

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Institutt for Matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2014
30 stp

Overvannsstudie

Case: Overvannsløsning i Horten handelspark

Stormwater study
Case: Stormwater solution in Horten handelspark

Lorentz Endre' Reinertsen

Lorentz Reinertsen

OVERVANNSSSTUDIE

Case: Overvannsløsning i Horten handelspark

Masteroppgave

Ås, februar 2014

Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU)
Institutt for Matematiske realfag og teknologi- IMT
Vann og miljøteknikk

Hovedveileder: Jon Arne Engan



FORORD

Denne masteroppgaven omhandler overvannssystemet ved utvidelsen Horten handelspark. Oppgaven er delt inn i to deler, første del omhandler generell teori, andre del er en casestudie som omhandler overvannssystemet ved Trimveien 33 som er en utvidelse av Horten handelspark. Masteroppgaven er gjennomført ved Institutt for Matematiske realfag og teknologi- IMT ved NMBU, Ås.

Oppgaven er et samarbeidsprosjekt mellom NMBU og Asplan Viak AS. Oppdragsgiver for denne dette arbeidet var Trimveien 33 AS.

Det rettes stor takk til Asplan Viak AS for det utmerkede samarbeidet. Det rettes stor takk til Geir Sogge Johnsen ved Basal AS, Vidar Handal ved Wavin AS, Lars Aaby ved Miljø- og Fluidteknikk AS for faglig innspill og hjelp med tegninger.

Hovedveileder Jon Arne Engan ved NMBU og biveileder Per Kraft ved Asplan Viak AS har vært til stor hjelp, både med faglig innspill og engasjement for faget. Takk til familie og venner for sosial støtte.

Denne oppgaven tilfredsstiller de krav og retningslinjer som gjelder for masteroppgaver ved NMBU.

Ås, 17. februar 2014

Lorentz Endre' Reinertsen

SAMMENDRAG

Det er ingen tvil om at klimaet er i endring, høyere temperatur, hyppigere nedbørsmønster og høyere havnivå er noen av klimaendringenes konsekvenser. Ved å se tilbake på hvordan klimaet har endret seg i fortiden kan vi i dag bruke denne kunnskapen for å danne oss et bilde på hvordan fremtidens klima vil se ut. Det er selvsagt en usikkerhet knyttet til klimaendringene. Men man kan ut fra dagens forskning få et bilde på hvordan klimaet kan bli. Ut i fra dette kan vi dimensjonere dagens VA systemer ut fra ulike klimafaktorer som vil imøtekomme fremtidens økte nedbørshyppighet.

For å imøtekomme fremtidens klimaendringer er det viktig å danne seg tanker om hvordan man skal håndtere fremtidens økte overvannsmengder. Urbanisering av byer gir konsekvenser for håndtering av overvannet, andelen tette flater øker og vegetasjon, trær og naturlig permeabel flater minsker. Derfor er det viktig å:

- Håndtere overvannet på en slik måte at sikkerhet for liv, helse og miljø ivaretas slik at de skader som oppstår er av en akseptabel karakter. Vannforurensing må også tas med og reduseres
- I stede for å se på overvannet som et problem, utnytte det som en ressurs og en positiv faktor i bybildet
- Styrke det biologiske mangfoldet ved infiltrasjon, åpne vannveger og dammer
- Hvilken klimatilpasning vil være i stand til å redusere skadene og hvilke tiltak kan lønne seg sett fra en samfunnsøkonomisk vurdering?

For å forstå viktigheten av behandling av overvann og hvordan man kan behandle overvann, både nå og i fremtiden, er det sett på forskjellige muligheter for LOD-løsninger. Konvensjonelle rørsystemer for overvannstransport er også sett på for å kunne se hva alternativet til LOD-løsningene er. For å ha et bedre utgangspunkt i å kunne dimensjonere LOD-løsninger har jeg sett på hvordan klimaendringer kan komme til å forandre nedbørsmønsteret. En diskusjon rundt forurensningen av overvann er viktig å ta med da dette kan ha innvirkning på utforming og bruken av LOD-løsninger. Lover og regler er tatt med for å kunne se hvilke fordeler eller begrensinger LOD-tiltak har.

Oppgaven går ut på at det skal utarbeides to alternative fordrøyningsmagasiner for Trimveien 33 som er en utvidelse av Horten handelspark. Oppgaven gikk også ut på å dimensjonere overvannsledningen ut fra området, utarbeidelse av fall for parkeringsarealet, valg og plassering av sandfang, erosjonstiltak ved utslippssted. Det ble undersøkt om området var egnet for infiltrasjon, men grunnforholdene var dårlige og det ble bestemt å utarbeide to alternative løsninger med tette magasiner. Valget endte på et Basal rørmagasin anlegg og et Wavin kassettmagasin anlegg.

Magasinenes størrelse ble beregnet til ca. 450 m³. Anlegget består av Basal 1400 mm rør, 5 rørlengder med 30 rør i hver lengde. Anlegget er ca. 60 m langt, ca. 10,5 m bredt og 2,45 m høyt. Anlegget består av Q-bic kassetter fra Wavin, 2 kassetter i høyden og 9 i bredden. Anlegget er ca. 36,0 m langt, ca. 10,8 m bredt og 2,35 m høyt.

Det er Basal- anlegget som har den dyreste totalprisen på 1 469 643 kr, 101 263 kr dyrere enn Wavins anlegg som kommer på 1 368 380 kr. Grunnen til dette er størrelsen på anlegget til Basal. Det kreves mere utgravninger for plassering av anlegget, samt tilføring av nye egnede masser (pukk).

Fokuset for valg av fordrøyningsmagasin var satt mot drift og vedlikehold og monteringsvennlighet. Konklusjon er at Basal anlegget vil være det rette valget for oppdragsgiver. Selv om at anlegget fra Basal er 101 263 kr dyrere. Vurderinger tilsier at Basal anlegget vil være det letteste å vedlikeholde. Man kan fysisk gå ned i anlegget og gjøre de vedlikeholdsarbeidene som måtte være nødvendig som for eksempel spyling eller fjerning av gjenstander, slam osv.

ABSTRACT

There is no doubt that the climate is changing, higher temperatures, more frequent rainfall patterns and rising sea levels are a few of climate change impacts. By looking back at how the climate has changed in the past we can today use this knowledge to form a picture of how future climate will look like. There is of course some uncertainty associated with climate change. But you can out of the current research get a picture of how the climate may be. From this we can dimension the current water and wastewater systems from different climate factors that will accommodate future increased precipitation frequency.

To meet future climate change, it is important to form thoughts about how to deal with future increased stormwater volumes. The urbanization of cities and implications for management of the water, the percentage of impervious surfaces increases and vegetation, trees and natural permeable surfaces decreases. Therefore, it is important to:

- Managing the water in such a way that the safety of life, health and environment are safeguarded so that the damage that occurs is of an acceptable character. Water pollution must also be taken and reduced
- Instead of looking at the stormwater as a problem, utilize it as a resource and a positive factor in the urban landscape
- Strengthen biodiversity by infiltration, open watercourses and ponds
- Which adaptation will be able to reduce the damage and what measures can pay off seen from an economic assessment?

To understand the importance of treating stormwater and how to treat stormwater, both now and in the future, it is seen different possibilities for LID solutions. Conventional piping systems for transporting surface water are also considered to compare against LID solutions. In order to have a better starting point to dimension the LID solutions I have seen how climate change might alter rainfall patterns. A discussion about the pollution of surface water is important to include as this may affect the design and use of LID solutions. Laws and regulations are taken to see what advantages or limitations LID measures.

The task involves the preparation of two alternative stormwatermagazin of Trimveien 33 which is an extension of Horten handelspark. The mission also went on to dimension stormwater cord from the area, preparing the case for parking space, choice and placement of sand traps, erosion measures at the discharge site. It was investigated whether the site was suitable for infiltration, but because the conditions were bad and it was decided to develop two alternative solutions with tight reservoirs. The choice ended on a Basal tubular magazine system and a Wavin cartridge magazine system.

The storage size was calculated to approx. 450 m³. The facility consists of Basal 1400 mm pipe 5 pipe runs with 30 tubes of each length. The facility is approx. 60 m long, ca. 10.5 m in width and 2.45 m in height. The facility consists of Q - bic cartridges from Wavin, 2 cartridges in height and nine in width. The facility is approx. 36.0 m long, ca. 10.8 m in width and 2.35 m in height.

It is Basal facility which has the most expensive total price of 1,469,643 NOK 101 263 NOK more expensive than Wavin plants coming on 1,368,380 NOK. The reason for this is the size of the facility

to Basal. It takes more excavations for the location of the facility, as well as the addition of new suitable soil (gravel).

The focus selector stormwatermagazine was set to operation and maintenance and ease of installation. Conclusion is that basal plant will be the right choice for the client. Although the plant from Basal is 101,263 NOK more expensive. Ratings indicate that basal plant will be the easiest to maintain. One can physically go into the system and do the maintenance work that may be required such as flushing or removal of artifacts, sludge etc.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
ABSTRACT	5
FIGURLISTE	9
TABELLISTE	11
INNLEDNING	12
DEL I	13
1 HVA ER OVERVANN	14
1.1 Rørsystemer	15
1.1.1 Spillvannssystemene	15
1.1.2 Overvannssystemene	15
1.1.3 Generelt om fellessystemet	16
1.1.4 Generelt om separatsystemet	16
2 STRATEGIER FOR OVERVANNSHÅNTERING	18
2.1 Prinsipper ved overvannshåndtering	20
3 FORURENSNINGER I OVERVANN	23
4 KLIMA	27
4.1 Klimaendringer	27
4.1.1 Økt nedbør	29
4.1.2 Havstigning	30
4.2 Prosess for å imøtekomme klimaendringer	32
5 OVERVANNSHÅNTERING	34
5.1 LOD- metoder	35
6 LOVER OG REGLER	77
6.2 Plan og bygningsloven	77
6.3 Vannressursloven	77
6.4 Forurensningsloven	78
6.5 Teknisk forskrift	78
DEL II	80
7 BAKGRUNN	81
8 BESKRIVELSE	82
8.1 Beliggenhet	82
8.2 Beskrivelse av planområdet	84

8.2.1	Arealbruk	84
8.2.2	Eksisterende virksomheter i dagens Horten handelspark.....	84
8.2.3	Grøntstruktur og rekreasjon.....	84
8.2.4	Infrastruktur og kommunalteknikk	86
8.3	Beskrivelse av planforslaget	88
8.3.1	Bebyggelse og anleggsformål	88
8.3.2	Bebyggelsens organisering	88
8.3.3	Atkomst og parkering	90
8.4	Innhenting av grunnlagsdata.....	91
8.4.1	Befaring/ feltdag.....	92
8.4.2	Kornfordelingsanalyser.....	95
8.4.3	Hydrogeologi	96
8.4.4	Geologi.....	96
8.4.5	Aktuelle tiltak	96
9.0	BEREGNING AV OVERVANNSMAGASIN.....	97
10	FORSLAG TIL OVERVANNSLØSNING	100
11	ØKONOMISK SAMMENLIGNING AV BASAL OG WAVIN FORDRØYNINGSMAGASIN	102
12	DISKUSJON.....	103
13	KONKLUSJON	111
14	KILDER.....	112
15	VEDLEGG.....	114

FIGURLISTE

Figur 1: Illustrasjon oppstuvning, (Lindholm 2012).....	16
Figur 2: Prinsippskisse fellessystem, (Lindholm 2012).....	17
Figur 3: Prinsippskisse separatsystem, (Lindholm 2012).....	17
Figur 4: Skisse av hvordan overvannshåndtering flyttes fra rør til areal.....	19
Figur 5: Illustrasjon på treledd- strategi for håndtering av nedbør (tallene er eksempler og må tilpasses lokalt) (Lindholm et al. 2008).....	21
Figur 6: Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. (Drange et al. 2007).....	30
Figur 7: Illustrasjon av filteranlegg.....	35
Figur 8: Illustrasjon av basseng.....	37
Figur 9: Illustrasjon bruk av regnvann fra tak til toalett- skyll og tøyvask.....	39
Figur 10: Illustrasjon av bassiner.....	42
Figur 11: Illustrasjon av filterløsninger i veg.....	44
Figur 12 og 13: Illustrasjon forsinkelse/ oppstuvning på bakken.....	45
Figur 14: Illustrasjon forsinkelsesmagasiner/ regnvannsbassenger.....	47
Figur 15: Illustrasjon av permeable belegg.....	49
Figur 16 og 17: Illustrasjon av grøfter.....	51
Figur 18: Illustrasjon av grønne tak.....	52
Figur 19: Illustrasjon av infiltrasjons bassenger.....	54
Figur 20: Illustrasjon kunstige våtmarker.....	56
Figur 21: Illustrasjon av infiltrasjon på grønne arealer.....	58
Figur 22: Illustrasjon av oljeutskiller.....	60
Figur 23: Illustrasjon av regnbed.....	62
Figur 24: Illustrasjon av regnvannsbeholdere.....	64
Figur 25 og 26: Illustrasjon på rensing i grønne arealer/ regnbed.....	66
Figur 27: Illustrasjon av sandfang.....	68
Figur 28 og 29: Illustrasjon av tette renner.....	70
Figur 30: Illustrasjon forsennings renne.....	71
Figur 31: Illustrasjon plastkassetmagasin, (Wavin).....	73
Figur 32: Illustrasjon av fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør, (Basal).....	75
Figur 33: Foreløpig planavgrensning, (Grimsæth 2013).....	82
Figur 34: Kvartærgeologi, avrenningsområde vist med rødt, (Grimsæth 2013).....	83
Figur 35: Temakart – rekreasjonsverdi, (Grimsæth 2013).....	85
Figur 36: Hovedvannledning, (Grimsæth 2013).....	86
Figur 37: Mulig ny plassering av vannledning, (Grimsæth 2013).....	87
Figur 38: Illustrasjonsplan med skissert organisering, SYD Arkitekter AS/Asplan Viak landskap, (Grimsæth 2013).....	89
Figur 39 og 40: Sjakt 1 og sjakt 2.....	92
Figur 41 og 42: Sjakt 3 og sjakt 4.....	93
Figur 43 og 44: Sjakt 5 og Sjakt 6.....	93
Figur 45: Illustrasjon av sjakter.....	94
Figur 46: Fordrøyningsmagasin beregninger.....	97
Figur 47: Dammene i og rundt Borre golfbane.....	98
Figur 48: Fordrøyningsmagasin beregninger.....	99

Figur 49: Illustrasjon av fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør, (Basal).....	100
Figur 50: Illustrasjon plastkassetmagasin, (Wavin).....	101
Figur 51: Prissammenligning av anlegg fra Basal og Wavin, (Handal 2013).....	102
Figur 52: Illustrasjon på treledd- strategi for håndtering av nedbør (tallene er eksempler og må tilpasses lokalt) (Lindholm et al. 2008).....	104
Figur 53: Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. (Drange et al. 2007).....	106

TABELLISTE

Tabell 1: Norsk vanns anbefalte minimum dimensjonerende hyppigheter (gjentaksintervall) for ulike avløpssystem (Lindholt et al. 2008).....	21
Tabell 2: nedenfor viser en klassifisering av urbane flater i henhold til forurensingspotensiale deres, (Norsk vann 2012).....	23
Tabell 3: viser noen gjennomsnittlige konsentrasjoner av aktuelle forurensingsparametere i overvann, (Norsk vann 2012).....	25
Tabell 4: Gjennomsnittlig økning i temperatur og nedbør fra perioden (1961- 90) til perioden (2071- 2100), (Lindholt et al. 2008).....	28
Tabell 5: Fordeler og ulemper med filteranlegg.....	36
Tabell 6: Fordeler og ulemper ved bassenger.....	38
Tabell 7: Fordeler og ulemper ved bruk av regnvann fra tak til toalett- skyll og tøyvask.....	39
Tabell 8: Fordeler og ulemper ved diverse filtre.....	41
Tabell 9: Fordeler og ulemper ved bassiner.....	43
Tabell 10: Fordeler og ulemper ved filterløsninger i veg.....	44
Tabell 11: Fordeler ved forsinkelse/ oppstuvning på bakken.....	46
Tabell 12: Fordeler og ulemper ved forsinkelsesmagasiner/ regnvannsbassenger.....	47
Tabell 13: Fordeler og ulemper ved permeable belegg.....	50
Tabell 14: Fordeler og ulemper ved grøfter.....	51
Tabell 15: Fordeler og ulemper ved grønne tak.....	53
Tabell 16: Fordeler og ulemper ved infiltrasjons bassenger.....	55
Tabell 17: Fordeler og ulemper ved kunstige våtmarker.....	57
Tabell 18: Fordeler og ulemper ved infiltrasjon på grønne arealer.....	59
Tabell 19: Fordeler og ulemper ved oljeutskiller.....	60
Tabell 20: fordeler og ulemper ved regnbed.....	62
Tabell 21: Fordeler og ulemper ved regnvannsbeholdere.....	64
Tabell 22: Fordeler og ulemper ved rensing i grønne arealer/ regnbed.....	66
Tabell 23: Fordeler og ulemper ved sand og steinfiltre.....	67
Tabell 24: Fordeler og ulemper ved sandfang.....	69
Tabell 25: Fordeler og ulemper ved tette renner.....	70
Tabell 26: Fordeler og ulemper ved forsenknings renne.....	72
Tabell 27: Fordeler og ulemper ved Plastkassetmagasin.....	74
Tabell 28: Fordeler og ulemper ved fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør.....	76
Tabell 29: Formål og arealer, (Grimsæth 2013).....	88
Tabell 30: Resultater fra kornfordelingsanalysene.....	95
Tabell 31: Beskrivelse av sjaktene.....	95
Tabell 32: Norsk vanns anbefalte minimum dimensjonerende hyppigheter (gjentaksintervall) for ulike avløpssystem (Lindholt et al. 2008).....	108

INNLEDNING

Nybygging i dag skjer ofte i fortettede områder. Dette krever god planlegging og fokus på miljøet, siden den globale oppvarmingen resulterer i både økt nedbørsintensitet og nedbørshyppighet. Utbyggingen legger press på eksisterende infrastruktur som kabelanlegg, vegger, vann- og avløpsledninger.

Metodene som tidligere ble benyttet var å sende overvannet i egen overvannsledning eller i avløpsledningen. Med økt befolkning og økt andel tette flater vil kapasiteten ved intense nedbørsperioder redusere kapasiteten i avløpsledningene.

En god håndtering av overvannet er derfor viktig, slik at uønskede hendelser ikke oppstår.

Et konkret eksempel på hvor denne problemstillingen er aktuell, er Trimveien 33 i Horten. Området er en utvidelse av Horten handelspark og er en del av et større grøntområde som avgrenses av Borrevannet i vest, Eskebekkveien i sør, Falkenstensveien i nord og bebyggelse i øst. Det er gjort en vurdering om å håndtere overvannet lokalt.

Denne oppgaven tar for seg dette industriområdet i Horten. Kort fortalt går den ut på at det skal dimensjoneres og konstrueres to forslag for håndtering av overvannet. Det er planlagt å etablere et fordrøyningsmagasin som skal håndtere avrenningen fra tomten.

Rapporten vil starte med et teoretisk grunnlag som omhandler hvorfor overvannshåndtering er og kommer til å bli viktig tema i fremtiden. Her legges det vekt på ledningsnett, klima, forurensing i overvann, overvannshåndtering og lokale overvannshåndteringsmetoder.

Kapittel 8 gir en beskrivelse av planområdet, arealbruk, eksisterende infrastruktur, avrenningsberegninger og de utførte geologiske og hydrogeologiske vurderinger av planområdet.

Kapittel 9 viser beregningene av fordrøyningsmagasinet.

Kapittel 10 viser de to aktuelle anleggene som er vurdert og en vurdering av drift og vedlikehold av disse.

Kapittel 11 er en økonomisk sammenligning av de to alternative fordrøyningsmagasinene.

DEL I

1 HVA ER OVERVANN

Når det regner, snør eller når snø smelter oppstår det vi kaller overvann. Mesteparten av dette vannet infiltreres ned i grunnen, det vannet som ikke infiltreres ned i grunnen, men som renner bort på overflaten, kalles overvann. Overvannet renner av på veger, parkeringsplasser, tak og andre flater.

Det som har vært vanlig når det kommer til håndtering av overvann (regn, snø og snøsmelting) i urbane områder, er at man ønsker å lede bort overvannet raskest mulig i tette ledningssystemer. Tanken bak denne teorien var å gi gode urbane miljøer og sikkerhet mot oversvømmelser, men det som ofte skjer er:

- At man ser en økt mengde og intensitet på overvannsavrenningen
- At faren for erosjons og vannhastigheten øker
- At det oppstår skader på bygninger og vegetasjon samt at grunnvannsstanden minker
- Utslipp og spredning av overflateforurensninger (tungmetaller og miljøgifter m.m.)
- Reduksjon av det biologiske mangfoldet

(Norsk vann 2012)

1.1 Rørsystemer

De vanligste typene avløpssystemet er konstruert for å avlede spillvann og overvann. I dette kapitlet skal jeg gå litt nærmere inn på kravene som stilles til avløpssystemenes funksjon.

1.1.1 Spillvannssystemene

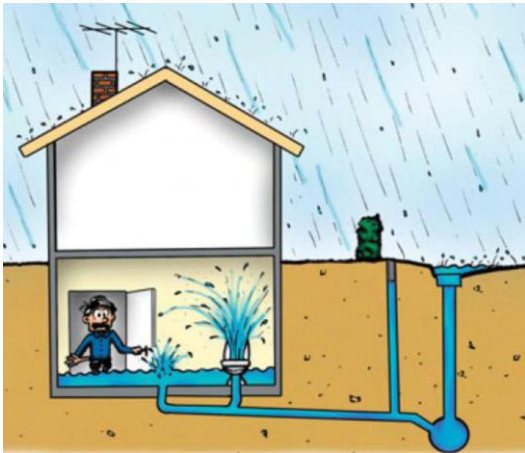
Spillvannet skal fungere uten at det skjer stopp slik at spillvann spyles tilbake. Det skal også unngås tilsigning av overvann og infiltrasjonsvann på en best mulig måte. Sedimenter som samler seg i rørene kan føre til tette rør. Trerøtter som trenger seg inn, feilkoblinger med annet avløpssystem er også veldig uheldig og må unngås. For å unngå økt utslipp fra renseanleggene er det viktig at fremmedvannmengden holdes så lav som mulig. Er avløpssystemet lagt etter et fellessystemprinsipp øker også utslippet via overløp. Det er flere konsekvenser med store mengder av fremmedvann blant annet øker pumpekostnadene og behandlingskostnader i avløpsrenseanlegg samt at renseanleggene må bygge ut ny renseteknologi tidligere en antatt, (Norsk vann 2012).

1.1.2 Overvannssystemene

Håndteringen av overvann og drens vann bør skje uten at det skjer store forandringer i den naturlige vannbalansen. Hensikten med håndtering av overvannet er at man unngår ulemper ved at vann blir stående og man unngår forsumping og skader på bygninger. Forurenset overvann bør behandles på en slik måte at det ikke er fare for natur og miljø. Overvannsledningene bør være av en kvalitet slik at innlekking av grunnvann ikke forekommer. Selvrensing i overvannsledninger skal også tas hensyn til slik at den hydrauliske kapasiteten ikke minker på grunn av avsetninger i ledningene. Det er også like viktig som på spillvannsledningen at overvannsledningene ikke kobles opp mot et annet avløpssystem, (Norsk vann 2012).

1.1.3 Generelt om fellessystemet

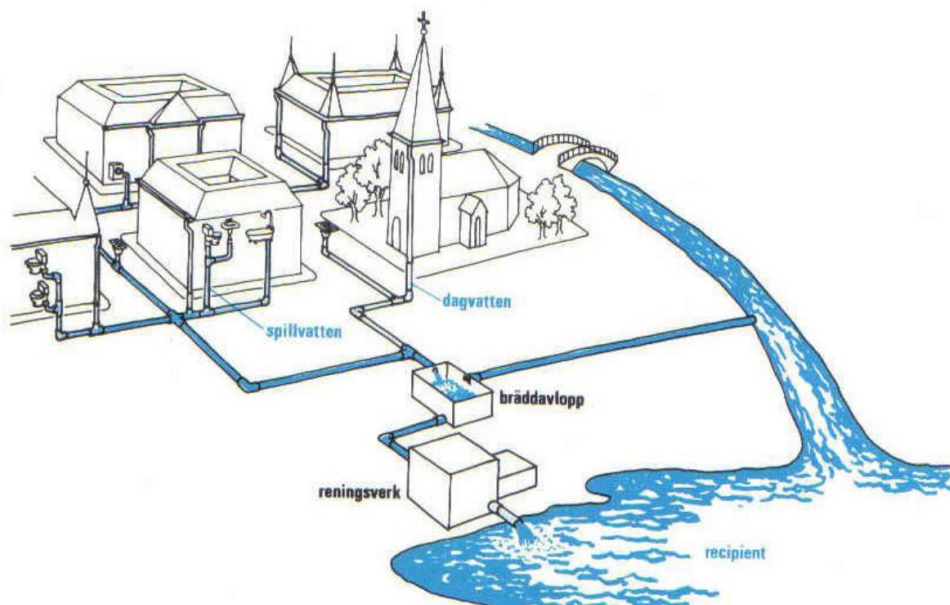
Det som kjennetegner fellessystemet er at spillvann og overvann er integrert i samme system. Det samme gjelder også installasjonene på nettet beregnet for håndtering av spillvann og overvann, altså at det er åpen forbindelse mellom utendørs avløpsanlegg og innomhus sanitæranlegg. Skulle det oppstå en flomsituasjon og nettet overbelastes slik at det oppstår oppstuvning, kan man risikere at dette får konsekvenser innomhus hos abonnentene. Altså, er man knyttet på avløpssystemet kan man i verste fall få spillvann inn i kjeller via sluk og toaletter, og inn via dreneringen rundt husene dersom ikke grunnmur og fundament er helt vanntett, (Misund 2011).



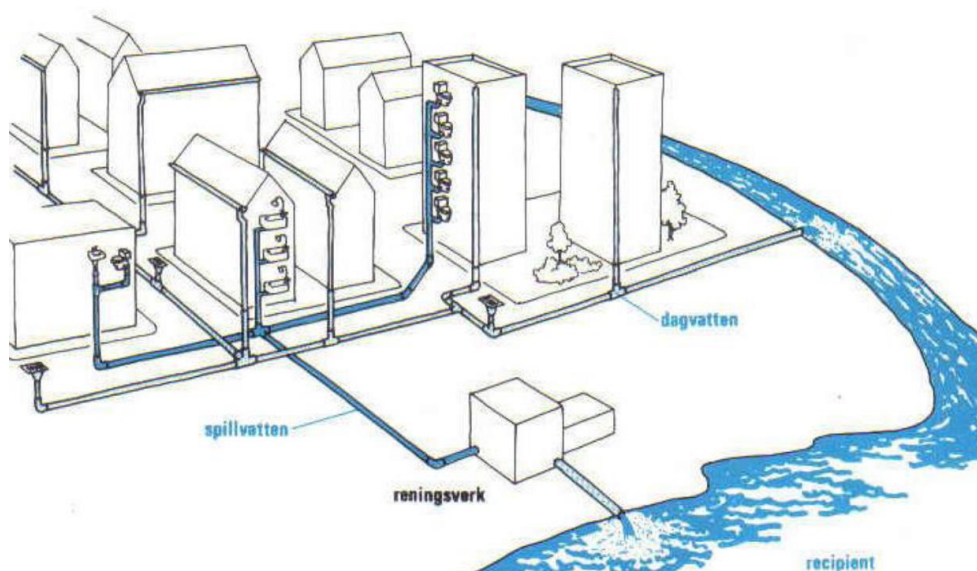
Figur 1: Illustrasjon oppstuvning, (Lindholm 2012)

1.1.4 Generelt om separatsystemet

I motsetning til fellessystemet er det ingen forbindelse mellom systemet som håndterer utendørs avrenning (overvannssystemet) og systemet som håndterer sanitærvann (spillvannssystemet). Dette er en sikrere løsning slik at man ved en flomsituasjon unngår oppstuvning via sluk og toaletter. Dersom spillvannssystemet tilføres nedbøravhengig fremmedvann vil situasjonen være en annen. Tilbakeslag via sanitæranleggene kan da oppstå både fordi det kan finnes koblinger mellom overvanns- og spillvannssystemet (mye fremmedvann er ofte et symptom på dette), og fordi spillvannsnettet blir overbelastet. Oversvømmelser kan oppstå forskjellig, en av disse er tilbakestuvning via drenering. Skulle situasjonen være at overvannssystemet er overbelastet og det skjer en oppstuvning vil man, få oversvømmelser dersom fundament og grunnmur (og alle skjøter) ikke er vanntette. Vannet som kommer inn vil ikke være kloakk, men vil like fullt gi materielle skader. (Misund 2011)



Figur 2: Prinsippskisse fellessystem, (Lindholm 2012)



Figur 3: Prinsippskisse separatsystem, (Lindholm 2012)

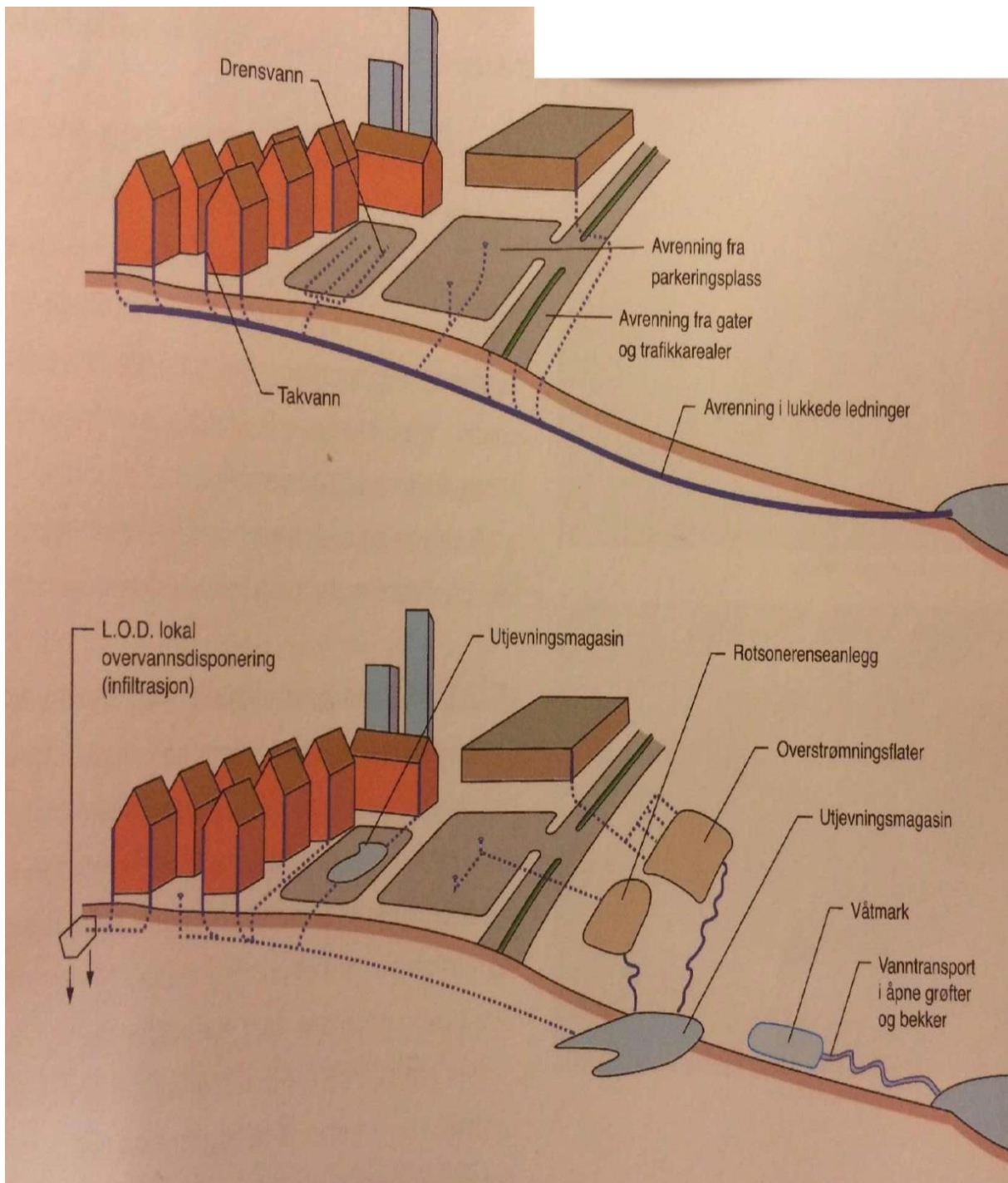
2 STRATEGIER FOR OVERVANNSHÅNDTERING

Urbanisering av byer gir konsekvenser for håndtering av overvannet, andelen tette flater øker og vegetasjon, trær og naturlig permeabel flater minsker. Bekker og naturlige vannveger legges i rør eller legges om, og myrer, våtmarker, dammer o.l. dreneres. Den naturlige infiltrasjonen, fordrøyning, absorpsjon, og fordamping av regnvannet reduseres kraftig og fører til en kraftig økning av overflateavrenning fra et område. Det kan også forekomme negative endringer i grunnvannstanden, samt at tørrvæsavrenning/ minstevannføring reduseres. Det er også vanlig at flomveger reduseres eller fjernes helt. Selv om urbaniseringen skjer i liten skala (> 10 % tette flater) vil lokale vassdrag påvirkes, samt vil det skje endringer i økosystem, fiskeliv, sedimentering og vanntemperatur som er av en negativ konsekvens. Benytter man seg i dag ved utbygging av allerede bebygde områder kun tradisjonelle overvannsløsninger vil dette føre til en overbelastning av overvannssystemene, (oversvømmelser, økt forurensing, mer kostnadskrevenende anlegg, setningsskader), siden økt utbygging vil føre til økt avrenning. En helhetlig overvannshåndtering er viktig for å ivareta en rekke forhold:

- Gi sikkerhet for innbyggere (liv, helse, økonomi)
- Skal man unngå flomskader må man sikre slik at flommer ledes i flomveger utenom bebyggelsen slik at skadene blir mindre
- Oppnå en best mulig vannkvalitet for overvann (grunnvann, vassdrag, sjøer)
- Redusere overløpsdriften fra avløpssystemet
- Beholde mere grønne arealer i urbane strøk
- Planlegge å konstruere bruk av vannveger ved utbygging i nye urbane områder. Beholde bekker

Byenes planer for vann og miljø bør sette fokus på en fullstendig overvannshåndtering. Gode løsninger med hensyn på sikkerhet, miljø og estetikk må være målet i slike planer.

Fremtiden bør bestå av en bærekraftig håndtering av overvannet, treledd- strategien der man fanger opp, forsink og fordrøy og til slutt sikre trygge flomveger er grunnreglene man må bygge på. Løsninger som oppretter vannbalansen kan bidra til å nå dette målet. Riktig arealbruk der det hydrologiske perspektivet er ivaretatt i arealplanleggingen og bruk av et sett velfungerende og integrerte håndteringsmetoder, er avgjørende for å minimere effekten av menneskelig inngrep på den eksisterende hydrologiske situasjonen. Overvannssystemet skal fungere på en slik måte at det avleder nedbør (regnvann og snø) på en sikker, miljømessig og kostnadseffektiv måte slik at innbyggernes helse, sikkerhet og økonomiske interesser ivaretas. Overvannet bør benyttes som en positiv faktor i bybildet. Gjennom å gjøre vannet mer synlig kan en slik effekt oppnås, eksempler på dette kan være å unngå lukking av åpne bekker/vassdrag der det er forsvarlig.



Figur 4: Skisse av hvordan overvannshåndtering flyttes fra rør til areal, (Norsk vann 2012)

Ved planlegging av overvannshåndtering av større arealer er det ofte flere parter involvert. Utfordringen er da å ha lik fokus på håndtering av overvannet på alle plan, arbeidet må samordnes og ansvar må fordeles mellom de ulike partene (kommune, bydel, kommunale etater, byggherre, planleggere, entreprenører). En samordning av overvannshåndtering og grønnstruktur, vegplaner o.l. bør gjennomføres om mulig. Når det planlegges utbygging i nye områder eller fortetningsprosjekter bør det utføres på en slik måte at overvannet ikke gir skader eller ulemper på nedenforliggende områder. Man bør fordele utslippet av overvannet likt og unngå å belaste et bestemt punkt slik av nedenforliggende overvannssystem ikke overbelastes, (Norsk vann 2012).

2.1 Prinsipper ved overvannshåndtering

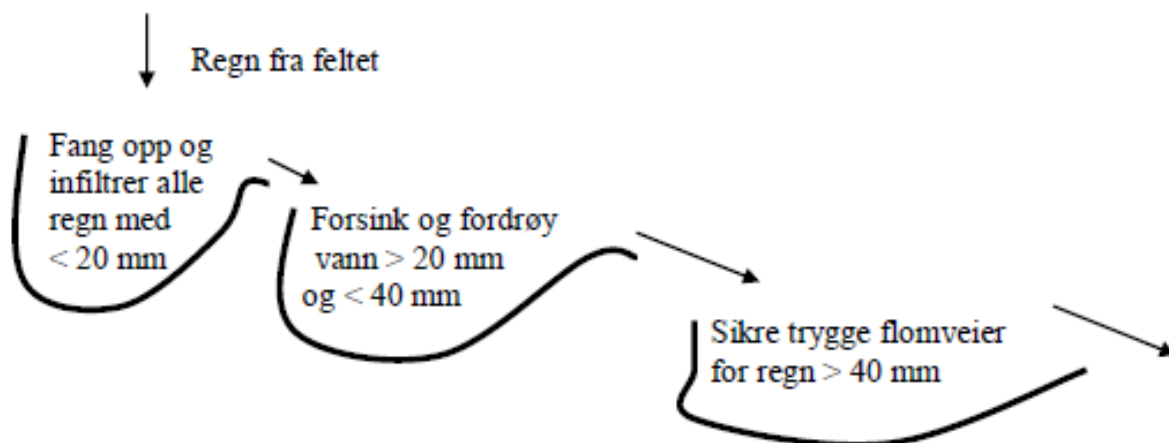
Planlegging av hvordan overvann og byvassdrag skal håndteres bør gjøres som en helhet. Et godt samarbeid mellom de som håndterer overvann og areal- og landskapsplanleggere er viktig. Den mest tradisjonelle løsningen er å føre overvannet til nærmeste sluk og videre i rørsystemer. Overvannet har i mange år blitt sett på som et problem, men man bør snu på tanken og se på overvannet som en ressurs og et positivt element i nærmiljøet. De tradisjonelle løsningene har vist seg og ikke fungerer godt nok og er kostbare.

Når overvannet kommer fra områder som er sterkt trafikkert eller svært belastede sentrale bystrøk vil overvannet inneholde miljøgifter. Dette er svært skadelig hvis overvannet når følsomme vannforekomster. Dette vannet bør behandles i egne anlegg. Et viktig punkt er derfor å prøve å unngå at overvannet kommer i kontakt med disse forurensende stoffene.

Vann i bybildet oppleves positivt, så ved å benytte overvannet gjennom åpne dammer og vannveger oppnår man et bedre bomiljø og i noen tilfeller en mer økonomisk bortføring av overvannet. Ved at man finner gode løsninger for håndtering av overvannet lokalt vil være bærekraftig og tilføre kvaliteter til omgivelsene. Det er viktig at man benytter løsninger som fungerer optimalt til alle årstider. Prinsippet går ut på at man håndterer overvannet på overflaten som en synlig del av vassdraget og bybildet, altså:

- Håndtere overvannet på en slik måte at sikkerhet for liv, helse og miljø ivaretas slik at de skader som oppstår er av en akseptabel karakter. Vannforurensing må også tas med og reduseres
- I stede for å se på overvannet som et problem, utnytte det som en ressurs og en positiv faktor i bybildet
- Styrke det biologiske mangfoldet ved infiltrasjon, åpne vannveger og dammer

Ved å optimalisere bruken av lokale overvannsløsninger vil man unngå å bruke store summer på kostbare ledningsnett. Figur 5: Illustrasjon på treledd- strategien for håndtering av nedbør viser tankegangen for en treledd- strategi for infiltrasjon, fordrøyning og trygge flomveger. Hensikten med det første punktet er at man klarer å infiltrere eller forsinke vannet i alt regn med en mindre nedbørmengde enn visst antall millimeter i de aller fleste tilfeller. Når det faller regn med større vannvolum enn dette, vil det resterende vannet renne videre til åpne anlegg som forsinker og fordrøyer avrenningen. Det vil selvfølgelig oppstå regn som er så store at systemene ikke vil fungere optimalt alene. Derfor er det viktig at det etableres trygge flomveger som fører vannet videre til trygge omgivelser, (Norsk vann 2012).



Figur 5: Illustrasjon på treledd- strategi for håndtering av nedbør (tallene er eksempler og må tilpasses lokalt) (Lindholm et al. 2008)

Ved dimensjonering av overvannsystemer har Norsk Vann utarbeidet anbefalinger for gjentaksintervall. Til venstre i tabell 1 ser man hvordan man kan dimensjonere systemet slik at kapasiteten akkurat blir fylt, til høyre kan man se hvor ofte en uønsket hendelse vil oppstå. Selv med denne veiledningen oppfordres kommunene selv til å analysere hva som er optimalt gjentaksintervall, basert på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger i hvert felt, sett over hele avløpssystemets levetid.

Tabell 1: Norsk vanns anbefalte minimum dimensjonerende hyppigheter (gjentaksintervall) for ulike avløpssystem (Lindholm et al. 2008)

Dimensjonerende regnskyllhyppighet* (1 i løpet av «n» år)	Type område	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet ** (1 i løpet av «n» år)
1 gang i løpet av 5 år	Områder med skadepotensiale (utkantområder, landkommuner etc.)	1 gang i løpet av 10 år
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter/ industriområde/ forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Underganger/ områder meg meget høy skadepotensiale	1 i løpet av 50

*Ledningsnettets skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet.

**Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til kjellernivået (90 cm over topp rør).

I vurderingsprosessen bør man også gjøre en vurdering av 100- års gjentaksintervall slik at trygge flomveger kan etableres når overvannsanleggene overbelastes. Kommunen må forholde seg til NVEs retningslinjer for flom og bebyggelse, som har strengere kriterier for sikkerhet for en del arealbruk og infrastruktur og ut fra dette ha en streng analysing og hvis nødvendig forby utbygging.

I kommuneplanen bør kommunen fastslå hvordan overvannet skal håndteres. Eksempler på prinsipper som bør fastslås er:

- Se på hvert nedbørfelt og se på løsninger for overvannshåndtering og flom i bekker og elver
- Gå for åpne løsninger der det er mulig
- Prinsipper for ny utbygging med treledd- strategi

Som en hovedregel bør man beregne maksimal avrenning for en sommersituasjon for alle feltstørrelser. Men man bør også ta hensyn til følgende situasjoner:

- Langvarige regn, frossen mark, vinteravrenning, spesielt når feltene har en størrelse som overskrider 20- 50 ha. En kombinasjon av snøsmelting og regn er også en mulighet. I urbane miljøer kjøres ofte snøen bort og da er ofte regn alene den dimensjonerende. Regn på frossen mark kan også være dimensjonerende. Man bør da sortere sommerregnene ut fra IVF- kurvene
- Vått terreng, langvarige regn og høstavrenning bør vurderes når feltene er større en 20- 50 ha.

(Norsk vann 2012)

3 FORURENSNINGER I OVERVANN

Tabell 2: nedenfor viser en klassifisering av urbane flater i henhold til forurensningspotensiale deres, (Norsk vann 2012).

Overflatetype	Forurensningspotensialet i overvannet	Klassifisering av forurensingen	Kommentar
Takflater og grønne arealer:			
Grønne arealer og grønne tak uten pesticid- holdig belegg	God effektiv retensjon av vann og forurensinger på taket	Lav	Dersom det er brukt pesticidholdig belegg, bør overvannet gå til avløp
Tak av inert materiale og lavt metallinnhold	Forurensing tilsvarende den i regnvann. Langsom akkumulering av forurensinger i infiltrasjonsområdet	Lav	
Tak av inert materiale og normal bruk av metallinstallasjoner (Cu, Sn, Zn, Pb etc.)	Hurtig akkumulering av tungmetaller i infiltrasjonsområdene. Den totale metalloverflate er avgjørende for å kunne bestemme tiltak	Middels	Vanligvis utegjør metall- overflaten på et tak 5- 10 % av takoverflaten
Tak med høy bruk av metallinstallasjoner (Cu, Sn, Zn, Pb etc.)	Skal man beskytte grunn og vann som resipient for overvannet bør overvannet renses	Høy	Bygninger med store metallfasader hører også inn under denne katogorien
Parkeringsplasser, oppkjørsler, gater og veger:			
Oppkjørsler, privat og offentlig parkering i bo- områder	Lavt forurensningspotensial ved normal bruk. Retensjon av forurensinger i grunn dersom flatene gjøres permeable	Lav	

Transport og lagerplasser som håndterer farlig avfall	Tap av drivstoff, olje etc. og andre lagrende forurensende stoffer kan infiltreres i grunnen og forurense denne	Middels	Her må man være spesielt observant. Ledes til avløp
Offentlig parkering med høy trafikk tetthet (shoppingsenter etc.)	Økt potensial for forurensing. Dersom overflaten gjøres permeabel, kan det skje en biodegradering i topplaget i grunnen	Middels til høy	Forlanger grundig analyse
Veger og gater	Forurensingen er avhengig av trafikken. Vinkelrett på vegen vil man få en akkumulering av miljøgifter i grunnen. Overvannet bør ikke føres til grunnen utover vegskulder, og behandles før infiltrasjon eller til avløpsrensaneanlegg	Avhengig av trafikken – ofte høy	Mesteparten av forurensingene (både metaller og PAH) er knyttet til partikulært materiale – det meste til kolloidale partikler

Vannet fra tette flater i urbane områder bringer med seg et betydelig bidrag av tungmetaller og organiske miljøgifter. Miljøgifter som atmosfærisk nedfall, avgasser fra kjøretøy og maskiner, fyring og forbrenning av organisk stoff, nedsliting og korrosjon av produkter for kjøretøy, bygninger, vegdekker og andre konstruksjoner, samt rester fra produkter bygger seg typisk opp i tørrværsperioder og blir ført videre ved store regnskyll. Biltrafikken er den største bidragsyteren, dette kommer typisk fra forbrenning av drivstoffet, slitasje på bremsebelegget, slitasje av dekk og vegbane og korrosjon av komponenter på vegbanen.

Når nedbøren kommer, enten som regn eller snø, vil miljøgiftene føres fra overflaten og videre ned til overvannsledninger eller fellessystemer. Konsentrasjonen av miljøgiftene varierer som regel fra felt til felt. Det kan være områder med en høy andel kobbertak, da vil man merke at konsentrasjonen av kobber er større enn ved andre felt. Miljøgiftene fra tette flater kommer frem til vannforekomstene hovedsakelig gjennom tre veier.

- Direkte utløp fra overvannsledningene i separatsystemene
- Utslipp fra regnvannsoverløp i fellessystemer
- Utslipp fra avløpsrensaneanleggene når disse også bekjenner fellesavløpsystemer

Når det kommer til forurensinger i overvann fokuserer man i hovedsak på organiske miljøgifter og tungmetaller, selv om konsentrasjonen av de tradisjonelle forurensingsparameterne suspendert

stoff, organisk stoff og næringsstoffer kan være høye i det vi kaller «first- flush» situasjoner. Når man tar for seg de organiske miljøgiftene er det ofte PAH- forbindelsene man fokuserer på. PAH eller (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner) oppstår når det skjer en ufullstendig forbrenning og oppvarming av organisk stoff. Det finnes mange forskjellige PAH- forbindelser, der man ifølge det amerikanske miljødirektoratet US EPA i hovedsak kun konsentrerer seg om 16 forskjellige forbindelser som ofte kalles for total- PAH eller PAH₁₆, (naftalen, acenaftalen, acenaften, fenantren, fluoranthen, pyren, benz(a)antracen, krysene/ trifenylen, benzo(b,k)fluoranthen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3- cd)pyren, dibenz(a,h)antracen. Det er benzo(a)pyren som hever seg blant disse stoffene, siden stoffet er kreftfremkallende.

PCB eller (Polyklorinerte Bifenyl) er en samlebetegnelse for 209 likeartede kjemikalier som ikke har vært lovlig i Norge siden 1970- årene. PCB ble produsert fra ca. 1929 til ca. 1977 og ble ofte brukt som elektriske isolatorer i transformatorer, smøremidler, kjølevæsker, maling, sement og lysarmatur og mye annet. Problemet med PCB er at det er veldig vanskelig nedbrytbart i miljøet og det vil bygge seg opp i næringskjeder der det kan akkumuleres i fettceller hos mennesker og dyr. Typiske sykdommer som kan fremkomme ved PCB er leverproblemer, økt kreftrisiko, effekter på sentralnervesystemet, reproduksjonsskader, fosterskader, immunsykdommer, hudsykdommer, m.m. I enkelte norske fjorder anbefaler Mattilsynet og ikke spise for mye marine organismer, siden PCB innholdet i sedimentene på bunnen er så stort.

Forurensningen fra veier og gater inneholder både metaller og PAH- forbindelser hovedsakelig i partikulært materiale (kolloidale partikler). Det vil si at det er forhåndsvisst enkelt å fjerne disse forurensningene med for eksempel separasjon (sedimentering etc.), (Norsk vann 2012).

Tabell 3: viser noen gjennomsnittlige konsentrasjoner av aktuelle forurensningsparametere i overvann, (Norsk vann 2012).

Arealbruk	Avr. koef.	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	PAH	COD	BOD
Gjelder urbane arealer		mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
Veg meg gj.snittlig døgntrafikk (< 5000)	0,85	0,14	1,65	13,5	31	62	0,24	1,0	1,2	0,1	1	25	5
Veg meg gj.snittlig døgntrafikk (< 30000)	0,85	0,24	2,4	31	72	167	0,44	5,0	4,4	0,1	2	100	15
Parkering	0,85	0,1	1,1	30	40	140	0,45	15	4	0,1	1,7	150	1,7
Villaer	0,25	0,2	1,4	10	20	80	0,5	4	6	0,2	0,6	65	9

Rekkehus	0,32	0,25	1,45	12	25	85	0,6	6	7	0,2	0,6	75	9
Bygårder	0,45	0,3	1,6	15	30	100	0,7	12	9	0,2	0,6	85	9
Sentrum	0,7	0,28	1,85	20	22	140	1	5	8,5	0,1	0,6	60	11
Industri	0,5	0,3	1,8	30	45	270	1,5	14	16	0,1	1	80	9

4 KLIMA

4.1 Klimaendringer

De siste årene har vi gjennom media og kanskje selv erfart mer hyppige flomskader. Det er ulike årsaker til dette men, klimaendringer er nok en viktig faktor til disse flomhendelsene.

Nedbørintensiteten har endret seg og gitt kraftigere utslag på flomskadene. En av konsekvensene ved klimaendringene er at grunnvannstanden ofte står høyere spesielt etter kraftige regn. En effekt av dette kan være at ledningsnettene overbelastes og minker kapasiteten, (Lindholm et al. 2008).

Ifølge (Iversen et al. 2002) skal nedbøren i perioden 2030- 2050 mange steder komme oftere og mer intens. (Iversen et al. 2002) har også beregnet seg frem til at det er mer en dobbelt så stor risiko for økt intensitet på nedbøren som vil komme på Vestlandet, indre deler av Trøndelag og på kysten av Troms og Finnmark. Med intens nedbør menes mengder per døgn som i dagens klima kun overstiges en gang hvert år. På vinterhalvåret er det beregnet en tilsvarende risiko for intens nedbør på kysten av Vest- Finnmark, Vestlandet og deler av nordlige Østlandet. Innen de neste 100 årene vil Norge oppleve vesentlige forandringer i nedbørsmønstret. (Iversen et al. 2005) har nevnt noen følger man kan forvente i sitt prosjekt fra 2005:

I alle landsdeler vest for vannskillet kan man forvente at døgn uten nedbør blir sjeldnere. Derimot kan Sørlandet og Østlandet forvente seg en 5- 10 % økning i antall døgn med oppholdsvær.

Hele Norge vil oppleve mer ekstremvær. Det beregnes blant annet at Vestlandet får over 20 % flere døgn med over 20mm nedbør. Analyser viser at det som i dag i Europa er 40 - 100-års hendelser, vil få et gjentaksintervall på ca. 20 år i perioden 2071 – 2100, (Lindholm et al. 2008). Andre analyser sier at det kan forventes store økninger i ekstreme nedbørsverdier men, dette vil merkes svakt frem til 2025 og en kraftigere økning vil ikke merkes før fra 2050, (Frøland et al. 2007).

Når regn oppstår er det flere ulike regnceller som oppstår over et område. Noen regnceller har nådd sitt maksimum mens andre er i oppbyggingsfasen og andre er i ferd med å avslutte sin regnavgivelse.

Et område man observerer lite (for eksempel en bydel) vil sannsynligheten øke for at en enkelt regncelle har sitt maksimum akkurat der. Middelnedbøren over et større område vil være mindre siden den vil bestå av middelet av mange regnceller på ulike utviklingsstadier.

Disse regncellebetraktningene som er nevnt gjelder kun konvektiv nedbør, eller de typiske sommerregnene. Men det er akkurat disse korte regnvarighetene og små arealutbredelser som er dimensjonerende for byer og tettsteder.

(Iversen et al. 2005) har beregnet og utarbeidet en tabell som viser prosentvis endringene i nedbørsmengdene i de ulike landsdeler i Norge ved ulike årstider. Beregningene er basert på perioden 1961- 1990 til perioden 2071- 2100. MPI (Max-Planck Institute) og HAD (Hadley) er to forskjellige klimamodeller som gir ulikt resultat. Den kolonnen med tittel «Komb» gir det beste estimatet. Ut fra tabell 4 kan man se at store deler av landet kan forvente en klar økning i de kvartalsvise nedbørsvolumene. Det opereres med ulike klimaprognoser i dag, de som er mest brukt av forskere i dag er vist i tabell 4, men disse er kun laget for større arealer samt meget grov oppløsning, og egner seg derfor dårlig for å beregne byflommer hvor den dimensjonerende nedbøren ofte bare har utbredelse på ca. 10km².

Klimaprognoene vil heller ikke gi noen gode beskrivelser på konvektiv nedbør eller «bygenedbør» som er typen nedbør som blir benyttet som bakgrunn for dimensjonerende lokal nedbør med kort varighet, (Lindholm et al. 2008).

Tabell 4: Gjennomsnittlig økning i temperatur og nedbør fra perioden (1961- 90) til perioden (2071- 2100), (Lindholm et al. 2008).

		Temperaturøkning (°C)			Nedbørøkning (mm/døgn)			Nedbørøkning (%)
		MPI	HAD	Komb	MPI	HAD	Komb	Komb
Hele Norge	Hele året	2,9	2,8	2,8	0,7	0,3	0,5	12,6
	Vår	2,9	2,8	2,9	0,8	0,1	0,4	13,0
	Sommer	2,8	1,9	2,4	0,1	0,1	0,1	3,2
	Høst	3,0	3,6	3,3	1,1	0,7	0,9	19,7
	Vinter	2,8	2,7	2,8	0,8	0,5	0,6	12,7
Nord- Troms og Finnmark	Hele året	3,1	3,3	3,2	0,5	0,2	0,4	13,6
	Vår	3,3	3,4	3,3	0,6	-0,0	0,3	11,2
	Sommer	2,1	2,3	2,2	0,1	0,5	0,3	11,5
	Høst	3,1	3,9	3,5	0,7	0,7	0,7	23,3
	Vinter	3,7	3,5	3,6	0,6	-0,2	0,2	6,8
Norland og Sør- Troms	Hele året	2,7	2,7	2,7	0,7	0,2	0,5	11,6
	Vår	2,8	2,9	2,9	0,9	-0,2	0,3	10,0
	Sommer	2,4	1,7	2,0	0,2	0,7	0,5	12,7
	Høst	2,8	3,5	3,1	1,0	0,7	0,8	18,2
	Vinter	2,7	2,7	2,7	0,8	-0,3	0,3	5,5
Sør- Norge, vest for vannskillet	Hele året	2,8	2,5	2,6	1,0	0,4	0,7	13,3
	Vår	2,8	2,5	2,7	1,2	-0,1	0,6	13,8
	Sommer	2,8	1,8	2,3	0,1	0,2	0,1	2,3
	Høst	2,9	3,4	3,2	1,6	0,8	1,2	20,2
	Vinter	2,5	2,3	2,4	1,1	0,9	1,0	14,1

Sør- Norge, øst for vannskillet	Hele året	3,0	2,8	2,9	0,4	0,4	0,4	11,8
	Vår	3,0	2,6	2,8	0,4	0,4	0,4	14,6
	Sommer	3,0	2,0	2,6	0,1	-0,4	-0,2	-4,8
	Høst	3,2	3,8	3,5	0,8	0,6	0,7	18,8
	Vinter	2,8	2,9	2,8	0,4	0,7	0,6	18,2

(Grum et al. 2006) viser data fra Danmark der det kommer frem at ekstreme regnhendelser vil opptre dobbelt så ofte som det er blitt observert de siste ti- årene. Et eksempel er, 1- timersregn med gjentaksintervall på 10 år registrert i 1979- 1996 i København vil i perioden 2071- 2100 få et gjentaksintervall på 3,4 år.

Det danske Miljøstyrelsens rapport 9 - 2006 (Arnbjerg- Nielsen 2006) mener at:

- «Klimaendringer har allerede medført endringer i nedbørstrukturen. Denne utviklingen må forventes å fortsette. Det vil komme færre regnhendelser, men de ekstreme regnhendelser vil bli vesentlig kraftigere. Endringer i nedbørstrukturen har avgjørende betydning for kloakksystemenes funksjon. Innledende undersøkelser tyder på at kloakksystemene enkelte steder bør ha fordoblet kapasitet for å unngå skader i byområder i fremtiden».
- «Ekstremregn vil bli kraftigere i fremtiden, - og fremtiden er begynt. Endringene for punktnedbør i høy tidsoppløsning vil bli meget voldsomme. Bearbeidingen tyder på at den dimensjonsgivende regnintensitet for små og mellomstore avløpssystemer fordobles. Kvantifisering er forbundet med stor usikkerhet og er antagelig konservativ».

4.1.1 Økt nedbør

En av instansene i samfunnet som merker klimaendringene raskere enn andre er forsikringsselskapene. Aftenposten skrev en artikkel i 2008, der forsikringsselskapet Gjensidige forteller om sine erfaringer, utredninger og tanker rundt denne problemstillingen. Ut fra de beregningene som er gjennomført tyder det på at boligforsikringen i fremtiden kan bli atskillig dyrere enn hva vi erfarer i dag. En av grunnene til dette skyldes dårlige avløpsnett. Gjensidige antyder en økning på 40 % på vannskader de neste tiårene. Gjensidige sier også at det i fremtiden kan bli vanskeligere å få forsikring til boliger/hus i kommuner der det ikke gjøres nok gode undersøkelser på plassering med tanke på flom. Hvis vi ser tilbake de 10 siste årene har vannskader økt dobbelt så mye som brannskader.

Den skotske regjeringen beskriver en stor økning av sterke regn etter 1961. I de nordre og vestre regionene har vinterregn hatt en økning på hele 61 %.

I Storbritannia skiller man klart mellom tre typer av flommer:

- a) «Fluvial flooding»: oversvømmelse som skyldes for stor vannføring i elv
- b) «Pluvial flooding»: (surface water flooding). Oversvømmelse på grunn av regn som gir overvannsavrenning på overflatene, før avrenning renner i et vassdrag eller avløpsrør
- c) «Sewer flooding»: Oversvømmelser forårsaket av for liten kapasitet i avløpsnettet

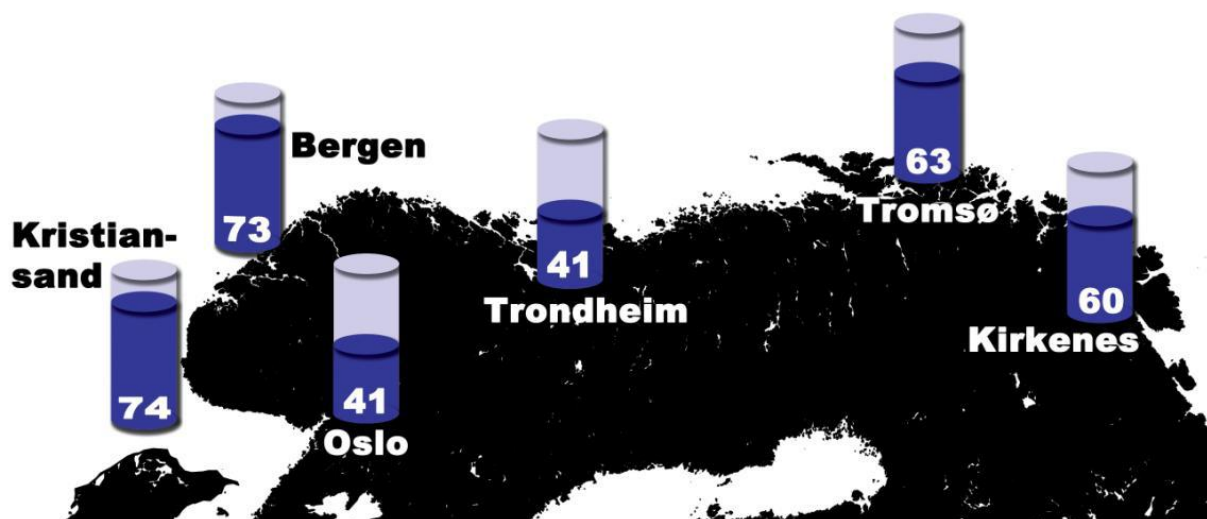
Evans et al. (2004) viste i gjennom sitt arbeid hvordan klimaendringene vil påvirke regnintensiteten og havnivået. Resultatene som kom frem viser en 40 % økning i regnintensitetene som vil føre til en økning i flomvolumene på 100 % samt en økning på 130 % på eiendommer som vil bli berørt med tanke på flom, samt en økning på 200 % i skadeverdiene.

Også i Norge vil vi i de neste tiårene fremover merke en endring i nedbørsintensiteten som en konsekvens av drivhuseffekten. En av grunnene til dette er at varmere luft har et høyere innhold av luftfuktighet. Effekten av dette er at det kan skje endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønster, som fører til flere dager med regn pr. år samt at grunnvannstanden er høy lengre og oftere. Siden grunnen allerede er mettet med vann vil dette føre til at avrenningskoeffisientene vil øke, eller sagt på en annen måte at de samme regnene vi opplever i dag vil i fremtiden ha større konsekvenser med tanke på flommer.

EU og Norge har vedtatt flomdirektivet om vurdering og forvaltning av oversvømmelser. Her beskrives det hvor viktig det er å gjøre analyser av flomrisiko og at fastsetting av et akseptabelt risikonivå og tiltaksplaner for å redusere risikoen til et nivå som er akseptabelt. Selv om fokuset kanskje mest er på det vi kan forvente i fremtiden av klimaendringer har det allerede skjedd endringer. Analyser av data fra ulike nedbørstasjoner helt tilbake til 1968 og frem til 2000 viser at noen lokaliteter for de fleste regnvarigheter har en endring i regnintensiteten i denne perioden. Et eksempel fra Blindern viser en økning på rundt 40- 50 % for aktuelle regnvarigheter, på 32 år har regnintensiteten på et regn med varighet på 45 minutter økt fra 11 til 16 mm/time, (Norsk vann 2012).

4.1.2 Havstigning

En konsekvens ved havstigning er at avløpssystemene i enkelte kystområder mister sin kapasitet på grunn av økende overløpsutslipp og at oppstuvning i avløpssystemene skjer oftere, se figur 6. Det er usikkerheter om dette, men havnivået kan øke med 30 cm i tillegg til det som vises i illustrasjonen.



Figur 6: Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. (Drange et al. 2007)

Stormflo er økning i havnivået på toppen av tidevannstanden og den nevnte havnivåstigningen. Det som skjer er at vinden skyver vannet fremfor seg og opp mot land. Dager med vind vil også øke som

følge av klimaendringene. Innen år 2050 kan man regne med at nivået på stormfloen vil øke med opp mot 30 cm enkelte steder i landet. En undersøkelse gjennomført av (Grum et al. 2006) i Danmark viser at ekstreme regnhendelser vil forekomme dobbelt så ofte som det som er erfart de siste tiårene. Eksempler på dette er at et timesregn med gjentaksintervall på 10 år kan få gjentaksintervall på ca. 3- 4 år.

En undersøkelse fra Edinburgh gjennomført av (Werritty et al. 2002) beskriver hvordan regn vil bli opp mot 60 % kraftigere, resultatet av dette er økte urbane flommer i avløps- og dreneringsnett. En simulering i MOUSE gjennomført av (Semadeni-Davies et al. 2008) for byen Helsingborg på utslipp fra overløp i fellessystemene, viser hvordan overløpsmengden vil øke i de kommende årene. Det er 15 overløp i nettet og dataserien med nedbør er fra 1994- 2003, i denne perioden gikk det ca. 800 000 m³ i overløpene. Resultatet sier også at i tiden etter år 2071 kan man vente en overløpsmengde på 2,5 millioner m³. Altså, mens nedbørsmengden øker med 20 %, øker overløpsmengden med over 200 %.

Resultater fra en undersøkelse gjennomført av (Health 2001) viser at 51 % av sykdomsutbruddene forårsaket av mikroorganismer som er transportert i vannet, oppsto rett etter 10 % av de største regnene i studieperioden.

Det ble gjennomført et forsøk i Veum i Fredrikstad der man tok for seg et 50- årsregn for nåværende situasjon og la til en klimaendring på 15 % for å etterligne klimaendringene. Resultatet fra dette viste at flomskadene på bygninger økte fra 62 til 115 i et fremtidig klima, (Norsk vann 2012).

4.2 Prosess for å imøtekomme klimaendringer

Det er i dette kapitlet sett nærmere på hvordan man i gjennom en økonomisk analyse kan metodevurdere å tilpasse avløpsnett for klimaendringer. Jeg har tatt for meg den danske rapporten «*Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse*».

For å styrke fokuset på klimatilpasning av avrenning i urbane strøk, utnevnte det danske miljøstyret et prosjekt. Prosjektet ble vunnet av NIRAS og COWI i samarbeid med Aalborg og Roskilde kommune.

Fokuset ble å besvare følgende tre spørsmål:

- Hva er de viktigste problemene forårsaket av ekstrem nedbør og stigende havnivå?
- Hvilke skader vil problemstillingene ovenfor resultere i?
- Hvilken klimatilpasning vil være i stand til å redusere skadene og hvilke tiltak kan lønne seg sett fra en samfunnsøkonomisk vurdering?

Alle deltakerne i prosjektet ble invitert til en to-dagers workshop for å samle erfaring. Før workshopen, ble det blant annet produsert kartdata over de to byene, slik at deltakerne lettere kunne visualisere konsekvensene av klimaendringene.

Etter workshopen har COWI og NIRAS diskutert resultatene for å vurdere de samfunnsøkonomiske konsekvensene av tilpasning til ekstremnedbør og havstigningen i de sentrale byområdene i Roskilde og Aalborg kommune. Rapporten beskriver resultatene av denne analysen. Rapporten er gjennomført på en slik måte at tilpassingen i de to byene er vurdert hver for seg.

Resultatet er basert på en relativt grov teknisk og økonomisk analyse, der det primært er fokusert på de direkte kostnadene og fordelene ved tiltak. En mer omfattende analyse med en mer omfattende prissetting av spesielt de indirekte kostnadene bør gjøres før det gjennomføres noen konkrete tiltak.

Nedenfor er oppsummeringen fra prosjektgruppens anbefalinger og konklusjoner:

- «*Den valgte fremgangsmåten med først å samle inn data med en workshop for deretter å gjennomføre tekniske og økonomiske analyser på strategisk nivå er fornuftig i den forstand at utfallet har generelt vært robust og tiltaksvisende*».
- «*De samfunnsøkonomiske beregningene viser at metoden for tilpassing av avløpsnett som ble foreslått i spillvannskomiteens rapport 27 («klimateillegg») er nær ved å være optimal i Roskilde og Aalborg. På denne bakgrunn er det vurdert at det ikke er behov for ytterligere justering i byer med gode topografiske forhold. Konsekvensene av oppstuvning av avløpsvann til bakken bør alltid vurderes, også med tanke på hygieniske forhold*».
- «*Det er vanskelig for den enkelte kommune å tilpasse seg havstigningen. Dette er fordi konsekvensene av en stormflo er svært store, mens de samfunnsøkonomiske analysene viser at det ikke lønner seg å gjøre store tilpasningstiltak. Det er behov for videre forskning på dette området. Basert på disse studiene, kan det være hensiktsmessig å utvikle nasjonale planleggings direktiver på dette området*».
- «*Det må vurderes godt i kommunene, slik at muligheten for at nye anlegg kan ha en dobbel funksjon som klimatilpasningstiltak. For eksempel, i etableringen av nye rekreasjonsområder eller fritidsaktiviteter*».
- «*Den økonomiske analysen er basert på en svært enkel modell. Voldsomme perioder med for eksempel nedbør og havnivå vil ha langsiktige virkninger som ikke er inkludert i de*

økonomiske vurderinger. Særlig bør det bemerkes at en ekstrem havvannstand vil påvirke flere byer samtidig. På denne måten kan de økonomiske tapene forventet å være større enn summen av hvert enkelt tap målt opp mot en rekke begrensede antall hendelser i et enkelt byområde».

(Holse et al. 2007)

Det som er positivt med en slik analyse er at man får et økt fokus på klimaendringer og hva klimaendringene kan resultere i, de kommende år. Det kan også tenkes at slike analyser lettere vil nå et politisk nivå siden man også påpeker samfunnsøkonomiske konsekvenser. Selv om klimaendringene vil påvirke Norge annerledes enn Danmark, er det ingen grunn til å tro at klimaendringen ikke vil få konsekvenser for Norge. Derfor kan slike analyser være et godt virkemiddel for både å gi et bilde på flommens skadevirkninger, men også de samfunnsøkonomiske konsekvensene sett opp mot forskjellige tiltak. Et sammendrag av rapporten er lagt ved under vedlegg.

5 OVERVANNSHÅNTERING

Tidligere ved utbygging av nye tette flater benyttet vi oss av det som kalles konvensjonell overvannshåndtering, der overvannet blir håndtert ved at man ledet det ned i en sluk og videre inn på det kommunale avløpsnett. En slik håndtering kan føre til problemer som; økt belastning på det kommunale ledningsnett, skader på bygninger og konstruksjoner, større flomtopper i områdene nedstrøms og forstyrrelser i det lokale økosystemet.

I fremtiden må vi fokusere mer på å håndtere lokalt. Ved å behandle overvannet lokalt i stede for å slippe det direkte ut på ledningsnett, kan vi benytte overvannet som en ressurs og bidra til et positivt lokalmiljø i stedet for at det skal skape problemer på ledningsnett. Ved å benytte lokal overvannsdistribusjon vil vi på et tidlig tidspunkt kunne unngå eskalering nedstrøms i systemet.

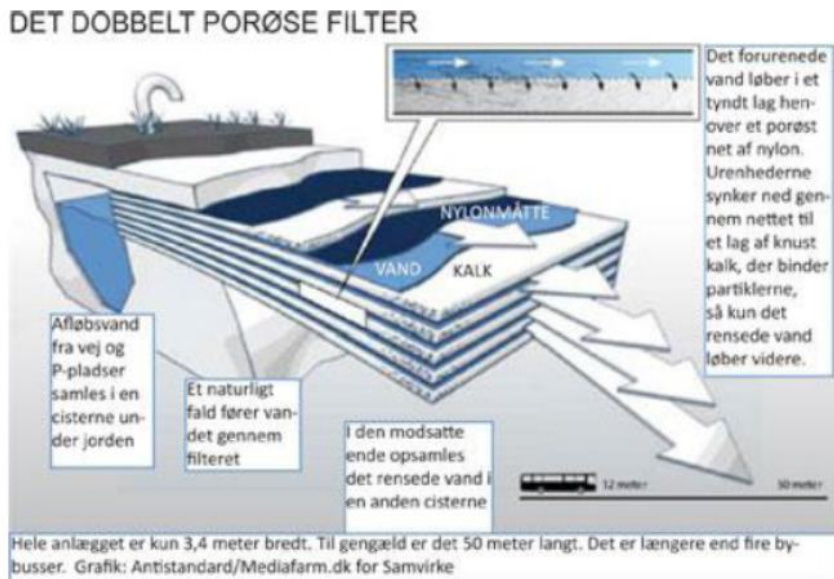
En positiv effekt med å behandle vannet lokalt er at faren for uttørking av grunnmassene minker, et vannunderskudd vil kunne føre til at massene trekker seg sammen som kan gi setningsskader på konstruksjoner. At røtter fra vegetasjon trenger seg inn i rørvegger er også et problem som kan oppstå ved lav grunnvannsstand, desto lengre røttene må strekke seg etter vann jo større sannsynlighet er det for at de trenger seg inn i rør.

Effekten av de ulike LOD- tiltakene varierer sterkt, og avhenger av flere faktorer som blant annet jordsmønn, grunnvannsstand, arealfordeling osv.

I kapittel 5.1 er det listet opp forskjellige metoder for håndtering av overvann med tanke på rensing, reduksjon av volum, infiltrasjon, plassering, fordeler og ulemper og vedlikehold.

5.1 LOD- metoder

Filteranlegg



Figur 7: Illustrasjon av filteranlegg

Beskrivelse:

Et filteranlegg fungerer på en slik måte at stoffer binder seg til et materiale og fjernes fra vannet. På samme tid skjer det en naturlig filtrering gjennom filtermaterialet. Det skjer altså ikke bare en fysisk filtrering i motsetning til vanlige filtre. Filteranlegg har en god renseseffekt og kan fjerne en del miljøskadelige stoffer. Filteranlegg brukes ofte i desentrale strøk til for eksempel rensing av veivann slik at vannet har en akseptabel kvalitet før det slippes til resipient.

Design:

- Typiske eksempler på filteranlegg er kullfilter, hydrogenfilter samt dobbeltporøs filtrering. Ved etablering av slike anlegg kan det være gunstig å installere et sandfang slik at større og grovere partikler fanges. Er det krav om renseskrav til resipient kan det være gunstig å installere måleutstyr (turbiditetsmåler) før utløpet, slik at tiltak kan igangsettes om filtret mister sin effekt.
- Prinsippet med filteranlegg er at overflatevannet passerer gjennom et fast medie, hvor de miljøskadelige stoffene binder seg til overflaten av det faste mediet. Noen ganger vil det også skje at stoffene binder seg inne i selve mediet. Det kan benyttes flere ulike typer filtermateriale, desto større overflaten av mediet er desto bedre renseseffekt oppnår man.

Tabell 5: Fordeler og ulemper med filteranlegg

Fordeler	Ulemper
God renseeffekt på vegvann som tungmetaller, mineralske oljer og miljøskadelige stoffer.	Hyppig utskifting av filtermateriale
Siden anlegget ligger under jorden passer slike anlegg fint i grønne områder	Krever ofte spesialisert kunnskap for konstruksjon og dimensjonering
Det finnes både mindre og mer kompliserte anlegg	Krever hyppig tilsyn og kontroll
	I noen anlegg kan det være aktuelt å pumpe vannet.

Slike typer anlegg har liten effekt på vannmengde og fungerer bare som en renseløsning. Anlegg av denne typen har god renseeffekt på SS og tungmetaller, men liten effekt på nitrogen. Plassering av slike anlegg er ofte gunstig i boligområder, handel/industri, forurensede områder, ved sårbare grunnvannsforekomster, men egner seg dårlig i tettbygde strøk. Vedlikehold er som nevnt tidligere viktig, det er spesielt viktig å ha kontroll på filtermediet og rengjøring av rør, innløp og utløp, (Hindsberger).

Basseng



Figur 8: Illustrasjon av basseng

Beskrivelse:

Bassenger brukes som magasin av vann og tilbakeholdelse av grove partikler samt tungmetaller. Normalt konstrueres disse bassengene tørre, men kan også konstrueres slik at man har et konstant vannspeil (våte bassenger). Bassengene er gjerne konstruert slik at vann ikke kan trenge inn fra bunn og sidene.

Design:

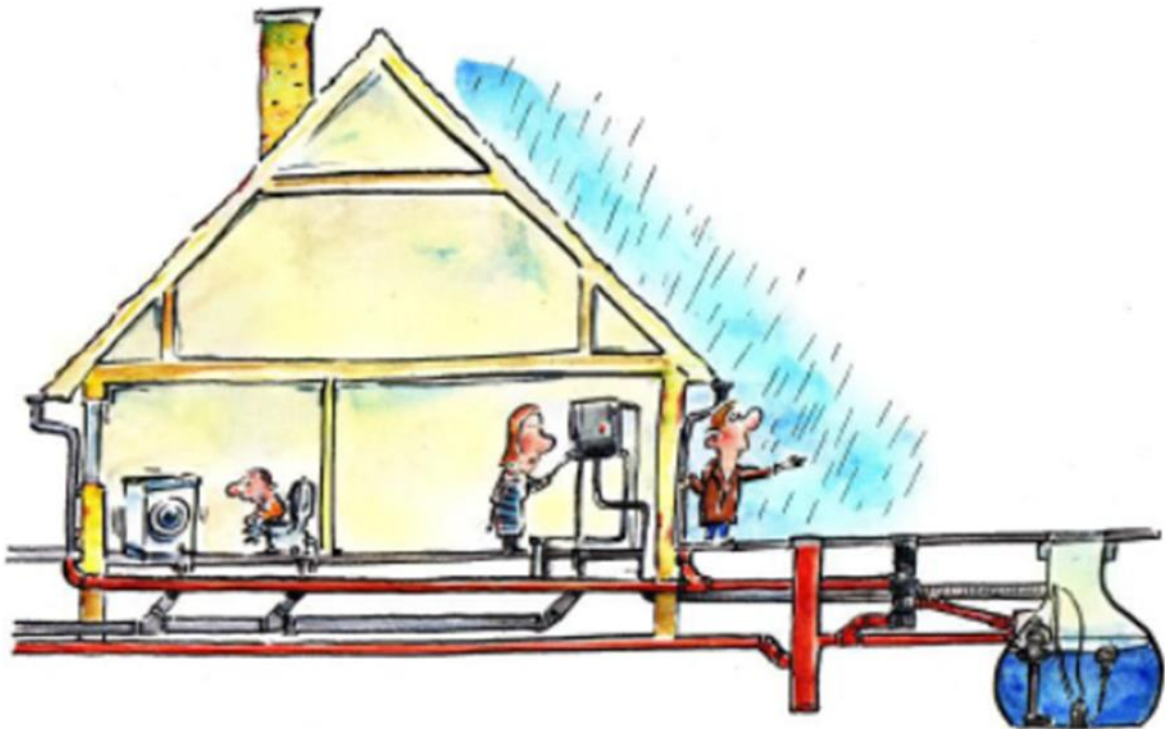
- Konstrueres for ca. 250 m² per. Ha redusert areal
- En lav hydraulisk belastning vil gi best effekt og god separasjon
- Minimum lengde/ bredde forhold 2:1
- Ved å ha lange bassenger unngår man dødsoner
- Maks fall på sidene 1:4 med hensyn på vedlikehold og sikkerhet.
- Beplantning mot enden av bassenget vil ha en positiv effekt på forurensing

Tabell 6: Fordeler og ulemper ved bassenger

Fordeler	Ulemper
Fungerer bra til svært forurenset regnvann	Liten volumreduksjon
Enkelt og dimensjonere og konstruere	Krever stort areal
Ved ulykke/uhell kan et slikt basseng lett fjerne miljøskadelige stoffer	Krever mye vedlikehold for å oppnå best mulig renseeffekt
Ved riktig dimensjonering kan det oppnås 70 % separasjon av suspenderte faste stoffer og 30-50 % reduksjon av tungmetaller	

Slike typer anlegg har en bra reduksjon på maks vannmengde, men fungerer dårlig med tanke på å redusere selve volumet. Siden anlegget har god renseeffekt fungerer slike bassenger godt i boligområder, ved handel og industriområder, i områder som er svært forurenset og der grunnvannet er sårbart, men egner seg dårlig i tettbygde strøk siden anlegget er plasskrevende. Vedlikehold av slike bassenger er viktig, man må ved jevne mellomrom tømme bassenget for avfall, kontrollere innløp og utløp, rengjøre sandfang, gressklipping samt inspeksjon av infiltrasjonsevnen, (Hindsberger).

Bruk av regnvann fra tak til toalett- skyll og tøyvask



Figur 9: Illustrasjon bruk av regnvann fra tak til toalett- skyll og tøyvask

Beskrivelse:

I Danmark er det tillatt å bruke regnvannet fra taket til toalettskyll og tøyvask i boliger, altså benytte overvannet som en ressurs. Regnvannet samles opp i en beholder og blir derfra pumpet i et separat ledningssystem til toalettet eller vaskemaskinen.

Design:

- Det er viktig at slikt utstyr blir installert av autoriserte personer/ firmaer
- I Danmark er det utviklet retningslinjer for bruk av slike systemer (pipe centre guidance 003, bruk av regnvann til toalett- skyll og vaskemaskiner i boliger)

Tabell 7: Fordeler og ulemper ved bruk av regnvann fra tak til toalett- skyll og tøyvask

Fordeler	Ulemper
Reduserer bruk av drikkevann	Må installeres av autoriserte personer/ firmaer
Vann som inneholder mindre kalk reduserer bruk av såpe	Krever en del vedlikehold
	Kan kun benyttes i boliger

Slike anlegg har god reduksjon av maks vannmengde og gir en god volumreduksjon av overvannet samt at det har en god effekt med tanke på forurensing. Slike anlegg kan installeres i stort sett alle

miljøer og har som sagt god effekt på forurensinger som SS, tungmetaller, fosfor og nitrogen. Vedlikehold er viktig, kontroll av tank, filtre, pumpeanlegg, elektriske komponenter og sandfang bør gjennomføres årlig, (Hindsberger).

Diverse filtre

Beskrivelse:

Det finnes i dag forskjellige typer filtre som kan benyttes som en forbehandling av overvannet, skive-, bånd- eller trommelfiltre er eksempler på slike. Vannet filtreres gjennom en filterduk eller finmasket nett. Filtrene kan fås i forskjellige materialer og kan fungere som rene separate anlegg eller kombineres i andre komponenter. Filtrene har en begrenset kapasitet og det er derfor viktig med en form for lagring av vannet før det passerer filtret slik at strømmingen kan reguleres. Skive-, bånd- eller trommelfiltre kan enten etableres direkte i forbindelse med taknedløp eller andre løsninger for eksempel ved oljeutskillere eller fordrøyningsmagasiner.

Design:

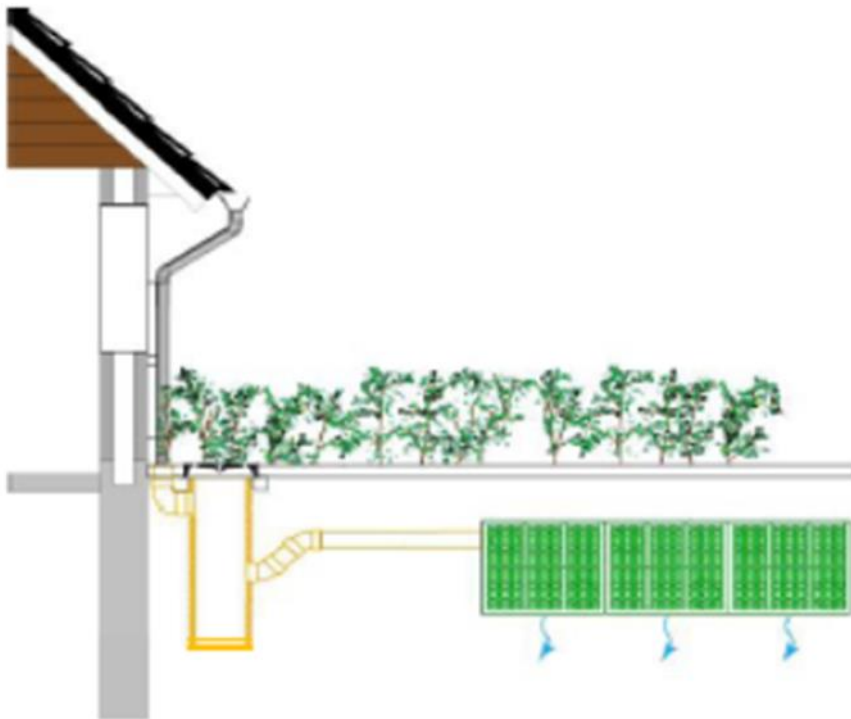
- Etablering av sandfang før filtrene er viktig
- Det er mulig å tilpasse filtrenes effekt/ oppgave med tanke på filtrets tetthet. Man kan få filtre med porestørrelser fra 10µm og opp til 50 mm samt at porestørrelsen kan varieres enda mere i spesielle tilfeller.
- Dimensjoneringen foretas som oftest av leverandør

Tabell 8: Fordeler og ulemper ved diverse filtre

Fordeler	Ulemper
Effektive løsninger og med mulighet for filtrering av små partikkelstørrelser	Dyr løsning
God fjerning av SS	Mye vedlikehold
Enkel hydraulikks dimensjonering	Lite økonomisk ved små arealer

Slike anlegg har liten effekt på reduksjon av maks vannmengde og volumbegrensninger, men har en svært god effekt på forurensinger. Slike løsninger kan benyttes i de fleste miljøer, men krever som sagt en del vedlikehold. Tilsyn av filtre (spyling og vasking), tømning av sandfang og ved behov drift og vedlikehold av maskinutstyr, (Hindsberger).

Faskiner



Figur 10: Illustrasjon av bassiner

Beskrivelse:

Faskiner er hulrom/magasiner under jorden hvor vannet lagres og infiltreres. Faskiner kan bestå av singel, lecakuler, plastkassetter eller lignende. Faskiner fungerer slik at vannet lagres og infiltreres videre og renses i stedlige masser. Det er mulighet for å koble på overløp på slike anlegg til kloakk eller LOD tiltak.

Design:

- Ved dimensjonering av slike anlegg er det viktig med jordundersøkelser, for å undersøke om de stedlige massene egner seg til et slikt bruk
- Faskiner dimensjoneres som oftest for en gjentakperiode på 2-5 år
- Det er ikke stilt krav til plassering av slike typer anlegg, men en plassering over grunnvannsspeilet egner seg best.
- Man bør plassere slike anlegg minst 5 meter fra hus med kjeller
- For å unngå problemer bør man installere et sandfang før anlegget

Tabell 9: Fordeler og ulemper ved bassiner

Fordeler	Ulemper
Ingen oppstuvning på overflaten	Dårlig effekt i jord med dårlig permeabilitet
God reduksjon av maks vannmengde og volum	I leirholdig masser er det behov for større anlegg
Øker grunnvannstanden	Krever en del forundersøkelser
Lett å bygge og vedlikeholde	Fungerer dårlig ved forurenset regnvann
Kan bygges i eksisterende bebyggelse	Nedsatt funksjon ved våte perioder

Slike typer anlegg er gode tiltak for reduksjon av regnvann i stort sett alle miljøer, men man bør være forsiktig ved å etablere slike anlegg i svært forurensete områder og der grunnvannet er sårbart siden anlegget har liten renseeffekt. Slike anlegg er ofte private og det er derfor viktig å etablere gode rutiner på vedlikehold, sandfang må tømmes samt en kontroll av funksjonen på anlegget, (Hindsberger).

Filterløsninger i veg



Figur 11: Illustrasjon av filterløsninger i veg

Beskrivelse:

I Sverige benyttes slike typer løsninger ofte, filtrene plasseres i sluk eller andre innløp. Det finnes forskjellige filtertyper, noen er designet for å samle opp olje og andre for tungmetaller. Slike typer filtre er avhengig av mye vedlikehold og egner seg derfor best i områder hvor vedlikehold kan skje regelmessig.

Design:

- Etter fabrikantens anvisning

Tabell 10: Fordeler og ulemper ved filterløsninger i veg

Fordeler	Ulemper
Slike typer anlegg kan være et trinn i flere rensemetoder	Blir raskt tett
	Krever mye vedlikehold

Slike typer anlegg har ingen funksjon med tanke på reduksjon av maks vannmengde eller volum. Slike anlegg kan installeres i alle typer miljøer og har en helt grei renseeffekt på for eksempel tungmetaller, SS og olje, (Hindsberger).

Forsinkelse/ oppstuvning på bakken



Figur 12 og 13: Illustrasjon forsinkelse/ oppstuvning på bakken

Beskrivelse:

Man kan forsinke regnvannet ved mange ulike metoder, en av disse er å benytte naturlige eller konstruerte forsenkninger, som for eksempel fotballbaner, lekeplasser eller parkeringsplasser.

Design:

- Det er topografien som bestemmer om et område kan egne seg som forsinkelse for overvann. Bassengvolumet beregnes også ut fra topografien.
- Volumet på bassenget kan økes ved for eksempel jordpaller, fortauskanter etc.

Tabell 11: Fordeler og ulemper ved forsinkelse/ oppstuvning på bakken

Fordeler	Ulemper
Ved korte regnskyll gir slike løsninger god forsinkelse	Reduserer volumet lite
Egner seg godt når arealet skal brukes til flere formål	Oppstuvningen kan ligge lenge
Lett å vedlikeholde	Kan kreve ekstra vedlikehold av arealet

Slike typer anlegg kan etableres i de fleste typer miljø, men egner seg nok dårlig i tettbygde strøk siden anlegget er noe plasskrevende. Som sagt har ikke anlegget noen reduksjon på volumet, men reduserer maks vannmengde en del. Vedlikehold er også viktig, renhold etter oppstuvning, vegetasjon må holdes ved like og sedimenter bør fjernes, (Hindsberger).

Forsinkelsesmagasiner/ regnvannsbassenger



Figur 14: Illustrasjon forsinkelsesmagasiner/ regnvannsbassenger

Beskrivelse:

Regnvannsbassenger er et ekstra volum til magasinering av vann på overflaten (eller under overflaten). Slike anlegg har også en sedimentereingseffekt. Vanligvis er disse magasinene eller bassengene tørre men, det er også mulig med permanente vannspeil (våte bassenger). Bassengene konstrueres med ugjennomtrengelige materialer i sidene og i bunn.

Design:

- Dimensjoneres som oftest for 5- 10 års gjentakintervall
- Minimum lengde/ bredde forhold 2:1
- Maks fall på sidene 1:4 med tanke på vedlikehold og sikkerhet
- Det bør være sandfang før innløp
- Beplantning mot enden av bassenget vil ha en positiv effekt på forurensing

Tabell 12: Fordeler og ulemper ved forsinkelsesmagasiner/ regnvannsbassenger

Fordeler	Ulemper
Kan anvendes ved sårbare grunnvannstater hvis det benyttes membran	Lite reduksjon av volum
Enkelt å dimensjonere og etablere	Stort arealbehov
Egner seg godt når arealet skal brukes til flere formål	Kan krever en del vedlikehold
Har positiv effekt på forurensing	

Slike typer anlegg har god effekt på reduksjon av maks vannmengde og kan ha en god effekt på volumbegrensning hvis det kan infiltreres til grunnen samt en god effekt på fjerning av forurensende stoffer som SS og tungmetaller. Anlegget passer godt inn i de fleste områder, men er plasskrevende og derfor ugunstig i tettbygde strøk. Når det kommer til vedlikehold må man tømme sandfang samt at man klipper gress og fjerner avfall som samler seg opp, (Hindsberger).

Permeable belegg



Figur 15: Illustrasjon av permeable belegg

Beskrivelse:

Permeable belegg eller flater er belegg som tillater vann å infiltrere gjennom belegget. Slike anlegg kan være brostein, fliser med bred fugemasse eller annet materiale. Slike gjennomtrengelige overflater kan i prinsippet brukes i alle typer områder som veier, stier, parkeringsplasser, oppkjørsler osv.

Design:

- Det er viktig at man ved dimensjonering tenker på belastning slik at underbygningen blir riktig
- Det er viktig at infiltrasjonshastigheten er god nok slik at det ikke dannes dammer på overflaten
- Man kan benytte et filter i toppen slik at større partikler ikke siver ned

Tabell 13: Fordeler og ulemper ved permeable belegg

Fordeler	Ulemper
Infiltrasjon gjennom gress fjerner forurensinger i vannet	Kan ikke benyttes der det er fare for mye sedimentoppsamling
God reduksjon maks vannmengde og volum	Kan kun benyttes der trafikkbelastningen er lav
God løsning i tett bebyggelse	Fare for fortetting ved dårlig vedlikehold
Lite vedlikehold	
Kan anvendes i utbygde strøk	

Slike typer anlegg egner seg godt i de fleste miljøer og har en god renseevne på for eksempel tungmetaller, nitrogen og SS. Vedlikeholdsmessig er det viktig at overflaten holdes ren, (Hindsberger).

Grøfter



Figur 16 og 17: Illustrasjon av grøfter

Beskrivelse:

Grøfter kan være tradisjonelle gresskledde grøfter eller grøfter fylt med pukk eller en annen type materiale. Grøfter lagrer vannet til det enten ledes bort eller infiltreres. Grøfter kan ha et underliggende drenerør slik at vannet går til overvannssystemet. Grøftsystemet kan være et trinn i et annet LOD system.

Design:

- Et par meter dype utgravninger evt. fylt med pukk
- Det bør være et skille slik at forurensete masser ikke kommer til grøften
- Det bør være en inspeksjonskum hvis det benyttes drenerør i bunn av grøften

Tabell 14: Fordeler og ulemper ved grøfter

Fordeler	Ulemper
Har god effekt på maks vannmengde og volum	Dyrt å skifte ut materiale i grøft
Har rensende effekt ved infiltrasjon i gress eller andre permeable flater	Krever en del areal, egner seg dårlig i urbane områder

Slike typer anlegg egner seg best i boligområder eller rundt handels og industriområder. Men har god effekt på forurenset vann som SS og tungmetaller. Vedlikeholdsmessig bør man tilse at avfall fjernes fra grøften, (Hindsberger).

Grønne tak



Figur 18: Illustrasjon av grønne tak

Beskrivelse:

Grønne tak er forskjellige former for beplantning og består som regel av flere lag. Under gresset ligger dreneringslag, isolering, dampsperre m.m. Prinsippet går ut på at vannet som fanges opp skal fordampe/ redusere og forsinke nedbøren.

Design:

- Grønne tak skal fungere som magasin og holde tilbake regnvannet
- Det er viktig at takkonstruksjonen er dimensjonert slik at den kan bære det oppsamlede vannet.
- Ved etablering av flere avløp minsker man risikoen for tilstopping
- Det er også viktig at riktig jordmedium og riktig beplantning brukes

Tabell 15: Fordeler og ulemper ved grønne tak

Fordeler	Ulemper
God effekt på by forurensing (partikler og støv)	Er kostbart kontra vanlige tak
Kan benyttes i tettbygde områder	Egner seg dårlig for skråtak
Kan benyttes på eksisterende bygg	Krever en del vedlikehold
Er økologisk, estetisk og gjør bybildet grønt	Kan gjøre stor skade hvis membran blir skadet
Isolerer	Kan være en tung belastning på taket
Beskytter takbelegg	
Øker fuktigheten i byer	

Slike anlegg egner seg godt i nesten alle miljøer og har god effekt på maks vannmengde og volum begrenning samt god effekt på tungmetaller og SS. Skal anlegget fungere optimalt er det viktig med vedlikehold, anlegget må vannes under etablering og i meget tørre perioder. Planter eller lignende som dør ut må erstattes samt kontroll og rengjøring av taknedløp, (Hindsberger).

Infiltrasjonsbassenger



Figur 19: Illustrasjon av infiltrasjons bassenger

Beskrivelse:

Infiltrasjonsbassenger er gresskledded fordypninger på overflaten. Prinsippet med disse er å oppmagasinere og infiltrere det tilstrømmende regnvannet til bakken. Infiltrasjonsbassenger kan kombineres med underliggende hindringer og med utløp slik at anlegget fungerer som en forsinkelsesmetode.

Design:

- Det er nødvendig å installere sandfang for å fjerne sedimenter før innløpet til basseng
- Det er jordens infiltrasjonsevne som bestemmer størrelsen på anlegget
- Infiltrasjon bør ikke skje der grunnvannet er sårbart eller der jorden er forurenset
- Bør dimensjoneres for gjentakintervall på 5- 10 år

Tabell 16: Fordeler og ulemper ved infiltrasjons bassenger

Fordeler	Ulemper
God effekt på volum begrenning	Krever en del undersøkelser
Kan ha positiv effekt på forurensinger ved filtrering gjennom bakken	Lite egnet der forurensede masser finnes
Er billig å etablere	Krever store flate arealer
Øker grunnvannstanden	
Lett å kontrollere funksjonaliteten	

Slike typer anlegg egner seg best i boligområder eller ved handel og industri siden de er nokså plasskrevende. Anlegget har som sagt god effekt på forurensinger som SS og tungmetaller samt noen effekt på nitrogen. Anlegget må ha tilsyn, det er viktig at gresset klippes, sandfang tømmes, kontroll av infiltrasjon samt kontroll av innløp og utløp, (Hindsberger).

Kunstige våtmarker



Figur 20: Illustrasjon kunstige våtmarker

Beskrivelse:

Kunstige våtmarker er helt dekket av vegetasjon, der vannet ved mye nedbør vises på overflaten. Kunstige våtmarker har den effekt at det både forsinker og renser vannet. Siden anlegget forsinker vannet godt vil vannet også bli renset ved sedimentasjon og ved opptakelse av forurensinger i planter.

Design:

- Det bør være plass til et vist volum i eller over det permanente vannspeilet
- Mulighet for å fjerne sedimenter oppstrøms eller ved innløp
- Det må være et konstant tilsig av vann
- Det skal være både dype og grunne områder i anlegget maks 1,2 meter
- Lengde/ breddeforhold 1:3
- Lite fall på sidene

Tabell 17: Fordeler og ulemper ved kunstige våtmarker

Fordeler	Ulemper
God effekt på by forurensing (partikler og støv)	Arealkrevende
Ved membran i bunn kan anlegget benyttes der det finnes sårbart grunnvann	Krever konstant tilførsel av vann
Kan tilføre mer natur og dyreliv	Begrenset dybde på magasinering
	Kan frigjøre nitrogen utenfor vannsonen
	Lite reduksjon av volum
	Er sårbare ved mye tilsig av sediment holdig vann

Slike typer anlegg egner seg i mange miljøer, men ikke i tett bebyggelse eller i svært forurensede områder. Anlegget har god renseeffekt på både SS og tungmetaller samt en vis effekt på nitrogen. Det er viktig at avfall fjernes, spesielt ved inn- og utløp samt at vegetasjonen i anlegget vedlikeholdes, (Hindsberger).

Infiltrasjon på grønne arealer



Figur 21: Illustrasjon av infiltrasjon på grønne arealer

Beskrivelse:

Ved infiltrasjon på grønne arealer vil vann renne direkte ut på det grønne arealet og infiltrere. Det benyttes som regel gressplener, men andre typer beplantning er også mulig. Anlegget skal ha fall bort fra asfalterte flater eller annen bebyggelse. Anlegg av denne typen benyttes vanligvis til å forsinke, infiltrere og rensing av regnvann. Vannet renses ved filtrering gjennom vegetasjon, det skjer en avsetning av partikkelformet forurensning og en siling gjennom jordsmonnet.

Design:

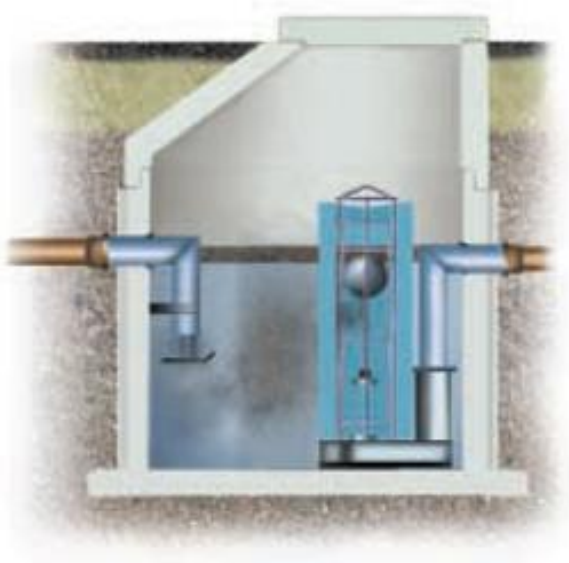
- Arealet bør minst være 6 meter bredt
- Avrenningen bør deles så likt som mulig
- Fall: min $1/50 = 20 \text{ ‰}$ maks $1/20 = 50 \text{ ‰}$

Tabell 18: Fordeler og ulemper ved infiltrasjon på grønne arealer

Fordeler	Ulemper
God absorberingsevne fra store tette flater	Krever store arealer
Fremmer fordamping og infiltrasjon	Uegnet ved bratt terreng
Enkelt og billig å etablere	Egner seg dårlig der regnvannet er svært forurenset og der grunnvannstanden er sårbar
Gir en god forbehandling/ rensing av vannet	
Kan lett tilpasses landskapet	

Slike typer anlegg egner seg godt i de fleste områder, men er som sagt plasskrevende og egner seg dårlig i tettbygde strøk samt over sårbart grunnvann. Anlegget har en vis renseeffekt på SS og tungmetaller. Som alle andre anlegg krever også dette anlegget vedlikehold, klipping av gress, kontroll av inn- og utløp samt represjon av erosjon, (Hindsberger).

Oljeutskiller



Figur 22: Illustrasjon av oljeutskiller

Beskrivelse:

Mange overvannsystemer er utstyrt med oljeutskiller, disse fungerer på en slik måte at den separerer og fører bort oljen fra vannet. Noen av disse systemene er utstyrt med lamellær innsats, noe som betyr at systemet kan mates med store vannmengder uten at systemet svikter. Slike systemer er ofte koblet i sirkulasjon slik at ved små regnskylt vil alt regnvannet passere systemet mens ved store regn vil kun den første delen av vannet passere gjennom utskilleren. Det er som regel denne delen av regnskyllet som inneholder olje.

Design:

- Det må være sandfang før oljeutskiller
- Utskillere med sirkulasjon kan bare anvendes der det ikke forventes store oljekonsentrasjoner samt store mengder vann
- Slike systemer dimensjoneres ofte slik at 1/10 av den dimensjonerende vannstrømmen passerer utskilleren men resterende 9/10 går i sirkulasjon

Tabell 19: Fordeler og ulemper ved oljeutskiller

Fordeler	Ulemper
God reduksjon av olje	Fjerner bare tungmetaller og finere partikler i noen grad
Kan monteres så si overalt	Kan være vanskelig å dimensjonere hvis man ikke vet hvor mye vann som kommer
Kan monteres med alarm og lukkespjeld	Fare for at regnvannet skyller ut oljen
	Må tømmes ved jevne mellomrom

Slike typer anlegg har ingen effekt på maks vannmengde eller volumet, men har en liten effekt på fjerning av forurensing. Anlegget passer i alle miljøer. Med tanke på vedlikehold må man tømme både oljeutskiller og sandfang, (Hindsberger).

Regnbed



Figur 23: Illustrasjon av regnbed

Beskrivelse:

Regnbed er en beplantet fordypning i terrenget. Prinsippet med et slike anlegg er at anlegget skal oppmagasinere og fordampe/infiltrere vannet fra mindre regn. Det er viktig at plantene som benyttes er planter som tåler både våte og tørre perioder.

Design:

- Anlegget bør være av en størrelse slik at det kan håndtere mindre regn, dybden bør ikke overskride 15- 50 cm.
- Anlegget bør kunne tømmes halvt på ca. 24 timer slik at det kan ta i mot nye regn
- Anlegget bør være utstyrt med overløp

Tabell 20: Fordeler og ulemper ved regnbed

Fordeler	Ulemper
God effekt på by- forurensing	Krever en del planlegging av landskapet
Reduserer volumet og maks vannmengde	Kan tilstoppes hvis det ikke vedlikeholdes rundt anlegget
Kan benyttes i tettbygde strøk hvis det lages plass og jordmassen tilpasses godt nok	Dårlig effekt i bratt terreng
Kan uformes på mange måter slik at det passes inn i landskapet	

Slike typer anlegg egner seg i alle miljøer og har en hvis effekt på forurensinger som SS og tungmetaller. Skal anlegget fungere optimalt er det viktig at avfall som samler seg i og rundt anlegget fjernes, kontroll av inn- og utløp, vegetasjonen i anlegget må vedlikeholdes samt at anlegget bør vannes ved svært tørre perioder, (Hindsberger).

Regnvannsbeholdere



Figur 24: Illustrasjon av regnvannsbeholdere

Beskrivelse:

Oppsamling av regnvann i beholdere eller tønner er en god måte å gjenbruke vannet på. Vannet kan benyttes til for eksempel vanning eller bilvask. Effekten av slike beholdere eller tønnene merkes bedre hvis størrelsesorden er på for eksempel 2-4 m³.

Design:

- Regnvannsbeholderne bør være så store som mulig
- Beholderen bør plasseres på en slik måte at ikke vann kan skade fundamenter eller murverk

Tabell 21: Fordeler og ulemper ved regnvannsbeholdere

Fordeler	Ulemper
Regnvannet kan benyttes uansett vannkvalitet	Ingen rensing av vannet
Erstatter drikkevann	Pollen og blader kan gi dårlig vannkvalitet samt en del myggoppblomstring
Billig å installere samt enkelt å vedlikeholde	Solvarme gir høy temperatur på vannet og dermed dårligere vannkvalitet
Overløpet sendes som regel til infiltrasjon og ikke til avløp	

Slike typer anlegg egner seg så si overalt, men kan ha mindre effekt der takarealet er stort. Anlegget har ingen renseseffekt på forurensinger, men har god reduksjon av maks vannmengde og volum. Slike

anlegg bør vedlikeholdes ved jevne mellomrom, beholderne bør renses og vaskes når vannet er meget missfarget, beholderne bør tømmes ved frostperioder og rensing av taknedløp, (Hindsberger).

Rensing i grønne arealer/ regnbed



Figur 25 og 26: Illustrasjon på rensing i grønne arealer/ regnbed

Beskrivelse:

Ved rensing i grønne arealer renner vannet direkte ut på den grønne overflaten eller i regnbed. Det er som regel gressarealer med andre typer beplantning enn ved grønne tak kan benyttes. Arealet bør ha et fall slik at det ikke er fare for at vannet skal skade nærliggende bebyggelse e.l.. Vannet renses ved filtrering gjennom beplantningen og ved avleiring av partikkelformet forurensing. Ved lettere forurenset vann vil vannet også renses i de øverste jordlagene.

Design:

- Avrenningen må skje jevnt og vanndybden bør ikke være mer enn 50 cm.

Tabell 22: Fordeler og ulemper ved rensing i grønne arealer/ regnbed

Fordeler	Ulemper
God effekt på å absorbere store vannmengder fra asfalterte arealer	Krever store arealer
Enkelt og billig å konstruere	Uegnet ved bratt terreng
Er en god forbehandlings metode for rensing av lett forurenset vann	Egner seg dårlig ved veldig forurenset vann samt der grunnvannstanden er sårbar
Kan lett plasseres i landskapet og gjøres estetisk	

Slike typer anlegg egner seg godt i stort sett alle miljøer, men kan være vanskelig i tettbygde strøk siden anlegget krever mye areal. Renseeffekten er god når det kommer til SS og tungmetaller. Anlegget har ikke god effekt med tanke på reduksjon av volumet, men har en liten effekt på maks vannmengde. Det er viktig at anlegget holdes vedlike, klipping av gress samt fjerning av avfall er viktig hvis anlegget skal fungere optimalt, (Hindsberger).

Sand- og steinfiltre

Beskrivelse:

Sandfiltre er enkle infiltrasjonsenheter der regnvannet blir renset ved at det blir sendt gjennom sand- / grusfiltre. Filtrene kan konstrueres slik at de er tette eller at de tillater innsig. Det er viktig at vannet passerer en sandfang før det går inn i filtret slik at større partikler blir fanget opp. Sandfiltrene har en redusert effekt og det er derfor viktig med en form for magasinering og kontrollert utslipp langs filteret. Sand-, grus- eller steinfiltre brukes oftest for å filtrere ut suspenderte stoffer, men det vil også være en viss biologisk prosess og binding av forskjellige stoffer i filtermediet.

Design:

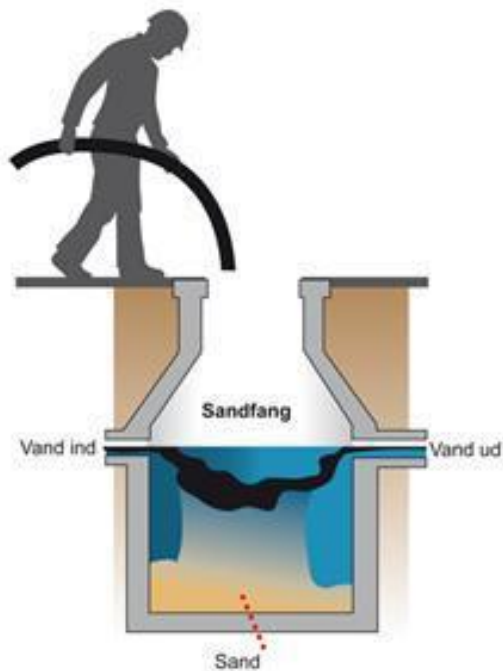
- Det er normalt at det etableres sandfang på slike anlegg
- Filtrene kan enten etableres på en slik måte at tyngdekraften fører vannet gjennom filtret eller at man benytter lukkede beholdere hvor vannet blir tvunget gjennom filtret ved hjelp av trykk.
- Et finere filtermateriale vil gjerne gi bedre renseseffekt enn ved bruk av grovere materiale, men faren for tilstopping er større ved finere materiale
- Det er filtrets konstruksjon og tilgangen på oksygen som avhenger om filtret vil ha en biologisk prosess

Tabell 23: Fordeler og ulemper ved sand og steinfiltre

Fordeler	Ulemper
Enkel og billig løsning	Begrenset levetid på filtermaterialet
Man kan oppnå god renseseffekt ved riktig kornstørrelse	Den hydrauliske kapasiteten vil være dårligere etter som årene går på grunn av tilstopping
Mulighet for biologisk rensing	Rengjøring av filtermassen
	Uten sandfang vil filtret raskt miste effekten

Slike typer anlegg egner seg så si i alle miljøer, men noe dårlig i tettbygde strøk siden anlegget er plasskrevende. Renseseffekten er god på SS og har grei effekt på tungmetaller og nitrogen. Skal anlegget fungere optimalt må man regelmessig tømme sandfangen, tilsyn av funksjonen på anlegget samt rensing eller utskifting av filtermaterialet, (Hindsberger).

Sandfang



Figur 27: Illustrasjon av sandfang

Beskrivelse:

Avløpsrør må beskyttes mot urenheter som kan føre til tilstopping. Det kan være sand, grus, blader, kvister osv. Derfor bør sandfang benyttes når:

- Avrenning fra asfalt og gruslagte områder
- Taknedløp og lignende, hvor det er risiko for at vannet inneholder komponenter som kan føre til tilstopping
- Ved vaskehaller for biler
- Før olje og fettutskillere

Dimensjonering:

- Sandfanget dimensjoneres slik at sand/grus etc. samles til bunnen i sandfanget
- Større anlegg konstrueres på en slik måte at overflaten ca. er $0,4 \text{ m}^2$ per. l/s av den dimensjonerende vannføringen i innløpet. Dette gir generelt en godt egnet bunnfellingsgrad
- Volumet på lagringskapasiteten på sand/ grus må sees sammen med tømmefrekvensen (f.eks. 1 til 2 ganger årlig)
- Når man dimensjonerer et sandfang kan det også velges å betrakte oppholdstiden for vannet i sandfangen

Tabell 24: Fordeler og ulemper ved sandfang

Fordeler	Ulemper
Lite plasskrevende	Har liten effekt på finere partikler
Fjerner løv og tunge partikler som sand og grus	Fjerner ikke tungmetaller og oppløste forurensinger
	Må tømmes for å virke
	Sandfang bør ikke etableres på vanlige spillvannsledninger

Sandfang har liten effekt på reduksjon av maks vannmengde eller reduksjon av volumet men, kan plasseres i alle miljøer. Skal sandfanget fungere må den tømmes for slam og sand, (Hindsberger).

Tette renner



Figur 28 og 29: Illustrasjon av tette renner

Beskrivelse:

Tette renner brukes i byområder for å forsinke og transportere regnvannet enten til LOD- anlegg eller til avløp. Tette renner synliggjør regnvannet i bybildet.

Design:

- Skal normalt kunne håndtere normale regnskyll
- Rennene bør ha et fall på 15- 20 ‰
- Må ikke være et hinder for trafikk eller gående

Tabell 25: Fordeler og ulemper ved tette renner

Fordeler	Ulemper
Enkelt og billig å etablere	Kan være til hinder for trafikk eller gående
Lett å kontrollere funksjonaliteten	
Kan øke rekreasjonsverdi	

Slike typer anlegg har liten, men noe effekt på reduksjon av maks vannmengde og volum samt liten effekt på forurensinger. Slike typer anlegg kan etableres i alle typer miljøer. Skal rennene fungere optimalt er det viktig at rennene holdes rene for avfall, (Hindsberger).

Forskningsrenne



Figur 30: Illustrasjon forsknings renne

Beskrivelse:

Forskningsrenne er brede eller smale kanaler som er dekket med gress eller annen beplantning. Slike anlegg er laget for å forsinke eller lagre avrenningen. Vannet kan infiltreres hvis massene tilsier det. Det er viktig at vannhastigheten holdes lav slik at partikulære forurensinger holdes tilbake og gir en viss rensing av vannet. Slike anlegg kan erstatte tradisjonelle ledninger og raviner langs veiene. Anlegget kan etableres med underliggende dren eller at bunnen er ugjennomtrengelig. Det kan også etableres dammer langs slike anlegg.

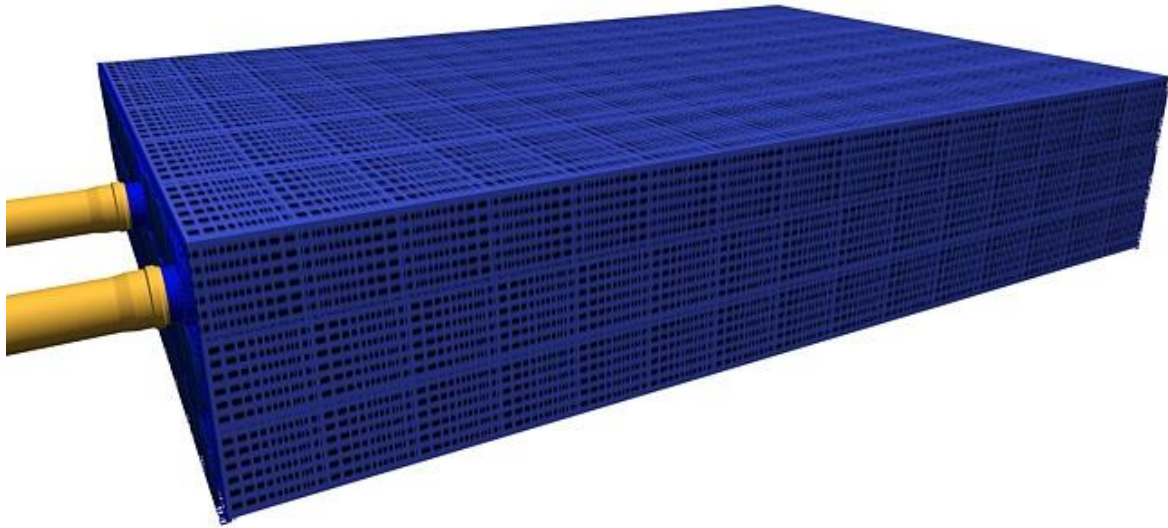
Design:

- Vannhastigheten bør være lav, ca. 1- 2 m/s ved store regnskyll
- Vanddybden ved hyppige regnskyll bør holdes under 0,1 m
- Skråning på anlegg bør ikke overskride 1:3
- Minimum bredde 0,5 m

Tabell 26: Fordeler og ulemper ved forsenknings renne

Fordeler	Ulemper
Lett å tilpasse i landskapet	Godt synlig
God effekt på fjerning på by forurensing	Egner seg dårlig i bratt terreng
Billig	Begrenser bruken av veisiden

Slike anlegg har dårlig effekt på reduksjon av maks vannmengde og volum, men har en viss effekt på forurensinger som SS og tungmetaller. Anlegget egner seg så si i alle miljøer, men kan være ugunstig der grunnvannstanden er sårbar, (Hindsberger).



Figur 31: Illustrasjon plastkassettmagasin, (Wavin)

Beskrivelse:

Kassettmagasiner er magasiner som er plassert under bakken. De består i hovedsak av firkantede plastkassetter. Kassettmagasin er et godt alternativ hvis det ikke er mulig å lede takvann eller annet ikke- forurenset overvann ut til gresskledde infiltrasjonsflater. Magasinet fungerer slik at det tømmes ut i omgivelsene, men det er også mulighet å kontrollere utløpet med et spesielt dreneringssystem eller en kombinasjon.

Design:

- Ved dimensjonering av slike anlegg er det viktig med jordundersøkelser, for å undersøke om de stedlige massene egner seg til et slikt bruk
- Det er ikke stilt krav til plassering av slike typer anlegg, men en plassering over grunnvannsspeilet egner seg best.
- Man bør plassere slike anlegg minst 5 meter fra hus med kjeller
- For å unngå problemer bør man installere et sandfang før anlegget

Tabell 27: Fordeler og ulemper ved Plastkassett- og steinfyllingsmagasin

Fordeler	Ulemper
Ingen oppstuvning på overflaten	Dårlig effekt i jord med dårlig permeabilitet
God reduksjon av maks vannmengde og volum	I leirholdig masser er det behov for større anlegg
Øker grunnvannstanden	Krever en del forundersøkelser
Lett å bygge og vedlikeholde	Fungerer dårlig ved forurenset regnvann
Kan bygges i eksisterende bebyggelse	Nedsatt funksjon ved våte perioder

Slike typer anlegg er gode tiltak for reduksjon av regnvann i stort sett alle miljøer, men man bør være forsiktig ved å etablere slike anlegg i svært forurensete områder og der grunnvannet er sårbart siden anlegget har liten renseseffekt. Slike anlegg er ofte private og det er derfor viktig å etablere gode rutiner på vedlikehold, sandfang må tømmes samt en kontroll av funksjonen på anlegget, (Hindsberger).

Fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør



Figur 32: Illustrasjon av fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør, (Basal)

Beskrivelse:

Betongrør kan installeres i vei og parkeringsarealer uten begrensning i trafikkbelastning. Dette gir stor fleksibilitet i hvor magasinene kan etableres.

Ved å heve utløpet vil fordrøyningsmagasinet holde tilbake sand, slam og andre forurensninger fra utløpet. Da vil fordrøyningsmagasinet fungere som et sedimenterings- og fordrøyningsanlegg.

Partikulært materiale vil sedimentere mot bunnen av magasinet på vei mot utløpet som er plassert i enden av magasinet. Fordeling av sedimenterings- og fordrøyningsvolum bestemmes i hvert enkelt tilfelle. Ofte er det et krav at tilførselen av overvann til det kommunale avløpsnett skal minimaliseres. Når grunnforholdene tillater infiltrasjon er det mulig å tilbakeføre overvannet lokalt. Med små endringer vil fordrøyningsmagasinet også rense overvannet før det igjen slippes ut i naturen, (Basal 2013)

Design:

- Mulighet for å fjerne sedimenter ved innløp
- Gode fyllingsmasser rundt anlegget
- Man bør plassere slike anlegg minst 5 meter fra hus med kjeller
- Ved dimensjonering av slike anlegg er det viktig med jordundersøkelser, for å undersøke om de stedlige massene egner seg hvis man ønsker å infiltrere noe av vannet til stedlige masser

Tabell 28: Fordeler og ulemper ved fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør

Fordeler	Ulemper
Lett å vedlikeholde	Plasskrevende
Tåler stor trafikkbelastning	Tunge elementer å håndtere
Kan kombineres med infiltrasjonsløsning	Kostbart
Lang levetid	
Kan benyttes ved høy grunnvannsstand	

Slike typer anlegg er gode tiltak for reduksjon av regnvann i stort sett alle miljøer. Slike anlegg er ofte private og det er derfor viktig å etablere gode rutiner på vedlikehold, sandfang må tømmes samt en kontroll av funksjonen på anlegget.

6 LOVER OG REGLER

I Norge finnes det ingen samlet lov for vann- og avløpssektoren, regelverket er fordelt utover mange lover. De ulike lovene er gjerne fordelt mot forskjellige departement. Konsekvensen av dette er at det er svært vanskelig å finne og forholde seg til det lovverket som finnes, samt at det skjer oppdateringer i lovverket. Samtidig er det en del grunnleggende spørsmål som ikke er tatt hensyn til, (Hofshagen 2004). Dette innbefatter også lovgivning rundt overvannsrelaterte spørsmål. Nasjonal vassdragsmyndighet, NVE (Norges Vassdrag og Energidirektorat), styrer det som omhandler vann i vassdrag. En slik løsning finnes ikke for håndtering av overvann.

Når man jobber med overvann og lokal overvannsdiskonering er det viktig å vite hvilke regler og forskrifter som man må forholde seg til. Kommunens mulighet til å påvirke overvannsløsninger er i hovedsak styrt av plan- og bygningsloven, vannressursloven og forurensningsloven (Norsk vann 2010). Kommunen kan med bakgrunn i disse lovene utarbeide lokale normer for overvannsløsninger.

6.2 Plan og bygningsloven

Ifølge Plan og bygningslovens § 1 skal man «fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og fremtidige generasjoner». Loven påpeker at grunn og overvann skal avledes og sikres før bygning igangsettes. Kapittel 28 beskriver de krav som gjelder for byggetomt og areal. I §28-1 beskrives det som omhandler overvann:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak».

«For grunn som ikke er tilstrekkelig sikker, skal kommunen om nødvendig nedlegge forbud mot opprettelse eller endring av eiendom eller oppføring av byggverk, eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal».

«Departementet kan gi nærmere forskrifter om sikkerhetsnivå og krav til undersøkelser, sikringstiltak for personen eller eiendom, dokumentasjon av tiltaket og særskilte sikringstiltak».

Dette betyr at kommunen med hjemmel i loven kan nedlegge byggeforbud der det er fare for at overvannet kan skape fare eller vesentlig ulempe for miljø, natur eller grunn som følge av de endringene som gjennomføres. Dette omfatter opprettelse og endring av eiendom og endring av grunn. I følge (Norsk vann 2010) er kommunens ansvar jf. forskrift 22.januar 1997 nr.23 begrenset til å påse at tiltak for å begrense fare eller vesentlig ulempe er tilstrekkelige og at det er tiltakshaver selv som må innhente informasjon for å avgjøre hvilke tiltak som er tilfredsstillende, (Norsk vann 2010). Det fremgår videre av § 28-2 at arbeid som bygging, riving eller sprengning ikke kan igangsettes uten at nødvendige tiltak er truffet.

6.3 Vannressursloven

Vannressurslover har som formål å «sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann». Når det gjelder overvann, peker § 7 seg ut. Den tar for seg det som omhandler bevaring av det naturlige hydrologiske kretsløp, og vil ut fra dette forebygge flom og oversvømmelser. Loven sier:

«Ingen må hindre vannets løp i vassdraget uten hjemmel i denne lov».

«Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader».

Arbeidene gjort i forkant baserer seg på at man på en best mulig måte bør unngå at nedbør og smeltevann føres direkte inn i rør og heller infiltreres. Slik at uønskede hendelser som flom og store investeringer på oppgradering av ledningsnett unngås. Bestemmelsen er i hovedsak tiltenkt tettbebygde strøk og påpeker at tette flater bør unngås. Loven gjelder for både tiltakshaver og relevante myndigheter, men presiserer at det ikke er et absolutt påbud. Selv om at loven ikke krever at det gjennomføres forutsettes det at paragrafen blir vurdert før reguleringsplaner o.l. utarbeides. Vassdragsmyndigheten kan videre pålegge tiltak for å bedre infiltrasjonen. Dette kan gjøres ved utforming av bebyggelsesplan og reguleringsplan eller i etterkant av dette. Det er også viktig at tiltakene er innenfor en akseptabel kostnadsramme. Det er viktig at man både ser på totalkostnaden og hvert enkelt tilfelle når man utfører beregninger, (Vannressursloven 1982).

6.4 Forurensningsloven

Forurensningslovens hensikt er å verne miljøet mot både eksisterende og kommende forurensning i tillegg til å redusere mengden avfall. Slik at man unngår at avfall og forurensninger fører til helseskader eller miljøskader. Forurensningsloven § 22 beskriver krav til utførelse av avløpsanlegg:

«Forurensningsmyndigheten kan i forskrift eller i det enkelte tilfelle fastsette nærmere krav til avløpsledning, herunder om den skal være lukket og vanntett. Forurensningsmyndigheten kan avgjøre om alt avløpsvann skal ledes i felles ledning eller om det skal kreves særskilte ledninger for ulike typer avløpsvann».

«Ved omlegging eller utbedring av avløpsledninger kan forurensningsmyndigheten kreve at eier av tilknyttet stikkledning foretar tilsvarende omlegging eller utbedring. Også ellers kan forurensningsmyndigheten kreve omlegging eller utbedring av stikkledning, når særlige grunner tilsier det».

«I utslippstillatelse for avløpsanlegg kan det settes som vilkår at dette innrettes slik at anlegget kan ta avløpsvann fra annen kommune eller fra andre eiendommer. Merkostnaden dette fører til skal betales av de som får muligheter til tilknytning. I mangel av avtale, fastsettes merkostnaden og fordelingen av dette ved rettslig skjønn. Kostnadene ved underskjønnet skal deles forholdsvis mellom partene i skjønnsaken som får muligheter for tilknytning».

(Norsk vann 2010) mener at man ved hjelp av denne paragrafen kan kreve at overvannet blir håndtert slik at kommunale ledninger med tung belastning, belastes mindre og kreve pålegg om infiltrasjon/ tilbakeholdelse.

6.5 Teknisk forskrift

I teknisk forskrift beskrives det hvordan man bør benytte overvannshåndtering for å opprettholde vannbalansen og for unngå kapasitetsproblemer, (Byggteknisk forskrift 2010). § 15-10 sier:

« (1) Avløpsanlegg skal prosjekteres og utføres slik at avløpsvann bortledes i takt med tilført vannmengde, og slik at god hygiene og helse ivaretas. Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet».

(2) Følgende skal minst være oppfylt:

a) Anlegg skal ha tilstrekkelig tetthet mot lekkasje ved normal bruk. Avløpsledning skal være selvrensende og ha nødvendige punkter for inspeksjon og rengjøring.

b) Byggverk skal sikres mot oversvømmelse som følge av høy vannstand eller overtrykk i avløpsledning. Sjenerende lukt skal ikke forekomme.

c) Overvann, herunder drensvann, skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene».

DEL II

7 BAKGRUNN

I forbindelse med min masteroppgave har jeg fått tildelt en case fra konsulentfirmaet Asplan Viak AS, i casen skal jeg utarbeide et forslag på en lokal overvannsløsning for en næringslivstomt i Horten. Tomten ligger like ved Horten handelspark og er planlagt som en utvidelse av denne handelsparken. Det er et krav om at overvann fra tette flater for eksisterende og ny bebyggelse skal ledes til grunnvann eller overflatevann lokalt.

I casen skal det visualiseres og prosjekteres to alternative overvannsløsninger som er tilpasset de lokale forholdene for området. Det skal også gis en begrunnelse på de løsningene og resultatene som kommer frem blant annet gjennom undersøkelser som er gjennomført under denne perioden og vurderinger gjort internt med tanke på kundens beste.

8 BESKRIVELSE

Kapittel 8.1 til 8.3.3 henvises til Planbeskrivelse fra Asplan Viak As, (Grimsæth 2013)

8.1 Beliggenhet

Planområdet ligger ved Trimveien og utgjør et areal på ca. 21 da. Tomten ligger mellom dagens næringsområde i Trimveien (Horten handelspark) og Borre idrettspark. Vest for planområdet ligger Borre golfbane. Nedenfor er det planlagte planområdet illustrert.



Figur 33: Foreløpig planavgrensning, (Grimsæth 2013)



Figur 34: Kvartærgeologi, avrenningsområde vist med rødt, (Grimsæth 2013)

8.2 Beskrivelse av planområdet

8.2.1 Arealbruk

Planområdet består av en eng med noe krattskog. Det er trær og busker i grensen både mot Borre idrettspark, golfbanen og mot eksisterende næringsområde.

Det finnes ikke eksisterende bygninger innenfor det planlagte planområdet. Tomten grenser til Horten handelspark som er bygget ut med større handels- og næringsbygg. Det nye området vil være en utvidelse av dette området, (Grimsæth 2013).

8.2.2 Eksisterende virksomheter i dagens Horten handelspark

Horten handelspark består i dag av bedrifter med en klar profil i retning av bygg, hage, hjem, møbler og interiør. Samlet areal på bygningsmasse innenfor eksisterende område er ca. 17 000 m², (Grimsæth 2013).

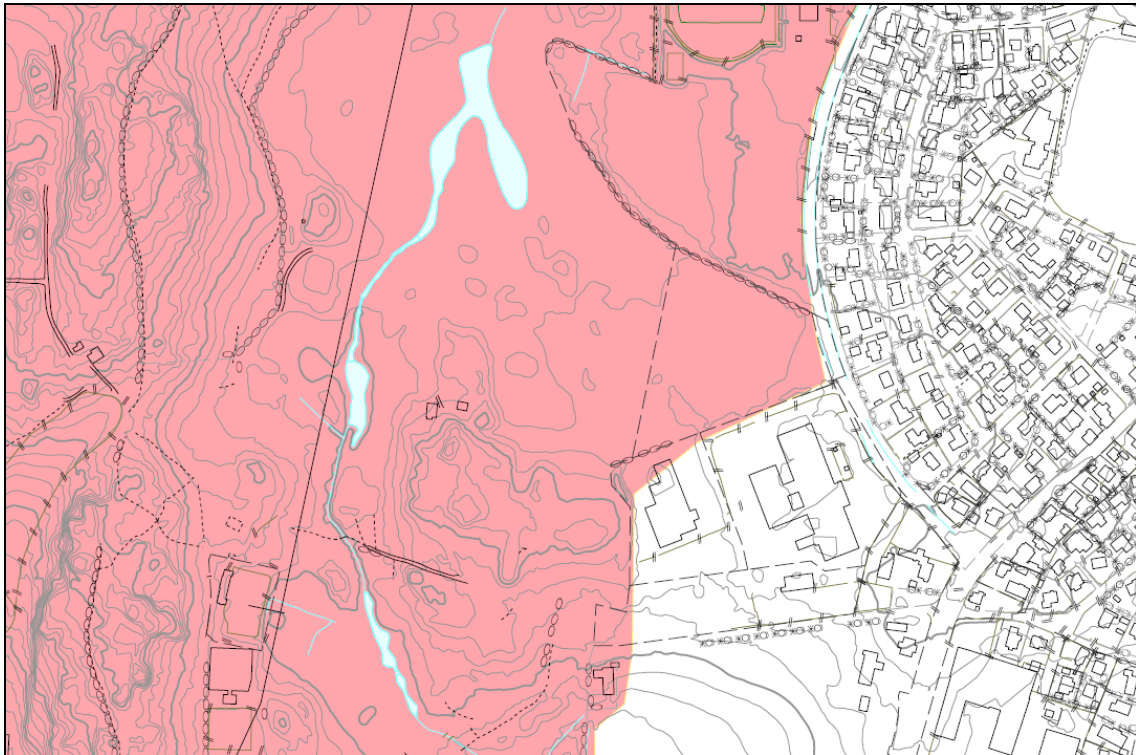
8.2.3 Grøntstruktur og rekreasjon

Planområdet er en del av et større grøntområde som avgrenses av Borrevannet i vest, Eskebekkveien i sør, Falkenstensveien i nord og bebyggelse i øst. Borre golfbane er en del av dette grøntområde. Planområdet ligger i utkanten av dette grøntområdet med direkte tilgrensning til Trimveien.

I følge kommunens kartbase og Direktoratet for naturforvaltnings database er det ingen kjente eller registrerte verdier av vegetasjon/arts mangfold i planområdet.

Buffersonen som ligger mot idrettsbanen i nord er av interesse å opprettholde.

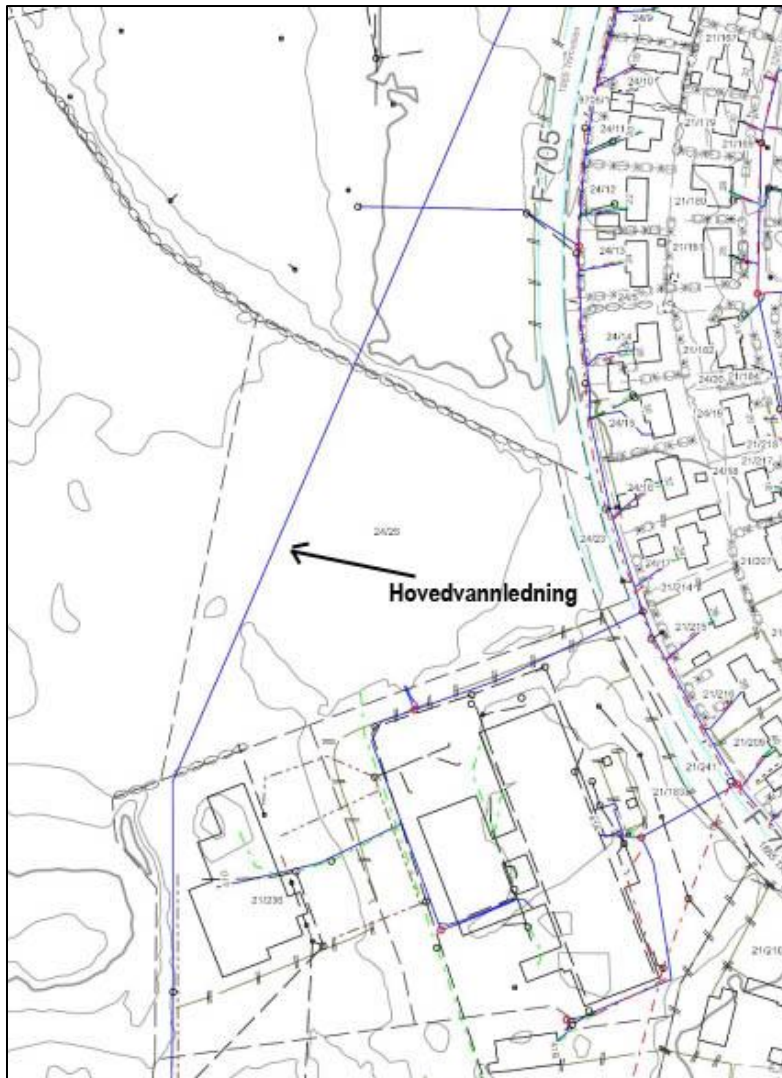
I kommunens temakart for rekreasjon, omfattes planområdet av arealer som er vurdert som svært verdifulle med tanke på rekreasjon. Dette arealet ser ut til å følge tidligere markagrensa. I og med at planområdet nå ligger utenfor markagrensen i kommuneplanens arealdel, er ikke dette vurdert nærmere, (Grimsæth 2013).



Figur 35: Temakart – rekreasjonsverdi, (Grimsæth 2013)

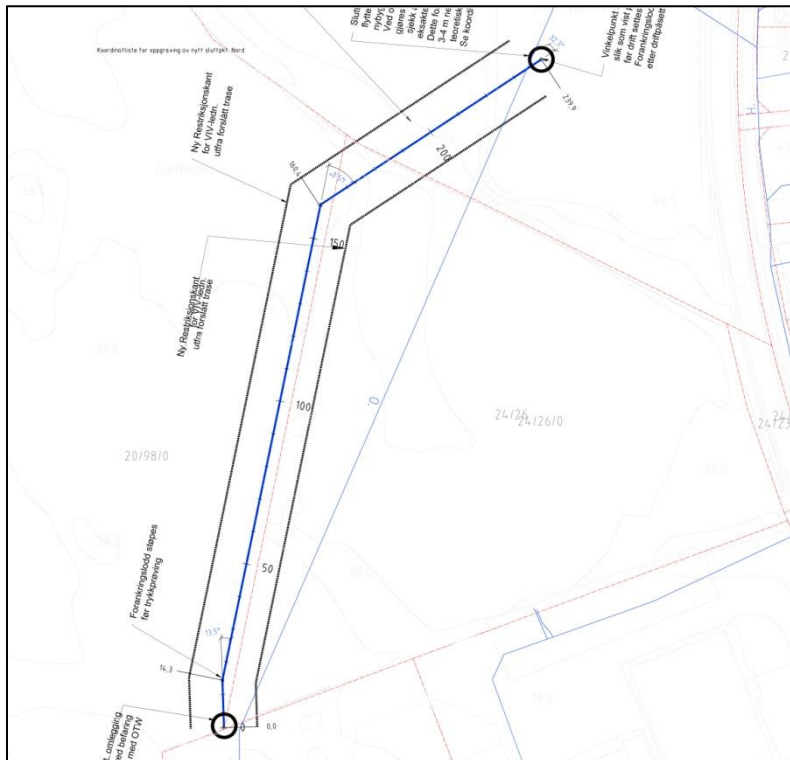
8.2.4 Infrastruktur og kommunalteknikk

Vestfold interkommunale vannverk har en hovedvannledning som krysser planområdet. Det ligger klausuleringsbestemmelser til denne ledningen; «Over ledningen eller i dens nærhet er det ikke tillatt å oppføre bebyggelse og anlegg av noen art nærmere enn 10 meter på hver side av ledningens midtpunkt», (Grimsæth 2013).



Figur 36: Hovedvannledning, (Grimsæth 2013)

Plasseringen av hovedvannledningen gir begrensninger for tomten og for å kunne utnytte eiendommen bedre har tiltakshaver undersøkt muligheten for å flytte på vannledningen. COWI har etter anbefaling fra VIV prosjektert omleggingen. Forslaget til flytting av vannledning er vist i figur 35.



Figur 37: Mulig ny plassering av vannledning, (Grimsæth 2013)

Som det er skissert organisering av området og ny bebyggelse vil det kreves flytting av vannledningen. Det er gitt bestemmelser som sikrer omlegging av vannledningen før byggearbeider kan igangsettes dersom ny bebyggelse kommer i konflikt med ledningen. Omlegging skal godkjennes av Vestfold interkommunale vannverk, (Grimsæth 2013).

8.3 Beskrivelse av planforslaget

Planområdet er i hovedsak regulert til kombinert bebyggelse og anleggsformål med tilhørende trafikkarealer og grøntstruktur.

Det er ikke avklart hvilke bedrifter som skal etablere seg på området, men planen legger opp til forretning (inntil 5000 kvm) samt næringsformål. Under formål næring kan det etableres kontor, lager og lett industri, (Grimsæth 2013).

Tabell 29: Formål og arealer, (Grimsæth 2013)

Formål	Areal
Kombinert formål F/N	14 300 m ²
Kjøreveg	4 200 m ²
Gang- og sykkelveg	500 m ²
Annen veggrunn	1 000 m ²
Grønnstruktur - vegetasjonsskjerm	1 300 m ²

8.3.1 Bebyggelse og anleggsformål

Formålet omfatter forretning og næring. Parkering er ikke lagt inn som eget formål, men vil kunne etableres innenfor kombinert formål, der byggegrenser styrer plassering.

Maksimal utnyttelsesgrad innenfor feltet er satt til % BYA= 60 %. Parkeringsplasser skal ikke medregnes i utnyttelsen, slik utnyttelsesgraden er satt i bestemmelsene til denne planen.

Maksimal byggehøyde for bygg settes til 10 meter over gjennomsnittlig planert terreng. Det gis rom for mindre andel tekniske installasjoner på tak ut over denne byggehøyden. Skissert organisering viser en byggeflate på ca. 5300 kvm. Noen virksomheter vil etablere seg over flere etasjer, men andre kan ha behov for stor takhøyde, (Grimsæth 2013).

8.3.2 Bebyggelsens organisering

Det er laget et skisseutkast til organisering av området. Skissene viser en mulig løsning av planlagt byggevolum med organisering av parkering.

Bebyggelsen er fordelt på to volum med en hovedplass for parkering i midten. Samtlige entreer til bebyggelsen henvender seg mot plassen i midten. Det er også illustrert en andre etasje (stiplet linje på illustrasjonsplan) som binder de to byggene sammen.

Varelevering er skilt fra annen atkomst og er plassert bak bebyggelsen for minst mulig sjenanse.

Illustrasjonen forutsetter flytting av hovedvannledningen men da utbygging av området vil skje i flere trinn er det ikke aktuelt å ta dette inn som et rekkefølgekrav. Mest sannsynlig vil bygning nærmest Trimveien bli realisert først.



Figur 38: Illustrasjonsplan med skissert organisering, SYD Arkitekter AS/Asplan Viak landskap, (Grimsæth 2013)

Byggegrense mot Trimveien videreføres fra reguleringsplan for Trimveien 41, med 20 meter mot senter av vegen. Illustrasjonen viser en avstand på ca. 25 meter da aktuell aktør /bilforhandler ønsker å ha noe oppstillingsplass for biler til salgs på forsiden av bygningen, (Grimsæth 2013).

8.3.3 Atkomst og parkering

Bilatkomst blir samlet med øvrig bilatkomst til området. Atkomsten er i planforslaget trukket noe lenger nord for å gi romsligere forhold til den eksisterende bebyggelsen i sør.

Parkering forutsettes løst innenfor planområdet. Det er gitt bestemmelser om at det skal etableres 1 parkeringsplass per 75 kvm gulvareal kontor og forretning og 1 plass per 100 kvm gulvareal industri og lager. Det skal etableres 2 sykkelparkeringsplasser per 100 kvm forretning og kontor, og 1 sykkelparkeringsplass per 100 kvm av øvrige formål.

Ny bebyggelse er en utvidelse av eksisterende handelspark og parkering er derfor behandlet samlet. I den eksisterende handelsparken er det etablert 350 p-plasser fordelt på BRA 17000 kvm. Hovedparkeringsplassen sentralt i området kan bli full ved stor pågang i treningssenteret men p-plasser på sydsiden av bebyggelsen blir sjelden fylt opp. Dagens situasjon har derfor totalt sett en overdekning av parkeringsplasser. Da Trimveien 33 og Trimveien 41 skal fungere som en helhetlig handelspark er det naturlig å tenke sambruk av parkeringsplassene, (Grimsæth 2013).

8.4 Innhenting av grunnlagsdata

For å kunne utføre arbeidet til en ønsket kvalitet var det nødvendig å innhente enn del grunnlagsdata. Innhenting av kartdata var en viktig del av dette arbeidet, oppdragsgiver og kommunen var behjelpelig med dette men, kartgrunnlaget var av dårlig kvalitet. For å kunne gi en beskrivelse på fallforhold og hvor dypt plasseringen av overvannsanlegget skulle være var det nødvendig å gjennomføre høydemålinger. Dette ble gjennomført av Ingeniørservice.

Det var ønskelig å prøve å benytte stedlige masser til infiltrasjon og fordrøyning av overvannet, det ble derfor nødvendig å gjøre en prøvegravning for konkludere om dette var mulig. Anleggsfirmaet Abrahamsen og Pedersen Anleggstjenester AS ble kontaktet og de var villige til å utføre oppdraget.

Gravemelding og innhenting av informasjon om eksisterende infrastruktur i det aktuelle området ble gjennomført før graving. Vestfold Interkommunale vannverk, kabeletater og Horten Kommune ble kontaktet. Ingen av kabeletatene var i konflikt med de gravestedene som ble beskrevet på gravemeldingen. Det var kun Vestfold Interkommunale vannverk som hadde en hovedvannledning gjennom området. En representant fra Vestfold Interkommunale vannverk utførte en påvisning av denne og visualiserte plasseringen av ledningen med påler slik at ingen uønskede hendelser skulle oppstå under feltdagen.

Feltdagen ble koordinert slik at graving og innmåling av høyder ble gjennomført samme dag. Det ble ved et senere tidspunkt nødvendig med flere høyder i det aktuelle området og samme firma som sist ble benyttet.

Det var også en dialog med Svend Åge Svendsen i Horten Kommune for å undersøke om kommunene hadde bestemmelser på en øvrig grense på påslipp til resipient. Kommunen har per. dags dato ingen bestemmelser på dette. Det ble derfor vurdert med veileder Jon Arne Engan og Per Kraft å sette maks påslipp til $(5 \text{ l/s} \cdot \text{daa})$ eller 92,3 l/s.

Innhenting av nedbørsdata, IVF- kurver (Intensitet- Varighet- Frekvenskurver) ble gjennomført på internettsiden eKlima, (Meteorologisk institutt).

Vil også nevne at innhenting av nødvendig datagrunnlag er tidkrevende og det er mye kommunikasjon frem og tilbake før man får datagrunnlaget.

8.4.1 Befaring/ feltdag

Befaring og grunnundersøkelser ble gjennomført 30.10.13 med entreprenør Abrahamsen og Pedersen Anleggstjenester AS og Lorentz Reinertsen og Per Kraft fra Asplan Viak AS. Undersøkelsene omfattet sjaktning med gravemaskin i seks punkter på grunnlag av forhåndsvurdering av hydrologi og løsmasseforhold. Lokalisering av sjaktene er vist på figur 41.

Det er ikke utført tidligere tiltak i det aktuelle nedbørsfeltet, det finnes ikke spor etter eksisterende overvannssystem. Grunnvannstanden i området er temmelig høyt og er synlig i terrenget ved enkelte punkt på tomten. Det er derfor viktig at dreneringsgrøfter etableres rundt tomten før oppstart slik at vannet på tomten dreneres bort før anleggsarbeidet starter opp. I bildeserien fra feltdagen med sjaktning nedenfor visualiseres det jeg påpekte tidligere. Sjaktene lengst øst på feltet hadde et tørt lag med grus/jord ned til ca. 1 meter over underliggende leire, sjaktene vest på feltet hadde en noe høyere grunnvannstand og grunnvannet kom opp med første gravetak, men det samme grus-/jord laget ned til ca. 1 meter over underliggende leire ble også observert i dette området.



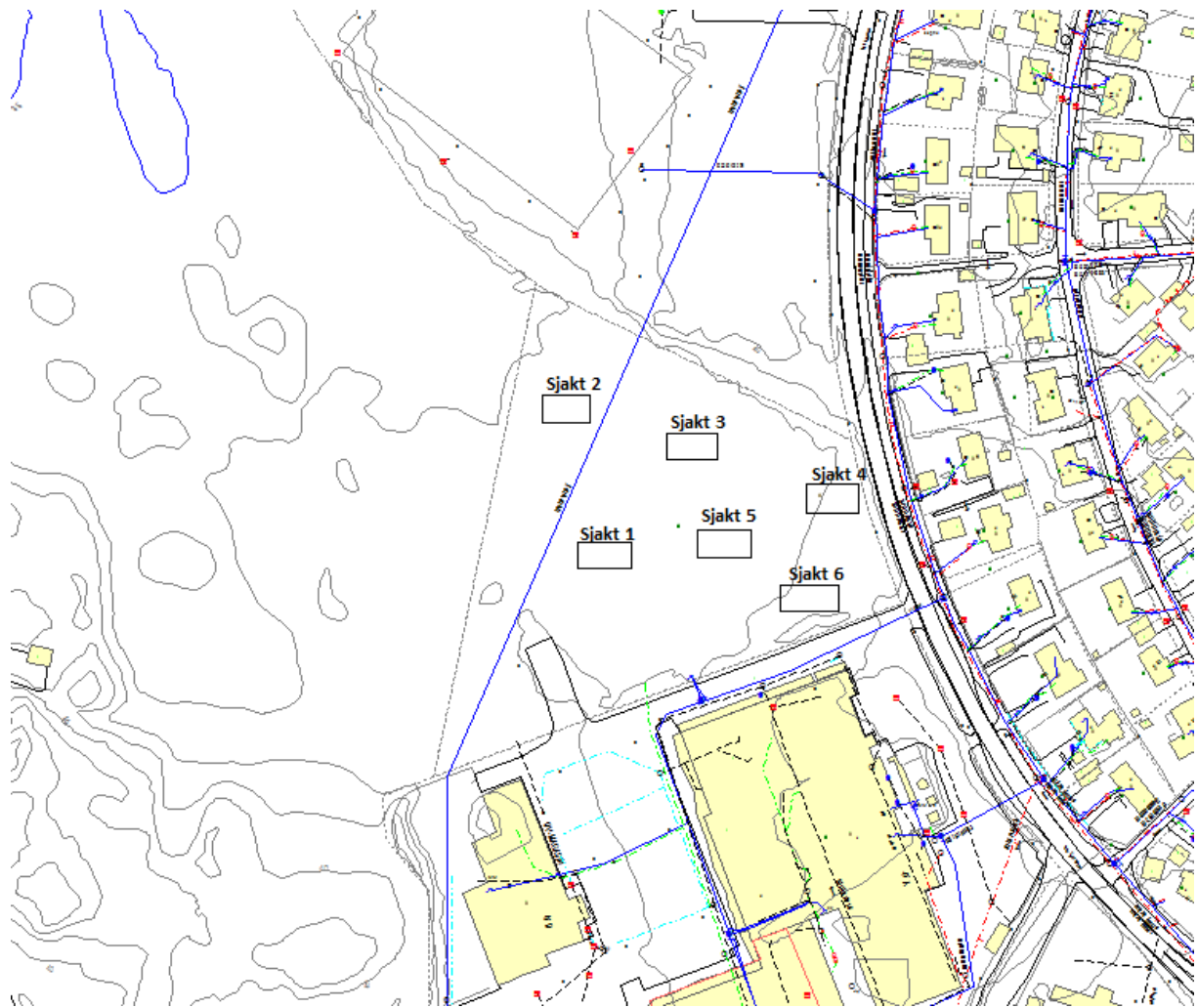
Figur 39 og 40: Sjakt 1 og sjakt 2



Figur 41 og 42: Sjakt 3 og sjakt 4



Figur 43 og 44: Sjakt 5 og Sjakt 6



Figur 45: Illustrasjon av sjakter

8.4.2 Kornfordelingsanalyser

Kornfordelingsanalyser er vist i vedlegg 1. Data for løsmassene er vist i tabell 1.1.

Tabell 30: Resultater fra kornfordelingsanalysene

Fraksjon	Sjakt 2, 0,5 m	Sjakt 2, 1,0 m	Sjakt 3, 0,2 – 1,1 m	Sjakt 4, 0 – 1,1 m	Sjakt 6, 0 – 1 m
d10	0,09	0,12	0,18	0,10	0,16
d50	0,75	0,25	1,60	0,80	4,00
d60	1,60	0,50	3,00	1,60	10,00
Sortering	17,7	4,2	16,7	16,0	62,5
k, m/d	*	14,4	*	*	*

*Sorteringsgraden er større enn 5 og formelen kan derfor ikke benyttes.

Tabell 31: Beskrivelse av sjaktene

<p>Sjakt 1:</p> <p>0- 0,2 m: Matjordlag av torv</p> <p>0,2- 1 m: Steinig, sandig silt</p> <p>Grunnvann på ca. 0,5 m</p> <p>Gammelt teglsteinsdren</p>	<p>Sjakt 3:</p> <p>0-0,1 m: Matjord</p> <p>0,1-1,1 m: Grusig sand – tatt prøve</p> <p>1,1- 1,5 m: moreneleire</p> <p>Ikke observert grunnvann</p>	<p>Sjakt 5:</p> <p>0- 0,1 m: Matjord</p> <p>0,1- 1,2 m: Steinig sand med noe finstoff, dårlig sortert, ikke tatt prøve</p> <p>1,2 – 1,4 m: Moreneleir</p>
<p>Sjakt 2:</p> <p>0-0,2 m: Matjord, torv</p> <p>0-0,5 m: Grusig sand – tatt prøve</p> <p>0,5-1,2 m: sand – tatt prøve</p> <p>Grunnvann på ca. 0,1 m</p>	<p>Sjakt 4:</p> <p>0- 0,1 m: Matjord</p> <p>0,1- 1,1 m: Sand – tatt prøve</p> <p>1,1- 1,3 m: Steinig moreneleire</p>	<p>Sjakt 6:</p> <p>0- 0,1 m: Matjord</p> <p>0,1- 1,1 m: Sand – tatt prøve</p> <p>1- 1,3 m: Moreneleir</p>

8.4.3 Hydrogeologi

Sandavsetningene innenfor og øst for tomteområdet har relativt høy, men varierende permeabilitet. I sjakt 2 og 3 har massene en permeabilitet på ca. 10 m/d i et lag på ca. 1 m. I sjakt 4 har massene en permeabilitet på ca. 5 m/d i et lag på ca. 1 m. I de øvrige sjaktene er det også lag av sand og grus, men her er massene dårligere sortert og har noe mer finstoff. I disse sjaktene kan permeabilitet anslås til ca. 1 m/d i et lag på ca. 1 m.

Grunnvann vil strømme i sandmassene fra høyereliggende områder med sandmasser i øst og inn på tomteområdet. Innenfor tomteområdet vil grunnvann strømme i sandmassene fra øst mot lavereliggende arealer vest på tomteområdet. Vest og nederst på tomteområdet ligger grunnvannsnivå periodevis helt i dagen (sjakt 2) eller inntil 0,5 m under terrengnivå (sjakt 1). Høyere i terrenget (sjakt 3 – 6) ligger grunnvannet dypere og vil sannsynligvis variere fra ca. 1 – 1,5 m under terreng.

Grunnvannet vil strømme med hovedretning fra øst mot vest. Aktuelt tomteområde har en bredde på ca. 100 m både på tvers og på langs av strømningsretningen. Med en gradient på 1 % (1 m fall på tomtas lengde Ø-V), vil vannføringen i sandlaget være i størrelsesorden 7 m³ per døgn dersom hele sandlaget er vannmettet. Dersom halve sandlaget er vannmettet, dvs. med vannstand på ca. 0,5 m under terreng, er vannføringen i størrelsesorden 3,5 m³ per døgn. Underliggende silt/leir har svært lav permeabilitet og kan betraktes som tette masser med tanke på transport og lagring av grunnvann.

Sandlaget har mulighet for lagring av infiltrert nedbør. Effektiv porøsitet er i størrelsesorden 30 % av volumet. Det tilsier at hele sandvolumet med ca. 1 m tykkelse på hele tomteområdet har mulighet til å magasinere ca. 4500 m³ vann. På grunn av grunnvannsnivå, planlagt bebyggelse og masseutskifting og manglende mulighet for drenering av sanda, er det kun aktuelt å utnytte deler av dette magasinivolumet, (Kraft 2013).

8.4.4 Geologi

Tomteområdet ligger i bakkant (distalsiden) av randmorenetrinnet kalt Vestfold-Raet. Fra toppen av randmorenen som ligger øst for Raveien 33, er det vasket ut sandmasser (aggradasjonssand) i perioden da morenetrinnet lå i havnivå. Løsmassene på tomteområdet består av sand over underliggende moreneleire og marine silt/leir-avsetninger.

Sjakingene på området har vist at sandmassene har varierende tykkelse, men har ikke mer enn inntil ca. 1,2 m mektighet. I alle sjaktprofilene er det en markert overgang til underliggende silt/leir-masser, (Kraft 2013).

8.4.5 Aktuelle tiltak

Omfanget av grunnvannsstrøm inn til tomteområdet vil variere med nedbør og grunnvannsnivå. Det vil være gunstig å legge avskjærende drenering så dypt som mulig ut fra krav til fall langs hele østsiden og nordsiden av tomteområdet. Det vil avskjære grunnvannsstrømmen inn til tomteområdet og drenere deler av sandmassene inne på tomteområdet. Det kan muliggjøre bruk av deler av sandmassene inne på tomteområdet til magasinering av overvann ved infiltrasjon.

9.0 BEREGNING AV OVERVANNSMAGASIN

			Intensitet IVF (l/s*da)
Totalt areal (m ²)	18455	m ²	407.1
Totalt areal hektar	1.8455	ha	351.2
Avrenningskoeffisient (Tette flater = 0,90)	0.9		306.7
Klimafaktor (20%)	1.2		254.9
Maks påslipp (5 l/s*daa)	92.3	l/s	191.4
Gjennomsnittlig utløpskapasitet (67 %)	61.841	l/s	189.8
			164.6
			146.3
			114.5
			87.9
			59.2
			44.5
			29.7
			18.7

Figur 46: Fordrøyningsmagasin beregninger

Beregningene for overvannsmagasinet er gjennomført i Excel, det er lagt inn nedbørsdata for det aktuelle området (IVF, nedbørintensitet l/s*da), returperioden er vurdert ut fra tabell 1 og er satt til 20 år.

Selv om det totale arealet er på 2,23 ha er det her regnet totalt areal for tette flater altså, 1,8455 ha. Det er satt en avrenningskoeffisient på 0,90 for området.

For å møte klimaendringene på best mulig måte, anbefales det å legge til et påslag, en såkalt klimafaktor, på de dimensjonerende nedbørsmengdene. Denne faktoren skal ta høyde for framtidig klimautvikling og gir på den måten en ekstra sikkerhet på toppen av det dimensjonerende nedbørstilfellet. Estimaten for de framtidige klimaendringene varierer både lokalt og regionalt, så det er derfor vanskelig å gi klimafaktoren en generell størrelse. Forskjellige danske og svenske utredninger anbefaler en faktor mellom 1,2 -1,5, (Lindholm 2012) Klimafaktoren settes derfor til 20 %.

Maks påslipp, er det man ønsker at resipienten skal motta av vann, påslippet er satt til 5 l/s*daa eller 92,3 l/s. Dette er mengden som er vurdert sammen med Asplan Viak etter volumberegninger av dammene som er i og rundt Borre golfbane. En grov vurdering av volumet på dammene gir et lagringsvolum på ca. 2254 m³, figur 47 illustrerer dammene. Tilførselen av vann til dammene vil kunne redusere risikoen for gjengroing og vedlikeholdet vil bli lettere. Det er også gjennomført beregninger og vurderinger for korrosjonstiltak ved utslippsledningen i dammen, se vedlegg 7.



Figur 47: Dammene i og rundt Borre golfbane

Magasinvolum er beregnet med antagelse om «kassereg» og konstant utløp, og basert på antatt midlere videreført vannmengde lik $0,7 \cdot Q_{\max}$. Forløpet over tid, $Q(t)$, avhenger av egenskapene til mengderegulatoren og magasingeometri. Det teoretiske forholdet mellom $Q_{\text{middel}}/Q_{\max} = 0,67$ for et strupet utløp, (Aaby 2013).

Varighet (min)	Intensitet (m klimafaktor) l/s*ha	Maks avrenning (l/s)	Tilført volum (m ³)	Utløpsmengde magasin (l/s)	Utløpsmengde (m ³)	Magasinering s-volum (m ³)
1	488.52	811.41	48.68	61.841	3.71046	44.97
2	421.44	699.99	84.00	61.841	7.42092	76.58
3	368.04	611.30	110.03	61.841	11.13138	98.90
5	305.88	508.05	152.42	61.841	18.5523	133.86
10	229.68	381.49	228.89	61.841	37.1046	191.79
15	227.76	378.30	340.47	61.841	55.6569	284.81
20	197.52	328.07	393.69	61.841	74.2092	319.48
30	175.56	291.60	524.87	61.841	111.3138	413.56
45	137.4	228.21	616.18	61.841	166.9707	449.21
60	105.48	175.20	630.71	61.841	222.6276	408.08
90	71.04	117.99	637.17	61.841	333.9414	303.23
120	53.4	88.69	638.60	61.841	445.2552	193.35
180	35.64	59.20	639.32	61.841	667.8828	-28.56
360	22.44	37.27	805.07	61.841	1335.7656	-530.70

Figur 48: Fordrøyningsmagasin beregninger

Det vi ser ut fra regnearket, vist i figur 48, er at ved en regnvarighet på 45 minutter er magasineringsbehovet størst (449,21 m³). Størrelsen på magasinene blir derfor satt til 450 m³.

10 FORSLAG TIL OVERVANNSLØSNING

Basal



Figur 49: Illustrasjon av fordrøyningsmagasin bygget opp av betongrør, (Basal)

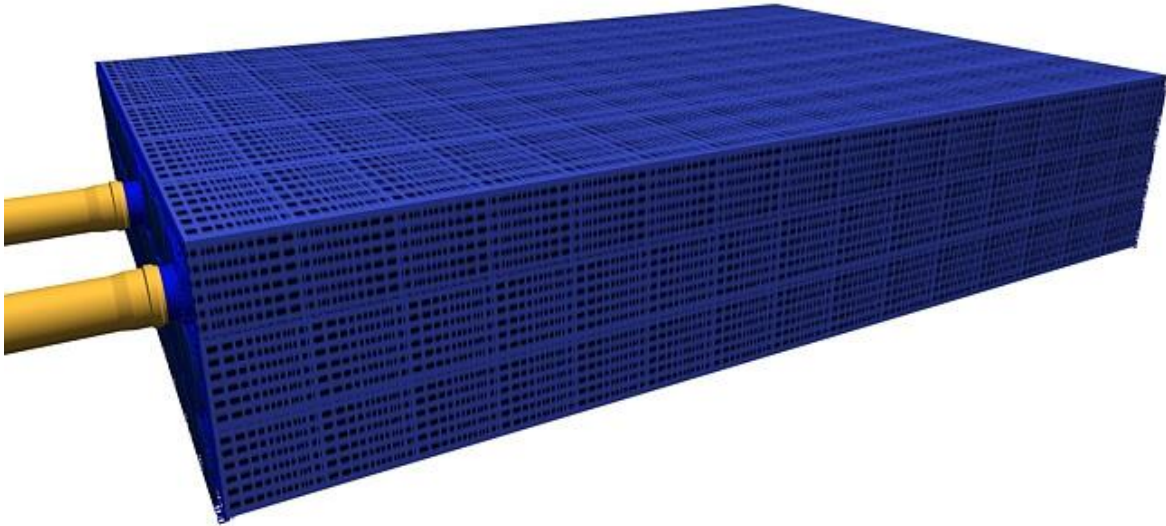
Det første alternativet er et produkt fra Basal storm- serien. Produktet har mange gode egenskaper som er nevnt under.

- Produktet er robust og tåler stor belastning
- Produktet er kjent og enkel og monterer
- Ingen fare for oppdrift
- Ingen behov for membran
- Det kan benyttes oppgravde masser til deler av igjenfyllingen
- Gode inspeksjonsmuligheter
- Enkelt å slamsuge og rense.

Det er mange positive sider med produktet fra Basal, men anlegget er det dyreste av begge alternativene. Anlegget er også plasskrevende sammenlignet med anlegget fra Wavin og tungt å håndtere ved montering.

Anlegget består av Basal 1400 mm rør, 5 rørlengder med 30 rør i hver lengde. Anlegget er ca. 60 m langt, ca. 10,5 m bredt og 2,45 m høyt. Anlegget er det lengste av alternativene, men er ca. like bredt som anlegget fra Wavin. Anlegget er tilkoblet en mengderegulator fra MFT som ligger i en Basal DN 2000 kum. Det er plassert ut 10 inspeksjonskummer for inspeksjon og vedlikehold, en i begge endene av de 5 rørlengdene.

Wavin



Figur 50: Illustrasjon plastkassettmagasin, (Wavin)

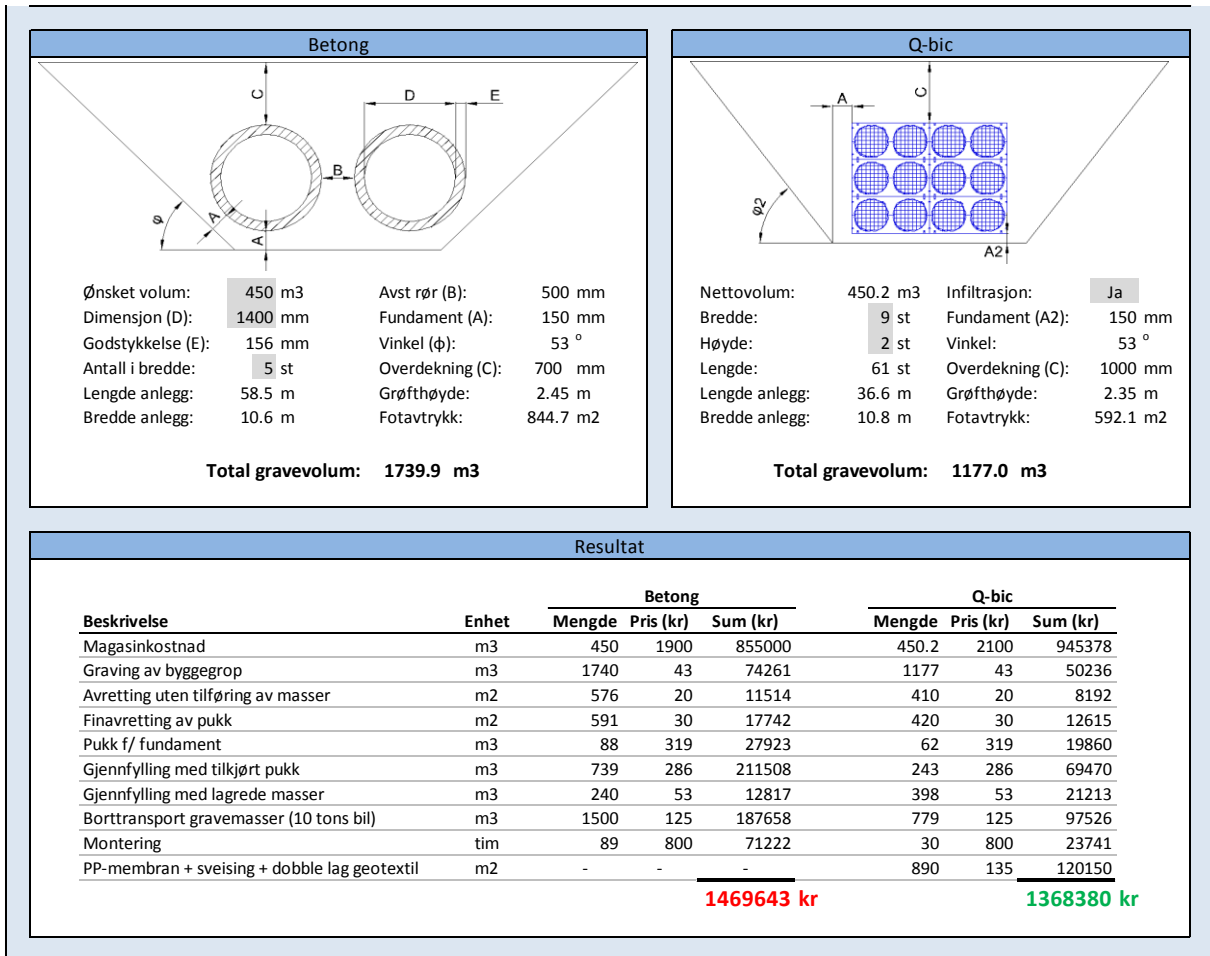
Det andre alternativet er et produkt fra Wavin Q- bic. Produktet har mange gode egenskaper som er nevnt under.

- Ingen oppstiving på overflaten
- God reduksjon av maks vannmengde og volum
- Øker grunnvannstanden
- Lett å bygge og vedlikeholde
- Kan bygges i eksisterende bebyggelse
- Lett og enkel og håndtere ved montering

Det er mange positive sider ved anlegget, anlegget er det billigste av alternativene. Men anlegget er ikke like lett å vedlikeholde som alternativet fra Basal. Det må også benyttes membran rundt anlegget, dette kan ha negative konsekvenser hvis membranen blir skadet. Anlegget kan også ha nedsatt funksjon ved våte perioder.

Anlegget består av Q-bic kassetter fra Wavin, 2 kassetter i høyden og 9 i bredden. Anlegget er ca. 36,0 m langt, ca. 10,8 m bredt og 2,35 m høyt. Anlegget er det minste av alternativene. Anlegget er tilkoblet en mengderegulator fra MFT som ligger i en Basal DN2000 kum. Det er plassert ut 4 inspeksjonskummer for inspeksjon og vedlikehold.

11 ØKONOMISK SAMMENLIGNING AV BASAL OG WAVIN FORDRØYNINGSMAGASIN



Figur 51: Prissammenligning av anlegg fra Basal og Wavin, (Handal 2013)

Figur 51 viser en økonomisk sammenligning av de to fordrøyningsmagasinene. Det er Basal- anlegget som har den dyreste totalprisen på 1 469 643 kr, 101 263 kr dyrere enn Wavins anlegg som kommer på 1 368 380 kr. Grunnen til dette er størrelsen på anlegget til Basal. Det kreves mere utgravninger for plassering av anlegget, samt tilføring av nye egnede masser (pukk).

12 DISKUSJON

Del 1

I den første delen av oppgaven er det hentet inn litteratur som forklarer hva overvann er det er. For å forstå viktigheten av behandling av overvann og hvordan man kan behandle overvann, både nå og i fremtiden, er det sett på forskjellige muligheter for LOD-løsninger. Konvensjonelle rørsystemer for overvannstransport er også sett på for å kunne se hva alternativet til LOD-løsningene er. For å ha et bedre utgangspunkt i å kunne dimensjonere LOD-løsninger har jeg sett på hvordan klimaendringer kan komme til å forandre nedbørsmønsteret. En diskusjon rundt forurensningen av overvann er viktig å ta med da dette kan ha innvirkning på utforming og bruken av LOD-løsninger. Lover og regler er tatt med for å kunne se hvilke fordeler eller begrensinger LOD-tiltak har.

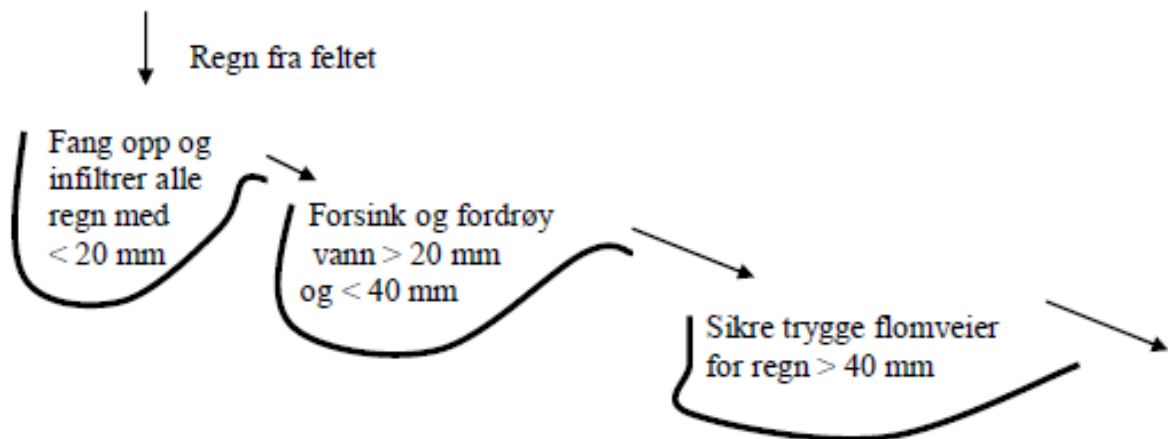
For å få en innføring i viktigheten rund lokale overvannsløsninger har jeg også tatt med alternativene som er rørsystemer. Her ønsker jeg å få frem hvordan overvannet tradisjonelt sett er blitt behandlet. Før vi begynte å separere overvannet og spillvannet var det spillvannsledningene som behandlet overvannet sammen med spillvannet. I den senere tid er prosessen med å separere disse begynt, men det er fremdeles en lang vei å gå.

Det er viktig å få frem at dagens overvannssystemer ikke klarer å imøtekomme fremtidens nedbør, det er derfor viktig der det er mulig å behandle overvannet lokalt. Lokale overvannsløsninger vil kunne redusere belastningene på dagens overvannsledninger og gjennom dette unngå store flomskader ved ekstreme nedbør.

For å imøtekomme fremtidens klimaendringer er det viktig å danne seg tanker om hvordan man skal håndtere fremtidens økte overvannsmengder. Urbanisering av byer gir konsekvenser for håndtering av overvannet, andelen tette flater øker og vegetasjon, trær og naturlig permeabel flater minsker. Derfor er det viktig å:

- Håndtere overvannet på en slik måte at sikkerhet for liv, helse og miljø ivaretas slik at de skader som oppstår er av en akseptabel karakter. Vannforurensning må også tas med og reduseres
- I stede for å se på overvannet som et problem, utnytte det som en ressurs og en positiv faktor i bybildet
- Styrke det biologiske mangfoldet ved infiltrasjon, åpne vannveger og dammer

Ved å optimalisere bruken av lokale overvannsløsninger vil man unngå å bruke store summer på kostbare ledningsnett. Figur 52: Illustrasjon på treledd- strategien for håndtering av nedbør, viser tankegangen for en treledd- strategi for infiltrasjon, fordrøyning og trygge flomveger



Figur 52: Illustrasjon på treledd- strategi for håndtering av nedbør (tallene er eksempler og må tilpasses lokalt) (Lindholm et al. 2008)

Ved en økt nedbør og overvannsmengder er det et tema innenfor overvannsproblematikken som er lite i fokus, forurensinger i overvannet.

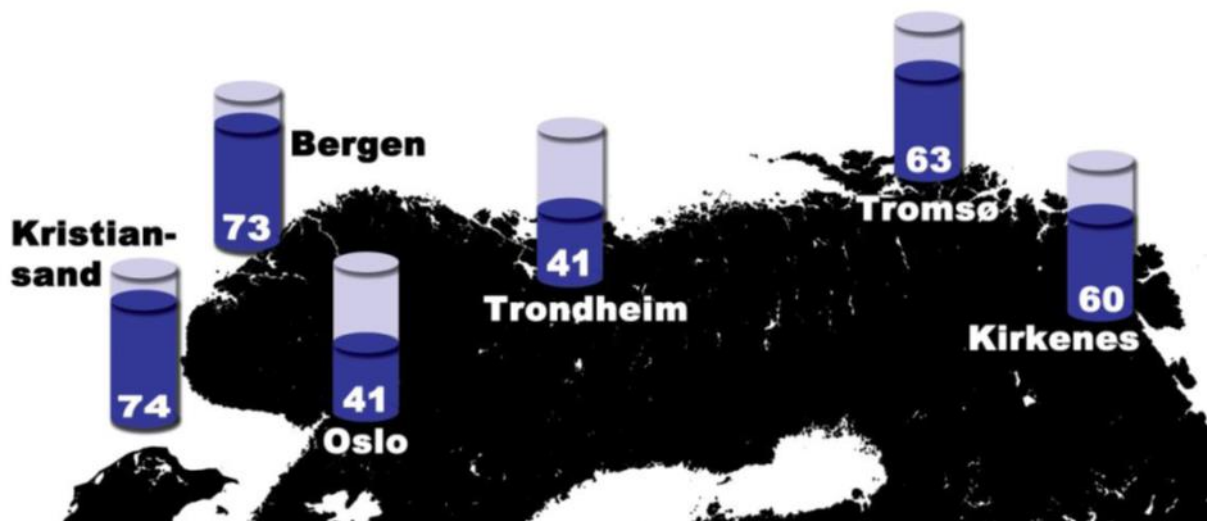
Vannet fra tette flater i urbane områder bringer med seg et betydelig bidrag av tungmetaller og organiske miljøgifter. Miljøgifter som atmosfærisk nedfall, avgasser fra kjøretøy og maskiner, fyring og forbrenning av organisk stoff, nedsliting og korrosjon av produkter for kjøretøy, bygninger, vegdekker og andre konstruksjoner, samt rester fra produkter bygger seg typisk opp i tørrværsperioder og blir ført videre ved store regnskyl. Biltrafikken er den største bidragsyteren, dette kommer typisk fra forbrenning av drivstoffet, slitasje på bremsebelegget, slitasje av dekk og vegbane og korrosjon av komponenter på vegbanen.

Selv om det ikke ble behov for en renseløsning i denne masteroppgaven var det et behov å fremheve hvilke forurensinger som finnes i overvannet. Ved behandling av overvannet lokalt er det forskjellige metoder som benyttes, noen ganger behandles vannet under bakken andre ganger på bakkenivå. Ved behandling av overvannet på overflaten med den hensikt å øke trivselen i bybildet, er det viktig at vannet som benyttes er av en akseptabel kvalitet. I den litteraturen, kurs og konferanser jeg selv har sett og deltatt i har fokuset kun vært på å benytte overvannet som ressurs og en positiv bidragsyter i bybildet. Men hva skjer hvis mennesker og dyr kommer i kontakt med forurenset overvann. Dette er et nytt tema i seg selv som jeg ikke har sett nærmere på, men kan konkludere ut fra tabell 3 på side 25 at konsekvensen ikke er av positiv karakter.

For å få et bilde på hvorfor vi har behov for å behandle overvannet er det tatt med et kapittel om klima. De siste årene har vi gjennom media og kanskje selv erfart mer hyppige flomskader. Det er ulike årsaker til dette, men klimaendringer er nok en viktig faktor til disse flomhendelsene.

Jeg ønsker her å få frem konsekvensene ved et klima i endring. I Norge vil vi i de neste tiårene fremover merke en endring i nedbørsintensiteten som en konsekvens av drivhuseffekten. En av grunnene til dette er at varmere luft har et høyere innhold av luftfuktighet. Effekten av dette er at det kan skje endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønster, som fører til flere dager med regn pr. år samt at grunnvannstanden er høy lengre og oftere.

Havstigning er også en konsekvens av et klima i endring. En konsekvens ved havstigning er at avløpssystemene i enkelte kystområder mister sin kapasitet på grunn av økende overløpsutslipp og at oppstuvning i avløpssystemene skjer oftere, se figur 53. Det er usikkerheter om dette, men havnivået kan øke med 30 cm i tillegg til det som vises i illustrasjonen.



Figur 53: Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. (Drange et al. 2007)

Jeg kom også over en interessant rapport fra Danmark, «*Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvnig. Økonomisk analyse*». Rapportens fokus var å besvare følgende tre spørsmål:

- Hva er de viktigste problemene forårsaket av ekstrem nedbør og stigende havnivå?
- Hvilke skader vil problemstillingene ovenfor resultere i?
- Hvilken klimatilpasning vil være i stand til å redusere skadene og hvilke tiltak kan lønne seg sett fra en samfunnsøkonomisk vurdering?

Her er ikke bare fokuset rettet mot smarte løsninger for å håndtere overvannet, men her ser dem på løsninger som kan lønne seg sett fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Selv om Danmark og Norge vil møte klimaendringene forskjellig er metoden for vurdering god. Dette med å lage langsiktige planer for hva som må gjøres og samtidig få et grovt økonomisk overslag på hva det vil kunne koste, vil etter min mening hjelpe og løfte problemstillingen på et høyere nivå. Ikke bare vil en utaførstående person med manglede kunnskap for problemstillingen få et bilde på konsekvensene av klimaendringene, men også et økonomisk perspektiv på hva det vil koste å møte klimaendringene.

I kapittel 5 har jeg forsøkt å gi en oversikt over noen overvannsmetoder som benyttes i dag. Jeg har forsøkt å gi et bilde på hvor de ulike metodene kan benyttes i ulike miljøer og hvordan disse fungerer. Jeg har også prøvd og få frem fordeler og ulemper ved de forskjellige metodene, slik at man kan vurdere hvilken metode som vil fungerer best sett fra plassering, plassbehov, effekt, kostnad og levetid.

I kapittel 6 har jeg funnet frem de lover og regler som omhandler overvann og overvannshåndtering. Det er i dag ingen samlet lov for vann- og avløpssektoren, regelverket er fordelt utover mange lover. De ulike lovene er gjerne fordelt mot forskjellige departement. Konsekvensen av dette er at det er svært vanskelig å finne og forholde seg til det lovverket som finnes, samt at det skjer oppdateringer i lovverket.

Del 2

I del 2 har er det prøvd å få med de elementene og opplysningene som er interessant for oppdragsgiver.

Det ble utført en befaring 30.10.13 for å gjøre en vurdering av grunnforholdene på tomten. Var forholdene til rette kunne det være av interesse og benytte en infiltrasjonsløsning. Resultatene fra kornfordelingstesten viste at sandlaget har mulighet for lagring av infiltrert nedbør. Effektiv porøsitet er i størrelsesorden 30 % av volumet. Det tilsier at hele sandvolumet med ca. 1 m tykkelse på hele tomteområdet har mulighet til å magasinere ca. 4500 m³ vann. På grunn av grunnvannsnivå, planlagt bebyggelse og masseutskifting og manglende mulighet for drenering av sanda, er det kun aktuelt å utnytte deler av dette magasinivolumet, (Kraft 2013)

Ut fra denne informasjonen ble det besluttet å benytte et tett fordrøyningsmagasin. Det finnes mange typer anlegg som kunne være aktuell å benytte til tomten, men fokuset ble rettet mot drift og vedlikehold og monteringsvennlighet. Erfaringer gjort fra nabotomten viser at overvannsløsningene som ble bygd ikke fungerer (steinmagasin), mest sannsynlig for at systemet ikke ble bygd som planlagt. Det var heller ikke tegn til vedlikehold av anlegget.

Det ble valgt å lage to alternative løsninger, et alternativ fra Basal og et fra Wavin.

Beregningene av hvor store anleggene måtte være ble utført i et Excel regneark. Nedbørstallene som ble benyttet i dette regnearket er hentet fra eKlima. Jeg valgte en IVF kurve fra Tønsberg - Kilen for denne var den geografiske nærmeste målestasjonen. Klimafaktoren er en vurdering ut fra NORVARs veileder «Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering» og biveileder Per Kraft.

Tabell 32: Norsk vanns anbefalte minimum dimensjonerende hyppigheter (gjentakintervall) for ulike avløpssystem (Lindholm et al. 2008)

Dimensjonerende regnskyllhyppighet* (1 i løpet av «n» år)	Type område	Dimensjonerende oversvømmeshyppighet ** (1 i løpet av «n» år)
1 gang i løpet av 5 år	Områder med skadepotensiale (utkantområder, landkommuner etc.)	1 gang i løpet av 10 år
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter/ industriområde/ forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Uderganger/ områder meg meget høy skadepotensiale	1 i løpet av 50

*Ledningsnettets skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet.

**Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til kjellernivået (90 cm over topp rør).

Tabellen sier at dimensjonerende regnskyllhyppighet (ledningsnett skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet) for bysenter/ industriområde/ forretningsstrøk bør settes til 20 år og at dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til kjellernivået (90 cm over topp rør)) bør settes til 30 år. Etter diskusjon med bi veileder Per Kraft ble klimafaktoren satt til 0,20 som for dimensjonerende oversvømmelseshyppighet.

Dette er lavere en anbefaling, så det ble behov for å kompensere. Magasinet ville vært 500 m³ ved en klimafaktor på 0,30, altså 50 m³ større en anlegget ved en klimafaktor på 0,20. Kompenseringen ble å utforme parkeringsarealet slik at det ved ekstreme nedbørsmengder kan lagre vann på overflaten uten at det gjør skader på omliggende bygninger. En trygg flomvei var også viktig å få til, slik at alt vannet som ikke går til fordrøyningsmagasinet ble ledet trygt bort fra området.

Vannet fra veiene og parkeringsarealene rundt bebyggelsen er ikke koblet til anlegget selv om anlegget kan håndtere dette. For å unngå plassering av overvannsledninger under byggene legges fallet mot grøntarealet rundt tomten. Som tidligere nevnt er det behov for en drenerende grøft rundt tomten for å drenere området for vann før igangsetting av anlegget. Denne grøften kan benyttes som infiltrasjonsarealer og opplagring av vann fra de arealene som ikke går til fordrøyningsmagasinet.

Vil også nevne at magasinivolum er beregnet med antagelse om «kasseregn» og konstant utløp, og basert på antatt midlere videreført vannmengde lik $0,7 * Q_{max}$. Forløpet over tid, $Q(t)$, avhenger av egenskapene til mengderegulatoren og magasingeometri. Det teoretiske forholdet mellom $Q_{middel}/Q_{max} = 0,67$ for et strupet utløp. Det vil i praksis si at anlegget blir noe mindre enn ved konstant utløp.

Det var tidlig en diskusjon om hvor utslippsledningen for overvannet skulle gå. Det var lagt ut en overvannsledning fra Trimveien 41 (nabotomten) som var ment som tilkobling for overvannet fra Trimveien 33. Denne ledningen lå på ca. 0,5 m under terrenget, det gjorde det tilnærmet umulig å koble seg på uten å pumpe vannet, noe som igjen er svært kostbart. Dette alternativet ble derfor sett bort fra og et nytt alternativ og å legge overvannsledningen til en av dammene på Borre golfbane ble løsningen.

Men det krevde en del vurderinger for å undersøke om dammene rundt Borre golfbane var kapabel til å motta den nye vannmengden. Under siste befaring ble det vurdert at en økning på 0,6 m i vannstanden ikke ville skade omliggende områder eller dammene. Ut fra Google maps ble areal og volum beregnet. Vil poengtere at dette er grove beregninger som kunne blitt gjort mer nøyaktig ved hjelp av landmåler, men ble utført slik på grunn av tidsmangel. Det er også gjort en vurdering for erosjonstiltak ved utslippsstedet i dammen slik at dammen ikke tar skade ved tilførsel av store vannmengder, se vedlegg 7.

Dimensjoneringen av utslippsledningen er beregnet ved hjelp av Darcy-Weisbachs ligning for rørdiameter, dette er formelen jeg har brukt mest under skolegangen for å finne rørdiameter. Men det er også mulig å bruke nomogram for finne rørdiameteren.

Det er kun tegnet inn overvannsledninger fra sandfangene som er plassert på parkeringsarealet, altså ingen påkoblinger fra taknedløpene. Dette er ikke gjort siden det er stor usikkerhet hvordan byggene blir utformet og hvor taknedløpene vil komme. Men fordrøyningsanleggene er dimensjonert for å

kunne ta imot denne vannmengden. Det er heller ingen store problemer med tanke på påkobling til fordrøyningsmagasinene eller store kostnader rettet mot dette.

Når det gjelder fallretningene på parkeringsarealet er dette gjort av meg, dette arbeidet gjøres vanligvis av landskapsarkitekter. Det som er vanlig er at hele tomten kotesettes slik at man ser fallet ved hjelp av tall og ikke piler som i dette tilfellet. Men etter samtale med veileder og biveileder var dette greit nok for denne oppgaven, men fallet for tomten bør sees på av folk som har kunnskap med slikt arbeide.

Når det gjelder plassering av sandfanget er dette gjort slik at sandfangene følger den planlagte trygge flomvegen gjennom parkeringsområdet. Dette med hensikt i å fange opp mest mulig vann selv ved store nedbørsmengder og oppstuvning på overflaten. Det ble derfor viktig å ha tilstrekkelig antall sandfang som kunne fange opp den dimensjonerende vannmengden, samt valg av dykkert og sluk rist. Skulle sandfanget klare og ta unna den dimensjonerende vannmengden var valg av den største dykkerten på DN200 viktig, samt slukrister som kunne ta imot en vannmengde på over 40 l/s.

Den økonomiske sammenligningstabellen av anleggene er tildelt til meg av Vidar Handal i Wavin. Tabellen virker troverdig og er et godt verktøy for å visualisere kostnader for oppdragsgiver. Resultatet fra tabellen viser at Wavins anlegg er det billigste. Dette er i hovedsak grunnet at Basal anlegget er større og det kreves at større mengder må graves ut, samt at mere masser må tilføres.

13 KONKLUSJON

Min konklusjon er at Basal anlegget vil være det rette valget for oppdragsgiver. Selv om at anlegget fra Basal er 101 263 kr dyrere, konkluderer jeg med at anlegget fra Basal er et tryggere alternativ. Dette med tanke på drift og vedlikehold og monteringsvennlighet.

Ut fra mine vurderinger vil Basal anlegget være det letteste å vedlikeholde. Man kan fysisk gå ned i anlegget og gjøre de vedlikeholdsarbeidene som måtte være nødvendig som for eksempel spyling eller fjerning av gjenstander, slam osv.

I anlegget fra Wavin er det ikke er fysisk mulig å komme ned i anlegget. Det er også en usikkerhet med duken som skal ligge rundt hele anlegget. Skulle det komme en rift eller en eller annen skade på denne duken vil kostnadene for å reparere dette være større enn de 101 263 kronene du måtte legge ekstra ut for Basal anlegget. Anlegget vil da mest sannsynlig fylles sakte men sikkert med sand fra grunnen.

Vil også tilføye at slike private anlegg sjeldent vedlikeholdes og at når vedlikehold skjer er slammet i anleggene gjerne så hardt at det verken kan spyles eller suges ut, det graves ut for hånd.

Basal anlegget er etter min mening også svært monteringsvennlig og muligheten for feilmontering er liten.

14 KILDER

- Aaby, N. (2013). *Virvelkammer til Trimveien 33* (e- post til Lorentz Reinertsen 11.12.2013).
- Arnbjerg- Nielsen, K. (2006). Klimaeffektens betydning for ekstremregn og dermed funksjonen af afløbssystemer. København. 42 s.
- Basal. Tilgjengelig fra: <http://www.basal.no/bruksomrader/gfx/fordroyning600.png> (lest 10.01.2014).
- Basal. (2013). Innovative løsninger for: Fordrøyning, rensing og infiltrasjon. Oslo. 10 s.
- Byggteknisk forskrift. (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*.
- Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. & Sorteberg, A. (2007). Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. *Cicerone*: 36.
- focus SOFTWARE. Tilgjengelig fra: <http://www.focus.no/produkter/focus-varmak.aspx>.
- Frøland, E., J., Amundsen, H. & Hovelsrud, G., K. (2007). Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Oslo. 71 s.
- Grimstæth, S. (2013). Planbeskrivelse. Tønsberg. 34 s.
- Grum, M., Jorgensen, A. T., Johansen, R. M. & Linde, J. J. (2006). The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climates model simulations. *Water Science and Technology*, 54 (6-7): 9-15.
- Handal, V. (2013). *Samtale med Vidar Handal*. Oslo (02.12.2013).
- Health, J. H. B. S. o. P. (2001). *Extreme precipitation linked to waterborne disease outbreaks* Baltimore. Tilgjengelig fra: <http://www.jhsph.edu/news/news-releases/2001/extreme-precip.html> (lest 29.10.2013).
- Hindsberger, U. *Lokal afledning af regnvand - LAR*. Tilgjengelig fra: <http://www.teknologisk.dk/28273> (lest 07.04.2012).
- Hofshagen, T. (2004). Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp. *NORVAR-rapport*, 141 - 2004. Hamar. 41 s.
- Holse, D., Frich, P., Plesner, V., Boom, T., J., Tengvad, R., Johansen, B., N., Gudiksen, S., Laden, B. & Arnbjerg- Nielsen, K. (2007). Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse. Danmark. 79 s.
- Høie, K. (1983). *Vann og avløpsnorm*. Stavanger: Kommunens Sentralforbund 120 s.
- Iversen, T., Grønås, S. & Martinsen, E., A. (2002). Mer variabelt vær om 50 år mer viten om usikkerheter. Oslo. 8 s.
- Iversen, T., Grønås, S. & Martinsen, E., A. (2005). Norges klima om 100 år usikkerheter og risiko. Oslo. 12 s.
- Jenssen, L. T., E. (2009). Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. 182 s.
- Kraft, P. (2013). *Samtale med hydrogeolog Per Kraft*. Ås (15.11.2013).
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Særgrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Hamar: Norsk vann. 79 s.
- Lindholm, O. (2012). *Oversvømmelse i byer og litt generelt om VA* Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (Forelesning).
- Meteorologisk institutt. *Meteorologisk institutts klimadatabase*. Tilgjengelig fra: http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 16.10.2013).
- Misund, A. K. (2011). Overvann og flomtiltak – Avløp – Delrapport. Kristiansand: Asplan Viak AS. 29 s.
- Norsk vann. (2010). *Vann- og avløpsnett*: Jakobsen, G.
- Norsk vann. (2012). *Vann- og avløpsteknikk*: Ødegaard, H., Særgrov, S., Østerhus, S., Thorolfsson, S., Lindholm, O., Heistad, A., Mosevoll, G. 704 s.
- Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. & Gustafsson, L. G. (2008). The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Suburban stormwater. *Journal of Hydrology*, 350 (1-2): 114-125.
- Sogge, G. (2013). *Samtale med Geir Sogge*. Oslo (27.11.2013).

- UNSOFA. (2010). *Hva er AutoCAD?* Tilgjengelig fra: <http://unsofa.com/internett/hva-er-autocad.html> (lest 06.02.2014).
- Vannressursloven. (1982). *Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)*.
- VIANOVA. Tilgjengelig fra: <http://www.vianovsystems.no/Bransjer/Veg/Novapoint-Vann-og-Avloep#.UvPTLmCA1D8>.
- Wavin. Tilgjengelig fra: <http://www.wavinexpert.no/Files/Filer/Hotspots/no45.jpg> (lest 10.01.2014).
- Werritty, A., Black, A., Duck, R., Finlinson, B., Thurston, N., Shackley, S. & Crichton, D. (2002). *Climate change: flooding occurrences review*. Edingburgh. 83 s.

15 VEDLEGG

- Vedlegg 1: Beregninger utslippsledning
- Vedlegg 2: Beregninger av kapasitet for nærliggende dammer
- Vedlegg 3: Beskrivelse for bruk av eKlima
- Vedlegg 4: IVF- kurve Tønsberg – Kilen
- Vedlegg 5: Returperioder Tønsberg – Kilen
- Vedlegg 6: Gravemelding
- Vedlegg 7: Erosjonstiltak ved utslippssted
- Vedlegg 8: Sammendrag av rapporten; Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse
- Vedlegg 9: Kornfordelingskurver – Trimveien 33
- Vedlegg 10: Valg og dimensjonering av mengderegulator
- Vedlegg 11: Utforming av parkeringsareal
- Vedlegg 12: Programvarer
- Vedlegg 13: Valg og plassering av sandfang
- Vedlegg 14: Beregninger av overvannsmagasin
- Vedlegg 15: Plantegning
- Vedlegg 16: Lengdeprofil
- Vedlegg 17: Grøftetversnitt
- Vedlegg 18: Kumtegninger
- Vedlegg 19: Plan- og snittegning Wavin
- Vedlegg 20: Plan- og snittegning Basal

Vedlegg 1:
Beregninger utslippsledning

Dimensjonering av ledningsnett på Trimveien 33

Prosjektering og dimensjonering av konvensjonelt anlegg

For den konvensjonelle metoden dimensjoneres rørene ulikt for hvorvidt det er selvfalls- eller pumpeledninger det er snakk om. Siden det konvensjonelle systemet i denne oppgaven skal dimensjoneres som selvfallsystem er dimensjonering av pumpeledninger utelatt i denne delen av oppgaven.

Dimensjoneringen av en selvfallsledning handler om å bestemme nødvendig diameter på ledningen slik at den har stor nok kapasitet, samtidig som den er selvrensende for en gitt dimensjonerende vannmengde.

Kapasitet

For å finne tilstrekkelig kapasitet benyttes først en kombinasjon av Darcy-Weisbachs ligning og kontinuitetsligningen for å finne tilstrekkelig indre rørdiameter (Formel 3). Svaret rundes opp til nærmeste aktuelle diameter:

$$h_f = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

Formel 1: Darcy-Weisbachs ligning for friksjonstap.

$$Q = v * A$$

Formel 2: Kontinuitetsligningen.

$$D^5 = \frac{f * L * Q^2 * 8}{g * \pi^2 * h_f}$$

Formel 3: Darcy-Weisbachs ligning for rørdiameter.

D	innvendig diameter i ledningen [m]
f	friksjonskoeffisienten [dimensjonsløs]
L	lengden på ledningen [m]
Q	dimensjonerende vannføring [m ³ /s]
hf	falltap over ledningen [m]
g	tyngdeakselerasjonen, 9,81 [m/s ²]

Friksjonskoeffisienten f er forskjellig for ulike rør. Fra leverandører eller hydrauliske håndbøker kan rørruheten k innhentes. Hvis rørruheten er kjent kan friksjonskoeffisienten beregnes ut fra halvempiriske formler som Colebrooks formel, Prandtls formel eller lignende, (Norsk vann 2012). Nedenfor er Prandtls formel vist.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 * \log \left(3,71 * \frac{D}{k} \right)$$

Formel 4: Prandtls formel. Halvempirisk formel for å finne friksjonskoeffisienten f .

f friksjonskoeffisient
 D innvendig rørdiameter [mm]
 k rørruhet [mm]

Det er vanskelig å finne hvilke rørruheter som er korrekte å bruke til de forskjellige rørene siden det er mange ulike faktorer som påvirker de hydrauliske tapene. Det er ikke anbefalt å bruke en ruhet lavere enn 0,5 mm uansett ledningsnett, (Norsk vann 2012). Rørene dimensjoneres for fremtidig situasjon, og rørene vil sannsynligvis få en større hydraulisk motstand jo eldre de blir.

Tabell 2: Noen eksempler på rørruheter (k -verdi). (Tabellen er hentet fra (Norsk vann 2012))

Ledningsmateriale	Teoretisk ruhet [mm]	Ruhet brukt i praksis [mm]
Plastrør (PVC, PE, etc.)	0,002- 0,007	0,1- 0,4
Betongrør	0,3- 1,0	1,0
Nye støpejernsrør m/ betongforing	0,3	0,5
Eldre støpejernsrør	0,8- 1,5	1,0- 1,5
Gamle rustne støpejernsrør	1,5- 2,5	1,5- 2,5

Beregning av dimensjon for utslippsledning:

Lengde utslippsledning: 212,9 m

Høyde topp anlegg: 38,6 m

Høyde på bunn ledning i utslippskum ved fordrøyningsanlegg: 36,6 m

Høyde utslippssted (dam): 34,94 m

Høyde på anlegg (topp til bunn): 2,555 m

Fall på ledning: $\frac{H\ddot{o}yde}{Lengde} * 100 = \frac{1,66}{212,9} * 100 = 0,78\% = 7,8\text{‰}$

D	innvendig diameter i ledningen [m]
f	0,002
L	212,9 m
Q	0,923 m ³ /s
h _f	1,66 m
g	9,81 m/s ²

$$D^5 = \frac{f * L * Q^2 * 8}{g * \pi^2 * h_f} = \frac{0,002 * 212,9 * 0,923^2 * 8}{9,81 * \pi^2 * 1,66} \rightarrow 0,448 \text{ m} \rightarrow 448 \text{ mm}$$

Valg av rørdiameter på 500 mm

Vedlegg 2:

Beregninger av kapasitet for nærliggende dammer

Beregninger av kapasitet for nærliggende dammer



Figur 1: Dammene i og rundt Borre golfbane

Det er gjennomført grove beregninger av kapasiteten på nærliggende dammer. Dette for å undersøke om området tåler den belastningen som kommer ved overvannsutslipp fra Trimveien 33. Bildet er hentet fra Google MAPs og 1,5 cm = 10 m.

Dam 1	Dam 2	Dam 3	Dam 4
Lengde: 13,5 cm Bredde: 2,5 cm	Lengde: 10 cm Bredde: 1,5 cm	Lengde: 10 cm Bredde: 1,0 cm	Lengde: 4 cm Bredde: 0,8 cm
Areal: 1530 m ²	Areal: 670 m ²	Areal: 469 m ²	Areal: 148,5 m ²
Volum: 1224 m ³	Volum: 536 m ³	Volum: 375,2 m ³	Volum: 118,8 m ³

Volumet er estimert med tanke på at vannstanden i dammene øker med 0,8 m. Det totale volumet med en økning på 0,8 m er på 2254 m³, det vil si at området har god kapasitet til å motta den ekstra vannmengden som kommer fra Trimveien 33.

Bekken som fører vannet videre fra disse dammene ender opp i Borrevannet som ligger vest for området. Det sees på som en positiv effekt med økt vannmengde i disse dammene slik at gjengroing unngås.

Vedlegg 3:
Beskrivelse for bruk av eKlima

Kort beskrivelse for bruk av eKlima

Denne framgangsmåten gjelder for å hente IVF kurver / tabeller for bruk ved dimensjonering av overvannssystemer for veganlegg.

1. Gå til www.eklima.no og velg "Ny bruker" øverst til venstre. Brukernavn (= din e-postadresse) og passord blir sendt til din e-postadresse.
2. Logg inn på www.eklima.no med e-post og passord mottatt til din e-postadresse. Det vises at du er logget inn øverst til venstre skjermbilde.
3. Velg "Statistikk" i fanene øverst i skjermbildet, velg deretter "Hyppighet for nedbør".
4. Under 1. Velg rapport i nedtrekksmenyen; velg: "Nedbørintensitet – returperiode, uten krav om sammenhengende nedbør".
5. Under 2. Tilpass rapporten Intervall og Returperiode skal være merket "Alle". Trykk "Neste".
6. Under 3a. Velg fylke/... Velg fylke og trykk på "Hent stasjoner fra fylker".
7. Under 3b. Velg stasjoner Velg stasjonen du ønsker data fra ved å klikke i boks til venstre for stasjonsnavn. Trykk "Neste".
8. Under 4. Velg egenskaper... Ikke gjør endringer her, trykk "Neste".
9. Under 5. Velg bestillings... Ikke gjør endringer her, trykk på "Fullfør -> Kjør rapport".
10. Trykk "Lukk vinduet".
11. Oppe til venstre i det bildet du nå er i vil du finne valgt IVF kurve/tabell under "Resultat" eller "Rapportliste".

Dersom det velges mer enn en stasjon vil IVF-kurve ikke være tilgjengelig, kun tabell.

Nedbørintensitet - returperiode, uten krav om sammenhengende nedbør



Stasjoner

Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Kommune	Fylke	Region
3030	FREDRIKSTAD	mai 1970		30	FREDRIKSTAD	ØSTFOLD	ØSTLANDET

*** MELDING ***

Rapporten inneholder godkjente kvalitetskontrollerte data.

Returperiode(år): Nedbørintensitet(l/s*ha)

3030 FREDRIKSTAD

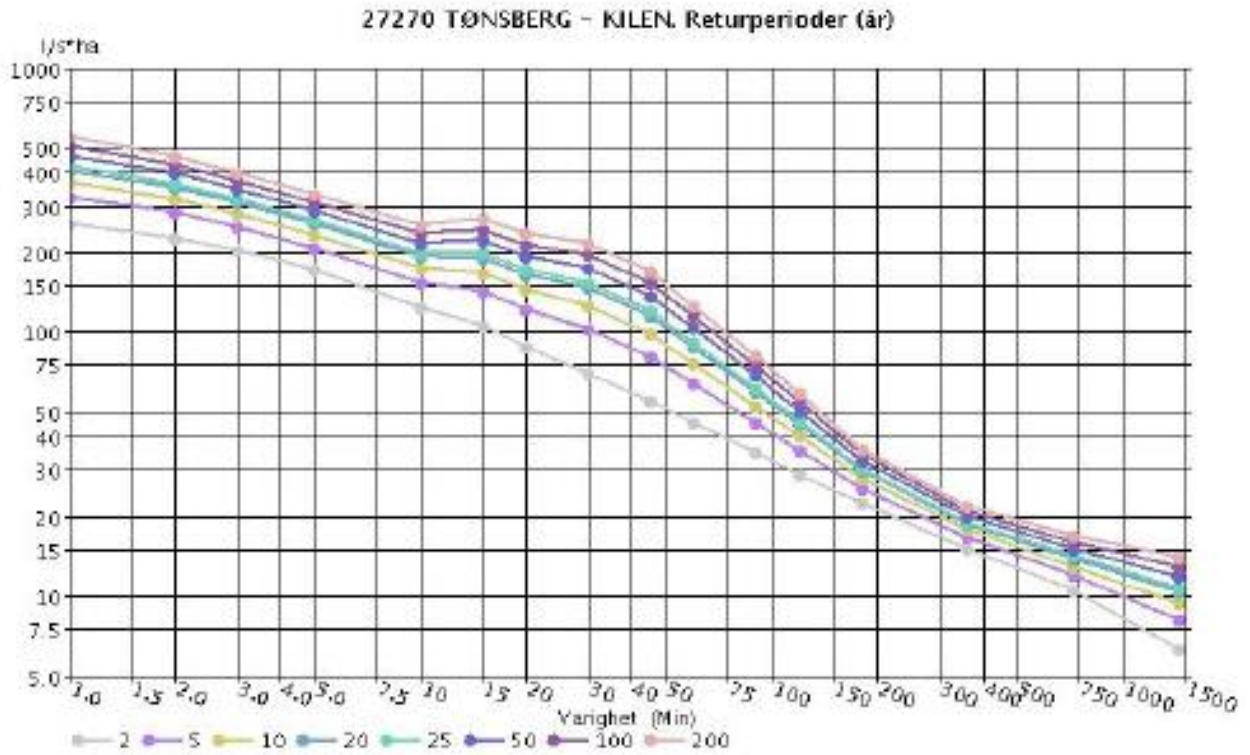
Periode: 1970 - 1995

Antall sesonger: 25

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	262,7	239,1	211,7	173,9	125,6	102,5	86,7	67,7	52,7	42,6	31,8	26,3	19,8	12,1	6,9	4,2
5	326,6	300,2	264,1	221,2	167,1	139,1	118,9	92,7	74,5	60,4	44,0	34,9	25,5	14,9	8,4	5,1
10	388,8	340,6	298,8	252,5	194,6	163,4	140,2	109,2	88,9	72,2	52,1	40,7	29,2	16,8	9,3	5,7
20	436,9	379,4	332,1	282,5	220,9	186,6	160,6	125,1	102,7	83,5	59,8	46,1	32,8	18,5	10,2	6,3
25	452,2	391,7	342,7	292,0	229,3	194,0	167,1	130,1	107,1	87,1	62,3	47,9	34,0	19,1	10,5	6,5
50	499,3	429,6	375,2	321,3	255,0	216,8	187,1	145,6	120,6	98,2	69,9	53,2	37,5	20,8	11,4	7,1
100	546,0	467,2	407,5	350,4	280,6	239,3	206,9	160,9	134,0	109,1	77,4	58,6	41,0	22,6	12,3	7,6
200	599,3	513,3	447,4	382,6	305,9	260,0	225,0	174,8	146,0	118,5	84,1	63,2	44,1	24,1	13,0	8,2

Figur 1: Kort beskrivelse for bruk av eKlima, (Meteorologisk institutt)

Vedlegg 4:
IVF- kurve Tønsberg – Kilen



Figur 1: IVF- kurve Tønsberg – Kilen, (Meteorologisk institutt)

Vedlegg 5:
Returperioder Tønsberg – Kilen

Returperioder(år); Nedbørsintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m²) (l/s*ha)
27270 TØNSBERG - KILEN
Periode: 2000 - 2010
Antall sesonger: 11

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	255,9	226,2	203,8	170,2	123,7	104,6	87,5	69,3	54,4	45,5	34,7	28,6	22,3	15,1	10,5	6,3
5	321,7	280,6	248,6	207,1	153,1	141,7	121,1	102,8	80,6	63,9	45,4	35,5	25,5	16,7	12,0	8,1
10	365,3	316,6	278,3	231,5	172,7	166,2	143,3	125,0	97,9	76,2	52,4	40,1	27,6	17,7	12,9	9,3
20	407,1	351,2	306,7	254,9	191,4	189,8	164,6	146,3	114,5	87,9	59,2	44,5	29,7	18,7	13,8	10,4
25	420,3	362,2	315,8	262,4	197,3	197,3	171,4	153,0	119,7	91,6	61,3	45,9	30,3	19,0	14,1	10,7
50	461,2	396,0	343,6	285,3	215,6	220,3	192,2	173,8	136,0	103,1	69,0	50,2	32,3	20,0	15,0	11,8
100	501,7	429,5	371,2	308,0	233,8	243,1	212,9	194,5	152,1	114,5	74,5	54,5	34,2	20,9	15,9	12,9
200	542,2	463,0	398,8	330,7	251,9	265,9	233,5	215,1	168,1	125,8	81,1	58,7	36,2	21,9	16,8	14,0

Figur 1: Returperioder (år); Nedbørsintensitet i liter pr. sekund pr. hektar (10 000 m²) (l/s * ha) Tønsberg – Kilen, (Meteorologisk institutt)


**Returperioder(år); Nedbørsum(mm)
27270 TØNSBERG - KILEN
Periode: 2000 - 2010**

Antall sesonger: 11


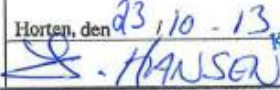
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	1,5	2,7	3,7	5,1	7,4	9,4	10,5	12,5	14,7	16,4	18,7	20,6	24,1	32,6	45,4	54,4
5	1,9	3,4	4,5	6,2	9,2	12,8	14,5	18,5	21,8	23,0	24,5	25,6	27,5	36,1	51,8	70,0
10	2,2	3,8	5,0	6,9	10,4	15,0	17,2	22,5	26,4	27,4	28,3	28,9	29,8	38,2	55,7	80,4
20	2,4	4,2	5,5	7,6	11,5	17,1	19,8	26,3	30,9	31,6	32,0	32,0	32,1	40,4	59,6	89,9
25	2,5	4,3	5,7	7,9	11,8	17,8	20,6	27,5	32,3	33,0	33,1	33,0	32,7	41,0	60,9	92,4
50	2,8	4,8	6,2	8,6	12,9	19,8	23,1	31,3	36,7	37,1	36,7	36,1	34,9	43,2	64,8	102,0
100	3,0	5,2	6,7	9,2	14,0	21,9	25,5	35,0	41,1	41,2	40,2	39,2	36,9	45,1	68,7	111,5
200	3,3	5,6	7,2	9,9	15,1	23,9	28,0	38,7	45,4	45,3	43,8	42,3	39,1	47,3	72,6	121,0

Returperioder (år); Nedbørsum (mm) Tønsberg – Kilen, (Meteorologisk institutt)

Vedlegg 6:
Gravemelding

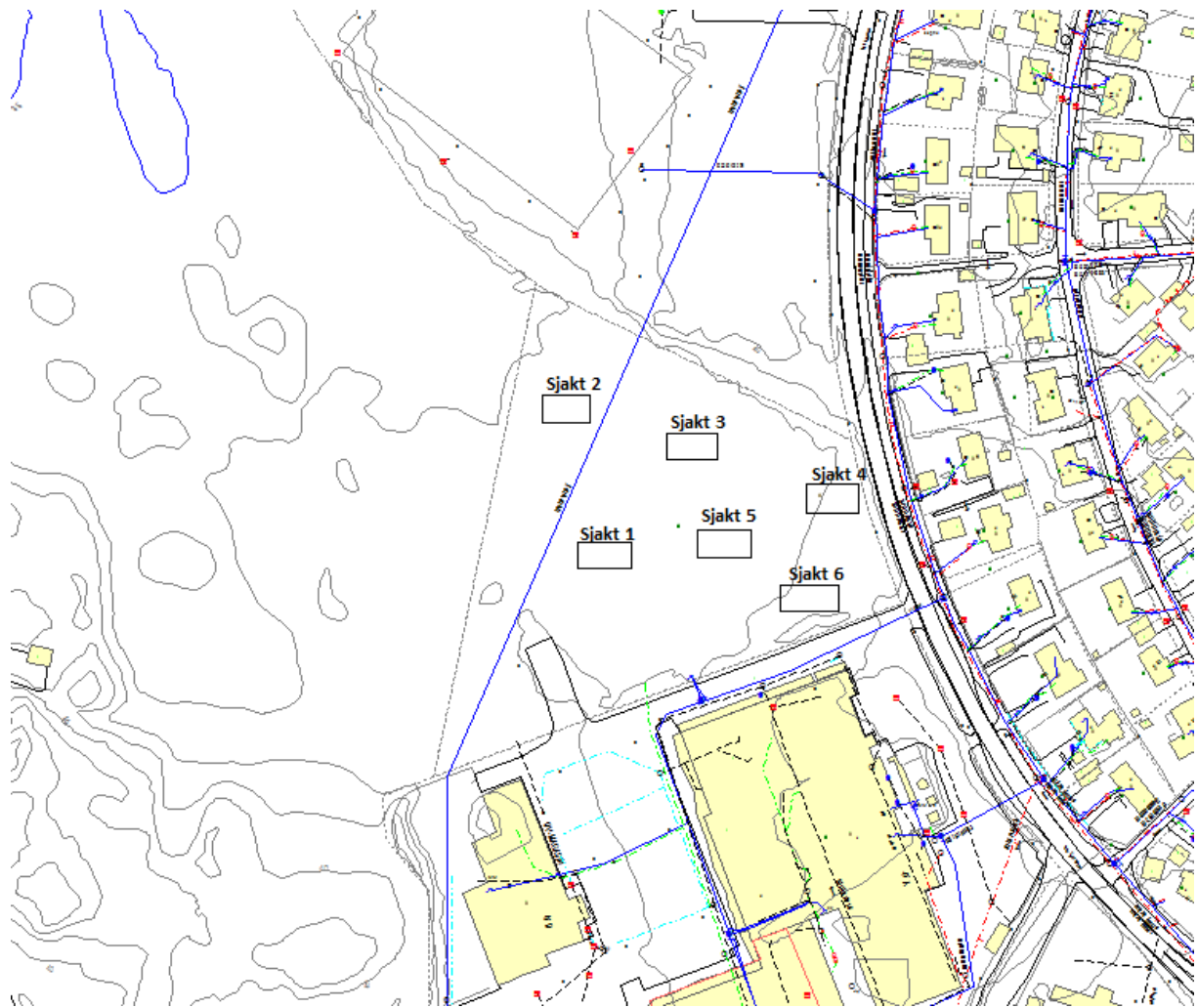
Søknad mottatt:	Saksnr.: 13/276-145 Q14701A	 Horten kommune
Gjelder 3 mnd. fra dato		
SØKNAD OM GRAVETILLATELSE / GRAVEMELDING. Rekvisisjon av gatereparasjon.		

- Kart med påtegnet graveområde/trasé og planlagt arbeid SKAL vedlegges
- Ved vann-/avløpsanlegg MÅ det foreligge godkjent "Søknad om saniteranlegg". Skjema finnes på www.horten.kommune.no.
- Gebyr blir fakturert i henhold til kommunestyrets vedtatte betalingsdokument.

Søknad og rekvisisjon	Undertegnede søker herved om tillatelse til graving, boring, eller oppsetting av innhegning, stillas, lift, arbeidsbrakke eller container i Horten kommune.	
	Gateadresse / arbeidssted: Trimveien 33, Horten Horten handelspark	Eiendom gr. / bnr.: 24/26 Tiltakshaver: Asplan Viak AS
	Arbeidsinnhold: Prøvegravning/ sjaktning	Start dato: 22.10.2013 Slutt dato (ca): 01.11.2013
	Forventet offentlig areal som blir berørt:	Ca. 20-50 m ²
	Egenkontrollskjema levert ut / inn:	Skal ikke grave i eller i nærhet av veg.
	Tiltakshavers aksept for istandsetting av gate (Utført av Horten kommune):	Ansvarlig utførende: Abrahamsen og Pedersen Anleggsgartnerjenester AS 
	Dato 22/10-13 Underskrift Per Kraft Fakturaadresse for istandsetting: Asplan Viak AS Moerveien 5, 1430 Ås V/ Per Kraft	Dato 22/10-13 Underskrift Per Kraft Fakturaadresse behandlingsgebyr ansvarlig utførende: Asplan Viak AS Moerveien 5, 1430 Ås V/ Per Kraft
Varsling	Ansvarlig utførende er ansvarlig for påvisning av alle typer ledninger / kabler / rør før graving utføres. Det gjelder på både offentlige og private arealer.	
Godkjenning	Arbeidet tillates utført iht. Veilovens §32 og §57. Tillatelsen gis til stedlig ansvarshavende / ansvarlig utførende og skal til enhver tid oppbevares på arbeidsstedet. Melder / ansvarlig utførende er ansvarlig for at arbeidet utføres i samsvar med gjeldende bestemmelser og forplikter seg til å følge instruks fra offentlige etater. Arbeidet må utføres slik at trafikken ikke stoppes eller unødig hindres. Arbeidsområdet skal sikres og varsles iht. godkjent varslingsplan. Søkeren er ansvarlig for skader som påføres vegområdet eller tredjemann. Utgravd areal må tilbakefylles med eksisterende masse og komprimeres. De øverste 10 cm av grøften skal strøs med grus. Horten, den 23/10-13  Kommunalteknisk drift Horten kommune Godkjent (underskrift / stempel)	

Horten kommune - kommunalteknisk drift. Bromsveien 29, 3183 Horten. Tlf: 33085500.
 E-post teknisk@horten.kommune.no

Figur 1: Gravemelding



Figur 2: Illustrasjon av sjakter

ENTREPRENØRENS EGENKONTROLL VED GRAVING I OFFENTLIG VEI

Gateadresse/strekning : **TRIMVEIEN 33**

Graveperiode: Fra og med _____ til og med _____

Opplysninger om utført arbeid:

Benevnelse handling	Ja	Nei	Merknad
Er gravetraseen befart/godkjent av veieier før anleggstart?			
Dersom asfalt er fjernet, er denne kjørt til godkjent mottak?			
Er asfaltdekket skåret mellom ny og gammel asfalt?			
Er asfaltdekket frest mellom ny og gammel asfalt?			
Er asfaltdekket klebet mellom ny og gammel asfalt?			
Er nytt asfaltdekke lagt med tykkelse tilsvarende eksist. eller min. 50 millim.			
Er stedlige masser tilbakefylt?			
Er nye masser fylt tilbake i grøft i henhold til veinormalens krav?			
Er det foretatt utkiling mellom nytt og gammelt forsterkningslag/bærelag?			
Er komprimering utført i tråd med veinormalens krav?			
Er kantstein, brosteinsdekke og annen veimøblering fagmessig reetablert?			
Er trafikkinstallasjoner (veibom, sperring etc.) uskadet etter arbeidene?			
Er berørte grøntanlegg, midtrabatter istandsatt og evt. tilsådd?			
Utførende entreprenør er ansvarlig for teknisk utførelse i 3 år og besørger/ bekoster evt. utbedring	X		

Entreprenørens underskrift

Bekreftelse mottatt av HK

Websak nr.: **13/276-145 Q14JOHA**

Figur 3: Entreprenørens egenkontroll ved graving i offentlig vei

Vedlegg 7:
Erosjonstiltak ved utslippssted

Erosjonstiltak ved utslippssted



Figur 1: Dam, resipient ved golfbane, (Kraft 2013)

Plastring ved utløp

Ved utløpet av utslippsledninger, kulverter og stikkrenner, og også ved utløpet av overflaterenner, kan vannet ha stor hastighet. Består bunnen av finkornede masser kan det dannes store erosjonsgroper. Det kan føre til undergraving av kulvertutløp og vegskråning. Derfor er det viktig å sikre utløpet mot erosjon.

For å unngå erosjonsskader i resipienten må det gjøres enkle tiltak for unngå slike skader.

For utslippsledninger mindre enn ca. 1,5 m i diameter, kan det være tilstrekkelig å sikre området med steinfylling. Stein størrelsen beregnes med følgende formel:

$$D_{50} = 0,2D \left(\frac{Q}{\sqrt{g} D^{2,5}} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{D}{TW} \right)$$

D_{50}	Steinstørrelse [m]
D	Rørdiameter [m]
Q	dimensjonerende vannføring [m^3/s]
TW	nivå på undervannet, over bunnen av utløpet [m]

Nivået på undervannet, TW , bør være mellom $0,4 D$ og $1,0 D$. Hvis TW ikke er kjent, eller mindre enn $0,4 D$, så anta $TW = 0,4 D$.

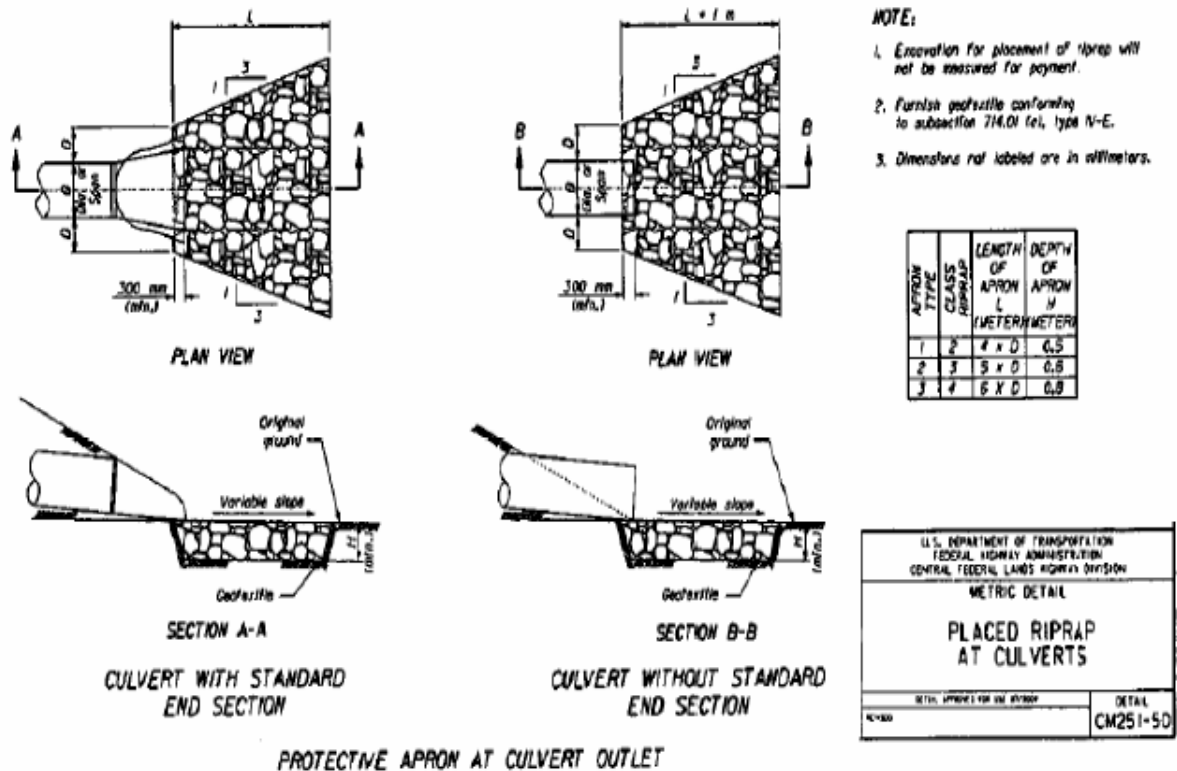
Formelen forutsetter at steinen har en spesifikk tetthet på 2,65.

Tabell 1 gir anvisning for å beregne tykkelse og utstrekning av sikringen. For å gi effektiv energispredning bør sikringen ha ru overflate. Breddene og skråningen ved kulvertutløpet sikres på samme måte som bunnen, (Jenssen 2009).

D_{50} (mm)	Plastringslengde (-)	Plastringstykkelse (-)
125	$4D + 1 \text{ m}$	$3,5 D_{50}$
150	$4D + 1 \text{ m}$	$3,3 D_{50}$
250	$5D + 1 \text{ m}$	$2,4 D_{50}$
350	$6D + 1 \text{ m}$	$2,2 D_{50}$
500	$7D + 1 \text{ m}$	$2,0 D_{50}$
550	$8D + 1 \text{ m}$	$2,0 D_{50}$

$D = \text{rørdiameter, } D_{50} = \text{steinstørrelse}$

Tabell 1: Lengde og tykkelse av plastring ved utløp, (Jenssen 2009)



Figur 2: Steinsikring ved utløp, (Jenssen 2009)

Beregning av stabil steinstørrelse

$$D_{50} = 0,2D \left(\frac{Q}{\sqrt{g} D^{2,5}} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{D}{TW} \right) = 0,2 * 0,5 \left(\frac{0,923}{\sqrt{g} 0,5^{2,5}} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{0,5}{0,4} \right) = 0,25 \approx 250 \text{ mm}$$

Beregning av plastringslengde

$$D_{50} = 250 \text{ mm}$$

$$5D + 1 = 5 * 0,5 + 1 = 3,5 \text{ m}$$

Beregning av plastingstykkelse

$$D_{50} = 250 \text{ mm}$$

$$2,4 * D_{50} = 2,4 * 250 = 600 \text{ mm}$$

Vedlegg 8:

Sammendrag av rapporten; Klimatilpasning af afløssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse

Sammenfatning og konklusioner

Indledning og afgrænsning

De menneskeskabte klimaforandringer vil bl.a. medføre øget risiko for ekstreme nedbørsmængder og havvandsstigninger. Tilpasning til klimaændringerne vil i nogen grad kunne afbøde skaderne som følge heraf. Der er imidlertid endnu begrænsede praktiske erfaringer med klimatilpasning i Danmark. Med henblik på at sætte øget fokus på klimatilpasning af afvanding af byområder udbød Miljøstyrelsen et projekt. Projektet blev vundet af NIRAS og COWI i samarbejde med Aalborg og Roskilde Kommuner.

Der er lagt vægt på at besvare følgende tre spørgsmål:

- Hvad er hovedproblemerne som følge af ekstremregn og havvandsstigninger?
- Hvilke skader vil ovennævnte resultere i?
- Hvilke klimatilpasningstiltag vil kunne afbøde skaderne, og hvilke tiltag kan betale sig ud fra en samfundsøkonomisk vurdering?

Alle aktører i projektet var samlet på et to-dages workshop for at samle alle erfaringer. Forud for workshoppen blev der bl.a. fremstillet kortmateriale for de to byer, således at deltagere havde lettere ved at visualisere, hvilke konsekvenser klimaændringerne vil have.

Efter workshoppen har COWI og NIRAS behandlet resultaterne med henblik på at vurdere de samfundsøkonomiske konsekvenser ved tilpasning til ekstremregn og havvandsstigning i de centrale byområder i Roskilde og Aalborg Kommuner. Nærværende rapport beskriver resultaterne af denne analyse. Opbygningen af nærværende rapport afspejler, at tilpasning i de to byer er blevet vurderet hver for sig.

Metode

Det metodiske udgangspunkt er en partiel velfærdsøkonomisk analyse. Herved kvantificeres og værdisættes udelukkende effekter, som direkte eller indirekte kan forbindes med tilpasningstiltagene. To former for velfærdsøkonomisk analyse er blevet anvendt – cost effectiveness og cost-benefit analyse. I en cost effectiveness analyse vurderes omkostningerne ved tilpasning i forhold til en ønsket effekt. I en cost-benefit analyse holdes omkostningerne op imod gevinsterne ved tilpasning. For begge analysemetoder gælder, at vurderingerne hovedsageligt omfatter direkte effekter.

Tilpasning til menneskeskabte klimaforandringer kan opdeles i to typer: den der sker spontant og den planlagte. Den spontane tilpasning omfatter producenters og forbrugeres umiddelbare tilpasning til klimaforandringerne, mens den planlagte tilpasning sker på baggrund af politiske indgreb. Undersøgelsen omfatter udelukkende de velfærdsøkonomiske konsekvenser af planlagt tilpasning. En forudsætning for den velfærdsøkonomiske analyse er, at konsekvenserne af de planlagte tiltag holdes op imod en reference. I referencen tages ud over de spontane aktiviteter også højde for de nuværende planlagte aktiviteter, der kan have indflydelse på omfanget af skader som følge af klimaforandringerne. Det er anbefalet praksis, at kommunerne via spildevandsplanerne fastholder et fast serviceniveau for, hvor hyppigt overbelastning af afløbssystemerne må medføre skader. Det antages, at denne praksis fortsættes i basis-scenariet, svarende til en gradvis udbygning af afløbssystemerne.

Et særligt problem ved en velfærdsøkonomisk analyse af tilpasning til ekstrem nedbør og havvandsstigning er, at resultaterne er meget afhængige af den tidsmæssige placering af hændelserne samt omfanget af skader ved de enkelte hændelser. Der er i analysen taget højde herfor ved at beregne den gennemsnitlige årlige skadesomkostning i nutiden og i fremtiden,

afhængigt af konkrete klimatilpasningstiltag. De gennemsnitlige skadesomkostninger beregnes ud fra vurderinger af hændelser, der optræder ca. 1 gang hvert 100. år.

Roskilde

Ekstremregn

Roskilde Kommune har ikke været ramt af meget kraftige nedbørshændelser de seneste år. Derfor er vurderingen af de forventede skader sket på baggrund af hydrauliske beregninger. Beregningerne viser, at en 100 års hændelse medfører, at både det nordlige og det sydlige område af Roskilde by påvirkes med opstuvning til over 0,5 meter under terræn i stort set hele det fælleskloakerede område. Hovedparten af bygninger med kældre i disse områder vil forventeligt blive oversvømmet, ligesom lavninger i terrænet vil blive oversvømmet. Ud fra en vurdering af de topografiske forhold vurderes det, at ca. 60 ejendomme vil blive oversvømmet over stueplan, fordi de ligger i sådanne lavninger. I det separatkloakerede opland vil 5 % terrænoversvømmes. Ud over skader på bygninger og inventar forventes de primære skader at være vejbrud, strømsvigt samt øget risiko for sygdomme som følge af kontakt med vand iblandet fækalier.

Tilpasning til ekstremregn er blevet vurderet i to forskellige delscenarier. I det første delscenarium betragtes tiltag, som vil fjerne alle skader ved en 100 års regn i Roskilde by, mens der i det andet delscenarium kun inkluderes tiltag, der giver anledning til størst mulig skadesreduktion. Begge scenarier tager udgangspunkt i, at Roskilde Kommune gennemfører tilpasning i det omfang, som er nødvendigt for at kunne leve op til det ønskede servicemål.

De tiltag, som i det første delscenarium vurderes at være nødvendige for at fjerne samtlige skader, er:

- Øget magasinering (henholdsvis 115.000 m³ og 50.000 m³)
- Etablering af tre transportkorridorer til afledning af regnvand fra byen til fjorden (5,9 km ny kloakledning)
- Øget afvanding ud af bymidten til transportkorridorerne (1,2 km ny kloakledning)

Resultatet af første delscenarium er vist i tabel 0A. Det fremgår, at iværksættelse af tiltag, der kan fjerne samtlige skader som følge af 100-årsregn i Roskilde by, er forbundet med et velfærdstab på 225 mio. kr. Ud over at betragte iværksættelse af tilpasningstiltag for hele Roskilde by er betydningen af tilpasning også belyst på mindre dele af byen. Resultatet herved er også vist i tabel 0A, og det ses, at det kun er i selve midtbyen (zone 4), at det er muligt at opnå en gevinst ved tilpasning.

Sammenlagt kan der på baggrund af første delscenarium konkluderes, at det vil være mere fordelagtigt at dosere tiltagene målrettet efter de områder og skadestyper, der giver mest skadesreduktion for pengene.

Tabel 0A: Resultat af første delscenarium.

NV (mio. kr.)	Omkostninger	Reduceret skade	Nettogegevinst
Roskilde i alt	-563	338	-225
Tiltag Syd i alt (zone 1)	-179	107	-71
Tiltag Nord i alt	-384	230	-154

- Zone 2- øget magasineri	-75	70	-5
- Zone 3 - transportkorridor 1	-51	17	-35
- Zone 5- transportkorridor 2	-57	17	-40
- Zone 6- transportkorridor 3	-137	62	-75
- Zone 4 - vandstyring midtby	-63	64	1

I det andet delscenarium undersøges, hvor der mere lokalt kan være en samfundsmæssig nettogevinst ved at lave planlagt tilpasning ud over anvendelse af den gradvise opdimensionering af afløbssystemet, som er en del af den spontane tilpasning i basisscenariet.

Der er nogle boliger i Roskilde by, som på grund af omgivelsernes topografi i særlig grad har risiko for at blive oversvømmet i stueplan under meget kraftig regn. En grov optælling tyder på, at det drejer sig om ca. 60 ejendomme i Roskilde by. Resultatet af det andet delscenarium er bl.a., at det samfundsøkonomisk vil kunne betale sig at sikre disse boliger yderligere mod oversvømmelser i stueplan. Ligeledes kan det anbefales at installere højvandslukker eller lignende i udsatte kældre tilknyttet fællessystemer. Skaderne i kældrene kan ikke ud fra en samfundsøkonomisk vurdering retfærdiggøre større opdimensioneringer i det offentlige afløbssystem. Det kan heller ikke anbefales at lave yderligere tiltag mod vejbrud, sammenbrud af kloakker, strømsvigt mv. som følge af ekstremregn.

Havvandsstigning

Vurderingen tager udgangspunkt i, at i det nuværende klima en gang hvert 100 år forventes at optræde en maksimal havvandsstand på 1,8 m over dagligt vande. I år 2096 forventes en tilsvarende hændelse at nå en havvandstand på mellem 2,37-3,13 meter over fjordens nuværende normale vandstand.

Det berørte område rummer mange kulturelle værdier og nationalklenodier og udgør således en væsentlig del af Roskilde Bys identitet. Den samlede skade, som en 100 års vandstandsstigning vil medføre i Roskilde by, kan opgøres til 200- 300 mio. kr.

Roskilde kommune har endnu ikke iværksat tiltag med dette sigte, og der er heller ikke truffet beslutning om fremtidige tiltag.

Der blev på workshoppen identificeret to mulige tiltag til sikring af byen mod stigende havvandsstand:

- 3,5 meter højt dige langs hele havnefronten og kysterne
- Dæmning fra Hundested til Rørvig

Et lokalt dige ud for Roskilde blev vurderet som uacceptabelt, da det skaber store visuelle gener og huspriskfald langs kysten. Det er endvidere en stor del af oplevelsesværdien ved Vikingskibsmuseet, at man føler sig i ét med fjorden, hvilket et 3,5 meter højt dige vil ødelægge. Derfor blev en dæmning fra Hundested til Rørvig foreslået på workshoppen.

Nutidsværdien af anlægs- og driftsomkostningerne ved en dæmning kan opgøres til 1,26 mia. kr. Dæmningen er dermed forbundet med så store omkostninger, at den langt fra kan måle sig med reduktionen af skader i Roskilde by.

På denne baggrund konkluderes det, at det ud fra en samfundsøkonomisk betragtning ikke er rimeligt at fjerne effekterne af den stigende havvandsstand alene for Roskilde by. De samlede skadesomkostninger inkluderer imidlertid udelukkende Roskilde by. Der vil være mange andre samfundsøkonomiske gevinster og tab ved at etablere en sådan dæmning, både i form af sikring af andre områder og i form af afledte effekter, at en egentlig vurdering af forslaget ligger udenfor undersøgelsens rammer.

Aalborg

Ekstremregn

Aalborg Kommune er blevet ramt af en række meget kraftige regnskyl de seneste år. Skader, som følge af ekstremregn, er derfor dels opgjort ud fra hydrauliske beregninger, dels ud fra opgørelser af de skader, som er blevet observeret i forbindelse med de meget kraftige regnhændelser. Det blev på den baggrund vurderet, at skaderne sandsynligvis i fremtiden vil være moderate, såfremt afløbssystemet gradvist udbygges svarende til uændret serviceniveau.

Aalborg Kommune har udarbejdet en strategi for afløbssystemet, der bl.a. indebærer en fuldstændig separering af byspildevand og afstrømmende regnvand. Horisonten på separeringen er 90 år. I løbet af perioden vil risikoen for oversvømmelser af kældre således løbende blive elimineret.

På workshoppen blev det vurderet, at det er muligt at afhjælpe skaderne som følge af ekstremregn med en kombination af følgende tre tiltag:

- Informationskampagne
- Tilbageholdelse af vand i Østerådal
- Diverse lokale tiltag

Sidste tiltag består først og fremmest i etablering af nye pumper, nye udløb og udvidelse af eksisterende regnvandsbassiner og er med en velfærdsøkonomisk omkostning på knap 96 mio. kr. det dyreste af de tre. Tiltagene vil først og fremmest mindske risikoen for oversvømmelser i kælder og i stueplan. De undgåede skadesomkostninger er som nævnt meget afhængige af udbygningen af det separate kloaknet. De undgåede skadesomkostninger vil som konsekvens heraf falde lineært i hele projektets tidshorizont. I tabel 0B er omkostningerne ved tilpasningstiltagene og de undgåede skadesomkostninger som følge af implementering heraf præsenteret.

Tabel 0B: Velfærdsøkonomiske omkostninger og 2007-nutidsværdier ved tilpasning og de undgåede velfærdsøkonomiske skadesomkostninger.

Omkostninger	Velfærdsøkonomisk omkostning (mio. kr.)	Nutidsværdi (2007-mio. kr.)
Informationskampagne	0,7	0,6
Tilbageholdelse af vand i Østerådal (Syd)	30,6	18,0
Lokale tiltag	98,3	89,9
Gevinster i form af undgåede skadesomkostninger		
Kælderoversvømmelser i private boliger	50	62,5

Oversvømmelser i stueplan	25	3,0
Sygdom som følge af oprydning	2,4	44,4
Oversvømmelse af varelagre	11	13,8
Velfærdsøkonomisk gevinst		5,1

Ved at omregne de velfærdsøkonomiske omkostninger til nutidsværdier med en diskonteringsrate på 3 % er det muligt at vurdere, om tilpasningen vil give anledning til et velfærds-mæssigt tab eller gevinst. I nærværende tilfælde resulterer tilpasningen i en gevinst på 5 mio. kr. Analysen tager udelukkende højde for umiddelbare kvantificerbare undgåede skadesomkostninger og medtager således ikke f.eks. befolkningens velfærds-mæssige tab ved ikke at kunne bo i deres huse.

Havvandsstigning

Stigende havvandstand blev vurderet efter samme principper som i Roskilde. Stigningen i ekstremvandstand vil være mest problematisk i de bymæssigt tæt bebyggede områder i Nr. Sundby og Aalborg. Ved en fremtidig 100 års hændelse er det muligt, at vandstanden vil blive så høj, at der bl.a. er risiko for, at vandet vil strømme ned i Limfjordstunnellen, og at landingsbanerne i Aalborg lufthavn delvist vil stå under vand. På workshoppen var der enighed om, at disse potentielle oversvømmelser er så omfattende, at de ikke er acceptable.

Der eksisterer i dag ikke konkrete planlagte tilpasningstiltag, som er rettet mod høj vandstand. Det forventes dog, at der gradvist vil ske spontan tilpasning i lokalplanerne for at tage højde for oversvømmelsesrisikoen.

Ved workshoppen blev der foreslået tre mulige tilpasningstiltag:

- Sluse ved Hals
- Højere kant ved kaj og sluse ved Østerå
- Hydrauliske porte på tværs af Limfjorden.

De tre tiltag blev vurderet i forhold til deres omkostningseffektivitet, dvs. en cost-effectiveness analyse. Tiltaget "Højere kant ved kaj og sluse ved Østerå" var langt det mest omkostningseffektive tiltag med en samfundsøkonomisk omkostning på knap 100 mio. kr., mens de øvrige tiltag medførte samfundsøkonomiske omkostninger, der var minimum 7 gange højere.

Fælles for de to sidste tiltag er, at der er tale om lokale tiltag rettet mod bymæssige arealer. Implementering af tiltagene kan således medføre, at arealer øst for Aalborg bliver oversvømmet. Der kan alene af den årsag stilles spørgsmålstejn ved, om disse to tiltag kan realiseres. Det ligger uden for nærværende undersøgelse at foretage en egentlig vurdering af de samfundsmæssige gevinster og tab ved etablering af en sluse ved Hals.

Generelle konklusioner

Resultaterne er baseret på en relativt grov teknisk og økonomisk analyse, hvor der primært er fokuseret på de direkte omkostninger og gevinster ved tiltag. En mere omfattende analyse med en mere omfattende prissætning af specielt de indirekte omkostninger bør foretages inden der foretages konkrete tiltag. Nedenfor er opsummeret de projektgruppens anbefalinger og generelle konklusioner.

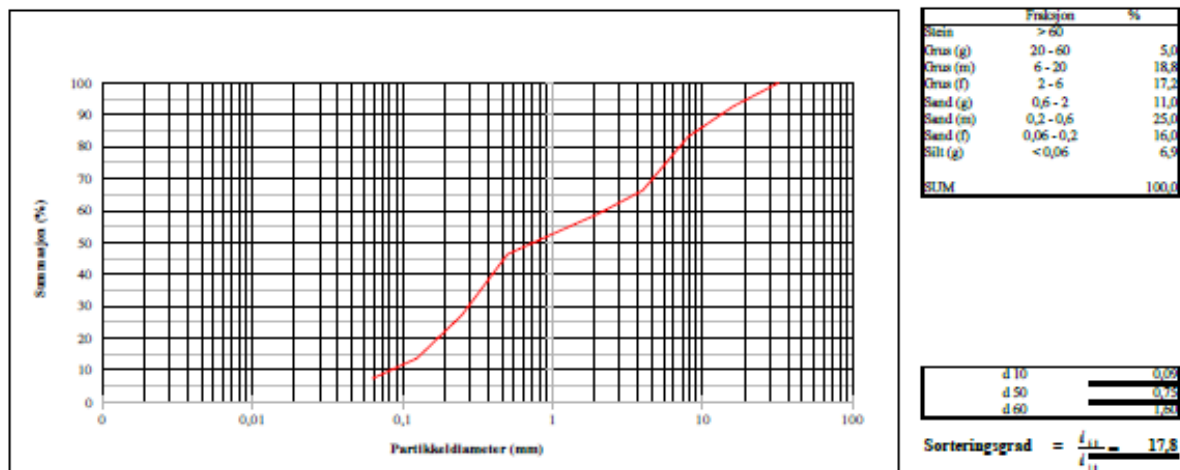
- Den valgte fremgangsmåde med først at indsamle oplysninger på en workshop for dernæst at gennemføre tekniske og økonomiske analyser på et strategisk niveau giver god mening i den forstand, at udfaldet generelt har været robust og handlingsanvisende.
- De samfundsøkonomiske beregninger viser, at den metode til tilpasning af afløbssystemer som er foreslået i Spildevandskomiteens Skrift 27 ("klimatillægget") er tæt på at være optimal i Roskilde og Aalborg. På den baggrund vurderes det, at der overordnet set ikke er brug for yderligere tilpasning i byer med gode topografiske forhold. Konsekvenserne af opstuvning af spildevand til terræn bør altid overvejes, herunder også de hygiejniske forhold.
- Det er vanskeligt for den enkelte kommune at tilpasse sig stigende havvandsstand. Det skyldes, at konsekvenserne ved en stor stormflod er meget store, samtidig med at de samfundsøkonomiske beregninger viser, at det tilsyneladende ikke kan betale sig at lave større tilpasningstiltag. Der er behov for yderligere undersøgelser på dette område. På baggrund af disse undersøgelser kan det være relevant at udarbejde landsplandirektiver på området.
- Der skal tænkes bredt og tværgående i kommunerne, således at muligheden for, at nye anlæg kan få en dobbeltfunktion som klimatilpasningstiltag. Eksempelvis i forbindelse med etableringen af nye rekreative arealer eller fritidsaktiviteter.

Den økonomiske analyse er baseret på en meget simpel model. Voldsomme hændelser af f.eks. nedbør og havvandsstand vil have langtidseffekter, der ikke er medtaget i de økonomiske vurderinger. Specielt kan det fremhæves, at en ekstrem havvandsstand vil påvirke adskillige byer samtidigt. Derved vil de økonomiske tab forventeligt være større end summen af de enkelte tab opgjort som en række begrænsede hændelser i et enkelt byområde. (Holse et al. 2007)

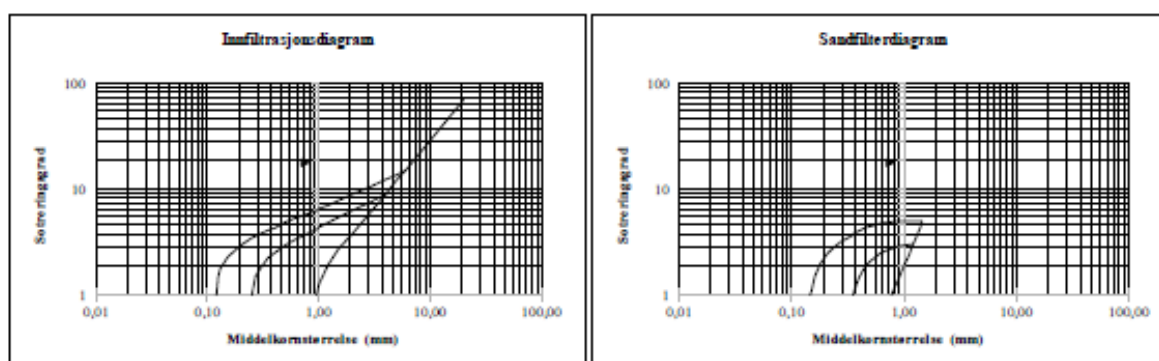
Vedlegg 9:
Kornfordelingskurver – Trimveien 33

Kornfordelingsanalyse

Prøve navn/nr.		Siktdiameter (mm)	Enkeltvekt	Sum.vekt	Summasjon (%)	%
Oppdragsgiver	Asplan Viak AS	32	0,00	0,00	100	0,00
Prosjekt nr.		16	7,00	7,00	93	7,37
Provested	Trimveien, Horten – S2	8	9,00	16,00	83	16,84
Prøvedyp	0,5 m	4	16,00	32,00	66	33,68
Dato for uttak		2	7,00	39,00	59	41,05
Analyzert av		1	6,00	45,00	53	47,37
Merknader	Torrstøt	0,5	6,00	51,00	46	53,68
		0,25	18,00	69,00	27	72,63
		0,13	13,00	82,00	14	86,32
		0,0630	6,00	88,00	7	92,63
			7,00	95,00		



Permeabilitet = $d_{10}^2 \cdot 1000$ ————— Sorteringsgraden er større enn 5 og formelen kan derfor ikke benyttes



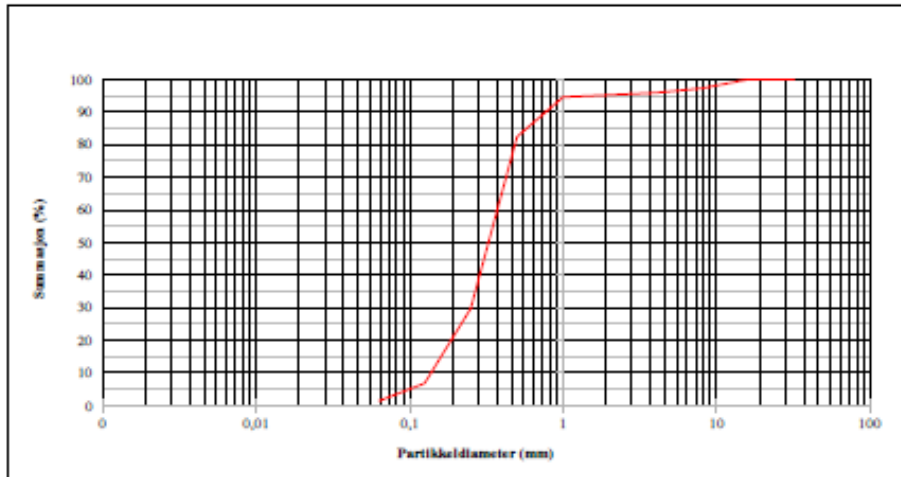
Figur 1: Kornfordelingsanalyse; Trimveien, Horten – S2, 0,5 meter, (Kraft 2013)

Kornfordelingsanalyse

Prøve navn/nr.

Oppdragsgiver: Asplan Viak AS
 Prosjekt nr.: 8
 Prøvested: Trimveien, Horten – S2
 Prøvedyp: 1 m
 Dato for uttak: 1
 Analyzert av: 0,5
 Merknader: 0,25
 Torrskivet: 17,00
 0,13
 0,0630
 4,00
 73,00
 1,00

Siktdiameter (mm)	Enkelvekt	Sum.vekt	Summasjon (%)	%
32	0,00	0,00	100	0,00
16	0,00	0,00	100	0,00
8	2,00	2,00	97	2,70
4	1,00	3,00	96	4,05
2	0,50	3,50	95	4,73
1	0,50	4,00	95	5,41
0,5	9,00	13,00	82	17,37
0,25	39,00	52,00	30	70,27
0,13	17,00	69,00	7	93,24
0,0630	4,00	73,00	1	98,65
1,00	1,00	74,00		

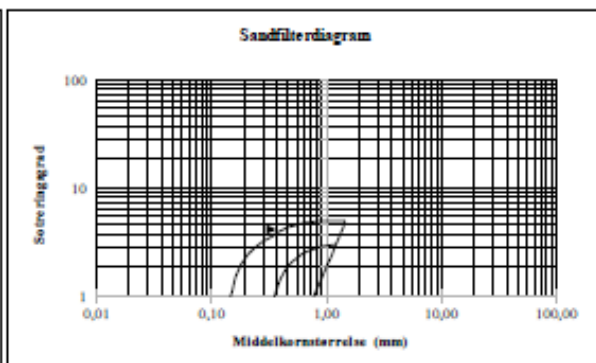
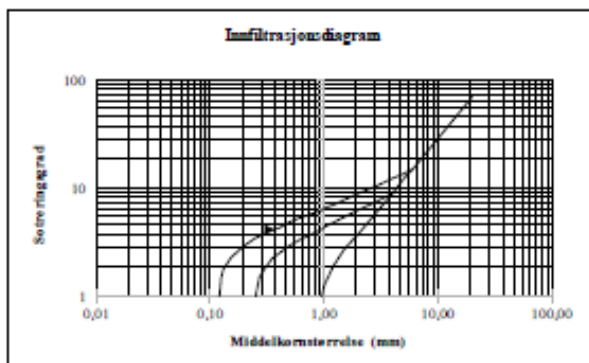


Fraksjon	%	
Slein	> 60	
Grus (g)	20 - 60	0,0
Grus (m)	6 - 20	3,3
Grus (f)	2 - 6	1,5
Sand (g)	0,6 - 2	9,6
Sand (m)	0,2 - 0,6	63,3
Sand (f)	0,06 - 0,2	21,4
Silt (g)	< 0,06	1,0
SUM		100,0

d ₁₀	0,12
d ₅₀	0,25
d ₆₀	0,32

$$\text{Sorteringsgrad} = \frac{d_{60} - d_{10}}{d_{10}} = 4,2$$

$$\text{Permeabilitet} = \alpha_{10}^2 \cdot 1000 = \text{m/dagn}$$



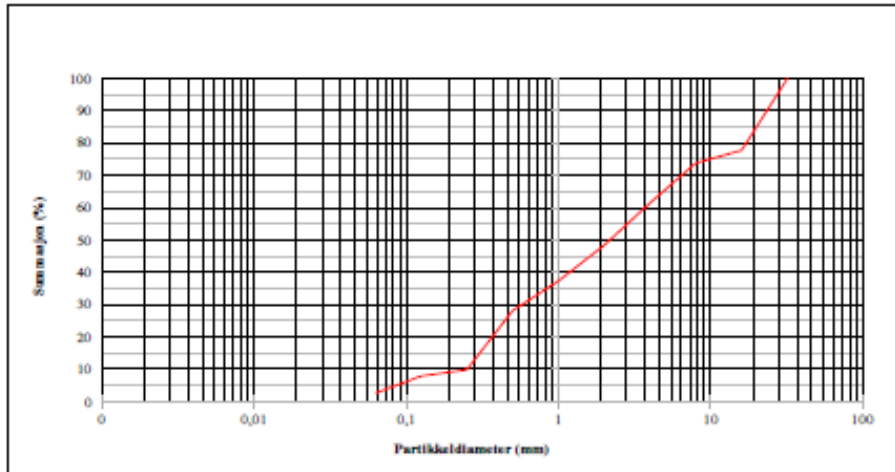
Figur 2: Kornfordelingsanalyse; Trimveien, Horten – S2, 1 meter, (Kraft 2013)

Kornfordelingsanalyser

Prøve navn/nr.

Oppdragsgiver: Asplan Vink AS
 Prosjekt nr.: 8
 Prøvested: Trimveien, Horten – S3
 Prøvedyp: 0,2 – 1,1 m
 Dato for uttak: 1
 Analyzert av: 0,5
 Merknader: 0,25
 Torrvekt: 0,13
 0,0630

Sikt diameter (mm)	Enkelvekt	Sum.vekt	Sum. fraksjon (%)	%
32	0,00	0,00	100	0,00
16	34,00	34,00	78	22,22
8	6,00	40,00	74	26,14
4	19,00	59,00	61	38,56
2	20,00	79,00	48	51,63
1	17,00	96,00	37	62,75
0,5	14,00	110,00	28	71,90
0,25	28,00	138,00	10	90,20
0,13	3,00	141,00	8	92,16
0,0630	8,00	149,00	3	97,39
	4,00	153,00		2,61

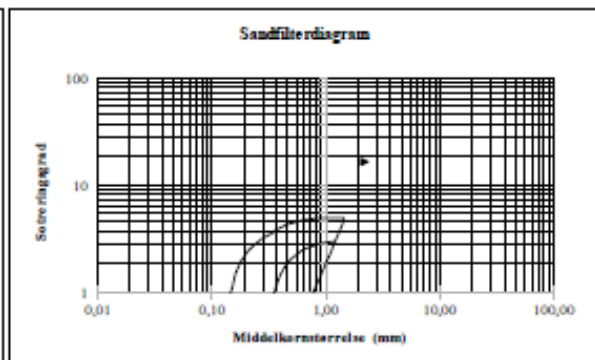
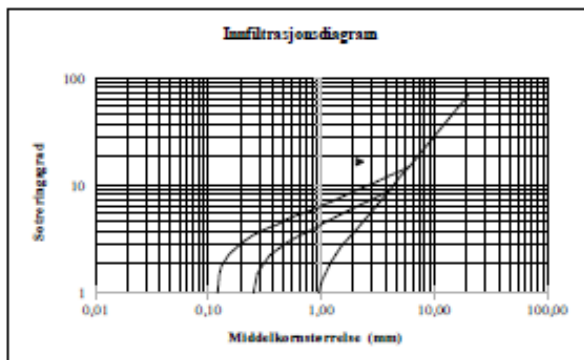


Fraksjon	%
Stein	> 60
Grus (g)	20 - 60
Grus (m)	6 - 20
Grus (f)	2 - 6
Sand (g)	0,6 - 2
Sand (m)	0,2 - 0,6
Sand (f)	0,06 - 0,2
Silt (g)	< 0,06
SUM	100,0

d ₁₀	0,18
d ₅₀	1,62
d ₆₀	3,04

$$\frac{d_{60}}{d_{10}} = 16,7$$

Permeabilitet = $d_{10}^2 \cdot 1000$ = _____ Sorteringsgraden er større enn 5 og formelen kan derfor ikke benyttes



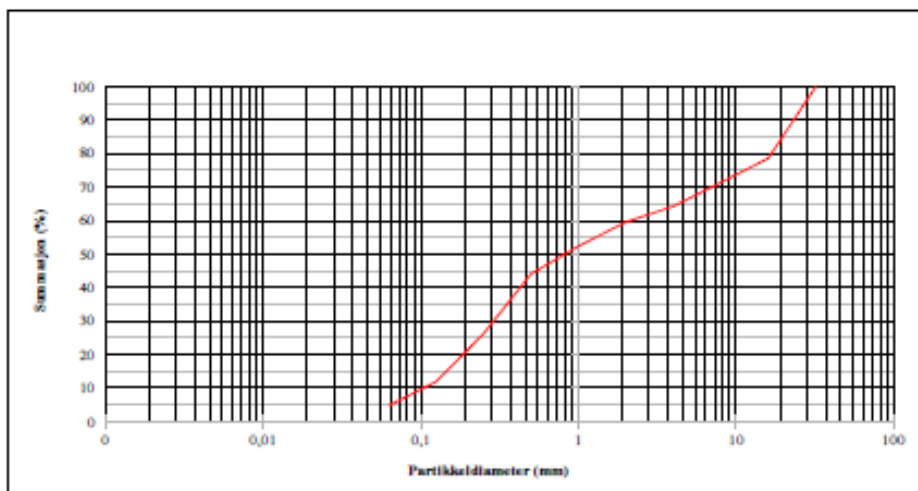
Figur 3: Kornfordelingsanalyse; Trimveien, Horten – S3, 0,2- 1,1 meter, (Kraft 2013)

Kornfordelingsanalyse

Prøve navn/nr.

Oppdragsgiver: Asplan Viak AS
 Prosjekt nr.:
 Provested: Trimveien, Horten – S4
 Prøvedyp: 0 – 1,1 m
 Dato for uttak:
 Analyisert av:
 Merknader: Torrskuttet

Siktdiameter (mm)	Enkelvekt	Sum.vekt	Summasjon (%)	%
32	0,00	0,00	100	0,00
16	18,00	18,00	79	21,43
8	6,00	24,00	71	28,57
4	6,00	30,00	64	35,71
2	4,00	34,00	60	40,48
1	6,00	40,00	52	47,62
0,5	7,00	47,00	44	55,95
0,25	15,00	62,00	26	73,81
0,13	12,00	74,00	12	88,10
0,0630	6,00	80,00	5	95,24
	4,00	84,00		

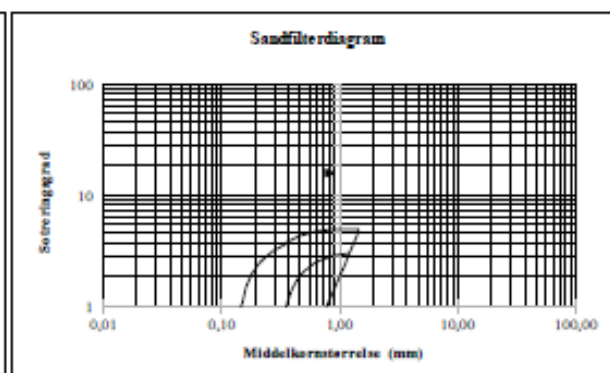
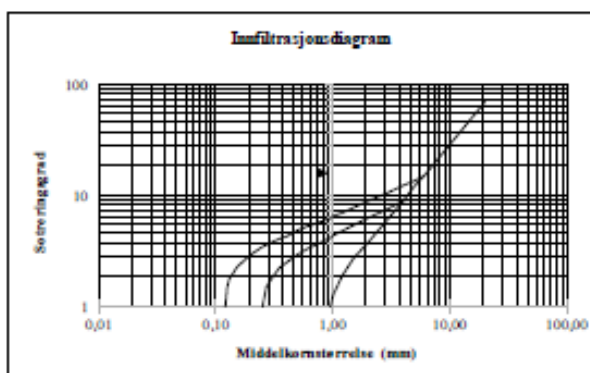


	Fraksjon	%
Stein	> 60	
Grus (g)	20 - 60	14,5
Grus (m)	6 - 20	17,0
Grus (f)	2 - 6	8,9
Sand (g)	0,6 - 2	13,3
Sand (m)	0,2 - 0,6	24,6
Sand (f)	0,06 - 0,2	17,3
Silt (g)	< 0,06	4,3
SUM		100,0

d ₁₀	0,31
d ₅₀	0,83
d ₆₀	1,52

$$\frac{d_{60}}{d_{10}} = 16,0$$

Permeabilitet = $d_{10}^2 \cdot 1000 =$ Sorteringsgraden er større enn 5 og formelen kan derfor ikke benyttes



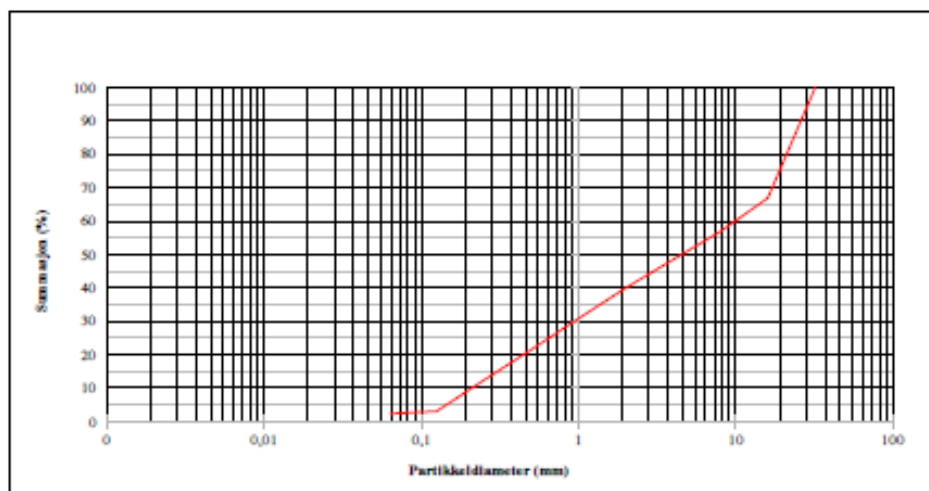
Figur 4: Kornfordelingsanalyse; Trimveien, Horten – S4, 0- 1,1 meter, (Kraft 2013)

Kornfordelingsanalyse

Prøve navn/nr.

Oppdragsgiver: Anplan Viak AS
 Prosjekt nr.:
 Prøvested: Trimveien, Horten – S6
 Prøvedyp: 0-1 m
 Dato for uttak:
 Analyisert av:
 Merknader: Torrvektet

Siktdiameter (mm)	Enkelvækt	Sum.vækt	Summasjon (%)	%
32	0,00	0,00	100	0,00
16	43,00	43,00	67	33,08
8	13,00	56,00	57	43,08
4	11,00	67,00	48	51,54
2	11,00	78,00	40	60,00
1	12,00	90,00	31	69,23
0,5	12,00	102,00	22	78,46
0,25	12,00	114,00	12	87,69
0,13	12,00	126,00	3	96,92
0,0630	1,00	127,00	2	97,69
	3,00	130,00		

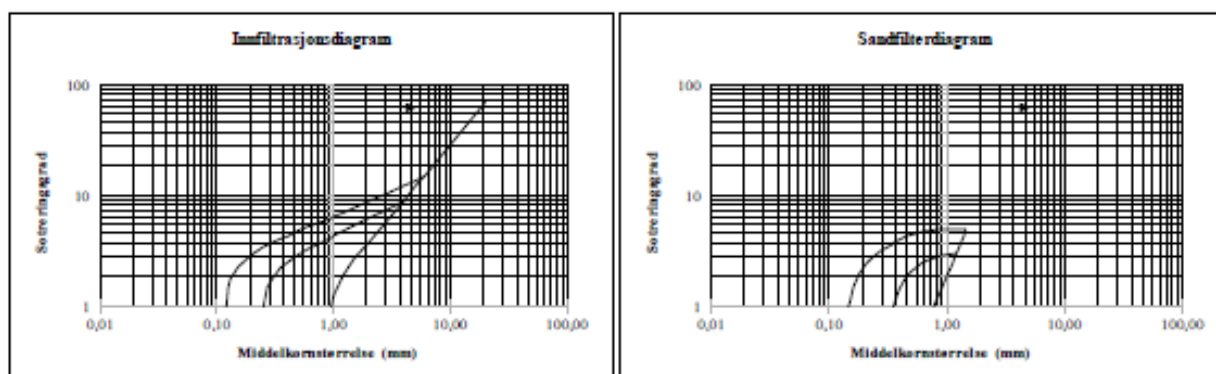


	Fraksjon	%
Stein	> 60	
Grus (g)	30 - 60	22,4
Grus (m)	6 - 30	24,2
Grus (f)	2 - 6	13,4
Sand (g)	0,6 - 2	16,0
Sand (m)	0,2 - 0,6	14,6
Sand (f)	0,06 - 0,2	7,1
Silt (g)	< 0,06	2,3
SUM		100,0

d_{10}	0,12
d_{50}	4,00
d_{60}	10,00

$$\frac{i_{10}}{i_{15}} = 62,5$$

Permeabilitet = $d_{10}^2 \cdot 1000$ = _____ Sorteringsgraden er større enn 5 og formelen kan derfor ikke benyttes



Figur 5: Kornfordelingsanalyse; Trimveien, Horten – S6, 0- 1 meter, (Kraft 2013)

Vedlegg 10:

Valg og dimensjonering av mengderegulator

Valg og dimensjonering av mengderegulator

Etter samtale med min biveileder Per Kraft ble det bestemt at det skulle etableres en mengderegulator på utløpet fra anlegget. Det ble undersøkt med Horten kommune om det var bestemmelser for mye vann man kunne slippe ut fra slike typer anlegg. Kommunen bekreftet at de ikke hadde noen slike bestemmelser. Etter diskusjon med Per Kraft ble det bestemt å sette vannmengden ut fra anlegget til $5 \text{ l/s} \cdot daa$ eller $92,3 \text{ l/s} \pm 10\%$. Dette er store mengder vann, men etter en vurdering der vi så på anleggets størrelse og resipient konkluderte vi med at dette er forsvarlig. Altså, jo mindre utslippsmengden desto større blir fordrøyningsmagasinet. Det er utført grove beregninger på resipienten (dammene) og konkludert med at disse behersker den økte vannmengden.

Valget av type mengderegulator endte hos Miljø- og Fluidteknikk AS. Firmaet ble kontaktet og bedt om å komme med en vurdering på hvilken type mengderegulator som kunne være gunstig for disse anleggene. Etter og sendt inn grunnlagsdata for fordrøyningsmagasinet, mottok vi en anbefaling fra Nils Aaby på et våtoppstilt virvelkammer fra FluidCon. Figur 1-5 viser produktinformasjon for virvelkammeret.

Dimensjoneringen av virvelkammeret er utført av Nils Aaby ved Miljø- og Fluidteknikk AS og er vist i figur 6- 9. Virvelkammeret er som tidligere nevnt av typen FluidCon Sun (SUN453DN250). Dette er et konisk våtoppstilt virvelkammer, som monteres på utløpet i kummen (kan også monteres direkte i magasin). Det er noen elementer som man bør være oppmerksom på:

- Når virvelkammeret ble valgt og dimensjonert ble det antatt at nivå på bunn av innløpet på virvelkammeret er nivået på bunn magasin. Det dimensjonerende vannivået (h_1 , se figur 4) er antatt likt nivå på topp magasin. Det er ikke tatt høyde for eventuelt fall på magasinene.
- Er vannivået høyere enn dimensjonerende nivå (h_1) vil virvelkammeret slippe ut mer vann enn dimensjonerende vannmengde.
- Det er 100 mm høydeforskjell mellom inn og utløp på virvelkammeret (se figur 10). For å sørge for full utnyttelse av magasinivolumet, bør nivå på bunn magasin være høyere enn nivå på bunn innløp virvelkammer.
- Virvelkammer av typen FluidCon SUn er tilpasset montering i bunn av kum. Det bør derfor sørges for at større partikler fanges oppstrøms med sandfang for å redusere risiko for tilstopping av virvelkammerets innløp. Virvelkammeret kan monteres med avstand til kumgulv. Det anbefales da at virvelkammeret støttes opp med monteringsstag eller lignende i innløpet.
- Virvelkammer leveres med DN500 utløpsdiameter for å sikre nøyaktig funksjon. Ved en eventuell overgang til mindre dimensjon på utløpsrøret, anbefales 1-2 m med DN500 rør, for overgang til aktuelle rørdiameterer.
- Virvelkammeret leveres med buet monteringsplate tilpasset kumdiameteren. Anbefalte minimum kumdiameter $\varnothing 2000 \text{ mm}$.
- Virvelkammer lar seg ikke tre gjennom en $\varnothing 650 \text{ mm}$ lysåpning.
- Det er ikke tatt høyde for trykktapet i innløpsledningen mellom magasin og virvelkammerkum. Innløpsrørene til regulatorkummen bør dimensjoneres slik at vannet renner fritt (ingen struping). (Aaby 2013)

Regnvannsoverløp
LOD anlegg
Mengde/nivåregulering
Høyvannsventiler

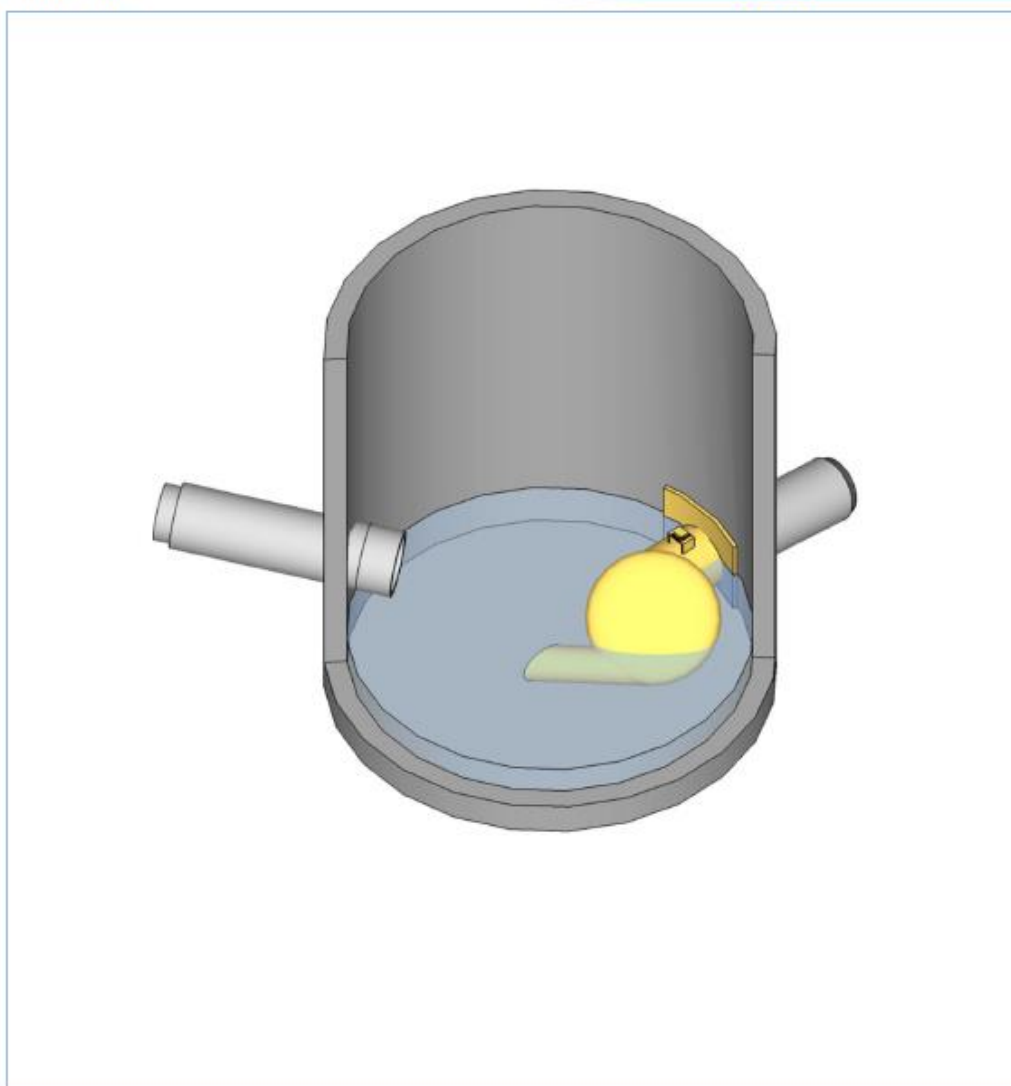
 **MFT**
Miljø- og Fluidteknikk AS
Sivilingeniør Lars Aaby

Postboks 356
1379 Nesbru
Norge
Telefon: +47 6684 8844
Telefax: +47 6684 8842
E-post: post@mft.no
Internett: www.mft.no

Produktinformasjon

Virvelkammer - våtoppstilt
FluidCon

SUn
0121



Figur 1: Produktinformasjon – Virvelkammer – våtoppstilt (*FluidCon*), (Aaby 2013)

1 Bruksområde

Virvelkammerteknologien har et omfattende anvendelsesområde innen avløpsteknikken. Virvelkammer av typen UFT *FluidCon* utgjør over 600 forskjellige varianter og størrelser. De første UFT-virvelkammerne ble levert i Tyskland på slutten av syttitallet. I verdenssammenheng finnes det i dag over 6000 installasjoner i drift. I Norge ble de første UFT virvelkammerne montert i 1993. Siden 2000 er det installert over 500 UFT virvelkamre i Norge.

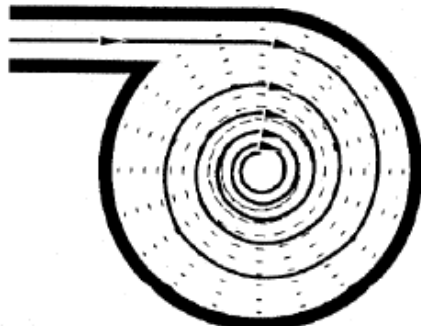
FluidCon SUn (våttoppstilt), benyttes til regulering av videreført vannmengde ved lokal overvannsdiskonering/ fordøyning av regnvann/overvann.

2 Positive egenskaper med *FluidCon*

- Markedsleder mht. strømningsmotstand
- stort strømningsstversnitt
- ingen bevegelige deler
- ingen elektriske komponenter
- høy driftssikkerhet
- hydraulisk funksjon nøyaktig kartlagt
- kapasitetsgaranti +/-10 %
- rask og enkel montering
- Tilfredsstiller Forurensningsforskriften «Best tilgjengelige teknologi»

3 Oppbygging og funksjon

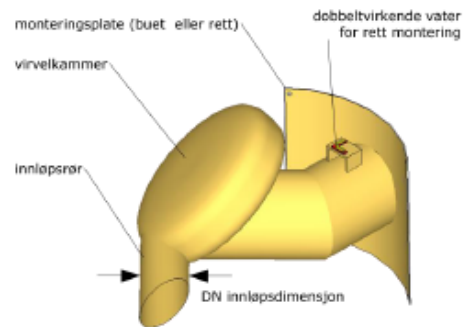
Virvelkammeret *FluidCon* er sirkulært med et tangentielt innløp. Vannstrømmen danner en spiral tilsvarende det en kan observere i utløpet fra badekar og servanter. Vannpartiklene akselerer fra innløpet, gjennom spiralen og til utløpet. Underveis omdannes trykkenergien til hastighetsenergi. Den store strømningsmotstanden forklares ved at den innkommende vannstrømmen treffer de roterende vannmassene der trykket er høyest og blir på den måten kraftig bremsset opp. Hastighetsenergien omsettes når strålen forlater virvelkammeret. (Figur 1)



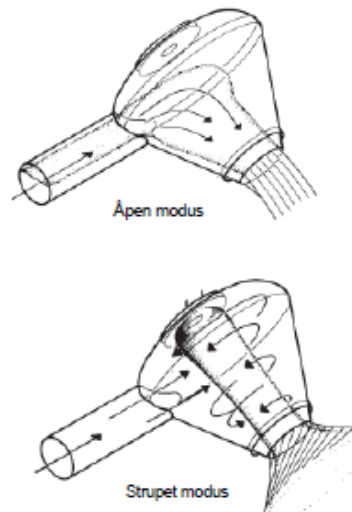
Figur 1 Hastighetsvektorene (de små pilene) viser vannpartiklenes akselerasjon gjennom virvelen.

Ved liten tilrenning utøver virvelkammeret nesten ingen strømningsmotstand (åpen modus – Figur 3). Når tilrenningen øker, suges luft ut av virvelkammeret og det etableres en virvel i de roterende vannmassene. I sentrum av virvelen oppstår en luftfylt kjeme som opptar mesteparten av utløpsåpningen.

Når virvelen er etablert (strupe modus - Figur 3), er strømningsmotstanden meget stor og videreført vannmengde liten. De mest effektive av våre virvelkamre kan for samme trykkehøyde og videreført vannmengde utstyres med en utløpsåpning som er 4-5 ganger større enn et strupet utløp.



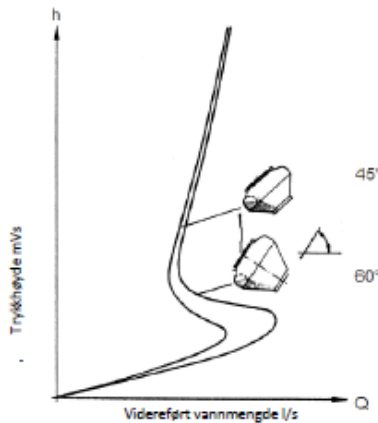
Figur 2 Virvelkammerets konstruksjon



Figur 3 Virvelkammerets funksjon -prinsippskisse

4 Hydrauliske egenskaper

Virvelkammerets hydrauliske karakteristikk, sammenhengen mellom trykkhøyde og videreført vannmengde, varierer med virvelkammertype. Figur 4 viser de to hovedmodellene i FluidCon SUn familien. Typisk for SUn 45 og SUn 60 er den s-formede hydrauliske karakteristikken.



Figur 4 Hydraulisk karakteristikk for FluidCon SUn

Karakteristikkens nedre gren representerer deptylling (åpen modus). Ved «spylespissen», som er mest utpreget for FluidCon SUn60, etableres virvelen, strømningsmotstanden øker og videreført vannmengde synker. Karakteristikkens øvre gren er jevnt stigende og representerer FluidCon i «strupemodus». Virvelkammerets hydrauliske karakteristikk vil være av vesentlig betydning for magasinutnyttelse.

En forenklet modell av hydraulikken i et virvelkammer lar seg beskrive ved hjelp av «potensialteori». For nøyaktig å bestemme de hydrauliske egenskapene, har UFT, Umwelt- und Fluid-Technik, Dr.H. Brombach GmbH, lagt til grunn matematiske analyser som basis for omfattende tester i et moderne hydraulisk laboratorium (Figur 5).

FluidCon levers med en kapasitetsgaranti på +/- 10 % ved dimensjonerende videreført vannmengde. Det er ikke behov for kalibrering ved montasje. Kapasitetsgarantien forutsetter fritt utløp fra virvelkammeret. På forespørsel kan MFT bistå å vurdere om de aktuelle rammebetingelsene gir fritt utløp.



Figur 5 Testing av GRP Virvelkammer hos UFT. Nederst i bildet sees et tilsvarende virvelkammer i stål utførelse

5 Dimensjonering og valg av type

Våttoppstilt FluidCon er tilgjengelig i en lang rekke varianter og størrelser tilpasset forskjellige typer installasjoner og kombinasjoner av vannmengder og trykkhøyder. Tabell 1 viser egenskapene til et utvalg av disse.

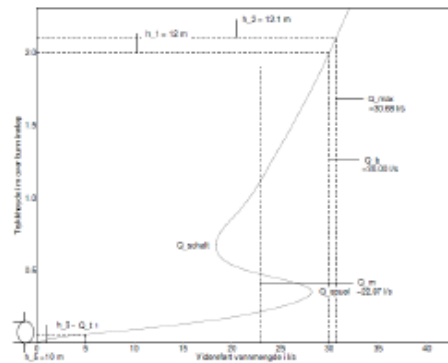
Innløps-diameter DN	Dimensjonerende Videreført Vannmengde $Q_{v, \text{max}}$ (l/s) ved 2.0 m dimensjonerende trykkhøyde	
	Fra	Til
100	10	30
150	21	70
200	43	125
250	68	190
300	98	280
350	175	370
400	225	485

Tabell 1 Egenskaper til et utvalg FluidCon SUn regulatorer

I likhet med de øvrige Fluid produktene fra MFT, dimensjoneres FluidCon SUn til hvert enkelt prosjekt. I forbindelse med optimalt valg av kammer og nøyaktig dimensjonering av FluidCon SUn, benytter MFT seg av dedikerte beregningsprogram. Dette verktøyet er basert på resultater fra kontinuerlig forskning og produktutvikling utført av vår nære samarbeidspartner UFT, Umwelt- und Fluid-Technik, Dr. H. Brombach GmbH siden midten av sytti tallet.

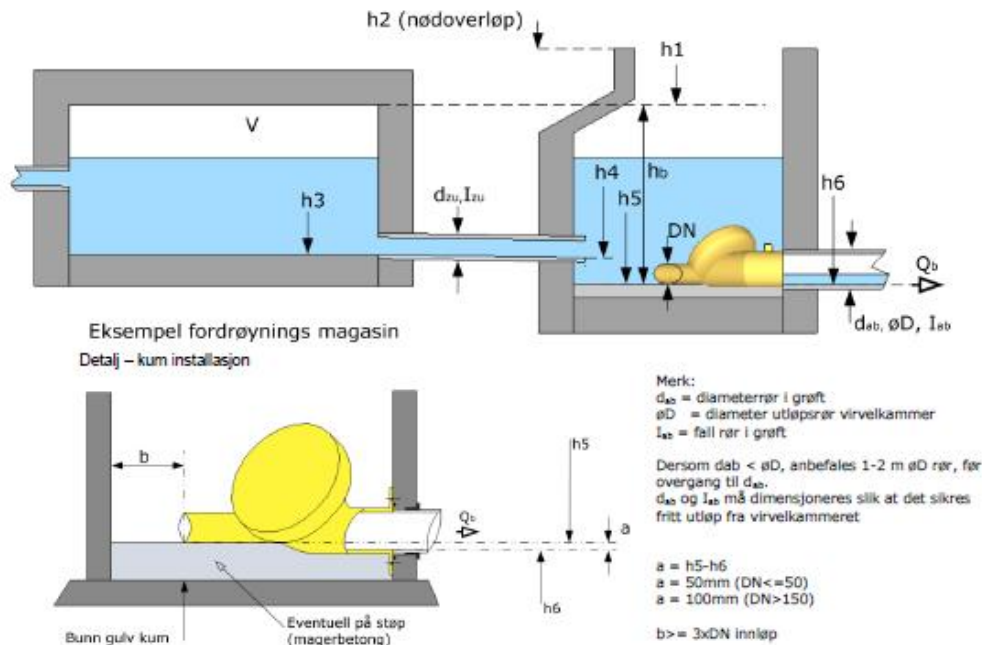
Komplett hydraulisk dimensjoneringsrapport, inkludert dokumentasjon av hydraulisk karakteristikk inngår i leveransen (Figur 6).

Dimensjoneringen av virvelkammeret er basert på prosjektets rammebetingelser. Disse er gjengitt i den hydrauliske rapporten, og illustrert i Figur 7. De beregnede hydrauliske egenskapene og kapasitetsgarantien forutsetter at virvelkammeret installeres i henhold til rammebetingelsene angitt i den hydrauliske rapporten.



Nominell diameter	DN	=	150	mm
Virvelkammer UFT FluidCon (121)				
Dim. videreført vannmengde	Q_v	=	30.00	l/s
Dimensjonerende trykkhøyde	$h_{2, \text{dim}}$	=	2.00	m
Dimensjonerende trykkhøyde	h_2	=	9.00	l/s
Dimensjonerende trykkhøyde	h_1	=	0.00	m
Dimensjonerende trykkhøyde	h_2	=	22.07	l/s
Dimensjonerende trykkhøyde	Q_{max}	=	30.00	l/s
Dimensjonerende trykkhøyde	Q_{min}	=	10.00	l/s
Dimensjonerende trykkhøyde	Q_{max}	=	20.16	l/s

Figur 6 Eksempel på utskrift fra dimensjoneringsprogram for FluidCon



Figur 7 Angivelse av hydrauliske størrelser, gjengitt i den hydrauliske rapporten.

6 Materialutførelse

Virvelkammerhus, -innløp og utløpsdyse og monteringsplate	GRP
Installasjonspakning (for monteringsplate)	Celleplast
Ekspansjonsbolter	Syrefast
Dobbeltvirkende vater for korrekt installasjon	

7 Installasjon

Normalt leveres FluidCon med monteringsplate for installasjon mot kumvegg (Figur 7 og Figur 8). Monteringsplaten er tilpasset aktuelle kumdiameter. Virvelkammeret kan også leveres med spiss/muffet overgang til utløpsrør. Medfølgende dobbeltvirkende vater sørger for korrekt orientering av regulatoren. Det henvises for øvrig til «FluidCon SUn Monterings- og Vedlikeholdsanvisning» /3/.



Figur 8 FluidCon SUn i GRP med buet monteringsplate



Figur 9 FluidCon SUn i rustfritt stål med inspeksjonsluge

Følgende kan gi driftstekniske fordeler og bør tas hensyn til under prosjektering:

- kumløkk plassert rett over virvelkammeret for enkel inspeksjon.
- god plass/ stor kumdiameter i forhold til virvelkammerets størrelse.
- virvelkammeret bør på en enkel måte kunne tas ut av kummen. Dersom virvelkammeret er større enn kumrammens lysåpning, anbefales toppplate fremfor kjegle.
- virvelkammerets veggplate bør være tilgjengelig slik at det i etterkant er mulig å demontere virvelkammeret om nødvendig.

8 Drift og vedlikehold

FluidCon er uten bevegelige deler og vil normalt ikke kreve vedlikehold. Behovet for ettersyn styres av avløpsvannets kvalitet (fett/flyttestoffer og sedimenterbar materiale) og variasjon i tilrenningen. Det henvises for øvrig til «FluidCon SUn Monterings- og Vedlikeholdsanvisning» /3/.

Figur 4: Produktinformasjon – Virvelkammer – våtoppstilt (FluidCon), (Aaby 2013)

9 Spesifikasjon ved innhenting av pristilbud

I likhet med alle virvelkammerne i *Fluid*-serien, blir også *FluidCon SUn* skreddersydd hvert enkelt prosjekt, og de hydrauliske egenskapene dokumentert. Basert på rammebetingelsene fra kunden, dimensjoneres virvelkammeret ved hjelp av hydrauliske beregninger. Når kunden ønsker et tilbud på *FluidCon SUn*, er det viktig å oppgi følgende data:

Dimensjonerende trykkhøyde	h_b	_____	mWS
Dimensjonerende (maks) vannmengde	Q_b	_____	l/s

MFT kan også levere *FluidCon SUn* ferdig montert i en prefabrikkert GRP kum.

MFT tilbyr også det prefabrickerte overvannsmagasinet *FluidCon* magasin med integrert *FluidCon SUn* virvelkammer.

10 Leveransedokumentasjon

Ved en leveranse av *FluidCon*, inngår følgende teknisk dokumentasjon:

- Hydraulisk rapport
- Tegning av virvelkammer med bygge- og installasjonsmål
- Monterings- og Vedlikeholdsanvisning
- Produksjonssertifikat (montert på utstyret)

Produksjon av *FluidCon SUn* virvelkammerne er regulert gjennom en lisensavtale mellom UFT og MFT.

Litteratur.

1. «Regnvannsoverløp. Valg av løsning og utforming», VA-miljøblad nr. 74, 2007.
2. «Mengderegulering i avløpsteknikken. Hva er best tilgjengelige teknologi?», Vann nr. 2-2007.
3. MFT, «FluidCon – SUn 121, Monterings- og Vedlikeholdsanvisning»

Figur 5: Produktinformasjon – Virvelkammer – våtoppstilt (*FluidCon*), (Aaby 2013)

UFT - FluidCon (0121n)

Hydraulisk dimensjonering av virvelkammeret modell UFT våtoppstillt

Prosjekt			
Prosjektnavn:	Horten, Næringspark	Prosjekt variant:	Doknr: 13526HYD01-00
Prosjektnr.:	13526	Utført:	Nils Aaby
Kunde:	UMB v Lorentz Reinertsen	Kommentarer:	Qb=92,3 l/s, hb=1.4m

For Oppdragsgiver

Denne hydrauliske dimensjoneringen er utført ved hjelp av computerprogrammet FluidCon, skrevet av M.Merschdorf, kontrollert av G. Weiß, copyright © by UFT 2013. Programmet beregner iterativt ut fra innløpstep og egenskaper målt gjennom omfattende modellforsøk med "Master modeller".

Opphavsrettighetene til denne beregningsprosedyren og måleverdiene som inngår ligger hos oss. Overføring av disse rettighetene til tredje person krever vår godkjenning. Virvelstruperen FluidVortex og virvelventilen FluidCon er patentbeskyttet.

1 Dimensjonerings grunnlag

De hydrauliske parametrene er illustrert i vedlagte produktinformasjon.

Nivå overløpsterskel	h_1	=	11,40	m+NN
Høyeste vannnivå	h_2	=	12,50	m+NN
Bunn gulv overløp	h_3	=	10,00	m+NN
Bunn renne utløp overløp	h_4	=	10,00	m+NN
Bunn innløp virvelkammer	h_5	=	10,00	m+NN
Bunn renne utløp virvelkammer kum	h_6	=	9,90	m+NN
Dim. videreført vannmengde	Q_D	=	92,30	l/s
Disponibel tørværsavrenning	Q_t	=	0,00	l/s
Fall innløpsledning	l_{zu}	=	10,00	promille
Diameter innløpsledning	d_{zu}	=	400,00	mm
Fall utløpsledning	l_{ab}	=	10,00	promille
Diameter utløpsledning	d_{ab}	=	400,00	mm
Oppstrøms utjevningvolum	V	=	0,00	m ³
Type anlegg og installasjon:	ø1400mm rørmagasin			

2 Beskrivelse av virvelkammer

Dimensjonerende trykkhøyde	$h_t = h_1 - h_5$	=	1,400	m
Virvelkammer: UFT-FluidCon (0121n)		=	SU45-3	
Nominell diameter	DN	=	250	mm
Tverrsnittsareal utløpsåpning	K	=	17,811e-3	m ²
Minste tillatte tverrsnittsareal	K1	=	10,850e-3	m ²
Største trykkhøyde	$h_{max} = h_2 - h_5$	=	2,500	m
Dreieretning			høyre	

FluidCon
Versjon 1.1.78 fra 28.11.2013, Merschdorf

Side 1 av 4

Dato: 11.12.2013
Tid: 21:50

Figur 6: Hydraulisk dimensjonering av virvelkammeret modell UFT våtoppstillt, (Aaby 2013)

Prosjekt			
Prosjektnavn:	Horten. Næringspark	Prosjekt variant:	Doknr: 13526HYD01-00
Prosjektnr.:	13526	Utført:	Nils Aaby
Kunde:	UMB v Lorentz Reinertsen	Kommentarer:	Qb=92,3 l/s, hb=1.4m

3 Oppstrøms vann nivå ved tørrværsavrenning

I følge vedlagte hydrauliske karakteristik (side 4) er det en tørrværsavrenning på 0,00 l/s:

Vannivå ved utløp overløp	h_{ft}	=	0,00 m
Tilgjengelig høyde	h_3-h_5	=	0,00 m

4 Koeffisient for økning av videreført vannmengde

Koeffisient	$T=(Q_{max}/Q_t)$	=	1,30
-------------	-------------------	---	------

5 Tilbakestuing nedstrøms ved maksimal vannmengde

Maksimal vannmengde	Q_{max}	=	119,85 l/s
Bruksruhet utløpsledning	k_D	=	1,00 mm
Delfylling etter Prandtl-Colebrook	h_{ab}	=	0,21 m
Tilgjengelig høyde	$h_{aber}=1,25 \cdot h_{ab}$	=	0,26 m
Nødvendig nivå for gulv virvelk. kum	$h_7=h_{aben}+h_6$	=	10,16 m+NN

6 Kontroll for selvrensning

Beregningene er basert på DWA-retningslinjer A110: "Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen", 2006.

Strømningshastighet i innløpsledning	v_{zu} ist	=	0,00 m/s
Nødvendig hastighet for selvrensning	v_{zu} erf	=	0,00 m/s
Strømningshastighet i utløpsledning	v_{at} ist	=	0,00 m/s
Nødvendig hastighet for selvrensning	v_{at} erf	=	0,00 m/s

7 Tid for tømning av oppstrøms utjevningsvolum

Gjennomsnittlig videreført vannmengde	Q_m	=	73,81 l/s
Tømmetid	$V/(Q_m-Q_t) \cdot 3,6$	=	0,00 h

Figur 7: Hydraulisk dimensjonering av virvelkammeret modell UFT våtoppstilt, (Aaby 2013)

Prosjekt			
Prosjektnavn:	Horten. Næringspark	Prosjekt variant:	Doknr: 13526HYD01-00
Prosjektnr.:	13526	Utført:	Nils Aaby
Kunde:	UMB v Lorentz Reinertsen	Kommentarer:	Qb=92,3 l/s, hb=1.4m

8 Data for beregning av hydraulisk karakteristikk (SU45-3 våt, DN 250)

h_f i m	Q_f i l/s	h_f i m	Q_f i l/s	h_f i m	Q_f i l/s
0,025	4,01	0,325	75,57	1,062	83,50
0,034	5,86	0,375	85,59	1,156	85,64
0,044	7,91	0,421	90,65	1,250	88,02
0,056	10,72	0,470	93,12	1,344	90,64
0,074	15,06	0,518	92,77	1,437	93,41
0,093	19,89	0,565	89,28	1,563	97,05
0,112	24,53	0,609	84,65	1,750	102,10
0,131	29,14	0,653	81,49	1,938	106,79
0,150	33,97	0,700	79,79	2,125	111,29
0,168	38,37	0,750	79,03	2,312	115,85
0,186	42,89	0,797	78,99	2,500	119,85
0,206	47,21	0,844	79,42	3,438	138,52
0,225	51,03	0,891	80,13	4,375	154,39
0,244	54,95	0,937	80,95	5,312	168,44
0,281	63,94	0,984	81,87	6,250	181,23

Inngangsdata for beregning av hydraulisk karakteristikk:

Innløpsledningens lengde til virvelkammeret		=	0,00	m
Friksjonskoeff. innløpsledning	My_z	=	0,816	dim. løst
Friksjonskoeff. innløpsstap	Λ_{bda_e}	=	0,50	dim. løst
Friksjonskoeff. retningsendring	Λ_{bda_k}	=	0,00	dim. løst
My_{d10}		=	0,3306	dim. løst
d_a		=		mm

9 Nøyaktighet

Under forutsetning av at virvelkammeret installeres i henhold til våre anvisninger, leveres det med en kapasitetsgaranti på $\pm 10\%$ ved dimensjonerende vannmengde og trykkehøyde. Dette gjelder alle modeller, med unntak av Type S, som leveres med en kapasitetsgaranti på $\pm 15\%$.

Resultatet av denne dimensjoneringsprosessen kan ikke overføres til andre prosjekter eller andre typer virvelkammer.

10 Ekstern kontroll/kalibrering

Våre virvelkammer har blitt testet i henhold til gjeldende tyske normer (DWA; A111) av en uavhengig institusjon.

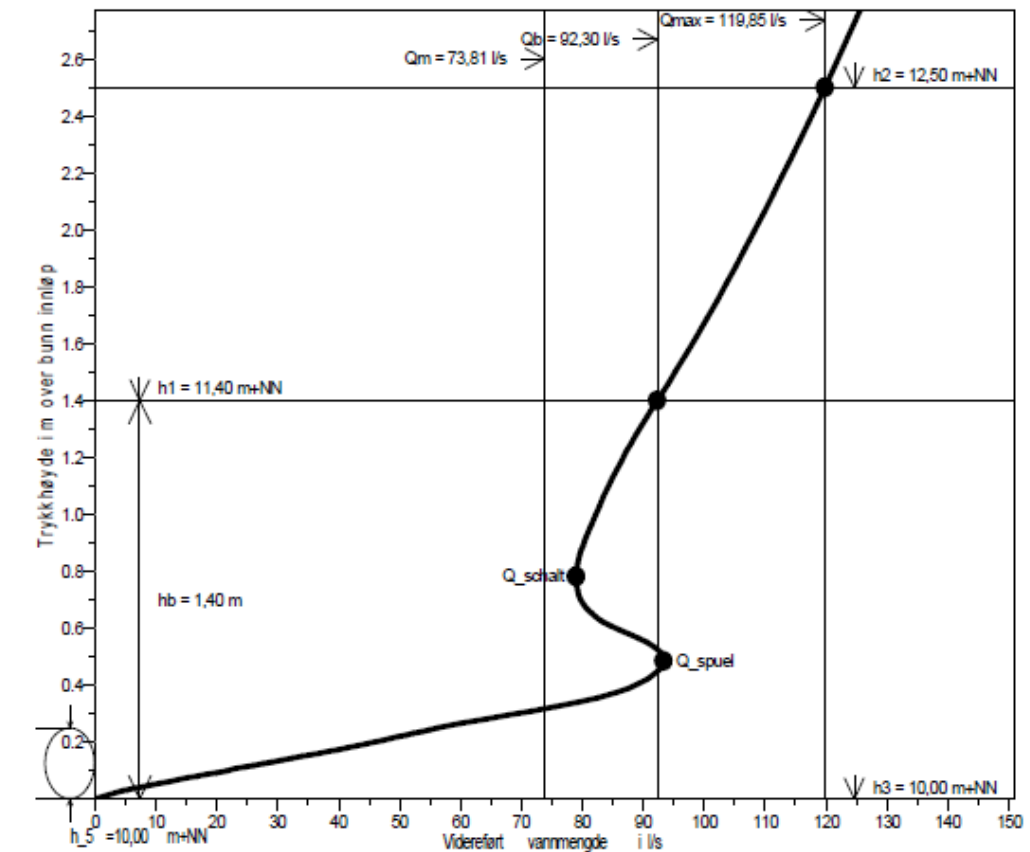
Det henvises til følgende setifikater:

- Bericht über die einjährige Kontrolle von fünf automatischen Wirbelventilen, Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Mai 1980
- Eichversuche an Wirbelventilen, Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Versuchsbericht Nr. 80/7, Juni 1980

Figur 8: Hydraulisk dimensjonering av virvelkammeret modell UFT våtoppstilt, (Aaby 2013)

Prosjekt		
Prosjektnavn:	Horten. Næringspark	Prosjekt variant: Doknr: 13526HYD01-00
Prosjektnr.:	13526	Utført: Nils Aaby
Kunde:	UMB v Lorentz Reinertsen	Kommentarer: Qb=92,3 l/s, hb=1.4m

11 Hydraulisk karakteristikk



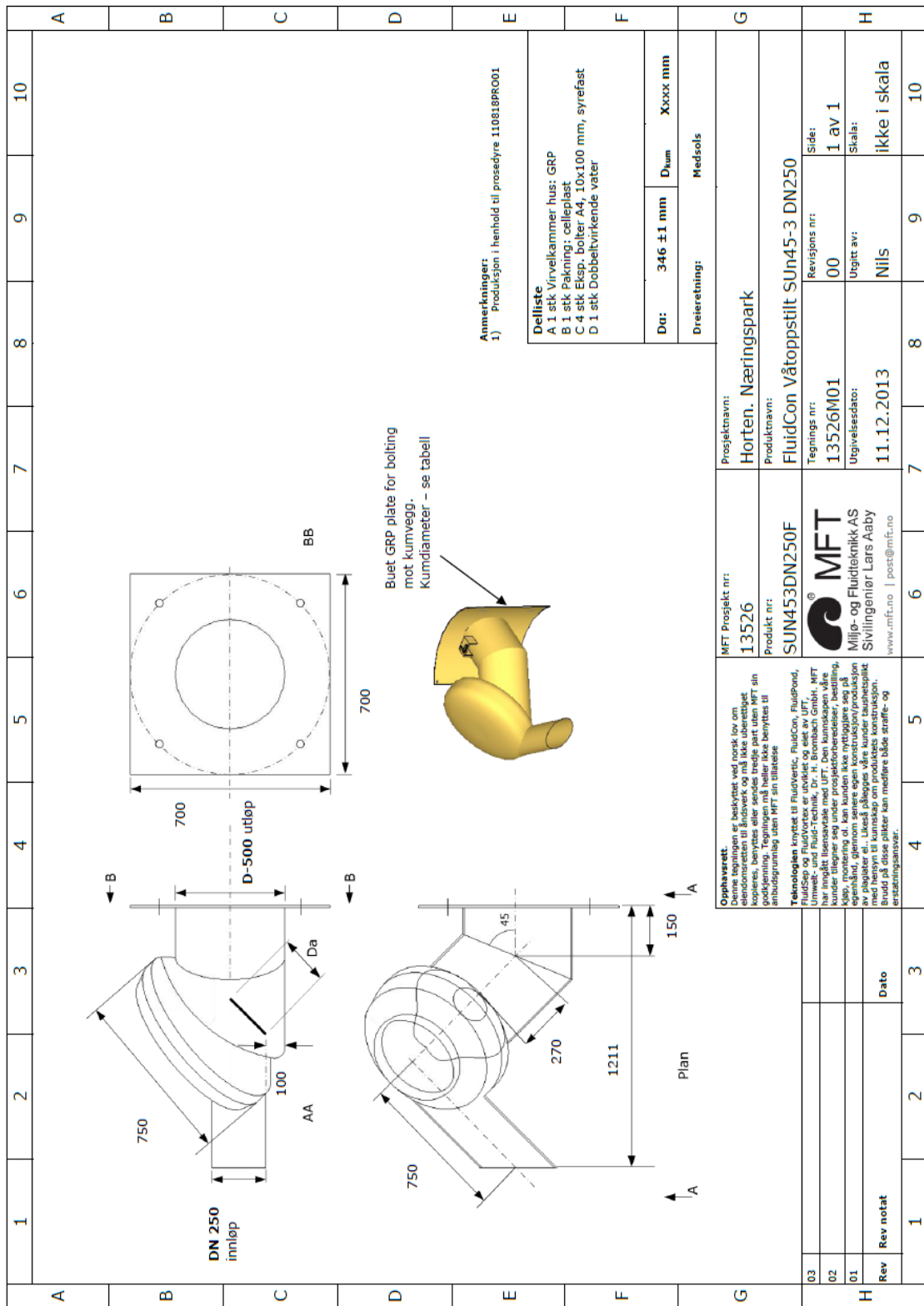
Nominell diameter	DN	=	250	mm
Virvelkammer: UFT-FluidCon (0121n)		=	SU45-3	
Dim. videreført vannmengde	Q _b	=	92,30	l/s
Dimensjonerende trykkehøyde	h _b =h ₁ -h ₅	=	1,40	m
Disponibel tørværsavrenning	Q _t	=	0,00	l/s
Vannivå ved utløp overløp	h _{rl}	=	0,00	m
Gjennomsnittlig videreført vannmengde	Q _m	=	73,81	l/s
Maksimal vannmengde	Q _{max}	=	119,85	l/s
Kickback	Q _{schalt}	=	78,94	l/s
Spyle mengde	Q _{spuel}	=	93,34	l/s

FluidCon
Version 1.1.78 fra 28.11.2013, Merschdorf

Side 4 av 4

Dato: 11.12.2013
Tid: 21:50

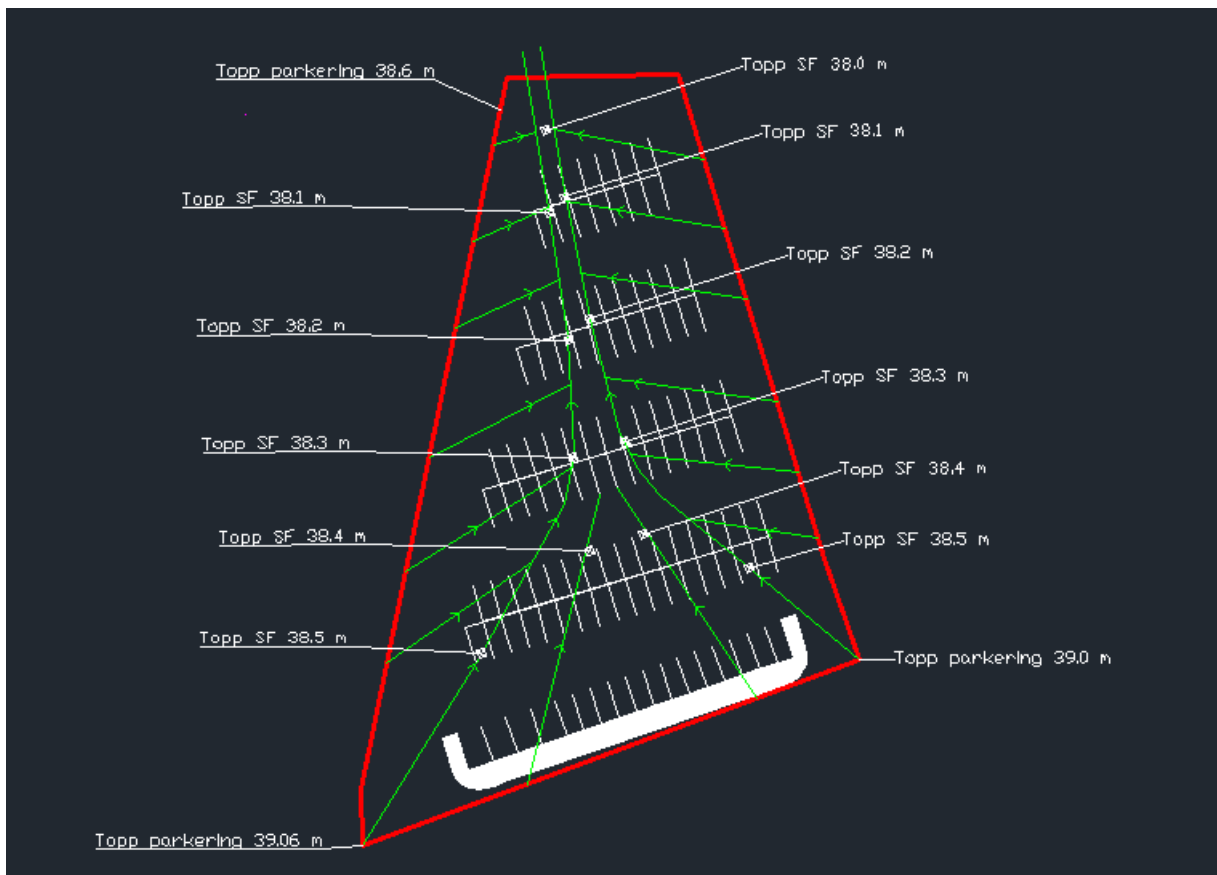
Figur 9: Hydraulisk dimensjonering av virvelkammeret modell UFT våtoppstilt, (Aaby 2013)



Figur 10: Illustrasjon virvelkammer, (Aaby 2013)

Vedlegg 11:
Utforming av parkeringsareal

Utforming av parkeringsareal



Figur 1: Illustrasjon av parkeringsareal ved Trimveien 33

Grunnlagsdataen og tegningene som vi fikk fra oppdragsgiver inneholdt ikke noen utforming av parkeringsarealet for tomten. Det ble derfor nødvendig å lage seg en enkel skisse på hvordan høyde- og fallretningene på tomten kan være. Det ble tatt til betraktning at oppdragsgiver ønsket å opprettholde noen lignende samme høyde som på nabotomten (Horten handelspark).

Verdiene som er vist er kommet frem med å prøve å feile med formelen under. De kriteriene man hadde var høyden på dagens terreng, høyde på anleggene og et minimumskriterie for fallet på utslippsledningen, (minimum 5 ‰).

$$\frac{\text{Høyde}}{\text{Lengde}} * 100 = \text{Fall}$$

Fallretningene for området er visualisert med grønne streker og piler. Det er forsøkt å utforme fallet slik at man har en sikker flomvei gjennom midten av parkeringsarealet, men også slik at parkeringsarealet kan benyttes som et «fordrøyningsmagasin» når nedbøren som faller er større enn det fordrøyningsmagasinet er dimensjonert for.

Vedlegg 12:
Programvare

PROGRAMVARER

For å kunne gjennomføre oppgaven etter kundens ønske var det behov for å bruke dataassisterte design- programmer for å utarbeide de tegningene som var ønsket. AutoCAD, Novapoint VA og Focus Vardak er programmene som benyttes mest innen konsulentbransjen i dag og gir kunden et godt visuelt bilde over arbeidet som blir prosjektert.

Programmene Novapoint VA og Focus Vardak er enkelt sagt tilleggsprogrammer til AutoCAD og hjelper den som prosjekterer med alt fra ferdigtegnede rørdeler, kummer, bend, tegninger i plan og lengdeprofil.

Programmene Novapoint VA og Focus Vardak har en enklere brukerterskel enn AutoCAD, men dette er programmer som tok lang tid å danne seg en forståelse for.

Før man kan begynne tegne må man bygge seg en god grunnmodell, dette gjøres ved at man henter inn grunnlagsdata fra kommune, oppdragsgiver, kabeletater osv. Får man ikke en enkelt SOSI- fil for veg, va, høydekoter osv. må man rydde i kartene og gjøre dette selv, noe som ble gjort i dette tilfellet. Da må man lage en kopi av den ene SOSI- filen og gå inn og slette lag for lag slik at man til slutt sitter med et lag for eksisterende va, et lag for vei osv. Deretter lager man seg en VA-fil som man jobber i, og EXREFER inn alle de lagene man har laget tidligere og bruker dem man føler man har behov for.

Når man skal tegne en plantegning aktiviserer man Novapoint VA og tegner ut fra det. Novapoint VA vil da kunne hente høyder og koordinater fra SOSI- filen og kunne tegne ut en lengdeprofil som visualiserer ledningen under bakken. I lengdeprofilet vil man kunne endre høyder på for eksempel kummer eller utløp. Det er også mulig å hente ut et grøftetverrsnitt for den aktuelle ledningen(ene) du akkurat har tegnet.

Når man for eksempel tegner kumtegninger kommer Focus Vardak godt til hjelp, i dette produktbiblioteket kan man hente ut ferdigtegnede tegninger av bend, overganger, kummer osv. og plassere elementet med rett størrelse og vinkel uten større problemer.

I avsnittene nedenfor er det lagt ved noen utklipp om de forskjellige programmene.

AutoCAD

«AutoCAD var en av de første dataassistert designprogrammer som ble tilgjengelig på personlige datamaskiner. Den er bygd for å hjelpe folk å designe bygninger, produkter eller offentlige områder, uten å utarbeide planer for hånd».

«Gjennom 1980-tallet, fungerte AutoCAD meste ved hjelp av enkle linjer og sirkler, og tekst overlegg, for å sette opp egendefinerte objekter. Fra begynnelsen av 1990-tallet, begynte AutoCAD å bruke mer robuste funksjoner. Og fra 2007 AutoCAD har hatt mye mer avansert 3D verktøy som tillater større 3D-modellering og utforsking av modeller, med høy kvalitet, rask bevegelse rendering».

«Filformatet som AutoCAD bruker er DWG, og har blitt en standard for alle CAD arbeid».

(UNSOFA 2010)

Novapoint Vann og Avløp

«Novapoint VA hjelper deg med å konstruere VA prosjekter i Plan- og profil, tverrsnitt, enkle kumskisser og 3D av prosjektene. Novapoint VA bygger på konfigurasjon basert på norsk standard NS3420. Kan du AutoCAD - kan du bruke Novapoint VA. Modulen er tilpasset vanlig arbeidsmetodikk for fremstilling av vann- og avløpsprosjekter».

- Konfigurasjon basert på norsk standard
- Konstruksjon i plan og lengdeprofil
- Import- og eksport til SOSI
- Import av eksisterende objekter
- Produktbibliotek
- Rapporter og stikningsdata

Konfigurasjon basert på norsk standard NS3420

«Beskrivelse av grøftesnitt, type og antall rør, avstander, fundament, frostfri dybde, beskyttelseslag og skråningshelning. Mange predefinerte grøftesnitt og ledninger. Standardverdier er hentet fra NS3420. Fleksibel registrering av ledninger, kummer og materialer. Oppsett av relasjoner mellom ledningstype – kobling(kum) og ledninger – dimensjoner – trykklasser. Meget fleksibel for egne tegneoppsett».

Import av eksisterende objekter

«Mulig å få registrert eksisterende ledninger, kabler eller andre objekter i grunnen inn i modellen. Objektene blir synlige i modellen og på uttegning. Dette gir betydelig lettelse i arbeidet med tilpasninger».

Konstruksjon i plan og lengdeprofil med fleksible redigeringsfunksjoner

«Egen dialog for konstruksjon og redigering av traséene. Enkelt å opprette nye traséer; fra linje i tegning, 3D linje i tegning, fra vegflater eller tegne ny. Full kobling mellom plan- og profiltegning, endringer kan like enkelt foretas grafisk som i konstruksjonsdialogen. Endring av grøftesnitt kan utføres under hele prosjekteringsperioden. Alle ledninger og kummer har relasjoner og henger sammen. Du kan sette fall eller interpolere mellom kummer eller på hele traséen. Dette er noen av de mange redigeringsfunksjonene som er i programmet».

Kobling mot veg eller linjer i terrengmodellen

«Det er mulig å skape en relasjon mellom en veg og en VA-trasé. Du kan tegne ut en ny trasé i vegens flater, hvor du kan sette en verdi for hyppigheten av kummer og hvor lang traséen skal være. Denne traséen er da linket til vegen, så dersom vegen endres kan vi med et tastetrykk oppdatere traseén i henhold til vegen».

Import og eksport av ulike filformat

«VA- modulen kan importere SOSI, KOF og DWG formater. Det ferdige prosjektet kan eksporteres til SOSI, KOF og LandXML. Stikningsdata for traselinjen og grøften kan også eksporteres til NYL, TIT, LandXML, Anfelt, Leica (gsi, job) og Trimble (tdf, pro) format».

Rapporter

«Programmet lager rapporter til Excel for grøftetabeller, koordinatlistor, grøftemasser, kummer og ledninger».

Kumskisser

«Med hjelp av produktbiblioteket kan du tegne 3D kumskisser, dette gjør jobben mye mer tidsbesparende ettersom det er enkelt å snitte 3D tegninger for å få tradisjonelle 2D tegninger».

Visualisering

«Man kan også overføre sin plan og eksisterende objekter til Novapoint Virtual Map med to tastetrykk. En egen konfigurasjonsfil med ferdig oppsett for alle objekter og ledninger følger med installasjonen. Her kan du kontrollere om planen kommer i konflikt med eksisterende objekter eller andre prosjekterte elementer. Funksjonen er så enkel i bruk at den bør benyttes også under prosjektering for å bedre kvaliteten på anlegget».

(VIANOVA)

Focus Vardak

Focus VARDAK er en AutoCAD-applikasjon som anvendes til målriktig detaljprosjektering av vann- og avløpsløsninger med spesifikke kum- og rørarrangementer.

Brukergrensesnittet er flettet inn i AutoCAD, dette gjør at man vil kunne jobbe raskere og ha bedre oversikt. Focus VARDAK har en egen verktøymeny med nyttige funksjoner for effektiv opptegning. Tegnefunksjonene er modernisert og tilpasset AutoCAD 2014. Alle produktene i biblioteket er forsynt med nodepunkter som gjør det enkelt å sette sammen rør, kummer og andre objekter under opptegning av rørarrangement.

Bibliotek

Focus VARDAK inneholder et omfattende kommunalteknisk produktbibliotek med mer enn 10.000 produkttegninger fra de ledende produsentene. Hele 2D og 3D biblioteket som dere kjenner fra tidligere VARDAK-versjoner er med videre. Produkter fra nye leverandører blir lagt inn fortløpende. I tillegg er en rekke av komponentene parametriske slik at programmet genererer et utall av varianter som er tilgjengelig fra produsentene. Biblioteket inneholder både 2D-og 3D-komponenter.

I biblioteket vil du finne produktene til følgende leverandører:

- AVK AS
- BASAL gruppen AS
- BB Produkter AS
- Flensefot AS
- Forsheda AS
- Furnes Hamjern SSC as
- Hallingplast
- Haplast AS
- Kongsberg Esco AS
- Norsk Wavin AS
- PAM
- Pipelife Norge AS
- Trelleborg Forsheda Pipe Seals
- Ulefos jernstøperi
- UPONOR AS

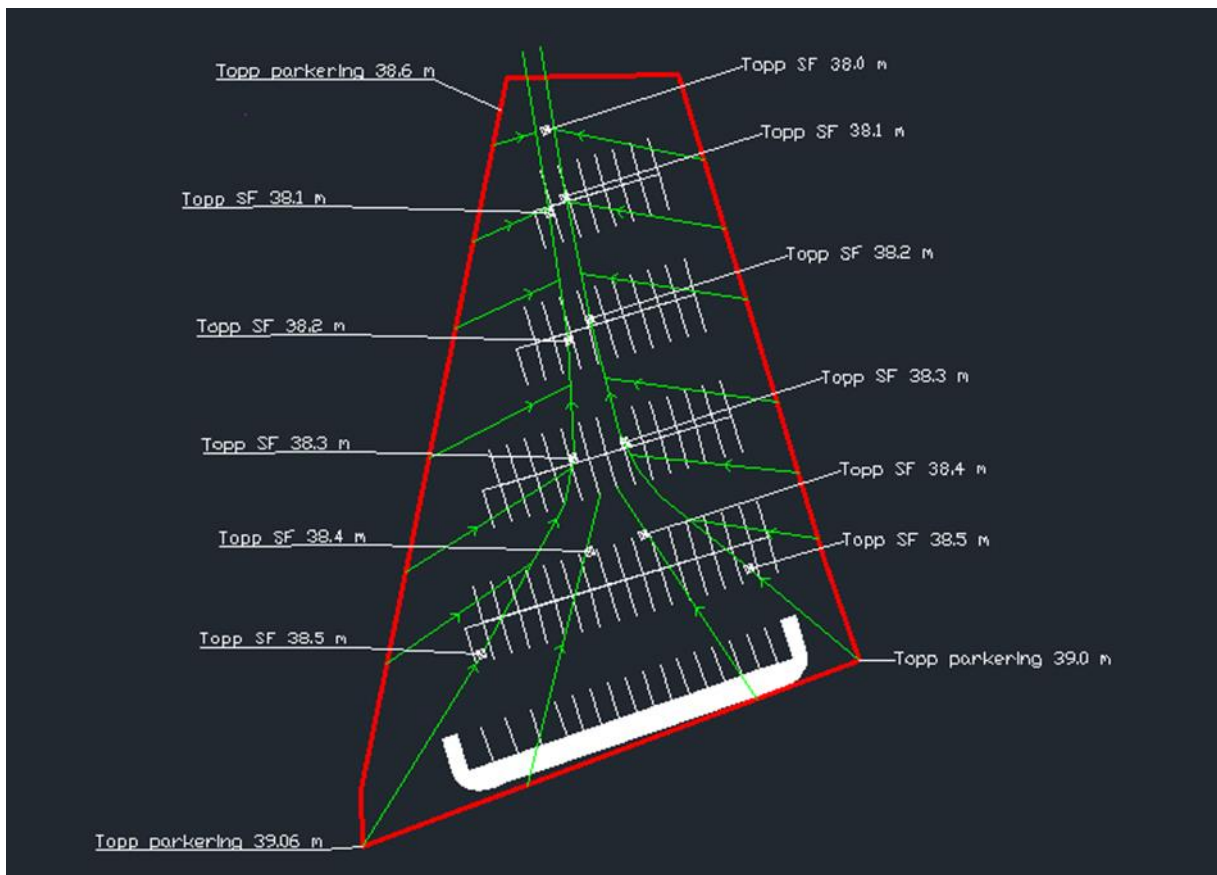
Mengdelister

Ut fra de ferdige tegningene kan du høste stykklister og mengdelister. Programmet teller selv opp komponentene i tegningene og genererer dynamiske stykklister med automatisk utplassering av POS.nr. Brukerne kan overstyre disse ved behov.

(focus SOFTWARE)

Vedlegg 13:
Valg og plassering av sandfang

Valg og plassering av sandfang



Figur 1: Illustrasjon av parkeringsareal og plassering av sandfang

Som tidligere nevnt er det laget en enkel skisse på hvordan fallet på parkeringsarealet kan være, det er ut fra denne skissen plassert ut sandfang. Parkeringsarealet er på 4209,0 m² og det er plassert ut 11 sandfang på området. Alle sandfangene er koblet til fordrøyningsmagasinet, men det er ikke notert noen lengde på overvannsledningen fra sandfangene siden min kotesetting og plassering av sandfang mest sannsynlig vil bli endret på etter at det er utarbeidet en koteplan for parkeringsarealet. Det er likevel mulig å hente lengdene fra DWG tegningene.

Sandfanget som benyttes er av typen Basal sandfang DN1000 med en Basal dykkert DN200. Det er valgt å benytte en 200 dykkert for å få kunne takle store vannmengder ved ekstremregn. Slukrist fra Ulefos (UF- sluk Oslo- modell eller UFH- 500).

En sandfang vil kunne ta i mot en vannmengde på 40 l/s, det vil si totalt 440 l/s på 11 sandfang.

Totalt areal på tomten er på ca. 2,1 ha, men andelen tette flater er på ca. 1.85 ha. Hvis man ser på mengden vann som kommer til hvert sandfang etter ca. 8 minutter som er konsentrasjonstiden for området, vil vannmengden være ca. 225 l/s*ha eller 405 l/s (sett fra IVF- kurve).

Med 11 sandfang som vil kunne ta i mot 440 l/s vil man da kunne tilføre fordrøyningsmagasinet den vannmengden som kommer ved et 20 års- regn.

Vil også poengtere at parkeringsarealet er utformet slik at det er en trygg flomveg ut av parkeringsarealet og at det ved behov er mulig og lagre vann på overflaten av parkeringsarealet.



Figur 2: Illustrasjonsplan med skissert organisering

Vannet fra veiene og parkeringsarealene rundt bebyggelsen er ikke koblet til anlegget selv om anlegget kan håndtere dette. For å unngå plassering av overvannsledninger under byggene legges fallet mot grøntarealet rundt tomten. Som tidligere nevnt er det behov for en drenerende grøft rundt tomten for å drenere området for vann før igangsetting av anlegget. Denne grøften kan benyttes som infiltrasjonsarealer og opplagring av vann fra de arealene som ikke går til fordrøyningsmagasinet.

Vedlegg 14:
Beregninger av overvannsmagasin

Beregning av overvannsmagasin

For beregning av avrenning fra nedbørfeltet til bekken gjennom reguleringsområdet er benyttet «Den rasjonelle metode»:

$$Q = \varphi * A * i_{(tr,z)}$$

eller

$$Q = C * i * A$$

- Q = maksimal vannføring i det aktuelle punkt (l/s)
- φ = avrenningskoeffisient
- A = arealet som bidrar til avrenningen, det vil si nedslagsfeltets areal
- i = regnintensiteten (l/s * ha)
- t_r = regnvarigheten (min)
- z = returperioden

Avrenningskoeffisienten φ

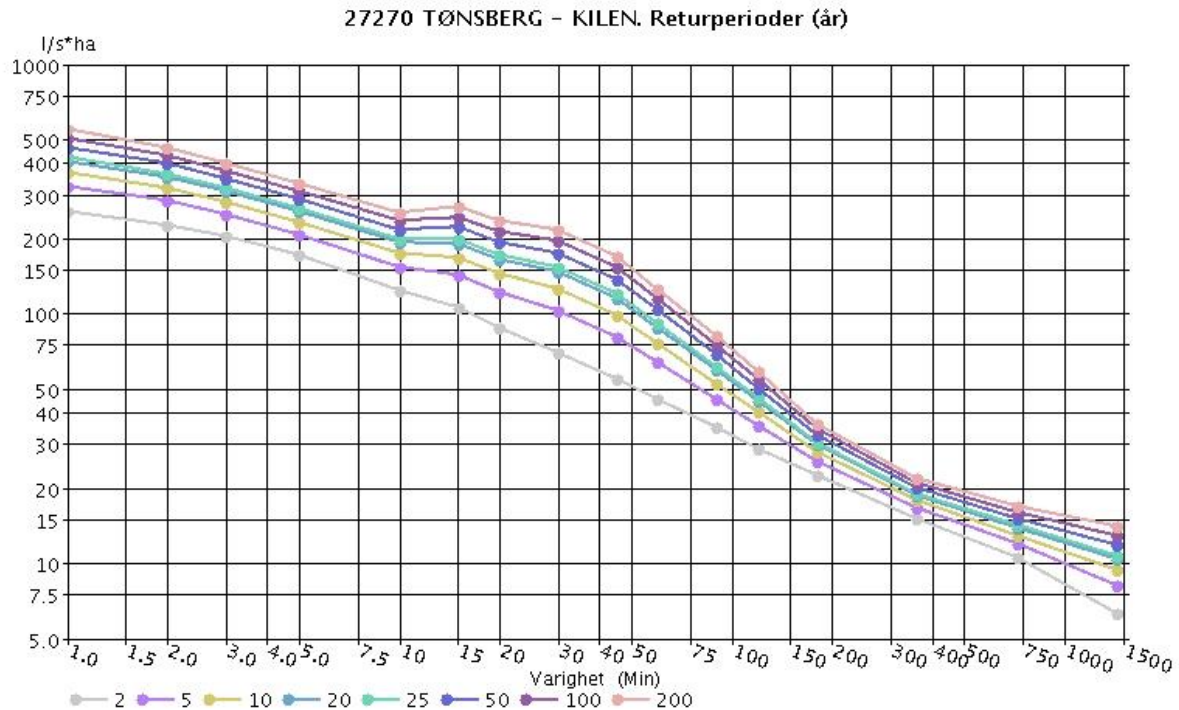
Avrenningskoeffisienten φ , er en verdi mellom 0 og 1 og sier hvor stor del av regnvannet som ender opp som avrenning. Områder med tett bebyggelse antar man har en avrenningskoeffisient på ca. 1, mens et område med mye vegetasjon antas å være nærmere 0. Tabell 29 viser typiske avrenningskoeffisienter for ulike områder:

Tabell 1: Maksimale avrenningskoeffisienter for noen flater, (Lindholm et al. 2008).

Type flater	φ_{spiss}
Tak	0,8- 0,9
Asfalterte veger og gater	0,7- 0,8
Grusveger	0,4- 0,6
Plen	0,05- 0,1
Sammensatte flater:	
Bysentrum	0,7- 0,9
Blokkbebyggelse	0,4- 0,6
Rekkehusområder	0,3- 0,4
Åpen enebolig	0,2- 0,3

Regnintensiteten – i

Regnintensiteten finner man ved hjelp av IVF- kurver (Intensitet- Varighet- Frekvenskurver) som er en statistisk fremstilling av et regn i et bestemt område. Her er regnintensiteten gitt ut ifra regnets varighet og returperioden for dette regnet.



Figur 1: IVF kurve fra Tønsberg – Kilen. Det er 8 kurver, hver for en gitt returperiode (her mellom 2 og 200 år), (Meteorologisk institutt).

Valg av regnvarighet: t_r

For å velge dimensjonerende regnvarighet (t_r) må en først vite feltets konsentrasjonstid (t_k). Altså den tiden vannet bruker fra feltets ytterste punkt til dreneringspunktet. Det er først når regnvarigheten blir lik eller større enn konsentrasjonstiden at hele arealet bidrar til avrenningen.

Konsentrasjonstiden består av tilrenningstiden t_s , som er avrenningstiden på overflaten, og t_l , som er tiden i ledningene.

Tabell 2: Tilrenningstid ved en gitt hastighet i rørene

Tilrenningstid (t_l) for rør	
Hastighet i rør	0,6
Lengde på ledning	50*
Konsentrasjonstid	83 sekunder
	1,38 minutter

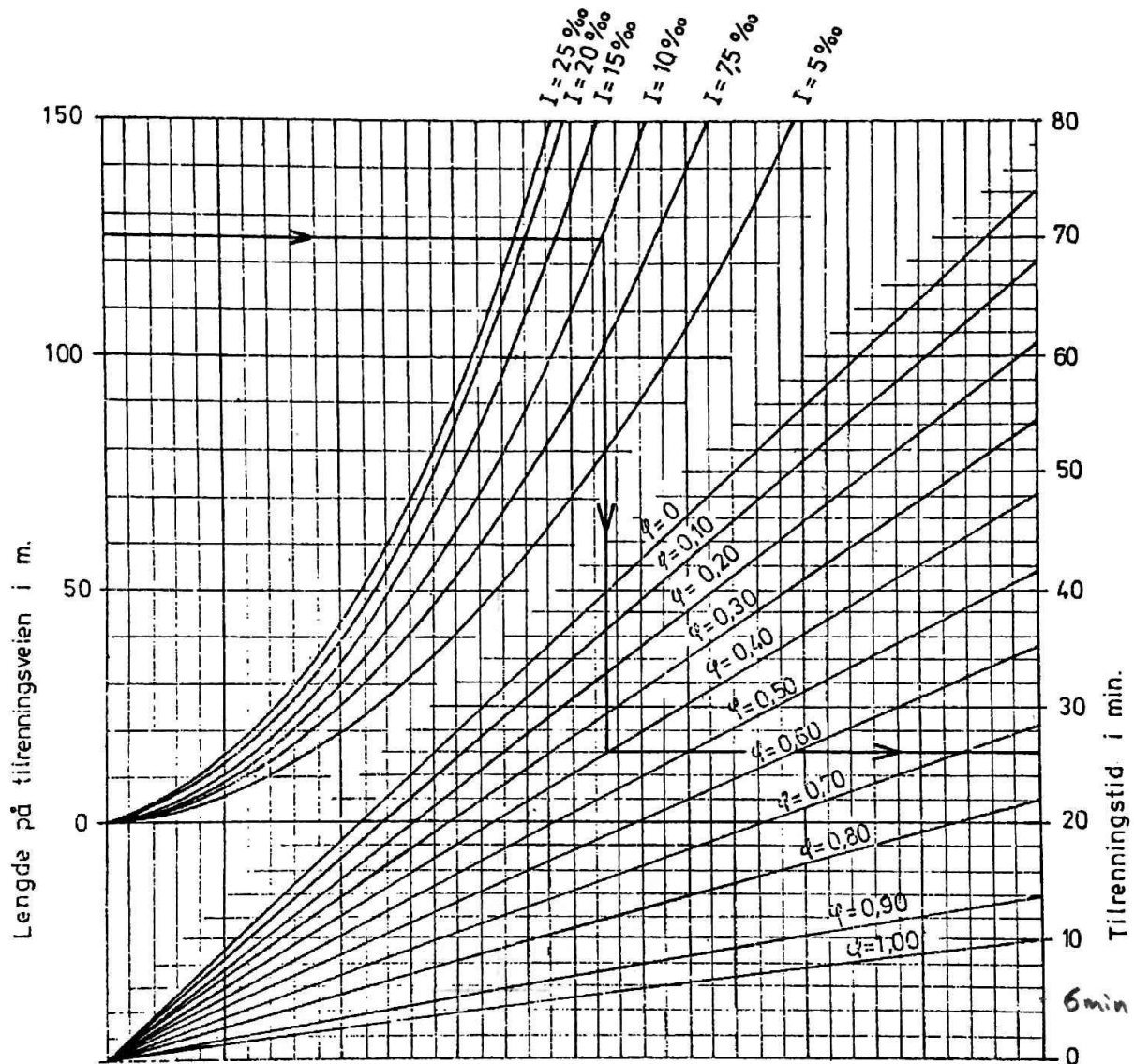
*Avstand er estimert

Tabell 3: Tilrenningstid for felt

Tilrenningstid (t_s) for overflaten	
Mildere fall på terrenget	5 ‰
Mildere avrenningskoeffisient	0,90
Lengde på felt	50*
Konsentrasjonstid (Se figur 46)	360 sekunder
	6,0 minutter

*Avstand er estimert

Den totale konsentrasjonstiden for dette feltet blir da: $t_t + t_s = t_k \Rightarrow 1,38 + 6,0 = 7,83$ minutter.



Eksempel : Lengde på tilrenningsveien : 125 m
 Midlere fall på terrenget : $I = 10 \text{ ‰}$
 Midlere avrenningskoeffisient : $\varphi \text{ midl.} = 0,40$
 Gir tilrenningstid 26 min.

Figur 2: Diagram for beregning av tilrenningstiden for avrenning på terrengoverflaten, (Høie 1983).

Valg av returperiode: z

Returperioden forteller hvor ofte man tillater en gitt hendelse, i dette tilfellet oppstuvning via fordrøyningsmagasinet. Valg av dimensjonerende returperiode gjøres med tanke på konsekvensen av en oppstuvning. NORVARs veileder «*Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*» har gitt følgende anbefalinger for forskjellige områder:

Tabell 4: Norsk vanns anbefalte minimum dimensjonerende hyppigheter (gjentakintervall) for ulike avløpssystem (Lindholm et al. 2008)

Dimensjonerende regnskyllhyppighet* (1 i løpet av «n» år)	Type område	Dimensjonerende oversvømmeshyppighet ** (1 i løpet av «n» år)
1 gang i løpet av 5 år	Områder med skadepotensiale (utkantområder, landkommuner etc.)	1 gang i løpet av 10 år
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter/ industriområde/ forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Underganger/ områder med meget høy skadepotensiale	1 i løpet av 50

*Ledningsnettets skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet.

**Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til kjellernivået (90 cm over topp rør).

Beregninger av fordrøyningsmagasin i Excel

Beregningene for overvannsmagasinet er gjennomført i Excel, det er lagt inn nedbørsdata for det aktuelle området (IVF, nedbørintensitet l/s*da), returperioden er vurdert ut fra tabell 4 og er satt til 20 år.

Selv om det totale arealet er på 2,23 ha er det her regnet totalt areal for tette flater altså, 1,8455 ha. Det er satt en avrenningskoeffisient på 0,90 for området.

For å møte klimaendringene på best mulig måte, anbefales det å legge til et påslag, en såkalt klimafaktor, på de dimensjonerende nedbørsmengdene. Denne faktoren skal ta høyde for framtidig klimautvikling og gir på den måten en ekstra sikkerhet på toppen av det dimensjonerende nedbørstilfellet. Estimaten for de framtidige klimaendringene varierer både lokalt og regionalt, så det er derfor vanskelig å gi klimafaktoren en generell størrelse. Forskjellige danske og svenske utredninger anbefaler en faktor mellom 1,2 -1,5, (Lindholm 2012) Klimafaktoren settes derfor til 20 %.

Nedenfor er det vist hva de forskjellige cellene i regnearket regner ut. Figur 3 og 4 viser ferdige verdier.

			Intensitet IVF (l/s*da)
Totalt areal (m ²)	18455	m ²	407.1
Totalt areal hektar	1.8455	ha	351.2
Avrenningskoeffisient (Tette flater = 0,90)	0.9		306.7
Klimafaktor (20%)	1.2		254.9
Maks påslipp (5 l/s*daa)	92.3	l/s	191.4
Gjennomsnittlig utløpskapasitet (67 %)	61.841	l/s	189.8
			164.6
			146.3
			114.5
			87.9
			59.2
			44.5
			29.7
			18.7

Figur 3: Beregninger fordrøyningsmagasin tabell 1, (Sogge 2013)

Varighet (min)	Intensitet (m klimafaktor) l/s*ha	Maks avrenning (l/s)	Tilført volum (m ³)	Utløpsmengde magasin (l/s)	Utløpsmengde (m ³)	Magasinering s-volum (m ³)
1	488.52	811.41	48.68	61.841	3.71046	44.97
2	421.44	699.99	84.00	61.841	7.42092	76.58
3	368.04	611.30	110.03	61.841	11.13138	98.90
5	305.88	508.05	152.42	61.841	18.5523	133.86
10	229.68	381.49	228.89	61.841	37.1046	191.79
15	227.76	378.30	340.47	61.841	55.6569	284.81
20	197.52	328.07	393.69	61.841	74.2092	319.48
30	175.56	291.60	524.87	61.841	111.3138	413.56
45	137.4	228.21	616.18	61.841	166.9707	449.21
60	105.48	175.20	630.71	61.841	222.6276	408.08
90	71.04	117.99	637.17	61.841	333.9414	303.23
120	53.4	88.69	638.60	61.841	445.2552	193.35
180	35.64	59.20	639.32	61.841	667.8828	-28.56
360	22.44	37.27	805.07	61.841	1335.7656	-530.70

Figur 4: Beregninger fordrøyningsmagasin tabell 2, (Sogge 2013)

Utvidelse av Horten handelspark (Trimveien 33)		
		Intensitet IVF (l/s*da)
Totalt areal (m ²)	18455 m ²	407.1
Totalt areal hektar	=C10/10000 ha	351.2
Avrenningskoeffisient (Tette flater = 0,90)	0.9	306.7
Klimafaktor (20%)	1.2	254.9
Maks påslipp (5 l/s*daa)	92.3 l/s	191.4
Gjennomsnittlig utløpskapasitet (67 %)	61.841 l/s	189.8
		164.6
		146.3
		114.5
		87.9
		59.2
		44.5
		29.7
		18.7

Figur 5: Beregninger fordrøyningsmagasin, Totalt areal hektar

For å finne totalt areal i hektar: $\frac{18455 \text{ m}^2}{10000} = 1.8455 \text{ ha}$

Utvidelse av Horten handelspark (Trimveien 33)		
		Intensitet IVF (l/s*da)
Totalt areal (m ²)	18455 m ²	407.1
Totalt areal hektar	1.8455 ha	351.2
Avrenningskoeffisient (Tette flater = 0,90)	0.9	306.7
Klimafaktor (20%)	1.2	254.9
Maks påslipp (5 l/s*da)	92.3 l/s	191.4
Gjennomsnittlig utløpskapasitet (67 %)	=C14*0.67 l/s	189.8
		164.6
		146.3
		114.5
		87.9
		59.2
		44.5
		29.7
		18.7

Figur 6: Beregninger fordrøyningsmagasin, Gjennomsnittlig utløpskapasitet (67 %)

For å finne gjennomsnittlig utløpskapasitet: $92,3 \text{ l/s} * 0,67 = 61,841 \text{ l/s}$

Magasinvolum er beregnet med antagelse om «kassereg» og konstant utløp, og basert på antatt midlere videreført vannmengde lik $0,7 * Q_{\text{max}}$. Forløpet over tid, $Q(t)$, avhenger av egenskapene til mengderegulatoren og magasingeometri. Det teoretiske forholdet mellom $Q_{\text{middel}}/Q_{\text{max}} = 0,67$ for et strupet utløp, (Aaby 2013).

Varighet (min)	Intensitet (m klimafaktor) l/s*ha	Maks avrenning (l/s)	Tilført volum (m ³)	Utløpsmengde (l/s)	Utløpsmengde (m ³)	Magasinerings-volum (m ³)
1	488.52	811.41	48.68	61.841	=F25*60*B25/1000	
2	421.44	699.99	84.00	61.841	7.42092	76.58
3	368.04	611.30	110.03	61.841	11.13138	98.90
5	305.88	508.05	152.42	61.841	18.5523	133.86
10	229.68	381.49	228.89	61.841	37.1046	191.79
15	227.76	378.30	340.47	61.841	55.6569	284.81
20	197.52	328.07	393.69	61.841	74.2092	319.48
30	175.56	291.60	524.87	61.841	111.3138	413.56
45	137.4	228.21	616.18	61.841	166.9707	449.21
60	105.48	175.20	630.71	61.841	222.6276	408.08
90	71.04	117.99	637.17	61.841	333.9414	303.23
120	53.4	88.69	638.60	61.841	445.2552	193.35
180	35.64	59.20	639.32	61.841	667.8828	-28.56
360	22.44	37.27	805.07	61.841	1335.7656	-530.70

Figur 10: Beregninger fordrøyningsmagasin, Utløpsmengde

For å finne utløpsmengde: $\frac{61,841 \text{ l/s} * 60 * 1}{1000} = 3,71046 \text{ m}^3$

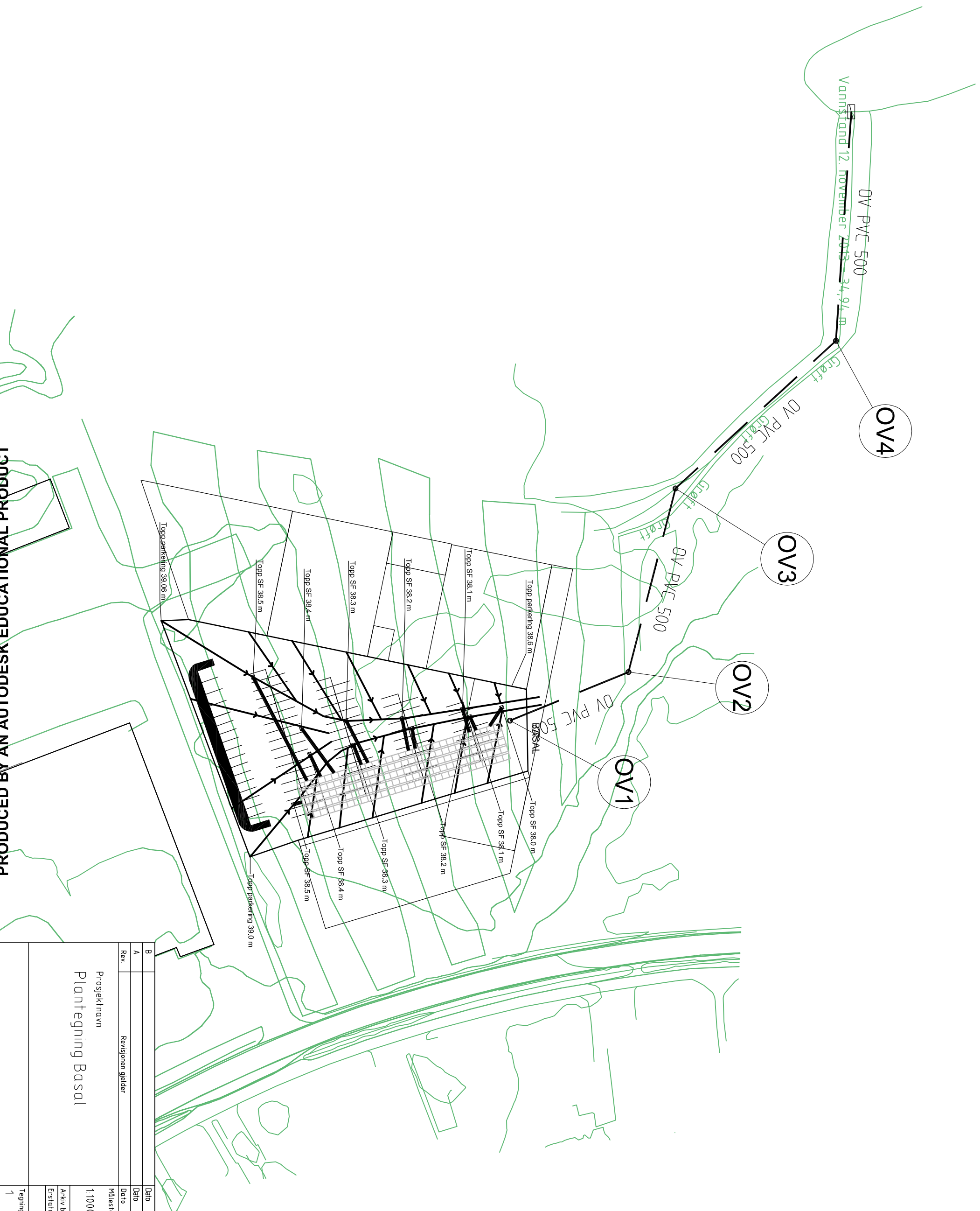
Varighet (min)	Intensitet (m klimafaktor) l/s*ha	Maks avrenning (l/s)	Tilført volum (m ³)	Utløpsmengde (l/s)	Utløpsmengde (m ³)	Magasinerings-volum (m ³)
1	488.52	811.41	48.68	61.841	3.71046	=(E25-G25)
2	421.44	699.99	84.00	61.841	7.42092	76.58
3	368.04	611.30	110.03	61.841	11.13138	98.90
5	305.88	508.05	152.42	61.841	18.5523	133.86
10	229.68	381.49	228.89	61.841	37.1046	191.79
15	227.76	378.30	340.47	61.841	55.6569	284.81
20	197.52	328.07	393.69	61.841	74.2092	319.48
30	175.56	291.60	524.87	61.841	111.3138	413.56
45	137.4	228.21	616.18	61.841	166.9707	449.21
60	105.48	175.20	630.71	61.841	222.6276	408.08
90	71.04	117.99	637.17	61.841	333.9414	303.23
120	53.4	88.69	638.60	61.841	445.2552	193.35
180	35.64	59.20	639.32	61.841	667.8828	-28.56
360	22.44	37.27	805.07	61.841	1335.7656	-530.70

Figur 11: Beregniger fordrøyningsmagasin, Magasinerings- volum

For å finne magasinerings- volum: $48,68 \text{ m}^3 - 3,71046 \text{ m}^3 = 44,96954 \text{ m}^3$

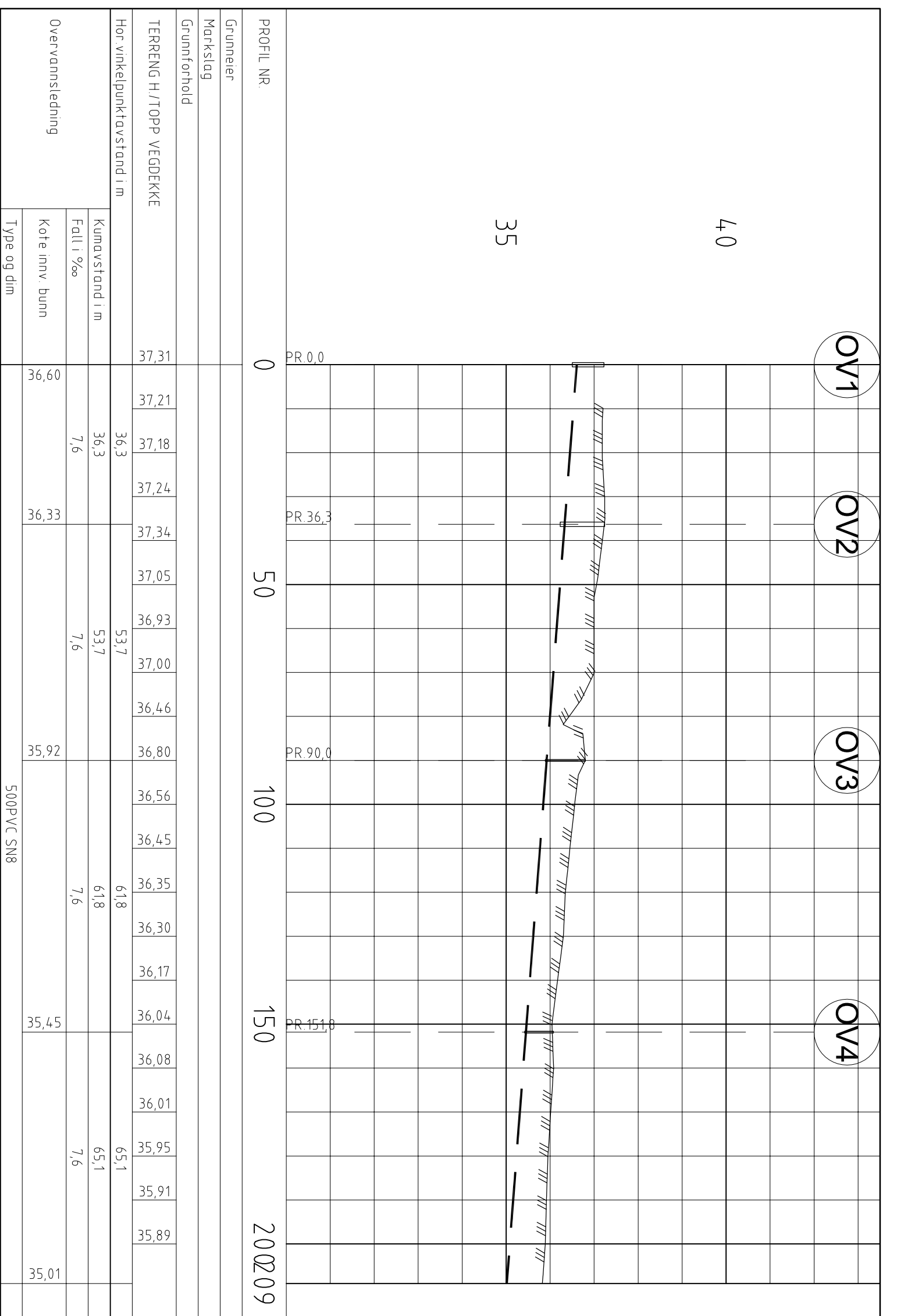
Vedlegg 15:

Plantegning



B		Dato	Tegner	Kont.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kont.	Godkjenner
Rev.		Revisjonen gjelder			
		Dato	Tegnet	Kont.	Godkjent
		Målestokk			
		1:1000			
		Prosjektnavn	Plante tegning Basal		
		Arkiv bet.	Arkivnr		
		Erstatn. for	Erstalling		
		Tegning nr.	1	Rev.	A

Vedlegg 16:
Lengdeprofil

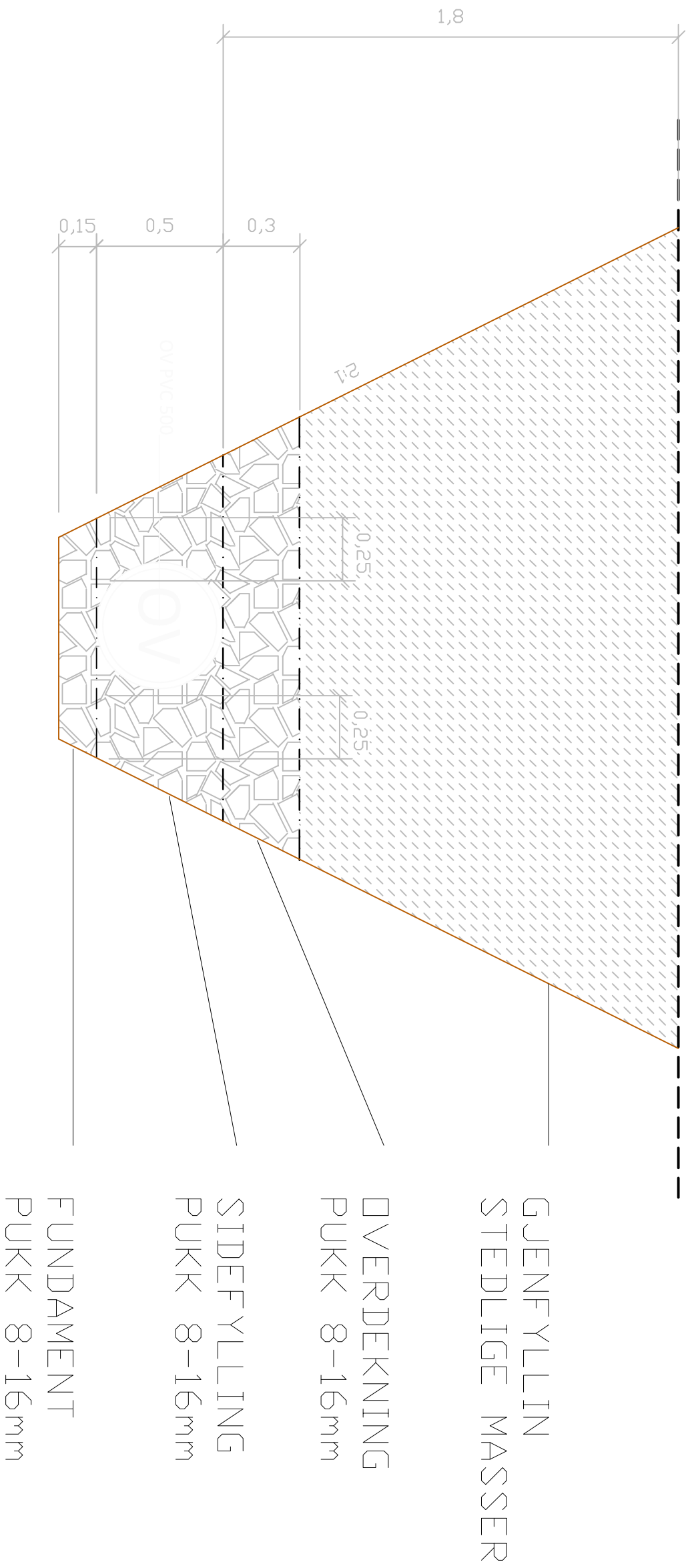


B	Dato	Tegner	Kont.	Godkjerner
A	Dato	Tegner	Kont.	Godkjerner
Rev.	Revisjonen gjelder			
	Dato	Tegnet	Kont.	Godkjent
	Målestokk	Dato	25 Januar 2014	
	1:1000	Tegnet	LER	
		Kont.	Kont.	
		Godkjent	Godkjerner	
	Arkiv bet.	Arkivt		
	Erstatn. for	Erstatning		
	Tegning nr.	3	Rev.	A

Prosjektnavn
Lengdeprofil

Vedlegg 17:
Grøftetversnitt

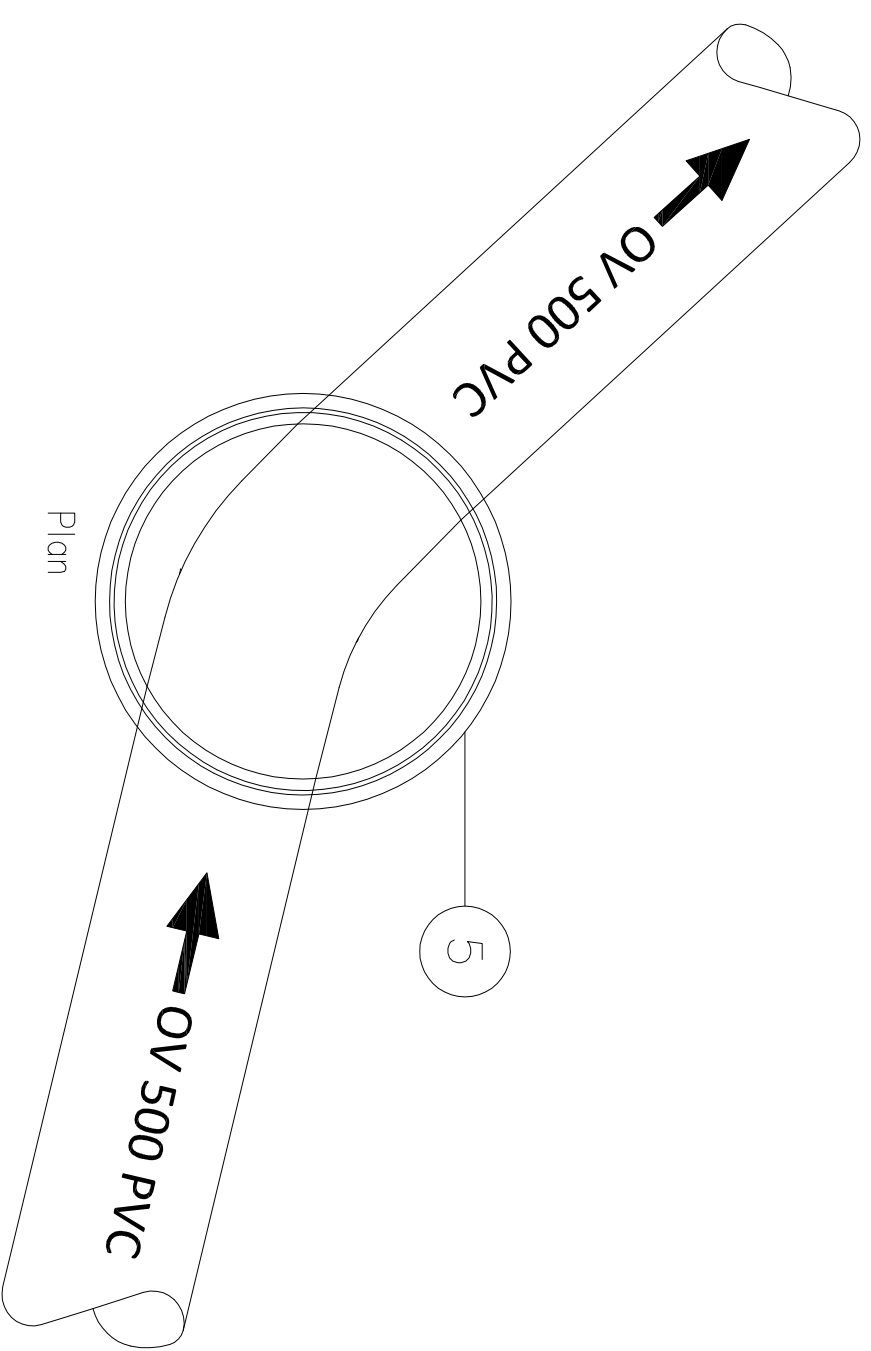
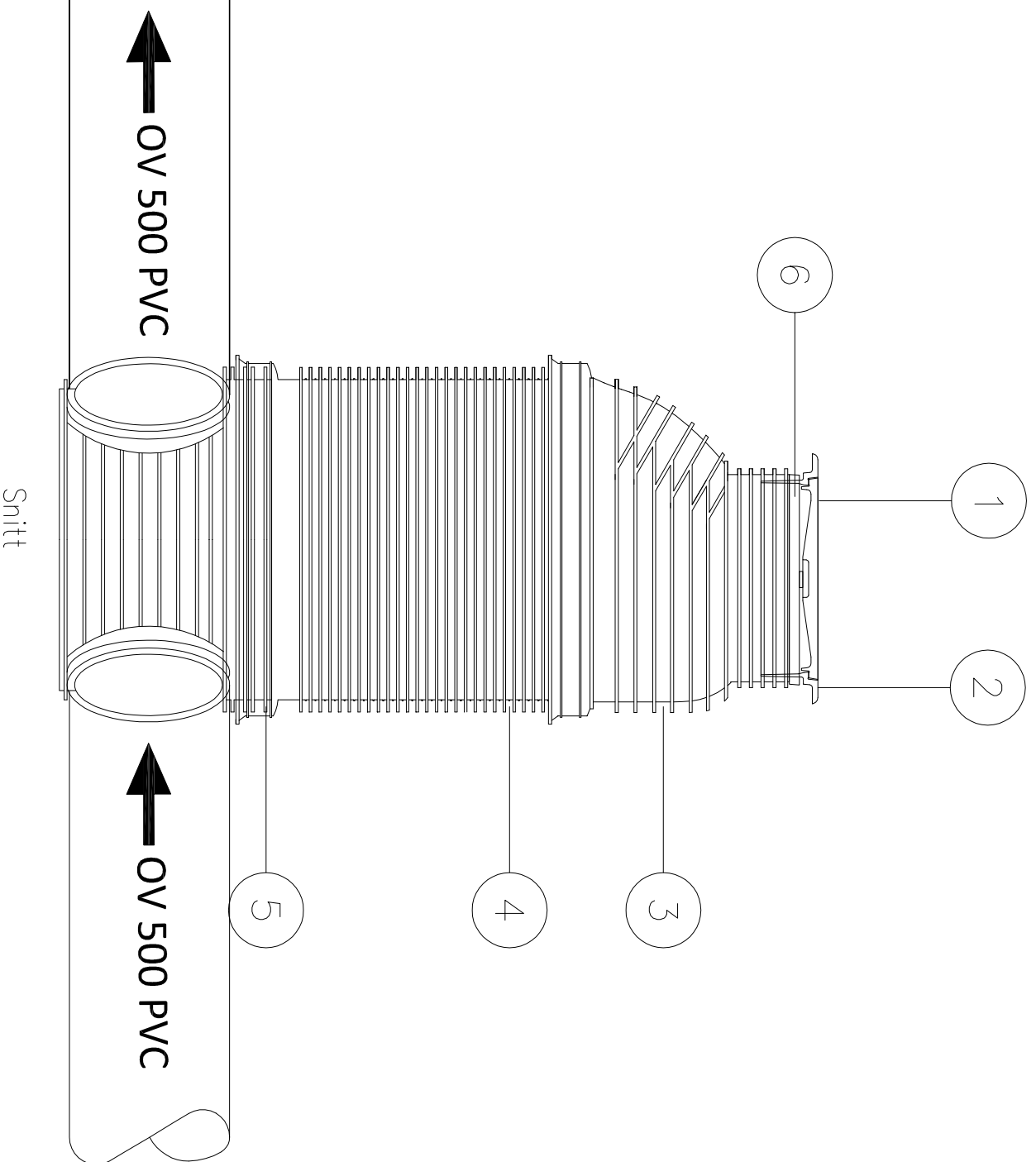
Grøftetversnitt



B	Dato	Tegner	Kont.	Godkjenner
A	Dato	Tegner	Kont.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder			
Prosjektnavn				
Grøftetversnitt				
Målestokk				
1:20				
Arkiv bet.		Arkivnr	Godkjenner	
Erstatn. for		Erstatning		
Tegning nr.				Rev.
4				A

Vedlegg 18:
Kumtegninger

POS-LISTE				
Pos	Beskrivelse	Dimensjon	Antall	Anmerkning
1	Kumlukk	650mm	1	
2	Flytende ramme	650mm	1	
3	Kjegle	1000	1	
4	Kumring	1000	1	Tilpasses høyde
5	Bunnseksjon	500	1	
6	Lokk	650mm	1	

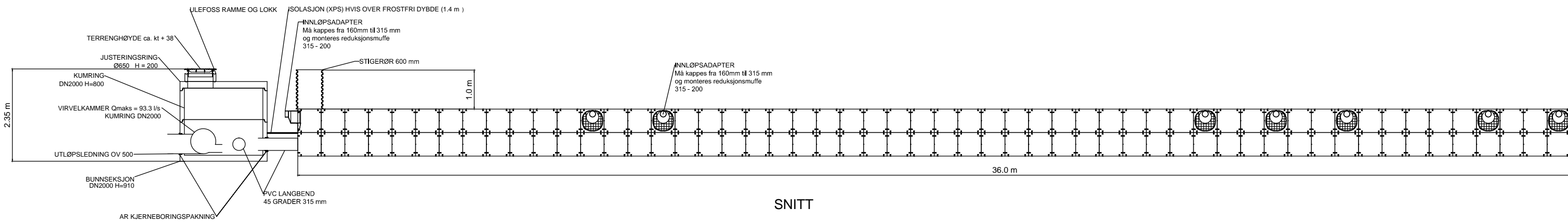


B	Dato	Tegner	Kont.	Godkjerner
A				Godkjerner
Rev.	Revisjonen gjelder			
	Dato	Tegnet	Kont.	Godkjent
	Målestokk	Dato	25 Januar 2014	
	1:1000	Tegnet	LER	
		Kont.	Kont.	
		Godkjent	Godkjerner	
	Arkiv bet.	Arkivt		
	Erstatn. for	Erstatning		

Prosjektnavn
Kumtegning

Tegning nr.	5	Rev.	A
-------------	---	------	---

Vedlegg 19:
Plan- og snittegning WAVIN

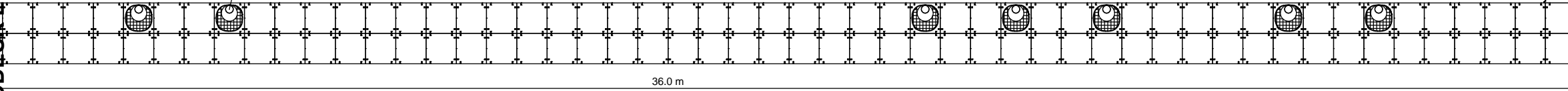


SNITT

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn SNITT WAVIN		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		6	A		

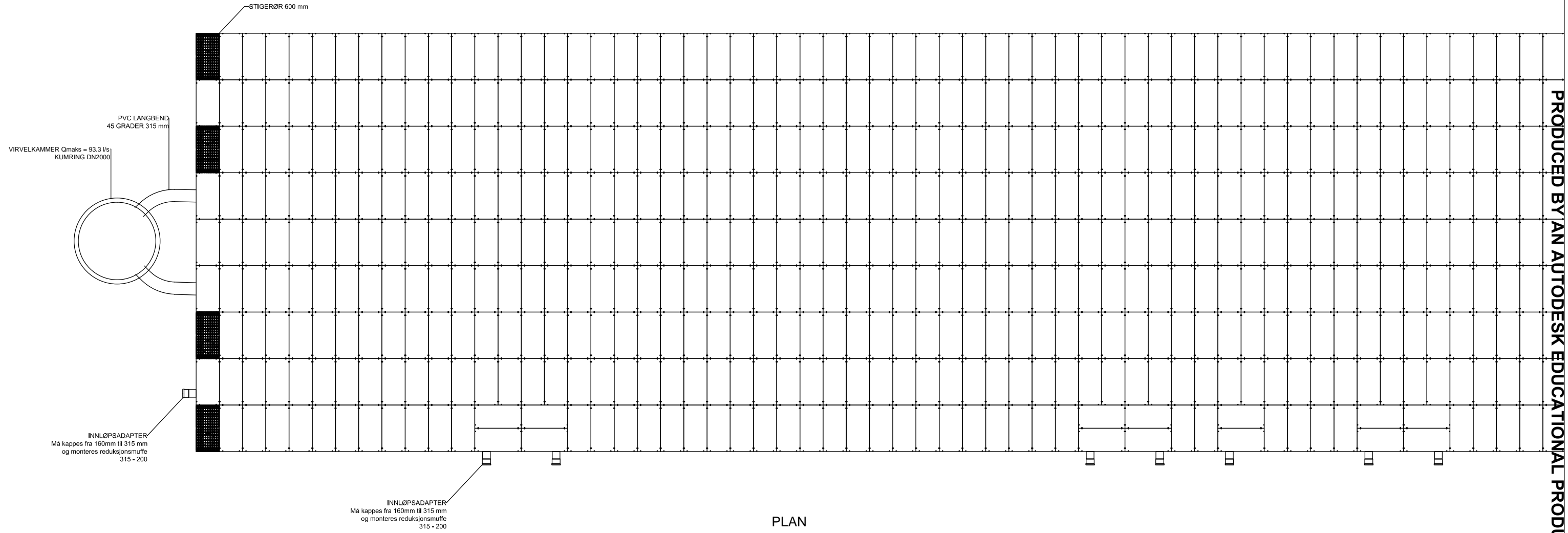
INNLOPSADAPTER
Må kappes fra 160mm til 315 mm
og monteres reduksjonsmuffe
315 - 200

STIGERØR 600 mm
INNLOPSADAPTER
Må kappes fra 160mm til 315 mm
og monteres reduksjonsmuffe
315 - 200



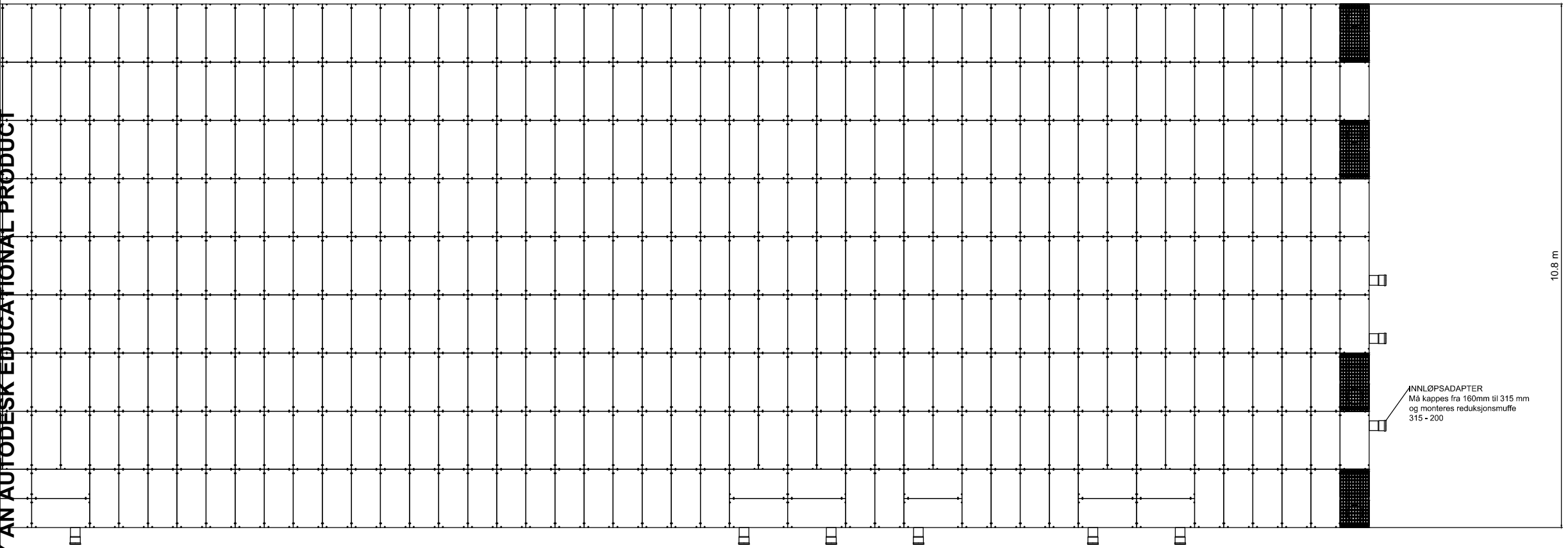
SNITT

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn SNITT WAVIN		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		7	A		



PLAN

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn PLAN WAVIN		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		8	A		



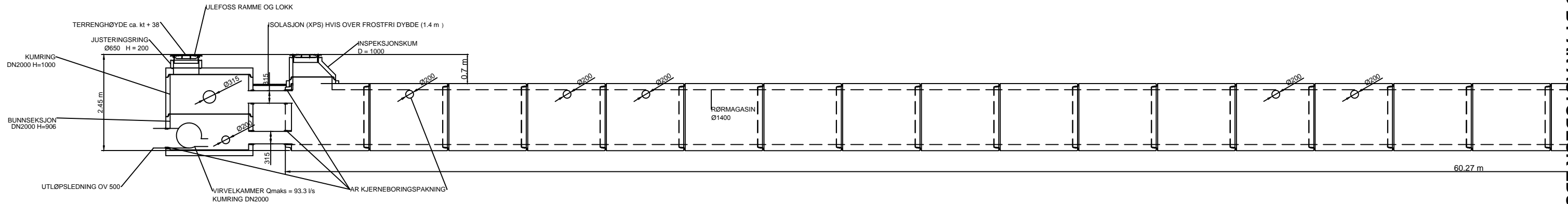
10.8 m

INNLOPSADAPTER
Må kappes fra 160mm til 315 mm
og monteres reduksjonsmuffe
315 - 200

PLAN

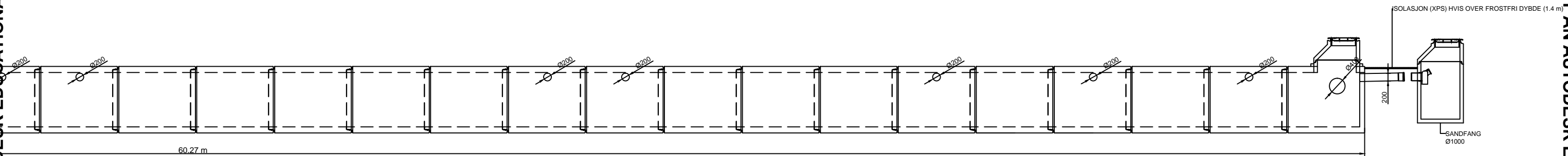
B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn PLAN WAVIN		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		9	A		

Vedlegg 20:
Plan- og snittegning BASAL



SNITT

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
	Prosjektnavn Snitt BASAL	Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
	Arkiv bet.	Arkivnr			
	Erstatn. for	Erstatning			
		Tegning nr.	Rev.		
		10	A		



SNITT

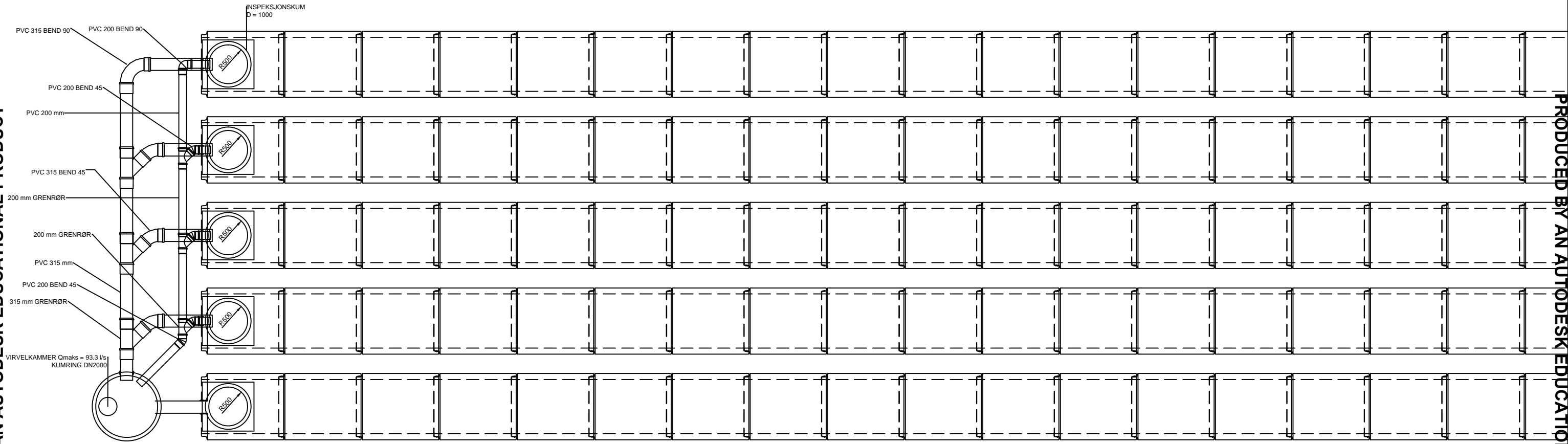
60.27 m

SOLASJON (XPS) HVIS OVER FROSTFRI DYBDE (1.4 m)
 200
 SANDFANG Ø1000

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn Snitt BASAL	Målestokk	Dato	11 februar 2014		
	1:100	Tegnet	LER		
		Kontr.	Kontr.		
		Godkjent	Godkjenner		
	Arkiv bet.	Arkivnr			
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.			Rev.
		11			A

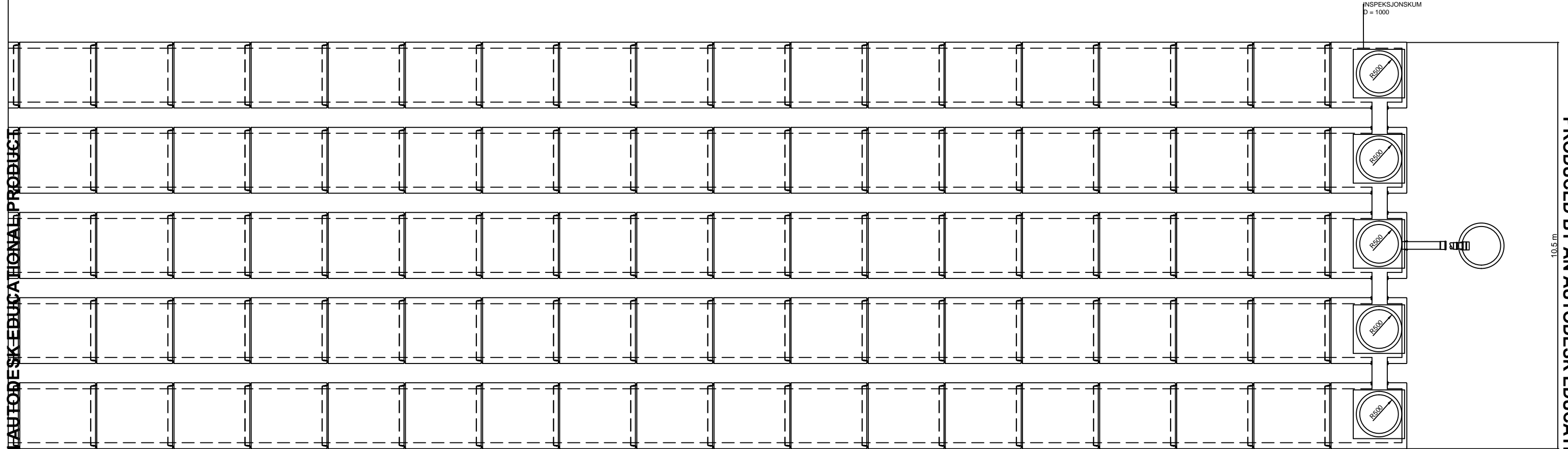
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PLAN

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn PLAN BASAL		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		12	A		



PLAN

B		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
A		Dato	Tegner	Kontr.	Godkjenner
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet	Kontr.	Godkjent
Prosjektnavn PLAN BASAL		Målestokk	Dato	11 februar 2014	
		1:100	Tegnet	LER	
			Kontr.	Kontr.	
			Godkjent	Godkjenner	
Arkiv bet.	Arkivnr				
Erstatn. for	Erstatning				
		Tegning nr.	Rev.		
		13	A		

10.5 m



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no