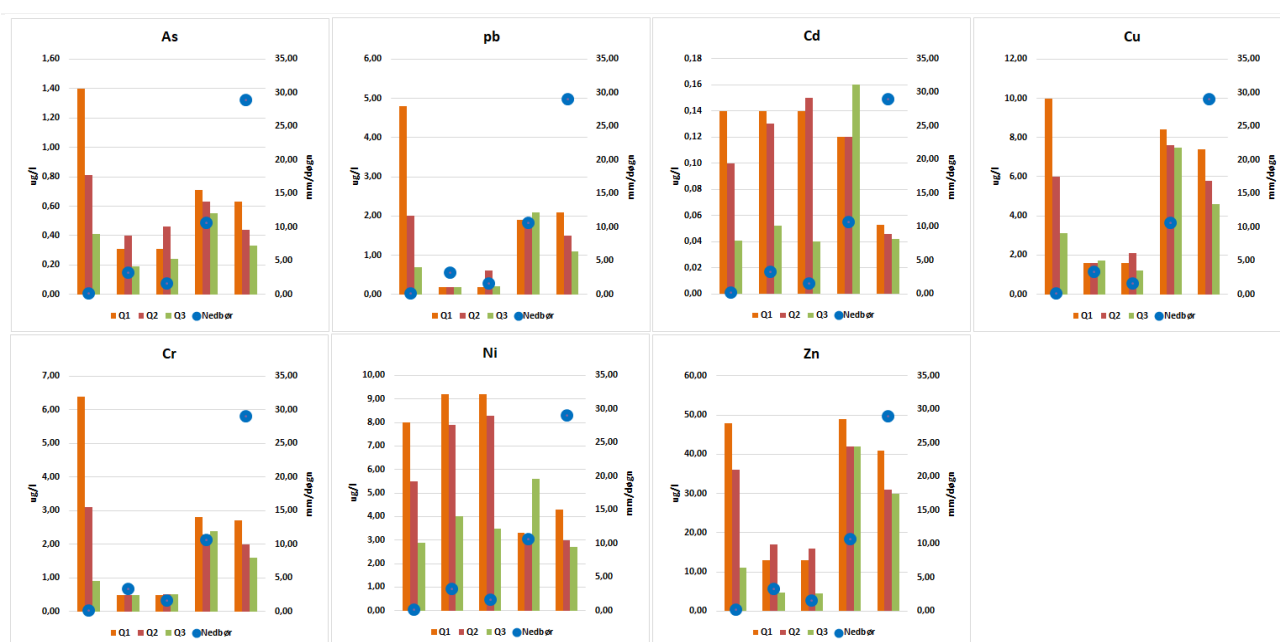




Figur 5. 20 viser konsentrasjon av tungmetallutslipp i oppløst og partikulær form fra renseparkens trinn ved forskjellig nedbørmengder.

Figur 5.21 viser et tydelig bilde på virkning av nedbørsmengde på renseparkens renseeffekt for sedimentasjonsbasseng og vegetasjonsfilter mot tungmetaller, der bassenget gir veldig lite renseeffekt på tungmetaller ved lav vannføring mot As, pb, Cu, Cr og Zn. Ikke bare det, men den lekker ut de fleste tungmetaller med overvannet til neste trinn. Ved lav vannføring har bassenget redusert mengde av Ni og Cd. Ved å sammenligne resultater mellom Q1 og Q3 ser man en god renseeffekt for renseparken som skjer hovedsakelig i palneten på vegetasjonsfilter.

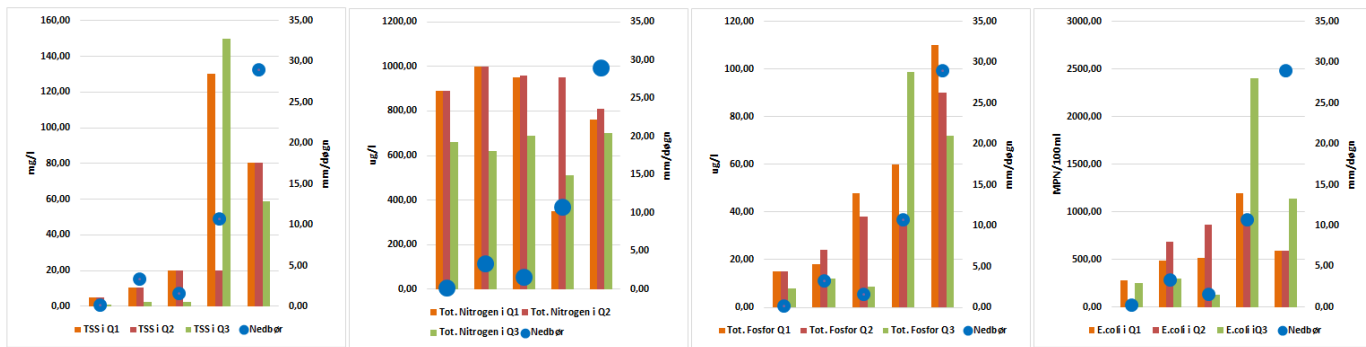
Bildet av Cd har vist at vegetasjonsfilteret har forurenset overvannet med kadmium ved kraftig nedbør etter en tørr periode. Det kan skyldes akkumulerte forurensete stoffer mellom plantene som skylles ut ved stor vannføring.



Figur 5. 21 viser konsentrasjon av tungmetaller etter hvert trinn i renseparken.

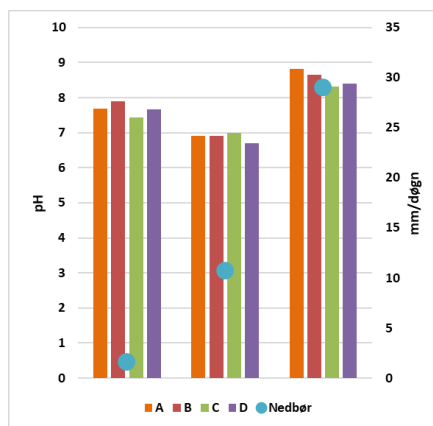
Figur 5.22 viser at TSS er avhengig av oppholdstid og vannføringshastighet gjennom renseparken.

Sedimentering av TSS reduseres ved økning av nedbørsmengde. Total nitrogen har nesten ingen reduksjon i sedimentasjonsbasseng. Rensing skjer i vegetasjonsfilteret med biologisk nitrogenfjerning (nitrifikasjon og denitrifikasjon), i tillegg til at konsentrasjonen av nitrogen til dels var avhengig av oppholdstid. Total fosfors renseevne avtar når oppholdstid avtar. Det skyldes at partikler får kortere tid til å sedimentere. *E.coli* har ikke et bestemt mønster i mengden gjennom renseparken og i tre av fem tilfeller, har konsentrasjon av *e.colivært* høyere i vannet som har rent ut fra renseparken enn inn. Dette skyldes ikke feilkoblinger i prosjektområdet men at renseparken i seg selv er en kilde for *e.coli*, som kommer fra fuglene som lever i parken.



Figur 5. 22 viser konsentrasjon av standerparameterne etter hvert trinn i rensesparken.

Figur 5.23 viser pH verdier. Det er ikke stor forandring i pH-verdiene som ligger rundt nøytral pH. Dette er positivt, fordi de ulike mikroorganismene i en biologisk rensespark vokser i pH området 5-9, med optimal vekst rundt nøytral pH.



Figur 5. 23 viser pH-verdier fra delområder ved forskjellige nedbørsklasser.

Ved vurdering av forurensningskonsentrasjoner fra analyseresultater, må det ikke tas hensyn kun til endringene ved nedbørsmengde, men også til klassifisering av konsentrasjonene i forhold til normale verdier for Norge, for eksempel Storm Tac 2012 tabell og tilstandsklasser ferskvann Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota | M-608.

Tabell 5.4 og 5.5 er for å gjøre en vurdering av vannet som går videre til Nordby tjernet. Tabell 5.4 viser at vannet ligger i klasse to ved lav og middels høy nedbørsmengde. Ved kraftig nedbør vil vannet som slippes inn til Nordby tjernet være forurenset med Arsen, bly, kadmium og nikkell som ligger i klasse 3 og sink i klasse 4.

Tabell 5.4 viser klassifisering av rensert vann Q3 i forhold til grenseverdier for klassifisering av ferskvann / M-608.

Substans	Enheten	Middel høy	Lav	Lav	Høy	Høy
Arsen, As	ug/l	0,41	0,19	0,24	0,55	0,33
Bly, Pb	ug/l	0,70	0,19	0,20	2,10	1,1
Kadmium, Cd	ug/l	0,04	0,05	0,04	0,16	0,042
Kobber, Cu	ug/l	3,10	1,70	1,20	7,50	4,6
Krom, Cr	ug/l	0,90	0,48	0,50	2,40	1,6
Nikkel	ug/l	2,90	4,00	3,50	5,60	2,7
Sink	ug/l	11,00	4,80	4,60	42,00	30

Tabell 5.5 viser i kolonnen Grenseverdier, de normale norske verdier for overvann i en våtmark. Etter klassifisering av resultatene, så ser vi at våtmarken hadde dårligere renseeffekt mot tungmetaller, TSS og fosfor ved høy nedbør. Krom og kobber har vært høye hele tiden i våtmarken, det vil si at vannet som slippes inn til Nordbytjernet har høy konsentrasjon av krom og kobber.

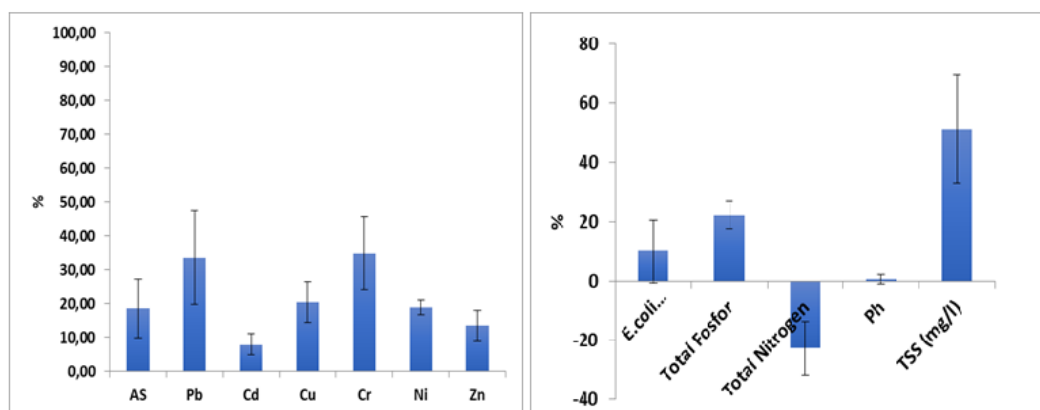
Tabell 5. 5 viser klassifisering av overvannet Q3 som slippes ut fra våtmark i forhold til Storm tac 2012.

Substans	Eenheten	Grenseverdi	Middel nedbør	Lav nedbør	Lav nedbør	Høy nedbør	Høy nedbør
Arsen, As	ug/l	4	0,41	0,19	0,24	0,55	0,33
Bly, Pb	ug/l	6	0,70	0,19	0,20	2,10	1,10
Kadmium, Cd	ug/l	0,15	0,04	0,05	0,04	0,16	0,04
Kobber, Cu	ug/l	75	3,10	1,70	1,20	7,50	4,60
Krom, Cr	ug/l	0,15	0,90	0,48	0,50	2,40	1,60
Nikkel, Ni	ug/l	0,5	2,90	4,00	3,50	5,60	2,70
Sink, Zn	ug/l	13	11,00	4,80	4,60	42,00	30,00
E.coli	MPN/100ml	700		250,00	130,00	2400,00	1140,00
TSS	ug/l	16		1,00	2,50	150	59000
Total Nitrogen	ug/l	900		660,00	690,00	510,00	700,00
Total Fosfor	ug/l	50		7,90	8,80	99,00	72,00
Større enn storm tac-tabell verdier.							

Alle data i resultatene figur 5.24-5.26 presenteres som middel- og standardavvik for middelveiden (SD), der feilkilde for alle resultater er at de er avledet fra kun tre og fem målinger utført tre og fem forskjellige dager.

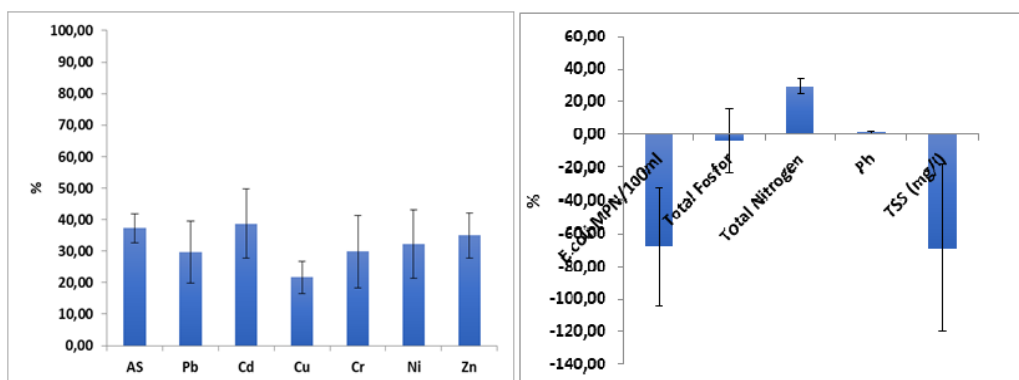
Figur 5.24 viser en oversikt over renseeffekten til sedimentasjonsbassenget i det varme halvåret (april-november) i forhold til de vannprøvene som ble tatt. Sedimentasjonsbassenget hadde dårlig renseeffekt mot tungmetaller spesielt Cd. Renseeffekten var mellom 7 % - 35 % for As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn. Bildet til høyre viser en akseptabel renseeffekt for sedimentasjonsbassenget mot TSS på 51 % og 22 % av fosfor. Sedimentasjon ga dårlig renseeffekt mot nitrogen på -23 %. Dette viser

at det har lekket ut en del nitrogen fra sedimentasjonsbassenget som antagelig har blitt lagret tidligere. Renseeffekten mot *e.coli* var på 10%, det er lavt, men kan skyldes tilførsel av *e.coli* fra fugler.



Figur 5. 24 viser renseseffekten til sedimentasjonsbassenget gjennom et halvår (sommer- høst periode).

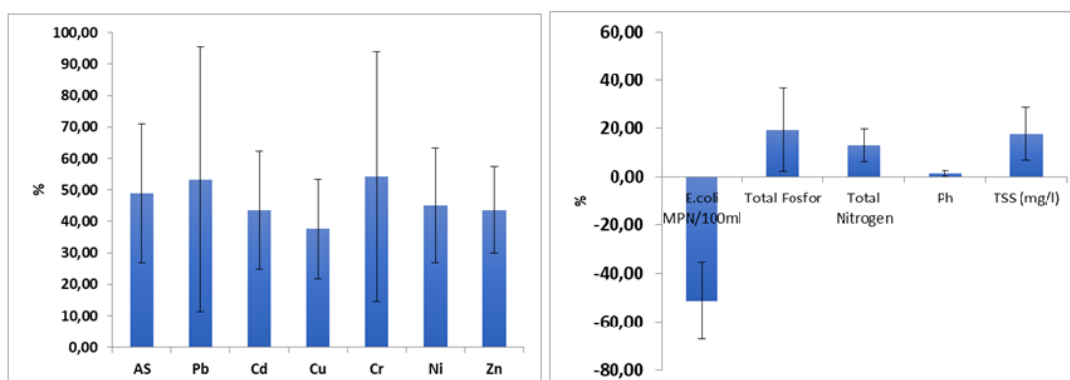
Figur 5.25 viser renseseffekten til vegetasjonsfilteret av overvannet, som renner fra sedimentasjonsbassenget, Q2. Renseeffekten av tungmetaller fra Q2 var mellom 20-40 %. Renseeffekten av *e.coli*, TSS og fosfor har vist negative prosentverdier. Dette vil bekrefte at fugleliv i vegetasjonsfilteret er hovedgrunnen til *e.coli*. For å være sikre på det, så kan Ullensaker kommune ta en mikrobiell kildesporingstest for å undersøke opprinnelsen av fekal materialet som er kilde til forurensingen. Renseeffekten til TSS og fosfor har en negativt effekt. Årsaken til de negative verdiene kan være at antall prøver er lite, slik at en prøve har en signifikant effekt på prosentmengden av renseseffekten til rensesparken. Nitrogen fjerning var på ca. 30 % av mengden.



Figur 5. 25 viser renseseffekten til vegetasjonsfilteret i et halvt år (sommer -høst periode).

Figur 5.26 viser rensesparkens renseseffekt, hvor mye parken fjerner av forurensing fra Q1. Renseeffekten til Måsabekken rensespark ble sett utifra Q3 i forhold til Q1. Sammenligningen av verdier viste at effekten på tungmetaller var mellom 38- 57 %, fosfor var 20 %, 14 % for nitrogen, 18

% for TSS og negativ renseseffekt mot *e.coli*. Den negative renseseffekten mot *e.coli* skyldes ikke rensesparkens svakhet i eliminering av *e.coli*, men fuglene som lever i Måsabekken rensespark som gir fra seg en mengde bakterier til vannet.



Figur 5. 26 viser rensesparkens renseseffekt.

Det kan tenkes at vannet som ble tatt fra rensesparken ikke er det samme vannet som renner inn til sedimentasjonsbassengt, men prøvene ble tatt etter minst 5 timer med regn hver gang, for å sikre at vannet har beveget seg. Ved kraftig nedbør er det sikkert at vannet som kommer ut fra parken er det som har rent fra prosjektområdet samme dag. Men ved lav nedbør kan det være litt usikkert.

Ut fra tabell 5.6 ser vi at rensesparken klarte å fjerne halvparten av det konsulentfirmaet har beregnet. Overvannet som renner inn til sedimentasjonsbassenget fra utløpet av prosjektområdet har høy konsentrasjon av Ni, Cr, Cu, Zn, TSS, Tot.fosfor, Tot.nitrogen og *e.coli*. Konsentrasjonen av verdiene var høyere enn normalverdier i overvannet i Norge. Etter at overvannet er renses så hadde vi fortsatt høy konsentrasjon av Ni, Cr, Zn, TSS, *e.coli* og Tot.fosfor over hva som er akseptabelt nivå.

Rensesparken klarer egentlig å fjerne en god del av parameterne, men rensesparkens renseseffekt må økes for å kunne fjerne mer av disse metallene slik at verdiene kommer innenfor akseptabelt nivå. I forhold til ferskvannklassifisering er vurderingen av vannet som går til Nordbytjernet mellom klasse 3 og 4 for nikkell og sink hvilket ikke er godkjent.

Dårlig renseseffekt kan skyldes at parken er over 10 år gammel, at sedimentasjonsbassenget ikke har blitt tømt siden parken ble etablert og det har vært mangefull vedlikehold av vegetasjonsfilteret. Det kan ha vokst mange uønskede planter som har tatt plassen fra de utvalgte og plantede vekstene, noe som kan minske absorbering av næringssalter og tungmetaller.

Tabell 5. 6 viser prosent mengde reduksjon av de ulike forurensingene og teoretiske forventningsverdier for rensesparken utifra dimensjoneringen.

Tabell 5. 6 viser prosent mengde forventningsverdier for renseparken i forhold til teorien, dimensjonerte verdier av firma og reelle verdier renseparken har i dag.

Sub.	Forventning	Konsulent-firma	Oppgavens resultater
Renseeffekt TSS	75-85 %		18 %
Renseeffekt tungmetaller	80-90 %	60 -80%	38- 54 %
Renseeffekt nitrogen	50-80 %		13 %
Renseeffekt fosfor	60 %	47 %	20 %
Optimal parken er ..% av nedbørfelt	2,5 %	2 %	3 %



## 6. Mulige tiltak for problemløsning

Det er opptil Ullensaker kommune å vurdere hvilket nivå de skal legge seg på når det gjelder overvannshåndtering i Jessheim sentrum. I dette kapitlet blir forslag til løsninger presentert for å forbedre renseseffekten til Måsabekken rensesepark.

### 6.1 Dam

Resultatene av vannprøvene viser at delområde A og delområde B som tilsvarer 23 % av totalareal, utgjør ca. 60 % av forurensningsstoffer som slippes til Måsabekken rensesepark. En mulig løsning som kommunen kan vurdere er å bygge to dammer, en i hver delområdet, som vil disponere overvannet lokalt. Funksjonen til denne løsningen er som et fordrøyningsbasseng med planter i terrenget, der overvannet filtreres gjennom, og ledes i overvannsledninger til Måsabekken. Det er viktig å sette en justerbar ventil på overvannsledningen for å regulere vannmengden. Fordelen er at både vannet og forurensningsstoffer vil få bedre infiltrasjonstid før det går videre ut i Måsabekken. Denne løsningen vil forsinke vannet ved at man har kontroll og oversikt over kvaliteten og mengden, som igjen vil redusere mulighetene for mulig oversvømmelser av bekken. En annen fordel er at dette skaper et mer attraktivt område for befolkningen rundt. Figur 6.1 viser et forslag på hvor kommunen kan plassere dammene.



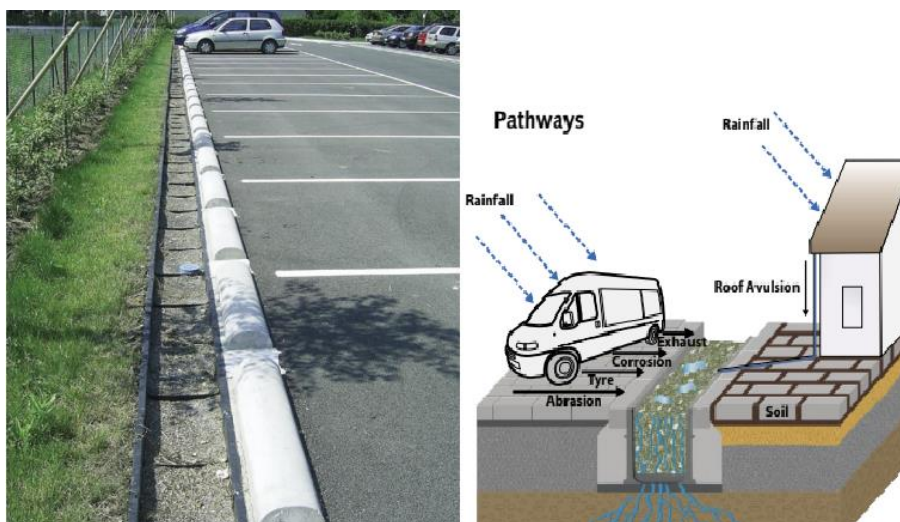
Figur 6. 1 viser hvor forslaget området for dam for delområdene A og B kan legge.

Tomteprisene i Ullensaker kommune er høye, for å kunne implementere første forslag er det behov for plass. Ullensaker kommune har vurdert å oppgradere parkeringsplass på tomt B (figur 6.1), ved å erstatte overlaget som er av grus med asfalt, i det foreslåtte stedet for å bygge dammen. Et forslag til en mulig løsning er å bygge et parkeringshus med flere etasjer for å kunne tilfredsstille behovet for

parkering og det vil være arealbesparende, samt at det vil være mulig å bygge dam på tomten. En parkeringsplass vil kreve et stort budsjett og dette har ikke kommunen kapasitet til. Ulempe for å bygge en parkeringsplass vil asfaltarealet økes. og dermed økes også utslippet av tungmetaller i delområde B, som allerede er utsatt for økt mengde tungmetaller og som følge av dette er plassert i klasse 3.

## 6.2 D-Rainclean filter

Et annet alternativ for lokal behandling av forurenset overvann, er å bruke D-Rainclean filter som sikrer høy grad av rensing over lang tid. D-Rainclean er et filter som tilbyr kombinasjon bestående av en filterkanal, laget av PP og Filter-Media. Filtrene er en profesjonell løsning for behandling av forurenset overflatevann. Her blir delvis tungt forurenset regnvann i gatene, parkeringsplasser, rom- og takområder absorbert og frigjort i ufarlig tilstand. Rensegraden av produktet er testet, og viser en renseseffekt på mer enn 99 % mot Pb, Cu, Zn og Cd, med et minimum levetid på 15 år. D-Rainclean installeres langs endene på parkeringsplassen, med en liten helning der avrent overvann kan føres mot filtret der filtret består av fem lag (figur 6.2 og 6.3). Når vannet er ferdig filtrert i D-Rainclean vil det ledes bort gjennom overvannsledning til Måsabekken.



Figur 6. 2 viser hvordan filteret skal plasseres på parkeringplass på bildet til høyere, bildet til venstre viser hvordan vannet løp inn og ut fra filteren skjer.



Figur 6. 3 viser filtermedia lag til høyere og hvordan den plasseres på filtere.

### 6.3 INNOLET-G

Et alternativ løsning for behandling av vei- og takovervann i delområde A og delområde B er å bytte de gamle og tradisjonelle sandfangene i veiene med 4000 ÅDT og oppover. Dette er sandfang som er utstyrt med filterpatron fylt, substrat og kegle. Funksjonen er den samme som for en tradisjonell sandfang, men denne reduserer i tillegg tungmetaller og miljøstoffer. INNOLET-G er en type sandfang som har dreneringsfilter med renseeffekt på ca. 60-80 % mot tungmetaller, 50 % mot PAH. Den anbefalte størrelsen på tilkoblingsområdet for INNOLET-G er 250 m<sup>2</sup> (figur 6.4). Løsninger som D-Rainclean(filter) og INNOLET-G (sandfang) vil være rimeligere med tanke arealbesparelse, økonomi og mengde forurensningsstoffer vil bli redusert som fører til mindre belastning på renseparken.



Figur 6. 4 viser bildet av INNOLET-G sandfang til høyre, og sin deler til venstre.

Forslagene som er representert ovenfor tar for seg spesielt utfordringen med tungmetaller. Med dammer kan man kontrollere gjennomstrømmingen av overvannet til renseparken. Men ved bruk av filter og sandfang har man ikke den samme kontroll på vannmengde ved ekstrem nedbør.

#### 6.4 Anbefalinger

For at Ullensaker kommune skal kunne beskytte Måsabekken renseparken, er det viktig å sette opp gode planer for regelmessige vedlikehold og oppfølging, dette er et av hovedkriteriene for å kunne oppnå målene med de tiltakene som er beskrevet. Sedimentasjonsbassenget burde tømmes en gang hvert andre år, ved bruk av slamsugebil. Anlegget er bygget opp med mulighet for tilkomst for slamsugebil. Prosessen for tømming og vedlikehold anbefales å gjennomføre i april/mai, i en tørr periode og ved lav vannstand. Terskler og våtmarksfilter må kontrolleres med jevne mellomrom slik at det ikke forekommer kortslutning. Det er derfor viktig å holde våtmarken under overvåkning, og åpne opp de tettete delene slik at vannstrømmen får utnyttet hele vegetasjonsfilter.

## 7. Konklusjon

Prosjektområdet er på 2.6 km<sup>2</sup> og er delt inn i fire delområder (A, B, C og D). Overvann renner fra eksterne områder, før det renner til prosjektområdet og samles inn til Måsabekken rensepark. Konsentrasjonen av forurensning i overvannet er høy ved høy nedbør, spesielt etter tørre perioder. Delområde A og delområde B gir mest forurensningsmengder av tungmetaller (As, Cr, Cu, Pb og Zn), tot.nitrogen og TSS på grunn av stor grad av urbanisering, store arealer med parkeringsplasser og mye trafikk. Forurensningsnivået var over de normale norske verdiene, i alle delområdene for de fleste forurensningsparameterene. Resultatene for indikatorbakterien *E.Coli* indikerer at det er en del feilkoblinger i prosjektområdet. Dette ser vi mest på delområdene A, B og C. Delområdet D viste ikke indikasjoner på feilkoblinger slik som de andre feltene.

Renseparken har bedre renseeffekt ved lav nedbør enn ved høy nedbør for tungmetaller (As, Cr, Cu, Cd, Pb og Zn), *E. coli*, Tot. fosfor og TSS på grunn av vannets oppholdstid i renseparken.

Renseeffekten til renseparken i 2017 var halvert, sammenlignet med den antatte renseeffekten fra forprosjektet Måsabekken Rensepark. En mulig grunn er dårlig oppfølging og vedlikehold der regelmessig slamtømming har vært nedprioritert. Denne effekten viste seg både på tungmetaller og næringssalter.

For å imøtekomme fremtidens klimaendringer, og de utfordringer knyttet til det, vil et anbefalt tiltak være fordrøyningsbassenger med planter i terrenget i delområdene A og B. Dette vil redusere belastningen på renseparken og redusere forekomst av oversvømmelser. Tiltaket vil også gi et godt estetisk inntrykk i området, og vil gi økt biologisk mangfold. Et annet tiltak for å redusere forurensningsmengden fra delområdene A og B, er å installere filter på parkeringsplasser og moderne sandfang på veier med ÅDT > 4000.

Et annet strakstiltak er å tømme sedimentasjonsbassenget i april/mai 2018, ved lav vannføring, og deretter hvert 2.år. Kommunen bør iverstette kontinuerlig vedlikehold på renseparken og sandfangene.

Uavhengig av hvilke tiltak kommunen velger å gjennomføre bør det være kontinuerlig overvåking av vannkvaliteten.

## 8. Referanser

1. *U.S. and World Population Clock* (2017). United states census bureau. Available from: <https://www.census.gov/popclock/> (Lest 02.09.17).
2. Lilensten.J. and Matthes.K., (2015), *The debate about solar activity and climate change, in Earth's climate response to a changing Sun.*
3. Åstebøl, S.O., et al. (2012), *Beregning av forurensning fra overvann.* Klima- og forurensningsdirektoratet, COWI- rapport (Lest. 08.10.17).
5. Beyer, J., et al. (2015), *Årsrapport for miljøovervåking ved AF Miljøbase Vats for 2014:* Norsk institutt for vannforsyning.
6. Wells., T. *Why is Stormwater a problem?* Department of energy & environment: DC.gov. Available from: <https://doee.dc.gov/service/why-stormwater-problem> (lest: 12.10.17).
7. BYGGFORSK, S., (2017) *Urbanhydrologi.*
8. Askheim, S. *Ullensaker Kommune* (2017); Available from: <https://snl.no/Ullensaker> (Lest 03.10.17).
9. Ukjent,. (2016) *What is hydrology and what do hydrologists do?* The USGS Water Science School.
10. Fergus, T., Hoseth, K.A., and Sæterbø, E. (1998). *Nedbør/ avløpsmodell (PQRUT) - Hydrologi in Vassdragshåndboka..* p. 51-52.
11. NGU, *Grunnvann.* Grunnvann i Norge, 2016.
12. Perlman.H., (2016), *Vannets kretsløp:* USGS, science for changing world: available from: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclenorwegian.html> (Lest 09.10.17).
13. Pidwirny, M., (2006). *The hydrologic cycle, in Fundamentals of Physical Geography,* Physicalgeography.
14. Feiring, E., (2003) *Vann-livsviktig mangelvare.*
15. Fergus,T. Hoseth, K.A., and Sæterbø, E., ( 1998). *Hydrologi, in Vassdragshåndboka.* p. 33-34.
16. Tollan, A. (2010). *Nordens hydrologi, komepdium for GF-GG 141,* Universitet i Oslo.
17. Fergus,T. Hoseth, K.A. and Sæterbø, E. *Sikringstiltak,( 1998) Vassdragshåndboka.* p. 239-242.



18. Grubbe, K. (2015). *11 ting du ikke visste om snø*. Illustrert vitenskap; Available from: <http://illvit.no/naturen/is/snoe-fakta-hva-er-snoe-og-er-to-snoefnugg-alltid-like>.
19. Tapir, N., (2010). *Vassdragshåndboka*. VE (2010).
20. Karlsrud, K., L. Erikstad, and P. Snilsberg, (2003) *Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø*.
21. Iowa, N., *South Dakota*. Wisconsin.
22. Ukjent (2017). *Om meteorologisk institutt*. Meteorologisk institutt; Available from: <https://www.met.no/om-oss/om-meteorologisk-institutt> (Lest 09.11.17).
23. A., S., G. G., and E. M. (2016) *overvannshåndtering med regnbed*; Available from: [http://www.grunnvanninorge.no/geoteknikk\\_overvann.php](http://www.grunnvanninorge.no/geoteknikk_overvann.php) (Lest 12.10.17).
24. Myrabø S., (1991). *FLOMBEREGNING NORGES V ASSDRAGS- OG ENERGIVERK HYDROLOGISK AVDELING-*.
25. Magnussen, R.A.G., (2015) *Gjennomgang av avrenningsfakror*. Miljødirektoratet.
26. 2015. *Stasjonsnett*. NVE Available from: <https://www.nve.no/hydrologi/vannstand-og-vannfoering/stasjonsnett/> (lest 12.10.17).
27. Myhre, J., E.(2015) *Byvekst og bydemiljø*. Norgeshistorie.
28. Sygna, L. and K. O'Brien., (2001) *Virkninger av klimaendringer i Norge*. CICERO Report.
29. Torvanger, A., et al., (1997) *Klimaforskning og klimaforhandlinger-status og utsikter framover*. CICERO Report.
30. Telemark, F.i.,(2016) *Risiko- og sårbarhetsanalyse Telemark 2016*.
31. Kunduraci, M., *Analyse av LOD-tiltak*. (2016), Norwegian University of Life Sciences, Ås.
32. Hansen, A.J., et al., *Overvann i byer og tettsteder Som problem og ressur*. NOU. 2015: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon Informasjonsforvaltning.
33. I.Kreutzer, (2016)*FINANS NORGE ÅRSRAPPORT* .
34. Ceeberg, M., E. (2015). *Norm for overvannshåndtering*. Ås kommune
35. Steffensen, J. (2003) *Åpne overvannsløsninger erfaringer og anbefalinger*. STATSBYGG.
36. Ukjent., (2016). *Avløpshåndtering*. Klimatilpasning; Available from: <http://www.klimatilpasning.no/sectorer/vann-og-avlop/oppgaver/avlopshandtering/>.
37. Riise, E. (2012) *Brosjyre til huseiere om kjelleroversvømmelser*. Norsk vann.
38. Gullbrandsen, M. and C. AS, (2014) *Veileder for lokal overvannshåndtering i Asker kommune*. Asker kommune,.

39. Thorolfsson, S.,T. (2014) *Overvannshåndtering (OVH)- en nødvendig fagdisiplin for fremtiden*. NTNU.
40. Dahl, B., (2008) *Grønn tak*, N.v.r. 162/2008, Editor. Norsk Vann.
41. Lindholm, O.G., (1998) *Økologisk overvannshåndtering*. vannforeningen,
42. Ødegaard, H., (2014). *Vann- og avløpsteknikk*, Norsk Vann
43. Lindholm, O.G et al., (2005) *Veiledning i Overvannshåndtering Treleddstrategien*, Editor. Norsk Vann.
44. Ukjent., (2013) *Strategi for overvannshåndtering i oslo 2013-2030*. msb.se
45. Barlindhaug, J., (2009) *Fordrøyning*. STORE NORSKE LEKSIKON.
46. B.C.Braskerud, K.H.Paus, and A. Ekle., (2013). *Anlegging av regnbed*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
47. Åstebøl, S.O., Stenvi, G.,Robba,S.,Kristoffersen,H.V and Olsen.S.B., C., ( 2013) *PÅ LAG MED REGNET VEILEDER FOR LOKAL OVERVANNSHÅNTERING*. ; Available from: [http://www.miljodirektoratet.no/Global/klimatilpasning/COWI\\_Veileder%20overvann%20overvannsh%C3%A5ndtering%20J%C3%A6ren\\_2013.pdf](http://www.miljodirektoratet.no/Global/klimatilpasning/COWI_Veileder%20overvann%20overvannsh%C3%A5ndtering%20J%C3%A6ren_2013.pdf)
48. Stokker, E. et al., (1999) *Artsmangfold i to syv år gamle fangdammer i Haldenvassdraget med forskjeller i vannkvalitet*. NINIA.
49. Banach, A. and Fjeldhus, K. (2016) *BLÅGRØNNE overvannsløsninger*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
50. Watch, K.W. (1996) *Total suspended solid and water quality*.; Available from: <http://www.state.ky.us/nrepc/water/ramp/rmtss.htm> (Lest: 03.02.2018)
51. Ødegaard, H., (2014) *Vannkvalitet og vannforurensning*, in *Vann- og avløpsteknikk*. p. 127-129. Norsk Vann.
52. Haegermark.A., (2010) *Fakta om E.coli*. Biofilmforskning; Available from : <https://biofilmforskning.wordpress.com/2010/06/18/fakta-om-e-coli/>.
53. Helseinformatikk, ( 2015). *e coli tarminfeksjoner - EHEC, EIEC, EPEC, ETEC*. 2015. ; Available from: <https://nhi.no/sykdommer/barn/infeksjoner/e-coli-tarminfeksjon/>.
54. *Bakterieanalyse*. (2017); Available from: <http://vannshop.eurofins.no/innsjosjo--bakterieanalyse-p-116-c-149.aspx>, Eurofins (Lest: 03.02.18).
55. (2013) *pH--Water Properties* The USGS Water Science School (lest: 03.02.2018); Available from: <https://water.usgs.gov/edu/ph.html>.
56. University, U.S., (2013) *What is pH?*; Available from: <https://extension.usu.edu/waterquality/learnaboutsurfacewater/propertiesofwater/pH>



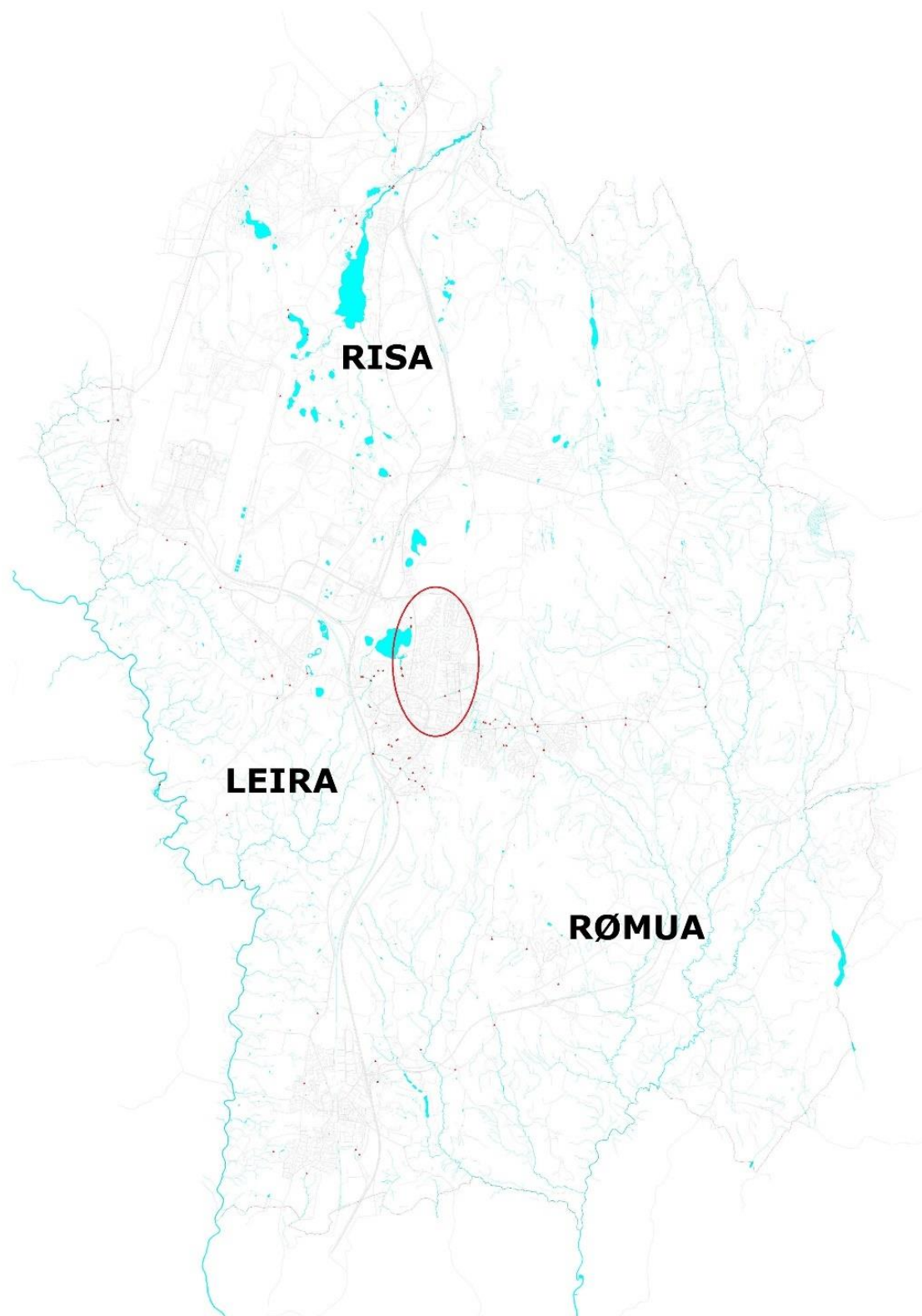
57. Ukjent., Lenntech, *Acids and Alkalis in freshwater*. Water Treatment Solutions; Available from: <https://www.lenntech.com/aquatic/acids-alkalis.htm>.
58. M.D.Sabatino (2009). *Tungmetaller*. cited 2018; Available from: <https://snl.no/tungmetaller> Store norske leksikon.
59. Reinertsen, T.R. and R.R. Arne, (1981) *Forurensninger i overvann*. Vann & avløp (trykt utg.). Vol. 15. Trondheim.
60. Ukjent., (2011) Direktoratet, k.o.f., *Utredning av muligheter*.
61. B.A.Johnsen, et al., (1997) Miljøgifter- kilder, biotilgjengelighet og toksiske effekter.
62. Ukjent., (2017) *Arsen og arsenforbindelser*. Miljødirektoratet.
63. I.H.Lindeman, et al., (2012) *BEREGNING AV FORURENSNING FRA OVERVANN*. Miljøkommune.
64. Ranneklev,S.,B. Allan, I., J. and Tjomsland T. (2011): *Kartlegging av miljøgifter som tilføres Bærumsbassenget og indre Oslofjord fra overvann og Sandviksvassdraget*. NIVA.
65. Lindholm.O., (1983) Miljøgifter i overvann. VA-24/83, Available from: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/203522>
66. Ukjent., (2018) *Luftforurensning*. Miljøstatus; Available from: <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/>. (Lest: 17.02.2018)
67. Ukjent., (2016) *Tungmetaller i innsjøer.*; Available from: <http://www.miljostatus.no/tema/ferskvann/miljogifter-i-ferskvann/tungmetaller-i-innsjoer/>. (Lest: 16.02.2018)
68. Yr.no, (2018) .Værstatistikk for Gardermoen des.2016-des.2017.
69. Hanssen-Banuer, I., et al., (2015) *Klima i Norge 2100, in Kunnskapapsgrunnlag for Klimatilpasning oppdatert i 2015*. Miljødirektoratet. p. 204.
70. Kart, k., (2017) *Løsmasser Nasjonal løsmassedatabase.*, Geo. ngu.
71. Vik-Strandli, K.S., (2018) intervju., *Minirensanlegg i Ullensaker kommune*.
72. Hole, S.W., (2018) intervju., *Oversikt over OV*. 2018.
73. Sand, R., (2017) intervju., *Overvannskum- sandfang*.
74. Ukjent., (2016), *Avløp i Ullensaker kommune*; Available from: <https://www.ullensaker.kommune.no/publisert-innhold/teknisk-og-eiendom/avlop-og-rensing/>
75. Abudayya., A., *Ullensaker kommunes kart-vegvesen*. 2018.
76. D.f., (2006) naturforvaltning, Kartlegging av naturtyper Verdisetting av biologisk mangfold.
77. (2017) COWI, *Gystadmarka hovedanlegg overvann*. Ullensaker kommune.

78. (2016) COWI, VA-RAMMEPLAN JESSHEIM SØRØST.
79. Ødegaard, H., (2014) *Resipienter og utslipp*, in Vann- og Avløpsteknikk. p. 548-550.
80. Atlas, N. *Vassdrag- Innsjodatabase.*; Available from: <https://atlas.nve.no/html5Viewer/?viewer=nveatlas>. (lest 07.02.2018).
81. Askheim, S. and D. Hongve., (2018) *Norsbytjernet*. Store Norske Leskikon.
82. Rødfoss, B.I.J., (2013) *Friskmelder tjernet*.
83. B.M.Tovsild., (2006) *Renseparken Måsabekken - forprosjekt*, in *Naturforvslteren*.
84. Haaland.I., (2002) *Planter spiser tungmetaller*. TU.
85. Ødegaard, H., (2014) *Rensing av avløpsvann*, in *Vann og Avløpsteknikk*. p. 462-464.
86. Å.Pettersen, (2009) *Beplantning Måsabekken*, L.A.Lund, Editor.
87. Førland, E., et al., (2015) *Dimensjonerende kottidsnedbør*.
88. Avløpsetaten, B.f.b.V.-o., (2005) RETNINGSLINJER FOR OVERVANNSHÅNDTERING I BERGEN KOMMUNE.
89. Oug, E., et al., (1990) Resipientundersøkelse i fjordområdet ved mandal, in Norsk institutt for vannforskning NIVA.
90. Anesthesiol, K.J., (2015) Standard deviation and standard error of the mean. Ncbi.
91. Åstebøl, S.O., (2007) Utforming av overvannsdammer VA-miljøblad 75.2007.
92. Lindholm, O., (2004) Miljøgifter i overvann fra tette flater NIVA
93. (2016) Miljødirektoratet, Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.
94. Miljødirektoratet. *Avfallshåndtering*. 2017; Available from: [http://www.miljostatus.no/tema/avfall/avfall-og-gjenvinning/Rapport#link\\_1\\_](http://www.miljostatus.no/tema/avfall/avfall-og-gjenvinning/Rapport#link_1_).
95. (2017) Lindum. *Biogassanlegget*. Lindum; Available from: <https://lindum.no/biogassanlegget/>.
87. ((2018) Hammer, J., intervju., *Slam behandling*, A. Abudayya, Editor.
88. Innolet®-G edia; Available from: <http://www.wrs-usa.com/Innolet-G.html>
96. Hammer, J., (2018) *Slam behandling*, A. Abudayya, Editor.
97. Saunes, H. and S.O. Åstebøl,(2014) *Beregning av forurensning i overvann fra tette flater i Glomma vannregion*. COWI.

98. H.Aburayya., (2017) *Modellering av overvann og vurdering av tilførsler av tungmetaller fra Jessheim nedbørfelt til Nordbytjern in Realfag og Teknolog.* NMBU.

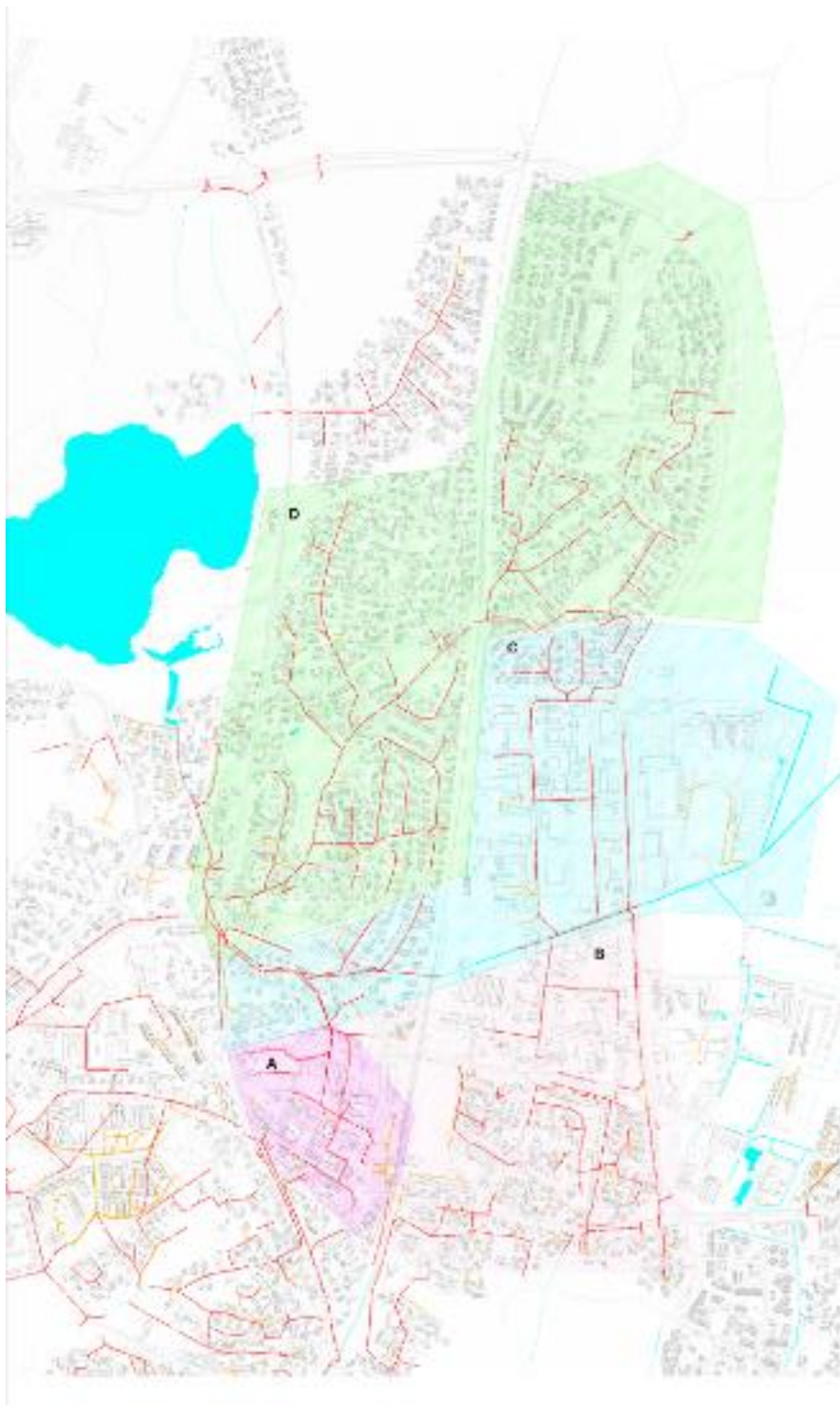
## Vedlegg 1

Hoved overvannutslipp for ullensaker kommune, fra Nod ledes vannet til RISA, fra vest og sør ledes vannet til LEIRA og fra øst ledes til RØMUA. Rødt sirkel er prosjektområdet.



## Vedlegg 2

Viser overvann kart for prosjektområde, der rød linje er overvannsledningene.





## Vedlegg 3



Bilder av stange som ble brukt for å utføre prøvene.



Bildet av prøvetakingsutyr, der 1er en liter plastflaske, 2 er 250 Ml steril plastflaske, 3 er1 L glassflaske og 4 er 50 mL plastrør

## Vedlegg 4

Tabellen av resultater fra COWI

Sub.	Delområdet				ug/l *døgn	ug/døgn	kg/døgn	kg/år
	A	B	C	D	A+B+C+ D	A+B+C+ D	A+B+C+ D	A+B+C+ D
AS	0,68	0,67	0,67	0,67	2,69	6973767	0,006974	2,545425
Pb	2,56	2,39	2,47	2,47	9,88	25622330	0,025622	9,35215
Cd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,19	491274,7	0,000491	0,179315
Cu	8,72	8,08	8,40	8,40	33,83	87712192	0,087712	32,01495
Cr	3,80	3,50	3,65	3,65	14,59	37828583	0,037829	13,80743
Ni	3,28	3,18	3,23	3,29	12,92	33486182	0,033486	12,22246
Zn	48,17	46,75	47,46	47,46	189,83	4,92E+08	0,492139	179,6307



## Vedlegg 5

### Oversikt over analyseresultater fra kum ( A, B, C og D)

Området A				Området A				Området A			
Dato	31.08.2017			Dato	02.10.2017			Dato	23.11.2017		
Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,49	0,54	1,6	AS	0,16	0,7	10,7	AS	0,23	0,71	29
Pb	0,12	0,54	1,6	Pb	0,04	3,2	10,7	Pb	0,10	2,90	29
Cd	0,017	0,045	1,6	Cd	0,007	0,062	10,7	Cd	0,03	0,04	29
Cu	2,6	2,9	1,6	Cu	2,1	9,4	10,7	Cu	4,70	10,00	29
Cr	0,47	0,59	1,6	Cr	0,41	4,6	10,7	Cr	0,54	4,40	29
Ni	2,1	2,4	1,6	Ni	0,35	3,3	10,7	Ni		3,50	29
Zn	20	31	1,6	Zn	12	54	10,7	Zn	19,00	51,00	29
E.coli MPN/100n	2400			E.coli MPN/100	1100			E.coli MPN/100	100,00		
Total Fosfor	54			Total Fosfor	69			Total Fosfor	110,00		
Total Nitrogen	1400			Total Nitrogen	310			Total Nitrogen	720,00		
TSS	13,5			TSS	130			TSS	54		
pH	7,68			pH	6,9			pH	8,81		
M THC (>C5-C	10000			SUM THC (>C5-C	360			SUM THC (>C5-	500		
Området B				Området B				Området B			
Dato	31.08.2017			Dato	02.10.2017			Dato	23.11.2017		
Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,5	0,68	1,6	AS	0,26	1,7	10,7	AS	0,2	0,61	29
Pb	0,14	0,62	1,6	Pb	0,026	8,2	10,7	Pb	0,13	2,5	29
Cd	0,02	0,035	1,6	Cd	0,016	0,38	10,7	Cd	0,012	0,023	29
Cu	3,1	3,7	1,6	Cu	13	110	10,7	Cu	5,8	12	29
Cr	0,5	0,57	1,6	Cr	11	44	10,7	Cr	0,47	3,8	29
Ni	2,3	2,2	1,6	Ni	0,75	13	10,7	Ni		2,9	29
Zn	28	33	1,6	Zn	45	230	10,7	Zn	25	55	29
E.coli MPN/100n	>2400			E.coli MPN/100	2000			E.coli MPN/100	540		
Total Fosfor	32			Total Fosfor	220			Total Fosfor	160		
Total Nitrogen	1500			Total Nitrogen	200			Total Nitrogen	670		
TSS	8			TSS	210			TSS	136		
pH	7,89			pH	6,9			pH	8,66		
M THC (>C5-C	2800			SUM THC (>C5-C	1000			SUM THC (>C5-	730		
Området C				Området C				Området C			
Dato	31.08.2017			Dato	02.10.2017			Dato	23.11.2017		
Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,21	0,36	1,6	AS	0,08	0,5	10,7	AS	0,11	0,36	29
Pb	0,01	0,2	1,6	Pb	0,01	1,8	10,7	Pb	0,053	1,1	29
Cd	0,079	0,15	1,6	Cd	0,025	0,14	10,7	Cd	0,036	0,037	29
Cu	0,92	1,6	1,6	Cu	1,9	8,4	10,7	Cu	2,3	4,6	29
Cr	0,16	0,5	1,6	Cr	0,82	1,7	10,7	Cr	0,14	1,7	29
Ni	8,4	9,4	1,6	Ni	1,1	3,3	10,7	Ni		3,6	29
Zn	7	14	1,6	Zn	15	49	10,7	Zn	21	36	29
E.coli MPN/100n	81			E.coli MPN/100	2000			E.coli MPN/100	1120		
Total Fosfor	7,5			Total Fosfor	64			Total Fosfor	80		
Total Nitrogen	620			Total Nitrogen	320			Total Nitrogen	680		
TSS	2,5			TSS	140			TSS	82		
pH	7,43			pH	7			pH	8,31		
M THC (>C5-C	nd			SUM THC (>C5-C	300			SUM THC (>C5-	550		
Området D				Området D				Området D			
Dato	31.08.2017			Dato	02.10.2017			Dato	23.11.2017		
Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør	Parameter	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,47	0,35	1,6	AS	0,15	0,53	10,7	AS	0,12	0,35	29
Pb	0,013	0,29	1,6	Pb	0,01	1,8	10,7	Pb	0,043	1,4	29
Cd	0,48	0,61	1,6	Cd	0,086	0,15	10,7	Cd	0,048	0,059	29
Cu	1	1,6	1,6	Cu	1,7	4,7	10,7	Cu	1,9	4,7	29
Cr	0,17	0,5	1,6	Cr	1,5	1,9	10,7	Cr	0,2	1,4	29
Ni	9,3	11	1,6	Ni	13	3	10,7	Ni		2,6	29
Zn	27	27	1,6	Zn	0,53	26	10,7	Zn	17	30	29
E.coli MPN/100n	68			E.coli MPN/100	1400			E.coli MPN/100	180		
Total Fosfor	26			Total Fosfor	29			Total Fosfor	40		
Total Nitrogen	2000			Total Nitrogen	380			Total Nitrogen	710		
TSS	4			TSS	93			TSS	32,5		
pH	7,66			pH	6,7			pH	8,4		
M THC (>C5-C	nd			SUM THC (>C5-C	110			SUM THC (>C5-	120		

## Vedlegg 6

Oversikt over analyse resultater fra innløp til sedimentasjonsbasseng i Måsabekken renseparken

26.04.2017				18.07.2017				23.11.2017			
dato	løst	Oppsluttet	Nedbør	dato	løst	Oppsluttet	Nedbør	dato	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,21	1,40	6,2	AS	0,19	0,31	0,20	AS	0,25	0,31	0,3
Pb	0,19	4,80	6,2	Pb	0,2	0,19	0,20	Pb	0,05	0,19	0,3
Cd	0,07	0,14	6,2	Cd	0,05	0,14	0,20	Cd	0,10	0,14	0,3
Cu	2,200	10,00	6,2	Cu	0,73	1,60	0,20	Cu	1,10	1,60	0,3
Cr	0,24	6,40	6,2	Cr	0,50	0,48	0,20	Cr	0,18	0,48	0,3
Ni	3,10	8,00	6,2	Ni	6,10	9,20	0,20	Ni	7,30	9,20	0,3
Zn	13,00	48,00	6,2	Zn	4,20	13,00	0,20	Zn	7,60	13,00	0,3
E.coli MPN/100ml				E.coli MPN/	280,00			E.coli MPN/	520,00		
Total Fosfor				Total Fosfor	15,00			Total Fosfor	48,00		
Total Nitrogen				Total Nitrogen	890,00			Total Nitrogen	950,00		
Ph				Ph	8,47			Ph	7,55		
TSS (mg/l)				TSS (mg/l)	2,50			TSS (mg/l)	29,00		
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)			
26.10.2017				23.11.2017							
Substans	løst	Oppsluttet	Nedbør	Substans	løst	Oppsluttet	Nedbør	Substans	løst	Oppsluttet	Nedbør
AS	0,11	0,71	10,70	AS	0,15	0,63	29,00				
Pb	0,04	1,90	10,70	Pb	0,08	2,10	29,00				
Cd	0,02	0,12	10,70	Cd	0,02	0,05	29,00				
Cu	2,20	8,40	10,70	Cu	3,00	7,40	29,00				
Cr	0,19	2,80	10,70	Cr	0,23	2,70	29,00				
Ni	0,98	3,30	10,70	Ni		4,30	29,00				
Zn	13,00	49,00	10,70	Zn	14,00	41,00	29,00				
E.coli MPN/	1200,00	870,00	2400,00	E.coli MPN/	590,00						
Total Fosfor	60,00	38,00	99,00	Total Fosfor	110,00						
Total Nitrogen	350,00	950,00	510,00	Total Nitrogen	760,00						
Ph	6,90	7,57	7,00	Ph	8,41						
TSS (mg/l)	130,00	20,00	150	TSS (mg/l)	97,00						
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)							

## Vedlegg 7

Oversikt over analyse resultater fra utløp fra sedimentasjonsbasseng i Måsabekken renseseparken

26.04.2017				18.07.2017				31.08.2017			
dato	løst	oppsluttet	Nedbør	dato	løst	oppsluttet	Nedbør	dato	løst	oppsluttet	Nedbør
AS	0,24	0,81	6,2	AS	0,19	0,40	0,20	AS	0,33	0,46	0,3
Pb	0,17	2,00	6,2	Pb	0,2	0,19	0,20	Pb	0,02	0,61	0,3
Cd	0,07	0,10	6,2	Cd	0,06	0,13	0,20	Cd	0,48	0,15	0,3
Cu	2,20	6,00	6,2	Cu	0,86	1,60	0,20	Cu	1,00	2,10	0,3
Cr	0,28	3,10	6,2	Cr	0,15	0,48	0,20	Cr	0,17	0,50	0,3
Ni	3,50	5,50	6,2	Ni	6,70	7,90	0,20	Ni	6,80	8,30	0,3
Zn	15,00	36,00	6,2	Zn	6,00	17,00	0,20	Zn	5,00	16,00	0,3
E.coli MPN/100ml				E.coli MPN/100ml				E.coli MPN/ 870,00			
Total Fosfor				Total Fosfor 15,00				Total Fosfor 38,00			
Total Nitrogen				Total Nitrogen 890,00				Total Nitrogen 960,00			
Ph				Ph 7,78				Ph 7,57			
TSS (mg/l)				TSS (mg/l) 5,00				TSS (mg/l) 20,00			
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)			
02.10.2017				23.11.2017							
dato	løst	oppsluttet	Nedbør	dato	løst	oppsluttet	Nedbør				
AS	0,11	0,63	10,70	AS	0,14	0,44	29,00				
Pb	0,02	1,80	10,70	Pb	0,07	1,50	29,00				
Cd	0,02	0,12	10,70	Cd	0,02	0,05	29,00				
Cu	2,10	7,60	10,70	Cu	2,90	5,80	29,00				
Cr	0,26	2,30	10,70	Cr	0,23	2,00	29,00				
Ni	0,93	2,90	10,70	Ni		3,00	29,00				
Zn	12,00	42,00	10,70	Zn	13,00	31,00	29,00				
E.coli MPN/ 870,00				E.coli MPN/ 590 590							
Total Fosfor 38,00				Total Fosfor 90,00 90,00							
Total Nitrogen 950,00				Total Nitrogen 810,00 810,00							
Ph 7,57				Ph 8,2 8,2							
TSS (mg/l) 20,00				TSS (mg/l) 80,60 80,60							
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)							

## Vedlegg 8

Oversikt over analyse resultater fra utløp fra vegetasjonsfilter i Måsabekken renseseparken

26.04.2017				18.07.2017				31.08.2017			
Substans	løst	oppsluttet	Nedbør	Substans	løst	oppsluttet	Nedbør	Substans	løst	oppsluttet	Nedbør
AS	0,18	0,41	6,2	AS	0,13	0,19	0,20	AS	0,17	0,24	0,30
Pb	0,12	0,70	6,2	Pb	0,021	0,19	0,20	Pb	0,01	0,20	0,30
Cd	0,03	0,04	6,2	Cd	0,02	0,05	0,20	Cd	0,02	0,04	0,30
Cu	1,80	3,10	6,2	Cu	1,60	1,70	0,20	Cu	1,10	1,20	0,30
Cr	0,31	0,90	6,2	Cr	0,12	0,48	0,20	Cr	0,14	0,50	0,30
Ni	2,90	2,90	6,2	Ni	3,10	4,00	0,20	Ni	3,30	3,50	0,30
Zn	6,20	11,00	6,2	Zn	5,00	4,80	0,20	Zn	4,20	4,60	0,30
E.coli MPN/100ml				E.coli MPN/	250,00			E.coli MPN/	130,00		
Total Fosfor				Total Fosfor	7,90			Total Fosfor	8,80		
Total Nitrogen				Total Nitrogen	660,00			Total Nitrogen	690,00		
Ph				Ph	7,83			Ph	7,8		
TSS (mg/l)				TSS (mg/l)	1,00			TSS (mg/l)	2,50		
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)			
26.10.2017				23.11.2017							
Substans	løst	oppsluttet	Nedbør	Substans	løst	oppsluttet	Nedbør				
AS	0,11	0,55	10,70	AS	0,13	0,33	29,00				
Pb	0,02	2,10	10,70	Pb	0,07	1,10	29,00				
Cd	0,01	0,16	10,70	Cd	0,02	0,04	29,00				
Cu	1,80	7,50	10,70	Cu	2,60	4,60	29,00				
Cr	0,18	2,40	10,70	Cr	0,20	1,60	29,00				
Ni	1,00	5,60	10,70	Ni		2,70	29,00				
Zn	4,90	42,00	10,70	Zn	15,00	30,00	29,00				
E.coli MPN/	2400,00			E.coli MPN/	1140,00						
Total Fosfor	99,00			Total Fosfor	72,00						
Total Nitrogen	510,00			Total Nitrogen	700,00						
Ph	7,00			Ph	8,16						
TSS (mg/l)	150			TSS (mg/l)	59						
SUM THC (>C5-C35)				SUM THC (>C5-C35)							

## Vedlegg 9

Standardavvik og renseeffekt forsedimentasjonsbasseng, vegetasjonsfilter og renseparken

inn sed.	%	STDEV	SEM
AS	18,45	8,73	3,91
Pb	33,55	13,87	6,20
Cd	7,93	3,16	1,41
Cu	20,34	6,09	2,72
Cr	34,84	10,73	4,80
Ni	18,82	2,28	1,02
Zn	13,41	4,53	2,03
E.coli MPN/	10,04	10,51	4,70
Total Fosfor	22,32	4,52	2,02
Total Nitrog	-22,71	9,05	4,05
Ph	0,67	1,56	0,70
TSS (mg/l)	51,41	18,27	8,17
ut sed.			
AS	37,23	4,58	2,05
Pb	29,67	9,88	4,42
Cd	38,64	10,98	4,91
Cu	21,65	5,16	2,31
Cr	29,83	11,57	5,17
Ni	32,25	10,95	4,90
Zn	34,93	7,15	3,20
E.coli MPN/	-68,24	35,57	15,91
Total Fosfor	-3,70	19,41	8,68
Total Nitrog	29,28	4,70	2,10
Ph	1,06	0,96	0,43
TSS (mg/l)	-69,19	50,63	22,64
ut rensepark			
AS	48,81	22,08	9,88
Pb	53,27	42,13	18,84
Cd	43,51	18,85	8,43
Cu	37,59	15,79	7,06
Cr	54,28	39,77	17,79
Ni	45,00	18,25	8,16
Zn	43,66	13,81	6,18
E.coli MPN/	-51,35	15,84	7,08
Total Fosfor	19,44	17,14	7,67
Total Nitrog	13,22	6,75	3,02
Ph	1,72	1,13	0,51
TSS (mg/l)	17,79	10,85	4,85





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway