



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY  
STORBYUNIVERSITETET

Institutt for Bygg- og energiteknikk – Bygg  
Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo  
Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

GRUPPE NR. 8

TILGJENGELIGHET: ÅPEN

Telefon: 67 23 50 00  
[www.oslomet.no](http://www.oslomet.no)

# BACHELOROPPGAVE

BACHELOROPPGAVENS TITTEL  Utbedring av flomveier og LOD-tiltak i avrenningsfeltet til Grønland	DATO  25.05.2022
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG  79/15
FORFATTERE ANDERS NOHR STORM-JOHANNSEN ANDERS HARALDSEN SEBASTIAN GUSTAV THORSEN	VEILEDER TOM BAADE-MATHIESEN
UTFØRT I SAMARBEID MED  BYMILJØETATEN	KONTAKTPERSON  STINA KAISA KARLSTRØM

## SAMMENDRAG

I fremtidige Norge kan det ventes økte nedbørsmengder grunnet klimaendringer. Dette i sammenheng med flere impermeable flater og mindre grøntområder, fører til økt utfordring for overvannsproblematikken i bymiljø. Denne rapporten omhandler et større nedbørsfelt i sentrale Oslo, med Grønland som lavbrekk. Her blir det meste av vannet fra nedbørsfeltet fraktet ned til Grønland, som gjør dette området svært utsatt for oversvømmelser.

I denne rapporten blir det utredet om effektive og trygge flomveier, samt mindre LOD-tiltak som hjelper til med å avlaste disse i avrenningsfeltet omkring Grønland. Ved hjelp av Scalgo ble det oppdaget ulike områder innenfor avrenningsfeltet der det egner seg med LOD-tiltak. Disse vil ha som funksjon å avlaste for nye og eksisterende flomveier ved ekstreme nedbør, samt samle opp og lede, fordrøye og infiltrere vann under alle typer nedbør. Det ble også aktuelt å kartlegge hvordan flomveiene kan ledes til Akerselva, og vurdere hvilke tiltak som kunne endre dagens situasjon til det bedre. Dette ble vurdert ut ifra innhentede data fra VAV, egne beregninger, Scalgo og befaringer.

3 STIKKORD

INNOVASJON

FLOMVEI

LOD-TILTAK

# Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som et avsluttende prosjekt i studieretningen ingeniørfag - Bygg, ved Oslomet - Storbyuniversitetet. Oppgaven er skrevet i 2022 og er gjennomført i samarbeid med bymiljøetaten i Oslo kommune. Innholdet omhandler utbedringer av flomveier med egne utredede tiltak, samt hvilke LOD-tiltak som kan implementeres i terrenget for å fordrøye kraftige regnskyll.

I fremtiden står verden ovenfor utfordringer med hensyn på klima. Dette medfører mer ekstreme vær situasjoner som inkluderer økende nedbørsmengder. Dette er et felt som ikke er forsket veldig mye på, og det er noe som trenger et større fokusområde fremover. Dette ble da veldig interessant å forske på, da temaet var relevant med tidligere kompetanse fra studiet. Vi setter derfor stor pris på at bymiljøetaten har gitt oss rom for å utvide kompetansen innenfor feltet.

Vi har også fått flere gode erfaringer ved å være i kontakt med flere etater. Dette har gitt oss et godt innblikk i hvordan Oslo kommune strukturerer arbeid med prosjekter, noe som vi kan ta med oss videre i studier og arbeidslivet.

Vi ønsker å takke bymiljøetaten for et godt samarbeid rundt prosjektet. Vi vil spesielt takke våre eksterne veiledere Stina Kaisa Karlstrøm og Marie Langsholt Holmqvist. Vi har satt stor pris på hvor mye tid og ressurser som har medgått for å hjelpe oss med å komme i gang med oppgaven, samt gi gode tilbakemeldinger i løpet av skriveperioden. Vi vil også takke VAV for å være fleksible og dele essensiell informasjon rundt oppgaven. Vi vil til slutt også takke vår interne veileder Tom Baade-Mathiesen for et godt samarbeid, og for god oppfølging.



Anders Nohr Storm-Johannsen



Anders Haraldsen



Sebastian Gustav Thorsen

Dato/sted: 25.02.2022/Oslomet – Storbyuniversitetet

## Sammendrag

I fremtidige Norge kan det ventes økte nedbørsmengder grunnet klimaendringer. Dette i sammenheng med flere impermeable flater og mindre grøntområder, fører til økt utfordring for overvannsproblematikken i bymiljø. Denne rapporten omhandler et større nedbørsfelt i sentrale Oslo, med Grønland som lavbrekk. Her blir det meste av vannet fra nedbørsfeltet fraktet ned til Grønland, som gjør dette område veldig utsatt for oversvømmelser. Urbanhydrologi blir derfor et viktig aspekt for fremtidig dimensjonering.

Tretrinnsstrategien er en sentral strategi i Norge for håndtering av overvann på en bærekraftig måte, og fungerer som en oppskrift på hvordan ulike mengder regn bør håndteres. Trinn 1 og 2 omhandler mindre LOD- tiltak som fordrøyer og infiltrerer vannet, mens trinn 3 går ut på å sikre trygge flomveier. Denne rapporten handler av den grunn både om effektive og trygge flomveier, samt enklere LOD-tiltak som kan hjelpe med å avlaste disse i avrenningsfeltet omkring Grønland.

Det vil være hensiktsmessig å finne utviklingsområder lenger opp i avrenningsfeltet som kan lette på mengden vann som trekker ned i Grønland. Botanisk hage ble kartlagt som et aktuelt område, da det er en del av avrenningsfeltet og i umiddelbar nærhet til Akerselva.

Ved hjelp av Scalgo ble det oppdaget ulike områder innenfor avrenningsfeltet der det egner seg med LOD-tiltak. Disse vil ha som funksjon å avlaste for nye og eksisterende flomveier ved ekstreme nedbør, samt samle opp og lede, fordrøye og infiltrere vann under alle typer nedbør. Grunnet problematikken ved å simulere tiltakene nøyaktig i Scalgo, vil det være noe usikkerhet rundt effekten av disse. Det blir derfor utført en poengbasert vurdering for validering av de ulike LOD-tiltakene. De ulike punktene som tiltakene blir vurdert på er basert på hva gruppen mener er viktige kriterier for et godt LOD-tiltak, og poeng tildeles basert på hvor relevant tiltaket er til området.

Det ble også aktuelt å kartlegge hvordan flomveiene kan ledes til Akerselva, og vurdere hvilke tiltak som kunne endre dagens situasjon til det bedre. Dette ble vurdert ut ifra innhentede data fra VAV, egne beregninger, Scalgo og befaringer. Ved hjelp av denne informasjonen ble det oppdaget flere tiltak som kan medføre en bedring av flomveiene, blant annet ved å endre gatetverrsnitt, renner, lokale høybrekk og fartshumper. Avrenningsfelt og faktisk vannføringsendring beregnet fra den rasjonelle formelen er tilfeller som er vanskelig å beregne eksakt med virkeligheten, som fører til usikkerhet i rapporten. Beregningene baserer seg på sammenligningen av egne utregninger og tall mottatt fra VAV, der det legges stor vekt på at beregningene til VAV er mer nøyaktig enn egne utregninger. Her var det betydelige forskjeller, noe som gjør det vanskelig å konkludere validiteten til egne beregninger. Dette skaper en problematikk ved at VAV ikke får simulert tenkte fremtidige tiltak som har blitt utredet. Det ble derfor bestemt å benytte forholdstallet fra dagens situasjon og implementere dette i utregningene som skal illustrere fremtidig situasjon. For å måle kapasiteten til vegene har det blitt benyttet Mannings formell for å se på erosjon med hensyn på vannhastighet, og hvilken vannføring vegen har mulighet til å føre mellom kantsteinene. Andre tall som er tatt hensyn til er vannhøyde og akkumulert vannføring, da vannføringsdataen kan gi et kunstig inntrykk. Dette kan illustreres ved Vahls gate der vannføringen er lav, siden fallet i vegen er minimalt.

## Abstract

Precipitation is only expected to increase, because of climate change. In addition, urban areas in Norway sees more impermeable surfaces and less green areas, which leads to an increased challenge considering surface water management. This report is about a larger precipitation area in central Oslo, with Grønland as the lowest point. Most of the water from the precipitation area will flow down here, and very little is infiltrated in the ground, or delayed and stored. Consequently, this is an area that's very exposed to floods.

The three-step strategy is a central strategy in Norway that works as a recipe on how to handle surface water in a sustainable way. Step 1 and 2 concerns smaller LID-measures to delay and infiltrate the water, while step 3 is about securing safe floodways. Thus, this rapport is about effective and safe floodways, as well as smaller LID-measures that will relieve these in the runoff field surrounding Grønland.

It's beneficial finding areas of improval further up in the runoff field that can lighten the amount of water flowing down to Grønland. Botanical garden was looked at as an applicable area, because it's a part of the runoff field and in close proximity to Akerselva. With the use of Scalgo, it was discovered areas inside the runoff field that could benefit from LID-measures. Their primary function will be to relieve both new and existing floodways during extreme precipitation, as well as lead, delay and infiltrate water during all types of precipitation. The complications of simulating measures in Scalgo made the results somewhat inaccurate. Thus, the report will include a point-based assessment to validate the different LID-measures. The different subjects of which the measures will be rated are based on what criteria the group deems most important to consider them as good LID-measures. Points will be given based on how relevant the measures are for the different areas.

It was also appropriate to map where the different floodways could be led to Akerselva, and consider what measures could change today's situation for the better. This was considered with the use of data received from VAV, own calculations, Scalgo and site inspections. With the help of this information, it was discovered measures that can improve the floodways we see today. These are measures that include changing the size of the street, chutes, local summits and speed bumps. It should be noted that there are several insecurities in the report. Runoff fields and actual change in the water currents calculated from the rational formula are cases that's really hard to get exactly like reality. These are based on comparisons of own calculations and numbers received from VAV, with a much bigger weight on the calculations from VAV, and that they are more correct than own calculations by hand. There were major differences in the calculations, which makes it hard to conclude the validation of own calculations. This is problematic when VAV is unable to simulate the planned measures. Therefore, it was decided to use ratios from today's situation and implement those in the calculations that will illustrate the future situation. To measure the capacity of the roads, Manning's formula was used to look at erosion with regard to water speed, and what amount of water current the road have capacity to. Other numbers that have been taken into account are water height and accumulated water current, since the water current data can give a wrong impression. This can be illustrated in Vahls gate where the water currents are low, since there is only a minimal decline in the height of the road.

# Innholdsfortegnelse:

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
Lister .....	VII
Ordliste .....	VII
Figurliste .....	VIII
Bideliste .....	IX
Tabelliste .....	IX
1. Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.1.1 Klima .....	3
1.1.2 Kostnader .....	3
1.1.3 Historisk bakgrunn .....	4
1.2 Dagens situasjon .....	5
1.2.1 Overvannsystemet i dag .....	5
1.3 Problemstilling .....	6
1.4 Rammer .....	6
1.4.1 Tematisk avgrensing .....	6
1.4.2 Geografisk avgrensing .....	7
1.5 Mål og hensikt .....	8
2. Teori .....	8
2.1 Lokal overvannshåndtering .....	8
2.1.1 Tretrinnsstrategien .....	10
2.1.2 Grønne grøfter .....	12
2.1.3 Regnbed .....	13
2.1.4 Fordrøyningsbasseng og -magasin .....	14
2.1.5 Swales .....	16
2.1.6 Flom og flomveier .....	17
2.2 Overvannshåndtering i andre land .....	19

2.2.1	Danmark .....	19
2.2.2	Singapore .....	20
2.2.3	Tokyo .....	20
2.2.4	Nord Amerika .....	20
2.3	Tilleggsinformasjon .....	21
2.3.1	Veganalyse .....	21
2.4	Formler .....	22
2.4.1	Den rasjonelle metode .....	22
2.4.2	Mannings formell .....	23
3.	Metode .....	24
3.1	Kvantitativ metode .....	25
3.2	Kvalitativ metode .....	25
3.3	Blandet metode .....	25
3.4	Valgt metode .....	26
3.4.1	LOD-tiltak .....	26
3.4.2	Flomveier.....	26
3.5	Refleksjon og kvalitetssikring flomvei .....	27
3.5.1	Usikkerhet .....	27
3.5.2	Kildekritikk .....	28
3.6	refleksjon og kvalitetssikring LOD .....	28
4.	Resultat og diskusjon .....	28
4.1	LOD-tiltak .....	28
4.1.1	Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune .....	29
4.1.2	Vurdering av LOD-tiltak .....	29
4.1.3	Vahls gate .....	31
4.1.4	Heimdalsgate .....	33
4.1.5	Nederst i botanisk hage .....	36
4.1.6	Jens Bjelkes gate .....	37
4.1.7	Sars' gate .....	39
4.1.8	Lakkegata Skatepark .....	41
4.1.9	Oppsummering av LOD-tiltak .....	44

4.2 flomveier .....	45
4.2.1 Kvalitetssikring av valgt flomveiflomveier .....	45
4.2.2 valg av punkter .....	46
4.2.3 kvalitetssikring av Scalgo .....	46
4.2.4 Tall fra VAV .....	48
4.2.5 Kapasitet .....	50
4.2.6 Akkumulert Q .....	51
4.2.7 Vannhøyde .....	51
4.2.8 tiltak flomvei .....	53
4.2.9 Blanding .....	58
4.2.10 Valg av flomvei .....	58
4.2.11 usikkerhet med hensyn på beregningene etter tiltak .....	60
4.2.12 Vannførings resultat av gjennomførte tiltak .....	61
4.2.13 Kapasitets resultat av gjennomførte tiltak.....	62
4.2.14 oppsummering .....	63
5. Konklusjon .....	63
6. Referanseliste .....	64
7. Vedlegg .....	69

## Lister:

### Ordliste:

Blågrønn infrastruktur	Et nettverk av områder med vann og grønn vegetasjon som ligger i og utenfor urbane områder.
Bærekraftig overvannshåndtering	Løsningene for dagens håndtering av overvann skal ikke ødelegge for mulighetene til fremtidige generasjoner, der urørt natur er mest bærekraftig
Ekstremvær	Sjelden vær-situasjon helt på grensen av tidligere observasjoner, som kan være som fare for liv og verdier. Varierer fra land til land.
Høybrekk	Område i terreng der det er en endring fra stigning til fall.
Hundreårsflom	Hvor stor flom statistisk sett som kan forekomme i et område i løpet av hundre år. Det er 1% sjanse hvert år for at den kommer, og den kan komme flere ganger i løpet av hundre år, eller ikke i det hele tatt.
Impermeable overflater	Tette overflater som ikke vil penetreres av væske.
Infrastruktur	Fellesbetegnelse på faste anlegg og systemer som er nødvendige for at en virksomhet eller et samfunn skal fungere.
Fordrøyning	Prosess for å forsinke overflatevann.
Flom	Unormal høy vannføring i vassdrag, der vannet kommer over områder som vanligvis er tørre.
Flomtopp	Toppnivået på vannføring under en flomsituasjon.
Flomvei	En naturlig eller tilrettelagt trase som avleder overvann til en resipient.
Infiltrasjon	Vann som penetrerer overflaten og trenger ned i grunnen.
Lavbrekk	Område i terreng der det er en endring fra fall til stigning.
LOD	Lokal overvannsdisponering
Leca	Byggemateriale av brent leire i form av harde kuler. Light expanded clay aggregate.
Overvann	Alt vannet som renner på overflaten, gjerne regn eller smeltevann.
Urban Flom	Når mengden nedbør overskrider kapasiteten til vann- og avløpsnett i urbant miljø.
Resipient	Er en fellesbetegnelse på elver, bekker, innsjø og hav, som mottar vann med utslipp.
Urbanhydrologi	Er en samlet betegnelse på vannets kretsløp i bebygd område. Dette inkluderer også flomvei og LOD-tiltak.



## Figurliste:

Figur 1: Overvannsutfordringer Grønland (Scalgo) .....	2
Figur 2: Utvikling av vannskader og kostnader 2008-2020 (Fiskum, 2021) .....	4
Figur 3: Geografisk avgrensing Grønland (Kortegaard, 2021) .....	7
Figur 4: Dagens situasjon tv. En grønnere fremtid th. (Backe, 2013) .....	9
Figur 5: Tretrinnsstrategien (VA-forum, 2020) .....	11
Figur 6: Tverrsnitt grønn grøft (Leca, u.d.) .....	13
Figur 7: Regnbed (Norges Geologiske undersøkelse, 2018) .....	14
Figur 8: Tverrsnitt LOD-kum (VA forum, 2015) .....	15
Figur 9: Tverrsnitt swale (Norges Geologiske undersøkelse, 2021) .....	16
Figur 10: Overflateløsning tv. Kombinert løsning th. (COWI, 2012) .....	19
Figur 11: Trafikktall planinnsyn Oslo Kommune (Oslo kommune, u.d.) .....	21
Figur 12: Tabell over verdier på avrenningskoeffisienter på ulike flater (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014) .....	23
Figur 13: Mannings-tall og vannhastighet uten fare for erosjon (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014) .....	24
Figur 14: Oversikt LOD tiltak (Google maps med egen illustrasjon) .....	29
Figur 15: Naturlig fall til Akerselva (Scalgo) .....	33
Figur 16: Fordrøyningsbasseng Heimdalsgaten (Hansen, 2016) .....	34
Figur 17: Drenering fra Trondheimsveien til Heimdalsgaten (Scalgo) .....	35
Figur 18: Swale botanisk hage (SuDS Wales) .....	36
Figur 19: Regnbed skatepark (Jakobsen & Hagen, 2018) .....	42
Figur 20: Underjordisk vanntank (Basal) .....	42
Figur 21: Drenering skatepark til Lakkegata tv. Drenering skatepark th. (Scalgo) .....	43
Figur 22: Plassering LOD-tiltak (Google maps med egen illustrasjon) .....	44
Figur 23: oversikt over valgte beregningspunkter (Google maps med egen illustrasjon) .....	45
Figur 24: Illustrasjon over retning av vannføring under blanding (Scalgo med egen illustrasjon) .....	58

Figur 25: Illustrasjon eksisterende flomvei tv. Og flomvei med foreslåtte tiltak th. (google maps med egen illustrasjon) .....	63
Figur 26: nedbørintensitet for Hausmansgate (Norsk klimaservicesenter, 2021) .....	77
Figur 27: Gatetversnitt Vahls gate (Robsahm Kjørven, 2020) .....	80
Figur 28: Gatetversnitt Sars' gate (Robsahm Kjørven, 2020) .....	81
Figur 29: Gatetversnitt Jens Bjelkens gate (Robsahm Kjørven, 2020) .....	82
Figur 30: Effekt av gressarmering i Sars' gate (Scalgo og egne kalkulasjoner) .....	83
Figur 31: Avrenningsfaktor for forskjellige overflater(Statens vegvesen, Håndbok V240, 2020) .....	84

## Bildeliste:

Bilde 1: Gressarming (Multiblokk, u.d.) .....	10
Bilde 2: Grønn grøft (Baskerud & Veierød, 2017) .....	31
Bilde 3: Regnbed Heimdalsgaten (Rasmussen, 2019) .....	34
Bilde 4: Grønt fortau (-Dregde, 2018) .....	38
Bilde 5: Gress på fortau (Howard County Maryland, 2022) .....	39
Bilde 6: Gressarmering langs vei (External Works) .....	40
Bilde 7: Trær på fortau (Keep eureka beautiful) .....	40
Bilde 8: landområder i avrenningsområdet (Scalgo) .....	78

## Tabelliste:

Tabell 1: dagens situasjon .....	49
Tabell 2: Kapasitet og tverrsnitt dagens situasjon .....	50
Tabell 3: Akkumulert Q for hver gate .....	51
Tabell 4: vannhøyde i punkt .....	52
Tabell 5: Vannføring etter foreslåtte tiltak .....	61
Tabell 6: Korrigert tverrsnitt .....	62
Tabell 7: Utrekning Vahls gate rasjonell formel .....	78
Tabell 8: Mannings formel (se Excel dokument for resterende utregninger) .....	79

# 1. Innledning:

Norge er et land i konstant utvikling. Vi får en større befolkning, bygger ut og moderniserer byer, samtidig som klimaet endres til det verre (FN-sambandet, 2021). Fortetting av byer fører blant annet til at det blir mindre grønne områder og flere impermeable flater, som forhindrer infiltrasjon og fører til oppstuvning av vann (Norges Geologiske undersøkelse, 2018). Hvis ikke dette håndteres på en god måte, vil det føre til store skader og massiv økonomisk påkjenning. For å unngå dette er det nødvendig å opparbeide seg et tilstrekkelig kunnskapsnivå på området rundt nedbør- og avrenningsfelt.

I Oslo er det blant annet bare et fåtall bekker og elver som renne gjennom byen der de naturlig rant opprinnelig. Disse har det blitt færre av ved at de i større grad har havnet under veier og bygg. I stedet samler vannet seg på overflaten, som igjen kan skape oversvømmelser og skader. Lukkingen av elver og bekker holdt på frem til 1990- tallet, helt til det kom nye regler og retningslinjer. I dag jobbes det med gjenåpning av disse, og det er i utgangspunktet ikke lenger lov å bygge igjen åpne bekker og elver (Oslo Kommune, 2015).

Det at klimaendringene gir mer nedbør, samtidig som mange naturlige vannveier har blitt lukket og det har blitt mindre grøntområder, fører til en mye større overvannsproblematikk enn før. Dette gjør det kritisk å finne gode løsninger raskt, og tenke innovativt med hensyn på de store utfordringene verden står ovenfor. Dette er ikke bare viktig for samfunnsøkonomien, men også for miljø og helse (Oslo kommune, 2013).

## 1.1 Bakgrunn

Sentralt på Grønland i Oslo er det stor overvannsproblematikk i form av oppstuvning av vann. Ifølge Vann- og avløpsetatens notat «Overvannsutfordringer Grønland» kommer vannet som samles på Grønland fra avrenningen av et ca. 250 hektar stort nedslagsfelt. Siden Grønland er et lavbrekk i dette nedslagsfeltet, er det her vannet samles. Mangel på flomveier ut av området, og tilstrekkelig kapasitet på avløpsnett i selve området, fører til overvannsproblematikk. Som vist på figur 1 under, ser en det ca. 250 hektar store nedslagsfeltet avgrenset av det gule området. Det røde området er der det planlegges tiltak

for utredning, og er på ca. 70 hektar.



**Figur 1: Overvannsutfordringer Grønland (Scalgo)**

Bymiljøetaten ytret et ønske om å se på løsninger for LOD-tiltak, og tiltak som kan endre avrenningen til flomveiene. Urbanhydrologi blir derfor et viktig begrep i denne oppgaven. Ved å føre vannet inn i en annen dreneringslinje vil dette skape en naturlig avrenning ned i Akerselva, som skaper et proaktivt tiltak for oppstuvning av vann på Grønland. I utredningen av Vann- og avløpsetaten er det som nevnt et ønske om å finne gode tiltak innenfor det røde området på kartet, som vil lette på overvannsutfordringene på Grønland. Her fremkommer det at området har flere store utfordringer rundt botanisk hage og Vahls gate, hvor det også er observert spesielt gode muligheter for utbedring. Det kommer av at det er store overflatearealer som leder vannet inn i Vahls gate, før det går videre i retning Grønlandsleiret. Utbedringer her vil fungere som et proaktivt tiltak, og gi Grønlandsleiret god avlastning i forhold til dagens situasjon. Målet vil være å se hvilke tiltak som kan settes inn for å sikre trygge, og gode løsninger for flomveiene. I dagens situasjon er terrenget en utfordring da overvann ledes vekk fra Akerselva, selv om det er ønsket destinasjon for avrenningen. Det vil derfor være hensiktsmessig å se på inngrep i terrenget som kan endre på dagens situasjon. Dette blir vurdert ut ifra modellering i Scalgo, samt befaringer. I tillegg blir det innhentet verdier fra VAV som er hentet fra modell basert på Mike Urban. Ut fra dette kan det lettere vurderes om tiltakene som settes inn er gode ut ifra vannavrenning og kapasiteten til vegenes tverrsnitt. Det vil også bli vurdert ulike LOD-tiltak, og dreneringslinjer slik at vannmengdene kan fordeles i ulike retninger og fordrøyes. Dette gjøres for å

omfordele vannmengdene i nevnt område, for så å redusere sjansen for problemer ved store nedbørmengder.

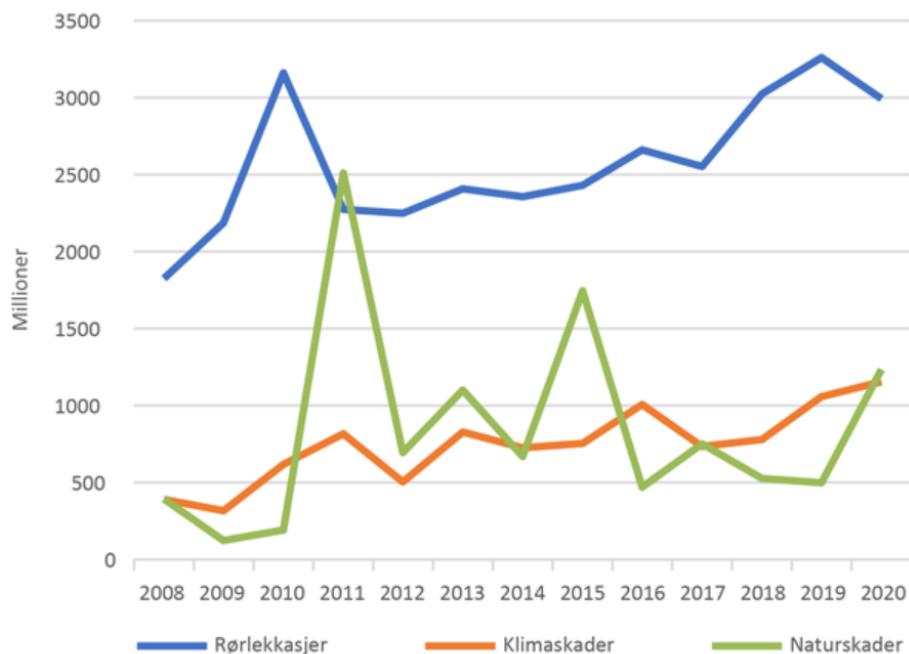
### 1.1.1 Klima

Menneskers klimagassutslipp har ført til at klimaet i stor grad endrer seg, og fortsetter å gjøre det. Klimaendringene innebærer blant annet endringer i nedbørsmønstre, med mer ekstremnedbør i store deler av Norge (FN-sambandet, 2021).

Ifølge forskeren Inger Hanssen-Bauer i rapporten "Klima i Norge 2100", vil nedbøren forventes å øke med 18 prosent frem mot år 2100 dersom ikke klimagassutslippene reduseres (Hanssen-Bauer, 2015). Styrregn kan føre til urban flom, som utgjør stor fare for mennesker, bygninger, veier og annen infrastruktur, dersom tiltakene ikke er tilstrekkelig (Regjeringen, 2021). Det er viktig å ta hensyn til utfordringene som følger av klimaendringene ved planlegging og utforming av fremtidige bygninger og infrastruktur. I dag er de store utfordringene med vannrelaterte skadehendelser spesielt knyttet til økt korttidsnedbør (Miljødirektoratet, 2020). Klimaendringene vil føre til at bygningskonstruksjoner må tåle større påkjenninger enn tidligere. Dette vil si at bygninger som nå bygges må være mer robuste, samt hyppigheten eller måten vedlikehold på eldre bygninger blir utført må endres. Når det kommer til infrastruktur og vei, vil det som regel også være nødvendig å utarbeide en plan for hvor vann skal dreneres. En slik overvannsplan bør ta hensyn til en god del generelle prinsipper som tretrinnsstrategien. Denne blir nøyere forklart i teoridelen (Miljødirektoratet, 2020).

### 1.1.2 Kostnader

Ekstremvær og dårlige LOD-tiltak kan føre til store skader på bygninger og infrastruktur, som skaper store utgifter for reparasjon og erstatning (Finansavisen Haug Aurdal, 2021).



**Figur 2: Utvikling av vannskader og kostnader 2008-2020** (Fiskum, 2021)

Ved å se på grafen med oversikt over utviklingen av kostnader fra vannskader i perioden 2008 til 2020, blir det observert en merkbar økning på kostnader forårsaket av klimaskader. For å redusere disse skadekostnadene, kan et godt tiltak være å utbedre de eksisterende avløpssystemene. Selv om modernisering av avløpssystemene allerede er godt i gang i Oslo, er slike prosjekter svært dyre og ressurskrevende. Ifølge Norsk vann under høringene til statsbudsjettet 2021, er investeringsbehovet i vannbransjen de neste 20 årene, om lag 320 milliarder kroner (Norsk Vann, 2021). Da det ligger 2250 kilometer kloakkrør, 1550 kilometer vannledninger og 100 pumpestasjoner bare i Oslo, er dette noe som må jobbes med i lang tid (Rømo Grande, 2021). Fremtidige tiltak bør da være vedlikehold og oppgradering av eksisterende system, samt innføring av mindre overvannstiltak.

### 1.1.3 Historisk bakgrunn

Det første moderne vannverket i Norge ble bygget i Bergen i 1855. Dette var revolusjonerende ved at folk nå kunne få innlagt vann i husene sine. Det var i denne perioden utbyggingen av vann- og avløpsnettets så smått startet, og skjøt fart i perioden etter andre verdenskrig (Byrkjeland & Hammerborg, 2005).

Historisk sett var det ingen avløpssystem i norske byer, og det meste av utslippet ble gjort

direkte i vassdrag. Det var ikke før starten av 1900-tallet at folk begynte å stille seg kritisk til dette, og de første mekaniske renseanleggene ble bygget. De to første stod klar i 1910 og 1911, og var enkle og mekaniske renseanlegg (Vann- og avløpsetaten, u.d.). Etter andre verdenskrig økte boligbyggingen betraktelig som igjen førte til at utbyggingen av kloaknettet fikk et lite oppsving. Denne utbyggingen av kloaknettet skjedde for det meste på Østlandet, og det var kun 63 registrerte renseanlegg i Norge i 1964. Det vil si at de fleste byer og tettsteder rundt om i landet fortsatt ikke hadde utbygd kloakksystem.

Forurensningssituasjonen forverret seg frem mot 1970-årene, og det ble vedtatt lov om vern mot vannforurensing, i tillegg til lov om kommunale vass- og kloakkavgifter. Videre i tiårene etter 1980 ble det gjort store betydelige utviklinger på vann- og avløpsområdet i Norge. I årene etter 2000 er det blitt et veldig stort fokus på å finne mer innovative og effektive måter å håndtere vannet på (Folkehelseinstituttet, 2018).

Det var vanlig med lukking av elver og bekker i Oslo helt frem til 1990-tallet. Tanken var at ved å lede elver og bekker vekk fra byområdet i rør, ble forurensningen fra bekkene fanget opp og lukket inn, samtidig som det åpnet opp og frigjorde areal for utbygging. Det var ikke før slutten av 1990-tallet denne trenden snudde, og målet om gjenåpning av elver og bekker i Oslo ble erklært. I Oslo kommunes styringsdokument «prinsipper for gjenåpning av elver og bekker i Oslo» fra 2015 ble det satt opp tre overordnede målsettinger. Disse målsettingene er god tilpasning til endret klima, bedre vannmiljø og styrket byøkologi, og økt mulighet for friluftsliv og bedre folkehelse. Her går håndtering av overvann under punktet god tilpasning til endret klima. Her kreves det at en eller flere av målene får betydelig følge av gjenåpningen av den eller de aktuelle bekkene og elvene (Oslo Kommune, 2015).

## 1.2 Dagens situasjon

### 1.2.1 Overvannssystemet i dag

Det allerede eksisterende avløps- og overvannssystemet i Oslo, som opprinnelig skulle ta hånd om både kloakk og regnvann, blir presset til et maksimum. Disse systemene ble dimensjonert for helt andre forhold, og har derfor ikke nødvendig kapasitet for å håndtere

dagens, eller ikke minst fremtidens ekstremnedbør. Ved at kloakk og overvann blir tatt opp i samme rør, kan overbelastning av rørene fort oppstå, og kloakk komme opp igjen til overflaten. Dette utgjør stor fare for helsen til både mennesker og dyr, som kan bli smittet av ulike sykdommer og i ytterste konsekvens miste livet (Rømo Grande, 2021). Det kan også bli store forurensninger i elver, bekker og fjorder når rørene blir fulle, ved at kloakk, regn og lignende slippes ut her (Oslo kommune, 2013). Vannskader på bygninger og infrastruktur fra intense nedbørsituasjoner fører også til store utfordringer. Et eksempel på dette var et ekstremvær-tilfelle 4. Sep. 2019 i Oslo og Akershus. I løpet av seks timer kom det opptil 50 millimeter nedbør, noe som førte til skader på mer enn 20 millioner kr (Henriksen & Pettrem, 2019).

## 1.3 Problemstilling

Etter samtaler med bymiljøetaten om overvannsproblematikken rundt Grønland, har vi kommet frem til følgende problemstillinger:

- Hvordan kan flomveiene ledes for å forhindre vannansamling på Grønland
- Hvilke LOD-tiltak kan implementeres i terrenget for å skape fordrøyning av en flom

For å besvare oppgaven ser vi det som hensiktsmessig å dele opp problemstillingen.

Grunnen til dette er at vi anser fordrøyning og ledning av overvann som to ulike aspekter, og det vil være med på å gi oppgaven en bedre struktur ved å besvare disse individuelt.

## 1.4 Rammer

### 1.4.1 Tematisk avgrensning

I denne oppgaven vil det bli sett på hvordan situasjonen rundt tematikken overvann er i dag, og hvilke tiltak som kan iverksettes for å forbedre den. For å avgrense oppgaven er det bare sett på LOD-tiltak og flomvei situasjonen i området rundt Botanisk hage. I egne beregninger blir det tatt hensyn til både overflatevann, samt vann som dreneringssystemet da VAV tar hensyn til dette i modellen. Videre vil det bli tatt hensyn til hvor inngrepene flomvei- og LOD-tiltakene blir. For LOD-tiltakene vil det bli gjort en vurdering om tiltaket har en



nytteverdi med et klassifiseringssystem, mens flomveiene blir vurdert mer med hensyn på beregningene. Tiltakene vil også fortløpende bli vurdert ut ifra informasjon som hentes gjennom befaringer, Scalgo, tall fra VAV og egne håndberegninger. Det vil ikke bli tatt hensyn til økonomiske aspekter rundt tiltakene, og det vil bli satt noen begrensninger i utregningene for å kunne gjennomføre oppgaven ut ifra forutsetningene til gruppen.

### 1.4.2 Geografisk avgrensning

I denne oppgaven blir det tatt for seg ulike utvalgte punkter der det anses å være hensiktsmessig å gjøre tiltak. Alle disse punktene er innenfor området vann- og avløpsetaten har planlagt utredning av tiltak (det røde området). Ved at avrenningen til disse punktene kommer fra hele nedbørsfeltet, tar oppgaven i prinsipp for seg hele det gule området.



Figur 3: Geografisk avgrensning Grønland (Kortegaard, 2021)

## 1.5 Mål og hensikt

I samarbeid med bymiljøetaten er målet for oppgaven å utbedre overvannshåndtering i området rundt Grønland. Dette beror seg på Oslo Kommune sin strategi for overvannshåndtering 2013-2030, og er en overordnet plan på hvordan overvannshåndteringen skal tilpasses fremtidig nedbør. I fremtiden vil regnskyllene bli kraftigere, og det er derfor viktig å legge rammer som tilpasser seg dette. Målet er fordelt over 3 delmål som innebærer å unngå skader som følge av urban flom, overvann skal infiltreres, fordrøyes og brukes lokalt med åpne naturlige flerfunksjonelle løsninger og vannkvaliteten på overvann tilført resipient er av en god kvalitet (Oslo kommune, 2013).

Dette er hensyn som ivaretas for å kunne bedre dagens situasjon. Det er derfor også implementert inn 3-trinnsstrategien som består av håndteringen av ulike mengde regnskyll. Dette omfatter 4 ulike ledd som baserer seg på planlegging, fang og fordrøy, forsink og fordrøy og sikre trygge flomveier. I denne rapporten blir det gjort rede for flere av stegene som er viktige deler for å skape et godt grunnlag for å sikre god overvannshåndtering i fremtiden. Det vil derfor bli vurdert ulike løsninger for flomvei og LOD-tiltak fra forskjellige parametere, og tatt hensyn til aspekter som gruppen og samarbeidspartnere legger vekt på. I oppgaven vil det bli tatt hensyn for beregninger som klimafaktor som en del av hensynene for fremtidige nedbørsmenger (Oslo Kommune, 2019).

## 2. Teori

### 2.1 Lokal overvannshåndtering

Vannet som renner på overflaten som følge av smeltevann og regn er det som kalles overvann. «Overvannshåndtering er lokal disponering, trygg bortledning og eventuelt behandling av overvann» (Miljødirektoratet, 2021).

En viktig strategi for å stå imot dagens og fremtidens situasjon, vil være å benytte seg i større grad av åpne, lokale og fleksible overvannsløsninger (Oslo kommune, 2013).

Overvannshåndteringen er spesielt utfordrende i urbane områder, grunnet mengden med impermeable overflater der vannet ikke kan infiltrere, samtidig som mange av områdene

allerede er bebygd, og det kan være vanskelig finne plass til gode løsninger. Mye av overvannshåndteringen går derfor ut på å lage områder med vegetasjon som bryter opp disse overflatene. Med eksempelvis flere grøntområder, regnbed og andre strukturer der vann kan bli tatt opp, vil risikoen for oversvømmelser og skader fra kraftige nedbør bli redusert.

Det å legge til rette for naturlige prosesser og la vannet opprettholde sitt naturlige kretsløp er svært effektive løsninger for å begrense skadevirkninger. På denne måten kan god flomdemping bli oppnådd, samtidig som det har en positiv effekt for naturmiljø og helse, i tillegg til at det bidrar positivt til byens estetiske inntrykk (Miljødirektoratet, 2021).



**Figur 4: Dagens situasjon tv. En grønnere fremtid th.** (Backe, 2013)

I urbane områder med tett bebyggelse og lite plass til å innføre tilstrekkelige LOD-tiltak, kan det være nødvendig å føre vannet til andre områder der det kan håndteres. Eksempelvis kan det være takrenner som frakter vannet til en bakgård der vannet kan infiltrere bakken samtidig som det gir vann til vegetasjon, eller grønne grøfter som frakter vannet vekk samtidig som det infiltrerer grunnen (Vann- og avløpsetaten, 2015). Det er også mulig å bytte ut asfalterte fortau og gater med eksempelvis belegningsstein som har større åpninger der vann kan renne gjennom. Dette gir et fast underlag med mulighet for å kjøre og gå uten at det blir gjørmete, samtidig som det har en infiltrerende effekt. På eiendommer kan det også være fordelaktig å bruke grus istedenfor asfalt (Oslo Kommune, u.d.).



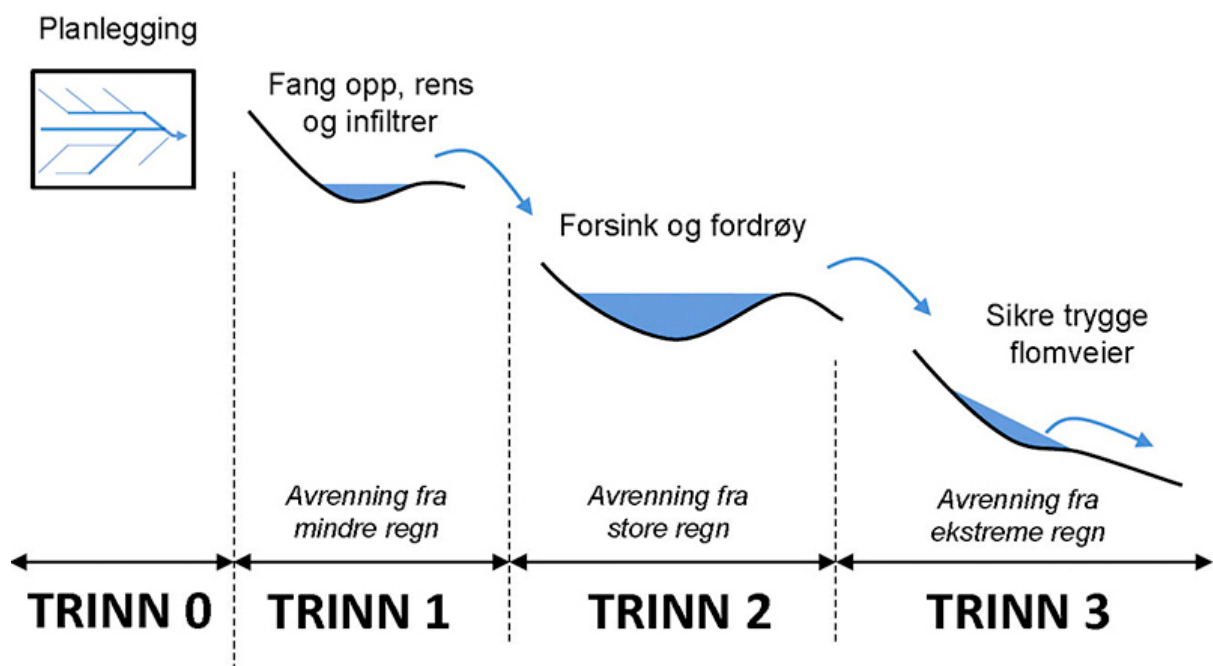
**Bilde 1: Gressarming** (Multiblokk, u.d.)

### 2.1.1 Tretrinnsstrategien

Tretrinnsstrategien er et av hovedprinsippene Oslo kommune og fungerer som en oppskrift på hvordan ulike mengder regn skal håndteres, basert på nedbørsmengde. Den er bygget opp av tre trinn, der hvert trinn består av metoder for å håndtere ulike mengder overvann (Oslo kommune, 2013).

Det første trinnet handler om å fange opp og rense, for deretter å føre det til steder der det kan infiltrere bakken. Dette kan gjøres ved hjelp av blågrønn infrastruktur som regnbed, grønne tak og generelt mer permeable flater. Disse tiltakene skal være tilstrekkelig i tilfeller der det kommer nedbørsmengde opptil 20mm, og skal optimalt sett ta opp minimalt 95% av nedbørsmengden. Andre steget går ut på å forsinke og fordrøye ved større regnfall, mellom 20mm og 40mm. Det bør også være tilrettelagt for å håndtere, forsinke og fordrøye mer hyppige flommer i lokale områder, eksempelvis opp til 20års flom (H. Paus, Risikonivåer og tre-trinnsstrategi, 2020). Dette kan gjøres ved å tilrettelegge for fordrøyning av vannet ved bruk av eksempelvis regnbed, fordrøyningsmagasiner eller fordrøyningsbasseng. Vannet blir

da holdt igjen til det er tilstrekkelig kapasitet i flomveiene, eller til det er kapasitet til at LOD-tiltakene kan infiltrere det i grunnen. Når det kommer til ekstreme nedbørstilfeller, skal det tilrettelegges for å håndtere kraftig og ekstreme mengder vann. Dette dekkes av trinn 3 og gjelder for regnmengder over 40mm. Det går ut på å tilrettelegge for trygge og åpne flomveier som kan håndtere større flommer, gjerne til og med 200-års flommen (H. Paus, Risikonivåer og tre-trinnsstrategi, 2020). Dette gjøres ved å finne veier i terrenget der store mengder vann kan renne uten å forårsake ødeleggelse, samt ved bruk av bekker og andre naturlige vannveier for å føre vannet til resipient. Samtidig vil tiltakene fra de to tidligere trinnene bidra til å redusere påkjenningen i flomveiene (H. Paus, Risikonivåer og tre-trinnsstrategi, 2020).



Figur 5: Tretrinnsstrategien (VA-forum, 2020)

Kort oppsummert handler trinn 1 om å håndtere små mengder vann, mens trinn 2 og 3 handler hovedsakelig om skadeforebygging ved større mengder vann. Ved å kartlegge nedbørsfeltene og anvende tretrinnsstrategien, vil ulike mengder nedbør bli håndtert på en mye bedre måte (Rømo Grande, 2021).

Oslo har som mål å overkomme nye klimautfordringer, og overvannshåndtering belager seg

mye på at hver enkelt har ansvar for å håndtere overvann best mulig på egen tomt. Sammen skal Oslo sin befolkning gjøre de tiltakene de kan for å minimere skader og utnytte vannet på best mulig måte. Dette handler i stor grad om å redusere fare for flom og hjelpe vannet til å få et mer naturlig kretsløp, samtidig som det hjelper med å senke påkjenningene på offentlige områder (Oslo Kommune, u.d.)

### 2.1.2 Grønne Grøfter

Grønne grøfter er grøfter med vegetasjon og fordrøyende masser som bidrar til at vannet naturlig synker ned i bakken. De utgjør en positiv forskjell på overvannshåndteringen, i motsetning til asfalterte veier og grøfter som regnes som impermeable overflater. Grønne grøfter kan i bare frakte vann til et mer hensiktsmessig sted, men vil samtidig infiltrere det i jorda. Ved å bruke grønne grøfter vil veiene bli frigjort for vann under store regnfall.

Bruk av grønne grøfter bidrar også til å rense vannet ved at det sedimenteres og filtreres når det renner gjennom vegetasjonen. Forskning viser at jo mer vegetasjon som finnes i grøften, jo bedre opprettholdes infiltrasjonsevnen over tid. Dette er fordi rotsystemet til plantene vil unngå at porene i massene vannet infiltreres i, vil tettes av finstoff vannet frakter med seg fra hovedsakelig impermeable flater (H. Paus, Åstrbøl, Robba, Clavier, & Stange, 2016). Ulempen ved å bruke dette i urbant miljø er at det kan være vanskelig å innføre i områder med allerede mye bebyggelse. Likevel kan grønne grøfter dimensjoneres mindre enn grøfter med impermeable flater, da mye av vannet infiltrerer jorda.

På bildet under vises et eksempel på en grøft, samt tverrsnittet. Under vegetasjonen er det jord på hver side av et permeabelt materiale, i dette tilfelle Leca. Grøften kan designes ulikt avhengig av behov, om dette er rensing av vann, lagring av store mengder vann eller mest mulig fordrøyning (Leca, u.d.)



**Figur 6: Tverrsnitt grønn grøft** (Leca, u.d.)

### 2.1.3 Regnbed

Et regnbed kan se ut som en estetisk fin hage visuelt sett, men bedet har en mye viktigere oppgave enn det. Regnbed er designet spesielt for å håndtere overvann, og håndtere og redusere flomtopper. De kan enkelt forklares som nedsenkede områder med vegetasjon, helst værharde planter som både tåler store mengder vann, samt lengre perioder uten noe vann, der overflatevann fra impermeable overflater samles og infiltrerer grunnen. De ligger nedsenket for å sikre at vann naturlig renner inn i bedet, samtidig som hele volumet til regnbedet må fylles før vannet kan renne videre. Under bedet ligger det nøye planlagt filtermedium og lag med drenerende masser. Regnbedets funksjon er ikke å være en transportvei for vann, men isteden holde det tilbake, og hjelpe det best mulig infiltrere grunnen (Norges Geologiske undersøkelse, 2018). Regnbed har flere positive sider, både økonomisk og praktisk. Så lenge det finnes noe plass, kan regnbed bygges på de aller fleste steder. Dette er svært nyttig for allerede bebygde områder med overvannsproblematikk, spesielt i urbane byområder. De trenger ikke være dypere enn 40-80cm, og er fleksible når det gjelder overflateareal. Uansett størrelse har det en effekt på overflatevann og

flomtopper. Mindre regnbed faller under trinn 1 i tretrinnsstrategien, mens de større bedene med bedre infiltrasjonsevne, går under trinn 2. På samme måte som vegetasjonen i grønne grøfter, har også plantene som blir brukt i regnbed ikke bare som jobb å drenere vannet, men også rens det (H. Paus, Kim & C. Braskerud, Bent, 2013).

Regnbed krever en del vedlikehold, avhengig av plantevalg og mengden nedbør området ser. Enda en utfordring som finnes i Norge med tanke på regnbed er kulden og frost. Dette senker infiltrasjonsevnen til regnbedet i ganske stor grad, spesielt hvis det i tillegg blir utsatt for vegsalt, sand og grus (H. Paus, Kim & C. Braskerud, Bent, 2013).



**Figur 7: Regnbed** (Norges Geologiske undersøkelse, 2018)

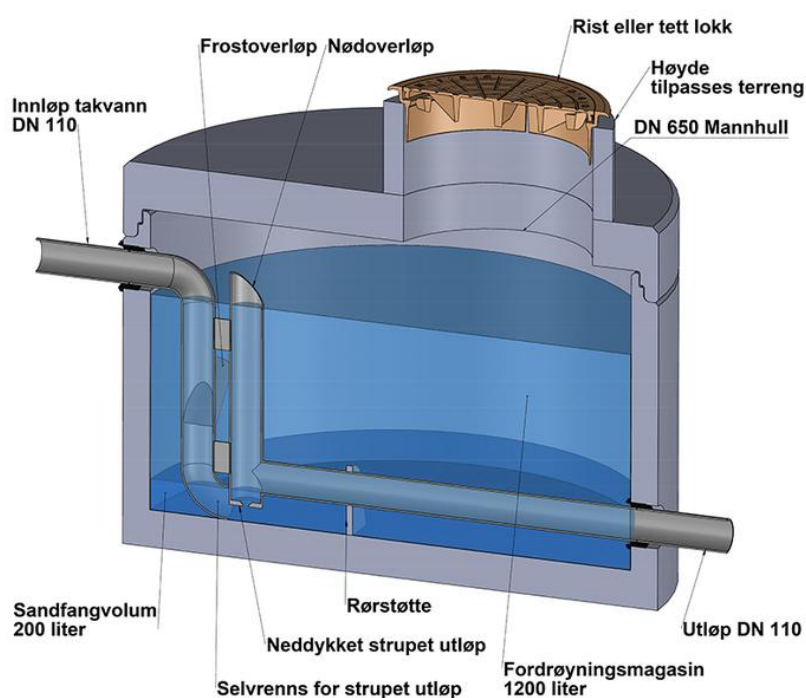
#### 2.1.4 Fordrøyningsbasseng og -magasin

Fordrøyningsbasseng og fordrøyningsmagasin kan være åpne, lukkede eller underjordiske områder som brukes til å samle opp vann ved store mengder nedbør. De brukes til å forsinke vann fra å slippe ut i flomveier og generelle områder som ligger nedstrøms ved store regnskyll, slik at ikke kapasiteten til vannveiene overskrides og det oppstår flom. Fordrøyningsbasseng kan være områder som har helt andre bruksområder når det ikke regner, eksempelvis fotballbaner, dammer eller skateparker (Norges Geologiske undersøkelse,



2021).

Fordrøyningsmagasin kan komme i form av store tanker og nedgravde rør eller mindre magasin lokalt på en enkel tomt, for eksempel LOD-kummen. Dette er et magasin som hovedsakelig er til for å ta opp takvannet til tomten, og kan være et alternativ til boliger det er vanskelig å bygge grønne tak på. Det er også mulig erstatte lokket på toppen med en rist for å ta opp overvann ute på tomten (VA forum, 2015).

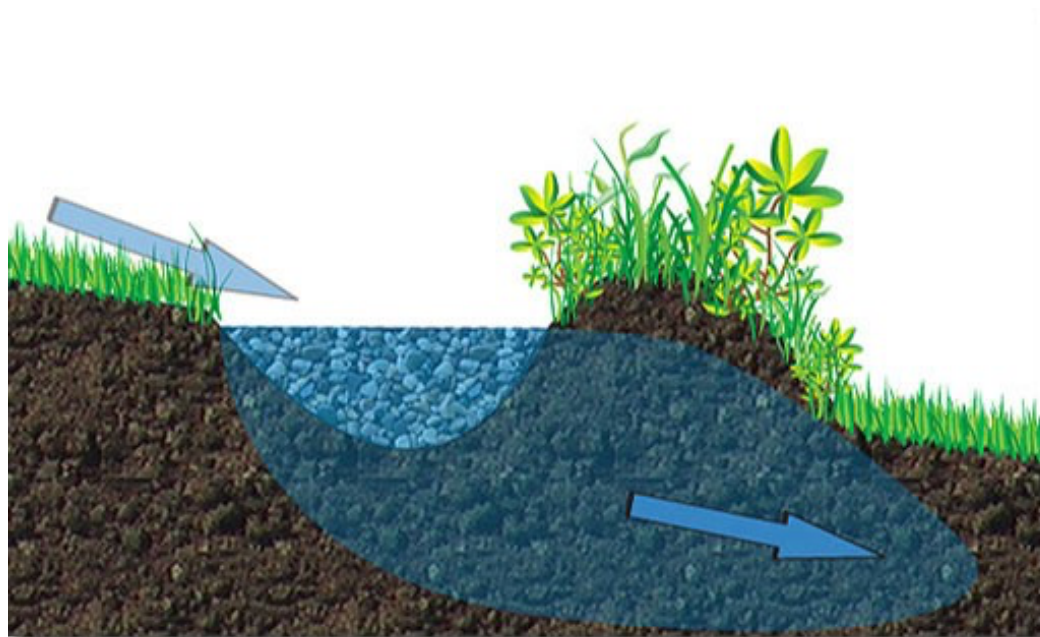


Figur 8: Tverrsnitt LOD-kum (VA forum, 2015)

Overvann som lagres i store magasiner, lagres i korte perioder i påvente av kapasitet i det offentlige overvannsnett. Likevel bør minst mulig slippe videre hvis det er mulig å infiltrere lokalt, da det bør unngås å fjerne vannet fra sitt naturlige kretsløp. I stedet kan det være nyttig se på muligheter for lokal infiltrasjon, og om det kan gjøres endringer på magasinet så det både kan fordrøye og infiltrere. Eventuelt går det an å bruke andre anlegg, som for eksempel swales (Norges Geologiske undersøkelse, 2021).

## 2.1.5 Swales

Swales, eller grønne fordrøyningsbasseng, kan være nedsenkninger i terrenget, eksempelvis grønne grøfter, som samler opp, fordrøyer og hjelper vannet til å infiltrere grunnen effektivt. Disse ligger synlig i overflaten, til forskjell fra fordrøyningsmagasin som ligger gravd ned i bakken. I motsetning til de fleste grøfter som har til hensikt å føre vekk vann, har swales fokus på å infiltrere mest mulig vann (Norges Geologiske undersøkelse, 2021). De lages som oftest i skrått terreng, samtidig som det er nødvendig at høyden lages vannrett. Dette gjøres slik at vannet ikke renner videre når det kommer inn i grøften, men heller fyller den opp og infiltrerer jorden rundt. Swales er også ofte plantet med vegetasjon, gjerne gress. Dette bidrar til å øke infiltrasjonen, samt hjelpe til med å redusere hastigheten til vannet. Det har også en positiv effekt ved å motvirke tetting av porene i jorden som kan forekomme ved at vannet frakter med seg finstoff, hovedsakelig fra tette flater, som legger seg i jorden. Dette vil motvirkes av rotsystemet til plantene, og jo tettere vegetasjon, jo bedre blir denne effekten. I tillegg til nevnte praktiske positive sider, ser også swales estetisk finere ut med tett vegetasjon (Norges Geologiske undersøkelse, 2021).



**Figur 9: Tverrsnitt swale** (Norges Geologiske undersøkelse, 2021)

## 2.1.6 Flom og flomveier

Flom kan defineres på flere forskjellige måter ut ifra hvilken type flom det er, eller hvor den oppstår. Dette kommer an på hvor stor flomtoppen er, områdene som har blitt oversvømt og hvor store skader den har gjort. Siden området i fokus i denne oppgaven er i bymiljø, vil det hovedsakelig bli tatt for seg flom i urbane områder. De vanligste årsakene til flom er nedbør som faller over lang tid, kort og høyintensiv nedbør eller store mengder smeltevann. Som regel skal det en kombinasjon av disse til, med mindre det er snakk om helt ekstreme mengder med regn (NVE, u.d.).

Flomveier går under tredje trinnet i tretrinnsstrategien, og omhandler avrenning fra ekstreme regn. De blir aktuelle når kapasiteten til drenerørene og rørnettets overskrides. For å dimensjonere flomveier kan den rasjonelle metoden benyttes, som er beskrevet under kapitlet metoder i denne oppgaven (H. Paus, Risikonivåer og tre-trinnsstrategi, 2020).

Bruk av veier som flomvei er ofte den eneste muligheten i urbane områder, hvis ikke byen allerede er bygd med hensyn på overvann, grunnet tett bebyggelse. Det er da flere ting å tenke på, blant annet veien sin lokasjon i terrenget, og hvor vannet naturlig vil renne ved å se på veiløpets geografiske plassering, samt veiens lavbrekk og høybrekk. I urbane områder hvor det allerede er tett bebygget, kan det være nært umulig å gjøre noe med plassering av veien, så da er tverrsnittet det viktigste å se på. Ved å se på tverrsnittet kan en forstå hvor i veien vannet vil befinne seg, og planlegge videre med tanke på hvor det skal føres (Oslo Kommune, 2019). For å bruke en veg som en flomvei, er det viktig å heve fortauet, så det er mulig for fotgjengere å gå, samtidig som det renner store mengder vann i gatene. Jo høyere fortauet heves, jo mer kapasitet har veien til å føre vann. Det er ofte kritisk at fortauskantene har tilstrekkelig høyde, da dette kan være det siste som stopper vannet fra å renne inn i kjelleren til nærliggende hus. Så lenge vannet holder seg i veibanen, er det under kontroll og kan ledes til et ønskelig område. Det er viktig å huske på at et fortau kan ha flere åpninger av ulike grunner, for eksempel for å sikre universell utforming. I disse tilfellene kan det være lurt å bruke skrå stein, slik at høyden opprettholdes og vannet ikke renner ut av veibanen, samtidig som kravet for universell utforming opprettholdes (Norconsult, 2020).

Selv om det tidligere ble skrevet at vann bør holdes i veibanen, er det mulig konstruere

fortau med helning mot veien, og bruke de som en ekstra buffer. Dette øker flomveiens kapasitet betraktelig da både fortauene på begge sider benyttes, i tillegg til at vannstanden i selve veibanen kan økes enda mer (Norconsult, 2020).

Rundkjøringer kan være en utfordring da de ofte konstrueres med høye kanter i midten. Dette fører til at vannet blir splittet og fordelt over flere flomveier. Det vil i de fleste tilfeller ikke være ønskelig, da det som oftest er foretrukket å samle alt vannet i en flomvei. I stedet kan det være hensiktsmessig å senke kantene til midten av rundkjøring så vannet har mulighet til å renne igjennom (Bant, 2021). Det kan også lønne seg utnytte plassen til å konstruere et fordrøyningsmagasin. En annen løsning er å heve veiene det ikke er ønskelig at vannet renner ut av.

Fartshumper og andre forhøyninger i veien bør planlegges nøye, da disse kan føre til at vannet endrer retning og renner ut av kontroll skulle de bli plassert feil. Det kan være nyttig å utnytte fartshumper som ikke strekker seg over hele kjørebanelen i flomveier, så vannet kan renne forbi (Ghetahun, 2019).

Trygge flomveier krever å bli vedlikeholdt aktivt, og de må kunne forbedres og utvikles etter behov. De skal være i stand til å ta vare på omgivelsene, samtidig som de skal være beskyttet fra omgivelsene. Det er også viktig å alltid ha rett informasjon på hvordan en flomvei vil oppføre seg, altså å vite hvordan vannet renner. Hvis ikke kan den ikke anses som en trygg flomvei. Det kan være en god ide å bruke allerede definerte drenslinjer og regulere disse som flomveier etter behov (Norconsult, 2020).

Det skilles på naturlige- og konstruerte flomveier. Drenslinjer gir en indikasjon på kartet hvor de naturlige flomveier vil renne, ut ifra nedsenkelser i terrenget. De tar ikke hensyn til vannets moment og bevegelsesenergi. Konstruerte og tilrettelagte flomveier kan være i form av ombygde drenslinjer, eller utelukkende konstruert etter behov (Norconsult, 2020). Det er som regel en fordel å se på drenslinjer, og velge de som er hensiktsmessige for å konstruere flomveier.

Siden ikke det finnes noen nøye planlagte flomveier allerede i Oslo, brukes erfaringer fra

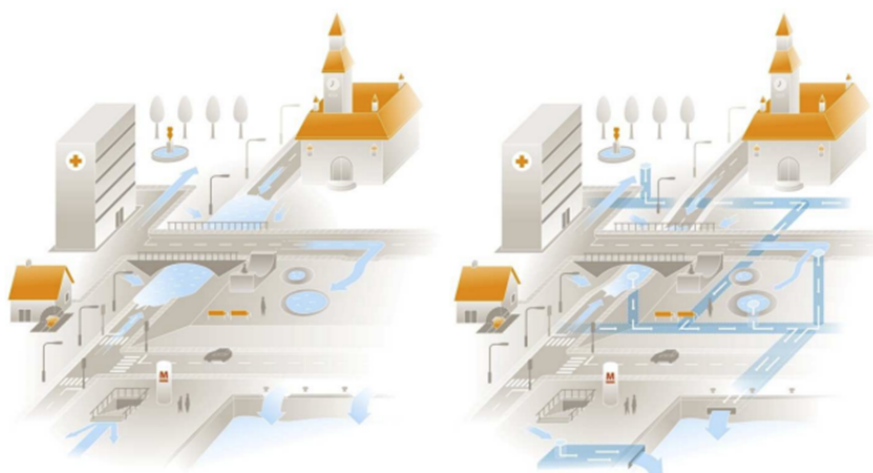
andre land i denne rapporten for å se på hva som fungerer og finne gode løsninger for å tilrettelegge for funksjonelle flomveier.

## 2.2 Overvannshåndtering i andre land

Det finnes flere land og byer med mer regn enn det som kommer i Norge, og det kan være interessant å se hvordan overvannshåndteringen blir utført der det allerede er mye nedbør, for å forberede Norge på det samme. Det kan gi inspirasjon til nye metoder som kan benyttes her, samtidig effekten av deres systemer kan observeres og eventuelt utbedres.

### 2.2.1 Danmark

København i Danmark er et sted som har blitt svært rammet i de seneste år av kraftige nedbør med store oversvømmelser. Lørdag. 2 juli 2011 er den mest dramatiske hendelsen i nyere tid, der det falt regn som førte til at forsikringsselskapene måtte betale ut erstatninger på over 6 milliarder danske kroner (Lindholm, Buhler, & Bjerkholt, 2013). Det er her i dag både gjort og planlagt flere tiltak som vil kunne minimere skader fra ekstreme vær-situasjoner. De har undersøkt to forskjellige løsninger for å håndtere ekstreme regnsituasjoner. Her går den ene løsningen ut på å bortlede vannet på overflaten via store kanaler. Den andre metoden, og den metoden de mener gir størst gevinst, er en kombinert løsning. Her blir vannet ledet på overflaten i tillegg til under bakken i tunneler.



Figur 10: Overflateløsning tv. Kombinert løsning th. (COWI, 2012)

## 2.2.2 Singapore

Singapore er også et land med mye regn. Her er det ingen tørr og våt sesong, der det regner hele året rundt. I byområdene er det her fokusert sterkt på oppsamling og resirkulering av regnvannet for bruk som drikkevann. Hele to-tredeler av hovedstaden sin landoverflate er brukt som «water catchment areas», som vil si områder som fanger opp regnvann og frakter det til et reservoar (RICS - World built environment forum, 2019). Her er det snakk om løsninger som kanaler, elver, avløp og lignende.

## 2.2.3 Tokyo

Tokyo i Japan har også en lignende tilnærming som Singapore med det å bruke vannet som en ressurs. Tokyo er den største byen i verden, og før de kom med løsningen de har i dag var oversvømmelser et stort og tilbakevendende problem. De fant så ut den smarte løsningen å oppbevare regnvann i bygg. På denne måte kommer det mindre vann i gatene og mindre sannsynlighet for at kloakksystemet oversvømmer. Dette systemet går ut på å samle opp vannet i store tanker som befinner seg under bakken, lignende LOD- kummene som finnes i Norge. Vannet blir samlet på tak, filtrert gjennom systemer plassert i takrenner, og deretter lagret i de underjordiske tankene (Japan for sustainability, 2003). I likhet med LOD- kummen blir dette vannet brukt til vanning av grønne flater, slukking av branner, spoling av toaletter og lignende. Vannet er ikke tilstrekkelig filtrert og renses til bruk som drikkevann.

## 2.2.4 Nord Amerika

I Nord Amerika er termen «Low-impact development» (LID) mye brukt, som refererer til en naturlig tilnærming av overvann. Dette vil si at det etterlignes de naturlige prosessene for å skape infiltrasjon, fordamping eller bruk av overvannet. I Norge er dette det som kalles for grønne løsninger. (EPA - United States Environmental Protection Agency, u.d.) LID utnytter allerede eksisterende naturlige områder, samt utvikle systemer som imiterer naturlige prosesser der de naturlige områdene ikke blir bevarte. I et byområde vil dette innebære løsninger som elver, bekker, parker, trær, grønne tak og lignende (NUNL - Institute of agriculture and natural resources, u.d.).

## 2.3 Tilleggsinformasjon

### 2.3.1 Veganalyse

For å kunne bedre situasjonen rundt overvannshåndtering vil det være nødvendig med flere inngrep i dagens terreng. Målet vil være å finne gode tiltak som ikke er for inngripende, i tillegg til at de tilfredsstiller dagens ønske om å forbedre området overvannshåndtering. Det er derfor gjennomført en analyse på trafikkmengde for å se om inngrep i vegkroppen er hensiktsmessig, eller om dette vil skape store problemer for trafikken i området.

Når det kommer til analysen av området, blir det tatt utgangspunkt i Statens vegvesens vegkart og Oslo kommunes planinnsyn. Trafikktelling i Vahls gate finnes kun i Oslo kommunes planinnsyn, da statens vegvesen sitt vegkart ikke viser dette. For å sikre at verdiene er reelle, har de blitt sammenlignet fra begge kildene og sett om de sammenfaller i mange områder. I denne analysen blir det lagt stor vekt på ÅDT, som gir et godt grunnlag med hensyn på hvor trafikkert vegen er.



Figur 11: Trafikktall planinnsyn Oslo Kommune (Oslo Kommune, u.d.)

1. Sar`s gate – ÅDT = 6700
2. Trondheimsveien – ÅDT = 2600
3. Hausmannsgate – ÅDT = 14886
4. Nylandsveien – ÅDT = 15700

## 5. Vahls gate – ÅDT = 15000

Ved å analysere de ulike ÅDT verdiene, ser en at mye av trafikken går fra Nylandsveien og inn mot Hausmannsgate og Vahls gate. Det tolkes derfor fra analysen at rundkjøringen i Nylandsveien er svært trafikkert, og at tiltak her vil være veldig inngripende med hensyn på trafikken. Vahls gate har en høy ÅDT, men er enveiskjørt, og tiltak som ikke begrenser for mye trafikk kan derfor være aktuelle. Dette kan også begrunnes gjennom befaringer hvor trafikken er observert over en tidsperiode. Det vil derfor ikke være noen grunn til å begrense ulike tiltak i Vahls gate med hensyn på inngrep i trafikken. Det skal også nevnes at ÅDT i området fortsatt er av betydning, så tiltak som innebærer stenging av vegen over lengre perioder ikke er spesielt ønskelig.

## 2.4 Formler

### 2.4.1 Den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden brukes til å se på vannavrenningen i et punkt eller område. Dette er en manuell beregning som innehar visse begrensninger når det kommer til større areal. Ved areal større enn 2 km<sup>2</sup> gir den rasjonelle formelen en stor usikkerhet (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2018)

$$Q = C * i * A * K_f$$

Q = Dimensjonerende vannføring, l/s

C = Avrenningskoeffisient, ubenevnt

i = Dimensjonerende nedbørintensitet l/(s\*ha)

A = feltareal, ha

Kf = Klimafaktor, ubenevnt

Dimensjonerende vannføring (Q), Er den faktiske vannføringen i et gitt punkt/tverrsnitt

Avrenningskoeffisienten (C), er en faktor som tar hensyn til vann som ikke infiltreres eller



fordamper. Dette er da en verdi som tar hensyn til overvannet som blir liggende på overflaten av terrenget. Det tas også hensyn til de fremtidige utsiktene for hvilke bruksområder arealet skal benyttes i.

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
- Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6 – 0,9
- Grusveger	0,3 – 0,7
- Dyrket mark og parkområder	0,2 – 0,4
- Skogsområder	0,2 – 0,5

**Figur 12: Tabell over verdier på avrenningskoeffisienter på ulike flater** (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014)

Dimensjonerende nedbørintensitet ( $i$ ), hentes fra IVF-kurver. Denne verdien tar hensyn til intensitet, varighet og frekvens.

Feltareal ( $A$ ), er arealet som er tilsluttet det aktuelle nedbørsfeltet.

Klimafaktor ( $K_f$ ), er en faktor som tar hensyn til fremtidig nedbør, og varierer som regel fra 1,0 til 2,0. Den tar hensyn til fremtidig nedbørsendringer, og faktoren som benyttes avhenger av returperioden som blir satt. Ved en returperiode på 200 år vil klimafaktoren settes lik 1,5. Det kan i enkelte kommuner forekomme at de har satt egne klimastrategier, som fører til at klimafaktoren kan avvike fra vanlig oppsett (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014).

## 2.4.2 Mannings formell

Mannings formel er en metode for å regne ut vannhastighet og vannføring. Dette gjøres ved parametere som ruhet, hydraulisk radius, helning og areal (Statens vegvesen, Håndbok V240, 2020)

$$v = M * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}, \quad v = \frac{Q}{A}, \quad Q = M * A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} * 1000,$$

$v$  = Vannhastighet, m/s

$M$  = Manningstallet,  $m^{1/3}/s$

$R = \text{Hydraulisk radius} = A/P, \text{ m}$

$I = \text{lengdefallet, m/m,}$

$Q = \text{Dimensjonerende vannføring, l/s}$

$A = \text{strømningsareal, m}^2$

- Vannhastighet (V), vannets hastighet.

- Mannings-tall (M), er en verdi som tar hensyn til forholdet mellom friksjonen til underlaget og vannet. Verdien på mannings-tall varierer mellom 0-100, og ved høyere verdier er friksjonen lavere.

- Hydraulisk radius (R), er forholdet mellom arealet av vått tverrsnitt og lengden til det neddykkede tverrsnittet (Ødegaard, 2019).

- Lengdefallet (I), er fallet til den aktuelle lengden.

- Strømningsareal (A), er det neddykkede arealet

Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall, M $\text{m}^{1/3}/\text{s}$	Vannhastighet uten fare for erosjon $\text{m/s}$
Betongkledning	50 – 80	2,5 – 5,0
Asfaltert dekke	60 – 75	2,0 – 5,0
Steinsetting (jevnt utlagt)	30 – 60	2,0 – 5,0
Grus	30 – 50	1,0 – 1,5
Småstein	30 – 50	1,2 – 2,0
Jord uten vegetasjon	25 – 30	0,5 – 0,8
Jord med lett vegetasjon	20 – 30	0,5 – 1,2
Ujevn steinkledning	25 – 30	1,5 – 3,0
Jord med kraftig vegetasjon	15 – 25	1,0 – 2,0
Naturlig bekk og elv	5 – 40	–

Figur 13: Mannings-tall og vannhastighet uten fare for erosjon (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014)

### 3. Metode

Valg av metode avhenger av hvilket datagrunnlag og hensikt som er satt for oppgaven. Det er derfor essensielt for oppgaven å velge riktig metode, for å dekke grunnlaget til oppgaven. Metode er derfor et verktøy som brukes til å få ny kunnskap, eller utforske om påstander til

en viss grad er gyldig eller holdbar. Metode deles vanligvis inn i kvantitativ og kvalitativ metode. Det kan også i noen tilfeller være hensiktsmessig å benytte blandet metode som er en kombinasjon av begge de tidligere nevnte metodene.

### 3.1 Kvantitativ metode

Denne metoden innebærer innhenting av målbare enheter. Det vil si data i form av beregninger, tellinger, målinger, osv. Det som også kjennetegner kvantitativ metode er observasjon fra utsiden, som innebærer en form for nøytralitet og avstand til det som observeres. Et annet viktig aspekt med kvantitativ metode er å gå i bredden når det gjelder innhenting av opplysninger. Dette innebærer at det samles et lite antall opplysninger for hver undersøkelsesenheter, og heller tilstreber mange undersøkelsesenheter. Data og informasjon som er innhentet med kvantitativ metode blir ofte ansett som harde, mens forskerne blir ansett som tellere. Dette er for å skape et forenklet bilde av den kvantitative metoden (Dalland, 2017).

### 3.2 Kvalitativ metode

Kvalitativ metode innebærer å innhente data som ikke kan tallfestes eller måles. Innenfor kvalitativ metode blir ofte forskere illustrert som tolkere, og datamaterialet blir sett på som mykt. Dette medfører at det blir forsket mer i dybden rundt problemet, og at det blir tatt en mer aktiv rolle i datainnsamlingen. Det vil da være nærliggende å finne sammenheng og helhet i data som samles inn. Forskeren observerer derfor også innenfra og blir mer en deltakende part. Dette kan medføre at forskeren ofte blir påvirket av informasjonen og får en viss delaktighet (Dalland, 2017).

### 3.3 Blandet metode

Blandet metode er en kombinasjon mellom både kvantitativ og kvalitativ metode. Dette er en metode som gjør det mulig å få et mer helhetlig syn på problemstillingen, uten å låse seg fast til en av de tidligere nevnte metodene. Dette innebærer at metoden blir kombinert slik at ikke det ikke blir en teller eller tolker, men heller en mellomting der informasjonen som

innhentes kan granskes tydeligere (Dalland, 2017). Dette er en god arbeidsmetode når innhentet data skal benyttes og tolkes, og hvor ulike aspekter må vurderes.

## 3.4 Valgt metode

### 3.4.1 LOD-tiltak

I fremgangsmåten vil avgjørelser tas mye med hensyn på informasjon som innhentes gjennom Scalgo og observasjoner. Her vil det med LOD-tiltak som hovedaspekt, bli tatt en vurdering om tiltakene har en funksjon som omhandler problematikken rundt oppgaven. I startprosessen av oppgaven vil analyser av terrenget i Scalgo være en viktig faktor for å lokalisere områder hvor det oppstår større vannansamlinger. Deretter vurderes tiltakene ved å observere områdene ved befaringer når det regner. Dette gjøres for å validere resultatene som Scalgo gir, og for å skape et inntrykk av hvor nøyaktig programmet er. Deretter vil ulike løsninger bli vurdert med hensyn på flere faktorer, og det vil bli laget en konklusjon basert på hva som er de mest effektive LOD-tiltakene til denne situasjonen. Her blir det laget et poengsystem som tar utgangspunkt i ulike kriterier gruppen føler er viktig for et godt LOD-tiltak. Hvert tiltak blir tildelt poeng innenfor de ulike kriteriene, som blir utgangspunktet i hvor egnet tiltaket er i det utvalgte området. Det vil også tas hensyn til hva VAV og BYM tenker er hensiktsmessige tiltak. Det velges derfor blandet metode for denne oppgaven, da det anses som en god arbeidsmetode som kan komplimentere oppgaven.

### 3.4.2 Flomveg

For å sikre at flomveiene ledes på hensiktsmessig måte er det flere forhold som er viktig å ta hensyn til. Dette er en veldig åpen problemstilling, og det blir derfor viktig å skape et godt datagrunnlag for å kunne ta avgjørelser rundt dette problemet. Oppgaven støtter seg derfor mye på beregning, befaring, simulering og litteraturstudie. I denne oppgaven vil VAV være en ekstern aktør, hvor Bymiljøetaten fungerer som mellompunkt. Dette innebærer at det bestilles informasjon av VAV gjennom BYM, da jevnlig møtevirksomhet med VAV ikke er gjennomførbart. Senere i prosjektfasen har det derimot vært mulig å innhente informasjon via mailkorrespondanse med en kontaktperson i VAV, som fortløpende kommer med

verdier i samråd med det som menes er hensiktsmessig å hente ut av modellen.

I starten av prosjektet vil modelleringer i Scalgo være et verktøy for å vurdere effekten av tiltakene. Det ble da opprettet en selekteringsprosess av tiltak med hensyn på effekten av dem, for så å ettergå tiltak med tall fra VAV og håndberegninger. Det vil bli gjennomført egne beregninger på punkter som antas å ha gode muligheter for å iverksette tiltak. Her vil også VAV supplere verdier som kan sammenlignes med håndberegningene for å se på gyldigheten av verdiene. Det har også blitt gitt tilgang på modellen fra VAV, som gjør at det er lettere å danne et korrekt inntrykk av hvordan situasjonen er i de ulike gatene. Dette grunnet at situasjonen er veldig forskjellig i ulike punkter. Det vil også bli benyttet Scalgo, som er et program som kan simulere ulike scenarier med hensyn på vannavrenning. Med dette verktøyet blir det lettere å danne et bilde av vannavrenning etter gjennomførte modelleringer av terrenget. Med dette datagrunnlaget vil det gjøres lettere å skape inntrykk av funksjonaliteten til tiltakene som iverksettes.

Det blir i denne delen foretrukket blandet metode, da det ses på som mest hensiktsmessig for oppgaven. Det grunnet det både må innhentes informasjon og tyde den samtidig. Dette gjør at oppgaven står friere med hensyn på refleksjon, samtidig som innhenting av fakta med observasjon, simulering og beregning blir tatt hensyn til.

## 3.5 Refleksjon og kvalitetssikring flomvei

### 3.5.1 Usikkerhet:

Det er satt stor tillit til tallene som innhentes av VAV basert på omdømme til arbeidspartnerne. Dette gjør at usikkerheten rundt informasjonsinnhenting blir mer rettet mot egne beregninger da disse er veldig forenklet sammenlignet med tallene fra VAV. Det vil ikke være mulig innenfor prosjektets tidsrammer å ettergå foreslåtte tiltak med simuleringer fra VAV sin side. Det vil derfor være en stor usikkerhet i utregningen av rasjonelle formelen etter tiltakene. Det vil da bli benyttet en egen metode i utregningene med bruk av forholdstall mellom verdier fra før og etter visualiserte tiltak. Dette vil bli

gjennomgått nærmere i resultat og diskusjons delen.

### 3.5.2 Kildekritikk:

Informasjonen rundt dreneringslinjer som innhentes av Scalgo må kontrolleres med andre kilder og befaringer. Det vil være essensielt at informasjonen korresponderer for å gi tiltakene som vurderes en validitet. Informasjonen blir derfor vurdert med høy grad av kildekritikk før den vil bli videre benyttet i arbeidet.

## 3.6 Refleksjon og kvalitetssikring LOD

Det har blitt brukt mye Scalgo ved utvelgingen av de aktuelle områdene for LOD-tiltak. Scalgo gir en et godt innblikk på dreneringslinjer og oppsamlingsområder, som gjør det enkelt å finne områder med behov for utbedring. Det er derimot noe usikkerhet rundt effekten av de utvalgte LOD-tiltakene, da dette er noe som ikke enkelt kan simuleres i Scalgo. Valgene av LOD-tiltak ble gjort basert på egen opparbeidet kunnskap, samt gjennom dialog med Bymiljøetaten.

## 4. Resultat og diskusjon

### 4.1 LOD tiltak

Innenfor området som har blitt sett på er det mange permeable dekker og nesten ingen grønne overflater, til tross for at det er god plass til dette. Det vil derfor være hensiktsmessig å finne noen gode løsninger som kan avlaste for flomveiene. Det har i denne oppgaven blitt valgt ut noen områder, og kommet med forslag på hva som kan gjøres for å utbedre situasjonen i disse områdene. Bildet under viser hvor disse områdene befinner seg.



Figur 14: Oversikt LOD tiltak (Google maps med egen illustrasjon)

#### 4.1.1 Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune.

I handlingsplanen til Oslo kommune er det lagt stor vekt på å få gjennomført 3-trinnsstrategien i praksis. Det vil si å sikre flomveier for håndtering av ekstrem nedbør, i tillegg til lokale tiltak som avlaster for flomveiene. Det at mesteparten av byen allerede er utbygd, gjør det mer utfordrende å gjennomføre hele 3-trinnsstrategien i disse områdene. Det bør likevel bli forsøkt i det minste å sikre det første trinnet der det er mulig. (Oslo Kommune, 2019)

#### 4.1.2 Vurdering av LOD-tiltak

Begrunnelsen av hvilke LOD-tiltak som blir sett på som mest effektive i de ulike områdene, avhenger av en poengsum. Denne poengsummen går ut på tre ulike punkter der tiltakene blir vurdert. Alle punktene har en minste score på 1, og maks score på 3. For at et tiltak skal bli sett på som et aktuelt tiltak i det utvalgte området, må det oppnå en score på minst 8

poeng. Disse punktene er valgt ut fra hva gruppen mener er viktige kriterier for et bra LOD-tiltak, ut ifra handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune.

### Inngrep

Dette punktet handler om hvor inngripende installeringen av tiltaket er på omkringliggende terreng. Her er det flere faktorer som spiller inn. Dersom det er i nærheten av en bilvei, blir det sett på hvorvidt det er behov for å stenge deler av, eller hele veien. Trafikktellingen er også noe som blir tatt i betraktning dersom veien blir påvirket. Det blir i tillegg sett på om installeringen fører til hinder for gående og boende i området. Tiden det tar for å installere tiltaket er den siste faktoren som vurderes før det blir gjort en vurdering.

### Plass

Dette punktet handler om hvor mye plass tiltaket tar opp av området det skal bli installert i, samt på hvilken måte det påvirker området. Her vil det bli tatt i betraktning hva området har som bruksfunksjon i dag, og hvor stort det er, for at tiltaket i minst mulig grad skal være til hinder eller ødelegge for det.

### Funksjon

Dette punktet går helt enkelt ut på hvor funksjonelt tiltaket er, altså hvor effektivt det er under ulike nedbørintensiteter. Optimalt vil tiltaket ha en god funksjon under både mindre og ekstreme nedbør.



### 4.1.3 Vahls gate

#### OMRÅDET

##### Beskrivelse:

Fortauene på begge sider av Vahls gate er store, men uten noen permeable flater. Dette er et samlingspunkt for vannet som kommer ovenfra, før det renner videre ned i Grønlandsleiret.

##### Hensikt:

Med rette LOD-tiltak her blir det mulig å redusere mengden vann som renner i veibanen, samt hjelpe til med å lede vannet vekk fra Grønlandsleiret.

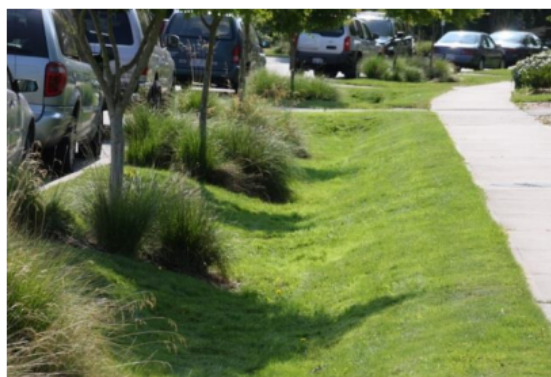


#### TILTAKSTYPE 1

Grønn grøft mellom fortau og vei.

##### Beskrivelse:

Denne løsningen vil kunne fange opp, og infiltrere vannet under mindre nedbør. Ved større nedbørsituasjoner vil grøften fungere som en vannvei som frakter vannet vekk fra området. Grønne grøfter er også estetisk fine, og vil være et passende element i en grå og kjedelig gate. Se vedlegg 6 for tverrsnitt av vei.



Bilde 2: Grønn grøft (Braskerud & Veierød, 2017)

Inngrep: 2

Plass: 3

Funksjon: 3

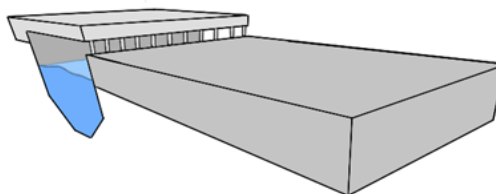
Score: 8

### TILTAKSTYPE 2

Renne under fortau.

#### Beskrivelse:

En renne på siden av veien som delvis kan magasinere, og hovedsakelig frakter vannet vekk fra området.



Inngrep: 1

Plass: 3

Funksjon: 2

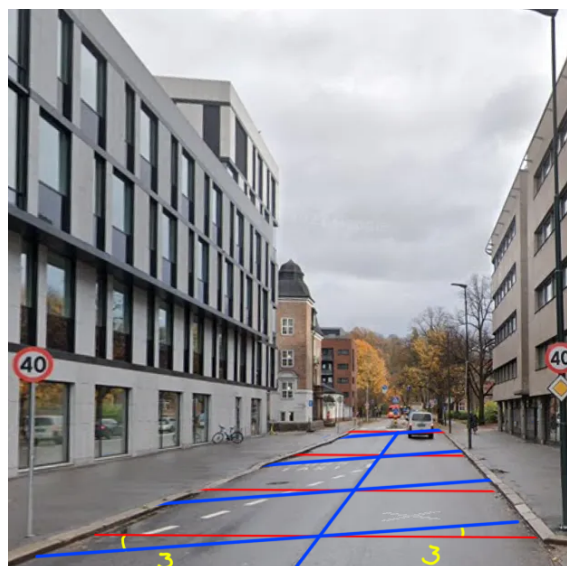
Score: 6

### TILTAKSTYPE 3

Helning av veien mot en side.

#### Beskrivelse:

lede alt vannet som renner ned på veien over på en side. Dette vil samle vannet og forhindre at det renner ut i uønskede sidegater og videre ned mot Grønlandsleiret. Det vil også hjelpe med å lede vannet i ønskelig retning, altså mot Akerselva.



Røde linjer representerer en veg uten helning.

Blå linjer representerer den nye vegen.

Inngrep: 1

Plass: 3

Funksjon: 2

Score: 6

### Oppsummering Vahls gate

Alle tiltakstypene har som funksjon å lede vannet vekk fra området. Bildet under viser hvor vannet må ledes (grønt området), før det naturlig dreneres ned i Akerselva. Dette betyr at tiltakene må starte fra Vahls gate, inn i Lakkegata, og stoppe i det grønne området.



Figur 15: Naturlig fall til Akerselva (Scalgo)

Tiltakstype 1 er det tiltaket som får høyest score her, og det eneste av de tre som klarer minstekravet. Dette tiltaket er det eneste med flere funksjoner enn bare å frakte vann, da det også har en infiltrerende effekt. Uansett om dette tiltaket tar mer plass enn de to andre, vil ikke dette ha noe negativ påvirkning på fortauet, grunnet størrelsen av dette. Tiltaket vil også tilføre gaten en bedring med hensyn på estetikk, og er det eneste tiltaket som gir en fordrøyende funksjon i form av metningsfunksjonen til grønne grøfter.

#### 4.1.4 Heimdalsgaten

##### OMRÅDET

##### Beskrivelse:

Bildet viser et område der det blir samlet opp store mengder vann, uten at det har noen hensiktsmessig måte å renne vekk. Omsider renner overflødig vann ned i Vahls gate.

##### Hensikt:

Endre område så det mer effektivt kan fordrøye og infiltrere vannet som samler seg opp i området. Unngå at vannet som renner her overbelaster Vahls gate.



### TILTAKSTYPE 1

Regnbed

#### Hensikt:

Nedsenkede områder med vegetasjon som kan holde på og fremme infiltrasjon av vannet. Her vil det være hensiktsmessig med et større regnbed som faller under trinn 2 på tretrinnsstrategien.



Bilde 3: Regnbed Heimdalsgaten (Rasmussen, 2019)

Inngrep: 2

Plass: 3

Funksjon: 3

Score: 8

### TILTAKSTYPE 2

Fordrøyningsbasseng

#### Hensikt:

Utbedre dagens situasjon og gjøre plassen om til et fordrøyningsbasseng. Fordrøye vannet som kommer ned Trondheimsveien, for deretter å slippe det ut i Vahls gate når det er kapasitet. Her kan bassenget ved oppholdsvær fungere som en liten skatepark.



Figur 16: Fordrøyningsbasseng Heimdalsgaten (Hansen, 2016)

Inngrep: 2

Plass: 2

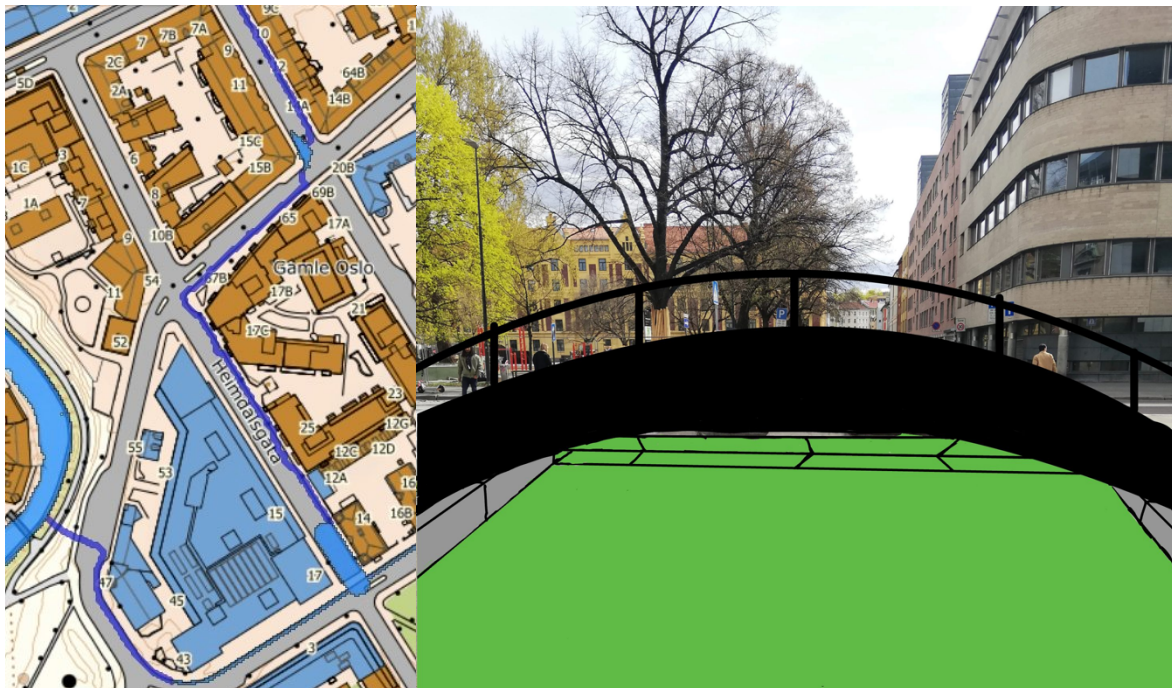
Funksjon: 2

Score: 6

### Oppsummering, Heimdalsgaten

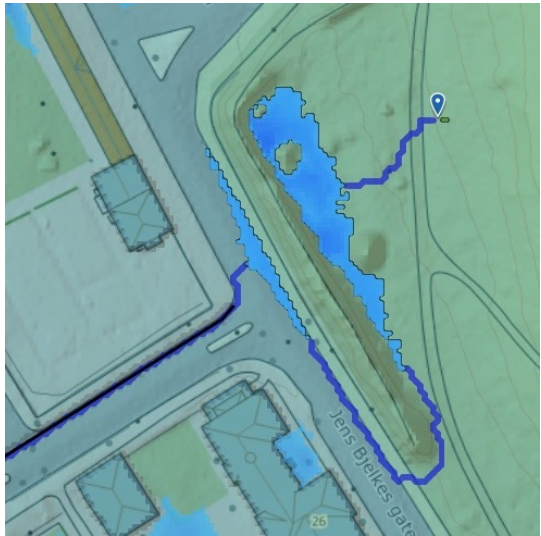
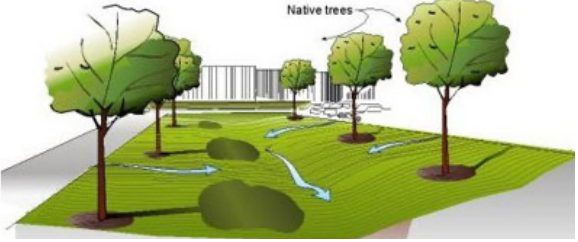
Mye av vannet som renner ned i Heimdalsgaten kommer fra Trondheimsveien. Istedenfor å innføre tiltak som kan forhindre at vannet renner ned fra Trondheimsveien, er det ønskelig å

holde dette området åpent. Dersom det blir funnet en effektiv og kontrollert måte å håndtere vannet i Heimdalsgaten på, vil det kunne bidra til å redusere vannføringen i Trondheimsveien. Det å ha en kombinert løsning sammen med Vahls gate vil her kunne være gunstig. Her scorer regnbedet noe bedre enn fordrøyningsbassenget, ved at den har en infiltrerende funksjon i tillegg til fordrøyningen. Regnbedet bør, sammen med en grønn vannvei i Vahls gate, klare å håndtere alt fra små nedbør til de mer vanlige flomtilfellene. I ekstreme nedbørstilfeller vil regnbedene kunne holde på større mengder vann, samtidig som vannveien frakter mye av det resterende vannet vekk og ut mot Akerselva.



Figur 17: Drenering fra Trondheimsveien til Heimdalsgaten tv. (Scalgo), tenkt regnbed med gangbro th. (egen illustrasjon).

#### 4.1.5 Nederst i botanisk hage

<p><b>OMRÅDET</b></p> <p><i>Beskrivelse:</i></p> <p>Vannoppsamling nederst i botanisk hage, som renner videre ned i Vahls gate ved oversvømmelse.</p> <p><i>Hensikt:</i></p> <p>Fordrøye og infiltrere dette vannet slik at det ikke renner ned i Vahls gate før eventuelt det er kapasitet til det.</p>	
<p><b>TILTAKSTYPE 1</b></p> <p>Swale</p> <p><i>Hensikt:</i></p> <p>Lage en swale i helningen nederste i botanisk hage som kan samle opp, fordrøye og infiltrere mest mulig vann. Gunstig da swales infiltrerer mye vann og det allerede finnes vegetasjon der.</p>	 <p><b>Figur 18: Swale botanisk hage (SuDS Wales)</b></p>
<p><i>Inngrep:</i> 3</p> <p><i>Score:</i> 9</p>	<p><i>Plass:</i> 3</p> <p><i>Funksjon:</i> 3</p>

#### Oppsummering, nederst i botanisk hage

Det er allerede mye oppsamling av vann her, som kan observeres på bildet fra Scalgo i introduksjonen av området. Hvis det blir opprettet en swale i helningen nederst i botanisk hage, øker det infiltrasjonsevnen ganske kraftig, samtidig som det bidrar til at vannet ikke renner videre ned i vahls gate. Det finnes allerede mye vegetasjon her, så en swale vil se veldig naturlig ut, og den vil ikke kreve mye å lage. Samtidig består botanisk hage av veldig

lite impermeable flater, så det vil ikke være mye finstoff som renner ned i swalen og potensielt tetter porene i jorden, så infiltrasjonsevnen vil holde seg høy lenge.

#### 4.1.6 Jens Bjelkes gate

##### **OMRÅDET**

###### *Beskrivelse:*

I likhet med Vahls gate er det også et stort fortau langs denne veien. Her finnes det allerede noe grønt i form av trær, men det er likevel mye plass til utbedring.

###### *Hensikt:*

Fortauet ligger i bunn av Sars' gate. Dersom vannet fanges opp her, vil det redusere trykket på Vahls gate, som bidrar til redusert påkjenning videre ned i Grønlandsleiret. I tillegg vil det hindre at vannet renner inn mot byggene og forårsaker skade under kraftige regn.

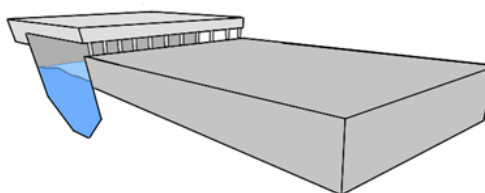


##### **TILTAKSTYPE 1**

Renne under fortau

###### *Beskrivelse:*

Vil fungere som et magasin for vannet som renner fra Sars' gate, og hindre at det renner på veien. Vil også fungere som en vannvei, der den vil frakte vannet inn mot Vahls gate.



Inngrep: 1

Plass: 3

Funksjon: 2

Score: 6

#### TILTAKSTYPE 2

RegnbedGrønne områder med vegetasjon mellom trærne.

##### Beskrivelse:

Med vegetasjon mellom trærne vil det bli større områder der vannet naturlig kan infiltrere grunnen. Denne løsningen er også estetisk fin.

Se vedlegg 8 for tverrsnitt.



Bilde 4: Grønt fortau (Dregde, 2018)

Inngrep: 3

Plass: 3

Funksjon: 2

Score: 8

#### Oppsummering, Jens Bjelkens gate

Tiltakstypene her fokuserer på å fange opp vannet fra gatene over, slik at mindre vann renner på veien. Tiltakstype 2 fokuserer på fordrøying og infiltrasjon, mens tiltakstype 1 fokuserer på fordrøying og bortledning. Tiltakstype 1 vil kreve store inngrep å installere, og scorer derfor ganske dårlig. Tiltakstype 2 derimot er mindre krevende å installere i tillegg til at det vil ha en god funksjonalitet, og scorer derfor innenfor minstekravet. Her vil regnbed kunne samle opp og avlaste for Vahls gate som ligger nedenfor.



## 4.1.7 Sars' gate

### OMRÅDET

#### Beskrivelse:

Langs Sars' gate er det bilparkering på begge sider av veien, samtidig som det er et bredt fortau ved siden av botanisk hage. Det store arealet blir ikke utnyttet på en effektiv måte. Sars' gate er en stor drenslinje i Oslo, så den fungerer som flomvei.

#### Hensikt:

Siden gaten i dag allerede fungerer som en flomvei, er det naturlig at det renner mye vann her. Det vil derfor være gunstig å ha tiltak som kan fange opp så mye som mulig av dette vannet. På den måten vil det avlaste for både Sars' gate og veiene lengre ned i avrenningsfeltet.



### TILTAKSTYPE 1

Vegetasjon langs fortauet.

#### Beskrivelse:

Ved å innføre et grønt felt på fortauet vil det være et område som bryter opp det impermeable dekket, og gir vannet mulighet til å infiltrere grunnen naturlig.

Se vedlegg 7 for tverrsnitt.



Bilde 5: Gress på fortau (Howard County Maryland, 2022)

Inngrep: 2

Plass: 2

Funksjon: 2

Score: 6

### TILTAKSTYPE 2

Gressarmering på begge sider av veien der bilene parkerer.

#### Hensikt:

Gressarmering gir en vanngjennomtrengelig overflate som vil bidra til å fordrøye vann og minimere flom og overvann.

Vedlegg 9 viser effekten av gressarmering.



Bilde 6: Gressarmering langs vei (External Works)

Inngrep: 2

Plass: 3

Funksjon: 3

Score: 8

### TILTAKSTYPE 3

Trær plantet på fortauet.

#### Hensikt:

Trær kan ta til seg store mengder vann i løpet av kort tid, og er derfor en effektiv måte å håndtere overvann på. (Norsk Vann)



Bilde 7: Trær på fortau (Keep eureka beautiful)

Inngrep: 3

Plass: 3

Funksjon: 2

Score: 8

### Oppsummering, Sars' gate

Tiltakstype 2 og 3 scorer her innenfor minstekravet. Tiltakstype 1 får dårligere score da gaten blir brukt til parkering, som fører til at mange vil gå på gresset, noe som er lite gunstig da det vil kreve mer vedlikehold. Det vil heller ikke føre til mye mer infiltrasjon, da gresset er plantet oppe på fortauet, og bidrar ikke til å redusere mengden vann som renner i selve gaten. En kombinasjon av tiltakstype 2 og 3 vil nok være den beste løsningen i dette området. Ved å gjøre alle overflatene brukt til parkering om til gressarmering, vil dette sinke vannføringen langs flomveien i ganske stor grad. Siden gressarmeringen kun er nede på veien, er det fortsatt plass med tiltak på fortauet. Trær vil derfor være en god løsning for å kunne samle opp vannet som renner her, samtidig som det gir rom til å komme seg opp på fortauet uten å bli tvunget til å gå på gresset.

### 4.1.8 Lakkegata skatepark

#### **OMRÅDET**

##### *Beskrivelse:*

Dette er en åpen skatepark med lite funksjon for overvannshåndtering.

##### *Hensikt:*

Samle på vannet i ulike nedbørstasjoner slik at belastningen på flomveiene blir redusert.



### TILTAKSTYPE 1

Regnbed og drenerør.

#### Hensikt

Samle opp og fremme fordrøyning og infiltrasjon av overvannet.



figur 19: Regnbed skatepark (Jakobsen & Hagen, 2018)

Inngrep: 3

Plass: 3

Funksjon: 2

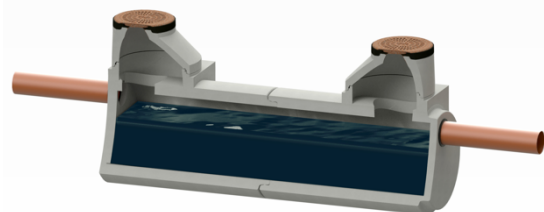
Score: 8

### TILTAKSTYPE 2

Fordrøyningsmagasin/ Underjordisk vanntank (LOD-kum)

#### Hensikt:

Samle opp og utnytte vannet som en ressurs på skolen rett ovenfor skateparken. Her kan vannet brukes til for eksempel spoling av toaletter og vanning av blomster.



Figur 20: Underjordisk vanntank (Basal)

Inngrep: 1

Plass: 3

Funksjon: 2

Score: 6

### TILTAKSTYPE 3

Fordrøyningsbasseng.

*Hensikt:*

Lukke skateparken slik at det kan holde på og fordrøye større mengder vann.



*Inngrep: 3*

*Plass: 3*

*Funksjon: 2*

*Score: 8*

### Oppsummering, Lakkegata skatepark

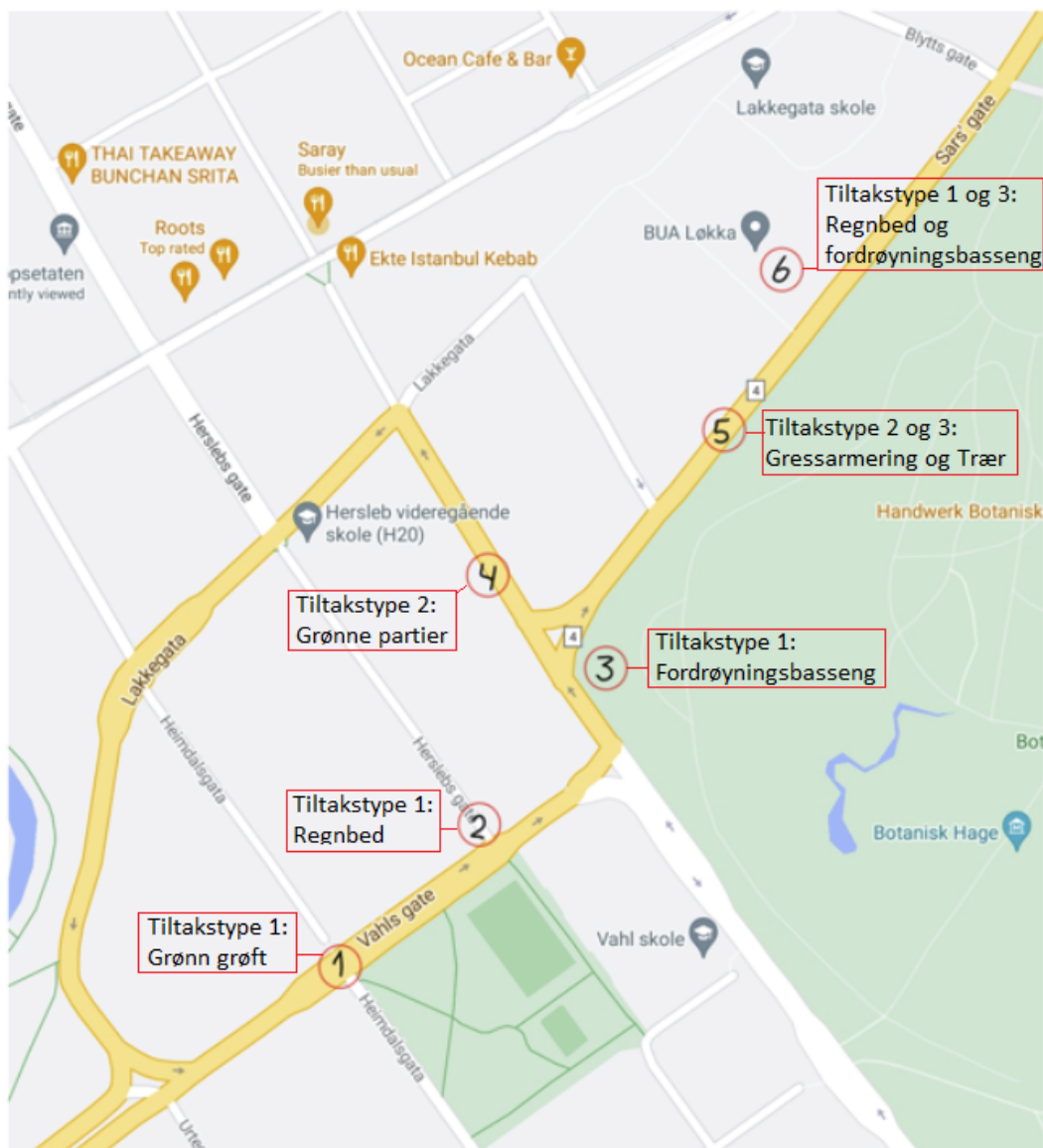
Tiltakstype 2 krever et meget omfattende gravearbeid, og scorer derfor litt for lavt.

Tiltakstype 1 og 3 krever derimot mye mindre arbeid, i tillegg til at de har gode evner til å håndtere overvann. Begge tiltakene vil kunne fungere hver for seg, men de vil trolig være mest effektive sammen. Dette vil løse problemet med borføring av vannet i tiltakstype 3, der regnbedet vil kunne infiltrere vannet som samles.



Figur 21: Drenering skatepark til Lakkegata tv. Drenering skatepark th. (Scalgo)

#### 4.1.9 Oppsummering av LOD-tiltak



Figur 22: Plassering LOD-tiltak (google maps med egen illustrasjon)

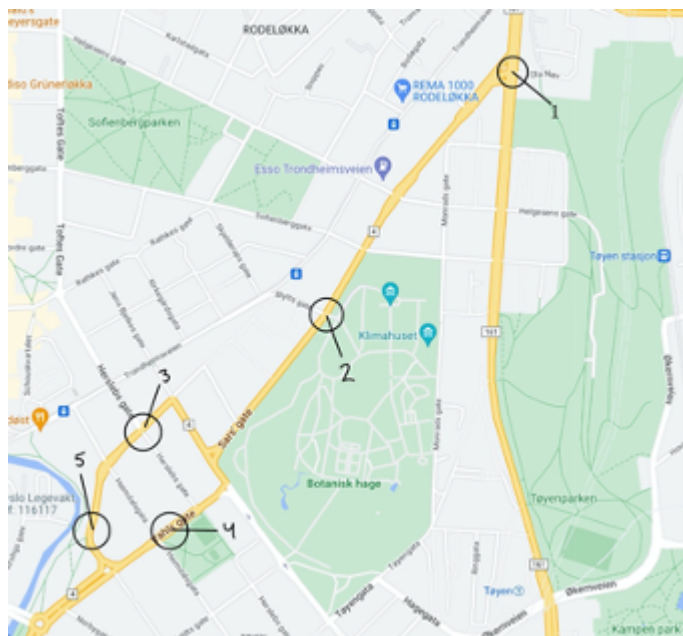
Figur 22 illustrerer en oversikt over LOD-tiltakene som har blitt vurdert til å være mest effektive i de ulike områdene. I Sars' gate går tiltakene ut på å redusere vannføringen med fordrøyende og infiltrerende tiltak, slik at minst mulig vann renner ned i Vahls gate. Tiltaket i Jens bjelkens gate vil ha samme funksjon i tillegg til at den også vil forhindre at vannet renner videre inn mot byggene som ligger på bunnen av denne gaten. I Vahls gate er det fokusert på tiltak som kan fange opp og lede vannet inn mot Akerselva.

## 4.2 Flomveier

Kommentar: For mer utfyllende informasjon om beregningene i oppgaven med rasjonell formel og Mannings formel se vedlagt Excel dokument og vedlegg 4/5

### 4.2.1 Kvalitetssikring av valgt flomvei

I denne delen av oppgaven er det tatt utgangspunkt i 5 ulike punkter rundt området Botanisk hage. Informasjon som er innhenter baserer seg på Scalgo, VAV sin modell, og egne beregninger. Det vil bli hentet ut tall fra modellen til VAV som er basert på terrengmodeller, simuleringer og beregningsprogrammer. For å kontrollere tallene som mottas vil det bli gjennomført håndberegninger som tar utgangspunkt i den rasjonelle formelen med hensyn på vannføringen. Deretter vil det bli tatt en vurdering av tverrsnittene til gatene hvor de aktuelle punkter ligger. Kontrolleringen av kapasiteten blir så vurdert etter om den er tilstrekkelig, sammenlignet med vannføringen. For å kontrollere verdiene rundt kapasitet vil det i denne oppgaven benytte mannings formel. Dette medfører at det må ses på hvert enkelt punkt da tverrsnittene varierer fra gate til gate. For å forenkle beregningene blir det antatt rett gatetverrsnitt, med utgangspunkt i tverrsnittene mellom fortauskantene.



Figur 23: oversikt over valgte beregningspunkter (Google maps med egen illustrasjon)

## 4.2.2 Valg av punkter

Punktene er valgt fra en vurdering som er tatt etter befaring og modellering i Scalgo. Punkt 1 er valgt da dette er en skillelinje mellom to store flomveier som trekker ned i Finnmarksveien og Sars´ gate. Punkt 2 ble valgt da Blytts gate har helning mot Trondheimsveien, og gir naturlig avrenning til Akerselva. Punkt 3 er valgt etter at dette punktet medfører en blanding mellom flomveiene i Trondheimsveien og Vahls gate. Punkt 4 er valgt med hensyn på høy akkumulert vannføring og vannhøyde. Punkt 5 er valgt da dette ses på som et kritisk punkt for å få tilstrekkelig vannmengder ut i Akerselva. Dette er punkter som generelt har skilt seg ut som nyttige områder å analysere videre. Som nevnt i fremgangsmetoden for flomveier i metodekapittelet har det vært gjennomført en selekteringsprosess av flere områder etter hva Scalgo ga av informasjon. De gjenværende punktene er derfor et sluttprodukt av en prosess som var gjennomført tidlig i prosjektet. Alle punktene som er valgt har som felles funksjon, å lede vannet på den vestlige siden av Botanisk hage. Dette er for å dra nytte av fallet som fremkommer i området.

## 4.2.3 Kvalitetssikring av Scalgo

For å kvalitetssikre og vurdere validiteten til dreneringslinjene sammenlignes informasjonen som uthentes fra Scalgo og PBE´s dreneringslinjer. Dette er for å sikre det kildekritiske aspektet rundt samhandling med virkeligheten angående informasjonen som innhentes fra Scalgo. Dreneringslinjene viser dagens situasjon, da PBE sine dreneringslinjer ikke kan endres slik som i Scalgo. Det var derfor viktig å se på hva programmene sier om dagens situasjon, da dette var eneste mulighet til å kunne sammenligne validiteten. Det blir derfor sammenlignet 3 aktuelle tiltaksområder for videre tiltak.



Sammenligning 1 kryss, Finnmarksgata – Olav Narr:



Kommentar:

Dreneringslinjene samsvarer og trekker ned i Finnmarksgata

Sammenligning 2 Kryss, Sars' gate – Blytts gate:



Kommentar:

Dreneringslinjene samsvarer med avrenning videre ned i Sars' gate og påkobling av avrenning fra botanisk hage.

Sammenligning 3, Vahls gate:



Kommentar:

Dreneringslinjene samsvarer med hvor i veg tverrsnittet vannet renner. Begge programmene viser også at vannet renner videre ned i Heimdalsgaten i retning Grønland. Dette anses som et viktig kryss, og derfor viktig at informasjonen stemmer.

Ved å sammenligne flere områder gir dette en god indikasjon på at programmene samstemmer med hverandre. Det er funn av minimale forskjeller, men da disse er veldig begrenset, konkluderes det med at den uthentede informasjonen er lik fra begge programmene. Befaring under mindre regn korresponderer også med informasjonen fra Scalgo og PBE. Dette medfører at det videre antas at Scalgo har en nøyaktighet som kan sammenlignes med virkeligheten.

#### 4.2.4 Tall fra VAV

I første omgang blir det innhentet verdier i 6 ulike punkter rundt Botanisk hage. Dette er punkter som blir ansett som viktige med tanke på vannføringen. Dette gir en god indikasjon på dagens situasjon, og det blir lettere å danne et mer helhetlig bilde av hvor de kritiske punktene ligger. Etter statens vegvesens retningslinjer vil alle gatene med unntak av Trondheimsveien, gå under kategori V3. V3 tilsier veier med en ÅDT på større eller lik 4000. Dette medfører at dimensjonerende returperiode skal settes til 200 år over 60 min (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2018). Dette er samme returperiode VAV benytter seg av i sin modell. For enkelhetens skyld regnes også Trondheimsveien med lik returperiode, da VAV sin modell baserer seg på dette. I utregningene til den rasjonelle formelen må det trekkes fra regn med returperiode på 10 år over 60 min. Dette er for å kompensere for vannmengdene overvannsystemet håndterer, og er den mengden VAV bruker som standardisert verdi. For nedbørintensiteten har det blitt vurdert å velge værstasjonen som ligger nærmest. Værstasjonen i Hausmansgate ble derfor valgt da dette ligger i umiddelbar nærhet. Det henvises til vedlegg 3 for utfyllende tabell over verdier på nedbørintensitet.

Ved utregning av den rasjonelle formelen settes klimafaktoren lik 1,5, da dette er det samme som VAV bruker i sin modell. Grunnen til denne klimafaktoren er for å legge inn en sikkerhet for fremtidig økning i nedbør. Valgt avrenningskoeffisient vil variere på hvilket felt som analyseres, da Scalgo har en funksjon som gir informasjon om hva hvert enkelt felt består av. Formelen for avrenningskoeffisient som er brukt i oppgaven er hentet fra Statens vegvesens håndbøker, og går under navnet midlere avrenningsfaktor (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014).

Formel:  $C = (C_1 * A_1 + \dots + C_n * A_n) / A$

### Kommentar til utregningen av rasjonell formel:

Det er usikkerhet knyttet til avrenningsområdet, da Scalgo ikke klarer å hente ut nøyaktige verdier for avrenningsfeltene til alle gater. Det blir derfor en stor usikkerhet til Sars' gate, Blytts gate og Lakkegata sine avrenningsområder. I disse gatene er det gjennomført ulike antagelser, og Lakkegata er utelatt fra beregningene, da det ble for store usikkerhet. Dette vil ikke ha de største innvirkningene da Lakkegata i utgangspunktet kun var et kontrollpunkt, siden vannet samles nederst i gaten.

Tabell 1: dagens situasjon

Sted	$Q_{VAV}$	$Q_{RM}$ før tiltak
Vahls gate	1350	10250
Sars' gate	1800	3500
Trondheimsveien	3600	3250
Blytts gate	1100	3650
Lakkegata	1750	-
Finnmarksgata	6350	9000

$Q_{VAV}$  = vannføring hentet fra modell hos VAV,  $Q_{RM}$  = vannføring fra rasjonelle formell før tiltak er hensyn tatt

Tallene fra VAV ga et overraskende resultat, da avrenningsområdet som trekker inn i Vahls gate er betydelig større enn avrenningsområdet til Trondheimsveien. En av grunnene til redusert verdi i Vahls gate kan ifølge VAV være blanding av avrenningsområdet. Dette innebærer at nærliggende avrenningsområder kan utveksle vannmengder via flomveier lengre oppe i feltet, og verdiene kan lett påvirkes. Dette er noe modellen til VAV tar hensyn til, men som blir vanskelig å følge opp, da Scalgo ikke har implementert denne funksjonen i sitt system. Det blir derfor viktig å se på andre parametere som akkumulert Q og vanddybden, for å verifisere problematikken i Vahls gate.

### Kommentar til beregningene

Resultatene som fremkommer fra utregningene med rasjonell formel er etter gruppens synspunkt veldig unøyaktig, sammenlignet med tallene fra VAV. En justering har derfor blitt vurdert. Ifølge Statens vegvesen håndbok N200, 2018, vil det være tilstrekkelig å bruke klimafaktor lik 1,3 i Oslo og Akershus. Dette revideres ikke da dette blir unøyaktig, og en endring på parameterne som er satt av VAV.

## 4.2.5 Kapasitet:

Tverrsnittene hentes ut ifra terrenngmodellen i Scalgo, samt manuelle målinger for å kvalitetssikre at verdiene i Scalgo samsvarer med virkeligheten. Det vil også antas rektangulære tverrsnitt med samme høyde på hver side. Dette er for å forenkle utregningene, da det blir vanskelig å ta hensyn til små høydeforskjeller. I vanlige tverrsnitt av vegen, vil det normalt være takfall. Med dette menes det at senterlinjen av vegen vil ofte ha fall ved rettstrekk. Dette er for å sikre god vannavrenning og fravikende helning for motgående kjøretning. Ved rettstrekk vil det vanligvis være takfall på 3 prosent, noe som er standard etter statens vegvesen (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014). Det er også lagt inn parametere som Mannings-tall lik 50, da det er dette VAV bruker i sin modell. Denne verdien sier noe om ruheten til et objekt, og med Mannings-tall lik 50 symboliserer dette objekter som betong, asfalterte dekker, grus og småstein (ref figur 10) (Statens vegvesen, Håndbok N200, 2014)

**Tabell 2: Kapasitet og tverrsnitt dagens situasjon**

	b (m)	h(m)	P (m)	M	A (m <sup>2</sup> )	R (m)	I	Q (l/s)	V <sub>VAV</sub> (m/s)	V <sub>MF</sub> (m/s)
Vahls gate	9,6	0,12	9,84	50	1,152	0,117	0,006	1053,2	0,7	0,9
Sars'gate	14	0,09	14,18	50	1,26	0,089	0,038	2454,7	0,9	1,9
Trondheimsveien	11	0,07	11,14	50	0,77	0,07	0,031	1739,2	1,6	1,8
Blytts gate	7	0,09	7,18	50	0,63	0,088	0,042	1275,1	0,9	2,0
Lakkegata	9,3	0,11	9,52	50	1,023	0,10	0,012	1243,1	0,7	1,2
Finmarksgata	13,2	0,14	13,48	50	1,848	0,137	0,016	3120	1,6	1,7

b = bredde vei, h = høyde vegkant, P = Våt omkrets, M = Mannings tall, A = tverrsnittsareal, R =Hydraulisk radius, I =lengdefall, Q = Vannføring, V<sub>VAV</sub> = fart vann etter VAV sin modell, V<sub>MF</sub>=fart vann etter Mannings formel

Resultatene viser at kapasiteten i mange tilfeller ikke er tilstrekkelig for å håndtere vannføringen. I mange av vegene er kantsteinene lave, og fortauet har en skråhelning ned i vegen. Dette gjør at ved store regnmengder vil vannet trekke opp på fortauet, og kan skape uheldige situasjoner og skader på personell og bebyggelse rundt. Ved utregningen tas det ikke hensyn til dette, da det kun ses på kapasiteten til vegen mellom kantsteinene i tillegg til at tverrsnittet antas å være rektangulært. Med disse antagelsene vil det da være nødvendig med en økning av tverrsnittene for å skape en tilstrekkelig kapasitet i vegbanen. Farten til vannet er derimot innenfor hva som er ønskelig med hensyn på erosjon av vegen (ref figur

13). Dette blir da en tilleggs parameter som også vil bli vurdert ved revidering av tverrsnittets kapasitet.

#### 4.2.6 Akkumulert Q

I resultatene fra VAV fremkommer det at Trondheimsveien har høy vannføring i motsetning til Vahls gate. Det ble derfor satt spørsmål om hvorfor det er store problemer i Vahls gate, og ikke i Trondheimsveien. Gransking av data for å finne informasjon som støtter tidligere informasjon var derfor viktig. Q akkumulert, sier noe om hvor mye vann i volum, som renner gjennom et tverrsnitt over en tidsperiode.

Tabell 3: Akkumulert Q for hver gate

Gate:	Akkumulert Q (m <sup>3</sup> ) over 2 timers simulert regn
Vahls gate	3125
Sars' gate	487
Trondheimsveien	1381
Blytts gate	59
Lakkegata	1685
Finnmarksgata	966

For Vahls gate observeres det store verdier for Q akkumulert sammenlignet med resterende gater. Dette betyr at overvannet bruker lang tid på å renne gjennom gaten, når det analyseres i sammenheng med Q fra den rasjonelle formelen. Mye av grunnen til dette er fallet i Vahls gate. Ved å sammenligne med Trondheimsveien, observeres det er en forskjell på nesten 5 ganger mer fall. Hovedproblemet er derfor ikke vannmengdene i seg selv, men heller terrenget som skaper problematikken. Dette bekrefter at Vahls gate har en overvannsproblematikk som må tas hensyn til.

#### 4.2.7 Vannhøyde

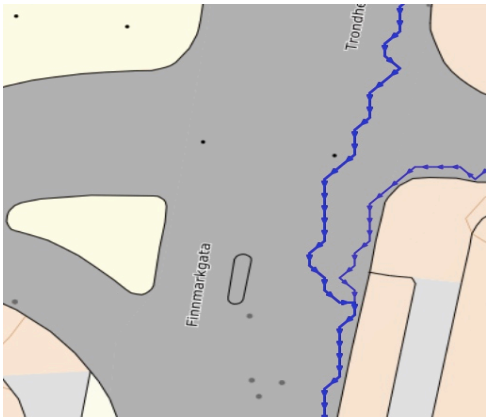
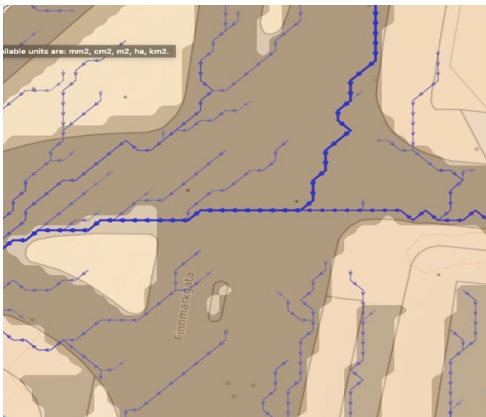
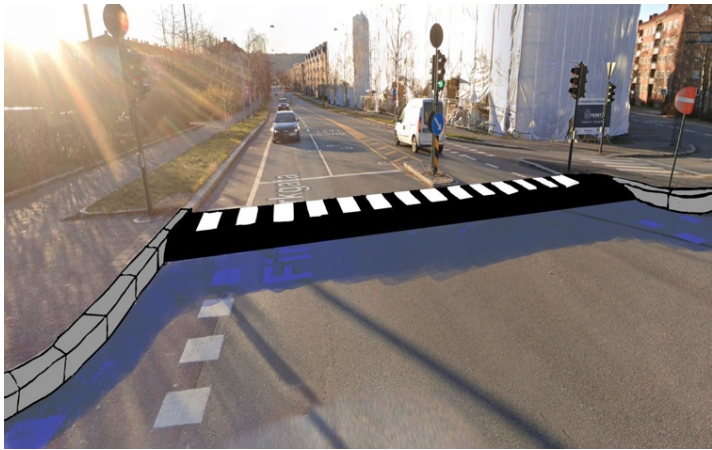
Vannhøyden er også en god parameter for å se hvor mye vann som samles i gatene. Dette gir også en mer visuell effekt, da det er lettere å se for seg mengden vann. Ut ifra tabell 5, bekreftes det at vannhøyden er betydelig høyere i Lakkegata, Vahls gate og Finnmarksgata.

Dette betyr at det vil danne seg vannmasser av betydelig størrelse i disse gatene, og tiltak vil bli vurdert i området.

**Tabell 4: vannhøyde i punkt**

Gate:	Vannhøyde (m)
Vahls gate	0,1475
Sars'gate	0,0579
Trondheimsveien	0,0738
Blytts gate	0,0329
Lakkegata	0,1782
Finmarksgata	0,1178

## 4.2.8 Tiltak Flomvei:

<p><b>Punkt 1:</b></p> <p>Kryss Finnmarksgata – Olav Narr</p> <p><b>Tiltak 1:</b></p> <p>Fartsdump i krysset mellom Olav Narr og Finnmarksgata.</p> <p><b>Grunn:</b></p> <p>Dette er for å føre vannet ned i Sars' gate for så å lede vannet inn i ønsket flomvei i Trondheimsveien.</p>	<p><b>Eksisterende situasjon:</b></p> 
<p><b>Fordeler:</b></p> <p>Vil kunne gjøre store endringer på flomveien med mindre inngripende tiltak</p> <p><b>Ulemper:</b></p> <p>Kan risikere at det samles mer overvann i punktet enn tidligere. Ved ekstreme nedbør vil det også være en stor sannsynlighet for at noe overvann vil kunne renne over fartsdumpen</p>	<p><b>Situasjon med tiltak:</b></p> 
<p><b>Illustrasjon:</b></p> 	

**Punkt 2:**

Kryss Sars' gate – Blytts gate

**Tiltak 2:**

Fartsdump i krysset mellom Sars' gate og Blytts gate.

**Grunn:**

Lede vann fra Sars' gate og inn i Trondheimsveien, som vil gi flomveien en naturlig avrenning til Akerselva. Dette tiltaket vil også kunne lede vann fra Botanisk hage, da fartsdumpen er lagt i et område hvor en vesentlig del vann renner ut av parken.

**Fordeler:**

Tiltaket vil kunne lede mye vann vekk fra Vahls gate, og lette på vannmengden i denne gaten.

**Ulemper:**

Kan lett overbelastning ved feil dimensjonering av høyden på fartsdumpen

**Eksisterende tiltak:****Situasjon med tiltak:****Illustrasjon:**



**Punkt 3:**

Kryss Tronheimsveien – Herslebs gate

**Tiltak 3:**

Lokalt høybrekk

**Grunn:**

Minimere blanding mellom de ulike flomveiene.

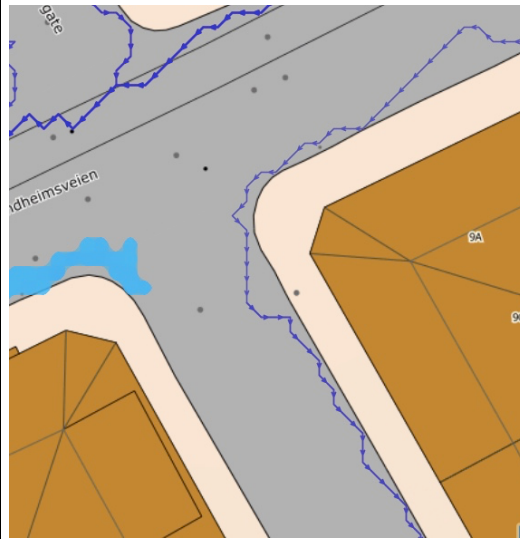
**Fordeler:**

Mer forutsigbart hvor overvannet renner.

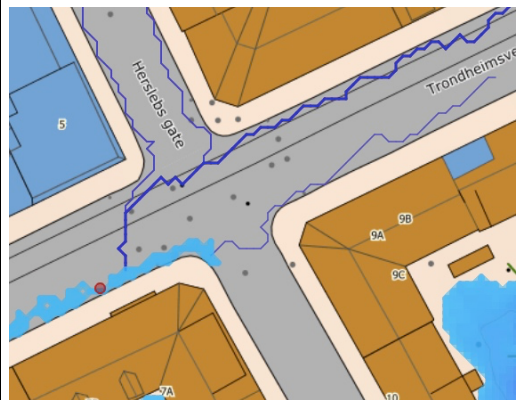
**Ulemper:**

Gir vannet kortere veg til resipient. Dette gjør at vannmengder lettere kan samles opp i kritiske områder da vegen kan ha manglende kapasitet

**Eksisterende Situasjon:**



**Situasjon med tiltak:**



**Illustrasjon:**



**Punkt 4**

Vahls gate

**Tiltak 4**

Blågrønn løsning i Vahls gate

**Grunn:**

Endre avrenningen i Vahls gate. Dette er et ledd for å lede vannet inn i Akerselva, og hindre at vannet trekker ned til Grønland.

**Fordeler:**

Vil fordrøye vann og skape en naturlig avrenning mot Akerselva. Det vil også skape et naturlig skille mellom myke og harde trafikanter.

**Ulemper:**

Vil kunne medføre nokså store inngrep i gaten som kan påvirke trafikken over en lengre periode

**Eksisterende Situasjon:**



**Situasjon med tiltak:**



**Illustrasjon:**



### Punkt 5

Veg overgang Lakkegata - Nylandsveien

#### Tiltak:

Renne nederst i flomveien

#### Grunn:

For å kunne hindre uønsket ansamlinger av overvann i gaten. Det er vanskelig å sikre naturlig fall i hele gaten, og noe av vannet fra Trondheimsveien vil trekke mot vannet som kommer fra Vahls gate. Dette blir et punkt der det vil være nødvendig med endringer fra dagens situasjon for å skape naturlig fall til Akerselva.

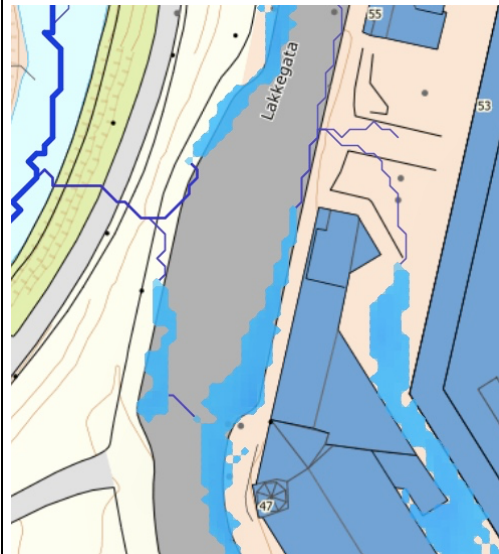
#### Fordeler:

Minimere oppsamling av vann, og skape en tryggere situasjon med hensyn på sikkerhet og skader.

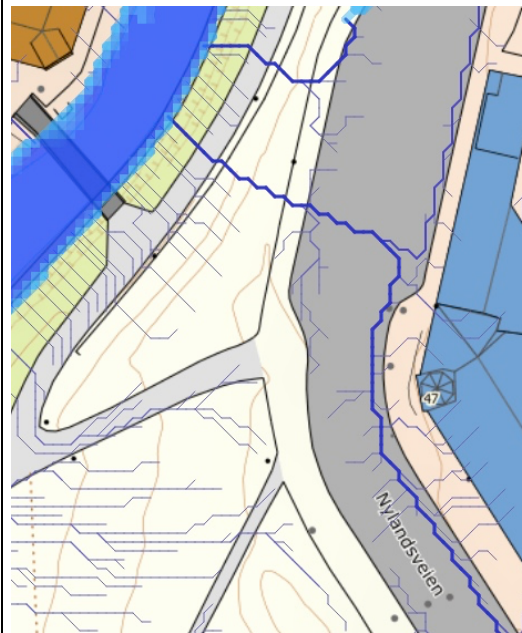
#### Ulemper:

Veien må sperres for trafikk i tidsrommet tiltaket implementeres.

#### Eksisterende Situasjon:



#### Situasjon med tiltak:

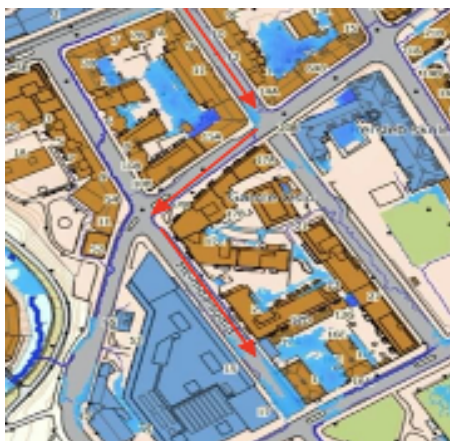


#### Illustrasjon:



### 4.2.9 Blanding:

Blanding er et aspekt som vil bli nevnt for å vise forståelse for tematikken, men noe som blir vanskelig å kontrollere med beregninger. Blanding forekommer da to avrenningsområder ligger inntil hverandre, og når flomveier krysses. Scalgo har den begrensningen at den ikke tar hensyn til dette. Et eksempel er området vist på bildet som illustrer at ulike flomveier utveksler vann uten at programmet klarer å endre på avrenningsområdene. Scalgo tildeler avrenningsområde til et punkt. Dersom blandingsvann fra et punkt renner over til et annet punkt vil ikke dette framkomme når en ser på avrenningsområdene. Dette gjør det derfor veldig vanskelig å ta hensyn til, da mengden vann er ukjent.



Figur 24: Illustrasjon over retning av vannføring under blanding (Scalgo med egen illustrasjon)

### 4.2.10 Valg av flomvei:

Når det kommer til valg av flomvei, vil det være en avveining på hva som kan ha direkte innvirkning med hensyn på utregninger, visuelt vist i Scalgo og befaringer. Det blir derfor ansett som reelt å velge flomvei ut ifra informasjonen som gruppen innehar, og deretter tatt stilling til tiltaket.

Det ses ikke på som hensiktsmessig å kun velge en enkel flomvei i området. Det har derfor blitt vurdert å dele overvannsmengden på flere ulike måter. Ingen av gatene anses for å være helt ideelle, men noen har bedre forutsetninger enn andre. Derfor velges det å omfordele til de vegene som har best utgangspunkt, istendfor å maksimere en enkel veg. Fordelen med dette er at ved overbelastning i Trondheimsveien, kan Vahls gate være et

substituert ved ekstrem nedbør.

### **Tiltak 1**

Krysset mellom Olav Narr og Finnmarksgata ses på som kritisk for å redusere vannmengden ned i Vahls gate. I dette krysset kan store avrenningsområder deles, noe som vil være bra for overvannssituasjonen i Vahls gate. Hvis dette ikke sperres av, vil vann renne nedover finnmarksgaten, og deretter havne i Vahls gate. Ved å forhøye kantsteinen og legge en fartshump i området, gir Scalgo et positivt inntrykk på at dette er gjennomførbart. Det vil også være et skånsomt tiltak da det ikke krever massive inngrep i området. Tiltaket blir derfor vurdert som et godt og gjennomførbart tiltak.

### **Tiltak 2**

Det å sette opp en fartshump krysset mellom Sars' gate og Blytts gate vil kunne gi en stor effekt. Da vil overvann ledes fra Sars' gate og inn i Blytts gate. Dette vil lette på vannmengden som trekker ned i Vahls gate, og overvannet vil få en naturlig avrenning ned i Akerselven. Tiltaket anses derfor som nødvendig for å trekke flomveien via Trondheimsveien.

### **Tiltak 3**

Et lokalt høybrekk i Herslebsgate vil kunne påvirke på forskjellige måter. Det vil kunne begrense en blandingseffekt mellom flomveien i Vahls gate og Trondheimsveien. Dette har blitt vurdert som lite ønskelig da det minsker avrenningsveien til overvannet. I ytterste konsekvens kan dette skape høyere risiko for større ansamlinger av store vannmengder. Dette gjør at hensikten med et slikt tiltak blir sett på som uegnet, da gevinsten kan skape problemer som er verre enn eksisterende situasjon. Etter å ha modellert inn lokalt høybrekk ble det også vurdert som lite hensiktsmessig med hensyn på vannhøyde nederst i Heimdalsgata. Tiltaket blir derfor vurdert som unødvendig, og ikke tatt med videre.

#### **Tiltak 4**

Blågrønn løsning i Vahls gate er et tiltak som vil kunne gi flere gevinster. I dagens situasjon er gaten preget av mye harde flater og lite fall. Dette medfører store ansamlinger av vann som må dreneres bort. Ved å benytte bedre den store bredden på fortauene, kan det innhentes en god nytteverdi av tiltaket. Dette fører til at vannet vil kunne fordrøyes på en bedre måte, da flomveien består av en åpen gresskulvert.

#### **Tiltak 5**

Dette tiltaket ble først vurdert med hensyn på bekymringen av at overvannet ville få en kraftig oppstuvning i området. Dette området er et ideelt sted å lede vann ned i Akerselva. Det vil fortsatt være nødvendig med et tiltak som kan hjelpe vannet å komme seg fra vegen og ned i elven. Siden scalgo viser at vannet ikke bare vil samle seg i et punkt på veien, er det derfor lurt å ha en løsning som dekker heler vegbredden. En renne over vegen, med en rist på oversiden der vannet kan renne ned vil være en god løsning. Dette blir ansett som et nødvendig tiltak for å ikke skape store problemer for trafikanter og bebyggelse i området.

#### **4.2.11 Usikkerhet med hensyn på beregningene etter tiltak**

I den ideelle verden ville en ny simulering av vannføringen fra VAV med hensyn på tiltak vært det mest presise for å se på effekten. Dette er noe VAV ikke har kapasitet til, og det blir derfor viktig å finne en metode som gjør at det er mulig å se på effekten. Det har blitt vurdert ulike metoder for dette, og det har til slutt blitt besluttet å bruke forholdstall. Dette innebærer at den rasjonelle formelen blir beregnet før og etter tiltakene, for så å trekke ut et forholdstall mellom disse. Da VAV sin simulering blir ansett som et reelt svar med virkeligheten, vil sluttverdien på vannføringen bestå av VAV sine første tall multiplisert med forholdstallet som hentes ut av fra den rasjonelle formelen.

## 4.2.12 vannførings resultat av gjennomførte tiltak:

Tabell 5: Vannføring etter foreslåtte tiltak

Sted	Q <sub>RF</sub> før tiltak	Q <sub>RF</sub> etter tiltak	Z Forholdstall	Q <sub>VAV</sub> før tiltak	Q <sub>VAV</sub> *Z (Valgt Q)
Vahls gate	10250	3450	0,33	1350	450
Sars' gate	3500	6500	1,85	1800	3350
Trondheimsveien	3250	7800	2,4	3600	8650
Blytts gate	3650	6800	1,86	1100	2050
Lakkegata	1750	1750	1	1750	1750
Finnmarksgata	9000	2300	0,26	6350	1700

Q<sub>RF</sub> før tiltak = vannføring før tiltak beregnet med rasjonelle formell, Q<sub>RF</sub> etter tiltak = vannføring etter tiltak beregnet med rasjonelle formell, Z Forholdstall = forholdstallet mellom Q<sub>RF</sub> før tiltak og Q<sub>RF</sub> etter tiltak, Q<sub>VAV</sub> før tiltak = Vannføring fra VAV før tiltak

Ved å gjennomføre tiltak 1,2,4 og 5, vil dette kunne endre mye på dagens situasjon. Vahls gate vil få en betydelig redusert vannføring sammenlignet med tidligere beregninger. En god indikasjon på dette er at vannføringen i Finnmarksgata har en betydelig reduksjon i sine verdier. Uten tiltak 1 vil vannet renne ned i Finnmarksgaten, for deretter å trekke ned i Vahls gate. Med dette tiltaket reduserer den ikke bare vannføringen i Finnmarksgata, men også Vahls gate. Tiltak 1 anses derfor som et viktig tiltak for å redusere vannføringen i utfordrende områder. Det har blitt vurdert at det er hensiktsmessig å lede vannet på vestsiden av Botanisk hage. Det er for å kunne utnytte terrenget til å lede vannet mot Akerselva. Tiltak 2 blir også viktig for å lede vannet videre mot Trondheimsveien. Det observeres at vannføringen har blitt betydelig økt i Sars' gate etter at tiltak 1 ble modellert inn, noe som også gjør at tiltak 2 blir viktig. Ved underdimensjonering på tiltak 2 vil store vannmengder trekke mot Vahls gate. Blytts gate hadde i utgangspunktet lav vannføring sammenlignet med andre gater. Det blir derfor sett på som ideelt å få mer overvann her, da gaten har en mulighet til å øke vannføringen. Trondheimsveien vil få en betydelig økning i vannføringen etter egne beregninger. Dette er en konsekvens som gruppen har vurdert, og det blir da ansett at blanding mellom avrenningsområdene blir et viktig moment. Ved overbelastning i Trondheimsveien, vil mer vann trekke ned gater mot Vahls gate. I kapittelet LOD-tiltak ble det diskutert regnbed nederst i Herslebs gate. Dette er for å fordrøye overvann som vil trekke nederst i gaten ved overbelastning i Trondheimsveien. Grunnen til at dette anes som et godt tiltak er at dette allerede i dagens situasjon har problemer, og det er behov for å fordrøye vannet. Ved så å koble regnbedet på den grønne grøften (tiltak 4)

som trekker ned Vahls gate vil dette ifølge Scalgo være et godt tiltak. Tiltak 5 vil kunne være et godt alternativ for å redusere faren for oppstuvning av vann nederst i Lakkegata. Ved den økte vannføringen i Trondheimsveien vil en større mengde vann trekke mot dette området. Dette tiltaket vil derfor være viktig å ikke underdimensjonere da det kan få store konsekvenser for nærliggende bebyggelse og trafikanter.

#### 4.2.13 Kapasitets resultat av gjennomførte tiltak:

Heving av fortauene er det mest nærliggende tiltak som kan gi gode kapasitetsmessige resultater for vegen. Grunnen til dette er at bredden ikke kan gjøres noe med, da eksisterende bebyggelse ikke gir mye rom for dette. Det vil da være naturlig å fokusere på høyden til tverrsnittet for å skape ønskelig kapasitet.

**Tabell 6: Korrigert tverrsnitt**

Sted	b (m)	h(m)	P (m)	M	A (m <sup>2</sup> )	R (m)	I	Q (l/s)	V <sub>MF</sub> (m/s)
Vahls gate	9,6	0,12	9,84	50	1,152	0,117	0,006	1053,2	0,9
Sars' gate	14	0,11	14,22	50	1,54	0,108	0,038	3423,2	2,2
Trondheimsveien	12,5	0,22	12,94	50	2,75	0,213	0,031	8659	3,1
Blytts gate	7	0,13	7,26	50	0,91	0,125	0,042	2335,13	2,6
Lakkegata	9,3	0,14	9,58	50	1,302	0,136	0,012	1850,37	1,4
Finnmarksgata	13,2	0,14	13,48	50	1,848	0,137	0,016	3120	1,7

b = bredde vei, h = høyde vegkant, P = Våt omkrets, M = Mannings tall, A = tverrsnittsareal, R =Hydraulisk radius, I =lengdefall,

Q = Vannføring, V<sub>VAV</sub> = fart vann etter VAV sin modell, V<sub>MF</sub>=fart vann etter Mannings formel

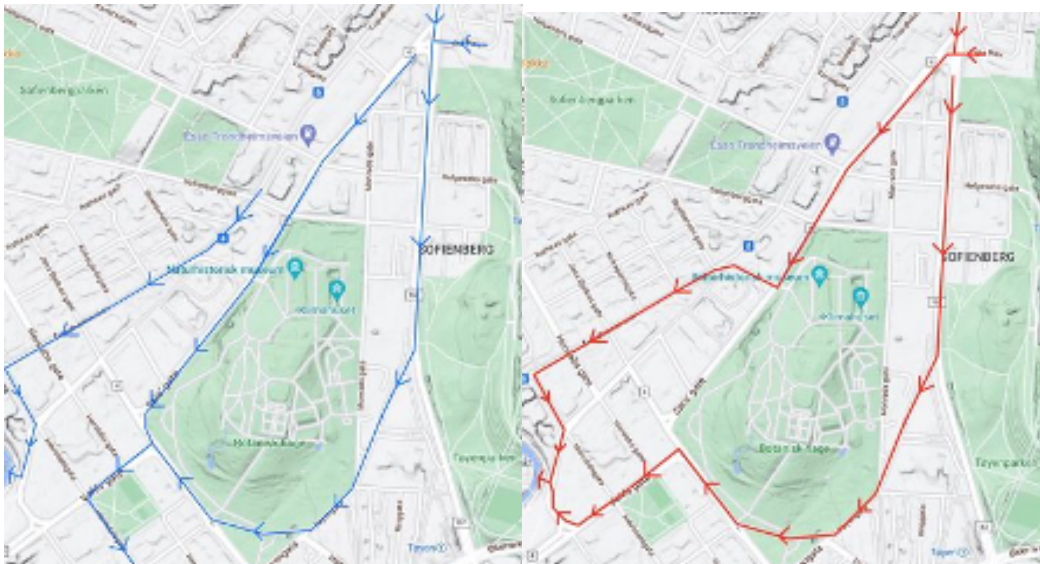
Ut ifra utregningen fremkommer det at kapasiteten vil være tilstrekkelig med minimale endringer i høyden på kantsteinene. Vahls gate kan med nye tiltak klare seg uten endringer i høyden. Dette vil være bra for området da dette er en svært trafikkert veg. Det vil uansett være hensiktsmessig å iverksette tiltak 4 i gaten, da fallet fortsatt er en utfordring. I motsetning til resten av gatene vil Trondheimsveien trenge flere tiltak. Det å opprette kantstein på 22 cm vil være et drastisk valg, og kunne skape utfordringer for myke trafikanter. Et tiltak er å vurdere fortauet som en ressurs i oppbyggingen av flomveien i Trondheimsveien. Ved å bruke prinsippet om fortau med helning mot vegbanen, vil dette kunne avlaste høyden på kantsteinen til vegen. Dette blir da en digresjon siden oppgaven er avgrenset til kun vegen mellom kantsteinen. Farten på vannføringen er derimot innenfor det



som er kravet med hensyn på erosjon (ref figur 10). Her ligger kravet på asfaltdekker på en verdi mellom 2-5 m/s. Alle gatene har da en tilfredsstillende fart for å unngå erosjon.

#### 4.2.14 Oppsummering:

Ved hjelp av en rekke tiltak har det blitt sett på hvordan flomveiene kan bli ledet på en annen måte for å begrense oppstuvning av overvann på Grønland. I dagens situasjon trekker store vannmengder ned mot Vahls gate, og skaper utfordrende situasjoner. Ved å iverksette ulike tiltak vil situasjonen kunne endres betydelig, og sikre avrenning til Akerselva. I figur 24 illustreres disse endringene på flomveiene, og viser hvilken funksjon tiltakene har.



**Figur 25: Illustrasjon eksisterende flomvei tv. Og flomvei med foreslåtte tiltak th. (google maps med egen illustrasjon)**

## 5. Konklusjon:

Hensikten med denne oppgaven var å utbedre urbanhydrologien i området rundt Grønland. Det ble derfor viktig å kartlegge et fokusområde i avrenningsfeltet som trekker ned mot Grønland. Dette feltet strekker seg helt opp til Sinsen, så det ble vurdert å snevre det inn til et spesifikt område for å begrense oppgaven til riktig størrelsesorden. Området omkring Botanisk hage ble derfor vurdert som aktuelt, siden det ligger i umiddelbar nærhet til Akerselva. Det ble raskt oppdaget at en rekke tiltak vil kunne lette på dagens situasjon ved hjelp av benyttet arbeidsmetode, og det ble derfor vurdert til at fokusområdet skulle være

rundt Botanisk hage. En selekteringsprosess av tiltak ble derfor i tidlig fase satt i gang for å snevre inn oppgaven til de mest aktuelle tiltakene.

Vi oppdaget en rekke LOD-tiltak som kan implementeres i de utvalgte områdene, som vil kunne bidra til å utbedre dagens situasjon. Her går tiltakene ut på å redusere og fordrøye vannføringen langs veiene som fungerer som flomveier i dag, samt flomveiene vi har foreslått, for å hindre at mest mulig vann renner ned mot Grønlandsleiret. Ved hjelp av ulike typer blågrønne løsninger, er det mulig å redusere mengden vann som renner ned mot Vahls gate, der det skapes et samlingspunkt for vann fra avrenningsfeltet over. Tiltakene som er vurdert skal være lite inngripende i eksisterende bebyggelse, og ta hensyn til fremtidig klimaendringer. Det har derfor vært viktig å tenke innovativt, samtidig som vi har fått inspirasjon av å observere løsninger gjennomført i utlandet. Med hensyn til tretrinnsstrategien har gruppen kommet frem til at flere av tiltakene har stort potensiale til å utøve en god funksjon på overvannshåndtering omkring Grønland.

I oppgaven er det gjennomført egne beregninger som har blitt sammenlignet med tall hentet ut fra VAV. Det ble da oppdaget store avvik i verdiene, og dermed vurdert til at VAV sine verdier var mest nøyaktig. Mye av utfordringen gikk ut på at VAV ikke kunne simulere ut nye verdier med tiltak gruppen har forespeilet i oppgaven. Det ble derfor viktig å gjennomføre beregningene så nøyte som mulig ut ifra utgangspunktet gruppen innehar. Dette gir beregningene rundt vannføringen en del usikkerhet, men basert på resultatet kan det antydes at tiltakene har en effekt. Det blir dermed ansett som viktig at vannet ledes på vestsiden av Botanisk hage for å hindre at vannmengder trekker ned til Grønland, men heller ned i Akerselva. Kapasiteten er også noe som må utbedres i en rekke veger, noe som ganske enkelt kan fikses ved å heve kantsteinen til vegene. Situasjonen vil nok bli endret ved ny simulering av vannføringen med de nye tiltakene, men dette kan ikke konkluderes.

Det vil bli anbefalt å gjennomføre en ny simulering av VAV, hvis vannføringsmengden er ønskelig å verifisere på et senere tidspunkt etter prosjektets slutt. De nye resultatene kan da ha direkte innvirkning på kapasitetssituasjon til gatene i området som er tilpasset utregningene som er gjennomført i oppgaven.

## 6. Referanseliste:

- Backe, G. (2013, April 11). *Klimaendringer, konsekvenser og klimatilpasning*. Hentet fra [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens\\_byer/klimatilpasning/2013/workshop/klimaendringer\\_konsekvenser\\_klimatilpasningergrybacke.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2013/workshop/klimaendringer_konsekvenser_klimatilpasningergrybacke.pdf)
- Bant, C. (2021, Juni 2). *Flomsikring i rundkjøringer - Hamar Kommune*. Hentet fra <https://storymaps.arcgis.com/stories/1211d38f71d94370a96432806fa47172>
- Basal. (u.d.). *Rørmagasiner*. Hentet fra <https://www.basal.no/losninger/overvannshandtering/rormagasiner/>
- Braskerud, B. C., & Veierød, V. (2017, Januar 26). *Overvannstiltak i København og Malmö som kan brukes i Oslo*. <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/kurs-og-seminarer/overvann-i-byer-og-tettsteder-2017/presentasjon-av-bent-braskerud-oslo-kommune.pdf>
- <https://www.fagbokforlaget.no/Byens-skjulte-%C3%A5rer/I9788241903809>
- COWI. (2012, August). *Skybrudsplan og strategi*. Hentet fra <file:///C:/Users/sebas/Downloads/Baggrundsrapport%20Skybrudsplan.pdf>
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal.
- Dregde, J. (2018, April 10). Hentet fra <https://1440wrok.com/what-do-illinoisans-call-that-strip-of-grass-in-your-front-yard/>
- EPA - United States Environmental Protection Agency. (u.d.). *Urban runoff: Low impact development*. Hentet fra <https://www.epa.gov/nps/urban-runoff-low-impact-development>
- External Works. (u.d.). *Grass reinforcement mesh*. Hentet fra <https://www.externalworksindex.co.uk/entry/135362/Groundtrax-Systems/GrassProtecta-Grass-Reinforcement-Mesh/#>
- Finansavisen Haug Aurdal, B. (2021, November 27). *Aldri vært mer vannskader*. Hentet fra <https://finansavisen.no/nyheter/forsikring/2021/11/27/7780588/aldri-vaert-mer-vannskader>
- Fiskum, L.-E. (2021, Juni 7). Hentet fra <https://www.vvsaktuelt.no/rorlekkasjer-fortsatt-skyld-i-flest-vannskader-i-bygg-197828/nyhet.html>
- FN-sambandet. (2021, November 8). *Klimaendringer*. Hentet fra <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>
- Folkehelseinstituttet. (2018, Oktober). *Utregning av et program for teknologiutvikling i vannbransjen*. Hentet fra <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2018/utredning-av-program-for-innovasjon-i-vannbransjen-fhi-oversendelse.pdf>
- Ghetahun, R. (2019, Mai). *Masteroppgave: Gateløp som floveier med casestudier fra Nordstrandsplatået*. Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2611396/Ghetahun2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- H. Paus, K. (2020, Mai 15). *Risikonivåer og tre-trinnsstrategi*. Hentet fra <https://www.nve.no/media/9873/6-kim-helgeland-paus.pdf>
- H. Paus, K., Åstrbøl, S. O., Robba, S., Clavier, K., & Stange, R. (2016, Januar). *Blågrønne overvannsløsninger*. Hentet fra <https://www.nve.no/Media/5037/overvann-vegetasjonsbruk-ved-%C3%A5pen-overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>
- H. Paus, Kim & C. Braskerud, Bent. (2013, Januar). *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold*. Hentet fra [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013\\_872571.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_872571.pdf)
- Hansen, L. B. (2016, Januar). *Overvannshåndtering i skateanlegg*. Hentet fra Oslo Kommune: (<https://www.nve.no/Media/5033/overvannsh%C3%A5ndtering-i-skateanlegg.pdf>)
- Henriksen, A., & Pettrem, M. (2019, September 5). *Trolig skader for over 20 millioner etter regnværet i Oslo-området*. Hentet fra Aftenposten: <https://www.aftenposten.no/norge/i/9vMR5W/trolig-skader-for-over-20-millioner-etter-regnvaeret-i-oslo-omraadet>
- Howard County Maryland. (2022, Mai 18). Hentet fra <https://www.howardcountymd.gov/News051822>
- Jakobsen, G., & Hagen, K. (2018, Januar). *Kommunens adgang til å gi bestemmelser om, og stiller krav til, overvannshåndtering i kommuneplanens arealdel og reguleringsplan*. Hentet fra <http://kartogplan.no/Artikler/KP1-2018/Kommunens%20adgang%20til%20aa%20gi%20bestemmelser.pdf>
- Japan for sustainability. (2003, Februar). Hentet fra [https://www.japanfs.org/sp/en/news/archives/news\\_id027756.html](https://www.japanfs.org/sp/en/news/archives/news_id027756.html)
- Keep eureka beautiful. (u.d.). *Free street trees*. Hentet fra <https://keepereurekabeautiful.com/we-have-funding-for-street-trees/>
- Kortegaard, M. (2021, April 6). *Notat overvannsutfordringer Grønland VAV*. Hentet fra vann og avløpsetaten.
- Leca. (u.d.). *Grøfter og svaler*. Hentet fra <https://www.leca.no/losninger/overvannshandtering/grofter-og-svaler>
- Lindholm, O., Buhler, L., & Bjerkholt, J. (2013, Mars). *Hva hvis monsteregnet fra København 2. juli 2011 hadde falt i Norge*. Hentet fra [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013\\_882444.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_882444.pdf)
- Miljødirektoratet. (2019, Desember 2). *Klimatilpasning av bygg og anlegg*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klimateknikk/for-myndigheter/klimateknikk/klimateknikk-i-sektorer/bygg-og-anlegg/>
- Miljødirektoratet. (2020, Februar 20). *Klimatilpasning i infrastruktur og samferdselsektoren*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klimateknikk/for-myndigheter/klimateknikk/klimateknikk-i-sektorer/infrastruktur-og-samferdsel/>
- Miljødirektoratet. (2021, August 16). *Overvann*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>

- Multiblokk. (u.d.). *Permable dekke*. Hentet fra <https://www.multiblokk.no/multiblokk/hovedmeny/naering-og-offmiljo/permeable-dekker>
- Norconsult. (2020, Desember 1). *Hva er en flomvei*. Hentet fra <https://www.nve.no/media/11205/skrede.pdf>
- Norges Geologiske undersøkelse. (2018, August 11). *Overvannshåndtering*. Hentet fra <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/overvannshandtering>
- Norges Geologiske undersøkelse. (2018, April 2018). *Regnbed*. Hentet fra <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/regnbed>
- Norges Geologiske undersøkelse. (2021, August 18). *Fordrøyningsbasseng*. Hentet fra <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/fordroyningsbassen>
- Norsk klimaservicesenter. (2021, Desember 31). *Nedbørsintensitet Hausmangate*. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN18320>
- Norsk Vann. (2021). *Investeringsbehovet i vannbransjen*. Hentet fra <https://norskvann.no/investeringsbehov/>
- Norsk Vann. (u.d.). *Overvann - Hvordan sikre bolig og eiendom mot oversvømmelse og skader*. Hentet fra <https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/overvann--sikre-bolig-mot-oversvømmelse-og-skader.pdf>
- NUNL - Institute of agriculture and natural resources. (u.d.). *Low impact development*. Hentet fra <https://water.unl.edu/article/stormwater-management/low-impact-development>
- NVE. (u.d.). *Hva er flom*. Hentet fra <https://www.nve.no/naturfare/laer-om-naturfare/hva-er-flom/>
- Oslo kommune. (2013). *Strategi for overvannshåndtering i Oslo 2013-2030*. Hentet fra <http://www.osloelveforum.org/wp-content/uploads/2017/10/Strategi-for-overvannsh%C3%A5ndtering-i-Oslo-2013-2030.pdf>
- Oslo Kommune. (2015, September). *Prinsipper for gjennåpning av elver og bekker i Oslo*. Hentet fra <http://www.osloelveforum.org/wp-content/uploads/2017/10/Prinsipper-for-gjen%C3%A5pning-av-bekker-og-elver-i-Oslo-2015.pdf>
- Oslo Kommune. (2019, September 25). *Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo Kommune - Kortversjon*. Hentet fra <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13349073-1573652257/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Overvann/Handlingsplan%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>
- Oslo Kommune. (u.d.). *Planinnsyn trafikk tall*. Hentet fra <https://od2.pbe.oslo.kommune.no/kart/#598577,6643438,7.097731235116144>
- Oslo Kommune. (u.d.). *Regn og oversvømmelser*. Hentet fra <https://www.oslo.kommune.no/vann-og-avlop/kloakkstopp-overvann-og-oversvømmelser/regn-og-oversvømmelser/>
- Rasmussen, T. (2019, Desember 2). *Overvann fra problem til ressurs*. Hentet fra <http://www.namlnytt.no/2019/12/02/overvann-fra-problem-til-ressurs/>.

- Regjeringen. (2021, Oktober 22). *slik kan vi tilpasse oss klimaendringene*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimatilpasning/id2344803/>
- RICS - World built environment forum. (2019, Mai 29). *What we can learn from Singapore's water management*. Hentet fra <https://www.rics.org/es/news-insight/future-of-surveying/sustainability/what-we-can-learn-from-singapores-water-management/>
- Robsahm Kjørven, G. (2020, Desember 1). *gatenormal for Oslo*. Hentet fra <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/134032-1611566813/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Gatenormal%20og%20normark/Gate%20og%20veinormaler/Gatenormal%20for%20Oslo.pdf>
- Statens vegvesen, Håndbok N200. (2014). *Håndbok N200, Vegbygging*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-n200-september-2014.pdf>
- Statens vegvesen, Håndbok N200. (2018). *Håndbok N200, Vegbygging*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-n200-vegbygging-juli-2018.pdf>
- Statens vegvesen, Håndbok V240. (2020). *Håndbok V240, Vannhåndtering - flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v240-vannhandtering.pdf>
- SuDS Wales. (u.d.). *SuDS Techniques - Permeable conveyance systems*. Hentet fra <https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/swales/>
- VA forum. (2015, Mai). *Fordrøyningsmagasin på hver tomt*. Hentet fra <https://vaforum.no/vaforum-artikler/fordroyningsmagasin-pa-hver-tomt/>
- VA-forum. (2020, Oktober). *tre trinn til tryggere flomvei*. Hentet fra <https://vaforum.no/vaforum-artikler/tre-trinn-til-tryggere-overvann/>
- Vann- og avløpsetaten. (2015, Februar 13). *Overvannshåndtering - En veileder for utbygger*. Hentet fra <http://www.osloelveforum.org/wp-content/uploads/2015/04/Overvannsh%C3%A5ndtering-VAVs-veileder-for-utbygger.pdf>
- Vann- og avløpsetaten. (u.d.). *Historien om vannet i Oslo*. Hentet Februar 2022 fra <https://vannerliv.no/historien-om-vannet-i-oslo/>

## 7. Vedlegg:

<b>Vedlegg 1:</b> Vannføring VAV.....	70
<b>Vedlegg 2:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Tronheimsveien.....	71
<b>Vedlegg 3:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Blytts gate.....	72
<b>Vedlegg 4:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Sars'gate.....	73
<b>Vedlegg 5:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Finnmarksgata.....	74
<b>Vedlegg 6:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Vahls gate.....	75
<b>Vedlegg 7:</b> Vannhastighet og vanndybde VAV Lakkegata.....	76
<b>Vedlegg 8:</b> Nedbørintensitet Hausmansgate.....	77
<b>Vedlegg 9:</b> Rasjonell formel eksempel Vahls gate dagens situasjon.....	78
<b>Vedlegg 10:</b> Mannings formel Vahls gate.....	79
<b>Vedlegg 11:</b> Gatetverrsnitt Vahls gate med hensyn på Oslo kommunes gatenorm.....	80
<b>Vedlegg 12:</b> Gatetverrsnitt Sars' gate med hensyn på Oslo kommunes gatenorm.....	81
<b>Vedlegg 13:</b> Gatetverrsnitt Jens Bjelkens Gate med hensyn på Oslo kommune gatenorm....	82
<b>Vedlegg 14:</b> Effekt av gressarmering i Sars' gate.....	83
<b>Vedlegg 15:</b> avrenningsfaktor for forskjellige overflater.....	84

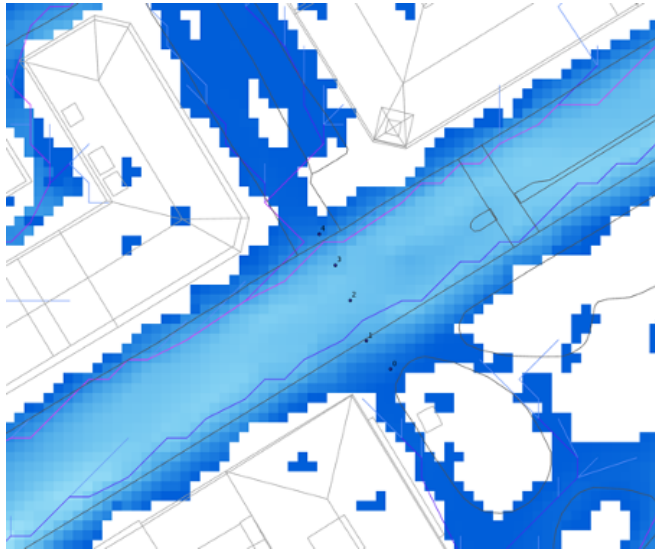
### **Vedlegg 1: vannføring VAV**

FID	Shape	Name	Q Vannføring (l/s)
0	Multipoint	1 Vahls gate	1330,350265
1	Multipoint	2 Sars' gate	1770,561121
2	Multipoint	3 Finnmarks gate	6318,189333
3	Multipoint	4 Trondheimsveien	3591,878396
4	Multipoint	5 Blytts gate	1080,497243
5	Multipoint	6 Lakkegata	1711,957888



## Vedlegg 2: vannhastighet og vanndybde VAV

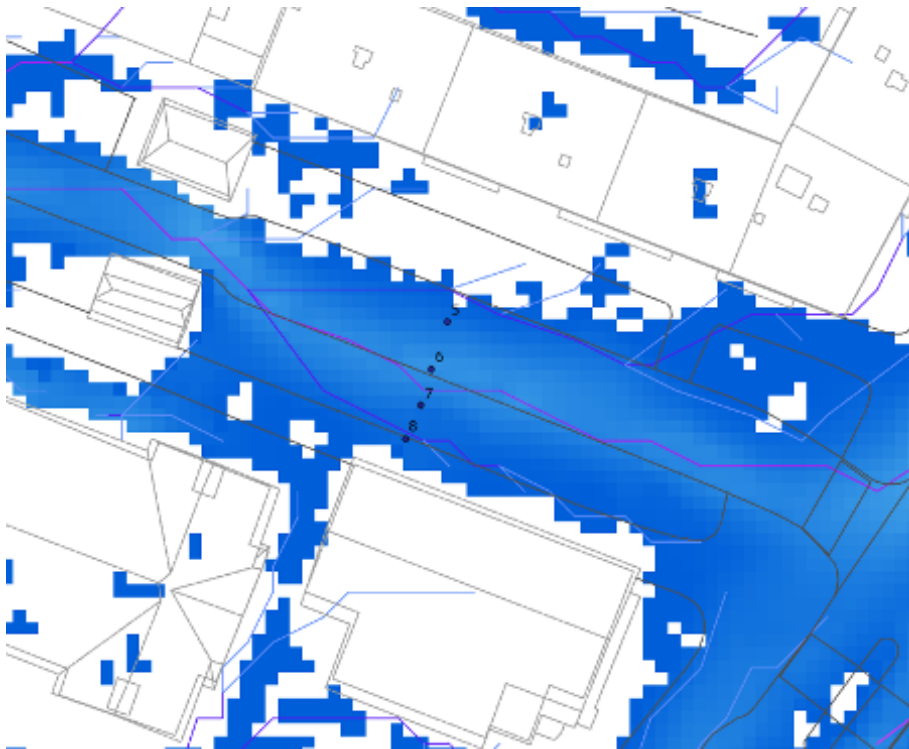
### Trondheimsveien:



FID	Shape *	Name	hastighet	dybde
0	Point	4 Trondheimsveien	0,188	0,0405
1	Point	4 Trondheimsveien	0,9121	0,0738
2	Point	4 Trondheimsveien	1,5911	0,0691
3	Point	4 Trondheimsveien	1,4553	0,0862
4	Point	4 Trondheimsveien	0,9649	0,0467

### Vedlegg 3: vannhastighet og vanndybde VAV

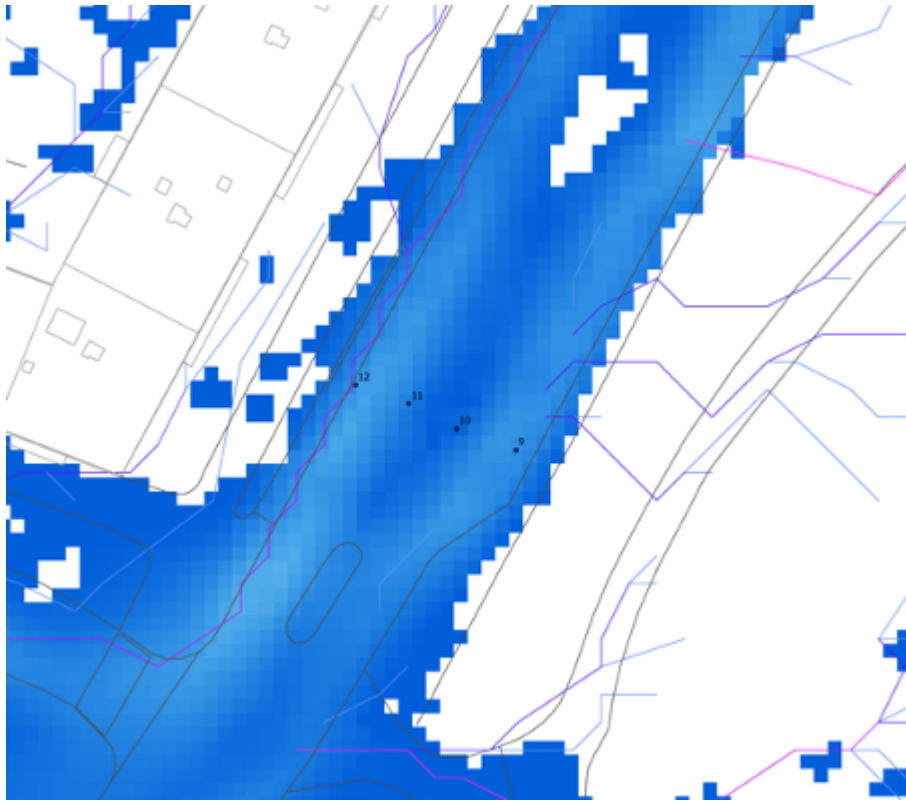
Blyttsgate:



FID	Shape *	Name	hastighet	dybde
5	Point	5 Blytts gate	0,1868	0,0217
6	Point	5 Blytts gate	0,8528	0,0329
7	Point	5 Blytts gate	0,4439	0,0264
8	Point	5 Blytts gate	0,3141	0,0284

## Vedlegg 4: vannhastighet og vanddybde VAV

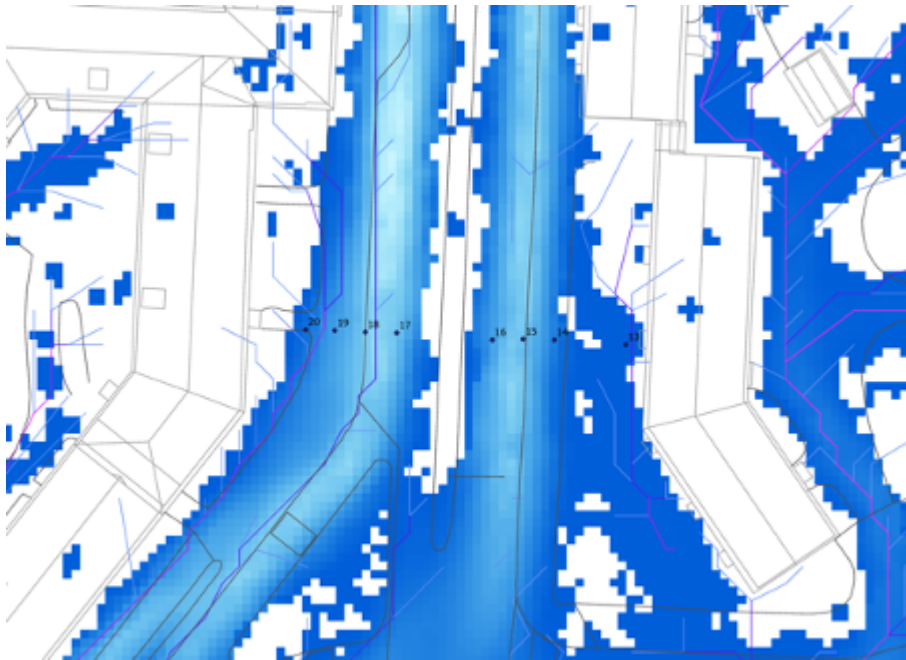
Sars' gate:



FID	Shape *	Name	hastighet	dybde
9	Point	2 Sars' gate	0,9079	0,0579
10	Point	2 Sars' gate	0,2452	0,0252
11	Point	2 Sars' gate	0,004	0,0201
12	Point	2 Sars' gate	0,0861	0,0212

## Vedlegg 5: vannhastighet og vanndybde VAV

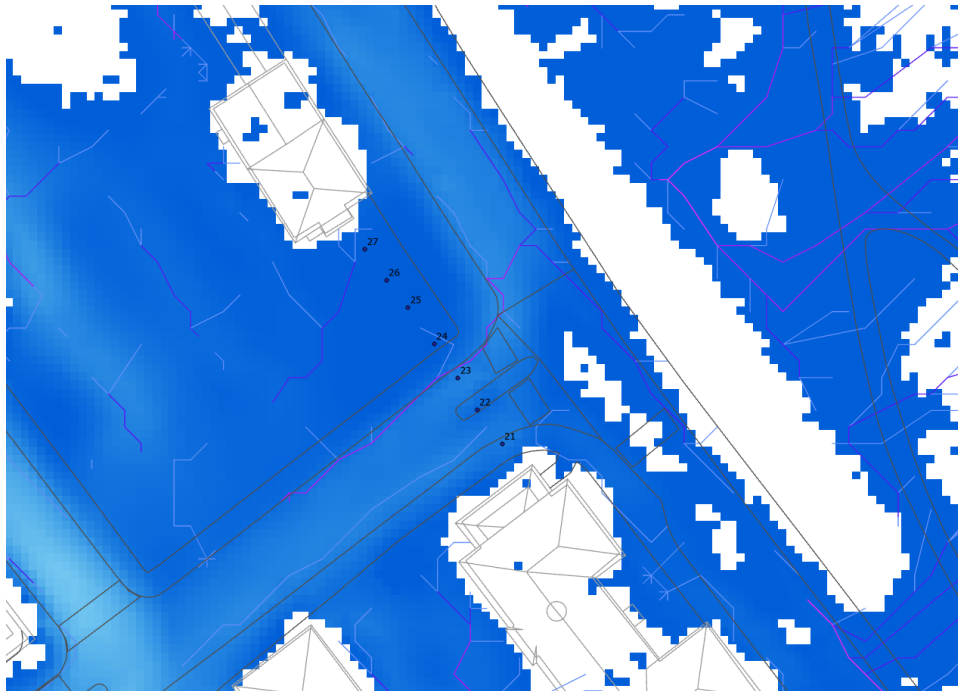
Finemarks gate:



FID	Shape *	Name	hastighet	dybde
13	Point	3 Finmarks gate	0,2554	0,0276
14	Point	3 Finmarks gate	0,4565	0,0374
15	Point	3 Finmarks gate	1,3629	0,1154
16	Point	3 Finmarks gate	1,566	0,0746
17	Point	3 Finmarks gate	1,3894	0,0601
18	Point	3 Finmarks gate	1,448	0,1178
19	Point	3 Finmarks gate	0,7948	0,1022
20	Point	3 Finmarks gate	0,3156	0,0767

## Vedlegg 6: vannhastighet og vanndybde VAV

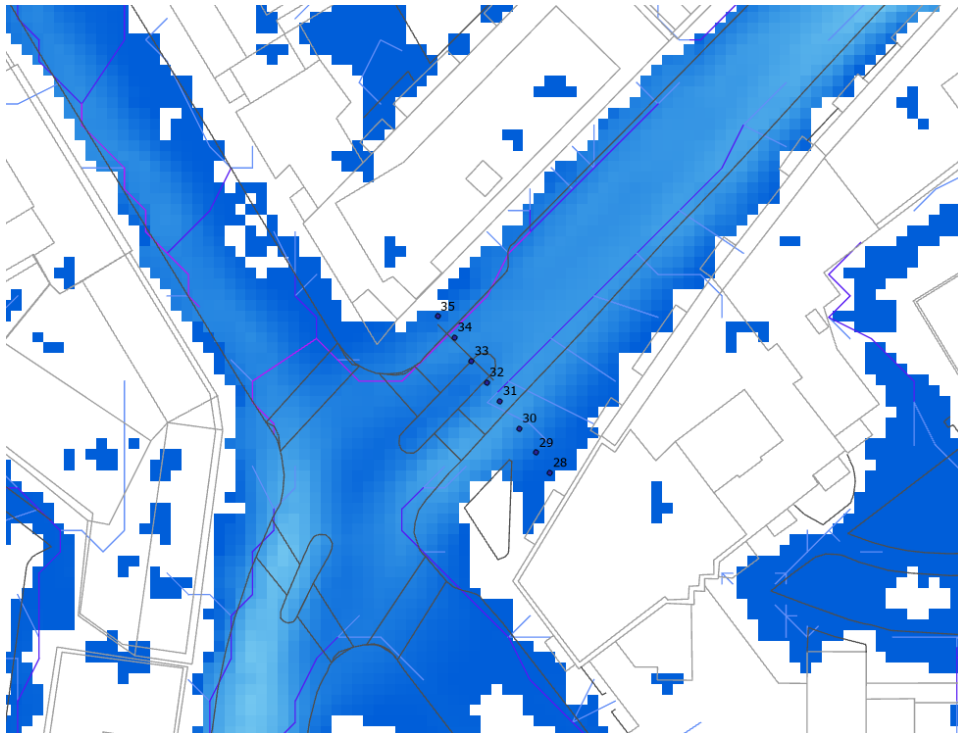
Vahls gate:



FID	Shape *	Name	hastighe t	dybde
21	Point	1 Vahls gate	0,322	0,0561
22	Point	1 Vahls gate	0,2587	0,0308
23	Point	1 Vahls gate	0,6859	0,1475
24	Point	1 Vahls gate	0,1453	0,1123
25	Point	1 Vahls gate	0,074	0,073
26	Point	1 Vahls gate	0,072	0,0614
27	Point	1 Vahls gate	0,0917	0,0982

## Vedlegg 7: vannhastighet og vanndybde VAV

### Lakkegata:



FID	Shape *	Name	hastighet	dybde
28	Point	6 Lakkegata	0,1629	0,0368
29	Point	6 Lakkegata	0,1985	0,1107
30	Point	6 Lakkegata	0,3886	0,1743
31	Point	6 Lakkegata	0,5719	0,1782
32	Point	6 Lakkegata	0,6277	0,1308
33	Point	6 Lakkegata	0,6598	0,0862
34	Point	6 Lakkegata	0,5913	0,1416
35	Point	6 Lakkegata	0,4225	0,1114

## Vedlegg 8: Nedbørintensitet Hausmannsgate

IVF-verdier for Oslo - Hausmannsgt (SN18320), 12 moh.

Data fra 1984 - 2014, 25 ses. Oppdatert 2021-12-31.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	248,4	215,0	193,5	160,2	118,1	96,1	80,6	63,2	48,2	39,5	29,9	24,3	18,4	11,9	7,1	4,1
5	349,9	302,7	272,9	228,4	170,0	137,3	116,4	89,6	67,6	54,5	40,9	32,8	24,6	15,5	9,0	5,4
10	420,0	364,4	328,8	278,5	208,4	167,9	141,4	108,9	81,4	65,0	48,9	38,6	28,9	17,9	10,3	6,4
20	486,1	428,8	385,3	329,4	249,1	200,7	167,3	128,4	95,5	75,5	56,8	44,4	33,1	20,1	11,4	7,3
25	508,4	449,1	404,2	345,6	263,3	211,6	176,2	134,9	100,1	79,1	59,3	46,3	34,5	20,8	11,8	7,6
50	575,0	513,0	459,9	400,7	310,9	246,7	205,3	155,8	114,8	90,6	67,5	52,3	39,0	22,9	13,0	8,6
100	644,0	581,7	521,4	458,8	361,7	286,1	235,0	178,4	131,0	102,6	76,4	58,6	43,6	25,1	14,1	9,7
200	712,0	653,0	589,7	524,9	418,0	329,4	267,5	202,2	147,4	114,9	85,9	65,0	48,5	27,1	15,3	10,7

Figur 26: nedbørintensitet for Hausmannsgate (norsk klimaservice (Norsk klimaservicesenter, 2021))

## Vedlegg 9: Rasjonell formel eksempel Vahls gate dagens situasjon

Watershed Info ×

- **Upstream area:** 1.71 km<sup>2</sup>
- ▼ **Land use**
  - > Bebyggd og samfe... 1.38 km<sup>2</sup> (80%)
  - Åpen fastmark 0.19 km<sup>2</sup> (11%)
  - Skog 0.14 km<sup>2</sup> (8%)
  - > Jordbruk 4,670 m<sup>2</sup> (0%)
  - Ferskvann 454.00 m<sup>2</sup> (0%)

Bilde 8: landområder i avrenningsområdet Scalgo

Tabell 7: Utregning Vahls gate rasjonell formel

returperiode	200 år				
Min	60				
Avrenningsfelt (km <sup>2</sup> )	1,71				
I (Intensitet) 200 år (l/s*ha)	114,9				
Klimafaktor	1,5				
Avrenningsfaktor:	Bebyggelse og samferdsel	Åpen fastmark	Skog	Jordbruk	Ferskvann
Faktor	0,85	0,8	0,3	0,3	0
Areal (km <sup>2</sup> )	1,38	0,19	0,14	0,00000467	0,000454
Redusert Areal (ha)	$(0,85*1,38+0,8*0,19*0,3*0,14+0,3*0,00000467+0*0,000454)*100= 136,7$				
Rasjonell formel Q (l/s)	=Redusert areal*Klimafaktor*Intensitet 200 års regn = $136,7*1,5*114,9 = 23560,3$				
Fratrekk 10 årsregn					
I (Intensitet) 10 år (l/s*ha)	65				
Min	60				
Rasjonell formel Q fratrekk (l/s)	=redusert areal*klimafaktor*Intensitet 10 års regn = $136,7*1,5*65 = 13328,3$				
Q dimensjonerende	$23560,3-13328,3 = 10232$				

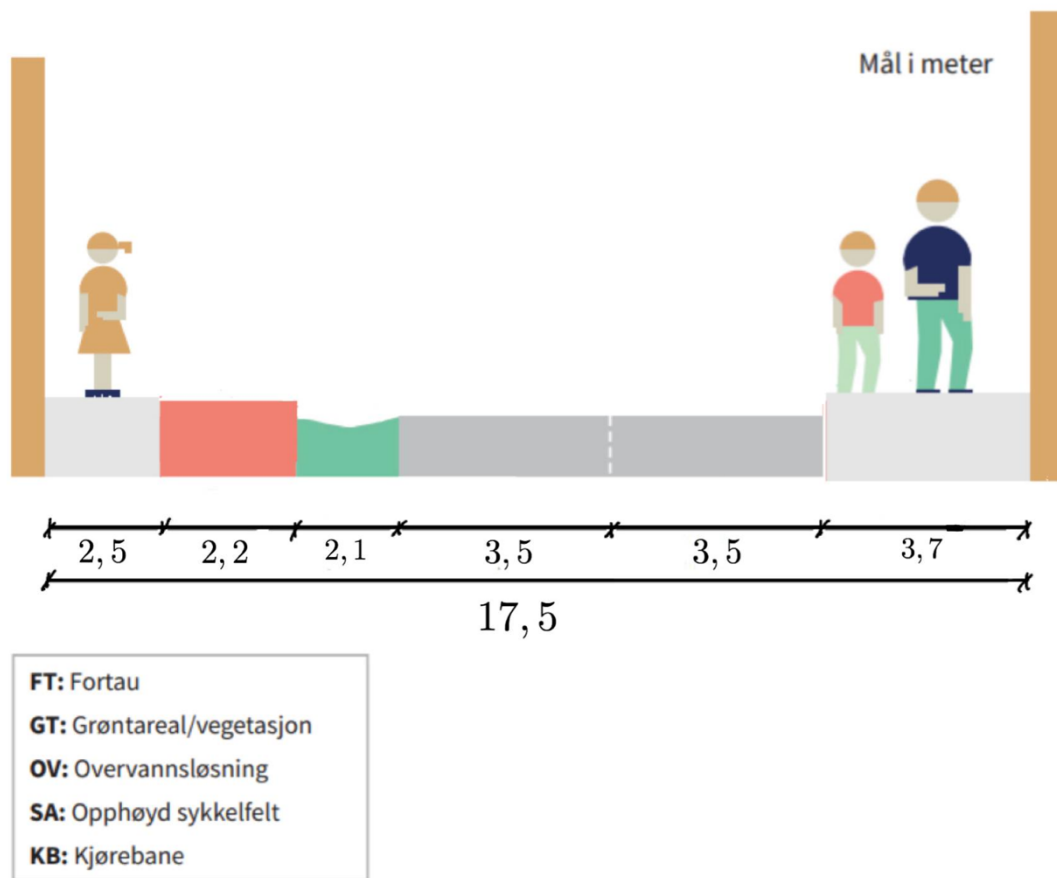


## Vedlegg 10: Mannings formel Vahls gate

Tabell 8: Mannings formel (se Excel dokument for resterende utregninger)

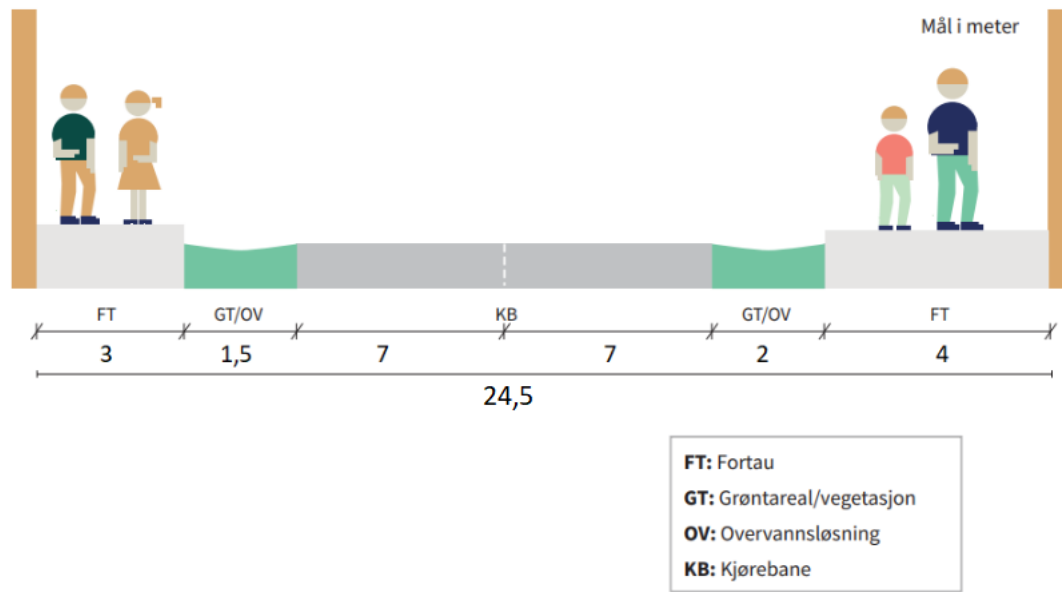
	b (m)	h(m)	P (m)	M	A (m <sup>2</sup> )	R (m)	I	Q (l/s)	V <sub>VAV</sub> (m/s)	V <sub>MF</sub> (m/s)												
Vahls gate	9,6	0,12	9,84	50	1,152	0,117	0,006	1053,2	0,7	0,9												
P	$B+2*h = 9,6+2*0,12 = 9,84$																					
A	$b*h = 9,6*0,12 = 1,152$																					
R	$P/A = 9,84/1,152 = 0,117$																					
I	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Vahls gate</td> </tr> <tr> <td>H1</td> <td>9,16</td> </tr> <tr> <td>H2</td> <td>7,78</td> </tr> <tr> <td>Hf</td> <td>1,38</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>236,41</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>0,006</td> </tr> </table>			Vahls gate	H1	9,16	H2	7,78	Hf	1,38	L	236,41	I	0,006								
	Vahls gate																					
H1	9,16																					
H2	7,78																					
Hf	1,38																					
L	236,41																					
I	0,006																					
Q	$M*A*R^{2/3}*I^{1/2} = 50*1,152*0,117^{2/3}*0,006^{1/2} = 1053,2$																					
V <sub>MF</sub>	$(Q/A)/1000 = (1053,2/1,152)/1000 = 0,9$																					

### Vedlegg 11: Gatetverrsnitt Vahls gate med hensyn på Oslo kommunes gatenorm



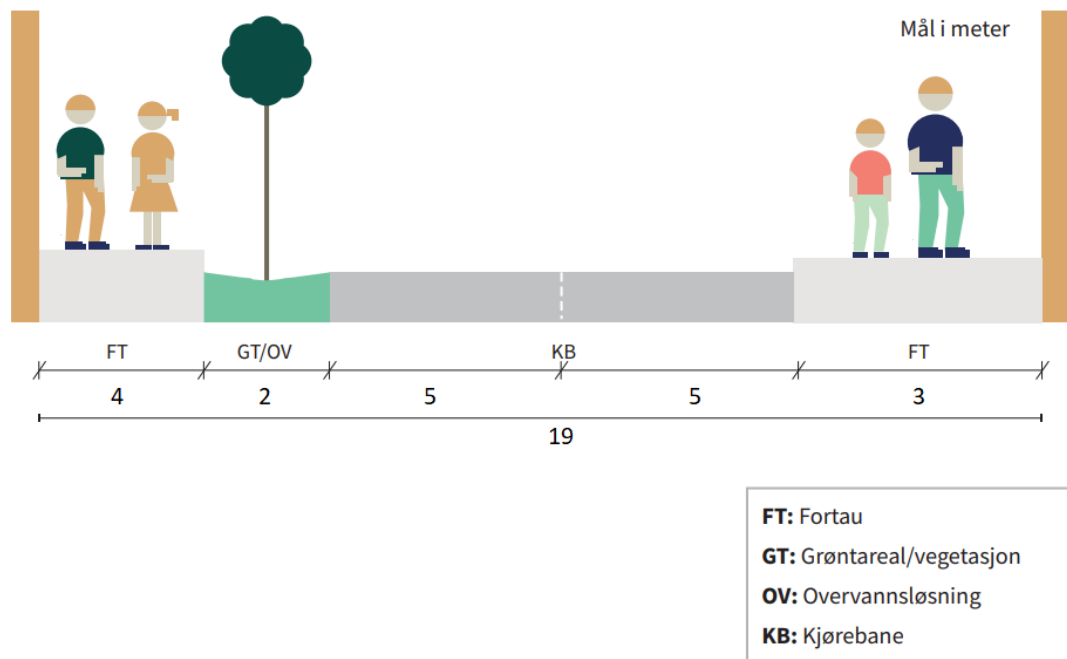
Figur 27: Gatetverrsnitt Vahls gate (Robsahm Kjørven, 2020)

## Vedlegg 12: Gatetverrsnitt Sars' gate med hensyn på Oslo kommunes gatenorm



Figur 28: Gatetversnitt Sars' gate (Robsahm Kjørven, 2020)

### Vedlegg 13: Gatetverrsnitt Jens Bjelkens Gate med hensyn på Oslo kommune gatenorm



Figur 29: Gatetversnitt Jens Bjelkens gate (Robsahm Kjørven, 2020)

## Vedlegg 14: Effekt av gressarmering i Sars' gate

### Effekt av gressarmering i Sars' gate – vannføring Q

#### Vannføring eksisterende situasjon

Areal Sars' gate 4237 m<sup>2</sup>

I = 114,9

C<sub>asfalt</sub> = 0,9

Klimafaktor = 1,5

Q = I \* A \* C

Q = 114,9 \* 0,4237 \* 0,9 \* 1,5 = 65,7 L/s

- Gressarmering vil dekke ca. 40% av veien som utgjør 1695 m<sup>2</sup>.

- Ifølge Asak vil 40% av arealet til den utvalgte gressarmeringen være gress.

<https://www.asak.no/content/download/9018/75069/version/2/file/ASAK+Brosjyre+Permeable+dekker.pdf> .



#### Vannføring med gressarmering

C<sub>gress</sub> = 0,2

A<sub>gress</sub> = 1695 \* 0,4 = 659 m<sup>2</sup>

A<sub>asfalt</sub> = 3578 m<sup>2</sup>

Q = I \* A \* C

A<sub>gress</sub> \* C<sub>gress</sub> = 0,0659 \* 0,2 = 0,01318

A<sub>asfalt</sub> \* C<sub>asfalt</sub> = 0,3578 \* 0,9 = 0,322

A<sub>red</sub> = 0,3352 ha

Q = I \* A<sub>red</sub> = 114,9 \* 0,3352 \* 1,5 = 57,75 L/s

**Gressarmering i dette området vil reduserte vannføringen med nesten 8 L/s.**

Figur 30: Effekt av gressarmering i Sars' gate (Scalگو og egne kalkulasjoner)

## Vedlegg 15: avrenningsfaktor for forskjellige overflater

Tabell 8.3.2.2: Avrenningsfaktor for forskjellige overflater (Washington State Department of Transportation, 2017).

Overflate	Helning		
	< 2 %	2 – 10 %	> 10 %
<b>Veg</b>			
Asfaltert/brolagt vegoverflate (impermeabel)	0,90	0,90	0,90
Gruslagt vegoverflate (impermeabel)	0,85	0,85	0,85
Skulder - kompakterte løsmasser	0,50	0,50	0,50
Skulder - gress	0,25	0,25	0,25
Sideterreng/median – kompakterte løsmasser	0,60	0,60	0,60
Sideterreng/median – gress	0,30	0,30	0,30
<b>Arealbruk - generell</b>			
Lite tettbygd boligområde (< 750 boliger/km <sup>2</sup> )	0,35	0,40	0,45
Moderat tettbygd boligområde (750 – 1500 boliger/km <sup>2</sup> )	0,50	0,55	0,60
Svært tettbygd boligområde (> 1500 boliger/km <sup>2</sup> )	0,70	0,75	0,80
Næringsområder i tettbygd strøk	0,80	0,85	0,85
Lite tettbygd industriområde	0,50	0,70	0,80
Svært tettbygd industriområde	0,60	0,80	0,90
Skogsområder	0,10	0,15	0,20
Åpne naturområder og dyrket mark	0,25	0,30	0,35
<b>Arealbruk - detaljert</b>			
Takoverflater (tett)	0,90	0,90	0,90
Gressplen og parkområder	0,17	0,22	0,35
Dyrket mark (leirig og siltig grunn)	0,50	0,55	0,60
Dyrket mark (sandig og grusig grunn)	0,25	0,30	0,35

Figur 31: Avrenningsfaktor for forskjellige overflater (Statens vegvesen, Håndbok V240, 2020)