

Kimiya Mo, Kajathiri Nagavelchandran

# **Dimensjonering av blågrønne overvannsløsninger**

## **Ocean Space Centre, Trondheim**

Bacheloroppgave i Vann- og miljøteknikk

Veileder: Razak Seidu

Medveileder: Martin Ringstad

Mai 2021



Kimiya Mo, Kajathiri Nagavelchandran

# **Dimensjonering av blågrønne overvannsløsninger**

**Ocean Space Centre, Trondheim**

Bacheloroppgave i Vann- og miljøteknikk  
Veileder: Razak Seidu  
Medveileder: Martin Ringstad  
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden



Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <b>betrakte som fusk</b> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter <a href="#">høgskolens studieforskrift §31</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Razak Seidu

### Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjennelse.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

ja  nei

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

ja  nei

Dato: 20.05.2021

## FORORD

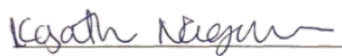
Denne oppgaven er en avslutning på treårige bachelorstudium i Vann- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU) i Ålesund. Bacheloroppgaven er skrevet for Rambøll Trondheim avdeling Vann. Som førsteinntrykk har Rambøll falt oss inn som en innovativ og interessant bedrift, samt at de ansatte som har deltatt på studiemessene har vært imøtekommende, lærevillige og profesjonelle.

Vi ønsker å takke vår veileder ved NTNU Razak Seidu for veiledning gjennom denne perioden, samt Andreas Longva og doktorgradsstudent Lam Van Ngygen ved NTNU.

Videre ønsker vi å rette en stor takk til Rambøll Trondheim som har gitt oss muligheten til å jobbe med ett prosjekt som skal realiseres. Vår veileder ved Rambøll, Martin Ringstad, har vært til god hjelp underveis i prosjektet og tatt tak i utfordringer med oss.

Det rettes også en stor takk til eksterne som har hjulpet oss med oppgaven, Edvard Sivertsen ved SINTEF og Knut Bratland ved Protan.

Ålesund, 20.05.2021

  
Kajathiri Nagavelchandran

  
Kimiya Mo

# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>TERMINOLOGI .....</b>	<b>3</b>
<i>Begreper.....</i>	<i>3</i>
<i>Symboler .....</i>	<i>4</i>
<i>Forkortelser .....</i>	<i>4</i>
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
1.1 <i>Bakgrunn for valg av oppgave.....</i>	<i>5</i>
1.2 <i>Problemstilling.....</i>	<i>5</i>
1.3 <i>Mål og delmål.....</i>	<i>6</i>
1.4 <i>Avgrensninger til oppgaven.....</i>	<i>6</i>
<b>2 TEORETISK GRUNNLAG .....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Klimaendringer og overvannshåndteringer.....</i>	<i>7</i>
2.1.1 <i>Tradisjonelle overvannshåndteringssystemer .....</i>	<i>7</i>
2.1.2 <i>Blågrønn infrastruktur .....</i>	<i>8</i>
2.1.3 <i>Lokal overvannsdiskonering (LOD).....</i>	<i>9</i>
2.2 <i>Strategier for overvannshåndtering.....</i>	<i>9</i>
2.2.1 <i>Planlegging ved nyutbygging .....</i>	<i>9</i>
2.2.2 <i>Treleddsstrategi .....</i>	<i>10</i>
2.3 <i>LOD-tiltak.....</i>	<i>12</i>
2.3.1 <i>Grønne tak .....</i>	<i>12</i>
2.3.2 <i>Blågrønne tak .....</i>	<i>13</i>
2.3.3 <i>Regnbed.....</i>	<i>14</i>
2.3.4 <i>Fordrøyningsdam .....</i>	<i>15</i>
2.3.5 <i>Vannveier .....</i>	<i>16</i>
2.3.6 <i>Permeable flater .....</i>	<i>17</i>
2.3.7 <i>Amfi .....</i>	<i>18</i>
2.4 <i>Rensing av overvann .....</i>	<i>18</i>
2.4.1 <i>Forurensning .....</i>	<i>18</i>
2.4.2 <i>Sandfang.....</i>	<i>19</i>
<b>3 MATERIALER OG METODE .....</b>	<b>20</b>
3.1 <i>Ocean Space Centre på Tyholt.....</i>	<i>20</i>
3.2 <i>Datainnsamling .....</i>	<i>22</i>
3.2.1 <i>Situasjonsplan .....</i>	<i>22</i>



3.2.2	Reguleringsdata .....	22
3.2.3	Hydrologisk data.....	22
3.2.4	NVEs aktsomhetskart .....	22
3.2.4.1	Flomveier.....	23
3.2.5	NGUs kvartærgeologiske og infiltrasjonsevne kart.....	23
3.2.5.1	Grunnforhold .....	23
3.2.6	Trondheim kommune sitt aktsomhetskart.....	25
3.2.6.1	Eksisterende flomveier .....	25
3.3	Vurdering av avrenningskoeffisient .....	26
3.4	Dimensjonering.....	27
3.4.1	AutoCAD .....	27
3.4.2	Fordrøyningsvolum .....	27
3.4.3	Overvannsledning.....	31
3.4.4	Påslipp til kommunalt ledningsnett.....	33
3.4.5	Beregning av magasinivolum.....	35
3.4.6	Regnbed.....	35
3.4.7	Fordrøyningsdam .....	38
3.4.8	Sandfang .....	40
3.4.9	Protan BlueProof .....	41
3.4.10	Permeable flater .....	42
3.4.11	Vannveier .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>44</b>
4.1	Nødvendig fordrøyningsvolum .....	44
4.2	Påslipp til kommunalt nett.....	45
4.3	Dimensjoner på overvannsledninger.....	45
4.4	Forslag til LOD-tiltak .....	47
4.4.1	Alternativ 1 .....	47
4.4.2	Alternativ 2 .....	49
4.5	Valg av løsning .....	50
4.6	Valgt alternativ.....	51
4.6.1	Regnbed.....	51
4.6.1.1	Område 1 .....	52
4.6.1.2	Område 2 .....	53
4.6.2	Fordrøyningsdam .....	53
4.6.2.1	Område 2 .....	54
4.6.3	Blågrønne tak .....	54

4.6.3.1 Område 1 .....	56
4.6.3.2 Område 2 .....	56
4.6.3.3 Takterrasse .....	57
4.6.4 Sandfang .....	58
4.6.5 Permeable flater .....	59
4.6.6 Vannveier .....	60
<b>5 DRØFTING.....</b>	<b>61</b>
5.1 På lag med regnet .....	61
5.2 Energiforbruk og fasade.....	62
5.3 LOD-tiltak under vinterforhold .....	63
5.3.1 Regnbed.....	63
5.3.2 Fordrøyningsdam .....	64
5.3.3 Blå-grønne tak .....	64
5.3.4 Permeable flater .....	65
5.4 Bygg for fremtiden .....	66
5.4.1 Kapasitet på ledningsnett.....	66
5.4.2 BREAM-konseptet .....	66
5.5 Innovasjon .....	67
5.5.1 Fontene i dammen.....	67
5.5.2 Smarttak .....	68
5.5.3 Takhager .....	69
5.6 Kostnadsestimering .....	70
<b>6 KONKLUSJON .....</b>	<b>72</b>
<b>7 REFERANSER.....</b>	<b>73</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>81</b>

## FIGUROVERSIKT

<i>Figur 2-1 Naturbaserte overvannstiltak i urbane områder (67)</i>	7
<i>Figur 2-2 Blågrønn infrastruktur i byer og urbane strøk (68)</i>	8
<i>Figur 2-3 Paradigmeskiftet i håndtering av overvann (44)</i>	9
<i>Figur 2-4 Illustrasjon av tretrinnsstrategien (44)</i>	10
<i>Figur 2-5 Grønne tak (69)</i>	13
<i>Figur 2-6 Regnbed på leirjord, med filtermedium og drenering (19)</i>	14
<i>Figur 2-7 Eksempel på utforming av en fordrøyningsdam (70)</i>	15
<i>Figur 2-8 Åpne vannveier (61)</i>	16
<i>Figur 2-9 Oppbygging av permeable flater (14)</i>	17
<i>Figur 2-10 Utforming av amfi som et fordrøyningsanlegg (71)</i>	18
<i>Figur 2-11 Illustrasjon av renseprosessen av overvann i sandfang (30)</i>	19
<i>Figur 3-1 Kart hentet fra Google Maps viser hvor Ocean Space ligger på Tyholt. Figuren nederst til venstre er situasjonsplanen av hvordan området kan bli. Tegningen viser fordelingen av tomta, bestående av totalt fire bygg og ett stort grønt areal (72).</i>	21
<i>Figur 3-2 Kart som viser områdets flomveier (73)</i>	23
<i>Figur 3-3 Kvatærgeologisk kart fra NGU som viser løsmassene på området (37)</i>	24
<i>Figur 3-4 Kart fra NGU som viser infiltrasjonsevnen på området (37)</i>	25
<i>Figur 3-5 Trondheim kommune sitt aktsomhetskart viser eksisterende flomveier på området (74)</i>	25
<i>Figur 3-6 Situasjonsplanen i AutoCAD</i>	26
<i>Figur 3-7 IVF-kurve for Trondheim ved ulike gjentaksintervall (42)</i>	29
<i>Figur 3-8 Områdefordeling av planområdet</i>	31
<i>Figur 3-9 Reguleringsplan med eksisterende ledningsnett, de nye overvannsledningene og illustrasjon av utløp 1 og 2</i>	33
<i>Figur 3-10 Fellessystem/ikke virksomt separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde (42)</i>	34
<i>Figur 3-11 Prinsippskisse av en fordrøyningsdam (46)</i>	39
<i>Figur 3-12 Prinsippskisse utlevert av Knut Bratland ved Protan</i>	42
<i>Figur 3-13 Utforming av permeable flater (51)</i>	42
<i>Figur 3-14 Prinsippskisse av utformingen til vannveier (20)</i>	43
<i>Figur 4-1 Endret situasjonsplan med tak ID</i>	47
<i>Figur 4-2 Undervisningslaboratorier på OCS (75)</i>	48
<i>Figur 4-3 Strømningstank på OCS (76)</i>	48
<i>Figur 4-4 Illustrasjon av lokale overvannshåndteringer (77)</i>	49
<i>Figur 4-5 Dimensjoner på regnbed på område 1 tegnet i AutoCAD</i>	52

<i>Figur 4-6 Dimensjoner på regnbed på område 2 tegnet i AutoCAD</i>	53
<i>Figur 4-7 Dimensjon på fordrøyningsdam på område 2 tegnet i AutoCAD</i>	54
<i>Figur 4-8 Prinsippskisse av Protan BlueProof</i>	55
<i>Figur 4-9 Illustrasjon av hvor det er planlagt blågrønne tak og takterrasse</i>	55
<i>Figur 4-10 Takterrasse tegnet i AutoCAD</i>	57
<i>Figur 4-11 Permeable flater skal anlegges på det gråe området mellom tak 3 og 4</i>	59
<i>Figur 4-12 Vannveier på planområdet tegnet i AutoCAD</i>	60
<i>Figur 5-1 Moderne arkitektur i Milano, Italia (78)</i>	62
<i>Figur 5-2 Regnbed under vinterforhold (79)</i>	63
<i>Figur 5-3 Fordrøyningsdam under vinterforhold (80)</i>	64
<i>Figur 5-4 Illustrasjon av takterrasse under vinterforhold (81)</i>	65
<i>Figur 5-5 Permeable flater under vinterforhold (82)</i>	65
<i>Figur 5-6 Flytefontene (83)</i>	67
<i>Figur 5-7 Illustrasjon av et smarttak (84)</i>	68
<i>Figur 5-8 Illustrasjon av takhage med kombinasjon av blågrønne overvannstiltak og oppholdsarealer (85)</i>	69

## TABELLOVERSIKT

<i>Tabell 2-1 Sjiktoppbygging til ekstensive grønne tak (41)</i>	12
<i>Tabell 2-2 Sjiktoppbygging til intensive grønne tak (41)</i>	13
<i>Tabell 3-1 Verdier for avrenningskoeffisient som brukes på ulike typer areal (42)</i>	29
<i>Tabell 3-2 Dimensjonerende regnskyllhyppighet og oversvømmelseshyppighet bestemt av områdetype (42)</i>	30
<i>Tabell 3-3 Klimafaktor bestemt av varighet og returperiode (42)</i>	30
<i>Tabell 3-4 STF's anbefalte bruksruhetsverdier (66)</i>	32
<i>Tabell 3-5 Detaljer på norske pilot-regnbed, tilknyttende nedbørsfelt og filtermediets sammensetning og egenskaper (19)</i>	36
<i>Tabell 3-6 Nedbørsum i millimeter ved ulike varigheter og gjentakintervall (42)</i>	37
<i>Tabell 3-7 Parametere og egenskaper til supersandfang Downstream Defender fra MFT (47)</i>	40
<i>Tabell 4-1 Beregnet vannføring og bidrag fra tette og grønne flater på planområdet</i>	44
<i>Tabell 4-2 Nødvendig magasinivolum på planområdet</i>	44
<i>Tabell 4-3 Beregnet krav til fordrøyningsvolum og maksimalt videreført vannmengde til kommunalt nett</i>	45
<i>Tabell 4-4 Rørdimensjon for hvert delområde uten implementering av LOD-tiltak</i>	46
<i>Tabell 4-5 Rørdimensjon for hvert delområde med implementering av LOD-tiltak</i>	46
<i>Tabell 4-6 Alternativ 1 og 2 basert på fordeler og ulemper ved de ulike LOD-tiltakene</i>	50
<i>Tabell 4-7 Funksjon og virkning av LOD-tiltakene i alternativ 1 (16)</i>	51
<i>Tabell 4-8 Dimensjoner av regnbed på delområde 1 og 2</i>	51
<i>Tabell 4-9 Beregnet vannvolum på hvert tak</i>	54
<i>Tabell 4-10 Dimensjonering av sandfang</i>	58
<i>Tabell 5-1 Forventede tiltakskostnader og levetider for LOD-tiltak (64)</i>	70

## SAMMENDRAG

VA-bransjen er i stadig utvikling, og konservativ tankegang blir byttet ut med moderne løsninger. Betongrør skiftes ut med LOD-tiltak, og på den måten kan vi øke kapasiteten på ledningsnettet med tanke på fremtidige klimaendringer. Eksisterende marinteknisk institutt skal forvandles til ett nytt marinteknisk senter, Ocean Space Centre. Det nye bygget vil gi den maritime næringen mer rom for innovasjon og forskning. Oppgaven er et reelt prosjekt som enda er i forprosjekt-stadiet, og har planlagt oppstart i 2022. På bakgrunn av dette har vi fått i oppgave å dimensjonere ulike forslag på hvordan området kan håndtere overvannet lokalt.

I oppgaven har det kommet frem ulike LOD-tiltak som skal virke som en ressurs på området, dimensjoner på tiltakene, plassering av tiltakene og estimerte kostnader. Grunnlaget baserer seg på hvilke kombinasjoner som er hensiktsmessig for området og rekkefølgen for å oppnå ønsket resultat. Overvannsmengdene og påslipp til kommunalt ledningsnett er beregnet i henhold til VA-normen til Trondheim kommune.

Det blir benyttet tradisjonelle beregningsmetoder som den rasjonelle metoden, regnenvelopmetoden og formler for beregning av andre LOD-tiltak. Det endelige forslaget er en mulig løsning som vil håndtere store mengder overvann åpent på området. Det har blitt konkludert med at store overvannsmengder skal håndteres lokalt i ulike LOD-løsninger, for så å ledes ut i kommunalt ledningsnett gjennom treg avrenning.

## **ABSTRACT**

The water industry is constantly evolving, and conservative thinking is being replaced by modern solutions. Stormwater pipes are being replaced with local stormwater management solutions, that are ecologically friendly and cost-effective. In this project different local stormwater management alternatives were evaluated for the new Ocean Space Centre in Trondheim that is planned for development in 2022. The new building will give the maritime industry more room for innovation and research. The impacts of the following solutions were evaluated independently and in combination in terms of their impact on the total stormwater discharge from the area. In this assessment it is recommended that by implementing a combination of several solutions the amount of stormwater runoff to the main municipal network can be reduced to ensure a better stormwater management for the new Ocean Space Centre.

The project involves design and costing of different stormwater management.

## TERMINOLOGI

### **Begreper**

Algevekst	Samlebetegnelse på ulike organismer som har det til felles at de har fotosyntese og lever i fuktige miljøer.
DWG	Står for "Drawing Database" og inneholder all informasjon som for eksempel design, geometriske data, kart og bilder.
Erosjon	Erosjon er nedsliting av landflaten ved naturlige prosesser.
Evaporasjon	Når vann fordampes fra jordsmonn og vegetasjon.
Evapotranspirasjon	Betegnelsen på summen av evaporasjon og transpirasjon av vann for planter.
Fordrøyningsanlegg	Et fordrøyningsanlegg har som oppgave å samle opp overvannet midlertidig, til det trygt kan slippes ut igjen.
Fordrøying	Tilbakeholdelse av overvann, som forsinkes avrenningen til det kommunale ledningsnett.
Grønnstruktur	Summen av store og små grønne og naturpregede områder i byer og tettsteder.
Hydrologisk kretsloop	Vannets sirkulasjon mellom havene, atmosfæren og jordens overflate.
Implementere	Utføre/iverksette
Infiltrasjon	Vannets evne til å trenge ned i grunnen.
Membran	Vanntett, elastisk hinne av plastmateriale som hindrer vanngjennomslag i andre bygningsdeler.
Overvann	Vann som renner eller samles på overflaten, som følge av nedbør eller smeltevann.
Permeabilitet	Evnen et materiale har til å transportere vann.
Resipient	Mottaker av overvannet, som til dømes grunnen, elv, innsjø eller havet.
Returperiode	Gjentaksintervallet for dimensjonerende nedbør beskriver sannsynligheten for hvor ofte systemet må påregnes å bli fylt opp.
Sedimentering	Sedimentering/avsetning er når materiale legger seg til ro i et lag på bunnen.



Slamsuger	En teknisk, mekanisk enhet som er laget for å suge slam, avløpsvann, sandfang og lignende.
SOSI-fil	Står for "Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon" og er en nasjonal standard for geografisk informasjon. Det er også et filformat for norske kartdata.
Suspendert stoff	Vannets innhold av oppslemmet, partikulært materiale.
Transpirasjon	Vannets bevegelse gjennom vegetasjonen, fra det tas opp av roten, til det fordamper gjennom bladene.

### ***Symboler***

$\pi$	3.14
$\varphi$	Avrenningskoeffisient

### ***Forkortelser***

IVF	Intensitet – Varighet – Frekvens
VA-anlegg	Vann- og avløpsanlegg
l/s	Liter per sekund
Ha	Hektar (1 Hektar = 10 000 kvadratmeter)
LOD	Lokal overvannsdiskonering
IFS	Infiltrasjonssandfang
PVC	Polyvinylklorid

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn for valg av oppgave

Bakgrunnen for valg av oppgave har sitt utgangspunkt for behov for mer moderne tiltak rettet mot overvann (1). Klimaet er i endring da det slippes ut mer drivhusgass i atmosfæren enn det som er naturlig. Karbondioksid gjør drivhuseffekten sterkere, og fører til at mindre varme slipper ut gjennom atmosfæren. Dermed blir kloden varmere enn den ville vært uten gassen, og klimaet endrer seg. Det er ingen tvil om at det er behov for nye tiltak for å forbedre overvannshåndtering lokalt (2).

I Norge vil vi for eksempel merke høy vannstand og ekstrem nedbør. Ved forventet økning av nedbørsmengder som følge av klimaendringene er det viktig å forutse mulige utfordringer i framtiden. Overvannshåndtering er enda i utbedringsfasen, og det er derfor viktig å løfte opp temaet. Omtrent 60 % av kommunene anser at kapasiteten i dagens overvannssystemer ikke er tilstrekkelig for å håndtere fremtidens nedbør (3).

I dag regner det 20 % mer i Norge enn det gjorde for 100 år siden. I 2016 var det meldt 28 000 skader knyttet til overvann, noe som er dobbelt så mange som det var i 2008.

Erstatningsutbetalingen på skadene økte fra 700 millioner til 1,3 milliarder (4).

Om utslippene blir større, får Trondheim rundt 10 % mer nedbør i 21-århundret. Ifølge beregninger vil det bli flere voldsomme regnskurer i Trondheim, og i slike store byer vil oversvømmelser koste flere hundre millioner kroner. Nesten ingen kommuner har systemer til å ta unna så mye vann (5).

Oppgaven er valgt av egen interesse blant gruppemedlemmene, nettopp på grunn av viktigheten dette temaet vil være i framtiden. For å kunne nå FNs bærekraftsmål innen 2030 må flere ha kunnskaper om problemstillingene dette innebærer.

## 1.2 Problemstilling

Hovedformålet med bacheloroppgaven er å komme med ett forslag om mulige overvannshåndtering på ett avgrenset område på Tyholt i Trondheim. Der planområdet består av det nye bygget Ocean Space Centre og grønne arealer.

Oppgaven går ut på å dimensjonere mulige overvannstiltak på området slik at man kan redusere kapasiteten på overvannsrørene, samt bruke overvannet som en ressurs på området.

### **1.3 Mål og delmål**

Gruppen har inngått en avtale med Rambøll Trondheim vedrørende bacheloroppgaven. Det skal utarbeides ett forslag til lokal overvannshåndtering på det nye bygget Ocean Space Centre.

Følgende delmål ligger til grunn:

- Beregning av fordrøyningsvolum.
- Beregning av videreført vannmengde og krav til fordrøyningsvolum iht. VA-normen til Trondheim kommune.
- Vurdere LOD-tiltak i området og vise hvor mye effekt disse har på fordrøyning.
- Vise et forslag til vannveier i den hensikt å vise ulike farer knyttet til ekstremvær.

### **1.4 Avgrensninger til oppgaven**

Da utbyggingen av Ocean Space Centre fremdeles er i forprosjekt-stadiet måtte gruppen gjøre egne antagelser i forhold til beregning. Gruppen har kun tatt hensyn til effektiviteten av LOD-tiltakene. Da tidshorisonten ble for kort måtte den opprinnelige planen om prosjektering av tiltakene som var satt i tidlig fase revurderes. Av den grunn blir ikke LOD-tiltakene detaljprosjektert i denne oppgaven.

Oppgaven tar for seg håndtering av overvann på området på bakgrunn av kapasiteten til kommunale ledninger. Det har blitt tatt stilling til renseseffekt, samt virkningene ved LOD-tiltakene under ulike klimatiske forhold. I tillegg er det blitt foretatt en grov kostnadsestimering av foreslått løsning.

## 2 TEORETISK GRUNNLAG

### 2.1 Klimaendringer og overvannshåndteringer

Framtidige klimaendringer er en utfordring, og derfor må samfunnet rustes opp for å takle disse. Naturbaserte løsninger er veien for å møte overvannet. Ved å gjøre byen klimatilpasset vil det begrense de ulemper som blir medført av klimaendringene, og heller utnytte det til nye formål. I dag skiller man mellom tradisjonelle og blågrønne løsninger (6).



Figur 2-1 Naturbaserte overvannstiltak i urbane områder (67)

#### 2.1.1 Tradisjonelle overvannshåndteringssystemer

Tradisjonelle løsninger har høye investeringskostnader, men lave drifts- og vedlikeholdsutgifter. Moderne løsninger har relativt lave etableringskostnader, men er mer kostnadskrevende å opprettholde effekten over en lengre periode (6).

Endret nedbørsmønster, fortetting i byene og manglende vedlikehold av de tekniske løsningene er en stor utfordring for de tradisjonelle overvannssystemene. Systemene klarer ikke å håndtere store mengder vann på kort tid, og det har derfor blitt større fokus på løsninger hvor overvannet håndteres lokalt (7).

VA-bransjen møter mye motstand når det kommer til kreativitet og innovasjon. Håndtering av overvann må nå nye høyder og være bærekraftig. Overvannet kan brukes til mangt, som blant annet til gatevasking eller til å vanne plen i tørkeperioder (1).

I dag er det vanlig med et lukket underjordisk magasin. Et fordrøyningsmagasin blir benyttet som ekstrakapasitet før vannet blir sluppet ut på kommunalt ledningsnett. Ved kraftige

regnskyll blir nedbør fra et bestemt område lagret i magasinet før det kan slippes ut i kontrollert tempo og mengde (8).

Vannet kan infiltreres og fordøyes i grunnen ved hjelp av plastkassetter eller store rør. Plastkassetene har fleksibel hensikt på volum og plassering (8).

### 2.1.2 Blågrønn infrastruktur

Blågrønne løsninger er lokale tiltak som integrerer vannsystemer og overvannstiltak i den overordnede grønnstrukturen, særlig i urbane områder. Ved å bevare og plante mer trær og skog vil det være et klimatilpasningstiltak for flere av klimautfordringene ved at de gir erosjonsbeskyttelse, vannføringsregulering, kjølede effekt gjennom fordampning, vannrensning og vinddemping (9).

Ulemper med blågrønne løsninger er at det trenger mer vedlikehold enn tradisjonelle løsninger. Det krever større areal, er en usikkerhet kostnadmessig, og vil ta tid før de er effektive til sitt formål (6).

Det er større usikkerhet med naturbaserte løsninger da det er mindre utprøvd. Et tiltak vil virke til sitt formål, men hvor godt tiltaket virker er vanskelig å fastslå. For eksempel er hvor mye overvann som kan håndteres ved ett grønt tak eller hvor mye av flommen som dempes ved å etablere våtmark (6).



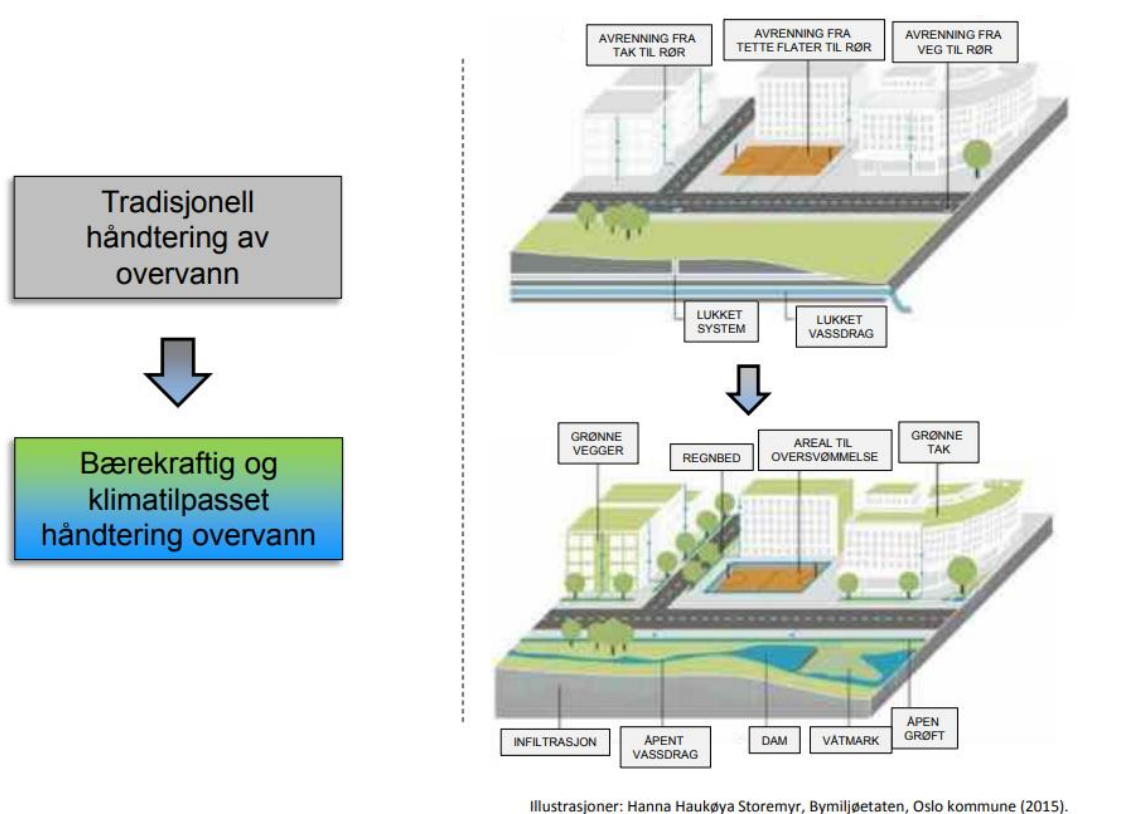
Figur 2-2 Blågrønn infrastruktur i byer og urbane strøk (68)

Det finnes en rekke infiltrasjonsløsninger som kan brukes i tettbygde strøk, for eksempel regnbed, grønne grøfter og permeable dekker, men felles for tiltak som infiltrerer overvannet til grunnen, er at de er avhengig av tilstrekkelig stedlig infiltrasjonskapasitet. I tillegg bør infiltrasjonsløsninger plasseres slik at overvannet renner naturlig til disse områdene (7).

### 2.1.3 Lokal overvannsdiskonering (LOD)

For å imøtekomme de nåværende og de fremtidige utfordringene knyttet til overvann kreves gode løsninger for overvannshåndtering. Samtidig ønsker flere kommuner at overvannet i størst mulig grad skal tilbakeføres lokalt slik at vannets naturlige kretsløp opprettholdes og at naturens selvrensningsevne utnyttes (10).

LOD-tiltak er løsninger som håndterer overvannet lokalt i form av fordrøyning og/eller infiltrasjon. Tiltakene kan enten benyttes som selvstendige løsninger eller som et supplement til konvensjonelle rørsystemer for å unngå overbelastning (10).



Figur 2-3 Paradigmeskiftet i håndtering av overvann (44)

## 2.2 Strategier for overvannshåndtering

### 2.2.1 Planlegging ved nyutbygging

Ved planlegging av overvann ved nyutbygging er det viktig å ta hensyn til (11):

- overvannshåndtering helt fra starten i planprosesser
- se større områder i sammenheng ved å bruke informasjon om nedbørsfeltet
- vannets veg for planlegging og prosjektering
- flere typer tiltak, både konvensjonelle og moderne løsninger
- naturgitte forhold som terrengets form, massenes permeabilitet osv.

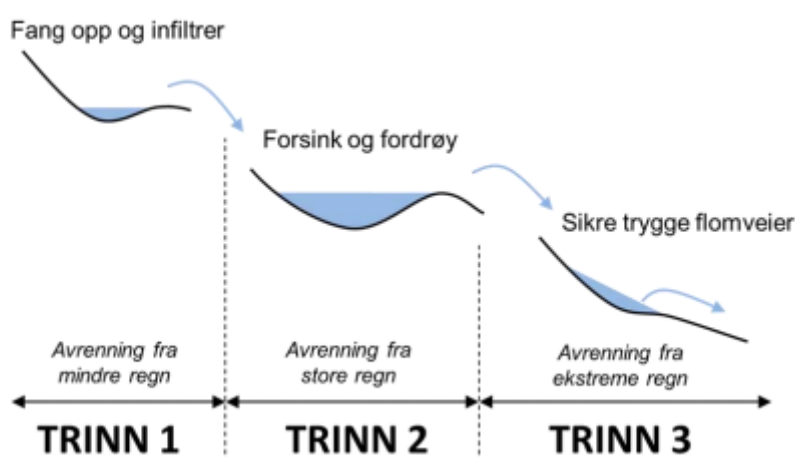
- nok areal til blågrønn infrastruktur
- tverrfaglig jobbing i kommunene for hensiktsmessig planlegging og forvaltning.

Erfaringene med blågrønne overvannssystemer er basert på 10 års drift og løsningene har vist gode resultater. Likevel er det satt store krav til både planleggere og utførere av prosjektene. De blågrønne overvannsløsningene krever arealer, som kan være utfordrende for urbane områder. Derfor bør det settes av arealer til overvannshåndteringen tidlig i planprosessen. Flere fagfelt kombineres for å løse den flerfaglige oppgaven. Her gjelder spesielt VA-ingeniører i samspill med landskapsarkitekter, område- og byplanleggere, veg- og samferdselsspesialister, og spesialister innen hydraulikk og hydrologi (12).

### 2.2.2 Treleddsstrategi

Treleddsstrategien går ut på å redusere og forsinke avrenningen ved å infiltrere mindre nedbørsmengder, fordrøye større nedbørsmengder og avlede de sjeldne, store nedbørsmengdene på en trygg måte. Norge har innført en treleddsstrategi for overvannshåndtering. Formålet med strategien er at nedbøren skal (13-14):

1. Forsinke avrenning gjennom infiltrasjon til grunnen, < 20 mm  
*For eksempel: grønne sedumtak, gressarming, regnbed og regnhøsting til vanning.*
2. Forsinke avrenning gjennom fordrøyning, > 20 mm og < 40 mm  
*For eksempel: åpent magasin med permanent vannspeil og underjordiske rør-  
magasiner.*
3. Trygg avledning til resipient, > 40 mm  
*For eksempel: flomvei.*



Figur 2-4 Illustrasjon av tretrinnsstrategien (44)

Det grunnleggende ved treleddsstrategien er at vannet håndteres lokalt på egen eiendom slik myndighetene forventer, jfr. plan- og bygningsloven §§ 4-2, 4-3, 27-2 og 28-1 og TEK 17 § 15-10 veiledning til 2. ledd bokstav c (15).

Trinn 1: Tiltak som håndterer mindre regn, omtalt som normalnedbør. Denne vannmengden behandles i åpne overflatebaserte LOD-tiltak. Dette for at vannbalansen skal opprettholdes og vannet kan benyttes som bruks- og trivselselement i utearealer (14).

Trinn 2: Tiltak som forsinker og fordrøyer avrenningen. Dette kan også løses med åpne LOD-tiltak som i trinn 1, for eksempel ved fordypninger i terrenget. På dette trinnet anlegges det ofte lukkede anlegg med et kontrollert utløp til kommunalt avløpsnett på grunn av de store nedbørsmengdene og begrensede arealer. Grensen for moderat regn defineres basert på påslipp til kommunalt ledningsnett (14).

Trinn 3: Tiltak som sikrer at vannmengder ved ekstremregn føres trygt ut av eiendommen, som regel på terreng, og frem til en resipient eller til et avsatt oversvømmelsesareal. I praksis betyr dette at alt regn som er større enn dimensjonerende regn, og som ikke blir fanget opp i fordrøyningsanlegg. Håndtering av ekstremregn må være avklart ved hver utbygging (14).



## 2.3 LOD-tiltak

### 2.3.1 Grønne tak

Grønne tak er et av flere tiltak som gjør at kommunene sparer milliarder på investeringer i infrastruktur. Blågrønne overvannsløsninger kan løse utfordringene, og det på en estetisk måte (3).

Ved LOD-løsninger brukes grønne flater, slik som grønne tak for å øke både infiltrasjonen og fordampingen. Grønne tak kan være magasinering av store mengder vann på tak, med kombinasjon av oppholdsarealer og natur på takene. Taknedløpet kan blant annet ledes til lokale fordrøynings- og infiltrasjonsanlegg, regnbed eller andre egnede områder (3).

Grønne tak kan deles inn i to hovedgrupper:

**Ekstensive tak** er et naturlig takdekke av hardføre, frostsikre og tørkeresistente planter med lite behov for vedlikehold. Det er tak med tynt vekstmedium og plantene har høy evne til å takle ekstreme klimaforhold. De er ikke beregnet til menneskelig opphold (16). Tabell 2-1 viser oppbyggingen av ekstensive grønne tak.

Tabell 2-1 Sjiktoppbygging til ekstensive grønne tak (41)

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse (mm)	Flate tak	Skrå tak	Vått klima	Tørt klima
Plantedekke	Ulike sedumarter i bergknappfamilien	50 - 300	v	v	v	v
Vekstmedium	Masser fra lava, teglstein, finpukk e.l. og organisk materiale (≤ 20 %)	30	v	v	v	v
Geonett	Fleire typer geonett er tilgjengelig, f.eks. stormasket nett av polypropylen			v		
Drenerende sjikt <sup>1)</sup>	Knasteplate med pålimt fiberduk Andre drenerende lag	10-15 5-40	v		v	
Vannlagrende sjikt <sup>1)</sup>	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	v			v
Beskyttende sjikt <sup>1)</sup>	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	(v)	(v)	(v)	(v)
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0	(v)	(v)	(v)	(v)
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9	v	v	v	v
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkløsthet minst klasse CS(10)60	250-350	v	v	v	v
Dampsperre	PE-folli	0,2	v	v	v	v
Bærekonstruksjon	Betong, betongelementer, stålplater eller trekonstruksjoner	100-200	v	v	v	v

<sup>1)</sup> Materialsjiktene knasteplate med eller uten pålimt fiberduk og/eller tykk filt kan betjene flere av funksjonene drenering, vannlagring/fuktbevaring samt beskyttelse/rotsperre litt avhengig av utforming.

V: Sjøket vil normalt bli benyttet.

(v) Benyttelse av sjiktet avhenger av bruksområde og utforming.

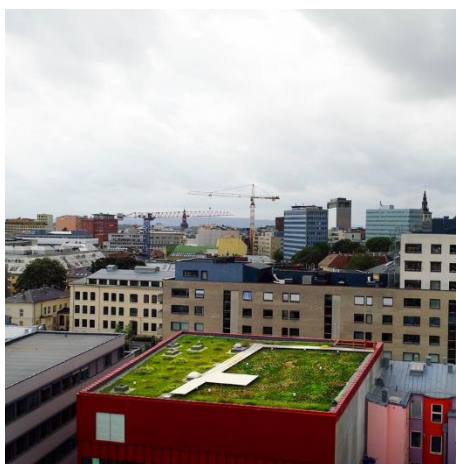
**Intensive tak** har dypere vekstmedium, som egner seg til å opprettholde større variasjon av planter, som gress, busker og trær. På intensive tak krever plantene mer vedlikehold, samt vanning og tilføring av næringsstoffer. De er beregnet til menneskelig opphold (16). Tabell 2-2 viser oppbyggingen av intensive grønne tak.

Tabell 2-2 Sjiktoppbygging til intensive grønne tak (41)

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse
Plantedecke	Gressplen, trær, busker, stauder og sommerblomster	-
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	150-400 mm
Drenerende, vannlagrende og beskyttende sjikt	Knasteplate ev. i kombinasjon med fiberduk og/eller en litt tykk filt.	10-15 mm
Ekstra rotsperre	Membran av asfalt, plast eller gummi	0,4-1,0 mm
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9 mm
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)80.	250-350 mm
Dampsperre	PE-folie	0,2 mm
Bærekonstruksjon	Betong eller betongelementer	250-300 mm

### 2.3.2 Blågrønne tak

På et ekstensivt grønt tak er vekstmediet mellom 3-8 cm tykt i Norge, med begrenset plass til å holde nedbør. På fire ulike testprosjekt i Norge ble det målt at et slikt tak kunne holde på 5,5 til 15,5 millimeter nedbør under gode forhold (17). Blågrønne tak har et vannmagasin under vekstmediet, som for eksempel plastkassetter. De kan holde på ca. 60 millimeter nedbør. Dette tiltaket utvider et grønt taks evne til å holde på store nedbørsmengder midlertidig. Gjennom et strupet utløp dreneres vannet ut i terrenget eller der det er forbeholdt overvann (17).

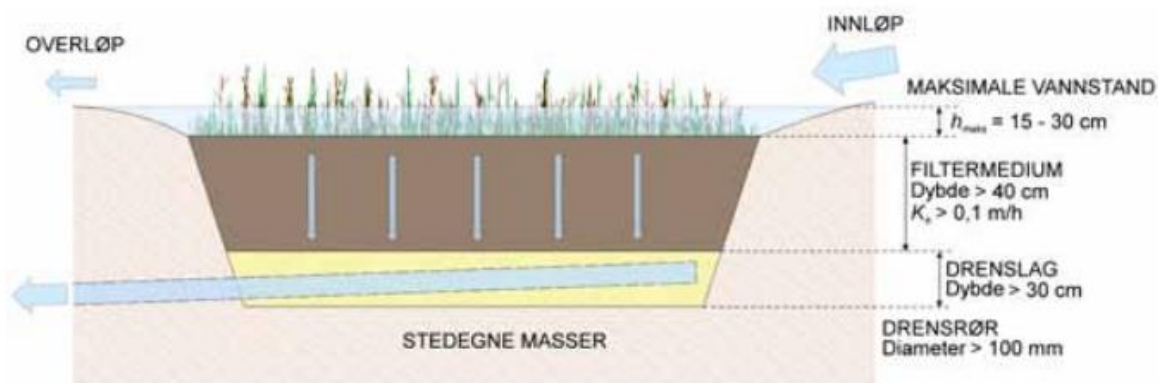


Figur 2-5 Grønne tak (69)

### 2.3.3 Regnbed

Regnbed er et infiltrasjonsanlegg som er beplantet med naturlig og stedstilpasset vegetasjon. Formålet er å fremme oppsamling, fordrøyning og infiltrasjon av overvann ved å etterlikne det naturlige hydrologiske kretsløpet. I tillegg skal det behandle urbant overvann ved å utnytte de fysiske, kjemiske og biologiske prosessene som naturlig foregår i jorden (18).

Regnbed er et fleksibelt tiltak for overvannshåndtering. Forsenkingen i terrenget gjør det mulig å lagre vannet på overflaten og infiltrere til grunnen eller overvannsnett. Infiltrasjonsegenskapene i grunnen avgjør om regnbedet må dreneres og om stedegne masser kan benyttes som filtermedium. Gjennom fordrøyning og reduksjon av avrenningen hindres skadelig oversvømmelse (19).



Figur 2-6 Regnbed på leirjord, med filtermedium og drenering (19)

Regnbed er spesielt egnet for små nedbørsfelt. Generelle retningslinjer tilsier at regnbedets overflateareal bør være mellom 5-10 prosent av nedbørsfeltets areal. Ulempen med store nedbørsfelt er at det vil kunne medføre høy vannføring på overvannet og på den måten øke risikoen for erosjon og stående vann. Store nedbørsfelt bør derfor deles i mindre delområder ved å etablere flere regnbed. Videre så anbefales det at helningen på terrenget nær regnbedet skal være under 20% for å unngå for høy vannhastighet. Ved å bruke steiner i innløpet som energidreperer er det med på å redusere hastigheten. Faller vannet fra rør eller terreng ned i anlegget kan en skiferhelle plasseres ved innløpet (19).

Dersom overløpet blir plassert med en lang distanse fra innløpet vil dette øke vannets oppholdstid på overflaten og dermed oppnå en bedre sedimentasjon av partikler i overvannet. Når regnbedet er overbelastet, må overvannet ledes videre gjennom flomveier eller til areal som tåler overskuddsvann (19).

For å finne den beste lokaliteten for regnbedet er det nødvendig å kartlegge topografi og vannveier. Da regnbedet ikke har som hensikt å håndtere alle nedbørshendelser er det viktig å planlegge trygge flomveier. Det bør heller ikke plasseres i skyggen av trær da dette vil kunne hemme vegetasjonsutviklingen (19).

### 2.3.4 Fordrøyningsdam

Åpne dammer gir en estetisk utseende samtidig som det virker som en flomdemper. Slike dammer trenger jevnlig vedlikehold for å unngå algevekst. Ved tilpasset utforming kan man også oppnå god separasjon av forurensninger. Dammer med permanent vannspeil har gode renses effekter som består av sedimentering, planteopptak, adsorpsjon og mikrobiologisk omdannelse. Den største renses effekten foregår mellom regnskyllene, og derfor er det ønskelig med lang oppholdstid i de permanente vannmassene (20).

Dimensjonering og utforming av en overvannsdam er viktig med tanke på ønsket formål. Ved god renses effekt må størrelsen på dammen være tilstrekkelig stor. Dammene bør anlegges trinnvis med vegetert grunn og størst mulig horisontal avstand mellom inn- og utløp. Regulert utløp vil optimalisere separasjonen av forurensninger grunnet økt oppholdstid.

Innløpsdammen bør være en tredjedel av totalt areal som skal sørge for forsedimentering, etterfulgt av overvannsdammen og en avsluttende våtmark som skal øke rensingen. Ved å utforme dammen på denne måten vil det forenkle vedlikeholdet (20).



*Figur 2-7 Eksempel på utforming av en fordrøyningsdam (70)*

Algevekst er det største problemet som forekommer i de aller fleste fordrøyningsdammer. Å unngå dette helt er nesten umulig, men følgende tiltak kan være viktig for å begrense problemet (21, s. 359):

- Et sluk bør anlegges i bunn av bassenget for tømning.
- Overvannet bør gjennomgå en biologisk filtrering for å redusere næringsalter før vannet ledes inn i anlegget.

- Det bør unngås stillestående vannsoner.
- Det bør vurderes mulighet til å installere en fontene i dammen.
- Det bør installeres egne vannuttak for etterfylling av vann i dammen.
- Det bør plantes trær rundt dammen for å begrense sollyset på dammen.

### 2.3.5 Vannveier

Overvann skal i størst mulig grad ledes i åpne vannveier. Ved å legge vannveier i harde dekker vil det begrense den økologiske effekten. Vannveier kan dimensjoneres som en kanal, grøft, renne eller kombinasjon av løsninger over og under bakken (22).

En vegetert vannvei er en konstruert forsenkning på grønne områder som bidrar til å heve vannkvalitet, redusere flomtopper og vannvolum samt lede vannet til nedstrøms overvannsystem (18). I henhold til VA-normen til Trondheim kommune bør flomveier ha kapasitet minst lik 100-års flom (23).



Figur 2-8 Åpne vannveier (61)

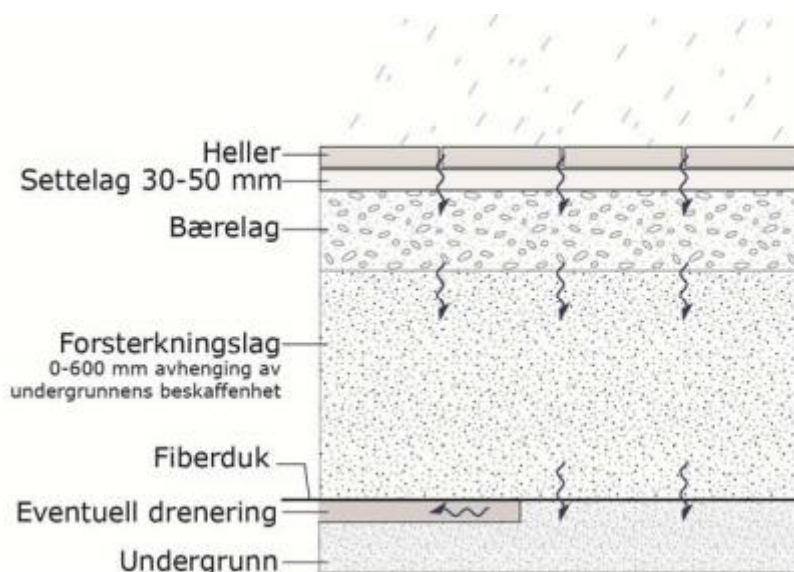
### 2.3.6 Permeable flater

Å infiltrere overvannet er vanskelig i områder med mye tette flater. Permeable dekker som belegningsstein, permeabelt asfalt og kjørestærkt gress er derfor gode tiltak som kan benyttes i fortettingsområder (14). Permeable løsninger er ett tiltak i både trinn 1 og 2 i treleddsstrategien. Tiltak som dette vil være med på å redusere og forsinke overflateavrenningen. Det bidrar også med en rensende effekt av overvannet (24).

Hovedhensikten med de permeable dekkene er å (25):

- infiltrere vann fra tette flater uten at det oppstår overflatevann
- fordrøye avrenningstopper
- redusere risiko for flomskader
- redusere kostnader i overvannsanlegg som sluk, kummer, rør og magasiner
- redusere forurensninger i vassdrag.

En utfordring med systemet er gjentetting. Ved etablering av permeable overflater må tilføring av finstoff hindres både under anleggs- og driftsfasen. For å opprettholde effekten er det nødvendig med vakuumsugning og høytrykksspyling minst fire ganger hvert år (26).



Figur 2-9 Oppbygging av permeable flater (14)

### 2.3.7 Amfi

Formålet med et amfi er å hindre store nedbørsmengder da det kan bli brukt til et oversvømmelsesareal. Amfiet kan brukes som et fordrøyningsanlegg i byer og tettsteder. Det kan ha flere hensikter og kan være et samlingssted for nærmiljøet (27).



*Figur 2-10 Utforming av amfi som et fordrøyningsanlegg (71)*

## 2.4 Rensing av overvann

### 2.4.1 Forurensning

I urbane områder der tett bebyggelse, veier og gater er dominerende overflater vil avrenningen føre til miljøbelastninger som forurensning av luft, jord og vann. Ved utbygging av områder som ligger tett på veier vil den nye bebyggelsen sammen med eksisterende veier føre til dårlig kvalitet av overvannet. Vannet kan blant annet inneholde suspendert stoff, veisalt, tungmetaller, oljerester og organiske mikroforurensninger. Rensing av overvann er derfor aktuelt dersom overvannet skal brukes til andre formål (28).

Fra den overordnede VA-planen til Trondheim kommune kan overvann som ikke er blandet med spillvann eller er forurenset, ledes til nærmeste resipient uten rensing. Dersom overvannet kommer fra områder med stor trafikk kan det være forurenset, og kan dermed ikke slippes rett ut resipienten (29).

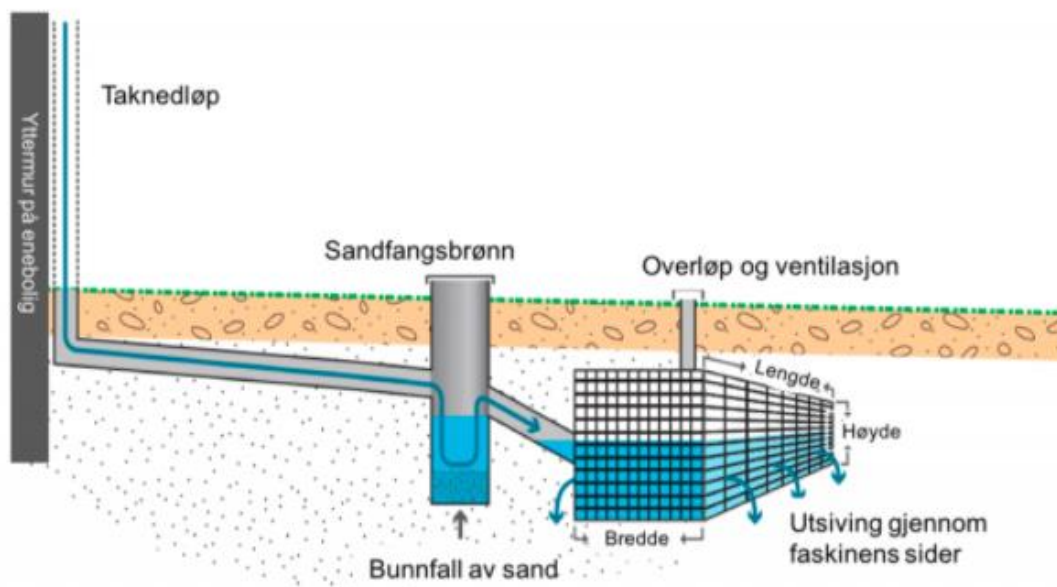
Ocean Space Centre ligger på en liten høyde omringet av veier. Dette gjør at det ikke vil komme noen nevneverdige vannmengder fra andre områder inn på området som må tas hensyn til.

## 2.4.2 Sandfang

Sandfang er en enkel mekanisk renseprosess som skal skille ut sand, grus og jord fra vann. Alle sluk, kummer og rister ved veier, samt dreneringskummer ved boliger og bygg blir kategorisert som sandfang (30).

Prosessten på de fleste sandfangene er at vannet renner inn i sandfanget, og utløpet befinner seg på et høyere punkt enn bunnen i sandfanget. Slik er det plass til sand, grus og jord under utløpet der sedimenteringsprosessen foregår. Figur 2-11 viser en skisse av renseprosessen av overvann i sandfang. Dette hindrer blant annet tetninger og forurensning. Alle sandfang må tømmes, og det skjer som regel med en slamsuger (30).

Ifølge VA-normen må overflatevann som ledes inn på kommunal ledning passere rist og sandfang (23).



Figur 2-11 Illustrasjon av renseprosessen av overvann i sandfang (30)



### **3 MATERIALER OG METODE**

#### **3.1 Ocean Space Centre på Tyholt**

Ocean Space Centre skal bli et av verdens mest avanserte anlegg for forskning og undervisning på hav, og et nasjonalt kunnskapssenter for havbruksteknologi. Det nye bygget planlegges å være lokalisert på Tyholt i Trondheim. Bygget vil bestå av våte og tørre laboratorier med havbasseng, sjøgangsbasseng, undervisnings-, kontor- og møtelokaler. Senteret sitt formål vil være å sikre at næringslivet og myndigheter har tilgang til ledende kompetanse og infrastruktur knyttet til havrommet (31).

Ocean Space Centre vil ha anvendelser i ulike marked og den foreslåtte løsningen vil gjøre SINTEF og NTNU til en total-leverandør av laboratorietjenester. Det nye konseptet vil utvide dagens tjenestetilbud og åpne nye muligheter for å løse flere sammensatte utfordringer (32).

Prosjektet av det nye marintekniske forskningssenteret Ocean Space Centre er enda i forprosjektfasen, og en beslutning om startbevilgning kan tidligst skje ved behandlingen av statsbudsjettet for 2022 (32).

Per i dag består området av et maritimt bygg samt ett stort areal med grønt område, på omtrent 10 hektar. Ved utforming og dimensjonering av overvannsløsninger på området vil det tas til betraktning hvor det er gunstig å plassere de ulike LOD-tiltakene.

Figur 3-1 viser situasjonsplanen av hvordan området kan bli. Tegningen viser fordelingen av tomte, som består av totalt fire bygg og ett stort grønt areal.



*Figur 3-1 Kart hentet fra Google Maps viser hvor Ocean Space ligger på Tyholt. Figuren nederst til venstre er situasjonsplanen av hvordan området kan bli. Tegningen viser fordelingen av tomte, bestående av totalt fire bygg og ett stort grønt areal (72).*

## **3.2 Datainnsamling**

### **3.2.1 Situasjonsplan**

En situasjonsplan lages på et situasjonskart som man kan få utlevert av kommunen. Situasjonskartet skal ta utgangspunkt i det nyeste og mest nøyaktige kartgrunnlaget kommunen har. Kommunen vil sørge for at det offentlige ledningsnett er tegnet inn og inneholder informasjon om reguleringsbestemmelser (33).

Kommunen tilsender informasjon i SOSI-fil, og kan konverteres til DWG eller andre filformater etter eget ønske. I dette tilfellet ble det utlevert en DWG-fil til arbeid med prosjektet (33).

### **3.2.2 Reguleringsdata**

Reguleringsplanen er essensiell for å avgjøre plassering til ledningsnett. Dette er data om fastsatt arealbruk, plassering av bygninger, eiendomsforhold, veiprofiler, terrengsnitt og høyder. Nødvendig reguleringsdata ble utlevert av Rambøll (34).

### **3.2.3 Hydrologisk data**

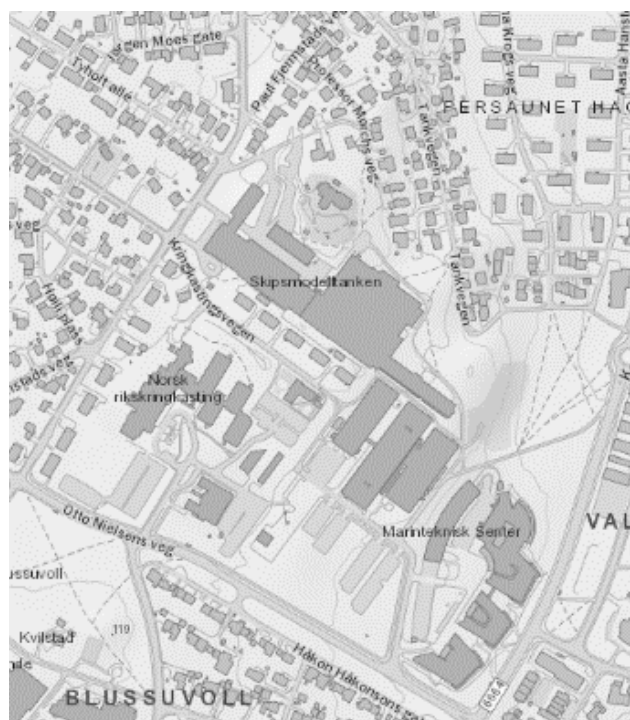
Hydrologiske data om nedbørintensitet kan hentes ut som IVF-kurve fra norsk klimaservicesenter. IVF-kurven som er hentet fra Trondheim kommune er basert på snitt fra seks målestasjoner i Trondheim. Det var små forskjeller mellom kurvene fra de ulike stasjonene, og kurvene viste ingen klare forskjeller mellom stasjonene som kunne forklares med høyde over havet eller geografisk plassering (23, 35).

### **3.2.4 NVEs aktsomhetskart**

NVE sitt aktsomhetskart viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Det er ikke helt nøyaktig, men gir en god indikasjon på hvor flomfaren bør vurderes nærmere ved nyutbygging (36).

### 3.2.4.1 Flomveier

Det vurderes ut ifra figur 3-2 at tomte er flomsikker.



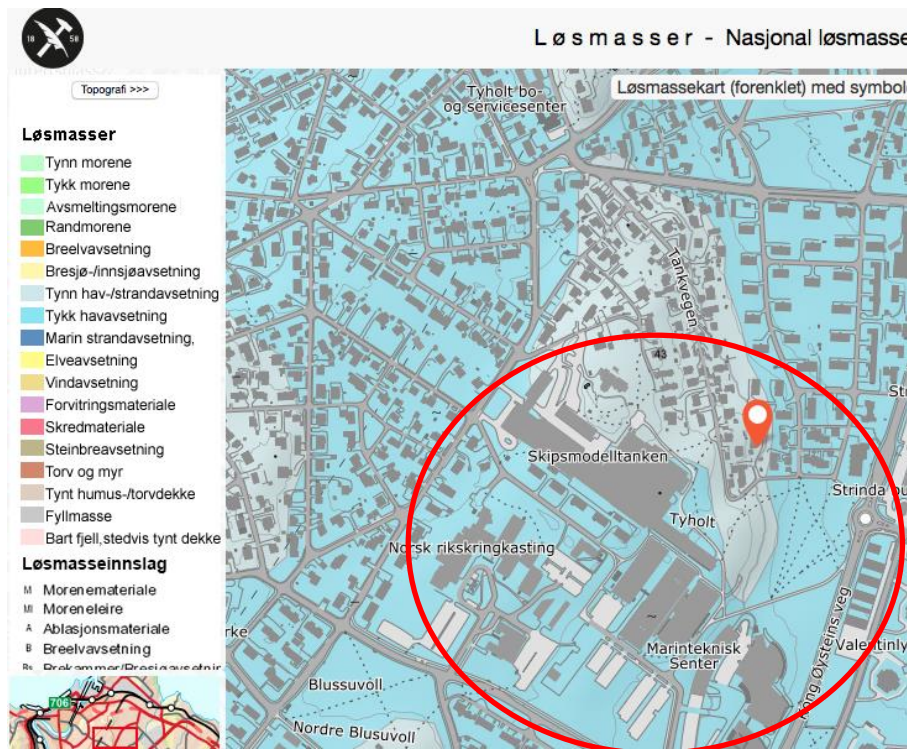
Figur 3-2 Kart som viser området flomveier (73)

### 3.2.5 NGUs kvartærgeologiske og infiltrasjonsevne kart

NGU sitt kvartærgeologiske og infiltrasjonsevne kart viser grunnforholdene og infiltrasjonsevne på området. Dette er avgjørende for å bestemme ulike LOD-løsninger, utformingen og plasseringen av disse (37).

#### 3.2.5.1 Grunnforhold

Grunnforholdene er av stor betydning for etablering av ledningsanlegg og for planlegging av overvannssystemer. Det er ikke gjennomført noen geoteknisk undersøkelse av grunnforholdene i området, men kvartærgeologisk kart fra NGU viser at massene består stort sett av tykk havavsetning og ett avgrenset område av tynn hav- og strandavsetning på den østlige delen av planområdet (37).

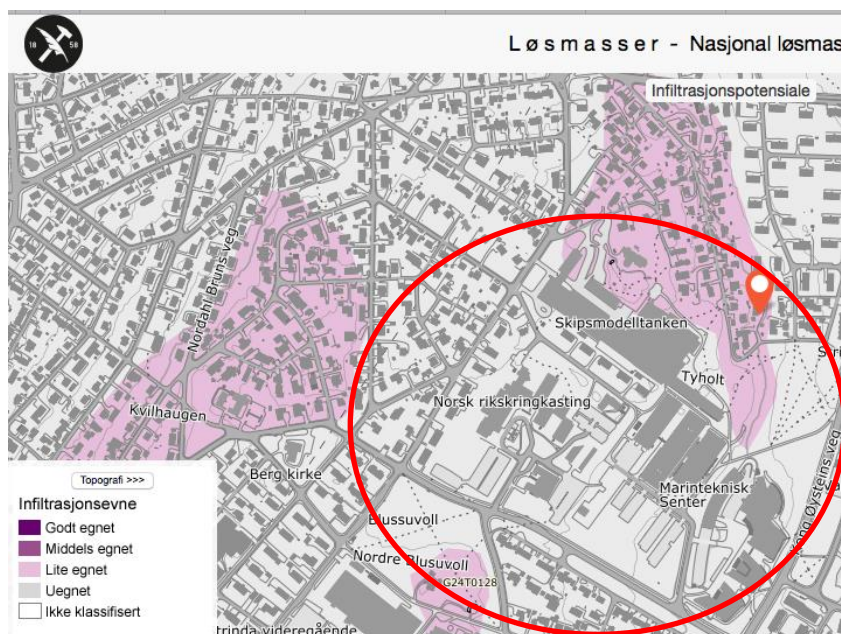


Figur 3-3 Kvartærgeologisk kart fra NGU som viser løsmassene på området (37)

Silt og leire er de mest dominerende hav- og fjordavsetninger, og er ikke masser som egner seg for infiltrasjon av overvann til grunn. Disse materialene kan også inneholde kvikkleiresoner. De mest vanlige strandavsetninger er sand og grus, og har god infiltrasjonsevne. Tykkelsen på tynn havavsetning kan være mindre enn 0,5 meter, og på tykk havavsetning kan det være opptil flere titalls meter (38).

Infiltrasjonsevne er grunnens evne til å imot og rense overvann. Evnen måles i direkte fysisk filtrering av vannet og mulighet for biologisk nedbrytning av forurensing. Løsmassens tykkelse over grunnvannsspeilet har stor betydning på grunn av eksponeringstid og oksygentilgang for å kunne bryte ned forurensningen (39).

Figur 3-4 viser at området stort sett er uegnet for infiltrasjon, og på den østlige delen hvor det befant seg tynn havavsetning ser vi at området er lite egnet.



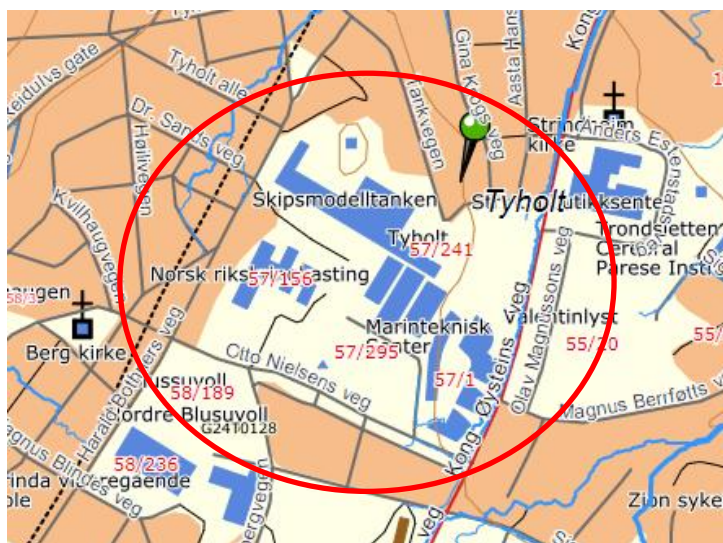
Figur 3-4 Kart fra NGU som viser infiltrasjonsevnen på området (37)

### 3.2.6 Trondheim kommune sitt aktsomhetskart

Trondheim kommune sitt aktsomhetskart viser eksisterende flomveier på området. Det er ett krav om at eksisterende flomveier skal bli ivaretatt ved nye utbygginger. Det er laget i den hensikt å vise ulike farer knyttet til ekstremvær (40).

#### 3.2.6.1 Eksisterende flomveier

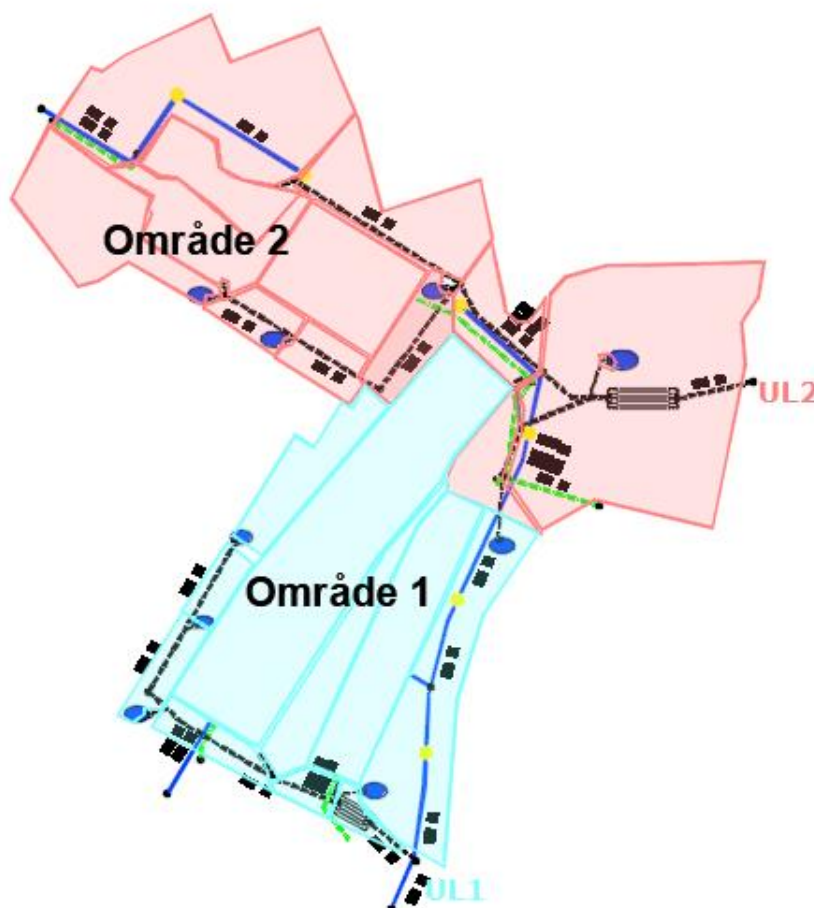
Flomveier vises med blåe linjer i figur 3-5. Ved utbygginger skal eksisterende flomveier opprettholdes, for eksempel gjennom nytt ledningsnett eller en åpen bekkelukning (42). Da det ikke eksisterer flomveier på planområdet, tas dette ikke til betraktning i oppgaven.



Figur 3-5 Trondheim kommune sitt aktsomhetskart viser eksisterende flomveier på området (74)

### 3.3 Vurdering av avrenningskoeffisient

I VA-normen til Trondheim kommune finner man anbefalte verdier for avrenningskoeffisient, men egne vurderinger tas til betraktning. I oppgaven brukes to forskjellige avrenningskoeffisienter grunnet sammensetning av overflater på hvert delområde. Det er derfor nødvendig å bruke 0,6 på rødt felt og 0,8 på blått felt, se figur 3-6. I avrenningsberegninger er koeffisienten en viktig faktor som må estimeres (41).



Figur 3-6 Situasjonsplanen i AutoCAD

Det er ikke nevnt avrenningskoeffisient for grønne tak i VA-normen, og ifølge SINTEF Byggforsk så kan grønne tak holde igjen 50-80 prosent av nedbøren gjennom et år. Grønne taks oppbygning, vanninnhold og nedbørintensitet påvirker hvilken retning man skal forholde seg til. Det velges derfor en avrenningskoeffisient på 0,4 for blågrønne tak (41).

## **3.4 Dimensjonering**

### **3.4.1 AutoCAD**

For å kunne beregne fordrøyningsvolumet i området blir tette flater og grønne områder delt hver for seg ut ifra situasjonsplanen gitt fra Rambøll i AutoCAD. Resultatet brukes videre for å beregne fordrøyningsvolumet ved hjelp av den rasjonelle formelen.

Planområdet er delt i to deler grunnet påkoblingen til det kommunale ledningsnett.

### **3.4.2 Fordrøyningsvolum**

Ved hjelp av den rasjonelle formelen har det blitt beregnet ut total fordrøyningsvolum på planområdet, og som i utgangspunktet er den mengden vann som overvannsledningene må kunne takle.

Ifølge Trondheims VA-norm skal overvannet håndteres mest mulig lokalt og følgende transportsystemer bør vurderes (23):

- infiltrasjon av overvann
- flomveier
- naturlig avrenning
- vassdrag/bekker
- avledning på bakken.

Når fordrøyningsvolumet er bestemt i henhold til vedlegg 5 i VA-normen, beregnes ledningens dimensjon i henhold til kriterier gitt av kommunens VA-ansvarlig. I tillegg må det kartlegges en alternativ flomvei for overvannet når ledningens kapasitet ikke er tilstrekkelig. Ved dimensjonering skal det tas hensyn til framtidig utnyttelse av areal og avrenningsforhold i området (42).

Ved utforming og dimensjonering av LOD-tiltak må man ha kjennskap til overvannsmengdene i det aktuelle området. I dette prosjektet er den rasjonelle formelen anvendt for å beregne overvannsmengdene da denne metoden egner seg for små felt mindre enn 50 ha. Nedbørsfeltet er på 10,23 ha, og er innenfor den rasjonelle metodens anbefalte parameter på 20-50 hektar (42).



Vi bruker den rasjonelle formelen som en enkel metode for å beregne dimensjonerende overvannsføring. Denne metoden er avhengig av faktorer som nedbørsfelt, avrenningskoeffisient, nedbørintensitet og konsentrasjonstid (42). Formelen går som følgende:

$$Q = \varphi * I * A * K_f$$

$Q$  = avrent vannføring fra feltet (l/s)

$\varphi$  = avrenningskoeffisienten (-)

$I$  = nedbørintensitet (l/s\*ha)

$A$  = areal av nedslagsfeltet i (ha)

$k_f$  = klimafaktor (-)

Tiden en regndråpe bruker fra den faller ned ytterst i feltet til den når utløpet av feltet kalles konsentrasjonstiden (42):

$$t_k = t_1 + t_s$$

$t_k$  = Konsentrasjonstiden (min)

$t_1$  = Tiden på overflaten frem til sluket (min)

$t_s$  = Strømningstiden i rørsystemet (min)

I henhold til VA-normen anslår man en fornuftig verdi for strømningstiden  $t_s$  og antar en vannhastighet  $v$  i ledningen. Det anbefales en  $t_s$  mellom 3-15 minutter, men høyere verdi for større felt. Etter samtale med Martin Ringstad ved Rambøll benyttet vi en strømningstid på 27 minutter. Videre anbefales det en hastighet på 1,5-2,0 m/s (21, s. 346). Tiden  $t_1$  bestemmes ved hjelp av  $l/v$  der  $l$  er lengden på ledningen. Summen av  $t_1$  og  $t_s$  er konsentrasjonstiden. Varighet for regnskyll settes normalt lik konsentrasjonstiden for nedbørsfeltet (42).

Avrenningskoeffisienten angir forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren over det samme området. Koeffisienten vil variere fra område til område avhengig av overflatens permeabilitet, fallforhold, nedbørintensitet og nedbørsvarighet (21, s. 347).

Verdier for avrenningskoeffisienter som brukes er hentet fra VA-normen og vises i tabell 3-1.

Tabell 3-1 Verdier for avrenningskoeffisient som brukes på ulike typer areal (42)

Type areal	Avrenningskoeffisient $\Phi$
Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger og lignende.)	0,85- 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier/-plasser	0,60 – 0,80
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 – 0,50

For returperioder som er lengre enn 10 år anbefaler Statens Vegvesen og øke avrenningskoeffisienten etter følgende retningslinjer (43):

25 år: legg til 10%

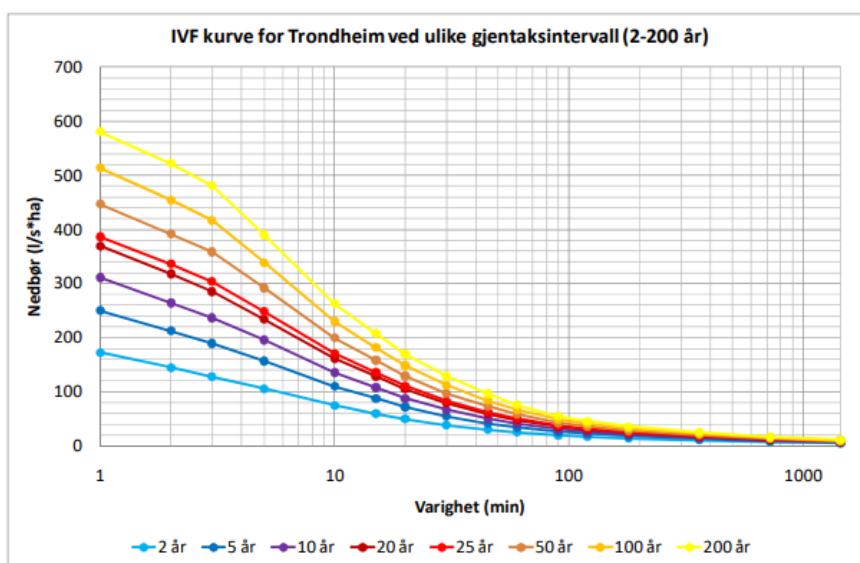
50 år: legg til 20%

100 år: legg til 25%

200 år: legg til 30%

Maksimal verdi for  $\phi$  er 0,95.

Dimensjonerende nedbør er statistikk for nedbør som blir brukt når vi skal planlegge og dimensjonere ulike typer infrastruktur for overvannshåndtering. Slik statistikk viser sammenhengen mellom intensitet, varighet og frekvens. Disse dataene blir framstilt som IVF-kurver. Nedbørstatistikker ble hentet fra IVF-kuren i figur 3-7 gitt i VA-normen til Trondheim kommune (42).



Figur 3-7 IVF-kurve for Trondheim ved ulike gjentakintervall (42)

For å finne intensiteten på IVF-kurven må man bestemme ett gjentaksintervall fra tabell 3-2. VA-normen sier at dimensjonerende oversvømmelseshyppighet skal brukes i byområder og hvor oversvømmelser vil medføre større konsekvenser. På grunnlag av dette velger vi derfor en returperiode på 30 år.

Da IVF-kurven ikke inneholder verdier for 30 års gjentaksintervall, må man interpolere mellom 25 og 50 år (42).

Tabell 3-2 Dimensjonerende regnskyllhyppighet og oversvømmelseshyppighet bestemt av områdetype (42)

Dimensjonerende regnskyllhyppighet (gjentaksintervall <sup>1</sup> )	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentaksintervall <sup>2</sup> )
2 år	Ubebygde område	10 år
10 år 20 år	Boligområde Åpent Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By/sentrumsområde Åpent Lukket	30 år 50 år

<sup>1</sup> Det skal ikke oppstå oppstuvning i ledningsnettet for disse dimensjonerende regnskyll.

<sup>2</sup> Det skal ikke oppstå oppstuvning til kjellernivå/marknivå for disse gjentaksintervall.

Klimafaktor benyttes for å ta høyde for at både intensiteten og frekvensen av intense nedbørsperioder øker i årene på grunn av fremtidige klimaendringer (21, s. 371). Når overvannsmengdene beregnes er det viktig å ta fremtidige klimaendringer til betraktning. Derfor er en klimafaktor ( $k_f$ ) på 1,4 implementert i den rasjonelle formelen, som vil si at man tar høyde for ca. 40 % fremtidig nedbørsøkning. Klimafaktoren er gitt i figur 3-3, og er avhengig av varighet og gjentaksintervall (42).

Tabell 3-3 Klimafaktor bestemt av varighet og returperiode (42)

Varighet	Returperiode < 50 år	Returperiode $\geq$ 50 år
$\leq$ 1 time	1.4	1.5
2-3 timer	1.4	1.4
4-6 timer	1.3	1.4
7-24 timer	1.3	1.3

### 3.4.3 Overvannsledning

VA-normen stiller krav til minste innvendig dimensjon for kommunal overvannsledning på 150 millimeter. Maks avstand mellom overvannskummer er 80 m. Minimumsfall på overvann- og fellesavløpsledning skal som hovedregel være 10 promille. Dette for å sørge for tilstrekkelig selvreis (23).

Planområdet blir delt opp i 5 mindre delområder som vist i figur 3-8. Dette gir en mer nøyaktig beregning, og dermed muligheten til å velge mindre rørdimensjoner der dette er gunstig. Delområdene er delt inn med tanke på hvor overvannet vil renne da høydekurvene i området er veldig like.



Figur 3-8 Områdefordeling av planområdet

Verdiene benyttet i utregningene er omtrentlige og er hentet fra høydedata sitt kartverk. Ved vurdering og valg av konsentrasjonstid, tas det i betraktning feltets utforming og størrelse (42).

Det blir benyttet nomogram fra VA-normen for å bestemme tilrenningstiden for avrenning på overflaten,  $t_s$ , for hvert delområde. Det anbefales en hastighet på 1,5-2,0 m/s (21, s. 346).

Tiden  $t_1$  bestemmes ved hjelp av  $l/v$  (42).

Ved hjelp av beregnet vannføring for hvert delområde ble en diameter bestemt ved å bruke Colebrooks diagram. Det er valgt å bruke Colebrooks diagram med ruhet ( $k$ ) = 0,2 millimeter etter samtale med Razak Seidu ved NTNU. Diameter er valgt med utgangspunkt i vannføring i l/s og trykktap i promille.

Etter at diameter er valgt, kan man beregne vannhastigheten ved hjelp av Colebrooks formel:

$$v = -2 * \sqrt{2 * g * S_f * D} * \log_{10} * \left[ \left( \frac{k_s}{3,7 * D} \right) + \left( \frac{2,5 * v}{D * \sqrt{2 * g * S_f * D}} \right) \right]$$

$v$  = Vannhastighet (m/s)

$g$  = gravitasjonskraft ( $m/s^2$ )

$S_f$  = fall (‰)

$D$  = diameter (m)

$k_s$  = ruhet (m)

$\nu$  = kinematisk viskositet ( $m^2/s$ )

Kinematisk viskositet er avhengig av temperatur. Det er vanlig å beregne ved 10°C for VA-ledninger. Ved dimensjonering av overvannsledninger benyttes ulike ruhetsfaktorer avhengig av rørmateriale. Pipelife anbefaler å bruke ruhetsverdier angitt av Statens Forurensningstilsyn (66) gitt i tabell 3-4.

Tabell 3-4 STFs anbefalte bruksruhetsverdier (66)

Anbefalte bruksruhetsverdier fra SFT:

Rørmateriale	k-verdi for rette rørstrekninger uten tilknytninger.	k-verdi for rørstrekninger med tilknytninger og bend.
Plast	0,25	0,4

### 3.4.4 Påslipp til kommunalt ledningsnett

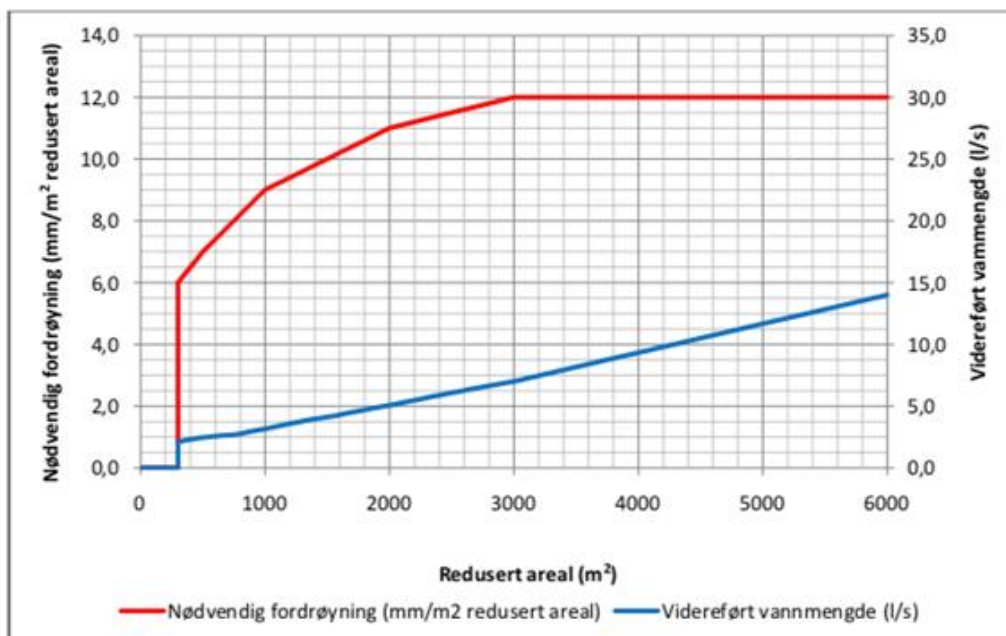
Etter egne vurderinger og i forhold til reguleringsplanen tilsendt fra Rambøll ser man at de nye overvannsledningene må kobles til det kommunale ledningsnett nordøst og sørøst på planområdet. Forholdsvis på Kong Øysteins veg på utløp 2 og Håkon Håkonsons gate på utløp 1.

I figur 3-9 er overvannsledningene i reguleringsplanen tegnet inn som svarte linjer, og utløpene er markert med en sirkel.



Figur 3-9 Reguleringsplan med eksisterende ledningsnett, de nye overvannsledningene og illustrasjon av utløp 1 og 2

I VA-normen til Trondheim kommune er det en regel om at ved nye prosjekter skal overvann fra eiendom fordrøyes før det tilknyttes kommunalt nett. Minimumskrav til volum er satt som en gitt vanddybde multiplisert med redusert areal. Siden planområdet består av fellessystem, finner man nødvendig fordrøyning og videreført vannmengde i figur 3-10 (42).



Figur 3-10 Fellessystem/ikke virksomt separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde (42)

Redusert areal er gitt ved:

$$A_{\text{red}} = A * \Phi$$

A = Areal (m<sup>2</sup>)

Φ = Avrenningskoeffisient (-)

Den røde grafen symboliserer nødvendig fordrøyningsvolum. Da linja flater seg ut for ett redusert areal fra 3000 m<sup>2</sup>, vil nødvendig fordrøyningsvolum være:

$$\text{Nødvendig fordrøyningsvolum} = A_{\text{red}} * 12 \text{ mm/m}^2$$

A<sub>red</sub> = Redusert areal (m<sup>2</sup>)

Ved hjelp av diagrammet bestemmer man øvre grense for videreført vannmengde på det kommunale nettet, som den blå grafen viser. Den er lineær og tar derfor utgangspunkt i stigningstallet, som er 2,5 per 1000 m<sup>2</sup>, ved hjelp av følgende formel:

$$\text{Videreført vannmengde (Q}_{\text{maks}}) = (A_{\text{red}}/1000) * 2,5$$

Q<sub>maks</sub> = Maksimal vannføring (l/s)

A<sub>red</sub> = Redusert areal (m<sup>2</sup>)

### 3.4.5 Beregning av magasinvolument

For å finne antall egnede LOD-tiltak må man finne det største nødvendig magasinvolument ( $V_{\text{mag}}$ ) ved ulike varighet (44):

$$V_{\text{mag}} = V_{\text{inn}} - V_{\text{ut}}$$

$V_{\text{mag}}$  = Nødvendig magasinvolument ( $\text{m}^3$ )

$V_{\text{inn}}$  = Regnvolum ( $\text{m}^3$ )

$V_{\text{ut}}$  = Utløpsvolum ( $\text{m}^3$ )

Ved å bruke tidligere nevnte parametere for varighet ( $t_r$ ), intensitet ( $I$ ) og redusert areal ( $A_{\text{red}}$ ) kan man finne regnvolum ( $V_{\text{inn}}$ ):

$$V_{\text{inn}} = A * \varphi * I * t_r$$

$V_{\text{inn}}$  = Regnvolum ( $\text{m}^3$ )

$A$  = Areal ( $\text{m}^2$ )

$\varphi$  = Avrenningskoeffisient (-)

$I$  = Intensitet ( $\text{l/s} * \text{ha}$ )

$t_r$  = Varighet (min)

Beregnet maksimalt videreført vannmengde ( $Q_{\text{maks}}$ ) blir benyttet for å beregne utløpsvolum ( $V_{\text{ut}}$ ):

$$V_{\text{ut}} = Q_{\text{maks}} * t_r$$

$V_{\text{ut}}$  = Utløpsvolum ( $\text{m}^3$ )

$Q_{\text{maks}}$  = Maksimal vannføring ( $\text{l/s}$ )

$t_r$  = Varighet (min)

### 3.4.6 Regnbed

Som grunnlag for dimensjonering av regnbed er det tatt utgangspunkt fra tidligere norske pilot-regnbed, henholdsvis lokalisert i RIS og L34b, se tabell 3-5. Det skal anlegges regnbed på begge områdene. Som følge av dårlig stedegen masse, er et filtermedium på 75 cm valgt. Filtersammensetningen består av ca. 70% sand, 25% løvkompost og 5% stedegen toppjord. Drenslaget består av grov pukk og har en dybde på 30 cm for å tilfredsstille minimumskravet, og det vil installeres to drenerør på 100 millimeter hver. På grunn av kaldt klima i Norge bør det velges stedegne planter med dype røtter (19).



Filtermediet er en viktig del i regnbedet. Egenskapene vil være en påvirkning til regnbedets evne til å infiltrere vann, bevare fuktighet i tørre perioder, sette vilkår for vegetasjonens vekst og rense overvannet. Det er to forhold som er viktig for sammensetningen av filtermediet (19):

1. Høy infiltrasjonskapasitet, eller permeabilitet for å håndtere overvannet.
2. Innhold av organisk materiale for å tilrettelegge for vegetasjon og mikrobiologisk aktivitet.

Tabell 3-5 Detaljer på norske pilot-regnbed, tilknyttende nedbørsfelt og filtermediets sammensetning og egenskaper (19)

Lokaliteter	L34b	NB21	H8	RIS
Etablert	2006	2009	2009	2010
Overflateareal ved fylt regnbed [m <sup>2</sup> ]	5,9	10,3	5,1	40,0
Maksimal vannstand, $h_{maks}$ [cm]	6,5	20	19	16
Dybde på filtermedium [cm]	Stedegen masse	80	100	75
$K_h$ [m/t] <sup>a</sup>	0,36	0,37	0,08	0,05
Filtersammensetning	Stedegen masse; morene	Ca 50 % sand, 45 % Oslo kompost ©, 5 % stedegen toppjord	20 cm topplag av sandjord / mellomag med tilbakefylt stedegen masse	Ca 70 % sand, 25 % løvkompost fra Forseth Grus AS, 5 % stedegen toppjord
Leir	8 %	6 %	1 % / 16 %	3 %
Silt	23 %	17 %	12 % / 62 %	21 %
Sand	69 %	77 %	87 % / 22 %	75 %
Organisk materiale	8 %	8 %	Ikke målt	4 %
Drensrør	Udrenert	100 mm, strupet utløp	100 mm	2 x 100 mm
Overflate på nedbørsfelt	Asfalt, grus og gress	Tak	Tak	Asfalt og gress
Areal nedbørsfelt [m <sup>2</sup> ]	291	139	107	8 300

<sup>a</sup> hydraulisk konduktivitet ble målt med MPD sommeren 2012 (L34b, NB21, RIS) og syntetisk regn-test sommeren 2011 (H8).

Det blir antatt at regnbedene plasseres foran bygget og kobles til taknedløpet. Best egnet avrenningskoeffisient har blitt brukt for hvert område som er henholdsvis 0,8 på område 1 og 0,6 på område 2.

For å bestemme nødvendig overflateareal på regnbedet settes  $h_{maks}$  til 20 cm. Dette fordi en stor  $h_{maks}$  vil ha bedre ytelse om vinteren. Valg av  $k_h$  er basert på tidligere rapporterte verdier fra felt, og på grunn av lite undersøkelser om infiltrasjonskapasiteten er  $k_h$  på 0,1 m/t valgt (19).

Regnbedene dimensjoneres for 5 års nedbør med returperiode på 30 år på område 1 og 2.

Ligningen er som følger (45):

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{\varphi * A_{\text{felt}} * I}{h_{\text{maks}} + k_h * t_r}$$

$A_{\text{regnbed}}$  = Areal av regnbed (m<sup>2</sup>)

$\varphi$  = Avrenningskoeffisient (-)

$A_{\text{felt}}$  = Areal av regnbed (m<sup>2</sup>)

$h_{\text{maks}}$  = Maksimal vannstand på overflate før overløp (m)

$k_h$  = Hydrauliske konduktivitet (m/t)

$I$  = Intensitet (l/s\*ha)

$t_r$  = Varighet (time)

I tabell 3-6 hentet fra VA-normen er det gitt nedbørsum i millimeter ved ulike varigheter og gjentakintervall som brukes for å beregne intensiteten ved 5 års nedbør (42).

Tabell 3-6 Nedbørsum i millimeter ved ulike varigheter og gjentakintervall (42)

	Varighet (min)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2 år	1.0	1.7	2.3	3.2	4.5	5.4	5.9	6.8	8.1	9.0	10.7	12.4	15.0	22.0	31.0	40.8
5 år	1.5	2.6	3.4	4.7	6.6	7.9	8.6	9.8	11.2	12.3	14.1	16.1	19.3	27.8	38.6	51.2
10 år	1.9	3.2	4.3	5.9	8.1	9.7	10.5	11.9	13.5	14.7	16.6	18.8	22.4	32.1	44.1	58.7
20 år	2.2	3.8	5.1	7.0	9.7	11.5	12.6	14.2	16.0	17.2	19.2	21.7	25.6	36.7	49.8	66.3
25 år	2.3	4.0	5.5	7.5	10.3	12.2	13.2	14.9	16.9	18.1	20.1	22.6	26.7	38.2	51.7	68.9
50 år	2.7	4.7	6.5	8.8	12.0	14.2	15.4	17.4	19.6	20.9	23.0	25.7	30.2	43.2	57.9	77.1
100 år	3.1	5.5	7.5	10.2	13.8	16.3	17.8	20.2	22.7	23.9	26.1	29.1	34.0	48.6	64.6	85.7
200 år	3.5	6.3	8.7	11.7	15.8	18.7	20.4	23.2	26.0	27.3	29.5	32.7	38.1	54.7	71.8	94.9

Etter diskusjon med Razak Seidu ved NTNU ble det valgt å benytte følgende formel for å bestemme kapasiteten til regnbedet, hvor  $t_r$  settes til to timer:

$$V_{\text{rb,inf}} = A_{\text{rb}} * (h_{\text{maks}} + k_h * t_r)$$

$V_{\text{rb,inf}}$  = Kapasitet til regnbed (m<sup>3</sup>)

$\varphi$  = Avrenningskoeffisient (-)

$A_{\text{felt}}$  = Areal av regnbed (m<sup>2</sup>)

$h_{\text{maks}}$  = Maksimal vannstand på overflate før overløp (m)

$k_h$  = Hydrauliske konduktivitet (m/t)

$t_r$  = Varighet (time)

### 3.4.7 Fordrøyningsdam

For å finne nødvendig kapasitet på fordrøyningsdammen må kapasiteten til regnbedet trekkes fra det nødvendige fordrøyningsvolumet. For å finne nødvendig kapasitet må man finne det største volumet for ulike varighet, ved formel (45):

$$V = V_{\text{inn}} - V_{\text{ut}} - V_r$$

$V$  = totalt volum ( $\text{m}^3$ )

$V_{\text{inn}}$  = Regnvolum ( $\text{m}^3$ )

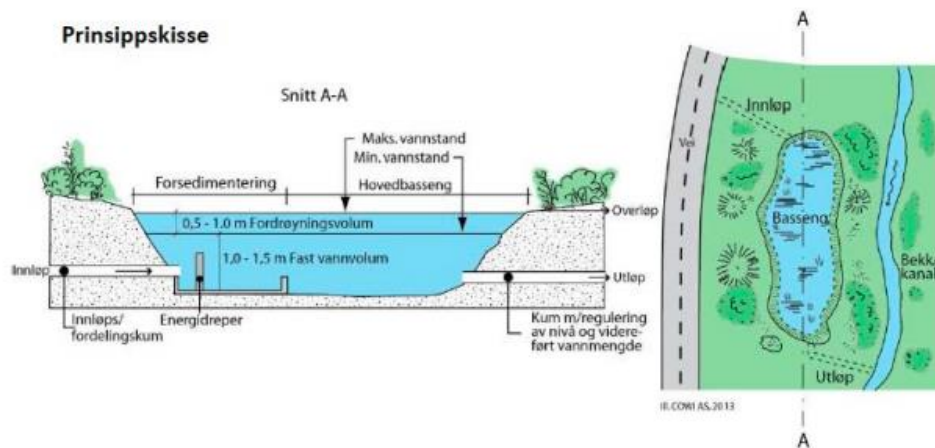
$V_{\text{ut}}$  = Utløpsvolum ( $\text{m}^3$ )

$V_r$  = Volum av regnbed ( $\text{m}^3$ )

En fordrøyningsdam må inneholde et innløp, utløp og overløp. Innløpets funksjon er å tilføre vann, og utløpet vil bli plassert i bunnen av dammen. Overløpet må plasseres høyere enn utløpet. Overløpet vil avgjøre dammens maksimale vannspeil og hindrer dermed oversvømmelse. Overløpet skal tre i kraft når utløpet svikter eller ikke har nok kapasitet (45).

Overvannet som samles i damarealet under regnhendelser blir ledet til ledningssystemet når overvannsavrenningen avtar. Formålet med valg av fordrøyningsdam som et av LOD-tiltakene er å begrense oversvømmelser. Beregningene som ble utført for slike tørre dammer baserer seg på at det kan håndtere store mengder nedbør (45). Oppholdstiden settes til 24 timer, og dimensjoneringen blir gjort i henhold til Trondheim kommune sine krav for tillatt utslippsmengde til ledningsnett (42).

For å bestemme overflatearealet er en avlangt sirkulær utforming av dammen valgt for å sikre god gjennomstrømning. Sideskråningene blir utformet slake på grunn av sikkerhetsmessige årsaker. For etesiske grunner vil det være et permanent vannspeil i dammen, derav må utløpet plasseres høyt nok. Vanddybden for permanent vannspeil er vanligvis 1-1,5 m og er avhengig av anleggstype og størrelse. Dybden på fordrøyningsvolumet har et minstekrav på 0,5-1 m. I dette tilfelle er 1 m som vanddybde satt ved fast vannvolum, og 0,5 m dybde ved fordrøyningsvolum, se figur 3-11 (46).



Figur 3-11 Prinsippkisse av en fordrøyningsdam (46)

For å bestemme overflatearealet til fordrøyningsdammen vil første steg være å finne radius ved fast vannvolum når dybden er satt til 1 m. Formelen går som følger:

$$V = \pi * r^2 * h$$

V= Volum (m<sup>3</sup>)

r= Radius (m)

h= Dybde/høyde (m)

Når minste radius ved fast vannvolum er funnet, brukes dette i samme formel for å finne ut hvor mye fordrøyningsvolumet i dammen kan dekke av det totale fordrøyningsvolumet for område 2. I dette tilfelle vil minste radius for fast vannvolum være det største mulige radius for fordrøyningsvolum (46).

### 3.4.8 Sandfang

Ved dimensjonering av sandfang er det viktig å undersøke om stedegen masse egner seg til å infiltrere overvannet. Det må i tillegg være gode fyllingsmasser rundt anlegget. Etablering av gode rutiner og vedlikehold, samt jevnlig tømning av sandfang er essensielt (47).

For å dimensjonere sandfang ved området, blir supersandfang av typen Downstream Defender fra MiljøFluidTeknikk (MFT) benyttet. De leveres i størrelse opp til 3000 mm i diameter. Dette gir høyest kapasitet og er derfor benyttet for beregningene. Parameterne er hentet fra produktkatalog vist i tabell 3-7 (47).

Tabell 3-7 Parametere og egenskaper til supersandfang Downstream Defender fra MFT (47)

	Indre dia (mm)	Inn/utløp (mm)	Dim vannføring 1 (l/s)	Dim vannføring 2 (l/s)	Maks vannføring (l/s)	Trykktap (ved Q <sub>2dim</sub> ) (mm)	Min Oljevolum (l)	Min Slamvolum (l)
Modell størrelse	D	DN <sup>1)</sup>	Q <sub>1dim</sub> <sup>2)</sup>	Q <sub>1dim</sub> <sup>3)</sup>	Q <sub>maks</sub> <sup>4)</sup>	h	V <sub>o</sub>	V <sub>s</sub>
DD120PE	1200	300	30	38	120	150	280	390
DD180PE	1800	500	69	85	270	225	1350	730
DD255PE	2550	600	138	171	540	300	2530	2890
DD300PE	3000	800	190	237	750	375	4690	3100

Fra veileder til beregning av forurensning i overvann er det gitt 90 mg/l totalt suspenderte stoffer (TSS) med tetthet 2650 kg/m<sup>3</sup>, og rensegrad er 80% for partikler med vannføring opp til 230 l/s (48).

For å finne gjennomsnittlig årlig avrenning i kubikkmeter brukes normalnedbør, nedbørsfeltets areal, avrenningsfaktor og klimafaktor i følgende formel (48):

$$\text{Avrenning (m}^3\text{)} = \text{normalnedbør} * A * \phi * k_f$$

A = Areal (m)

Φ = Avrenningskoeffisient (-)

K<sub>f</sub> = Klimafaktor (-)

Oppsamlingskapasitet i slamholderen blir bestemt på følgende måte (48):

$$\text{Oppsamlingskapasitet} = V_s * \text{tett i TSS}$$

V<sub>s</sub> = Volum i slambeholder (m<sup>3</sup>)

TSS = Tetthet i TSS (kg/m<sup>3</sup>)

Mengde volum vann som kan strømme gjennom før rensing/slamsuging med 80% virkning går slik (48):

$$\text{Mengde volum vann før rensing} = \text{TSS} * 0,8$$

VA miljøblad anbefaler at sandfang inspiseres og tømmes årlig for best utnyttelse. Dersom det skal dimensjoneres 1 sandfang vil dette gi (48):

$$\textit{Tømminger per år} = \textit{Avrenning} * \textit{Mengde volum vann før rensing}$$

For å sikre at kapasiteten ved 80% virkningsgrad (230 l/s) ikke overskrides ved en 2 års regnhendelse bør man finne ut hvor mange sandfang det skal etableres. Årlig gjennomsnittlig nedbør er 1123 millimeter (49).

Fremgangsmetoden går som følger (48):

$$\textit{Antall sandfang} = \frac{\textit{Avrenning ved 2 års regnhendelse}}{\textit{Kapasitet ved 80\% virkningsgrad}}$$

### 3.4.9 Protan BlueProof

For beregning av kapasiteten til takene, blir Protans beregningskalkulator benyttet, se vedlegg 5. Gjentakintervall er satt i henhold til Meteorologisk institutt sine data, og da de ikke har et gjentakintervall for 30 år blir et gjentakintervall på 50 år benyttet. Beregningene gir maks volum før overløp, varighet med vannstand og maksimale påslipp til det kommunale ledningsnett. All beregning er videre gjennomført med klimafaktor på 1,4 og totalt takareal på 30244 m<sup>2</sup>. Prinsippskisse av oppbyggingen av taket er vist i figur 3-12.

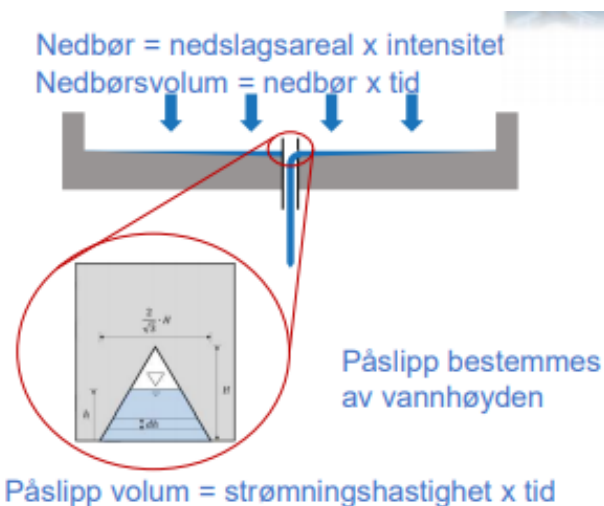
Protan jobber generelt etter TEK 17. § 13-12 2 andre ledd, som går følgende; «*Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket*» (50).

For Protan sine tak er veiledningen til andre ledd et ufravikelig punkt, nettopp for å sikre vinterdrift. Dette betyr at det blir installert innvendige nedløp, hvor byggets varmeenergi holder nedløpet isfritt.

Veiledning til andre ledd, TEK 17. § 13-12 (50):

1. Taket må utføres slik at regn- og smeltevann ikke trenger inn i konstruksjonen.
2. Taket må utføres med tilstrekkelig stort fall til at det ikke oppstår vanndammer på tekningen. Det aksepteres mindre dammer som dannes på grunn av skjøting i tekningen, eller som skyldes mindre ujevnheter i underlaget innenfor fastsatte toleransegrenser for det aktuelle produktet.
3. Tak med asfalt takbelegg og takfolier må ha helning minimum 1:40.
4. Vann som renner av taket, må ledes bort fra bygningskonstruksjonen ved hjelp av nedløpssystem eller på annen måte, slik at byggverket og tiliggende terreng ikke får skader.
5. Taket må utformes slik at snøsmelting ikke gir skadelig ising.

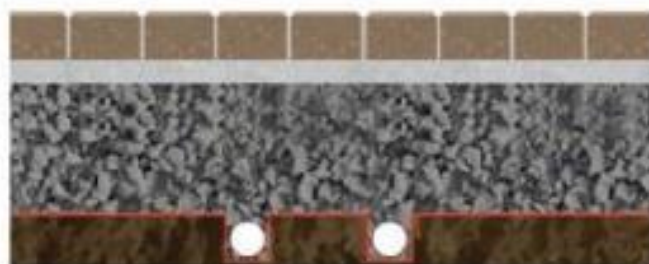
6. På tak uten lufting (kompakte tak) må smeltevann ledes fra kaldere til varmere deler av taket, og dreneres bort i nedløp som er frostfritt uten bruk av varmekabler.
7. Taktekning må ha tilstrekkelige oppkanter mot tilliggende konstruksjoner for å unngå lekkasjer, for eksempel ved dørterskler.
8. Taket må utføres slik at vann kan renne av uten å trenge inn i konstruksjoner, selv om sluk eller nedløp blokkeres.



Figur 3-12 Prinsippskisse utlevert av Knut Bratland ved Protan

### 3.4.10 Permeable flater

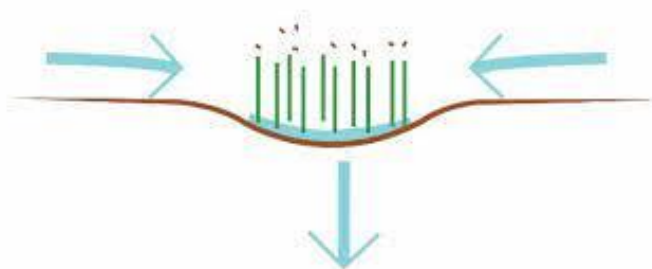
Det skal anlegges permeable flater på ett utvalgt sted på område 1. Fra kapittel 3.3.6, vet man at overvannet ikke kan dreneres til grunnen på grunn av tette masser, høy grunnvannstand, forurensninger eller dårlig grunnforhold. Det opprettes derfor en dremløsning for overvannet og det legges en membran for å skille overvann fra grunnvann. Ett forslag til utformingen vises i figur 3-13 (51):



Figur 3-13 Utforming av permeable flater (51)

### 3.4.11 Vannveier

Vannveier etableres i hovedsak for å håndtere nedbør i trinn 3. Ved anlegning av vannveier er det viktig å ta hensyn til at det ikke fører til oversvømmelser på uegnet plasser. Som nevnt i kapittel 2.3.5 og 2.3.7 vil vannveier ledes til arealer som er forbeholdt oversvømmelse eller til resipient. Vannveiene vil være utformet som gresskledd eller som ett inngrep på veien. En mulig utforming er vist i figur 3-14 (20).



Figur 3-14 Prinsippkisse av utformingen til vannveier (20)



## 4 RESULTATER

### 4.1 Nødvendig fordrøyningsvolum

For hele planområdet er det beregnet vannføring og bidrag fra tette og grønne områder. I tabell 4-1 ser vi at tette flater vil bidra med 60 %, mens grønne flater vil bidra med 40 % av det totale fordrøyningsvolumet. Se vedlegg 2 for beregning.

Tabell 4-1 Beregnet vannføring og bidrag fra tette og grønne flater på planområdet

Vannføring på området	Bidrag tette flater	Bidrag grønne flater
Q	Q	Q
l/s	l/s	l/s
863	520	343

Tabell 4-2 viser nødvendig magasinivolum på området. Dette volumet hadde man tradisjonelt håndtert i ett lukket magasin, men i dette prosjektet skal volumet håndteres lokalt på området. Se vedlegg 4 for beregning.

Tabell 4-2 Nødvendig magasinivolum på planområdet

Delområde	Varighet	Intensitet	Areal	Nødvendig magasinivolum
	tr	I	A	$V_{mag}$
	min	l/(s*ha)	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
1	30	86	4,1	357
2	30	86	6,2	407

## 4.2 Påslipp til kommunalt nett

Som forklart i kapittel 3.4.4 er det beregnet hvor mye volum som må fordrøyes på planområdet og maksimalt videreført vannmengde som kan bli sluppet ut på kommunalt nett på Tyholt.

I Trondheim kommune stilles det betydelig strengere krav ved tilknytning til fellessystemet enn ved tilknytning til et overvannssystem som har utslipp til resipient. Kravet til fordrøyning starter ved et redusert areal på 300 m<sup>2</sup> ved tilknytning til fellessystemet (42). Se vedlegg 3 for beregning.

Tabell 4-3 Beregnet krav til fordrøyningsvolum og maksimalt videreført vannmengde til kommunalt nett

Delområde	Redusert areal	Krav til fordrøyningsvolum	Maksimalt videreført vannmengde
	$A_{red}$	$V_{ford}$	$Q_{maks}$
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	l/s
1	32589	392	82
2	37117	446	93

## 4.3 Dimensjoner på overvannsledninger

Resultatene viser forskjeller på dimensjoner på overvannsledningene før og etter implementering av LOD-tiltak. Beregningene er teoretiske og derfor kan det variere i praksis. Forskjellene er ikke store, men dette vil si at rørene vil ha større kapasitet enn det ville vært dersom det ikke var LOD-tiltak på området.

Delområde 1 og 2 vil renne ut på delområde 3 før det renner ut på det kommunale nettet, mens delområde 4 vil renne ut på delområde 5 for så å renne ut i det kommunale nettet, se figur 3-8.

Som nevnt i kapittel 3.4.2 anbefales det en vannhastighet på mellom 1,5-2 m/s.

Gjennomførte beregninger viser at hastigheten i hvert delområde ligger på mellom 2,4-3,1 m/s, se vedlegg 10.A-10.C. Resultatet er en teoretisk hastighet, og det kan være en ulik hastighet i praksis. Da kan for eksempel svanker, bend og begroinger i ledningen være med på å redusere hastigheten i ledningen.

Resultatene i tabell 4-4 viser rørdimensjoner på hvert delområde **uten** implementering av LOD-tiltak.

*Tabell 4-4 Rørdimensjon for hvert delområde uten implementering av LOD-tiltak*

<b>Delområde</b>	<b>Bidrag</b>	<b>Nødvendig diameter</b>	<b>Diameter standard</b>
	<b>Q</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
	<b>l/s</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
1	563	490	500
2	775	580	600
3	1079	450	500
4	323	410	500
5	634	380	400

Resultatene i tabell 4-5 viser rørdimensjoner på hvert delområde **med** implementering av LOD-tiltak.

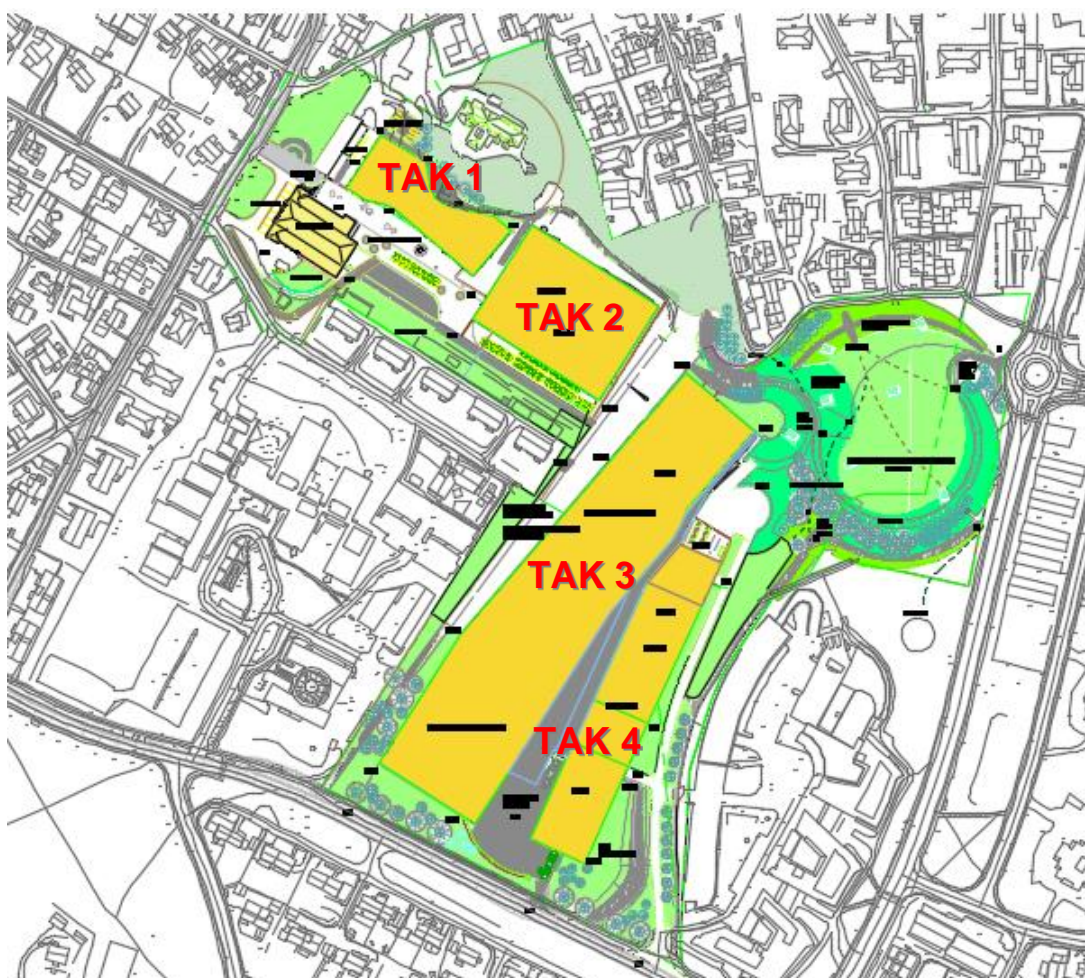
*Tabell 4-5 Rørdimensjon for hvert delområde med implementering av LOD-tiltak*

<b>Delområde</b>	<b>Bidrag</b>	<b>Nødvendig diameter</b>	<b>Diameter standard</b>
	<b>Q</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
	<b>l/s</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
1	559	480	500
2	765	550	600
3	1078	450	500
4	304	400	400
5	626	370	400

#### 4.4 Forslag til LOD-tiltak

Det er utarbeidet totalt to forslag til lokal overvannshåndtering for området. Det kan gjøres unntak der det kan dokumenteres at det ikke er kapasitetsproblemer på det kommunale nettet eller ved utslipp til større resipienter (42). I denne oppgaven har vi ikke forholdt oss til kapasitetsproblemer, og har regnet ut maks tillatt påslipp til det kommunale nettet.

Alle forslagene er utarbeidet med hensyn til å virke innovativt og håndtere store mengder overvann. Det er i noen av forslagene også tatt hensyn til at folk kan reise til området selv når det regner.

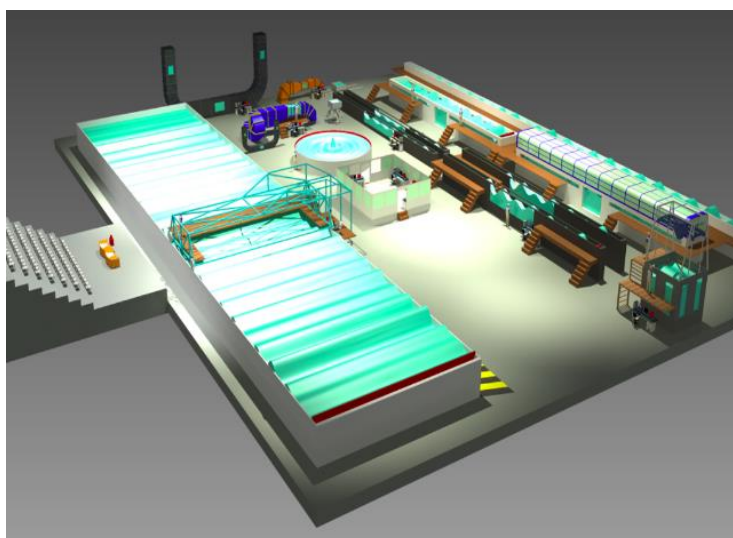


Figur 4-1 Endret situasjonsplan med tak ID

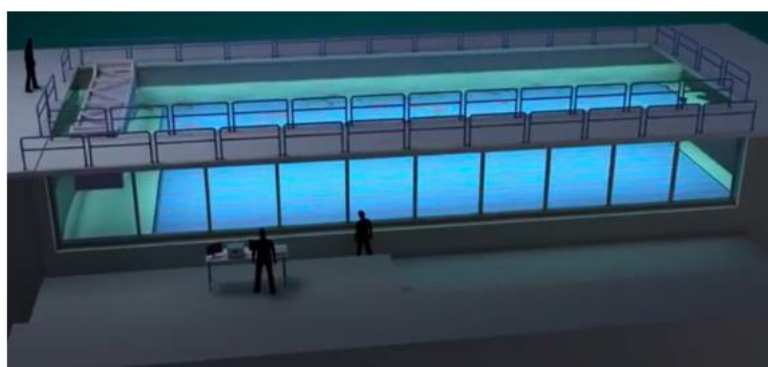
##### 4.4.1 Alternativ 1

Det første forslaget er at man etablerer blågrønne tak på tre av takene, mens taket på bygg 2 vil være en kombinasjon av blågrønt tak og takterrasse. Derfor vil 40% av arealet på dette taket ikke ta til seg nedbør. I samarbeid med Protan har de utarbeidet ett forslag til dimensjonering av blåe tak, se vedlegg 5. I en så tidlig fase av byggeprosjektet vil utregningene til Protan BlueProof også gjelde for blågrønne tak.

Tak 3 har derimot direkte kontakt med værmeldingen, ett såkalt smarttak. Det er diskutert med Knut Bratland ved Protan om å føre overvannet fra taket ned i bassenget. Under taket vil det være kanalsystemer som skal lede vannet ned i det forskningsbaserte bassenget i bygget. Se figur 4-2 og 4-3 for noen av de utarbeidede skissene av planlagte bassenger i bygget. Når det går et regnvarsel, tømmes taket i bassenget slik at det er plass til nytt nedbør på taket. Når bassenget er fullt og ikke har kapasitet til å ta til seg mer overvann, vil bassenget tappes for vann. Hensikten er at vannet ikke skal ut i avløpsnett, men brukes til å fylle opp bassenget i bygget, vanne grønne tak, asfalt og lignende (17).



Figur 4-2 Undervisningslaboratorier på OCS (75)



Figur 4-3 Strømningstank på OCS (76)

På det grønne arealet vil det etableres en fordrøyningsdam. For at dammen også skal ha en estetisk verdi om vinteren er det mulig å omgjøre fordrøyningsdammen om til en skøytebane.

I tillegg vil det etableres regnbed på område 2 ved bygg 2, og vannveier som fører takvann ned i regnbedet og til fordrøyningsdammen. Samt regnbed langsgående ved bygg 3 på område 1. Mellom bygg 3 og 4 i område 1 vil det anlegges permeable flater.

#### 4.4.2 Alternativ 2

Det andre forslaget bygger på samme prinsipper som det første. På alle tak vil det etableres ekstensive grønne tak og vil derfor ikke være beregnet for menneskelig opphold. Bygg 3 skal bestå av ett forskningsbasert basseng, og ved å utnytte overvannet på taket ved hjelp av Protan sine beregninger kan man føre vannet fra taket ned i bassenget.

Taknedløpet vil også føre vann i åpne kanaler, se figur 4-3.



Figur 4-4 Illustrasjon av lokale overvannshåndteringer (77)

I tillegg vil det etableres et amfi som vil fungere som et åpent magasin og et oversvømmelsesareal. Amfiet kan fungere som en arena for å gjennomføre kulturelle og sosiale aktiviteter.

## 4.5 Valg av løsning

Tabell 4-6 Alternativ 1 og 2 basert på fordeler og ulemper ved de ulike LOD-tiltakene

	Fordeler	Ulemper
<b>Alternativ 1</b>	<p><b>TAK (17):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Smarttak vil sørge for at det alltid er plass til overvannet på taket.</li> <li>- Gjenbruk av overvann til å vanne grønne tak, park osv.</li> </ul> <p><b>DAM:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Det er muligheter for å bruke fordrøyningsdam som skøytebane om vinteren.</li> </ul> <p><b>REGNBED (19):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flere regnbed vil minke avrenningstiden til det kommunale nettet.</li> </ul> <p><b>PERMEABEL DEKKE (14):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Håndterer overvannet på egen tomt.</li> <li>- Dekke med lang levetid.</li> </ul>	<p><b>PLANOMRÅDET:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vedlikehold må beregnes (23).</li> <li>- Området er ikke preget av kulturliv.</li> <li>- Store kostnader.</li> </ul> <p><b>TAK:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lekkasje (17)</li> </ul> <p><b>DAM:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I fordrøyningsdammen kan det oppstå algeoppblomstring (21, s. 359).</li> </ul> <p><b>REGNBED (19):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dårlige stedege masser.</li> <li>- Kan ha dårlig effekt ved klimatiske endringer.</li> </ul> <p><b>PERMEABEL DEKKE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Universiell utforming – ujevne overflater er ikke gunstig for rullestolbrukere og lignende.</li> <li>- Gjentetting (57).</li> </ul>
<b>Alternativ 2</b>	<p><b>TAK (17):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Overvannet blir gjenbrukt i bassenget i bygget</li> <li>- Taknedløp fører vannet ned i åpne kanaler.</li> </ul> <p><b>KANAL (22):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lagrer vann og forsinker avrenningen.</li> </ul> <p><b>MAGASIN (27):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amfiet vil være godt egnet som oversvømmelsesareal, samt påvirke positivt til kulturliv</li> </ul>	<p><b>PLANOMRÅDET:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vedlikehold må beregnes (23).</li> <li>- Store kostnader.</li> </ul> <p><b>TAK (17):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grønne tak kan tørke ut ved tørkeperioder.</li> <li>- Lekkasje</li> </ul> <p><b>KANAL (22):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forurensing og forsøpling i vannet</li> </ul> <p><b>MAGASIN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utendørs aktiviteter på amfiet begrenses ved store nedbørshendelser.</li> </ul>

## 4.6 Valgt alternativ

Begge forslagene vil være med på å forsinke og fordrøye overvannet. Ved implementering av LOD-tiltakene vil det være mulig å kombinere begge alternativene slik at man får det beste ut av begge. I dette prosjektet har vi på bakgrunn av fordeler og ulemper med begge alternativene valgt å dimensjonere for alternativ 1. Tabell 4-7 beskriver LOD-tiltakene sin funksjon og virkning for området.

Tabell 4-7 Funksjon og virkning av LOD-tiltakene i alternativ 1 (16)

LOD-TILTAK	FUNKSJON	VIRKNING
Åpne magasiner: Dammer	Fordrøyning	10-20 års regn avholdes
		Reservekapasitet
		Mottaker for flomvann
Blågrønne tak	Fordrøyning	Nedbøren holdes tilbake
		Avrenningen forsinkes
		Avrenningsintensiteten reduseres
Regnbed	Fordrøyning og infiltrasjon	Nedbøren holdes tilbake
		Avrenningen forsinkes
		Avrenningsintensiteten reduseres

### 4.6.1 Regnbed

Det maksimale nødvendige arealet av regnbedet gir ikke alltid et gunstig resultat for hva som er den maksimale kapasiteten i regnbedet. Derfor blir det brukt 120 minutter for et mest mulig reelt bilde. Det skal også anlegges et taknedløp ned til regnbedet.

Tabell 4-8 viser en oversikt over arealet og kapasiteten til regnbedene. Overflatearealet av regnbed på område 1 er 77 m<sup>2</sup> og på område 2 er den 68 m<sup>2</sup>.

Overflatearealet av regnbedet på hvert delområde deles på to regnbed, hvor dimensjonen til den ene er omtrent 66 % større enn den andre. Dette gjøres for å øke kapasiteten til det største dimensjonerte regnbedet som mottar overvann fra både takareal og det andre regnbedet. Regnbedene er plassert i terrenget slik at taknedløpet vil gå rett inn i regnbedet.

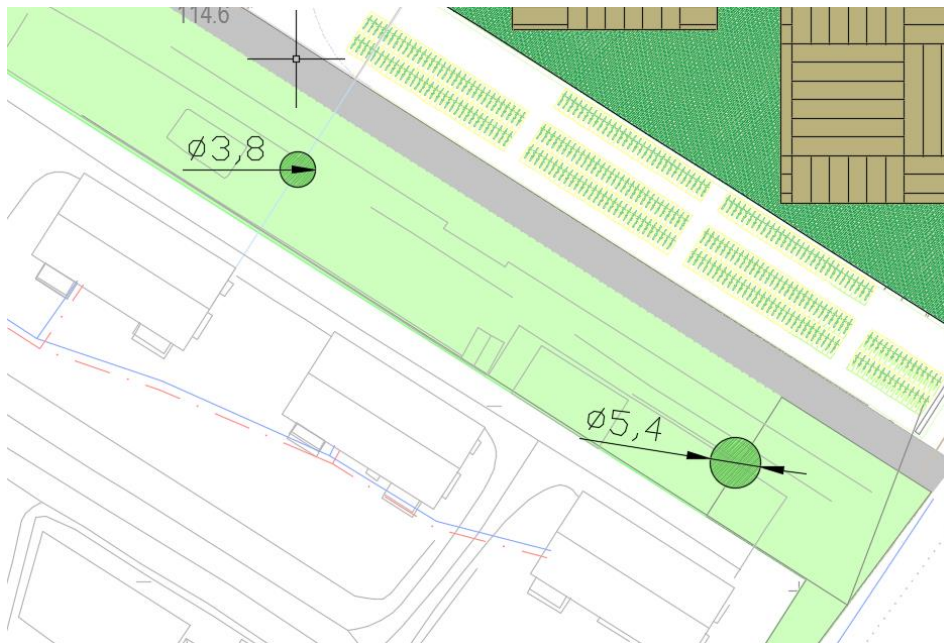
Tabell 4-8 Dimensjoner av regnbed på delområde 1 og 2

Delområde	Varighet	Areal av nedbørsfelt	Nødvendig regnbed areal	Kapasitet i regnbed	Nødvendig magasinivolum	Fordrøyning sbehov etter regnbed
	tr	A <sub>felt</sub>	A <sub>regnbed</sub>	V <sub>rb</sub>	V <sub>mag</sub>	V
	Min.	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	120	2382	77	31	357	326
2	120	2797	68	27	406	379



#### 4.6.1.1 Område 1

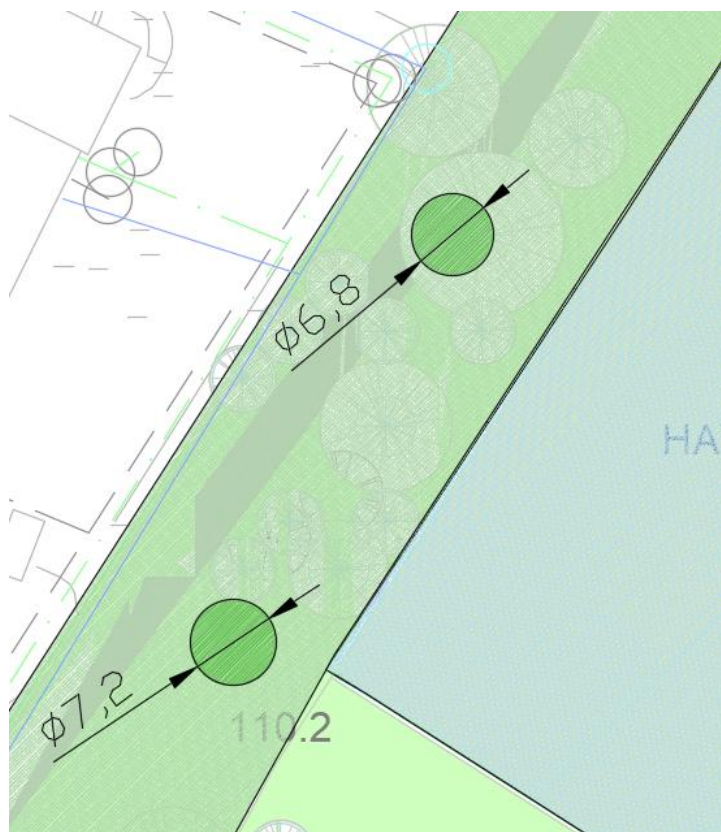
Tidligere beregninger fra vedlegg 4.A tilsier at det maksimale volumet som må fordrøyes på område 1 er 357 m<sup>3</sup> ved varighet 30 minutter. Kapasiteten til regnbedet på område 1 vil være 31 m<sup>3</sup>, og nødvendig fordrøyningsvolum som må dekkes etter installering av regnbed vil være 326 m<sup>3</sup>.



Figur 4-5 Dimensjoner på regnbed på område 1 tegnet i AutoCAD

#### 4.6.1.2 Område 2

Tidligere beregninger fra vedlegg 4.B tilsier at det maksimale volumet som må fordrøyes på område 2 er 406 m<sup>3</sup> ved varighet 30 minutter. Kapasiteten til regnbedet i område 2 vil være 27 m<sup>3</sup>, og nødvendig fordrøyningsvolum som må dekket etter installering av regnbed vil være 379 m<sup>3</sup>.



Figur 4-6 Dimensjoner på regnbed på område 2 tegnet i AutoCAD

#### 4.6.2 Fordrøyningsdam

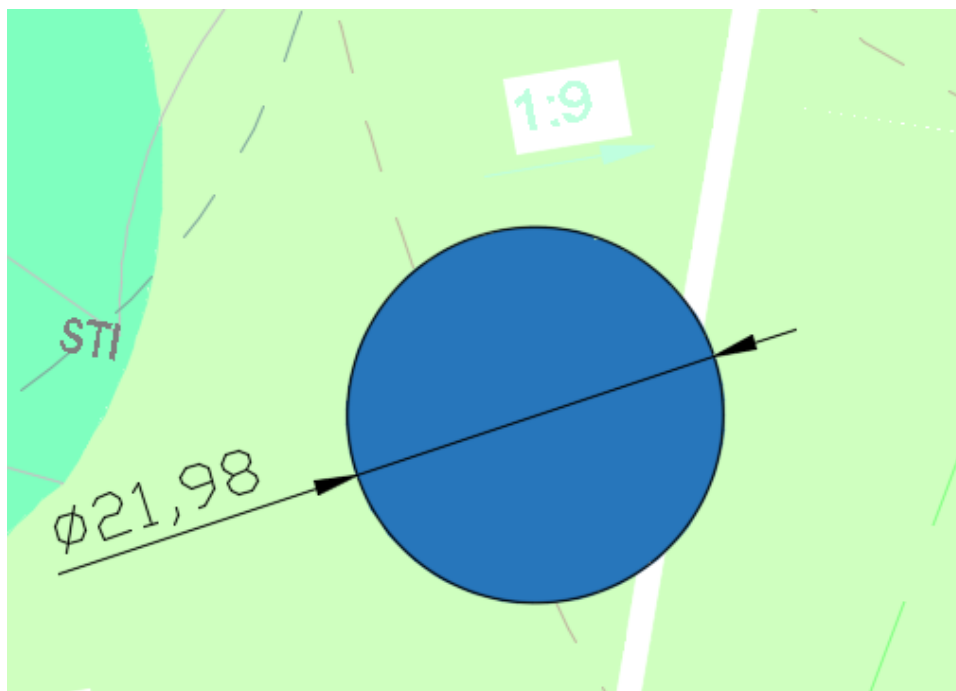
Fordrøyningsdammen er dimensjonert til å være et langsiktig LOD-tiltak. Dammen på planområdet vil i utgangspunktet være utformet med et fast vannvolum, samt dimensjonert til å kunne fylles ved store nedbørshendelser, som utgjør fordrøyningsvolumet.

Behovet for slamfjerning vil ha en tømmeffrekvens på 10-20 år. Innløpet og utløpet bør kontrolleres jevnlig. Foran innløpet benyttes det betongblokker eller store steiner, slik at det minker sannsynligheten for avsatt slam. Ved utløpet plasseres en mengderegulator som sørger for tilstrekkelig oppholdstid og kontrollert fordrøyning av vannet (52).

#### 4.6.2.1 Område 2

Det skal kun installeres fordrøyningsdam på område 2, og kapasiteten i dammen må da dekke et volum på minst 379 m<sup>3</sup> etter installering av regnbed.

Ved fast vannvolum i dammen er høyden satt til 1 meter og det gir et volum på 379 m<sup>3</sup>. Det tilsier at radius minst må være 10,99 m. Til beregning av fordrøyningsvolumet med høyde på 0,5 m brukes 10,99 m som radius også. Det gir et volum på 190 m<sup>3</sup>. Se vedlegg 7.B for beregning.



Figur 4-7 Dimensjon på fordrøyningsdam på område 2 tegnet i AutoCAD

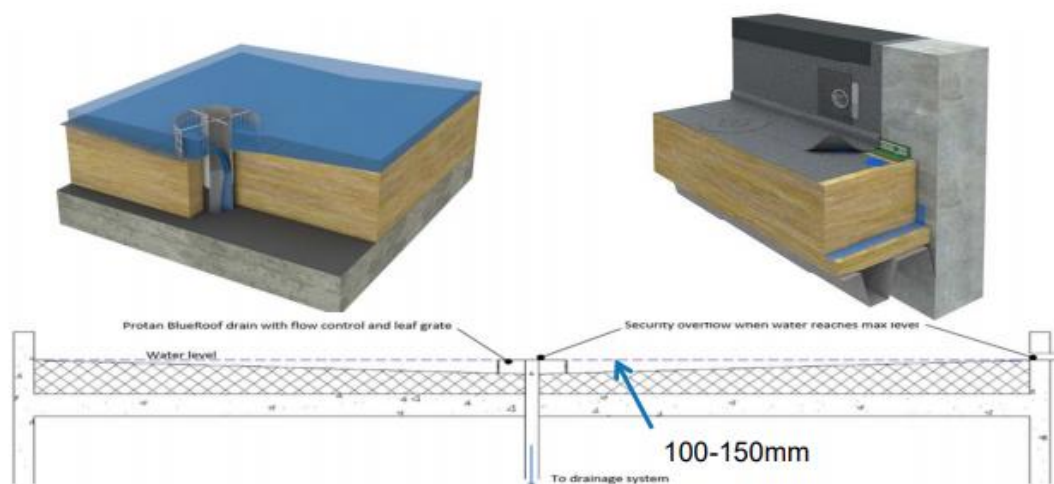
#### 4.6.3 Blågrønne tak

I samarbeid med Protan har de utarbeidet en kalkulasjon av takene i området med deres beregningsverktøy. Se tabell 4-9 for beregnet vannvolum på hvert tak. Fra kapittel 2.3.2 om blågrønne tak vet man hvor effektive slike tak er.

Tabell 4-9 Beregnet vannvolum på hvert tak

Tak ID	Beregnet vannvolum
	m <sup>3</sup>
1	68
2	138
3	414
4	165

Ved å føre nedbøren ned til forskingsbaserte bassenget, kan overvannet brukes som en gjenvinnende ressurs for bygget. Etter samtale med Knut Bratland ved Protan er dette gjennomførbart, og det anbefales å ha utløpet i midten av taket slik figur 3-12 og 4-8 viser. Ellers må overvannet føres trygt gjennom bygget, jfr. kapittel 3.4.9.



Figur 4-8 Prinsippskisse av Protan BlueProof



Figur 4-9 Illustrasjon av hvor det er planlagt blågrønne tak og takterrasse

#### **4.6.3.1 Område 1**

Tidligere beregninger fra vedlegg 6.A tilsier at det maksimale volumet som må fordrøyes er 357 m<sup>3</sup> ved varighet 30 minutter. Kapasiteten til regnbedet på område 1 vil være 31 m<sup>3</sup>.

Fordrøyningsbehov som må oppnås på område 1 etter installering av regnbed er 326 m<sup>3</sup>.

Tabell 4-9 viser at tak 3 har en kapasitet på 414 m<sup>3</sup> og tak 4 har en kapasitet på 165 m<sup>3</sup>.

Totalt kapasitet vil være 580 m<sup>3</sup> ved verste tilfelle.

Fordrøyningsbehovet etter installering av både regnbed og tak vil bli dekket og det med en god margin på 254 m<sup>3</sup>.

#### **4.6.3.2 Område 2**

Beregninger fra vedlegg 7.A tilsier at det maksimale volumet som må fordrøyes er

406 m<sup>3</sup> ved varighet 30 minutter. Kapasiteten til regnbedet på område 2 vil være 27 m<sup>3</sup>.

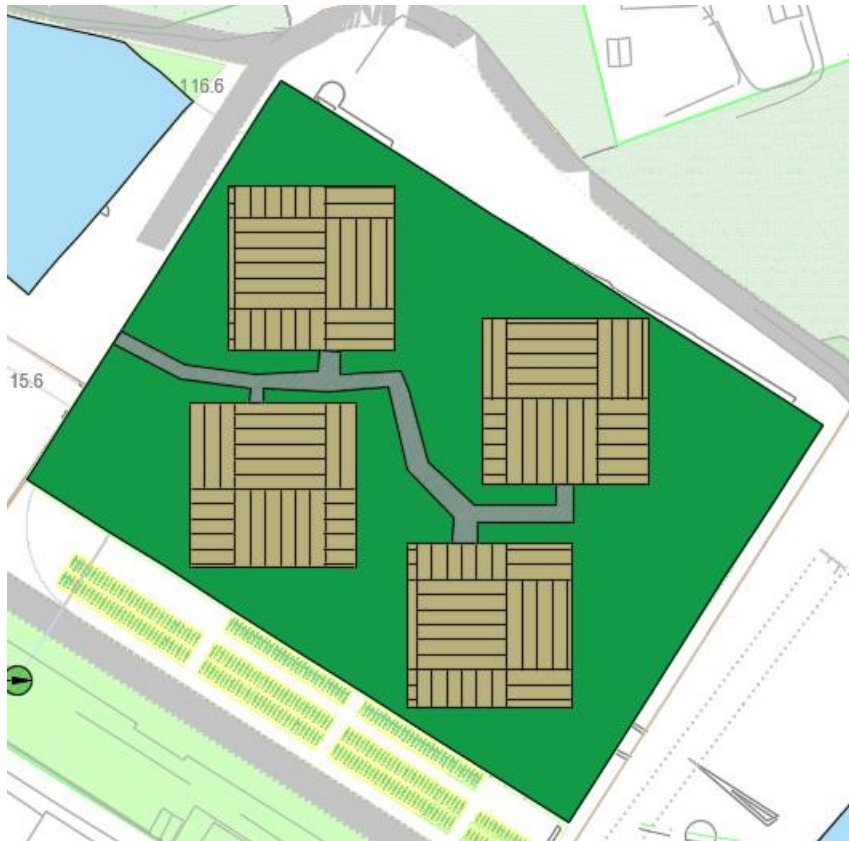
Fordrøyningsbehov som må bli dekket på område 2 etter installering av regnbed er 379 m<sup>3</sup>.

Tabell 4-9 viser at tak 1 har en kapasitet på 67 m<sup>2</sup> og tak 2 har en kapasitet på 137 m<sup>3</sup>. Total kapasitet vil være 204 m<sup>3</sup> ved verste tilfelle. Fordrøyningsbehovet som må dekkes etter installering av tak er på 175 m<sup>3</sup>.

### 4.6.3.3 Takterrasse

I alternativet er det ett forslag om å etablere takterrasse som skal fungere som ett oppholdsareal for brukere av bygget. For at brukerne også skal kunne være her ved nedbørshendelser skal området utformes som sittegrupper med tak over hodet. Det antas at 40 % av takets totale areal blir brukt som oppholdsareal.

40 % av taket på bygg 2 er 2077 m<sup>2</sup>. Fra Protan sine beregninger vil det utgjøre en total kapasitet på 55 m<sup>3</sup> på taket. Dette er ikke tatt til vurdering i beregningene.



Figur 4-10 Takterrasse tegnet i AutoCAD

#### 4.6.4 Sandfang

Utgangspunktet for beregningen av 2 års gjentaksintervall er basert på den totale avrenningen for hele nedbørsfeltets areal. Denne avrenningen på 1724 l/s overskrider maks kapasitet til et sandfang som er på 750 l/s. Dersom maks kapasitet overskrides må vannet gå i overløp, eventuelt at sandfanget plasseres slik at det ikke blir en begrensning på ledningsnettets kapasitet (48). Da planområdet har tiltak som regnbed, grønne tak og fordrøyningsdam vil de være med på å minske avrenningen, og forurensinger i overvannet. Se tabell 4-9 for dimensjonering av sandfang.

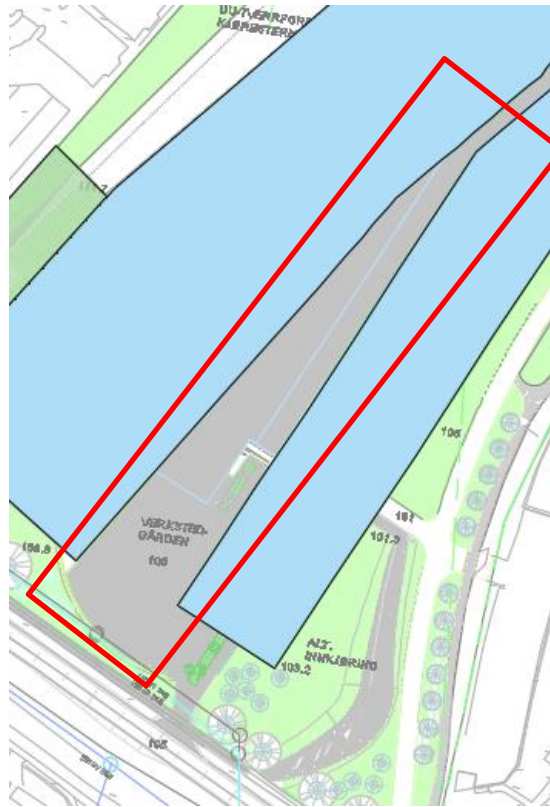
Tabell 4-10 Dimensjonering av sandfang

Gjennomsnittlig årlig avrenning	Oppsamling skapasitet i slamholder	Vann som strømmes gjennom før rensing	Antall tømminger per år	Avrenning ved 2 års regnhendelse	Antall sandfang som må installeres
m3	kg	m3	antall	l/s	stk.
136711	10097	140229	1	1724	8

#### 4.6.5 Permeable flater

På grunn av ujevnhetene ved permeable flater vil det være nødvendig å kombinere overflater med både belegningsstein og jevne overflater, slik at området er universelt utformet (14).

Figur 4-11 viser området der det er planlagt å anlegge permeable flater.



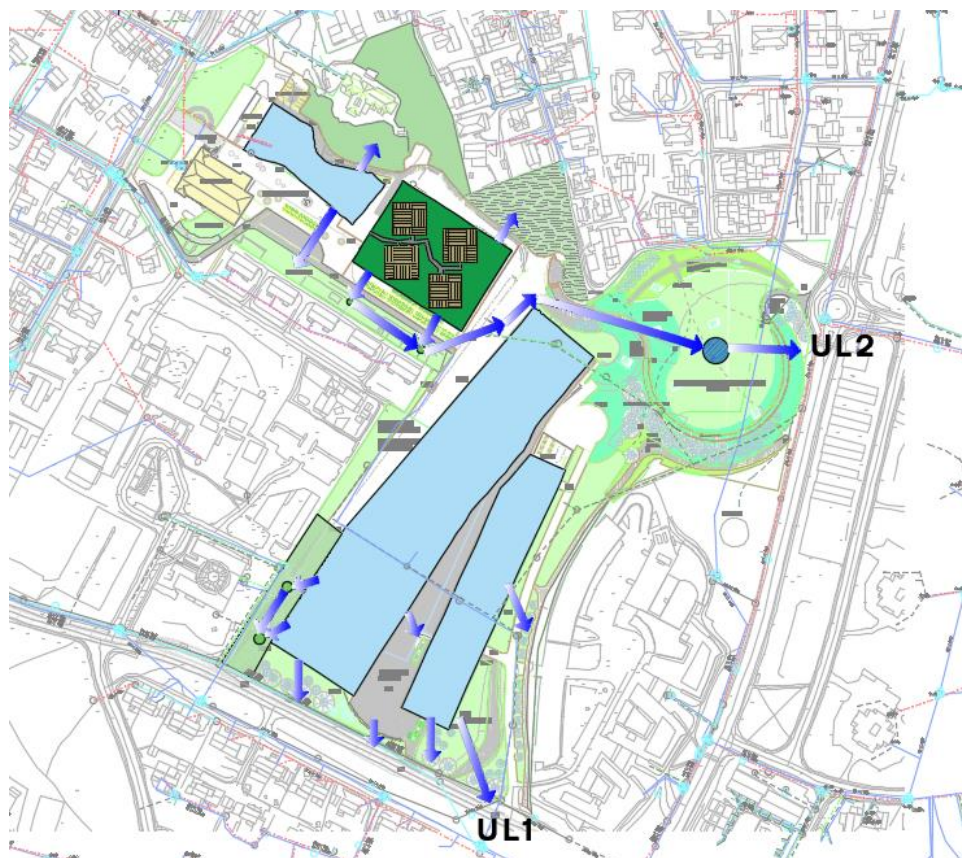
Figur 4-11 Permeable flater skal anlegges på det gråe området mellom tak 3 og 4



### 4.6.6 Vannveier

For å sikre trygge vannveier er det viktig å planlegge vannveier på ett overordnet plan. I denne oppgaven er det illustrert hvordan vannveier kan gå inne på planområdet, fra LOD-tiltak til påslipp til kommunalt ledningsnett (53).

På figur 4-12, symboliseres vannveier ved hjelp av blå piler som viser hvor det vil strømme vann. Lys blåfarge indikerer lite strømning, mens sterk blåfarge gir uttrykk for stor strømning.



Figur 4-12 Vannveier på planområdet tegnet i AutoCAD

## 5 DRØFTING

### 5.1 På lag med regnet

Norsk Vann oppsummerer tre hovedmål for overvannshåndtering (53):

1. Forebygge skader – overvannet skal håndteres slik at HMS oppnås.
2. Utnytte overvann som ressurs – overvannet bør utnyttes som et positivt landskapselement i bymiljøet og for bruk i rekreasjonsformål.
3. Styrke biologisk mangfold – gjennom infiltrasjon.

Ved å føre vannet inn i supplerende tiltak som regnbed og basseng, kan man fremme områdets opplevelseskvalitet. Ved å bruke regnbed vil det være et terrengtilpasset infiltrasjonsanlegg som plasseres foran bygget. Dette vil forsinke overvannet, infiltreres i grunnen eller føres til overvannsnett (16).

Disse tiltakene bringer vannelementet frem på en positiv og innovativ måte. I tillegg kan vannet samles opp og brukes til andre formål. Vannet ansees som meget rent, men anbefales likevel ikke til å brukes som drikkevann (16).

Fra vedlegg 6 ser man at område 1 har ett nødvendig fordrøyningsbehov på 357 m<sup>3</sup>. Tak 3 og 4 har ett totalt kapasitet på 580 m<sup>3</sup> og regnbed ett kapasitet på 31 m<sup>3</sup>. Dette tilsier at LOD-tiltakene har god kapasitet og vil dekke hele fordrøyningsvolumet for område 1. I tillegg vil det ha ett ekstra kapasitet på 254 m<sup>3</sup>.

Beregningene fra vedlegg 7 tilsier at område 2 har et nødvendig fordrøyningsbehov på 406 m<sup>3</sup>. Etter installering av regnbed og fordrøyningsdam vil fordrøyningsbehovet være redusert til 190 m<sup>3</sup>. Det vil si at kun fordrøyningsdam og regnbed ikke er tilstrekkelig nok til å dekke fordrøyningsbehovet på område 2. Tak 1 og 2 på område 2 har totalkapasitet på 204 m<sup>3</sup>. Etter innstallering av både regnbed, fordrøyningsdam og blågrønne tak blir nødvendig fordrøyningsbehov for hele området dekket med 15 m<sup>3</sup> i overskudd. Dette viser at alle nevnte LOD-tiltak er nødvendig på område 2.

## **5.2 Energiforbruk og fasade**

Naturbaserte overvannstiltak kan ha innvirkning på bygningens energiforbruk og fasadens levetid. Grønne tak er isolerende og reduserer byggets energiforbruk. Dette er spesielt nyttig i Norge, hvor man har lange kalde vintre med høyt energiforbruk. Vegeterte tak vil også gi en kjølede effekt i lokalmiljøet gjennom evapotranspirasjon (55, s. 66).

For å hindre skade på bygg bør vannet ledes tilstrekkelig bort fra bygningskroppen. For kjellere er det anbefalt en avstand på 2 meter og 1 meter for øvrige konstruksjoner. Dersom dette ikke lar seg gjøre på grunn av utilgjengelig areal, kan det plasseres ulike membraner som skal hindre at vannet siger inn mot bygningskroppen. En PVC-membran er ofte godt egnet (54).



*Figur 5-1 Moderne arkitektur i Milano, Italia (78)*

## 5.3 LOD-tiltak under vinterforhold

### 5.3.1 Regnbed

Regnbedets stand til å håndtere overvann i frosset tilstand er avhengig av typen frost som dannes i filtermediet. Porøs eller åpen frost er en av frosttypene som blir dannet når filtermediet fryser med ett lavt vanninnhold. Ved porøs frost vil porene være fylt med luft og infiltrasjon mulig selv ved minusgrader. Betongfrost eller tett frost foregår derimot når filtermediet fryser i vannmettet tilstand. I slike tilfeller er infiltrasjon ikke mulig og kun overflatevolumet er tilgjengelig for vannhåndtering. For å fremme dannelse av porøs frost er det viktig å ta hensyn til at regnbedet dreneres tilstrekkelig før vannet fryser. I tillegg må det velges best egnet filtermedium med en høy infiltrasjonskapasitet. Likevel er det fremdeles mulighet for at det kan dannes islag på overflaten av regnbedet når dette blir dekket med snø. Dette skyldes fryse- og tineprosesser nær jordoverflaten. Derfor er det viktig å anlegge flere uavhengige LOD-tiltak enn bare regnbed da dette kan fryse igjen (56).



Figur 5-2 Regnbed under vinterforhold (79)

### 5.3.2 Fordrøyningsdam

Når man dimensjonerer ulike LOD-tiltak er det viktig å tilpasse seg klima og naturmiljøet på valgt område. Innløpet og overløpet i fordrøyningsdammen blir beskyttet slik at man unngår frysing om vinteren, samt oljeutslipp i dammen (56).



*Figur 5-3 Fordrøyningsdam under vinterforhold (80)*

### 5.3.3 Blå-grønne tak

De blågrønne takene har varierende evne til å holde tilbake nedbør over året. Under stabile snøfall er det ikke vist tydelige forskjeller mellom tilbakeholdningen av vegeterte tak og vanlige impermeable takflater. Om våren der snøsmelting og regn skjer kombinert, er taket dimensjonert til å kunne ha større avrenning enn nedbøren. Om sommeren når det er flere intense nedbører vil valgt vegetasjon ha en funksjon i å fjerne vannet ved hjelp av transpirasjon. Generelt sett holder de grønne takene tilbake vesentlig mer vann i forhold til vanlige takflater (56).

Prosjektet "Fremtidens Byer" ble det i 2014 anlagt grønne tak i syv norske byer. Formålet var å indentifisere i hvilken grad grønne tak klarer å holde igjen nedbør under ulike klimatiske forhold og med ulike vegetasjonstyper på takene. Foreløpige estimer viser at forsøktstaket i Trondheim var i stand til holde tilbake 15-30 prosent av den årlige nedbørsmengden (56). Dette tilsier at blågrønne tak vil være godt egnet for en by som Trondheim.



*Figur 5-4 Illustrasjon av takterrasse under vinterforhold (81)*

### **5.3.4 Permeable flater**

Ved planlegging og drift av permeable flater er det viktig å ta hensyn til frost. I tilfeller med regn på frossen grunn må vannet renne til ikke-sårbare områder, som for eksempel på grønne arealer.

Det å benytte løsningen på arealer som skal strøs om vinteren bør det vurderes, spesielt da strøing fører til gjentetting på flatene (57). Derfor planlegges det å etablere permeable flater på ett område som ikke er forbeholdt bilkjøring i denne oppgaven.



*Figur 5-5 Permeable flater under vinterforhold (82)*

## **5.4 Bygg for fremtiden**

### **5.4.1 Kapasitet på ledningsnett**

Ved å anlegge LOD-tiltak der det er gunstig vil det føre til at det kommunale ledningsnett har mer kapasitet. Dette er viktig å ta hensyn til i tilfelle det vil være en nyutbygging i nærområdet som kan være dårligere egnet til å ha LOD-tiltak og må derfor slippe ut mer på det kommunale nettet.

Ledningsnett på planområdet består blant annet av fellessystem for avløp og overvann. På grunn av dette kan det forekomme stort kapasitetsproblem i tilfelle systemet ikke håndterer større vannmengder. Avløpsvannet er også prioritert i forhold til overvannet i renseanleggene. Flere kommuner begynner å gå vekk i fra dette mønsteret, og vil føre vannet separert i egne systemer for overvann og avløp (23).

### **5.4.2 BREEM-konseptet**

BREEAM er Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy for bygninger. Den norske tilpasningen av BREEAM er BREEAM-NOR, som er den eneste metoden for sertifisering av bærekraftige bygg. Formålet er å motivere at bærekraftig design blir benyttet gjennom hele byggeprosjektet. Ved å bruke BREEAM-NOR som et effektivt verktøy kan bygget blant annet få høyere markedsverdi, lavere driftskostnader og økt brukertilfredshet. Metodikken åpner for både innovasjon og nytenkning (58, 59).

Ved å redusere bruken av drikkevann og minimere risikoen for lekkasje oppmuntrer BREEAM-NOR til bærekraftig bruk av vann gjennom byggets levetid. Generelt sett er det lav poengoppnåelse under emnet for vann. Dette er trolig på grunn av at det er lite fokus på det i Norge (60). LOD-tiltakene som er dimensjonert i denne oppgaven vil være med på å sikre poeng innenfor emnet vann.

## **5.5 Innovasjon**

### **5.5.1 Fontene i dammen**

Formålet med fordrøyningsdammen er å ta til seg store mengder vann ved nedbør samt å virke som ett positivt element på området. Av den grunn er det viktig at den fremstår som godt vedlikeholdt. Algevekst kan være en utfordring, men kan begrenses ved å installere en fontene som nevnt i kapittel 2.3.4. Fontenen vil bidra til å skape bevegelse i vannet, slik at det ikke står stille i tørrværsperioder. Da vi dimensjonerer dammen for mindre vann, må fontenen derfor ikke være avhengig av stor vanddybde. Under et intensivt regnskyll vil vanddybden heves. Av den grunn kan det være gunstig å benytte en flytefontene (61).

Algevekst kan medføre uønsket vannkvalitet i urbane dammer. Bakteriell forurensning kan også inntreffe og vil være uheldig, spesielt for barn som leker i vann (46).



*Figur 5-6 Flytefontene (83)*



### 5.5.2 Smarttak

Smarttak er ett nytt fenomen i Norge, men er særlig utbredt i Nederland. Kommunene i Nederland er opptatte av å prøve ut mindre testprosjekter som har potensial til å lykkes, og dermed oppskaleres til større prosjekter eller områder (17).

I et smart blågrønt tak vil vannet bli værende til sensorteknologien i taket bestemmer at vannet skal dreneres ut i forkant av en varslet nedbørshendelse via værradarer. Dette gjøres som nevnt i alternativ 1 i kapittel 4.4.1. Et testprosjekt utført i Amsterdam resulterte i en tilbakeholding på inntil 19 mm på den ekstensive delen og fra 49-72 mm på den smarte blågrønne delen. Vannet som står i magasinet gir vegetasjonen rik tilgang på vann, slik at evapotranspirasjon kan pågå kontinuerlig. Den smarte løsningen kan øke fordampningen med 2,4 ganger mer i forhold til ett ekstensivt tak (17).

Med klimaendringer forventes det både mer ekstreme nedbørsmengder, men også perioder med tørke (62). I tørkeperioder trenger plantene på taket minst 3 mm vann per døgn for å overleve (17).



Figur 5-7 Illustrasjon av et smarttak (84)

### 5.5.3 Takhager

Takhager har blitt mer og mer populært de siste årene. Intensive tak i form av takhager og takterrasser er et godt alternativ til grønne byrom på bakkenivå. Et overvannstiltak kombinert med oppholdsarealer er noe som øker byggets opplevelseskvalitet. Det er muligheter for å tilrettelegge for mindre dammer og regnbed på taket slik at det er mer egnet til å fordrøye store vannmengder ved kraftige regnskyl. Alt fra trær til små planter kan plasseres i vekstområdene. Takhager og takterrasser med vegetasjon må bli vedlikeholdt på samme måte som ordinære hager på bakkenivå (63).

Oppbyggingen av taket avhenger av arealets formål og ferdsel. For å gjøre området og bygget mer attraktiv selv på en regnværsdag, kan det etableres små sittegrupper med tak over hodet. Dette er mulig å gjennomføre på takterrassen på Ocean Space Centre.



*Figur 5-8 Illustrasjon av takhage med kombinasjon av blågrønne overvannstiltak og oppholdsarealer (85)*

## 5.6 Kostnadsestimering

Fordelene av LOD-tiltak er hovedsakelig relatert til unngåtte skader som følge av overvannsflo. Gjennomføring av tiltak innebærer investeringskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader. I tilfeller der overvann ledes til fellessystem, har det også en kostnad på renseanlegg. Arealkostnader er en viktig kostnadspost for lokale overvannsløsninger da det opptar plass over bakken. Denne tiltakskostnaden vil variere mye for ulike områder. I sentrumsområder vil denne kostnaden være betydelig større. Krav til overflateareal av LOD-tiltak i forhold til nedbørfeltet er også en faktor som pårører arealkostnaden. Tabell 5-1 viser en grov oversikt over kostander for overvannstiltak (64).

Tabell 5-1 Forventede tiltakskostnader og levetider for LOD-tiltak (64)

Overvannstiltak	Investeringskostnad	Driftskostnader	Levetid
Frakobling av takrenner	Lav	Lav	100 år
Grønne tak*			
- Ekstensiv tak (ekstrakostnader sammenlignet med et vanlig tak)	400-600 kr/m <sup>2</sup> <sup>1</sup>	2-10 kr/m <sup>2</sup> og 50 år år <sup>2</sup>	
Grønne vegger	4000 kr/m <sup>2</sup> <sup>3</sup>	200 kr/m <sup>2</sup> <sup>4</sup>	50 år
Infiltrasjonstiltak:			40 år
- Infiltrasjonsgrøft	900 kr/m <sup>2</sup>	10kr/m <sup>2</sup>	
- Regnbed	1400 kr/m <sup>2</sup>	15kr/m <sup>2</sup>	
- Infiltrasjonsbasseng	500 kr/m <sup>2</sup>	5 kr/m <sup>2</sup>	
- Filterbasseng	90 kr/m <sup>2</sup>	10 kr/m <sup>2</sup>	
Fordrøyningsstiltak:			40 år
- Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	2100 kr/m <sup>2</sup>	20 kr/m <sup>2</sup>	
- Overvannsdam	1300 kr/m <sup>2</sup>	35 kr/m <sup>2</sup>	
- Våtmark	1400 kr/m <sup>2</sup>	35 kr/m <sup>2</sup>	
Permeable flater*		10-20 kr/m <sup>2</sup>	40 år
-Gress	50 kr/m <sup>2</sup>		
-Grus-	80-100 kr/m <sup>2</sup>		
-Betongheller	350-600 kr/m <sup>2</sup>		
-Armert gress med betongheller	350-500 kr/m <sup>2</sup>		
-Armert gress med gatesten	800-1000 kr/m <sup>2</sup>		
-Gatesten	800-1000 kr/m <sup>2</sup>		

I kostnadsberegningen tas det kun til betraktning investeringskostnader og driftskostnader knyttet til andel areal benyttet til LOD-tiltak på planområdet.

Som kostnadsberegningene i vedlegg 11.A tilsier har etablering av LOD-tiltak store kostnader. For at LOD-tiltakene skal bli tatt i betraktning, må staten stille strengere krav til det ved utbygging. Denne oppgaven styrker hvorfor LOD-tiltak vil være en fordel på bakgrunn av både levetid og innovasjon. Dagens utforming har mye å si for framtiden, og gjennom gode løsninger fra tidlig fase er man mer forberedt for å håndtere utfordringene som kommer.

Fra Rambøll sin kostnadsberegningsskjema, vist i vedlegg 11.B, vil betongrør og installering av disse koste omtrent 40 millioner kroner. Dette er prisen gitt uten løpende driftskostnader. LOD-tiltak har ett estimert investeringspris på 18 millioner kroner, og driftskostnader på 200 000 kroner. Antatt levetid på rør er satt til 100 år (23), mens for LOD-tiltak varierer det

mellom 40-100 år (64). Det er betydelige forskjeller på kostander, og resultater viser at LOD-tiltak vil gjøre samfunnet bedre rustet til å håndtere de kommende klimaendringene.

Betongrør alene vil ikke klare å ta unna nedbørsmengdene i fremtiden. Derfor vil en kombinasjon av LOD-tiltak og tradisjonelle tiltak være en god løsning (13).

I betongrør vil gjenvinning av overvann være vanskelig å bruke som en ressurs. I tillegg er lekkasjer i ledningsnett et stort problem i dag, som også vil være vanskelig å forutse.

Grunnforhold har mye å si for nedgraving av rør. Der byggegrunnen ikke har gode forutsetninger, vil det dermed være vanskelig å installere rør (65). Dette må derfor undersøkes nærmere med ulike analyseverktøy på planområdet.

## 6 KONKLUSJON

I oppgaven blir det presentert to forskjellige løsninger for lokal overvannshåndtering. Alternativ 1 blir vurdert som den beste løsningen for planområdet da tiltakene er mer innovative og hensiktsmessig for framtiden enn det andre forslaget. Fordrøyningsanlegget vil sørge for midlertidig lagring av overvannet, samt være en god løsning for flomdemping.

Overvannsmengdene er basert på IVF-kurven for området og gjentaksintervall på 30 år ved ulike varigheter. Den maksimale vannføringen inn på det kommunale nettet vil være 82 l/s ved utløp 1 og 93 l/s ved utløp 2. Kapasiteten på LOD-tiltakene på område 1 vil være 610 m<sup>3</sup> og på område 2 vil det være 423 m<sup>3</sup>. Beregnet nødvendig fordrøyning på hele planområdet vil til sammen være 763 m<sup>3</sup>. Dette tilsvarer også kravet til nødvendig fordrøyningsvolum gitt i VA-normen. LOD-tiltakene har god kapasitet og dekker fordrøyningsvolumet med god margin.

Ved gitt mulighet og bredere tidsperspektiv kunne det ha blitt gjennomført egne simuleringer og prøver på de ulike overvannstiltakene, som kunne ha vært et supplement til beregningene. Ved sammenligning av utførte beregninger av tak med Protan BlueKalk sine resultater ga det ikke et tydelig bilde i realiteten. Den rasjonelle formelen gir ikke et praktisk resultat og estimatene i oppgaven kunne på den måten valideres med ytterligere forskning. Derfor vil dette være en mulig feilkilde i hele besvarelsen da det bygger på den rasjonelle metoden og andre teoretiske prinsipper.

LOD-tiltakene vil virke positivt på området, og har lavere kostnader i forhold til installering av betongrør. I oppgaven har det blitt beregnet rørdimensjoner for overvannsledninger på planområdet med utgangspunkt i reguleringsplanen. Rørdimensjonene etter installering av LOD-løsningene vil være omtrent like som før implementering av LOD-tiltakene, men til gjengjeld vil de ha mer kapasitet.

Med tanke på fremtidige klimaendringer vil det være nødvendig å etablere LOD-tiltak i tidlig fase ved utbygging av nye byområder. Dette vil avlaste det kommunale ledningsnett, samt skape et bærekraftig samfunn der mennesket og naturen er i fokus. Til tross for høye kostnader er det viktig at kommunene inkluderer lokal overvannshåndtering og ser på overvannet som en ressurs. Dette krever tverrfaglig samhandling mellom blant annet overvannshåndtering og landskapsplanlegging.

Det er viktig å se helheten i planleggingsprosessen. Noen av de presenterte overvannstiltakene vil ikke ha betydelig innvirkning på overvannet og økosystemet alene, men kan gi stor effekt dersom de kobles sammen eller anvendes over større arealer og framtidige utbygginger. Det kan derfor ha stor innvirkning på større byområder og nedslagsfelt sammenlagt.

## 7 REFERANSER

(1) Mener VA-bransjen er for konservativ [Internett]. Byggfakta; 18. januar 2013 [hentet 30. januar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.byggfakta.no/mener-va-bransjen-er-for-konservativ-54164/nyhet.html>

(2) FN. Klimaendringer [Internett]. FN-sambandet [oppdatert 24. september 2019; hentet 02. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>

(3) NOU 2015: 16. Overvann i byer og tettsteder [Internett]. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning; 2015

Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nu201520150016000dddpdfs.pdf>

(4) SINTEF. Regnvann som blir liggende koster oss mer enn flom og jordskjelv [Internett]. SINTEF; 16. september 2018 [hentet 16. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://forskning.no/klima-partner-sintef/regnvann-som-blir-liggende-koster-oss-mer-enn-flom-og-jordskjelv/1238759>

(5) NRK. Velkommen til Trondheim i år 2100 [Internett]. NRK; 28. november 2020 [hentet 10. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.nrk.no/klima/kommune/5001>

(6) Magnussen K, Wilfstad K, Seeberg A.R, Stålhammar K, Bakken S.E, Banach A, et al. Naturbaserte løsninger for klimatilpasning [Internett]. Menon Economics; September 2017 [hentet 02. april 2021]. Menon-publikasjon nr. 61/2017.

Tilgjengelig fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m830/m830.pdf>

(7) SINTEF. Finn riktig sted for infiltrasjon av overvann [Internett]. SINTEF; 01. februar 2019 [hentet 10. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/finn-de-beste-stedene-for-infiltrasjon-av-overvann/>

(8) Wavin. Overvann [Internett]. Wavin [hentet 23. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.wavin.com/nn-no/produkter/overvann>

(9) Nesshover C, Assmuth T, Irvine K.N, Rusch G.M, Waylen K.A, Delbaere B, et al. Science of the Total Environment [Internett]. Elsevier; 02. desember 2016 [hentet 01. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325578?via%3Dihub>

(10) Lokale overvannsløsninger [Internett]. VA forum; mai 2014 [hentet 15. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://vaforum.no/vaforum-artikler/lokale-overvannslosninger/>

(11) Miljødirektoratet. Overvann [Internett]. Miljødirektoratet; 25. mars 2020 [hentet 13. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>

(12) Thorofsson S. Blågrønne overvannsløsninger. Nytt fra NTNU. 2015:42 [hentet 10. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/56139a30e4b06f52172518c2/1444125232156/Nytt+fra+NTNU+Byggeindustrien+2015+09\\_s42.pdf](https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/56139a30e4b06f52172518c2/1444125232156/Nytt+fra+NTNU+Byggeindustrien+2015+09_s42.pdf)

(13) Miljødirektoratet. Hvordan håndtere overvann [Internett]. Miljødirektoratet; 15. mars 2020 [hentet 13. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/vannforvaltning/overvannshandtering/legg-treleddstrategien-til-grunn/>

(14) Retningslinjer for overvannshåndtering [Internett]. Lørenskog, Rælingen og Skedsmo; 21. juni 2017 [hentet 10. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.lorenskog.kommune.no/f/p11/i3cc789c6-8622-40f4-a418-285ecc76b136/retningslinjer-overvannshandtering.pdf>

(15) Forskrift fra TEK17 kapittel 15, installasjoner og anlegg. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet; 2017.

(16) Undheim A. Naturbaserte overvannstiltak sitt potensiale til å fremme en bærekraftig byutvikling [masteroppgave]. Stavanger: Universitetet i Stavanger; 2018.

(17) Braskerud B.C, Azhar S.Q, Barkved L.J, Bruin K.D, Christiansen A.F, Fleig A.K, et al. Hver dråpe teller - Blågrønn infrastruktur i byer. Eksempler på tiltak basert på studietur til Amsterdam og Rotterdam. Oslo: Norsk institutt for vannforskning; 01. mai 2019. Rapport nr. 7382-2019.

(18) Paus K.H. Løsninger: Fysiske tiltak [Internett]. Hamar: Asplan Viak; 4. mai 2017 [hentet 12. april 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Dag\\_1\\_-\\_06\\_-\\_Fysiske\\_tiltak\\_Paus.pdf](https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Dag_1_-_06_-_Fysiske_tiltak_Paus.pdf)

(19) Paus, K.H, Braskerud B.C. Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold [Internett]. Vannforeningen; 2013 [hentet 9. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013\\_872571.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_872571.pdf)

(20) Banach A, Fjeldhus K. Overvannsdammer- et urbant vannmiljø [Internett]. NVE; januar 2016 [12. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.nve.no/Media/5031/overvannsdammer-et-urbant-vannmiljo%C3%B8.pdf>

(21) Ødegaard H, Norheim B. Vann- og avløpsteknikk. 2. utgave. Hamar: Norsk Vann; 2014.

(22) Vasseljen S. Overvann som ressurs [Internett]. Trondheim: Asplan Viak; 2014 [oppdatert juni 2016, hentet 15. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1485874414/rapport-overvann-2016-12-21.pdf>

(23) VA-norm Trondheim kommune. Trondheim: Trondheim kommune. [Hentet 10. Mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.va-norm.no/pdf/0/all/126/>

(24) SINTEF. Permeable dekker med belegningsstein i betong håndterer overvann [Internett]. SINTEF; 2. oktober 2018 [hentet 20. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/permeable-dekker-med-belegningsstein-i-betong-handterer-overvann/>

(25) Myhr K. Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein. Byggetengrenser; oktober 2013.

(26) Lindholm O, Endresen S, Thorolfsson S, Sægrov S, Jakobsen G, Aaby L. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, vedlegg 1, beskrivelse av anlegg for lokal overvannsdiskonponering (LOD). Norsk Vann; 2018. Rapport 162-2008.

(27) Wavin. Q-BIC PLUS er markedets beste fordrøyningsløsning [Internett]. Wavin; [hentet 22. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.wavin.com/nn-no/kunnskapsenter/prosjekter/nye-jordal-amfi>

(28) Statens vegvesen. Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging [Internett]. Statens vegvesen; [hentet 1 juli 2014].

Tilgjengelig fra:

[https://www.vegvesen.no/attachment/1160093/binary/1086413?fast\\_title=Vannbeskyttelse](https://www.vegvesen.no/attachment/1160093/binary/1086413?fast_title=Vannbeskyttelse)

(29) Galbrun R. Overordnet VA-plan. Trondheim: Rambøll Norge AS; september 2013 [hentet 12. april 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b\\_off-ettersyn/2014/tempe-valoya-og-sluppen/vedlegg-12.-va-notat.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b_off-ettersyn/2014/tempe-valoya-og-sluppen/vedlegg-12.-va-notat.pdf)

(30) Norva24. Lar du sandfang bli fulle? Det kan bli vått - og dyrt [Internett]. Norva24; [hentet 13. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://norva24.no/lar-sandfang-fulle-vatt-dyrt/>

(31) Ocean Space Centre. Dette er Ocean Space Centre [Internett]. OSC; [hentet 22. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://oceanspacecentre.no/bakgrunn/>



(32) Ocean Space Centre. Laboratoriene [Internett]. OSC; [hentet 23. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://oceanspacecentre.no/fasiliteter/>

(33) Norsk Kommunalteknisk Forening. Situasjonsplan – hva kreves? [Internett]. Norsk Kommunalteknisk Forening; 2015 [hentet 12. mars 2021]. Tilgjengelig fra:

<http://www.kommunalteknikk.no/getfile.php/3237532.896.eayvyutqfs/19.+Situasjonsplan+-+rev+10062015.doc.as.pdf>

(34) Regjeringen. Reguleringsplanveilder [Internett]. Regjeringen; [hentet 3. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/reguleringsplanveileder/id2609532/?ch=10>

(35) Norsk Klimaservicesenter. Nedbør [Internett]. Norsk Klimaservicesenter; [januar 2021; 11. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://klimaservicesenter.no/kss/forside/vaertema/velg-tema-nedbor>

(36) NVE. Aktsomhetskart for flom [Internett]. NVE; 03. september 2020 [oppdatert 06. oktober 2020, hentet 02. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/aktsomhetskart/aktsomhetskart-for-flom/>

(37) NGU. Kvartærgeologiske kart (Løsmassekart) [Internett]. NGU; 28. mai 2015 [oppdatert 29. januar 2020; hentet 05. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.ngu.no/emne/kvart%C3%A6rgeologiske-kart-l%C3%B8smassekart>

(38) Nibio. Beskrivelse av avsetningstypene [Internett]. Nibio; 19. juli 2017 [hentet 05. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/avsetningstyper/beskrivelse-av-avsetningstypene>

(39) NGU. Tolkning av løsmassekart [Internett]. NGU; 4. februar 2015 [hentet 05. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.ngu.no/nyheter/tolkning-av-løsmassekart>

(40) Hovedplan avløp og vannmiljø 2013-2024. Trondheim: Trondheim kommune; mars 2013 [hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/hovedplaner/hovedplan-avlop-og-vannmiljo-2013-24.pdf>

(41) Noreng K, Kvalvik M, Busklein J.O, Ødegård I.M, Clewing C.S, French H.K. Grønne tak. Oslo: SINTEF Byggforsk; 2012. Rapport nr. 104.

(42) VA-norm Trondheim kommune, vedlegg 5, beregning av overvannsmengde og dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum. Trondheim: Trondheim kommune. [Hentet 10. Mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2020/02/Vedlegg-5-Beregning-av-overvannsmengde.pdf>

(43) Magnussen R.A.G. Gjennomgang av avrenningsfaktorer [Internett]. Miljødirektoratet og COWI; januar 2015 [31. januar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M293/M293.pdf>

(44) Paus K.H. Kurs i klimatilpasning og overvann. Hamar: Asplan Viak; 4. mai 2017 [hentet 23. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Dag\\_1\\_-\\_05\\_-\\_Crashkurs\\_i\\_overvannsberegninger\\_Paus.pdf](https://norskvann.no/images/gjertrude/pdf/Dag_1_-_05_-_Crashkurs_i_overvannsberegninger_Paus.pdf)

(45) Paus, K.H. Tolkning av tre-trinnstrategien for håndtering av overvann og eksempler for dimensjonering [Internett]. Asplan Viak; 7. februar 2021 [2 mai 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://www.lier.kommune.no/globalassets/11.-kunngjoringer-og-horinger/dokumenter/andre-planer/overvann-lier/temaplan\\_vedlegg-2.pdf](https://www.lier.kommune.no/globalassets/11.-kunngjoringer-og-horinger/dokumenter/andre-planer/overvann-lier/temaplan_vedlegg-2.pdf)

(46) COWI. På lag med regnet [Internett]. Rogaland: Miljødirektoratet; 27. september 2013 [hentet 3. mai].

Tilgjengelig fra:

[https://prosjekt.fylkesmannen.no/Documents/PlanOppland/Dokumenter/lysark/COWI\\_Veiled\\_er\\_overvann\\_27-sept-2013.pdf](https://prosjekt.fylkesmannen.no/Documents/PlanOppland/Dokumenter/lysark/COWI_Veiled_er_overvann_27-sept-2013.pdf)

(47) Miljø- og fluidteknikk AS. Downstream defender [Internett]. [Hentet 20 mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://mft.no/wp-content/uploads/DownstreamDefender-PI.pdf>.

(48) Mortensen H, Riis B, Skavern C.P. Overvannshåndtering på Wergeland [bacheloroppgave]. Vestlandet: Høyskolen på Vestlandet; 2020.

(49) Climate-data.org. Trondheim klima [Internett]. Climate-data.org; [hentet 5 mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://no.climate-data.org/europa/norge/s%C3%B8r-tr%C3%B8ndelag-fylke/trondheim-707/?fbclid=IwAR2ktbEL6OOEMqanTboG8q7vWHatKXCteyc6B8pA19t3St-SFOkJY-GTqvQ>

(50) Forskrift fra TEK17 kapittel 13 ledd 12, Nedbør. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet; 2017.

Tilgjengelig fra:

<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/vi/13-12/>

(51) Myhr K. Permeable dekker av belegningsstein. Aaltvedt Betong; [hentet 20. mars 2021].

(52) Miljø- og fluidteknikk AS. Mengderegulering [Internett]. Miljø-fluidteknikk AS; [hentet 11. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://mft.no/mengderegulatorer/>

(53) 15- Håndtering av overvann, LOD [Internett]. Miljø blad; 31. mai 2018 [hentet 01. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2018/06/Blad-125-31.05.18.pdf>

(54) Braskerud B.C., Skallebakke O.P. Frakobling av takrenner til overflate. Flomdemping i små nedbørfelt [Internett]. Fredrikstad kommune;2013 [hentet 10. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013\\_888799.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_888799.pdf)

(55) Dunnett N, Kingsbury N. Planting green roofs and living walls. Dunnett N, Kingsbury N; 2008.

(56) Kunduraci M. Analyse av LOD-tiltak [masteroppgave]. Ås: Meltem Kunduraci; 2016.

(57) Myhr K. Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein. Byggutengrenser; oktober 2013.

(58) Byggtjeneste. Hva er BREEAM/BREEAM-NOR? [Internett]. Byggtjeneste; [hentet 30 april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://byggtjeneste.no/breeam-nor/>

(59) Rambøll. Breeam sertifisering. [Internett]. Rambøll; [hentet 3 april 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://no.ramboll.com/tjenester/miljo-og-helse/miljostyring/breeam-sertifisering?qclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakjJfTslqoLuEKnsf2BdGBOFQZ2rFWZn9jDzDDK8lwCAW2CcEK9U99QaAhmeEALw\\_wcB](https://no.ramboll.com/tjenester/miljo-og-helse/miljostyring/breeam-sertifisering?qclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakjJfTslqoLuEKnsf2BdGBOFQZ2rFWZn9jDzDDK8lwCAW2CcEK9U99QaAhmeEALw_wcB)

(60) BREEAM. What is BREEAM? [Internett]. BREEAM; [hentet 13 april 2021].

Tilgjengelig fra:

<http://www.breeam.com>

(61) Vatne, S.B. Først stein og vann [Internett]. Skien: Digitalt museum; 11. november 2020 [oppdatert 11. november 2020; hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://digitaltmuseum.no/021048862917/forst-stein-og-vann-skulptur>

(62) Skogseth, T.U. Ekstremvær kan bli den nye normalen [Internett]. Trondheim: Adressa.no; 15. juli 2018 [oppdater 26. Juli 2018; hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.adressa.no/vaeret/2018/07/25/Ekstremv%C3%A6r-kan-bli-den-nye-normalen-17186661.ece>

(63) Bergknapp. Takhage [Internett]. Bergknapp; [hentet 1. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.bergknapp.no/produkter/gr%C3%B8nne-tak/takhage>

(64) Magnussen K, Wingstedt A, Rasmussen I, Reinvang R. Kostnader og nytte ved overvannstiltak [Internett]. Oslo: COWI; 30. januar 2015 [hentet 19. februar 2021]. Rapport nr. 2015/02.

Tilgjengelig fra:

<https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/5632/kostnaderognyttevedovervannstiltakm305.pdf>

(65) Paus K.H, Braskerud B.C. FNs bærekraftsmål og bruk av lokal overvannsdiskonering [Internett]. Oslo kommune og Asplan Viak; 2020 [hentet 10. april 2021]. Rapport nr. 01 2020.

Tilgjengelig fra:

[https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2020/03/braskerud20\\_fns-bc3a6rekraft-og-lod\\_vann-nr1-2020.pdf](https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2020/03/braskerud20_fns-bc3a6rekraft-og-lod_vann-nr1-2020.pdf)

(66) Rørberegninger - Hydraulisk dimensjonering [Internett]. Pipelife Norge AS; desember 2020 [05. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/marketing/general/r%C3%B8rh%C3%A5ndboka/r%C3%B8rh%C3%A5ndboka2021/R-Hydraulisk%20dimensjonering.pdf>

(67) Byggeindustrien. Rambøll vil skape fyrtårn for blågrønn struktur [Internett]. 12. september 2016 [hentet 10. mars 2021]

Tilgjengelig fra:

<https://www.bygg.no/article/1286597>

(68) Rambøll. Blågrønn infrastruktur [Internett]. [Hentet 16. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://no.ramboll.com/tjenester/byutvikling/blagronn-infrastruktur>

(69) Protan. Grønne tak vekker bygninger til liv [Internett]. [Hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.protan.no/bluegreenroof/>

(70) Skedsmo kommune. Dette er målet – nå skal bekken ut av røra. Skedsmo; [hentet 10. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.rb.no/dette-er-malet-na-skal-bekken-ut-av-rora/s/5-43-1038403?&session=ff4d1272-8f35-4996-aedb-518f15bdf145>

(71) Park og anlegg. [Hentet 10. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://parkoganlegg.no/wp-content/uploads/sites/33/2020/11/DSC\\_1649\\_red.jpg](https://parkoganlegg.no/wp-content/uploads/sites/33/2020/11/DSC_1649_red.jpg)

(72) Kartutsnitt fra Google Maps. [Hentet 07. februar 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.google.no/maps3.2>

(73) Flom. NVE flomsonekart: NVE; 2015.

Tilgjengelig fra:

<https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/flaum/>

(74) Trondheim kommune. Aktsomhetskart for flomveier. [Hentet 10. mars 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.aspx?layout=trondheim&time=637545191945871260&vwr=asv>

(75) Ocean Space Centre. Skisse av undervisningslaboratorier. [Hentet 05. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://oceanspacecentre.no/wp-content/uploads/2018/12/Flex\\_lab\\_area.png](https://oceanspacecentre.no/wp-content/uploads/2018/12/Flex_lab_area.png)

(76) Ocean Space Centre. Skisse av strømningstank. [Hentet 05. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://oceanspacecentre.no/wp-content/uploads/2018/11/str%C3%B8mningstank.png>

(77) Oslo kommune. Overvannshåndtering [Internett]. Oslo; 12. oktober 2011 [hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://secure.styret.com/s3assets-public/show/31945>

(78) Verdens beste nyheter. Slik blir fremtidens byer [Internett]. 21. september 2017 [hentet 10. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://verdensbestenyheter.no/nyheter/fremtidens-byer/>

(79) NTNU. Vinteråpne regnbødd [Internett]. [Hentet 05. april 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/59e98b26e5dd5bd36432589f/1508477746586/Nytt+fra+NTNU+Byggeindustrien+2017+15\\_s60.pdf](https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/59e98b26e5dd5bd36432589f/1508477746586/Nytt+fra+NTNU+Byggeindustrien+2017+15_s60.pdf)

(80) Pikist. Snø på dam. [Hentet 07. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://www.pikist.com/free-photo-spqsk/no>

(81) Byggmesteren. Noen som trenger et grønt tak? [Internett]. 09. oktober 2017 [hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://byggmesteren.as/2017/10/09/trenger-gront-tak/>

(82) Belegningsstein som håndterer overvann. Jan Eldegard, [Internett]. [Hentet 05. april 2021].

(83) Aquaworld. Fontener [Internett]. [Hentet 05. mai 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://aquaworld.no/produktkategori/hagedam/fontener/>

(84) Hydroactive smart roof. The New Standard in Blue & Green Infrastructure to optimize Stormwater Management [Internett]. [Hentet 10. april 2021].

Tilgjengelig fra:

[https://www.vegetalid.us/images/vegetalid/documentations/Documents/Brochures/HSR\\_2015.pdf](https://www.vegetalid.us/images/vegetalid/documentations/Documents/Brochures/HSR_2015.pdf)

(85) Bjergsted Trio. Konsept for private takhager [Internett]. [Hentet 21. april 2021].

Tilgjengelig fra:

<https://docplayer.me/62804555-Bjergsted-trio-konsept-for-private-takhager.html>

## VEDLEGG

Vedlegg 1	Forprosjektrapport
Vedlegg 2	Fordrøyningsvolum på planområdet
Vedlegg 3	Påslipp på kommunalt nett
Vedlegg 4	Dimensjonering av magasinivolum
Vedlegg 5	Protan BlueKalk
Vedlegg 6	Dimensjonering av LOD-tiltak på område 1
Vedlegg 7	Dimensjonering av LOD-tiltak på område 2
Vedlegg 8	Dimensjonering av sandfang
Vedlegg 9	Avrenning av LOD-tiltak
Vedlegg 10	Dimensjonering av overvannsledninger
Vedlegg 11	Kostnadsberegning
Vedlegg 12	Tegninger i AutoCAD

