



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

# **Blågrønne overvannsløsninger for Lindelia Bo- og behandlingssenter og Omsorgsboliger**

Blue-green stormwater Solutions for Lindelia Living and  
Treatment Center

Alan Per-Missi  
Vann og miljøteknikk



## Forord

Denne masteroppgaven er utført høst 2017 som en avslutting på toårig masterutdanning innen vann og miljøteknikk ved institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven utgjør 30 studiepoeng. Temaet for oppgaven er blågrønne overvannsløsninger for Lindelia Bo og behandlingssenter og omsorgsboliger. Oppgaven er gjort i samarbeid med ÅF Engineering AS.

Jeg har alltid vært interessert i å finne gode løsninger innen overvannshåndtering. Denne oppgaven har gitt meg stor kunnskap og mulighet å komme dypere inne dette feltet.

Stor takk til min hovedveileder professor Jon Arne Engan ved NMBU for all hjelp og god veiledning og behjelpelighet gjennom oppgavens periode.

Stor takk til min biveileder Hallstein Ødegård avdelingsleder VVS- ÅF Engineering som ga meg ideen til denne oppgaven og all hjelp og gode innspill underveis.

Jeg ønsker å takke min venn Sivert Denneche som leste korrektur av oppgaven.

Stor takk rettes også til min bror Bahzad som ga meg nyttige råd.

Takk til mine kjære foreldre som alltid stiller opp for meg.

Tilslutt vil jeg takke min kjære kone Iman som har støttet meg og vært tålmodig under hele studieperioden.

Oslo 17.11.2017

Alan Per-Missi

## Sammendrag

For å kunne tilpasse seg med de forventende klimaendringene, er det viktig å sjekke nærmere på det som venter oss i neste 100 årene. Klimaendringene vil øke samfunnsmessig sårbarhet, risiko, true sosiale og økonomiske utfordringer, ikke minst der det er stor avhengigheten av ressurser som er følsomme for endringer i klimaet. Konsekvenser fra klimaendringer kan være flere blant annet, høyre temperatur og mer nedbør. Med dagens klimaendringene og økende urbanisering, i tillegg til overbelastete ledningsnett fra før, årsaker dette til flere og større flommer.

For at vi skal tilpasse oss disse endringene, kreves nyteknisk og nye løsninger for å håndtere maksimalt overvannsmengde på best mulig måte. Tretrinnsstrategien for lokal overvannshåndtering legger til grunn som best metode for å håndtere overvannet på, som innebærer at tiltakene vil tilpasse lokale forhold og behov. (Trinn 1- infiltrasjon, trinn 2 fordrøyning og trinn 3 trygge flomveier). Den nye overvannsstrategien for Bærum kommune (2017-2030) kommer til å satse sterkt på blågrønne løsninger. Lindelia Bo og behandlingssenter sammen med omsorgsboliger har jeg valgt som et prosjekt hvor jeg ønsker å se på muligheter for blågrønne løsninger ved håndtering av overvannet.

På bakgrunn av grunnundersøkelser og analyser, godt samarbeid og koordinering med andre parallelle fag, spesielt landskapsarkitekten og samferdsel, samt interne og eksterne møter og veiledninger, klarte jeg å komme med mange forskjellige blågrønne løsninger som vil fungere optimalt for dette prosjektet etter tretrinnsstrategien.

Det ble konkludert til slutt med en kombinasjon av infiltrasjon og fordrøyning. Denne typen overvannshåndtering har i stor grad god renseeffekt på overvannet, selvfølgelig avhengig av hvilke løsninger som velges.

## Abstract

In order to adapt to expected climate change, it is important to control what is expected in the next 100 years. Climate change will increase social vulnerability and risk and endanger social and economic challenges, not least where there is a high dependency on resources that are sensitive to climate change. The consequences of climate change may be more inclusive, proper temperature and more rainfall. With today's increasing urbanization, resulting in more and more dense surfaces, and these climate changes, as well as congested pipelines, this leads to more and more floods.

In order to adapt to these changes, joy and new solutions are needed to handle the maximum amount of water in the best possible way. Three-step local water management strategy is the best way to handle the weather, which means that the measures will adapt local conditions and needs. (Step 1 infiltration, Step 2 digestion and Step 3 ensure flooding). The new watering strategy for Bærum municipality (2017-2030) will focus strongly on blue-green solutions. Lindelia living and treatment center together with nursing homes, I have chosen as a project where I want to use the most of blue-green solutions for overloading.

Based on basic studies and analyzes, good cooperation and coordination with other parallel subjects, especially landscape architects and transport, as well as internal and external meetings and guides, are clearly available with many different blue-green solutions that will work optimally for this project after a three-step approach .

It was terminated with a combination of infiltration and digestion. This type of water treatment has a great deal of good cleaning effect, too, overwater, of course, depending on which solutions are chosen.

## Table of Contents

|   |    |
|---|----|
| Forord.....   | 2  |
| Sammendrag .....                                      | 3  |
| Abstract .....  | 4  |
| Figuroversikt.....                                    | 8  |
| Tabelloversikt .....                                  | 9  |
| Kartoversikt .....                                    | 10 |
| Innledning.....                                       | 11 |
| 1. Teori.....   | 12 |
| 1.1 Klimaendring og urbanisering .....                | 12 |
| 1.2 Urbanhydrologi og avrenning.....                  | 13 |
| 1.3 Nedbørutvikling i Norge .....                     | 16 |
| 1.4 Temperaturutvikling i Norge .....                 | 19 |
| 1.5 Klimafaktor effekt.....                           | 21 |
| 1.6 Ledningskapasitet og tilstand i Norge .....       | 21 |
| 1.7 Forurensing i overvann.....                       | 22 |
| 1.8 FNs bærekraftmål .....                            | 23 |
| 2. Overvannshåndtering.....                           | 24 |
| 2.1 Infiltrasjon .....                                | 24 |
| 2.2 Fordrøyning .....                                 | 25 |
| 2.3 Overvann som ressurs .....                        | 25 |
| 2.4 Lokal overvannshåndtering .....                   | 25 |
| 2.4.1 Grøfter/ Gressklede grøfter .....               | 27 |
| 2.4.2 Regnbed.....                                    | 28 |
| 2.4.3 Grønne tak.....                                 | 30 |
| 2.4.4 Permeable dekker (Porøse flater) .....          | 31 |
| 2.4.5 Våtmarker /Basseng .....                        | 32 |
| 2.4.6 Åpnet fordrøyningsbasseng/ Fordrøyningsdam..... | 33 |
| 2.4.7 Overvannskanaler/Renner .....                   | 34 |
| 2.4.8 Infiltrasjonssandfang .....                     | 35 |
| 2.4.9 Steinfyllingsmagasiner.....                     | 36 |
| 2.4.10 Q-Bic overvannskassetter.....                  | 37 |
| 2.4.11 Betongrør magasiner.....                       | 38 |
| 2.4.12 BlueProof Protan .....                         | 39 |
| 2.5 Flomveier.....                                    | 40 |
| 3. Lover for overvannshåndtering.....                 | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Hovedregler for overvannshåndtering .....  | 41 |
| 3.2 TEK10 ( TEK 17 ny versjon) og PBL.....   | 42 |
| 3.3 Retningslinjer for overvann fra Bærum kommune .....                              | 43 |
| 3.4 Overvannshåndtering og BREEAM-klassifisering .....                               | 44 |
| 4. Case .....  | 45 |
| 4.1 Bakgrunn og mål.....   | 45 |
| 4.2 Beskrivelse og beliggenhet .....   | 45 |
| 4.3 Grøntareal og landskap .....   | 47 |
| 4.4 Adkomst og parkeringsplasser .....   | 47 |
| 4.5 Grunnforhold.....  | 47 |
| 4.6 Fjell dybder .....   | 50 |
| 4.7 Grunnvannstanden.....  | 53 |
| 4.8 Eksisterende infrastruktur.....  | 53 |
| 4.9 Flomveier og registrerte hendelser.....  | 54 |
| 5. Metode.....   | 57 |
| 5.1 Den rasjonelle metoden .....   | 57 |
| 5.1.1 Nedbørsareal (A) .....   | 58 |
| 5.1.2 Konsentrasjonstid (t) .....  | 59 |
| 5.1.3 Nedbørintensitet (I).....  | 61 |
| 5.1.4 Avrenningsfaktor (Avrenningskoeffisient) ( $\phi$ ).....                       | 63 |
| 5.1.5 Klimafaktor .....  | 64 |
| 5.1.6 Dimensjonerende overvannsmengde .....  | 65 |
| 5.1.7 Dimensjonerende overvannsmengde ved flom .....                                 | 66 |
| 5.2 Nødvendig magasineringsbehov .....   | 67 |
| 5.3 Dimensjonering av overvannsledning .....   | 69 |
| 5.4 Mannings formel .....  | 70 |
| 6. Tiltak .....  | 71 |
| 6.1 Tiltak 1: Delfelt 1-BBS Takflate og terrasser.....                               | 72 |
| 6.2 Tiltak 2: Delfelt 2 -OB Takflater og terrasser .....                             | 75 |
| 6.3 Tiltak 3: Delfelt 3-Drenering av adkomstvei og snuplass med hovedinngangen ..... | 76 |
| 6.4 Tiltak 4: Håndtering av flomveier .....  | 79 |
| 7. Dimensjonering av tiltak.....   | 81 |
| 7.1 dimensjonering av tiltak 1 .....   | 81 |
| 7.2 dimensjonering av tiltak 2 .....   | 88 |
| 7.3 dimensjonering av tiltak 3 og 4 / flomveier .....                                | 92 |
| 8. Diskusjon .....   | 95 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 9. Konklusjon ..... | 99  |
| 10.Referanser ..... | 100 |
| 11.Vedlegg.....     | 103 |



## Figuroversikt

|  |    |
|--|----|
| Figur 1. Viser avrenningsretning før og etter utbygging .....  | 13 |
| Figur 2. Vannets kretsløp.....   | 14 |
| Figur 3. Effekt av utbygging og økning av andel tette flater .....   | 15 |
| Figur 4. Viser nedbør i løpet av 1 time-1 døgn i prosent av nedbør i løpet av 1 døgn. (Førland and Norges vassdrags- og 2016)..... | 17 |
| Figur 5. Viser forventet økning i antall flommer fra 2031-2100 ( klima i Norge).....   | 18 |
| Figur 6. Våkås stasjon i Bærum kommune, ble hardt rammet 06.08.2016 .....  | 19 |
| Figur 7. Lekkasjeprosenten i Norge sammenlignet med en del andre land. (Lindholm og Nordeide 2002).....                            | 22 |
| Figur 8. Viser langsiktig og bærekraftig løsning på overvannshåndtering. (Elin and Monica Nedrebø 2014).....                       | 24 |
| Figur 9. Viser infiltrasjon av nedbør gjennom jorda (NGU).....   | 25 |
| Figur 10. Viser bruk av LOD prinsipp i urbanområde .....   | 26 |
| Figur 11. Tretrinnsstrategien (Miljøkommune).....  | 27 |
| Figur 12. Viser typisk infiltrasjonsgrøft/gresskledde grøft .....  | 27 |
| Figur 13. Viser typisk infiltrasjonsgrøft/gresskledde grøft .....  | 28 |
| Figur 14. Eksempel på regnbed fra Burnsville i Minnesota i USA .....   | 29 |
| Figur 15. Eksempel på ombygging av regnbed .....   | 29 |
| Figur 16. Eksempel på ombygging av grønne tak (sedum) .....  | 30 |
| Figur 17. Eksempel på permeable dekke på p-plass ved Fjellhamar .....  | 31 |
| Figur 18. Eksempel på permeable dekke på veiskulder .....  | 31 |
| Figur 19. Drenering gjennom permeable dekk.....  | 31 |
| Figur 20. Eksempel på type våtmark ved E6 i Råde kommune. ....   | 32 |
| Figur 21. Eksempel på type åpent fordrøyningsbasseng (Årvolldammen i Bjerke) .....   | 33 |
| Figur 22. Eksempel på åpenrenne i Oslo .....   | 34 |
| Figur 23. Eksempel på åpenkanal i Malmø.....   | 34 |
| Figur 24. Eksempel på typisk infiltrasjonssandfang .....   | 35 |
| Figur 25. Eksempel på typisk steinfyllingsmagasin. (Alan Permissi) .....   | 36 |
| Figur 26. Eksempel på typisk kassetmagasin ( Wavin.no) .....   | 37 |
| Figur 27. Eksempel på typisk betongrørmagasin ( Basal.no).....   | 38 |
| Figur 28. Viser BlueProof løsning på taket (Kilde: Protan) .....   | 39 |
| Figur 29. Viser typisk kart over flomveier. Kilde google.....  | 40 |
| Figur 30. Viser siste versjon av Breeam manualen 2016.....   | 44 |
| Figur 31. Fremtidig situasjon ( ÅF Norge AS).....  | 46 |
| Figur 32. Diagram viser nødvendig fordrøyningsmagasin .....  | 68 |
| Figur 33. Detaljtegning av regnbed ( kilde Alan Permiss) .....   | 83 |
| Figur 34. Detaljtegning fordrøyningsanlegg (rør) ( kilde: Alan Permiss) .....  | 86 |
| Figur 35. Viser Q-Bic kassett med dimensjoner ( kilde: Alan Permiss).....  | 87 |
| Figur 36. Detaljtegning for Q-BIC kassetter ( kilde: Alan Permiss).....  | 87 |
| Figur 37. Detaljtegning fordrøyningsanlegg (rør) ( kilde: Alan Permiss) .....  | 90 |
| Figur 38. Detaljtegning for Q-BIC kassetter ( kilde: Alan Permiss).....  | 91 |
| Figur 39. Detaljtegning grøftsnett for flomvei ved nordsiden ( kilde: Alan Permiss).....   | 93 |
| Figur 40. Detaljtegning kanal/ renne for flomvei ved sørsiden ( kilde: Alan Permiss .....  | 94 |

## Tabelloversikt

|  |    |
|--|----|
| Tabell 1. viser nedbørsforandring i prosent for periode 2071-2100. Kilde klima i Norge 2100.....   | 16 |
| Tabell 2. Endringer i årsmiddeltemperatur fra 1971-2000 og 2071-2100 kilde Klima i Norge 2100 .... | 20 |
| Tabell 3. Endringer i vintertemperatur fra 1971-2000 og 2071-2100 kilde Klima i Norge 2100.....    | 20 |
| Tabell 4. Sammenligning av tiltak med og uten klimafaktor.....                                     | 21 |
| Tabell 5. Rensegrader i prosent ved ulike metoder ved håndtering av overvann-(Braskerud 1994) ...  | 23 |
| Tabell 6. Viser type arealer i ha. (Alan Permissi).....  | 59 |
| Tabell 7. Viser både tette og permeable arealer i %. (Alan Permissi).....                          | 59 |
| Tabell 8. Nedbørsdata fra Oslo-Blindern stasjon i (l/s*h) .....                                    | 61 |
| Tabell 9. IVF-kurve fra Oslo Blindern stasjonen i (l/s*ha) .....                                   | 61 |
| Tabell 10. Nedbørsdata fra Oslo Blindern –stasjonen i (mm) .....                                   | 62 |
| Tabell 11.. IVF-kurve fra Oslo Blindern –stasjonen i (mm).....                                     | 62 |
| Tabell 12. Gjentakintervall anbefalt fra Norsk Vann .....  | 63 |
| Tabell 13. Viser type verdier for avrenningsfaktorer (Statens and Vegdirektoratet 2014) .....      | 64 |
| Tabell 14. Viser arealer med tilhørende avrenningsfaktor .....                                     | 64 |
| Tabell 15. Oppsummering av avrenningsanalyse for hele område ved 34 minutters regnvarighet.....    | 65 |
| Tabell 16. Oppsummering av avrenningsanalyse for hele område ved 15 minutters regnvarighet.....    | 66 |
| Tabell 17. Viser reel arealer med tilhørende avrenningsfaktor .....                                | 67 |
| Tabell 18. Viser nødvendig fordrøyningsmagasin .....   | 68 |
| Tabell 19 Rørruheter hentet fra vann og avløpsteknikk boka.....                                    | 69 |
| Tabell 20. Mannings tall. Vannhastighet uten fare for erosjon (VEGVESEN 2014).....                 | 70 |
| Tabell 21 Viser nødvendig fordrøyningsmagasin .....  | 84 |
| Tabell 22 Viser nødvendig fordrøyningsmagasin .....  | 88 |

## Kartoversikt

|   |    |
|---|----|
| Kart 1.Eksisterende planområde ( byggene på flyfoto innenfor tomte er revet) .....                                | 46 |
| Kart 2.kart over løsemasser (Kilde NGU.no).....   | 48 |
| Kart 3.Kart over infiltrasjonsevne (Kilde NGU.no).....  | 48 |
| Kart 4.Kart viser oversikt over fjell dybde ( Alan Permissi med LARK ) .....                                      | 52 |
| Kart 5.Eksisterende ledningsanlegg ( Bærum kommune) .....   | 54 |
| Kart 6.Viser kjelleroversvømmelser fra 1999-2016 ( Bærum Kommune).....  | 55 |
| Kart 7.Viser flomkart/flomveier ( Bærum Kommune).....   | 56 |
| Kart 8.Planlagt situasjonsplan ( LARK ÅF Norge AS).....   | 58 |
| Kart 9.Avrenningsplan ( kilde Alan Permissi).....   | 71 |
| Kart 10.Viser plassering av regnbed (kilde Alan Permissi) .....   | 72 |
| Kart 11.Viser alternativ 3 , plassering av fordrøyningsanlegg (kilde Alan Permissi) .....                         | 74 |
| Kart 12.Viser overvannshåndtering for omsorgsboliger (kilde Alan Permissi).....                                   | 75 |
| Kart 13.Viser overvannshåndtering for adkomstveien (kilde Alan Permissi).....                                     | 76 |
| Kart 14.Viser overvannshåndtering for hovedinngangen/snuplass. Alternativ 1 (kilde Alan Permissi)<br>.....        | 77 |
| Kart 15.Viser overvannshåndtering for hovedinngangen/snuplass. Alternativ 2 (kilde Alan Permissi)                 | 78 |
| Kart 16.Flomvei plan ( kilde Alan Permiss).....   | 79 |
| Kart 17.Viser plassering av åpen dam som et tillegg alternativ sammen med flomveier (kilde Alan<br>Permissi)..... | 80 |

## Innledning

Urbanisering i dagens situasjon påvirker avrenningen fra området ved at vannet ledes fortere til kommunale ledningsnett og resipienter. Den tradisjonelle metoden er å sende overvannet direkte til kommunal ledningsnett. Med de økende nedbørintensiteter, samt dårlig kapasitet på ledningsnett, opplever vi mer oversvømmelser, derfor er det hensiktsmessig å se på overvannshåndtering som infiltrere og fordrøye vannet slik at utbyggingen ikke belaster vassdragene hardere enn før utbygging.

Utbygging av Bo og Behandlingssenter og omsorgsboliger ved Lindelia 41 i Bærum kommune, kan være et godt eksempel på hvordan man kan håndtere overvannet gjennom LOD-løsninger ( Lokal overvann disponering). Hensikten er å infiltrere og fordrøye mest mulig overvann i området.

Oppgaven starter med en teori del hvor jeg har beskrevet generelt om klimaendringer, tilstand på ledningsnett, forurensing, overvannshåndtering og mulige LOD-løsninger. m.m.

Videre er det en beskrivelse av utbygging område, grunnundersøkelser, infrastruktur m.m.

Området er delt i 3 deler, med mange forskjellige LOD-løsninger og alternativer som vil være optimale for å håndtere overvannet i et slikt område.

Det er gjort beregninger og dimensjonerer av hvert alternativ. Til slutt har jeg diskutert de forskjellige løsningene og etter egen vurdering konkludert med en løsning.

### **Avgrensninger:**

- Det har vært en vurdering å ta en infiltrasjonstest på feltet for å kontrollere infiltrasjonsevne, men etter en diskusjon med ÅF VA-avdeling, ble det besluttet å benytte geoteknisk rapport og NGI analyse som grunnlag.

# 1. Teori

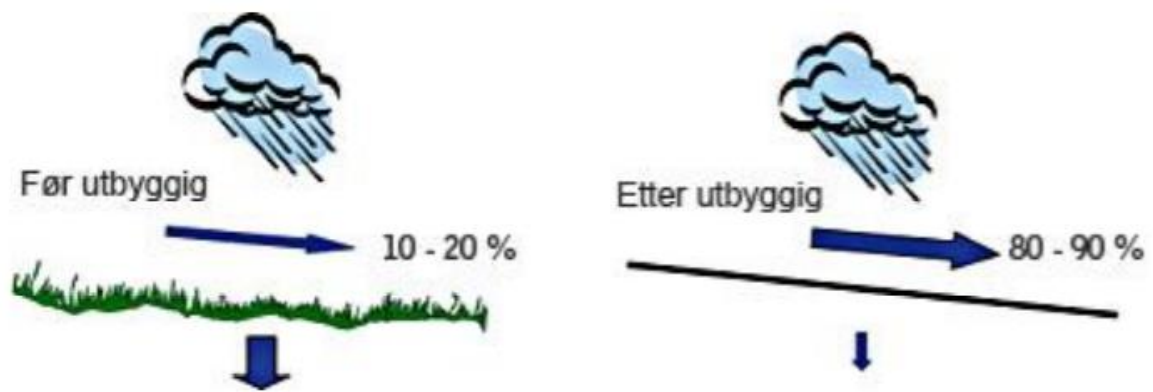
## 1.1 Klimaendring og urbanisering

Mange geografiske og væreforskere peker på betydelige forandringer i dagens klima i løpet av de neste 10 årene. Jordens temperatur har vist en økning med 0,85 grader Celsius, ifølge en rekke rapporter utarbeidet av Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) i 2013 (Stocker 2014).

Naturlige miljøforhold er ikke det eneste grunnen til klima endringer, men det skyldes mye på urbanisering og menneske aktiviteter. Framskrivinger i en rapport av Hanssen Bauer (Hanssen-Bauer 2015) viser tydelig at klimaendringene vil ramme Norge også og at utslippene må kuttes kraftig for å kunne unngå alvorlige konsekvenser. Rapporten viser også dersom utslippene fortsetter å øke fram til slutten av dette hundreåret, må vi være forberedt på en økning i årsmiddeltemperaturen rundt 4,5 grader celsius.

Økning i temperaturen medfører til mer fuktighet på grunn av vannets kretsløpets prosesser som omfatter fordamping, nedbør, avrenning og snøsmelting , det vil si økning i overvannsmengden og hyppigere flomsituasjoner enn det vi opplever i dag. Lindholm viser at noen klimaforskere forutser økning i regnintensiteter mellom 20-60% i forhold til dagens korttidsregn (Lindholm 2008). Urbanisering i våre byer medfører økning i andel tette flater og minsker de naturlige permeable grunn. Overflatevann føres til rør eller dammer, dette medfører mindre infiltrasjon og fordamping.

Med dagens økende urbanisering i våre byer som medfører økning i andel tette flater, mangel på natur i våre byer, samt dårlig tilstand til transportsystemer (VA-system) i Norge som svikter ofte spesielt i de siste årene, vil flomskadene være enda større, dersom vi ikke tar hånda om overvannsproblemstillingen.



Figur 1. Viser avrenningsretning før og etter utbygging

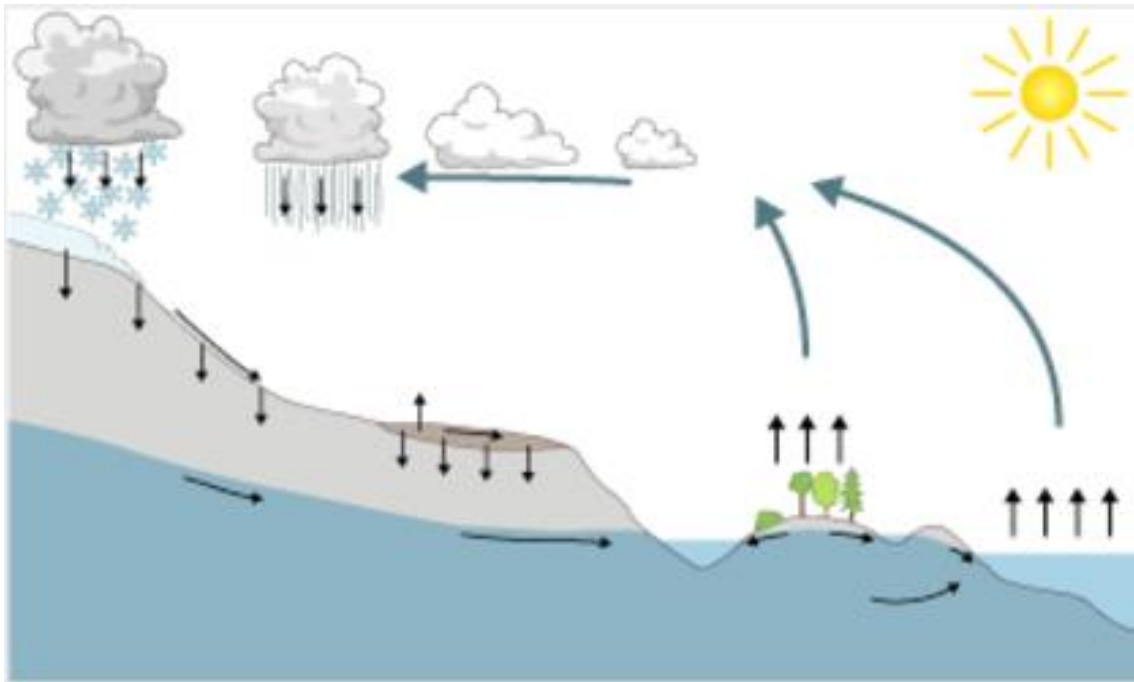
Protans ferske undersøkelser viser at en av tre eiere, utviklere og forvaltere av bygg har blitt rammet av overvannssøking i de siste tre årene. Dette Koster vårt samfunn flere hundrer millioner kroner hvert år ([www.protan.no](http://www.protan.no))

For å kunne tilpasse seg i et slikt klima må vi fokusere på hvordan vi får håndtere overvannet, dermed å kunne bruke alle mulige tiltak for lokal overvannshåndtering (LOH) tidligere nevnt lokal overvannsdiponering (LOD), istedenfor å være avhengig av VA-systemer ,samt minimalisere mest mulig av tette arealer.

## 1.2 Urbanhydrologi og avrenning

Det hydrologiske kretsløpet beskriver hvordan vann faller på landområder i form av nedbør, hvordan det akkumuleres i form av snø og is eller infiltreres ned i bakken som markvann og lagres som grunnvann, hvordan vann fordamper og hvordan det transporteres i elvene til det når havet (Hanssen-Bauer 2015)

Urbanisering og økning av andelen til tette flater i våre byer har stor betydning for den naturlige hydrologien og vi kaller derfor dette for urbanhydrologi. Urbanhydrologi er den delen av vannets kretsløp som er knyttet til bebygde områder. (kilde [www.nve.no](http://www.nve.no))



Figur 2. Vannets kretslop

Vannbalanselikningen peker på at vannet kan ikke forsvinne, det vil si når nedbør  $P$  faller på et felt, skal den lagres  $\Delta S$  eller forlates tomte  $E+R$ .

Vannbalansen for et felt kan se slik ut;

$$P = R + E \pm \Delta S$$

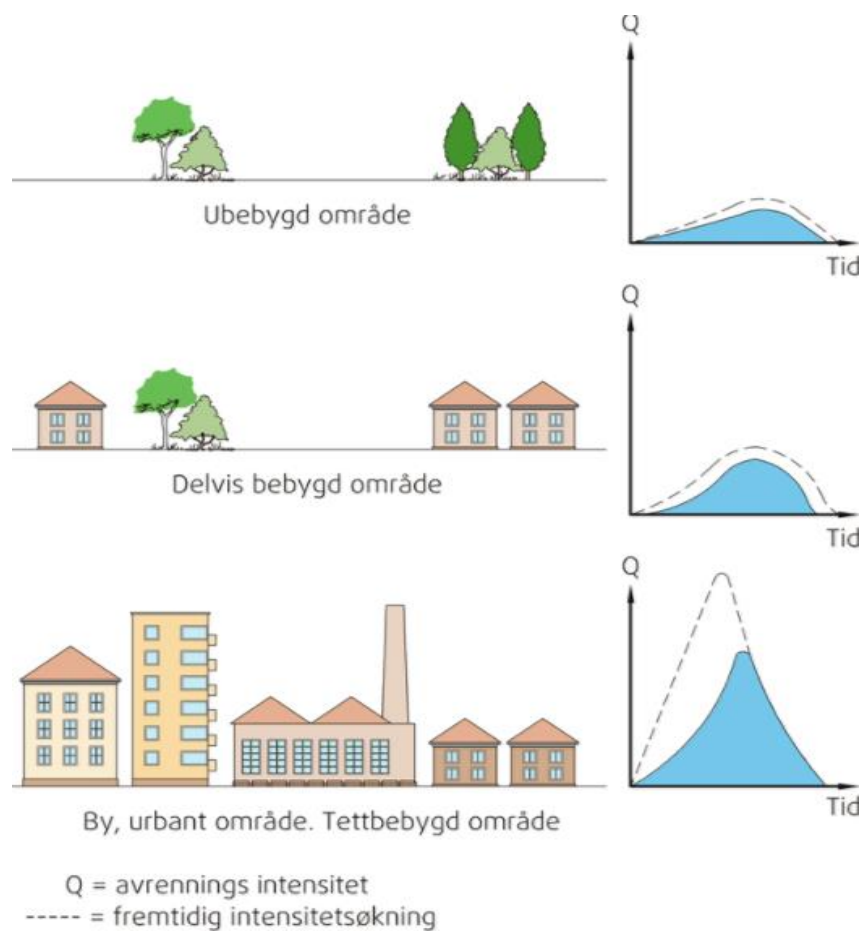
der  $P =$  nedbør

$R =$  avrenning/avløp

$E =$  evaporasjon og transpirasjon

$\Delta S =$  endring i magasinert vannmengde

Økning av impermeable arealer grunnet mer utbygging, tar med seg flere effekter blant annet reduksjon av infiltrasjon, økning i avrenning langs overflater både i intensitet og volum, mindre fordamping grunnet redusering i vegetasjon og mangler på grønt i byer, samt senkning i grunnvannstanden.



Figur 3. Effekt av utbygging og økning av andel tette flater

Konsekvensene av alle disse effektene kan være store blant annet oversvømmelser, skader på bygginger og forurensing av vassdrag som overvann fra bensinstasjoner, industriområder, tungt trafikkert veg, flyplasser eller lett forurenset overvann som takvann og lett trafikkerte arealer.

Alle disse utfordringene må håndteres med god kompetanse og tas hånd om for å unngå mest mulig flomskader. Lokal overvannsdiponering LOD er et tiltak som kan forbygge mye av flomskader, unngå forurensing av overvann, samt reduserer belastning på kommunale VA-ledninger.



### 1.3 Nedbørutvikling i Norge

I følge regjeringen at det gjennomsnittlige årsnedbøret for Norge er beregnet til 1486 mm. Av dette anslås at 346 mm fordamper, mens 1140 mm går til avrenning (Hanssen-Bauer 2015)

Nedbøren i Norge har økt med 18 prosent de siste 100 årene, denne økningen vil fortsette over hele Norge fram til 2100. I følge Klima i Norge 2100 mest nedbør vil skje på de stedene der det er allerede i dag faller mye nedbør.

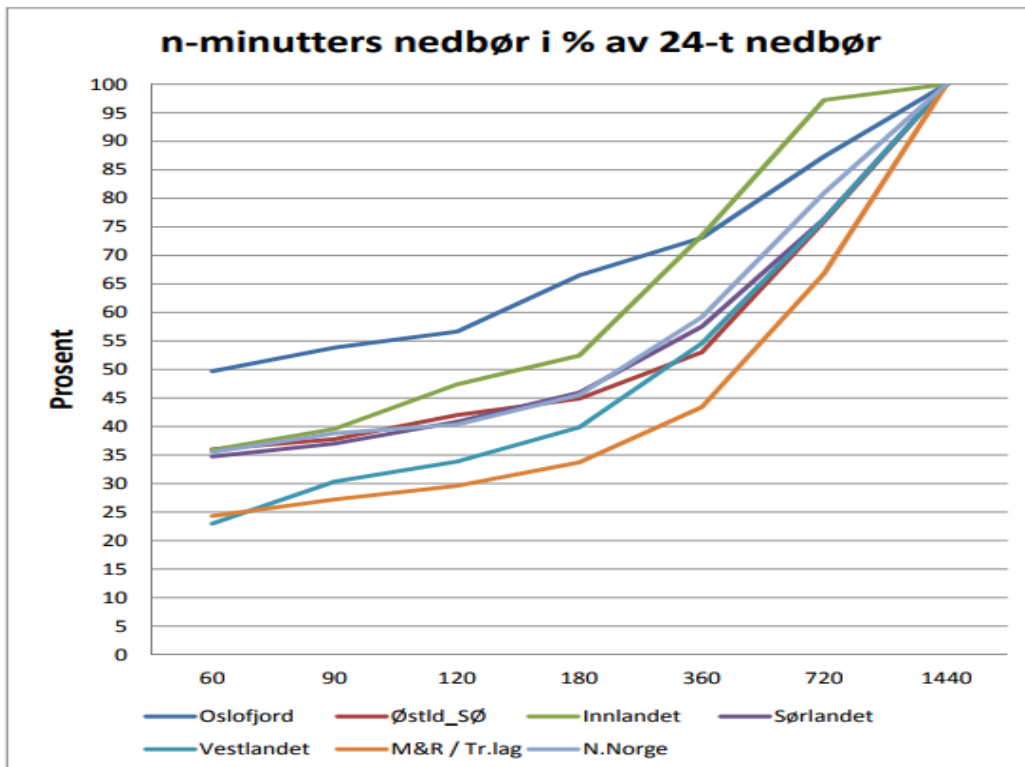
|                              | <b>Middels</b> | <b>Lav</b> | <b>Høy</b> |
|------------------------------|----------------|------------|------------|
| <b>Norge</b>                 | 18             | 5          | 31         |
| <b>Østfold</b>               | 12             | 3          | 22         |
| <b>Østlandet</b>             | 12             | 6          | 19         |
| <b>Sørlandet</b>             | 9              | -2         | 17         |
| <b>Sør-Vestlandet</b>        | 19             | 3          | 33         |
| <b>Sunnhordaland</b>         | 19             | 6          | 33         |
| <b>Sogn og Nordhordaland</b> | 22             | 3          | 36         |
| <b>Dorve/Nord-Østerdal</b>   | 18             | 6          | 26         |
| <b>Møre og Romsdal</b>       | 22             | -1         | 43         |
| <b>Inntrøndelag</b>          | 23             | 3          | 40         |
| <b>Trøndelag/Helgeland</b>   | 23             | 1          | 52         |
| <b>Hålogoland</b>            | 19             | 5          | 43         |
| <b>Finnmarksvidda</b>        | 17             | 7          | 27         |
| <b>Varanger</b>              | 15             | 2          | 29         |

Tabell 1. viser nedbørsforandring i prosent for periode 2071-2100. Kilde klima i Norge 2100

Nedbørsdataene registreres gjennom målestasjoner som er plassert nesten over hele landet. De registreres døgnnedbør (mm/døgn), eller kortidsnedbør (l/s.ha). Disse datamålere gir detaljert oversikt over intensitet, varighet og frekvenskurver (IVF-kurver) som gjør det ganske enkelt å dimensjonere overvannsføring på et felt. Dataene kan bestilles via eklimate.no, met.no eller gjennom NVE. Av og til kan det være mangel på data, spesielt kortidsnedbørene grunnet vintereffekter på disse målene. Det er også ikke like god dekning av stasjoner i alle deler i landet. Samt er det få stasjoner i høye fjell.

For flomberegninger og dimensjonering av avrenningsnett er det ofte nedbørintensitet i korte tider som mest kritiske (Alfnes and Førland 2006), der fant de ut at maksimal et døgn

nedbør hadde økt på 2/3 av de 35 målestasjoner der den positive trenden var statistisk signifikant og samtlige av disse lå på Sør-Vestlandet. Figur 4 viser påregnelig 200 års nedbør og ned til 1 times varighet som funksjon av en hel døgns verdi. For Oslo fjorden ser det ut at en times verdien halvparten til en hel døgns verdi, sammenlignet dette med Trøndelag, Møre og Vestlandet havner det på rundt 25 %.



Figur 4. Viser nedbør i løpet av 1 time-1 døgns i prosent av nedbør i løpet av 1 døgns. (Førland and Norges vassdrags- og 2016)

Det brukes rasjonell formelen for å finne ut avrenningsmengden gjennom et felt.

Dimensjonering av overvannsledning generelle forutsetninger

Den rasjonelle metode (benyttes for små felt, A < 2-5 km<sup>2</sup>)

$$Q = A \cdot I \cdot \phi \cdot kf$$

Q = dimensjonerende vannmengde

A = nedslagsfeltets areal (ha)

I = Regnintensitet (fra relevant IVF -kurve)

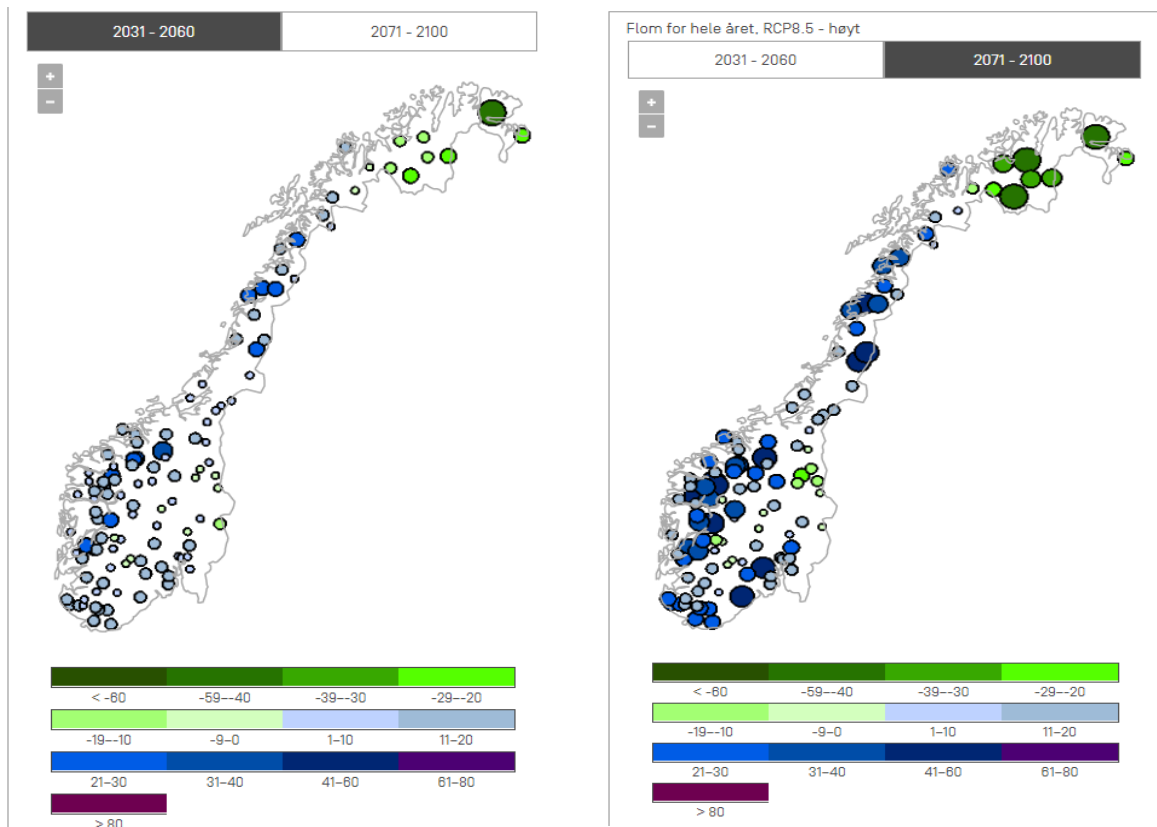
$\phi$  = avrenningskoeffisient

kf = klimafaktor

Til orientering oppgis følgende avrenningskoeffisienter.

- Hustak, gater og tette flater C = 0,85 – 0,90
- Boligstrøk, tett bebyggelse C = 0,60 – 0,80
- Boligstrøk, spredt bebyggelse C = 0,30 – 0,50
- Dyrket mark og eng C = 0,15 – 0,25
- Skogsterreng, utmark C = 0,10 – 0,25
- Grønne tak C = 0,675

Ekstreme nedbørsmengder forårsaker masse flomhendelser både her i Norge og internasjonalt . Samt er dette en type flom som ikke er lett å tilpasse seg til. Vanligvis skyldes flommer i Norge på snøsmelting, langvarige regnvær. Årsakene kan likevel variere fra sted til sted. Med det økende tetthet og urbanisering i vårt samfunn, vil sjansen for sårbarheten av urbanflom være enda større. Klima i Norge 2100 har utarbeidet 2 kart med 200 års flom til to neste perioder, altså 2031-2060 og 2071-2100.



Figur 5. Viser forventet økning i antall flommer fra 2031-2100 ( klima i Norge)



*Figur 6. Våkås stasjon i Bærum kommune, ble hardt rammet 06.08.2016*

#### 1.4 Temperaturutvikling i Norge

Det antyder klimapanelets scenarier økt temperatur i Norge, og avhengig av landsdel vil den årlige gjennomsnittlige temperaturen stige mellom 2,5°C og 3,5°C, mest i innlandet og nordlige landsdeler, mens vintrene vil bli midlere (Hammarstrand, Mørland et al. 2002).

Under er det vist 2 tabeller, der ser vi at temperaturen er lavest i de sørlige deler av Norge, fore eksempel Vestlandet og Østlandet, mens vi ser stor endringer i Finnmarksvidda om vinteren, hvor det gir en økning på RCP4.5 opptil 4.4° og 7.2° på RCP8.5. Dette kan bety at vi får høyre temperatur enn 0° om vinteren i gjennomsnitt, som i seg selv betyr mye for snøforholdet og snøsmelting fremover.

|                  | RCP4.5     |     |     | RCP8.5     |     |     |
|------------------|------------|-----|-----|------------|-----|-----|
|                  | median     | lav | høy | median     | lav | høy |
| Norge            | <b>2,7</b> | 1,6 | 3,7 | <b>4,5</b> | 3,4 | 6,0 |
| Østlandet        | <b>2,5</b> | 1,4 | 3,5 | <b>4,2</b> | 3,0 | 5,6 |
| Vestlandet       | <b>2,3</b> | 1,3 | 3,2 | <b>3,9</b> | 2,9 | 5,2 |
| Trøndelag        | <b>2,6</b> | 1,4 | 3,5 | <b>4,2</b> | 3,1 | 5,5 |
| Nordland – Troms | <b>3,0</b> | 1,9 | 4,1 | <b>5,0</b> | 3,8 | 6,6 |
| Finnmarksvidda   | <b>3,6</b> | 2,3 | 5,0 | <b>6,0</b> | 4,4 | 7,9 |
| Varanger         | <b>3,7</b> | 2,4 | 5,2 | <b>6,1</b> | 4,5 | 7,9 |

Tabell 2. Endringer i årsmiddeltemperatur fra 1971-2000 og 2071-2100 kilde Klima i Norge 2100

|                  | RCP4.5     |     |     | RCP8.5     |     |      |
|------------------|------------|-----|-----|------------|-----|------|
|                  | median     | lav | høy | median     | lav | høy  |
| Norge            | <b>2,9</b> | 1,3 | 5,0 | <b>5,1</b> | 3,2 | 7,1  |
| Østlandet        | <b>2,7</b> | 0,8 | 4,8 | <b>4,8</b> | 2,8 | 7,0  |
| Vestlandet       | <b>2,4</b> | 0,5 | 4,1 | <b>4,1</b> | 2,2 | 5,9  |
| Trøndelag        | <b>2,6</b> | 0,8 | 4,5 | <b>4,6</b> | 2,7 | 6,5  |
| Nordland – Troms | <b>3,3</b> | 1,4 | 5,6 | <b>5,6</b> | 3,4 | 7,7  |
| Finnmarksvidda   | <b>4,4</b> | 2,2 | 7,4 | <b>7,2</b> | 4,6 | 10,4 |
| Varanger         | <b>4,2</b> | 2,4 | 6,9 | <b>6,7</b> | 4,7 | 9,5  |

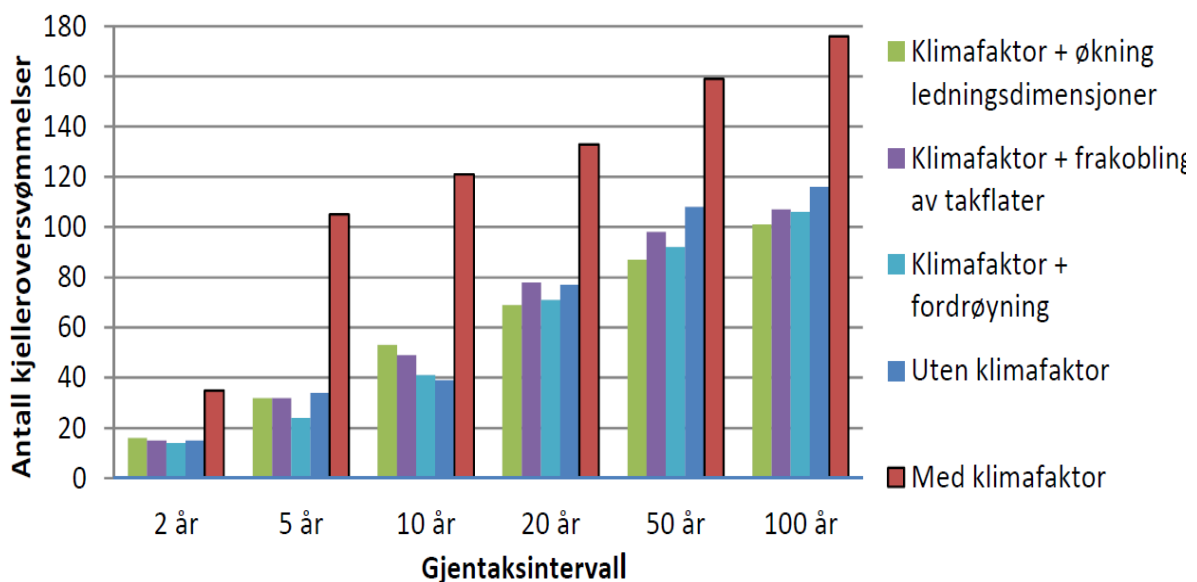
Tabell 3. Endringer i vintertemperatur fra 1971-2000 og 2071-2100 kilde Klima i Norge 2100

## 1.5 Klimafaktor effekt

Klimafaktor er en faktor som benyttes for å finne ut forventet fremtidig relativ endring i nedbørintensitet som følge av klimaendringer. Når det bygges et nytt overvannsanlegg er det krav å bruke en klimafaktor, dette for å kunne opprettholde fornuftige VA-system med tanke på ledningsdimensjoner og økt belastning av eksisterende ledninger for å ta høyde på økte nedbørmengden og usikkerheten i klimaendringene.

Valg om bruk av klimafaktor kan variere i forhold til gjentaksintervall, hvor Statens vegvesen krever 1,3 klimafaktor for 10 år i gjentaksintervall og 1,5 for 100 år gjentaksintervall.

Regjeringen anbefaler at kommune i størst mulig grad skal bruke de høyeste klimafremskrivningene ved valg av klimafaktor (Stortinget 2013)

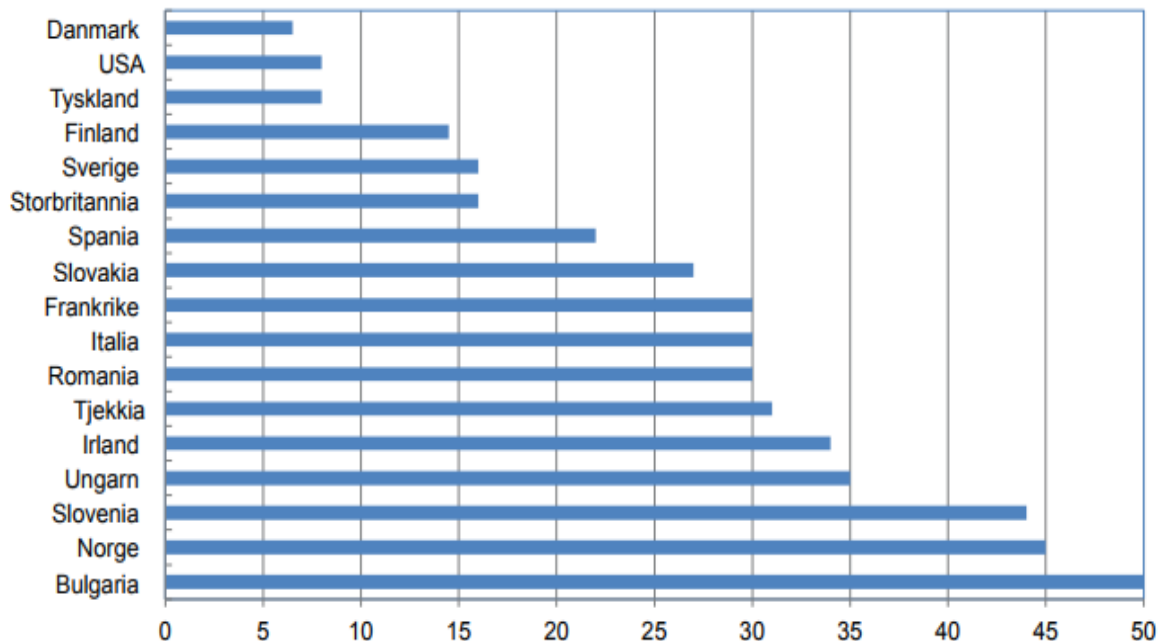


Tabell 4. Sammenligning av tiltak med og uten klimafaktor

## 1.6 Ledningskapasitet og tilstand i Norge

Basert på tall fra alle kommuner viser statistisk sentralbyrå en lekkasjeprosent på 32 for 2010 på vannledningsnett, mens andre undersøkelser (Lindholm and Bjerkholt 2009) viser en lekkasje opptil 40 %. Det største risikoen er forurensing av drikkevannet i tilfelle brud eller skade på ledninger. Forurensing vil også skje siden avløpsledninger ligger vanligvis i samme grøft. Når det gjelder avløpsledninger er tilstanden ganske lik og trenger mye rehabilitering. I følge RIF undersøkelser som ble tatt i 2010 fikk avløpsnett 2 som karakter, noe som tyder på

at det norske avløpsnett er truet. En realistisk gjennomsnittlig levetid er skal være mellom 80-100 år, men vanligvis holder ikke ledningene så lenge. Konsekvenser av manglende utskifting og vedlikehold er at nettet forfaller(Lindholm and Bjerkholt 2009)



Figur 7. Lekkasjeprosenten i Norge sammenlignet med en del andre land. (Lindholm og Nordeide 2002)

## 1.7 Forurensing i overvann

Overvann som renner fra tette flater, veger, bensinstasjoner og parkeringsplasser mm kan forurense vannforekomster ved å ta med seg for eksempel tunge materialer, organiske og næringsstoffer, virus, bakterier, salt og partikler. Snø deponering og vasking av tunneler er også forurensningskilder. Utslipp av forurenset overvann fra veg til sårbare resipienter kan gi alvorlige negative effekter på akvatisk flora og fauna, både akutte og langsiktige (Meland 2010). Det største utfordring er ved første regnfase hvor det skjer en first flush effekt og alle uhumskheter som har samlet seg fra forrige regn sendes nedover systemet på en gang. Noen typisk eksempler på disse forurensingene er PAH-polykromatiske hydrokarboner, PCB-polyklorinert Bifenyl og bromerte flammehemmere.

Det finnes mange tiltak som kan bidra å unngå forurensing av vassdrag blant annet infiltrasjon, våtmarker, grøfter for renseløsninger, oljeutskillere og virvels separatore mm. Redusering av andel tetteflater vil hjelpe med å redusere first flush effekten.

| Type anlegg                                      | Partikler | Fosfor | Nitrogen | Tungmetaller |
|--|-----------|--------|----------|--------------|
| Vått overvannsbasseng                            | 80        | 60     | < 40     | 40-90        |
| Konstruert våtmark/fangdam, 13% av nedbørsfeltet | 80        | 60     | < 40     | 40-90        |
| Infiltrasjonsløsninger                           | 90        | 60     | 40-50    | 90           |
| Perkolasjonsmagasin                              | 90        | 60     | 50       | 90           |
| Sandfilterbasseng                                | 80        | 60     | 30-40    | 60-80        |
| Vegetasjonssone,<br>10 m bred                    | 70        | 50     | 30       |              |

Tabell 5. Rensegrader i prosent ved ulike metoder ved håndtering av overvann-(Braskerud 1994)

## 1.8 FNs bærekraftmål

En bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov (FN-sambandet). FNs bærekraftmål består av 17 mål og 169 delmål. Hensikten med disse målene, er at de skal fungere som en felles internasjonal arbeidsplan og skal reflektere klima og miljø, økonomi og sosial forhold. Blant disse målene :

- Mål 6. Rent vann og gode sanitærforhold. « sikre bærekraftig vannforvaltning og tilgang til vann og gode sanitærforhold for alle». (FN-sambandet)
- Mål 9. Innovasjon og infrastruktur « bygge solid infrastruktur, fremme inkluderende og bærekraftige industrialisering og bidra til innovasjon». (FN-sambandet)

Bærum kommune har besluttet å benytte disse bærekraft målene som rammeverk for samfunnsutvikling. Samt bruke dem som grunnlag for utvikling av kommuneplan.



## 2. Overvannshåndtering

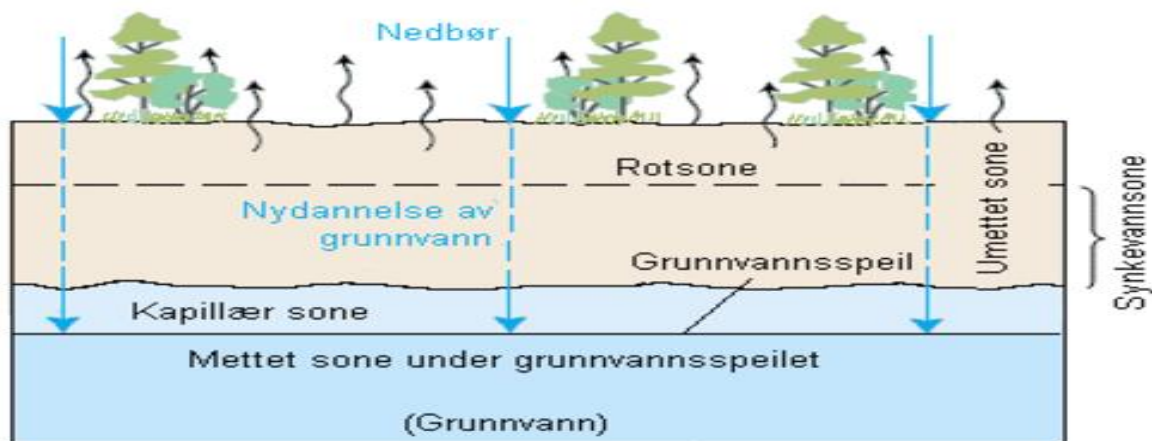
Den tradisjonelle metoden av overvannshåndtering i urbane områder er å føre nesten alt vannet i lukket overvannsledninger. Dette har vært årsaken til mange oversvømmelser, skader på bygginger, senkning på grunnvannstanden og ikke minst forurensing av vassdrag. Urbanisering og tetting av flate arealer er i økning, derfor er det viktig å unngå den tradisjonelle metoden som vil enda belaste VA-systemet og skape flere slike situasjoner, derfor er det viktig å benytte seg av de moderne bærekraftige overvannsløsninger som vi kaller de blågrønne løsninger.



Figur 8. Viser langsiktig og bærekraftig løsning på overvannshåndtering. (Elin and Monica Nedrebø 2014)

### 2.1 Infiltrasjon

Infiltrasjon er prosessen hvor nedbør eller vann siver ned i grunnen og beveger seg ned gjennom jordmasser, sprekker og porerom. Vannet absorberes av jorda og kan forbli i lang tid til det gradvis blir fordampet eller absorberes av planterøtter. Infiltrasjon skjer både i øvre og nedre deler av bakken, avhengig av hvor mett grunnen er, hvor vannet kan fortsette nedover. Infiltrasjonen er avhenger av flere faktorer for eksempel nedbørsmengde, jordtype, grønt i det område, vannstands nivå og topografi av felt.



Figur 9. Viser infiltrasjon av nedbør gjennom jorda (NGU)

## 2.2 Fordrøyning

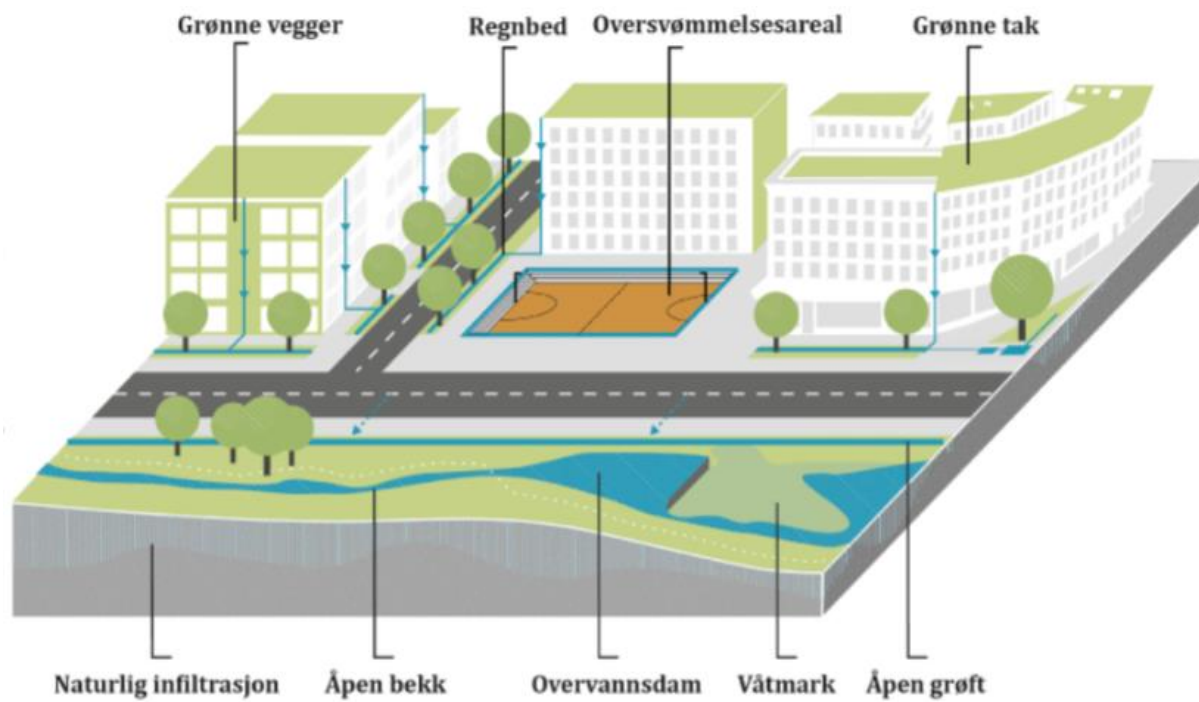
Med fordrøyning menes det å lagre overvannet en periode før det føres videre. Med denne metoden kan vi redusere oversvømmelser, skader på miljø, byggverk og helse. Denne metoden brukes ofte hvor grunnforholdene ikke er egnet nok til å infiltrere alt avrenning, med andre ord å bremse eller mellom lagre vannet. Fordrøyning forbygger også mye av flomtopper.

## 2.3 Overvann som ressurs

Fordelen med blågrønne løsninger er ikke bare å forbygge flomsituasjoner, men det kan også være en ressurs som god opplevelse og et rikt biologisk mangfold. Dette kreves en god kartlegging og tett samarbeid mellom de forskjellige fagene som deltar i et prosjekt

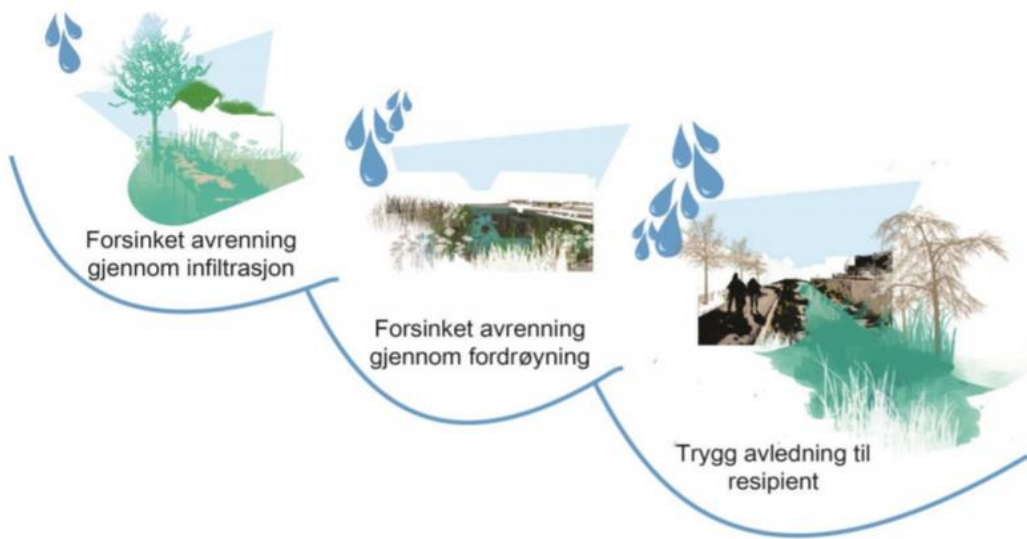
## 2.4 Lokal overvannshåndtering

Lokal overvannshåndtering LOH og lokal overvannsdiponering LOD har samme betydning. Prinsippet omfatter å infiltrere, fordrøye vannet mest mulig grad, for å unngå oversvømmelser og belastning av VA-nettet, rensing av overvannet før det kommer til vannforekomster, samt beholde naturen.



Figur 10. Viser bruk av LOD prinsipp i urbanområde

I praksis kan man utføre lokal overvannshåndtering via tretrinnsstrategien som utarbeidet for å redusere overvannsproblemer, strategien er delt i 3 faser, hvor i første fasen blir vannet håndtert lokalt og avrenningen forsinket via infiltrasjon ved mindre nedbørsmengder. Fase 2 starter når det ikke er mulig å infiltrere, dette ved større avrenning /vannmengder, dermed vil vannet bli forsinket maksimalt gjennom fordrøyning. Fase 3 starter når det ikke er mer kapasitet å fordøye vannet eller ved ekstreme regn, vil vannet videreføres på en trygg måte til resipient/vassdrag for å sikre trygge flomveier.



Figur 11. Tretrinnsstrategien (Miljøkommune)

Ved å optimalisere bruken av lokale og åpne overvannsløsninger kan problemer med forurensinger fra overløpsutslipp, økte flomskader og forurensinger fra overvannet bringes under bedre kontroll, uten at man må investere store summer i kostbare ledningsnett. (Lindholm 2008). Under er det beskrevet noen forskjellige metoder av LOD-prinsipper, hvor man kan velge mellom slik som det tilpasser tomtas topografi og grunnundersøkelser

#### 2.4.1 Grøfter/ Gresskleddede grøfter

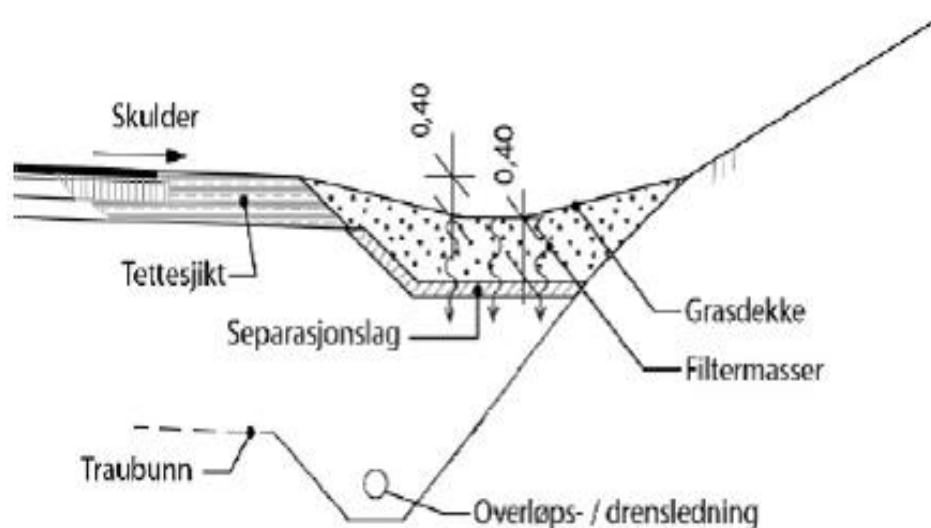


Figur 12. Viser typisk infiltrasjonsgrøft/gresskleddede grøft

Gresskledde grøfter er en av de mest aktuelle infiltrasjonstiltakene som kan brukes i flere steder, spesielt i veiskuldrene. Grøftet kan etableres med pukk. Både dybden og helningen kan varieres, hvor staten vegvesenet kreves ofte 45° skrå vegger. Med lengdefall og oppretting av terskler vil grøfta magasinere store mengder av vannet. Det bør også legges en drensledning i bunnen av grøfta som utløp, eventuelt en sandfangskum med bestemt antall påslipp l/s til offentlige ledninger. En av de største fordelene med disse type tiltakene er at de kan også brukes for flomveier ved store nedbørmengder. Samt kan grøftene renses overvannet fra suspenderte stoffer.

### Drift og vedlikehold

Utfordringer med disse grøftene er drift og vedlikehold ved å skifte ut massene, ellers er det å holde overløpspunkter oppe og å ta vekk diverse avfall an hver periode.



Figur 13. Viser typisk infiltrasjonsgrøft/gresskledde grøft

### 2.4.2 Regnbed

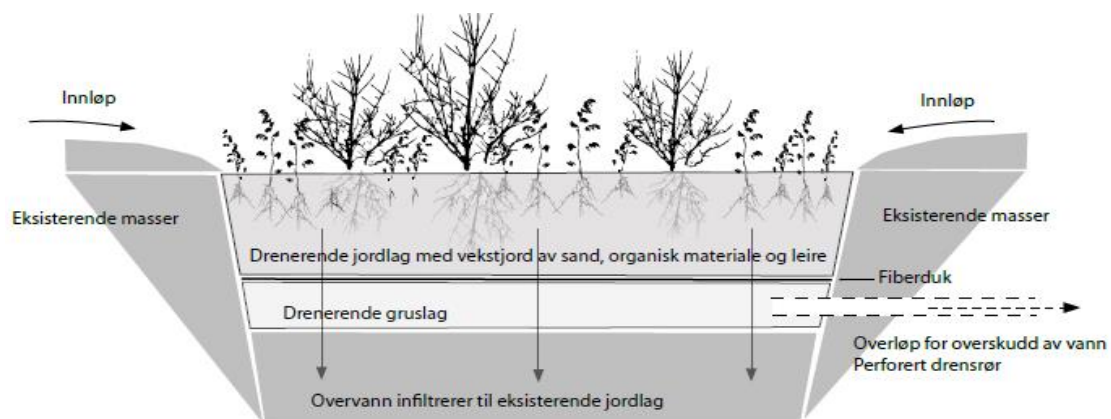
Regnbed er et moderne LOD tiltak som er veldig populært og blir brukt mange land spesielt i USA, Australia og Tyskland. Det er også i Norge utført forskninger på og utvikling av regnbed (Braskerud, Ekle et al. 2013). Regnbedet som er et slags hageanlegg med masse blomster og vegetasjoner kan ta imot vannet fra taknedløp og tettearealer og holde det helt eller midlertidig før det kan infiltreres eller videreføres med en overløp til offentlige ledninger. Det anbefales å plassere regnbedet litt unna bygninger med en helning opp til 5% for å unngå skader, samt reduserer erosjon i selve regnbedet. I tillegg til håndtering av overvann,

kan regnbed fungere et godt alternativt for å redusere forurensing av vannet av suspenderte stoffer. Det har vært noen undersøkelser for et regnbed i Trondheim for å måle renseeffekt for utvalgte stoffer (Paus and Braskerud 2013)

- TSS >90%
- Tot-P 70-80%
- Tot-N 50-60% (NH4)
- Organiske miljøgifter >90%
- Metaller >90%



Figur 14. Eksempel på regnbed fra Burnsville i Minnesota i USA



Figur 15. Eksempel på ombygging av regnbed

## Drift og vedlikehold

Det kan være etter behov for eksempel at planter skal ha nok tilgang til vannet i tørre perioder. Kontrollering av utløpet.

### 2.4.3 Grønne tak

Grønne tak er en utvidelse av eksisterende tak og består av et vanntett lag av høy kvalitet, rot frastøtende system, dreneringssystem, filttertektstil, vekstmedium og ulike plantearter (Jeffrey L. Bruce 2016). Norge har ganske lang tradisjon med enkelt type grønne tak fore eksempel torvtak på hytter.

Grønne tak finnes i 2 forskjellige hovedtyper:

- Ekstensive tak som består av sedumarter og krever ganske lite drift og vedlikehold. Denne typen tåler mye tørke og næringsfattige jord. Vekt kan være 40-130 kg/m<sup>2</sup>
- Intensive tak som består av forskjellige type arter og krever mer drift og vedlikehold. Vekt kan være 240-900 kg/m<sup>2</sup>. Denne typen er dyrere og brukes kun for nye bygninger

Ved å etablere grønne tak er det viktig å ta hensyn til tak konstruksjonen, som skal fungere som magasin til overvannet og valg av beplantinger. I tillegg til magasinering av vannet og filtrering av forurensing, har grønne tak flere andre fordeler blant annet isolerende evner om vinteren og nedkjøler om sommeren. utfordringer kan være belastning på konstruksjonen og kreves også drift og vedlikehold.

#### Drift og vedlikehold

Plantene som brukes på taket må ha tilgang til vann i tørre perioder. Kontrollering av planter og jord og eventuelt utskifting. Kontrollering og tømning av sluk.



Figur 16. Eksempel på ombygging av grønne tak (sedum)

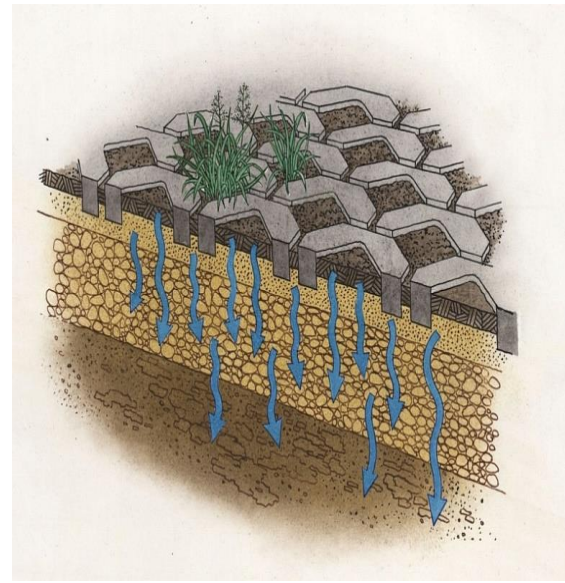
## 2.4.4 Permeable dekker (Porøse flater)



Figur 17. Eksempel på permeable dekke på p-plass ved Fjellhamar



Figur 18. Eksempel på permeable dekke på veiskulder



Figur 19. Drenering gjennom permeable dekk

Permeable dekker/belegg slippes vannet gjennom dekket (fuger, belegstein, etc) for å infiltrere i grunn. Denne typen har vært ganske populært i mange land, for eksempel kun i Tyskland er det brukt over 20 000 000 m<sup>2</sup>. Det brukes en del i Norge som prøveområder. Så langt har resultatene vært positive og påvist at dette kan blir tatt i bruk som et LOD-system istedenfor tette arealer. (Kjell Myhr 2013)



Permeable dekker kan brukes på parkeringsplasser, veiskulder, garasjeanlegg og gangveier. Det finnes forskjellige typer av permeable dekker blant annet betongelementer, heller med naturstein med fuger, brostein med fuger eller permeable asfalt. Infiltrasjonsevne kan væreiere mellom disse typene. Permeable dekker kan hjelpe til med å rense vannet også. Det er viktig å ta hensyn til infiltrasjonskapasitet på det området som skal brukes i.

### **Drift og vedlikehold**

Renovering av permeable belegningsstein kan gjøres ved å suge opp i fugemassen og erstatte med ny grovkornet masse. Det skal også feie overflater. Utover dette er det ingen spesielle vedlikeholdsbehov. (Elin and Monica Nedrebø 2014)

### **2.4.5 Våtmarker /Basseng**



*Figur 20. Eksempel på type våtmark ved E6 i Råde kommune.*

Norge har lang erfaring med utforming av våtmarker. Det er et slags basseng med mye vegetasjon rundt. Det kan være naturlig våtmark eller konstruert våtmark. Vanligvis finnes slike type anlegg utenfor tettbygde arealer, dvs i naturen og våtmarksområder. Målet er å ta imot veiavrenning og rense det før det slippes videre til resipient. Slike løsninger håndterer mye overvann ved å bremse vannet, minsker flomtopper og reduserer påslipp til offentlige ledninger. De gir også et godt biologisk mangfold og opplevelse.

## Drift og vedlikehold

Våtmarkene har god renseseffekt, men det kreves at vegetasjonen slås med noen års mellomrom, og at slåttene fjernes. (Norsk vann og avløp, Norsk et al.). Det kreves også mye plass, med en dybde mellom (15-30) cm.

### 2.4.6 Åpnet fordrøyningsbasseng/ Fordrøyningsdam



*Figur 21. Eksempel på type åpent fordrøyningsbasseng (Årvolldammen i Bjerke)*

Det er et midlertidig fordrøyningsanlegg som brukes for å redusere risikoen av flommer ved å holde vannet tilbake en stund ( ved regnperiode). Bassenger kan utformes som lekeplasser, fotballbaner, skatebordparker.

Disse kan være flerfunksjonelle slik at de gir plass til håndtering av regnvann i tillegg til lek, idrett og opphold. I lekeområdene kan vannet i tillegg brukes aktivt i leken og gjøre området enda mer spennende (Elin and Monica Nedrebø 2014) Slike anlegg bidrar også med å rense vannet i den perioden vannet står i ved sedimentering, hvor partikler tar med seg suspenderte stoffer og havner i bunnen.

Utfordringer med slike anlegg at de kreves godt samarbeid og god planlegging på forhånd med tanke på arealet som trengs.

## Drift og vedlikehold

Når det gjelder drift og vedlikehold er det viktig å kontrollere innløpet og utløpet hver annen periode ( 2 ganger i året). I tillegg fjerning av slam og diverse som havner i bunnen. Dette vil være avhengig av hvor ofte anlegget blir utsatt for oversvømming.

### 2.4.7 Overvannskanaler/Renner



Figur 22. Eksempel på åpenrenne i Oslo



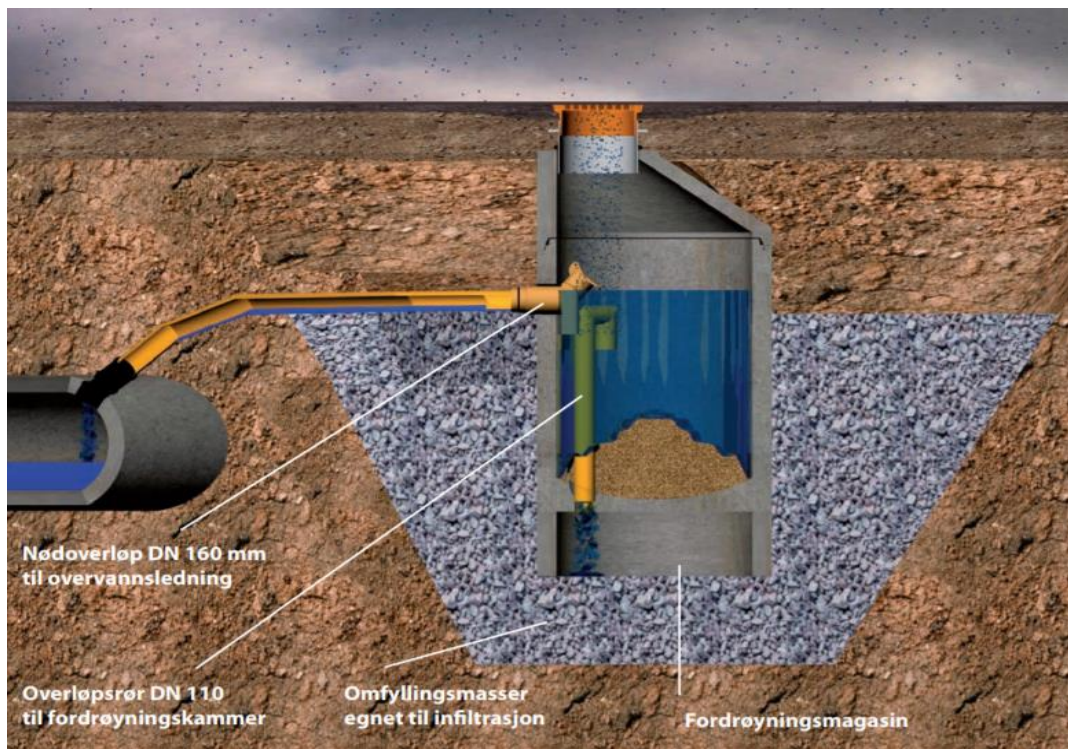
Figur 23. Eksempel på åpenkanal i Malmø

I tettbygde områder kan det være vanskelig å velge mellom LOD-losninger, med tanke på andel tette arealer. Kanaler og renner kan fordrøye, transportere og rense avrenning videre til nærmeste resipient. Slike anleggstyper vil også gi et godt biologisk mangfold og opplevelse. Utforming av slike anlegg må tilpasses godt og se fin ut til og med i tørretilstand. Det er viktig å ta hensyn til trafikk og pågående slik at det ikke blir noe hindringer for dem. Erfaringsmessig kan slikt anlegg fungere godt som flomveier i ekstremvær.

## Drift og vedlikehold

Ettersom det er åpenløsning vil det være mer behov for drift og vedlikehold, derfor er det viktig å holde kanalen ren. Innløpet og utløpet skal kontrolleres. Viktig å ikke bruke kanalen for snømåkings arealer siden de brukes ofte som en flomvei.

## 2.4.8 Infiltrasjonssandfang



Figur 24. Eksempel på typisk infiltrasjonssandfang

Infiltrasjonssandfang (IFS) er i prinsipp vanlig sandfangskum med ekstra funksjon som infiltrasjon og fordrøyning av overvannet. IFS er utstyrt med et overløp til omfyllingsmassene (drenerende masser) rundt kummen også et nødoverløp til offentligledning ved store vannmengder. Ved frosting inne kummen, finnes det ekstra overløp til omfyllingsmassene. Løsningen er ikke arealkrevende og kan brukes i flere områder dersom grunnforholdene tillater det.

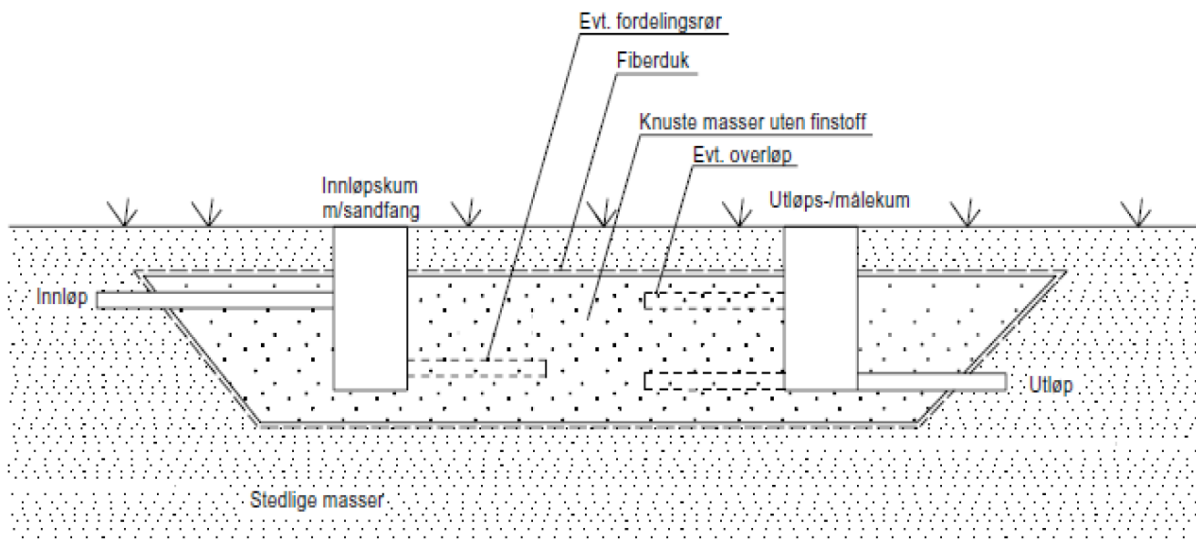
### Drift og vedlikehold

Ved drift og vedlikehold bør anlegget tømmes 2 ganger i året

## 2.4.9 Steinfyllingsmagasiner

Et steinfyllingsmagasin bygges ofte med sprengstein, kult, singel eller annet grovt steinmaterial. Magasinets porevolum benyttes til oppsamling av overvann. Steinfyllingsmagasinet tømmer ved kontrollert tapping via et dreningssystem til omgivelser. For å utarbeide slikt anlegg må grunnforholdene undersøkes. Bedre effekt dersom stedlige masser har god infiltrasjonsevne, lavere effekt dersom stedlige masser er bare fjell eller leire. Det er viktig å sjekke grunnvannstanden slik at anlegget ligge over, på denne måten får man full effekt på et slikt anlegg. Anlegget kan fort tettes ved at jordmaterialer føres inn. Dermed medfører dette at magasinet får en kort levetid eller dårlig effekt. Det anbefales sterkt å ha en sandfang før vannet føres til magasinet, slik unngår man fare for tetting. Det bør brukes duk rundt hele magasinet for å unngå finkorning inn i magasinet. En normal levetid på et slikt anlegg kan være opptil 30 år ved et normal drift og vedlikehold.

Steinmagasiner har ofte et porevolum på ca. 30%. (Lindholm 2008)

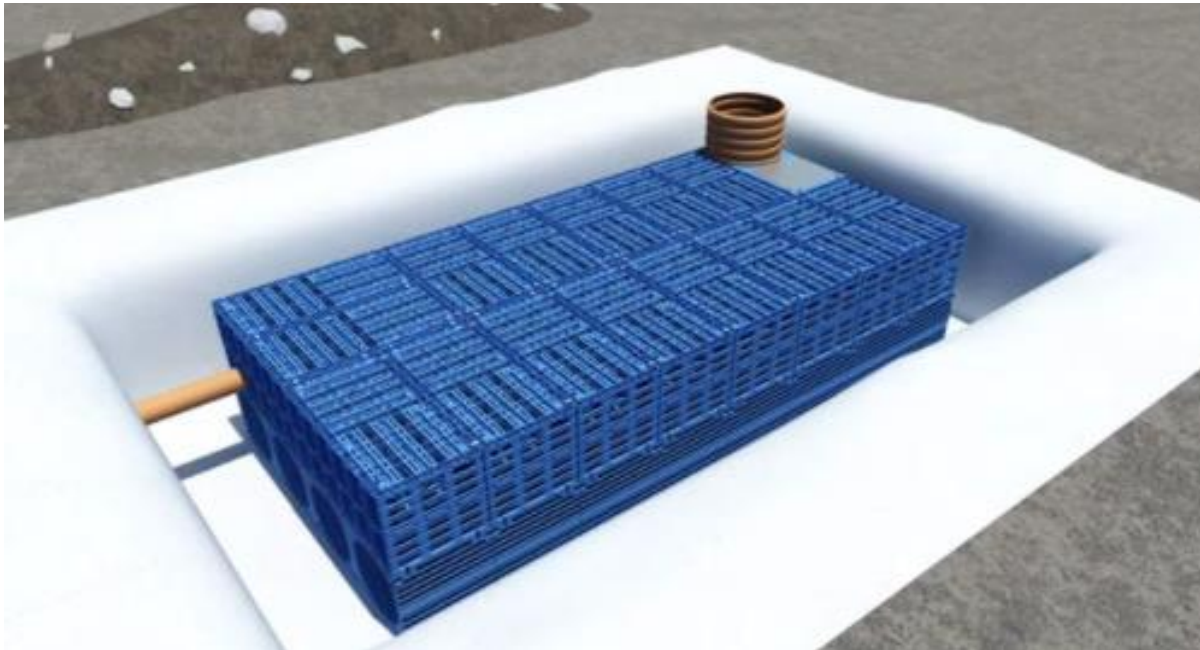


Figur 25. Eksempel på typisk steinfyllingsmagasin. (Alan Permissi)

### Drift og vedlikehold

Det anbefales å bruke vasket stein ved utfylling. Sprengstein kan inneholde mye støv og dermed kan føre til tetting av magasinet og redusere porevolumet. Et slik anlegg har vanligvis mellom 20-30 års. Utfordringen kan være å skifte disse massene, ellers skal overløpet holdes rent.

#### 2.4.10 Q-Bic overvannskassetter



Figur 26. Eksempel på typisk kassettmagasin ( Wavin.no)

Q-Bic overvannskassetter eller såkalt plast kassettmagasin er en type lukket volum magasin og produseres av Wavin. Kassetter er et godt alternativ for fordrøyning av overvannet ved dårlig infiltrasjonsevne i grunnforhold. Anlegget egner seg i de fleste områder og spesielt i store tettearealer som parkeringsplasser, industri og kontor bygninger. Anlegget kan ha et overløp med bestemt antall liter per sekund gjennom en mengderegulator videre til offentlige ledninger.

Kassetter legges under bakken. Montering av slike kassetter er veldig enkelt og skjer ganske raskt. De bør plasseres med noen meter avstand fra vei med tung trafikk. Antatt levetid på er opptil 100 år med.

Overvannskassetter tilpasser dårlig i områdene med mye forurensing i grunn, derfor er det viktig å ta miljø grunnundersøkelser på forhånd.

#### **Drift og vedlikehold**

Løsningen krever periodisk inspisering. En slik inspeksjon skal avdekke kassettmagasinet tilstand. Dette er mulig å utføre ved TV-kjøring gjennom kassettene, spyle og suge opp all slam.

### 2.4.11 Betongrør magasiner



Figur 27. Eksempel på typisk betongrørmagasin ( Basal.no)

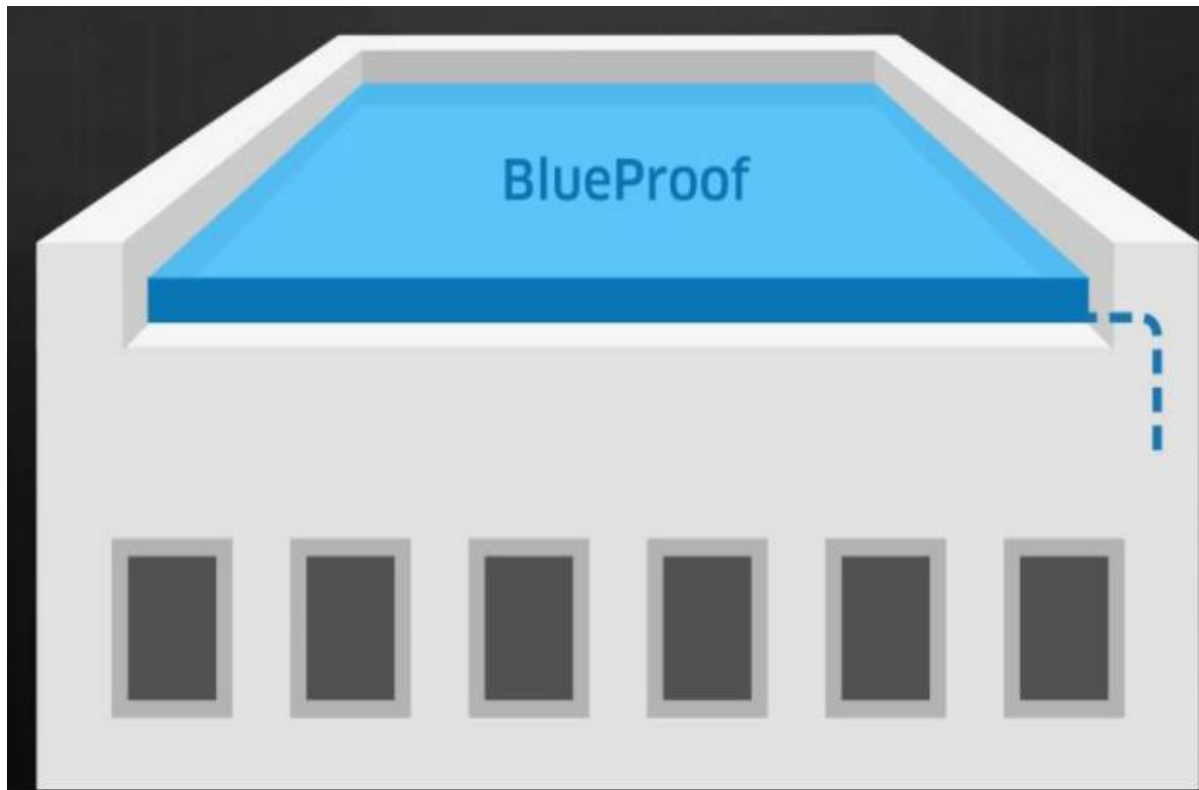
Betongrørmagasin er magasin av type åpent volum og har samme funksjoner som Q-Bic overvannskassetter. I følge VA-miljø Blad magasin av typen åpent volum er mindre sårbare for tilførsel av sand og grus enn magasin av lukket volum. (Norsk, Norsk et al.) Anlegget er et godt alternativ for fordrøyning av overvannet ved dårlig infiltrasjonsevne i grunnforhold. Anlegget egner seg i de fleste områder og spesielt i store tettearealer som parkeringsplasser, industri og kontor bygninger. Anlegget kan plasseres under veier også med tungtrafikk. Antatt levetid på er opptil 100 år med.

Anlegget kan ha et overløp med bestemt antall liter per sekund gjennom en mengderegulator videre til offentlige ledninger. Fordelen med slikt anlegg er det mulig å kombinere dem med infiltrasjonsanlegg også hvis grunnforholdene tillater det. Montering av slikt anlegg vil være ganske komplisert i forhold til kassetter, med tanke på tyngden og justering av høyder til rør.

#### **Drift og vedlikehold**

Løsningen krever gode rutiner på vedlikehold, som å utføre TV-kjøring gjennom betongrør, spyle og suge opp all slam.

## 2.4.12 BlueProof Protan



Figur 28. Viser BlueProof løsning på taket (Kilde: Protan)

BlueProof er et nytt systemløsning for overvannshåndtering som ble utviklet av Protan og blitt godkjent av SINTEF. Løsningen går på å fordrøye/ magasinere store mengder av vannet på taket eller deler av taket, før det slippes gradvis og kontrollert via sluk eller overløp til kommunalledning. I følge Protan vil løsningen fungere både på nye tak og eksisterende også, siden de fleste flate tak i Norge er laget for å tåle stor vekt.

BlueProof kan være et godt alternativ i områder hvor det er behov for fordrøyning av regnvannet, med tanke på andre løsninger som kreves mye arealer og kostnader for å håndtere like mye vannmengde.

Løsning kan også kombineres med andre type tiltak som regnbed, grøfter, renner. Etc.

### **Drift og vedlikehold**

Drift og vedlikehold 1-2 ganger i året hvor alle slukene på taket skal kontrolleres og tømmes. Fjerning av løv og kvister som faller på taket. Kontrollering av belegget og eventuelt reparering.



## 2.5 Flomveier

Flomveier oppstår når ledningsnettets kapasitet ikke har mer kapasitet å ta imot avrenning. Det regner mye over lang tid, ledningsnettets tåler ikke mer, vannet infiltrerer ikke mer, fordrøyningsanlegg og dammer går for fullt. Alt dette fører til oversvømmelser og dermed vil avrenning følge etter naturens lavpunkter. Ved håndtering av overvann må man alltid ta hensyn til flomsituasjoner, være forberedt på uforutsette tilfeller ved å bygge trygge flomveier.

Ved all planlegging av ny utbygging må flomveier kartlegges og ivaretas/sikres. Naturlige åpne vannveier skal ikke forandres. Unngå å bygge i flomveier. (Bærum 2017).

Bruk av separatsystem reduserer man risikoen for at vannet føres tilbake til kjellere ved flomsituasjoner, samt oppstiving kan gi mye skader når det oppstår i ledninger.

Trygge flomveier kan føre til at man unngår at liv går tapt, samt begrense store økonomiske tap som følge av flomvann. Skader på infrastruktur kan også begrenses ved å planlegge for trygge flomveier.

Områder som egner seg mest som flomveier kan være veigrøfter og parkeringsplasser etc.



Figur 29 Viser typisk kart over flomveier. Kilde google

## 3. Lover for overvannshåndtering

### 3.1 Hovedregler for overvannshåndtering.

De hovedreglene for håndtering av overvann kan deles i 3 regler:

- **Vannressursloven.** (§ 7. *(vannets løp i vassdrag og infiltrasjon i grunnen)*)

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

*Kilde Lovdata*

Kommunen krever god planlegging og prosjektering av overvannshåndtering med bærekraftige tiltak i henhold til treleddsstrategien. Hensikten er å unngå uønskede hendelser av flomskader. Kommunens krav er vanligvis 20 års regn og en klimafaktor opp til 1,5. Samt kan de kommunen kreve en 200 års regn.

- **Forurensingsloven.** § 24 a. *(særlige erstatningsregler for avløpsanlegg)*

*(Anleggseier er ansvarlig uten hensyn til skyld for skade som et avløpsanlegg volder fordi kapasiteten ikke strekker til eller fordi vedlikeholdet har vært utilstrekkelig). Kilde Lovdata*

- **Plan og bygningsloven.** § 4-3. *Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse*

*(Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap.) Kilde Lovdata*

- § 28-6. Sikring av basseng, brønn og dam

*Basseng og brønn skal til enhver tid være sikret slik at personer hindres fra å falle i dem. Brønn eller dam som antas å medføre særlig fare for barn, kan kommunen pålegge gjenfylt eller sikret på annen måte innen en fastsatt frist. Gjenfylling kan ikke skje dersom brønn eller dam er påkrevet av hensyn til vannforsyningen. Dammer som faller inn under vannressursloven, skal sikres etter reglene i vannressursloven.*

*Grunneieren er ansvarlig for at anlegg er sikret som nevnt i første ledd. Er grunnen bortleid mer enn to år, påhviler ansvaret leieren eller festeren. Blir anleggene bare brukt av noen som ikke er ansvarlig etter foranstående regler, påhviler ansvaret brukeren.*

*Departementet kan gi forskrifter med krav til sikkerhetsnivå og sikringstiltak for basseng, brønn og dam. Kilde Lovdata*

### 3.2 TEK10 ( TEK 17 ny versjon) og PBL

Forskrift om tekniske krav til byggverker (TEK10) og plan-bygningsloven (PBL) er hoved verktøyer i det kommunale saksbehandlingsprosesser blant annet saker tilknyttet overvann. Et par kraver fra TEK10 og PBL kan nevnes under:

- § 27-3. Tilknytning til eksisterende private anlegg

*Plan- og bygningsmyndigheten kan tillate tilknytning til private vann- og avløpsanlegg. Eieren av anlegget kan i så fall kreve at den som blir tilknyttet anlegget foretar eller betaler de utvidelser og forandringer av anlegg som tilknytningen gjør nødvendig, eller at det blir stilt sikkerhet for dette. Eieren kan i tillegg kreve refusjon for de opprinnelige anleggsutgiftene og senere oppgraderinger. Kostnadene og refusjonen fastsettes ved skjønn. Utgiftene til skjønnnet bæres av den som blir tilknyttet anlegget.*

➤ **§ 15-8. Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann**

*(1) Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene.*

*(2) Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.*

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

• **§ 13-11. Overvann**

*Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overvann, inkludert takvann.*

### **3.3 Retningslinjer for overvann fra Bærum kommune**

*§ 17 Overvann (pbl § 11-9 nr 3, 6 og 8)*

*Overvann skal som hovedregel renses og fordrøyes lokalt innenfor bygeområdet. I plan- og byggesaker skal tiltak for å begrense/forsinke avrenning av overvann vurderes, herunder bruk av grønne tak, dammer og vannspeil. Overvann skal så langt mulig utnyttes som et positivt element i bygeområdene.*

*Bygninger og anlegg skal utformes slik at naturlige flomveier ivaretas. I plansaker kan det innenfor planområdet kreves etablert anlegg for oppsamling, rensing og bortledning av overflatevann fra bebyggelse, veier og andre arealer. Dette gjelder også for overvann som kommer fra områder utenfor planområdet. Kilde Bærum kommune VA-normer*

### 3.4 Overvannshåndtering og BREEAM-klassifisering

BREEAM står for (Building Research Establishments Environmental Assessment Method) og er et metode for å måle et bygges bærekraftige egenskaper ( Kilde: BREEAM manualen 2016). Breeam går ut på å samle mest mulig poeng fra alle fag som deltar i et prosjekt hvor overvannshåndtering er også med. De maksimale antall poengene på overvannshåndtering er 5 poeng, hvor de er delt slik:

- Flomrisiko ( 2 poeng)
- Overvannshåndtering (2 poeng)
- Begrensing av vassdragsforurensing ( 1 poeng)

For oppnå mest mulig poeng må de prosjekterende dokumentere at alle de overnevnte temaene er ivaretatt etter kravene til BREEAM-manualen 2016.



Figur 30 Viser siste versjon av Breeam manualen 2016

## 4. Case

### 4.1 Bakgrunn og mål

Utfordringer av overvannshåndtering i Bærum og Asker er like store som Oslo, spesielt etter regnhendelsen i 6.august 2016., der ble det meldt inn over 2000 flomskader til forsikringsselskaper for rundt 200 mil NOK , samt store skader på veier og andre offentlige eiendommer. I forbindelse med min masteroppgave har jeg fått en case fra ÅF Engineering AS hvor jeg selv er ansatt i, hvor jeg skal lage flere forslag for lokalt overvannshåndtering for Lindelia Bo og behandlingssenter i Bærum kommune.

Målet med oppgaven er å komme med best mulig tiltak for overvannshåndtering for å kunne unngå oversvømmelser og forurensing, samtidig og være minst mulig påvirkende for miljøet. Alle forslagene skal tilpasses etter grunnforholdene og ta hensyn til kommunal VA-normer.

### 4.2 Beskrivelse og beliggenhet

Bærum kommune har vedtatt å bygge nytt Bo og behandlingssenter ( BBS ) med 131 plasser og omsorgsboliger ( OB ) for psykisk helse og rus. Begge skal oppføres på tomt med adresse Lindelia 41-51 med et total areal på ca. 14500 m<sup>2</sup>. De gamle boligene er allerede revet.

Tomten er preget i dag av tett vegetasjon. Mot nord og vest er det eneboliger, mot sør er det institusjoner, mot øst som hovedsakelig er det vegetasjon. Tomtens høysete del i nord ligger på kote ca. +104,0 til kote +93 i sør og +90 ved Lindelia veien. Terrenget heller svakt fra øst mot vest. Det benyttes i noen grad som friluftsområde.



*Kart 1. Eksisterende planområde (byggene på flyfoto innenfor tomte er revet)*



*Figur 31. Fremtidig situasjon (ÅF Norge AS)*

### 4.3 Grøntareal og landskap

I forhold til gjeldende plan fra 2011, vil ikke utbyggingsalternativet medføre ytterligere inngrep i grøntstrukturen i området. Planen vil legge til rette for en høyere utnyttning av et tidligere bebygd område uten at større inngrep vil berøre omkringliggende landskap. I gjeldende reguleringsplan er det regulert grønnstruktur på nordvest- og sørsiden av planområdet (F1, F2). Disse grønnstrukturene berøres ikke av planforslaget og kan i en viss grad fungere som grønnstruktur der allmennheten kan bevege seg.

### 4.4 Adkomst og parkeringsplasser

Hovedatkomst vil være fra en i dag privat vei som kommer opp fra Lindelia/FV162 vest for anlegget. Plan området har ganske gode forbindelser til offentlig kommunikasjon.

Adkomstvegen skal oppgraderes. Ved hovedinngang vil det opprettes snuplass og HC-parkering.

Parkering for ansatte og besøkende vil ha enkel tilgang til parkeringskjeller fra anlegget.

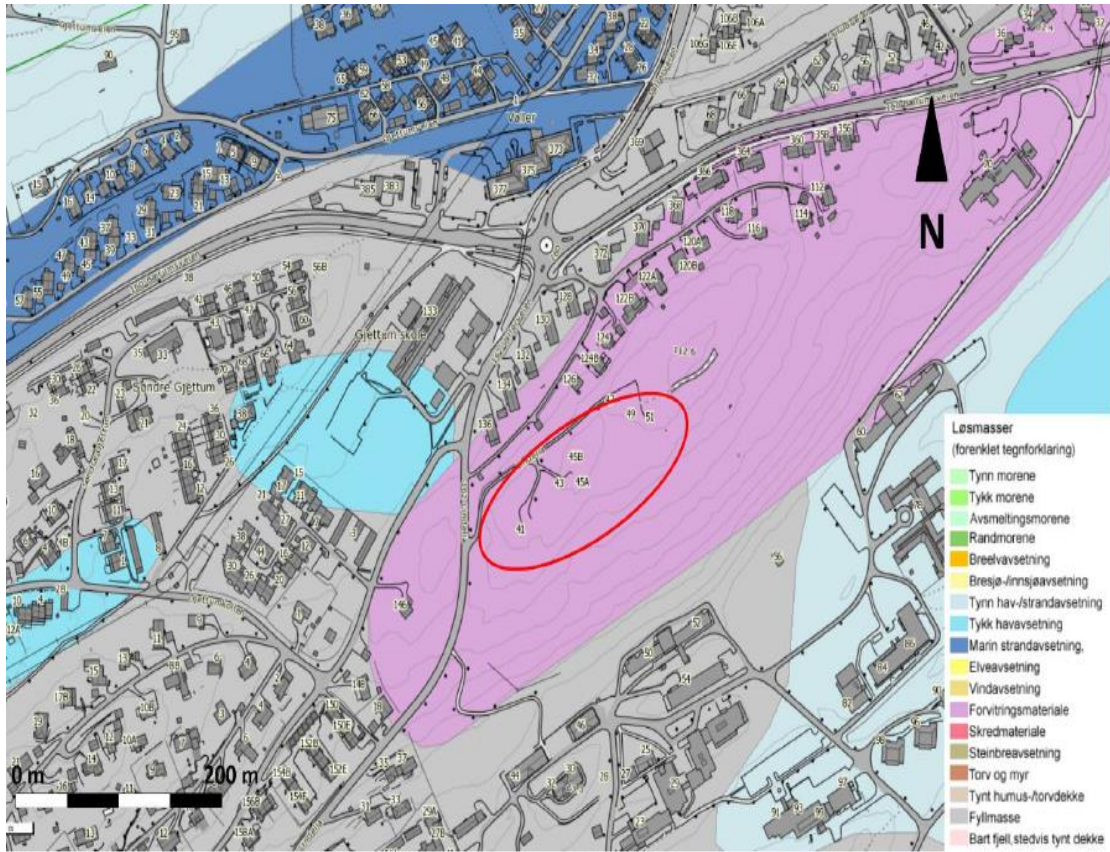
Parkeringsanlegget i kjeller er tilrettelagt for ca. 50 plasser. Ved hovedinngang til BBS skal det avsettes 3 plasser for bevegelseshemmede og ved Boligene avsettes det 2 p-plasser for bevegelseshemmede.

### 4.5 Grunnforhold

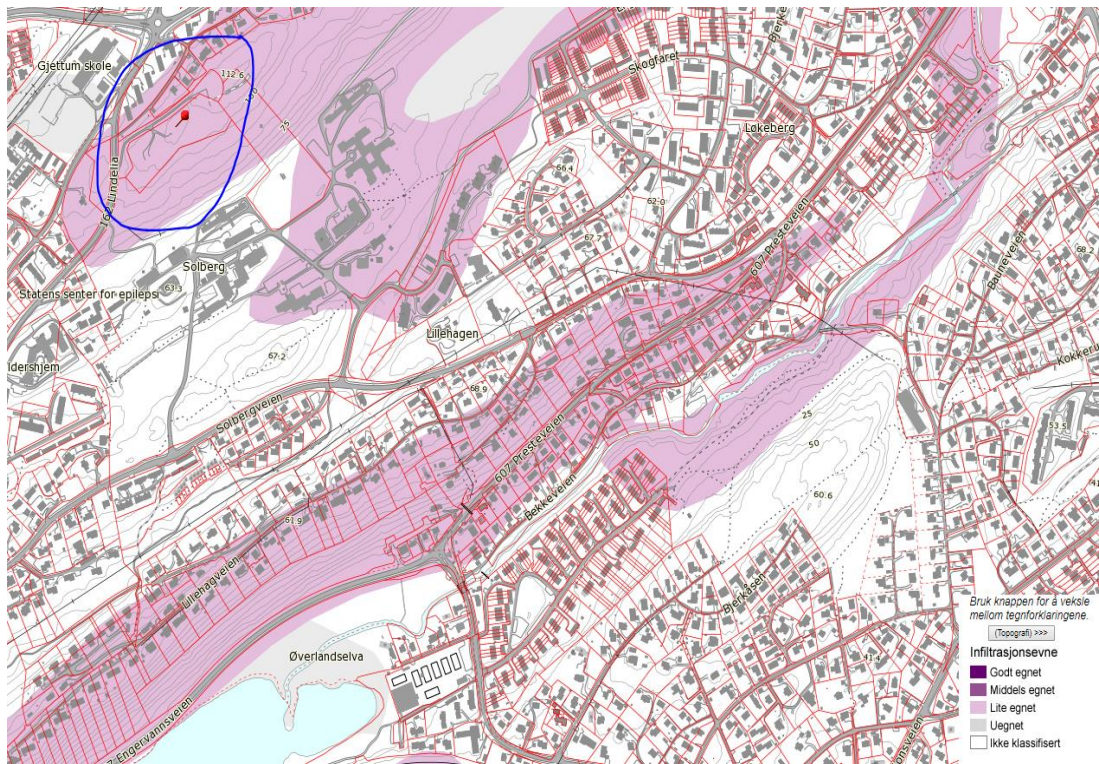
Grunnforholdsvurderinger er basert på utførte grunnundersøkelser og kartdata fra NGU.

Grunnundersøkelsene på tomten ble utført av Norconsult Fältgeoteknik AB i 2015. Det ble utarbeidet en rapport av ÅF Engineering AS i 2016 med resultater fra utførte grunnundersøkelser.





Kart 2.kart over løsemasser (Kilde NGU.no)



Kart 3.Kart over infiltrasjonsevne (Kilde NGU.no)

I følge NGU-kart består eksisterende løsemasser av forvittringsmaterialer over berg. Grunnundersøkelser viser at løsmassene består i hovedsakelig av forvittringsmateriale matjord med noe leire og tørrskorpeleire. Løsmassemektheten og lagdelinger varierer fra punkt til punkt, og kan være mellom 0,34 m til 12,20 m over antatt berg på tomten. Laveste løsmassemekthet ( $\leq 1$  m) er hovedsakelig registrert i prøvepunkter nordøstre og vestre deler av planområdet. Største løsmassemekthet ( $\geq 7$  m) er registrert i midtre deler og sør på planområdet. Analyse fra NGI laboratorium viste vanninnhold mellom (10-15).

**Forvittringsmateriale** er dannet ved fysisk og/eller kjemisk oppløsning av fast fjell, ofte med kalk- og glimmerrike bergarter. Forvittringa avtar nedover, og det er vanlig med en gradvis overgang fra lausmassene til fastere fjell. Kun bergarter fra den underliggende berggrunnen finnes i forvittringsmaterialet. Kornstørrelsen kan variere, men det er ikke uvanlig at glimmerrike bergarter gir leirmineraler, forvittra kalkbergarter gir siltrikt materiale, mens harde grunnfjellsbergarter gir materiale dominert av sandfraksjoner.

<http://www.skogoglandskap.no/artikler/2008/avsetningstyper/newsitem>

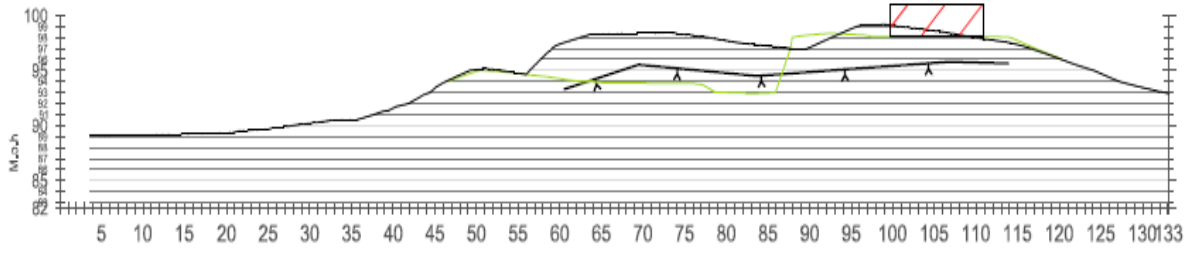
Det er gjennomført en ROS-analyse til gjeldende regulering fra 2011 som konkluderte med at tiltaket ikke vil utgjøre en risiko for sårbare natur- og kulturelementer i området. Det er etter avtale med Reguleringsavdeling i Bærum kommune ikke ble utarbeidet ny ROS-analyse for dette planforslaget.

## 4.6 Fjell dybder

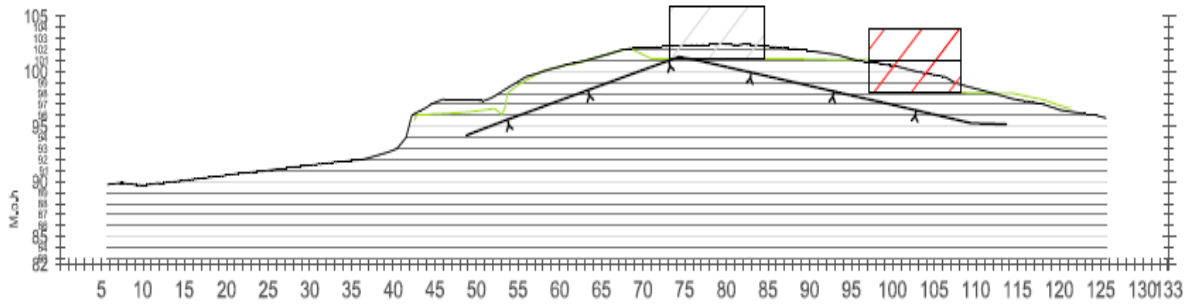
I forkant av planlegging av LOD løsninger er det avgjørende å ta en vurdering om type jordlaget og dybden til fjell. Med et godt samarbeid og koordinering med landskapsarkitekten, har vi klart å lage et kart over område basert på grunnundersøkelser som ble tatt tidligere. I følge rapporten varierer dyden til fjell fra 0,34m til 12,2m, hvor største dybden ligger mest mot sørsiden av feltet, mens laveste dybden er på østsiden og midten av feltet. Under er det vist fjell dybden med flere snitt.



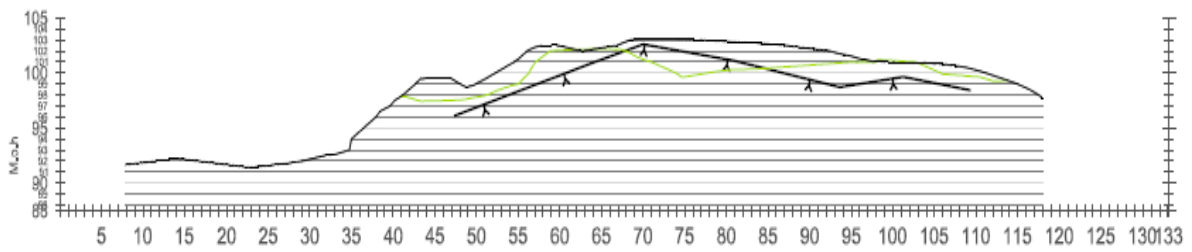
Snitt AA



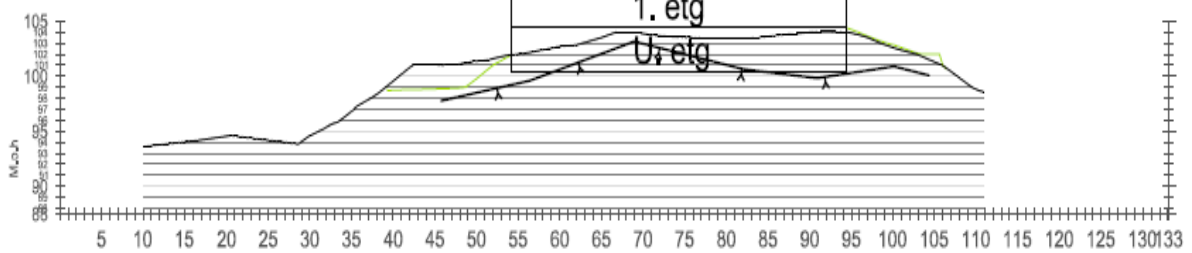
Snitt BB



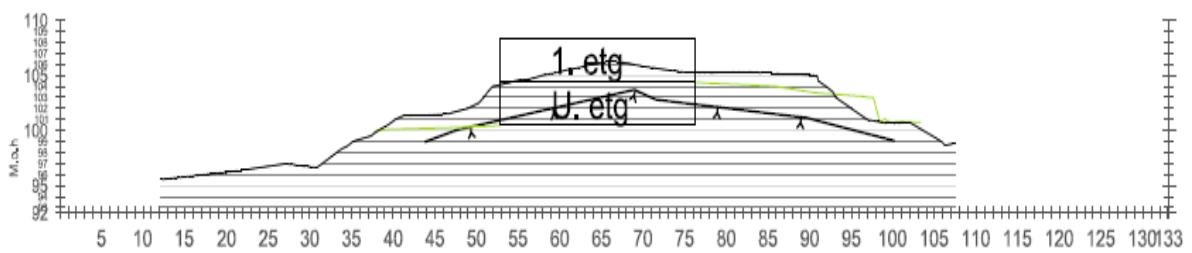
Snitt CC



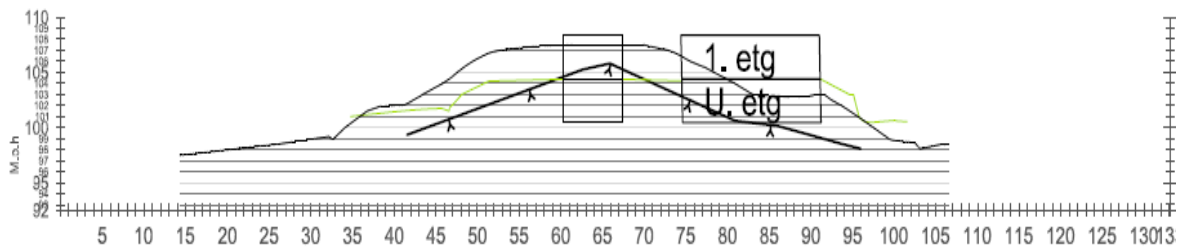
Snitt DD



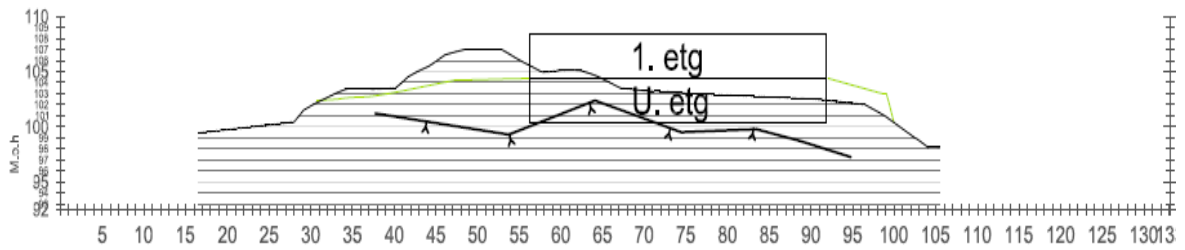
Snitt EE



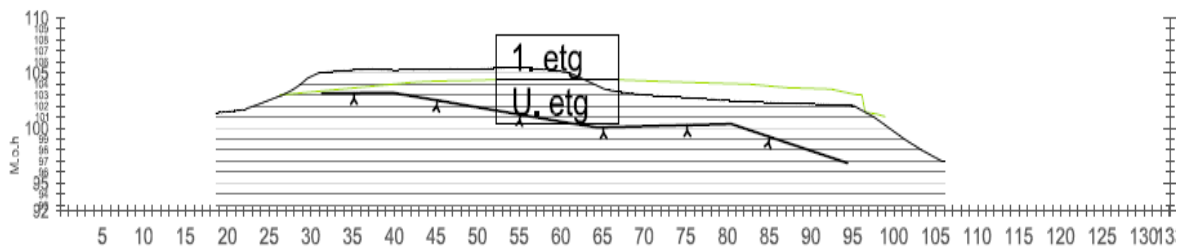
### Snitt FF



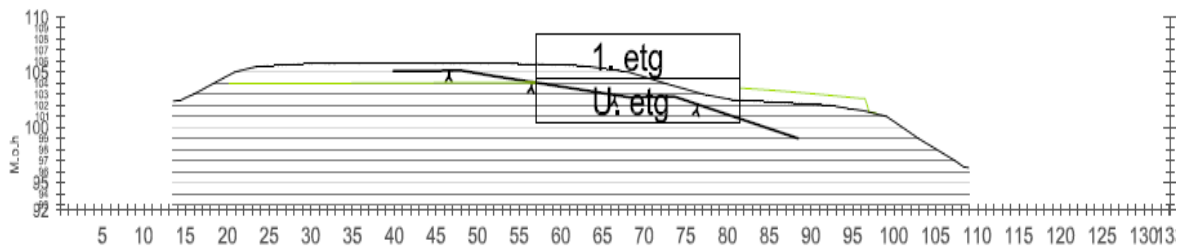
### Snitt GG



### Snitt HH



### Snitt II



Kart 4. Kart viser oversikt over fjell dybde ( Alan Permissi med LARK )

## 4.7 Grunnvannstanden.

I følge grunnundersøkelse rapporten er det ikke registret noe grunnvannstand, men dette kan variere med årstid og nedbør.

## 4.8 Eksisterende infrastruktur

### **Vannforsyning:**

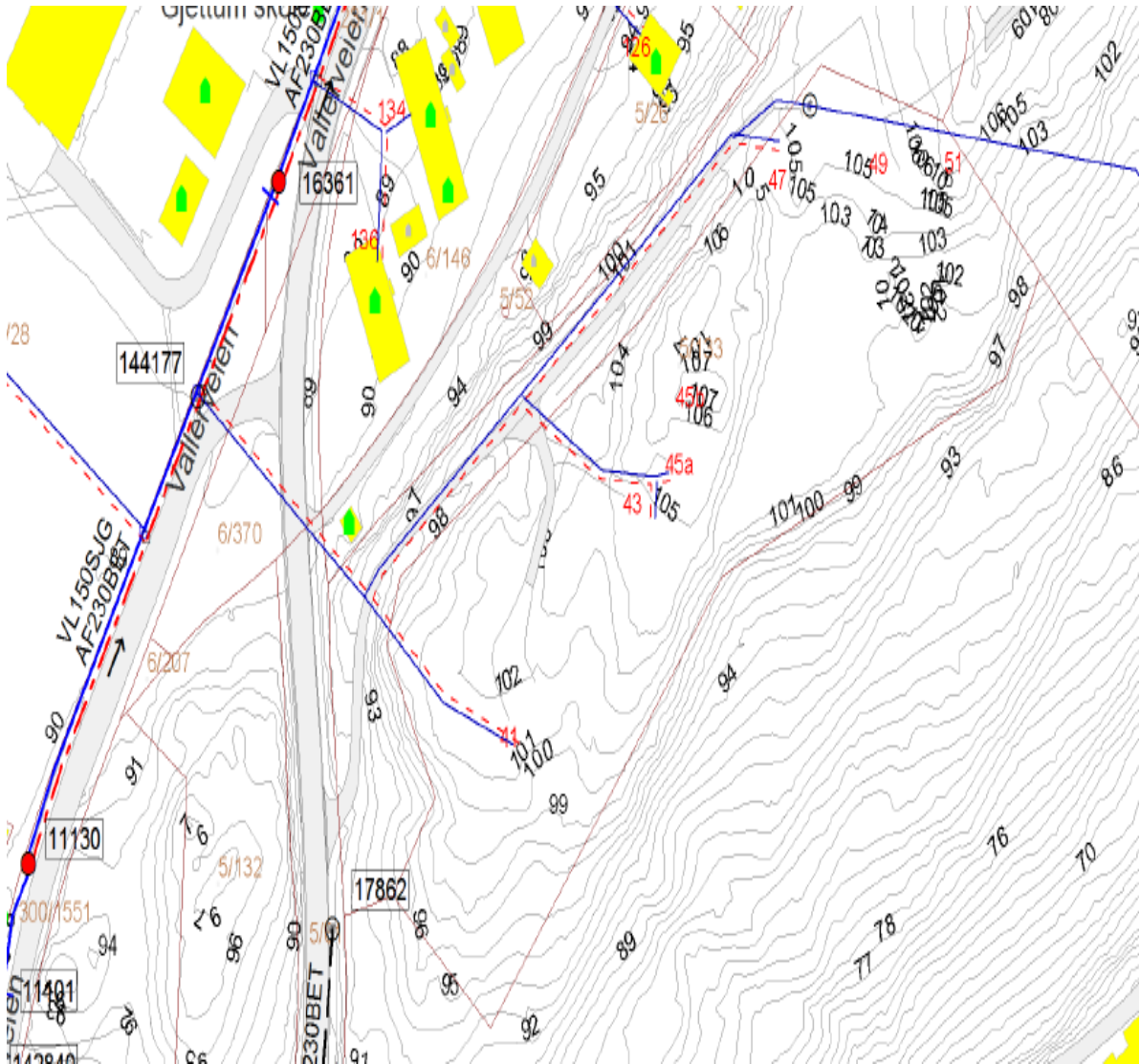
Området er tilknyttet offentlig vannledning Ø 150 SJG i Vallerveien . Eksisterende stikkledninger må påregnes nytt, med tanke på forsyning av byggene med forbruksvann og sprinkelanlegget.

### **Avløpsledning:**

Området er tilknyttet offentlig fellesledning Ø 230 BET i Vallerveien . Eksisterende stikkledninger må påregnes nytt. Stikkledningen vil brukes kun som spillvannsledning.

### **Overvannshåndtering:**

Området er tilknyttet offentlig fellesledning Ø 230 BET i Vallerveien . I utgangspunktet skal overvann tas hånd om på egen tomt. Ved påslipp til kommunale ledninger tillates det 2 l/s pr. mål overvann overført via styrt påslipp.



Kart 5. Eksisterende ledningsanlegg ( Bærum kommune)

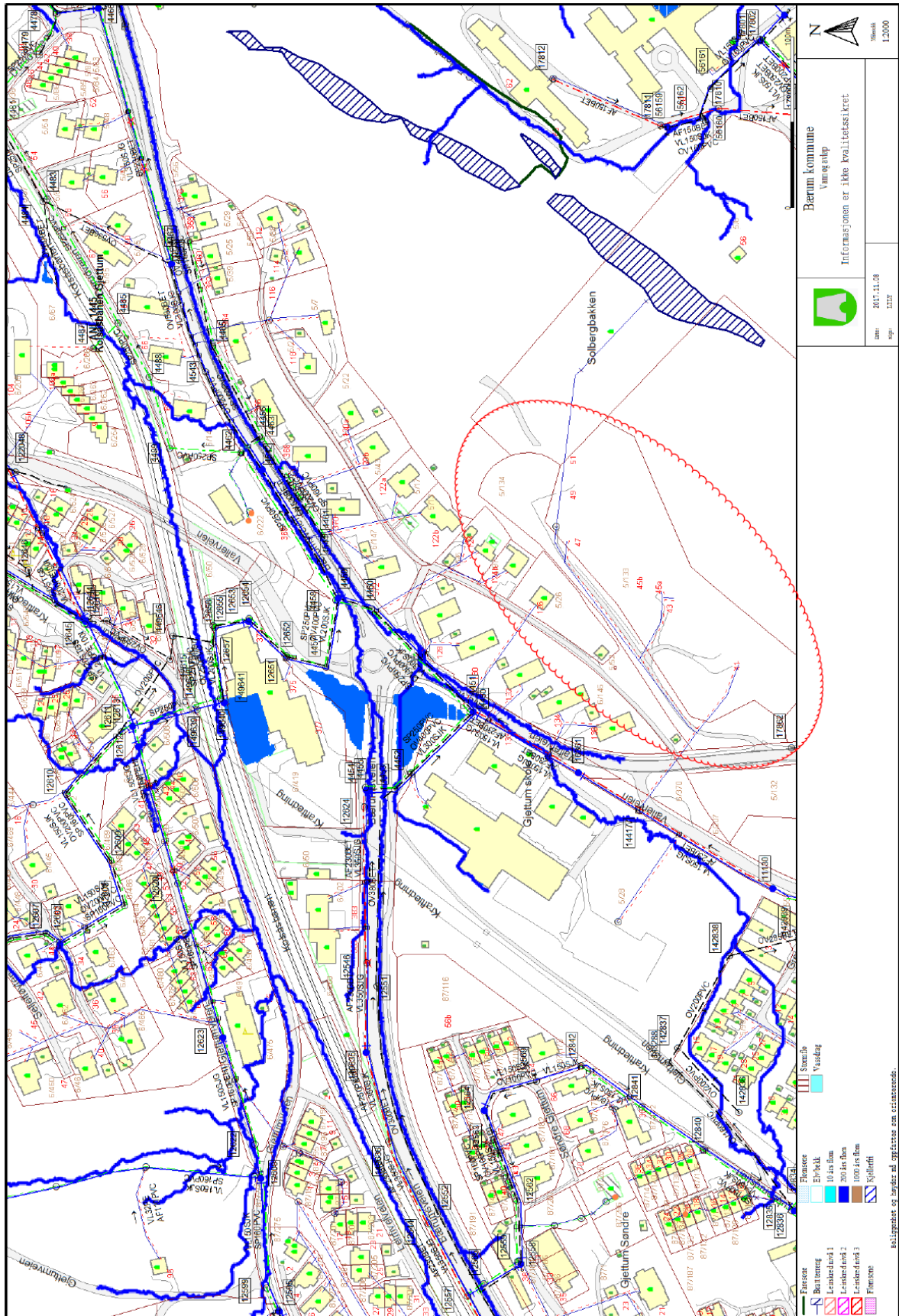
#### 4.9 Flomveier og registrerte hendelser

Etter et møte med vann og avløp avdelingen i Bærum kommune, ble det fortalt at kommunen har opplevd flere episoder av flom og oversvømmelser spesielt i 2 siste årene. De har registrert flere hendelser. Kommunen har vært ganske aktivt med å vurdere effektive tiltak til å redusere konsekvensene i fremtiden. Samt skal de enkelte grunneiere ha ansvaret for å sikre sine eiendommer ved å holde nok drift og vedlikehold til takrenner mot kvist eller løv.

Rundt Lindelia 41 er det registrert 3 hendelser/ kjelleroversvømmelser fra 1999-2016. Under er det vist kart både over registrerte hendelser og flomveier.







Kart 7. Viser flomkart/flomveier ( Bærum Kommune)

## 5. Metode

### 5.1 Den rasjonelle metoden

Det brukes ofte den rasjonelle metoden for å finne ut avrenningsmengder for arealer som er mindre enn 2 ha. Ved større arealer bør det brukes andre metoder som SWMM, NIVANETT eller MOUSE programmer for å gi bedre resultater. I forhold til Statens vegvesenet (SVV) påpeker at jo mindre feltet er jo bedre resultater blir ved å bruke den rasjonelle formelen (VEGVESEN 2014). Metoden består av flere faktorer, dermed er det viktig å være mest mulig nøyaktig ved valg av alle faktorer. Den rasjonelle formelen ser slik ut:

$$Q = A * I * \phi * k_f$$

Q = dimensjonerende vannmengde

A = nedslagsfeltets areal (ha)

I = Regnintensitet (fra relevant IVF -kurve)

$\phi$  = avrenningskoeffisient

$k_f$  = klimafaktor



## Hele område

| Overflateareal for avrenning: | Mengde | Enhet |
|-------------------------------|--------|-------|
| Total areal                   | 1,45   | ha    |
| Tak                           | 0,43   | ha    |
| Asfalterte veger              | 0,32   | ha    |
| Grusveger                     | 0,06   | ha    |
| Plen                          | 0,64   | ha    |

Tabell 6. Viser type arealer i ha. (Alan Permissi)

## Hele område

| Overflateareal for avrenning: | Mengde | Enhet |
|-------------------------------|--------|-------|
| Total areal                   | 1,45   | ha    |
| Andel tette flater (52%)      | 0,754  | ha    |
| Andel permeable flater (48 %) | 0,696  | ha    |

Tabell 7. Viser både tette og permeable arealer i %. (Alan Permissi)

### 5.1.2 Konsentrasjonstid (t)

Dimensjonerende nedbørintensitet hentes fra IVK-kurver til et området for et gitt gjentaksintervall og med en varighet lik feltets konsentrasjonstid. Konsentrasjonstiden er den tiden vanndråpen bruker fra høyeste punktet av feltet til utløpet av feltet.

Konsentrasjonstiden for nåværende situasjon beregnes etter formelen:

$tk = 0,6 * L * H^{(-0,5)} + 300 * Ase$ , Hvor tk er konsentrasjonstiden i minutter, L er lengden til feltet i meter, H er høydeforskjellen i meter og Ase er andel innsjø i feltet.

Lengden til feltet er om lag 210 m, høydeforskjell er på 13 m og 0 i andel innsjø i feltet. Dette medfører en konsentrasjonstid på

- Før utbygging (naturlig felt):  $t_k \text{ før} = 0,6 * 210 * 13^{(-0,5)} = 35 \text{ minutter}$

Konsentrasjonstiden for fremtidig situasjon beregnes etter formelen:

$t_k = t_t + t_s$ , hvor  $t_t$  er strømningstid på overflaten frem til et sluk,  $t_s$  er strømningstid i rør.

Strømningstid i rør  $t_s$  kan finnes via formelen

$T_s = L/v$ , hvor  $L$  er lengden av ledningen og  $v$  er vannhastigheten i ledningen. Hastigheten antas før beregninger er gjennomført og kan settes mellom 1,5-2 m/s, dersom det blir avvik, bør man velge annet tall. (Lindholm 2012). I følge (Vatten 2004) er det oppgitt flere strømningshastigheter, fore eksempel:

- Avløpsledninger = 1,5 m/s
- Tunnel og store ledninger = 1,0 m/s
- Grøfter og rennestene = 0,5 m/s
- Mark = 0,1 m/s

Med tanke på lange grøfter og kanaler som blir foreslått ved detaljfasen har jeg valgt 0,5 m/s. Dette medfører en  $t_s$  på

$$t_s = 210 \text{ m} / 0,5 = 420 \text{ s} = 7 \text{ minutter}$$

$t_t$  strømningstid på overflaten skal antas på forhånd og den er avhengig av overflates beskaffenhet. Ofte anslås det mellom 5-7 minutter i feltet av begrenset størrelse i urbaniserte områder. (Lindholm 2012). Her velger jeg 7 minutter i mine beregninger.

Dette medfører en konsentrasjonstid på:

- Etter utbygging:  $t_k \text{ etter} = 7 + 7 = 14 \text{ minutter}$  (avrundes til 15 minutter)

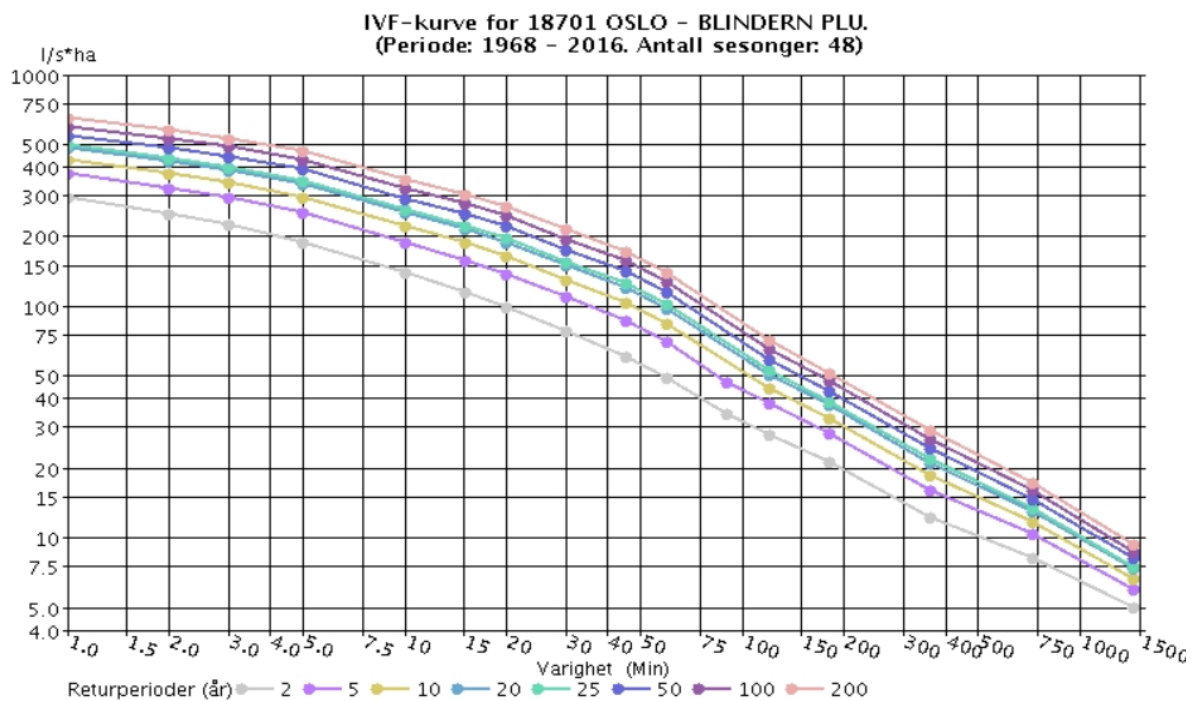
### 5.1.3 Nedbørintensitet (I)

Bærum kommune krever minst 25-års gjentakintervall ved beregning av overvannsmengden (Bærum 2017). Nedbørsdata hentes fra E-klima sin database, med nedbørstasjon fra IVF kurve for Oslo-Blindern-stasjon mellom 1968-2016.

Returperioder(år); Nedbørintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m<sup>2</sup>) (l/s\*ha)  
**18701 OSLO - BLINDERN PLU**  
 Periode: 1968 - 2016  
 Antall sesonger: 48

| År  | 1 min. | 2 min. | 3 min. | 5 min. | 10 min. | 15 min. | 20 min. | 30 min. | 45 min. | 60 min. | 90 min. | 120 min. | 180 min. | 360 min. | 720 min. | 1440 min. |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 2   | 292,3  | 248,6  | 224,9  | 188,5  | 139,9   | 114,0   | 98,3    | 77,8    | 60,2    | 49,0    | 34,0    | 27,9     | 21,3     | 12,2     | 8,2      | 5,0       |
| 5   | 372,9  | 322,6  | 294,0  | 252,2  | 188,3   | 157,3   | 137,2   | 108,9   | 85,9    | 69,8    | 46,7    | 37,8     | 28,2     | 16,0     | 10,3     | 6,0       |
| 10  | 426,2  | 371,5  | 339,8  | 294,4  | 220,3   | 185,9   | 162,8   | 129,4   | 102,9   | 83,6    |         | 44,3     | 32,8     | 18,6     | 11,7     | 6,6       |
| 20  | 477,3  | 418,5  | 383,8  | 334,8  | 251,0   | 213,4   | 187,5   | 149,1   | 119,3   | 96,8    |         | 50,6     | 37,2     | 21,0     | 13,0     | 7,3       |
| 25  | 493,6  | 433,4  | 397,7  | 347,6  | 260,8   | 222,1   | 195,3   | 155,4   | 124,4   | 101,0   |         | 52,6     | 38,6     | 21,7     | 13,4     | 7,5       |
| 50  | 543,5  | 479,4  | 440,6  | 387,2  | 290,8   | 249,0   | 219,4   | 174,6   | 140,4   | 113,9   |         | 58,7     | 42,9     | 24,1     | 14,7     | 8,1       |
| 100 | 593,1  | 524,9  | 483,2  | 426,4  | 320,6   | 275,6   | 243,3   | 193,7   | 156,2   | 126,7   |         | 64,8     | 47,2     | 26,5     | 15,9     | 8,7       |
| 200 | 642,7  | 570,4  | 525,8  | 465,6  | 350,3   | 302,2   | 267,2   | 212,8   | 172,0   | 139,5   |         | 70,9     | 51,5     | 28,8     | 17,2     | 9,3       |

Tabell 8. Nedbørsdata fra Oslo-Blindern stasjon i (l/s\*h)



Tabell 9. IVF-kurve fra Oslo Blindern stasjonen i (l/s\*ha)

Returperioder(år); Nedbørsum(mm)

18701 OSLO - BLINDERN PLU

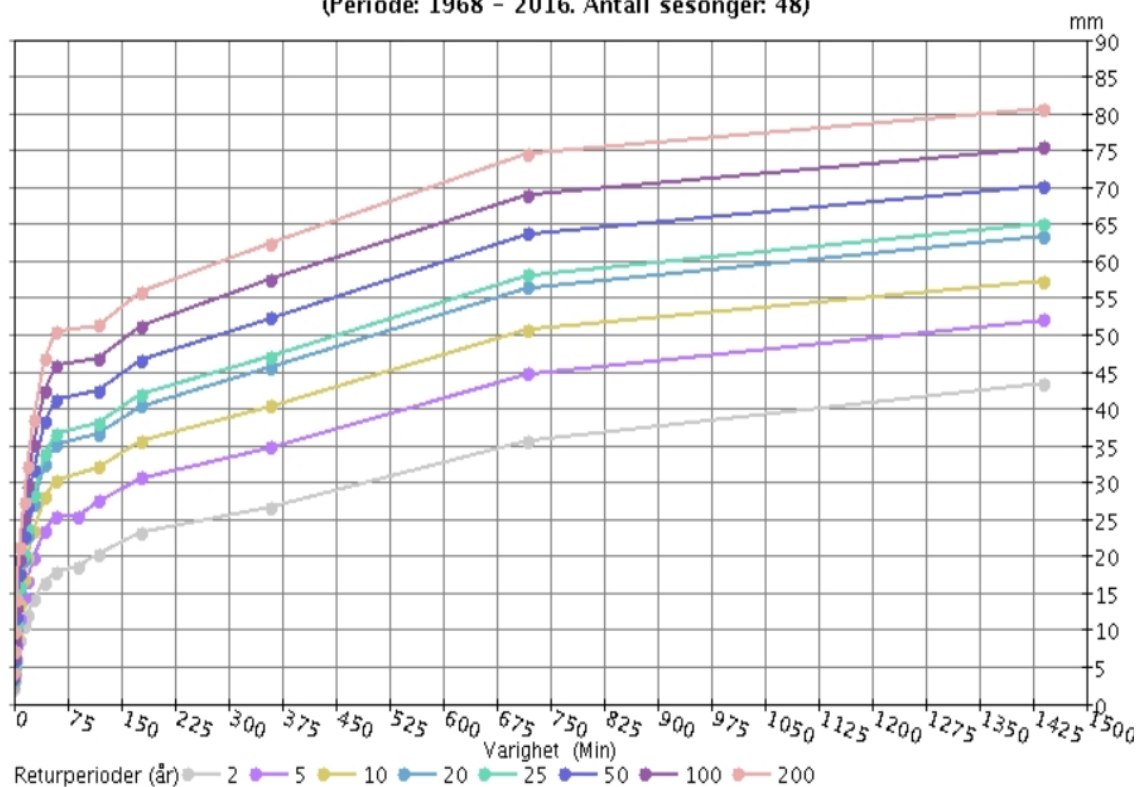
Periode: 1968 - 2016

Antall sesonger: 48

| År  | 1 min. | 2 min. | 3 min. | 5 min. | 10 min. | 15 min. | 20 min. | 30 min. | 45 min. | 60 min. | 90 min. | 120 min. | 180 min. | 360 min. | 720 min. | 1440 min. |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 2   | 1,8    | 3,0    | 4,0    | 5,7    | 8,4     | 10,3    | 11,8    | 14,0    | 16,3    | 17,6    | 18,4    | 20,1     | 23,0     | 26,4     | 35,4     | 43,2      |
| 5   | 2,2    | 3,9    | 5,3    | 7,6    | 11,3    | 14,2    | 16,5    | 19,6    | 23,2    | 25,1    | 25,2    | 27,2     | 30,5     | 34,6     | 44,5     | 51,8      |
| 10  | 2,6    | 4,5    | 6,1    | 8,8    | 13,2    | 16,7    | 19,5    | 23,3    | 27,8    | 30,1    |         | 31,9     | 35,4     | 40,2     | 50,5     | 57,0      |
| 20  | 2,9    | 5,0    | 6,9    | 10,0   | 15,1    | 19,2    | 22,5    | 26,8    | 32,2    | 34,8    |         | 36,4     | 40,2     | 45,4     | 56,2     | 63,1      |
| 25  | 3,0    | 5,2    | 7,2    | 10,4   | 15,6    | 20,0    | 23,4    | 28,0    | 33,6    | 36,4    |         | 37,9     | 41,7     | 46,9     | 57,9     | 64,8      |
| 50  | 3,3    | 5,8    | 7,9    | 11,6   | 17,4    | 22,4    | 26,3    | 31,4    | 37,9    | 41,0    |         | 42,3     | 46,3     | 52,1     | 63,5     | 70,0      |
| 100 | 3,6    | 6,3    | 8,7    | 12,8   | 19,2    | 24,8    | 29,2    | 34,9    | 42,2    | 45,6    |         | 46,7     | 51,0     | 57,2     | 68,7     | 75,2      |
| 200 | 3,9    | 6,8    | 9,5    | 14,0   | 21,0    | 27,2    | 32,1    | 38,3    | 46,4    | 50,2    |         | 51,0     | 55,6     | 62,2     | 74,3     | 80,4      |

Tabell 10. Nedbørsdata fra Oslo Blindern –stasjonen i (mm)

**IVF-kurve i millimeter for 18701 OSLO - BLINDERN PLU.  
(Periode: 1968 - 2016. Antall sesonger: 48)**



Tabell 11.. IVF-kurve fra Oslo Blindern –stasjonen i (mm)

Generelt sett er det er for lite kapasitet i overvannsledningsnett i Bærum kommune, derfor er det viktig å ta hensyn til dette. Gjentakintervall er også anbefalt fra (Norsk vann og avløp, Norsk et al.) å bruke følgende for regnskyllhyppighet og oversvømmelseshyppighet.

| Dimensjonerende regnskyllhyppighet*<br>(1 i løpet av "n" år) | Plassering  | Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet**<br>(1 i løpet av "n" år) |
|--|---|--|
| 1 i løpet av 5   | Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landbrukskommuner) | 1 i løpet av 10  |
| 1 i løpet av 10  | Boligområder  | 1 i løpet av 20  |
| 1 i løpet av 20  | Bysenter/industriområder/forretningsstrøk                           | 1 i løpet av 30  |
| 1 i løpet av 30  | Underganger/ områder med meget høyt skadepotensial                  | 1 i løpet av 50  |

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

\*\* Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til et kjellernivå 90 cm over topp av rør i hovedledningsnettet.

Tabell 12. Gjentakintervall anbefalt fra Norsk Vann

Ut ifra tabell 5 finner vi ut at gjentakintervallet på 25-år og varighet på 35 min gir oss en nedbørintensitet på **140 l/s\*ha.** ( avrundet). ( Nåværende situasjon)

Ut ifra tabell 5 finner vi ut at gjentakintervallet på 25-år og varighet på 15 min gir oss en nedbørintensitet på **222,1 l/s\*ha.** ( Fremtidig situasjon )

Når det gjelder flomberegninger velger vi 200-års gjentakintervall og en varighet på 15 min og da får vi en nedbørintensitet på **302,2 l/s\*ha.**

#### 5.1.4 Avrenningsfaktor (Avrenningskoeffisient) ( $\phi$ )

Avrenningsfaktor angir forholdet mellom avrenning fra et område og nedbøren over samme område Avrenningsfaktor er avhengig av permeabiliteten til overflate, nedbørintensitet og varighet, samt fallforholdet på tomta. (Ødegaard, Norheim et al. 2014). Med avrenningsfaktoren finner vi ut andelen av nedbøren som ikke infiltrerer til grunn eller fordampes. I tabellen under er det vist hvilke verdier kan man velge, avhengig av type



overlate. Ved dypt grunnvannstand kan det velges lavere verdier. For flomberegninger skal det brukes de høyeste verdiene.

|   |             |
|---|-------------|
| Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)         | 0,85 - 0,95 |
| Bykjerne  | 0,70 - 0,90 |
| Rekkehus-/leilighetsområder                               | 0,60 - 0,80 |
| Eneboligområder   | 0,50 - 0,70 |
| Grusveier/-plasser  | 0,50 - 0,80 |
| Industriområder   | 0,50 - 0,90 |
| Plen, park, eng, skog, dyrket mark                        | 0,30 - 0,50 |
| Fjellområde uten lyng og skog                             | 0,50 - 0,80 |
| Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn | 0,30 - 0,50 |

Tabell 13. Viser type verdier for avrenningsfaktorer (Statens and Vegdirektoratet 2014)

Dersom avrenningsarealet har flere forskjellige type overflater bør det brukes formelen under for å finne midlere avrenningskoeffisient

$$C_{midl} = (C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Under er det vist grunnlagt for avrenningsfaktor som brukes i mine beregninger.

#### Hele område

| Overflateareal for avrenning: | Mengde | Enhet | Avrenningsfaktor |
|-------------------------------|--------|-------|------------------|
| Total areal                   | 1,45   | ha    |                  |
| Tak                           | 0,43   | ha    | 0,9              |
| Asfalterte veger              | 0,32   | ha    | 0,85             |
| Grusveger                     | 0,06   | ha    | 0,6              |
| Plen                          | 0,64   | ha    | 0,3              |
| Veiet avrenningsfaktor, C     |        |       | 0,66             |

Tabell 14. Viser arealer med tilhørende avrenningsfaktor

### 5.1.5 Klimafaktor

Klimafaktoren er en sikkerhetsfaktor på forventet økning i nedbør. Den kan variere etter kommunen sine krav og normer. Statens vegvesenet krever 1,5 ved beregning av

overvannsmengden og en gjentaksintervall opptil 200 år. I mine beregninger har jeg henvist meg til Bærum kommunen sine krav og det er 1,4. (Bærum 2017).

### 5.1.6 Dimensjonerende overvannsmengde

For å beregne avrenning fra hele området slik som det er i dag (nåsituasjon) ved en normal nedbørsituasjon har vi tatt utgangspunkt i følgende.

Følgende verdier er benyttet:

Areal: 1,45 ha

Gjentaksintervall: 25 år

Varighet: 35 minutter

Klimafaktor: 1

Avrenningsfaktor,  $\phi = 0,3$

Nedbørintensitet fra E-klima 140 l/s.ha

$Q_{\text{før}} = 1,45 * 1 * 0,3 * 140 = \underline{60,9 \text{ l/s}}$

| Gjentaksintervall (år) | Regnintensitet (l/s*ha) | Vannføring Q (l/s) |
|------------------------|-------------------------|--------------------|
| 2                      | 69                      | 30,0               |
| 5                      | 97,4                    | 42,4               |
| 10                     | 116,15                  | 50,5               |
| 20                     | 134,2                   | 58,4               |
| 25                     | 140                     | 60,9               |
| 50                     | 157,5                   | 68,5               |
| 100                    | 174,9                   | 76,1               |
| 200                    | 192,4                   | 83,7               |

|            |      |
|------------|------|
| C (middel) | 0,3  |
| A (ha)     | 1,45 |
| Kf         | 1    |

Tabell 15. Oppsummering av avrenningsanalyse for hele område ved 34 minutters regnvarighet

For å beregne avrenning fra hele området slik det vil foreligge som ferdig bygd ( fremtidig situasjon) ved en normal nedbørsituasjon har vi tatt utgangspunkt i følgende.

Følgende verdier er benyttet:

Areal: 1,45 ha

Gjentaksintervall: 25 år

Varighet: 15 minutter

Klimafaktor: 1,4

Avrenningsfaktor,  $\phi = 0,66$

Nedbørintensitet fra E-klima 222,1 l/s.ha

$$Q = 1,45 * 1,4 * 0,66 * 222,1 = \underline{297,6 \text{ l/s}}$$

Dette viser at utbygging vil øke avrenning på området nesten 4 ganger mer enn nåværende situasjonen

| Gjentaksintervall (år) | Regnintensitet (l/s*ha) | Vannføring Q (l/s) |
|------------------------|-------------------------|--------------------|
| 2                      | 114                     | 152,7              |
| 5                      | 157,3                   | 210,8              |
| 10                     | 185,9                   | 249,1              |
| 20                     | 213,4                   | 285,9              |
| <b>25</b>              | <b>222,1</b>            | <b>297,6</b>       |
| 50                     | 249                     | 333,6              |
| 100                    | 275,6                   | 369,2              |
| <b>200</b>             | <b>302,2</b>            | <b>404,9</b>       |

|            |      |
|------------|------|
| C (middel) | 0,66 |
| A (ha)     | 1,45 |
| Kf         | 1,4  |

Tabell 16. Oppsummering av avrenningsanalyse for hele område ved 15 minutters regnvarighet

### 5.1.7 Dimensjonerende overvannsmengde ved flom

For hele området med en nedbørintensitet på 302,2 l/s\*ha, en avrenningskoeffisient på 0,66, et areal på 1,45 ha og en klimafaktor på 1,4, gir dette en dimensjonerende overvannsmengde på **404,9 l/s.**

## 5.2 Nødvendig magasineringsbehov

Fordrøyningsstørrelsen er avhengig av påslippsmengden til kommunale ledningsnett.

Kommunen har gitt tillatelse på å slippe 2 l/s pr mål inn på kommunalt overvannsnett, det vil si totalt om lag (=29 l/s). Basert på dimensjonerende overvannsmengde og påslippsmengde til kommunalledningsnett, har jeg kommet frem til at behov for total magasineringsbehov som vist under:

Følgende verdier er benyttet:

Arealer inkl avrenningskoeffisienter er om lag (0,887 ha)

| Flate            | Areal [ha] | Avrenningskoeffisient | Reel flate [ha] |
|------------------|------------|-----------------------|-----------------|
| Harde takflater  | 0,43       | 0,9                   | 0,387           |
| Asfalterte veger | 0,32       | 0,85                  | 0,272           |
| Grusveger        | 0,06       | 0,6                   | 0,036           |
| Plen             | 0,64       | 0,3                   | 0,192           |
| Total            | 1,45       |                       | 0,887           |

Tabell 17. Viser reel arealer med tilhørende avrenningsfaktor

Varighet: 15 minutter

Klimafaktor: 1,4

Nedbørintensitet fra E-klima 222,1 l/s.ha

Utslippsmengden  $Q_{ut} = 29$  l/s, hvor 2/3 del blir videreført (19,33 l/s)

$Q_{inn} = (15 \text{ min} * 60 * 222,1 \text{ l/s.ha} * 0,887 \text{ ha} * 1,4) / 1000 = 248,22 \text{ l/s}$

$Q_{ut} = (15 \text{ min} * 60 * 19,33 \text{ l/s}) / 1000 = 17,397 \text{ l/s}$

Nødvendig magasineringsbehov =  $Q_{inn} - Q_{ut}$

Nødvendig magasineringsbehov etter 15 min =  $248,22 - 17,397 = 230,83 \text{ m}^3$

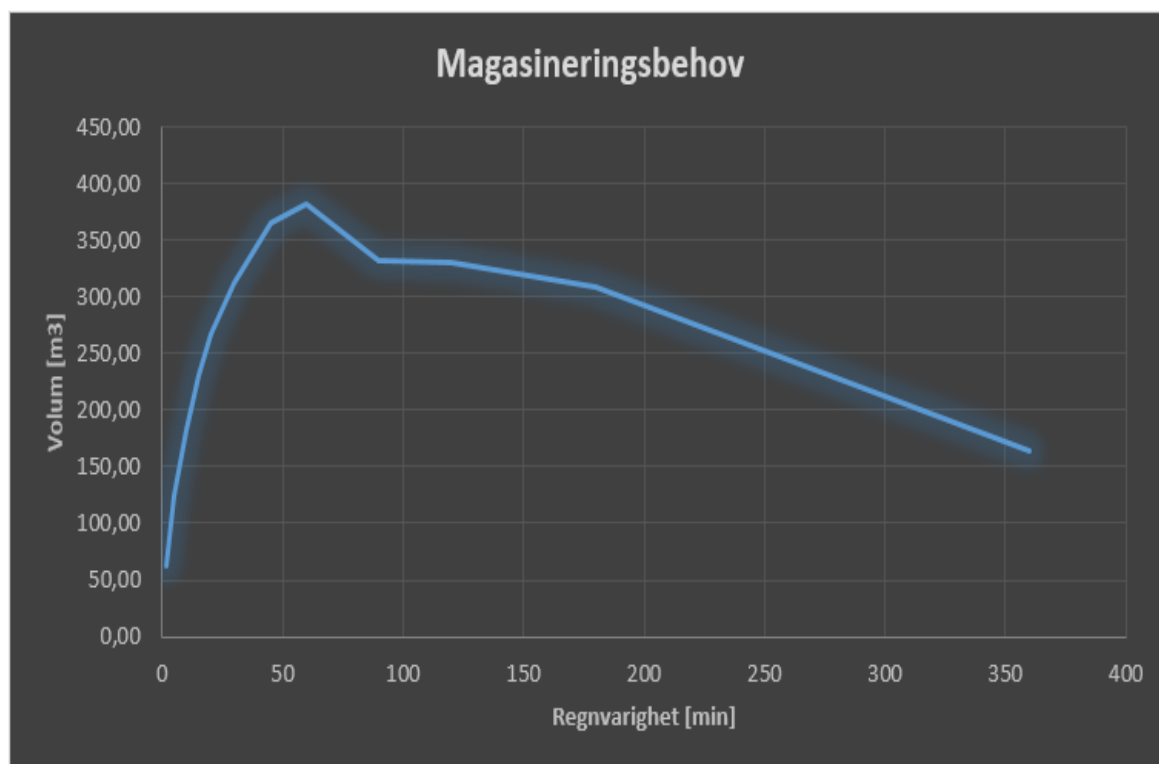
**Maks nødvendig magasineringsbehov om lag = 382 m<sup>3</sup> etter 60 minutter**

Under er det vist både tabell og diagram for 2 minutter regnvarighet og opp til 360 minutter.

Det største magasineringsbehov er 382 m<sup>3</sup> etter en timestid regnvarighet som er en avgjørende volum for hele feltet, mens faller kurven nedover etter hvert.

| Varighet(min) | Intensitet(l/s.ha) | Inn (l) | Ut (l) | Nødv.maga (m3) |
|---------------|--------------------|---------|--------|----------------|
| 2             | 433,4              | 64584   | 2319,6 | 62,26          |
| 5             | 347,6              | 129495  | 5799   | 123,70         |
| 10            | 260,8              | 194317  | 11598  | 182,72         |
| 15            | 222,1              | 248223  | 17397  | 230,83         |
| 20            | 195,3              | 291028  | 23196  | 267,83         |
| 30            | 155,4              | 347356  | 34794  | 312,56         |
| 45            | 124,4              | 417096  | 52191  | 364,90         |
| 60            | 101                | 451518  | 69588  | 381,93         |
| 90            | 65                 | 435872  | 104382 | 331,49         |
| 120           | 52,6               | 470294  | 139176 | 331,12         |
| 180           | 38,6               | 517682  | 208764 | 308,92         |
| 360           | 21,7               | 582056  | 417528 | 164,53         |

Tabell 18. Viser nødvendig fordrøyningsmagasin



Figur 32. Diagram viser nødvendig fordrøyningsmagasin

### 5.3 Dimensjonering av overvannsledning

Ved dimensjonering av overvannsledninger, finner man ut nødvendig diameter på ledningskapasitet. Det brukes Darcy-Weisbachs ligning sammen med kontinuitetsligning for å finne ut nødvendig diameter på et rør.

Darcy-Weisbachs ligning ( formel 1):

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

Kontinuitetsligning ( formel 2):

$$Q = v * A$$

Kombinasjon av formel 1 og 2:

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

D = innvendig diameter m

f = friksjonskoeffisient ( kan beregnes eller hentes fra Moodysdiagram )

L = lengden på ledning m

Q = dimensjonerende vannføring m<sup>3</sup>/s

hf = falltap over ledningen m (helning)

g = tyngdeakselerasjonen, 9,81 m/s<sup>2</sup>

For å finne friksjonskoeffisienten, er det oppgitt i læreboka vann og avløpsteknikk (Ødegaard, Norheim et al. 2014) ruhet-verdier for flere forskjellige rør typer som gjør det enklere å beregne.

| Ledningsmateriale                     | Rørruhet    | Ofte brukte ruheter i praksis (mm) |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Plastrør (PVA, PE, etc)               | 0.002-0.007 | 0.1-0.4                            |
| Betongrør                             | 0.3-0.1     | 1.0                                |
| Nye støpejernsrør med ny betongføring | 0.3         | 0.5                                |
| Eldre støpejernsrør                   | 0.8-1.5     | 1-1.5                              |
| Gamle rustne støpejernsrør            | 1.5-2.5     | 1.5-2.5                            |

Tabell 19 Rørruheter hentet fra vann og avløpsteknikk boka

## 5.4 Mannings formel

Formelen brukes for å finne ut kapasiteten til vannmengden (Q) i grøfter, renner eller kanaler.

Formelen ser slik ut :

$$Q = M * A * R^{2/3} * I^{1/2} * 1000$$

Hvor :

Q = Vannføring i renna (l/s)

M = Manningstall

A = Tverrsnitt areal m<sup>2</sup>

R = Hydraulisk radius ( kan regnes via A/P) hvor A er tverrsnitt areal m<sup>2</sup> og P er våtperiferi (m)

I = Fall i renna / kanalen i m/m.

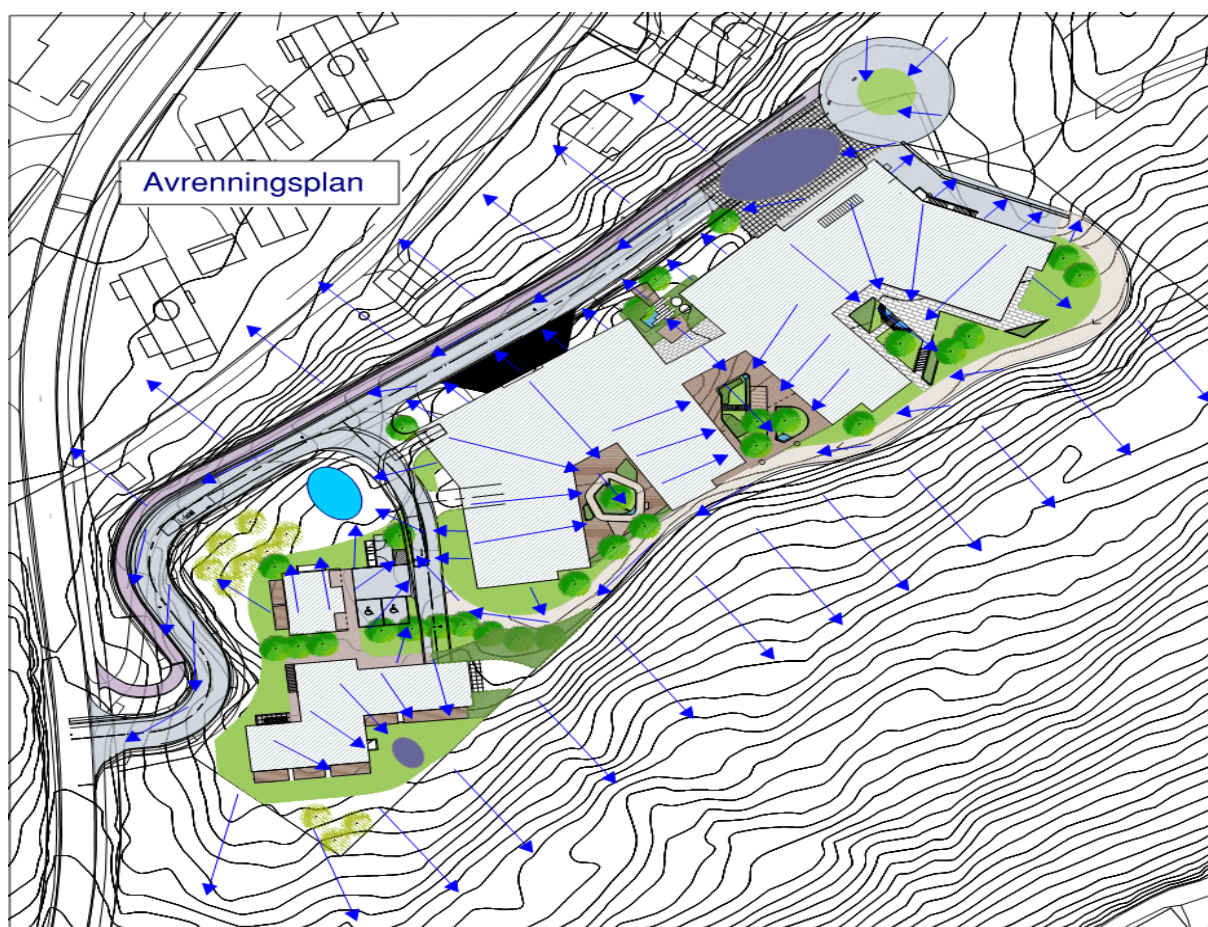
Materieller som brukes for å bygge kanaler/ renner på har stor betydning ved valg av riktig manningstall. Staten vegvesenet har egen tabell som viser manningstall ved forskjellige type kledningsmaterialer.

| Kledningsmateriale i grøft  | Mannings tall, M<br>m <sup>1/3</sup> /s | Vannhastighet uten fare<br>for erosjon<br>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                                  | –   |

Tabell 20. Mannings tall. Vannhastighet uten fare for erosjon (VEGVESEN 2014)

## 6. Tiltak

Basert på overvannsberegninger, gjennomgang av grunnforholdene, NGI analyse, befaring og møter med kommune, ble det konkludert med at det er fjell og forvittringsmateriale over berg med opptil 15 % vanninnhold, dermed er det ikke tilstrekkelig å infiltrere alt (100%) overvannet på tomta. Derfor er det nødvendig å kombinere flere LOD løsninger både med infiltrasjon og fordrøyning. For å kunne plassere utvalgte LOD-løsninger best mulig, måtte lages en avrenningsplan for å ha oversikt over hvordan vannet beveger seg og i hvilken retning. Slik kan det fanges opp mest mulig avrenning og dermed plassere de aktuelle løsninger. Samt har jeg laget et kart over flomveier for å sikre at vannet ledes til riktig retning ved ekstremt nedbør. Feltet er delt i 3 deler, BBS med tilhørende utearealer, OB med tilhørende utearealer og adkomstveien med gang/sykkelvei.



Kart 9. Avrenningsplan ( kilde Alan Permissi)



## 6.1 Tiltak 1: Delfelt 1-BBS Takflate og terrasser.



Kart 10. Viser plassering av regnbed (kilde Alan Permissi)

### Alternativ 1 : Regnbed

Det er tenkt å plassere 3 regnbed i felles områder mellom fløyene som vist på kart 10. Disse regnbedene vil ta imot avrenning fra taket enten med utvendig / innvendig taknedløp, i tillegg til terrasser og øvrige utearealer mellom fløyene. Takvannet fra fløy 1 sammen med terrassen ledes mot regnbed 1. Takvannet fra fløy 2 og fløy 3 sammen med terrassen ledes mot regnbed 2. Takvannet fra fløy 4 sammen med terrassen ledes mot regnbed 3. På avrenningsplanen er det vist detaljert hvordan vannet ledes fra hvert tak sammen med en del av ute arealer ( terrasser ) mot disse regnbedene. Ved dimensjonering av regnbed er det vurdert å ha vannspeil på 0,2 m ihht brønnloven. En del av vannet vil bli infiltrert gjennom filtermassen og ned til drensørret. Det skal også etableres et overløp som vil ligge i samme

nivå som vannspeilet. Ved ekstreme nedbør eller ising og på grunn av helning mot grusveien ( sørsiden) vil vannet naturlig ledes mot en åpen grøft eller renne ( flomvei)

Regnbed vil være et godt tiltak i dette tilfellet med hensyn på dybde til fjell. Regnbed tar ikke mye plass, samt tilfører miljøet estetiske verdier. Regnbedet kan bli tørk under lite nedbør, derfor plantene som velges bør tåle alle sesonger.

Terrasser / utearealer mellom fløyene foreslås å være grønt, grus eller permeable dekker.

## Alternativ 2 : Grønne tak

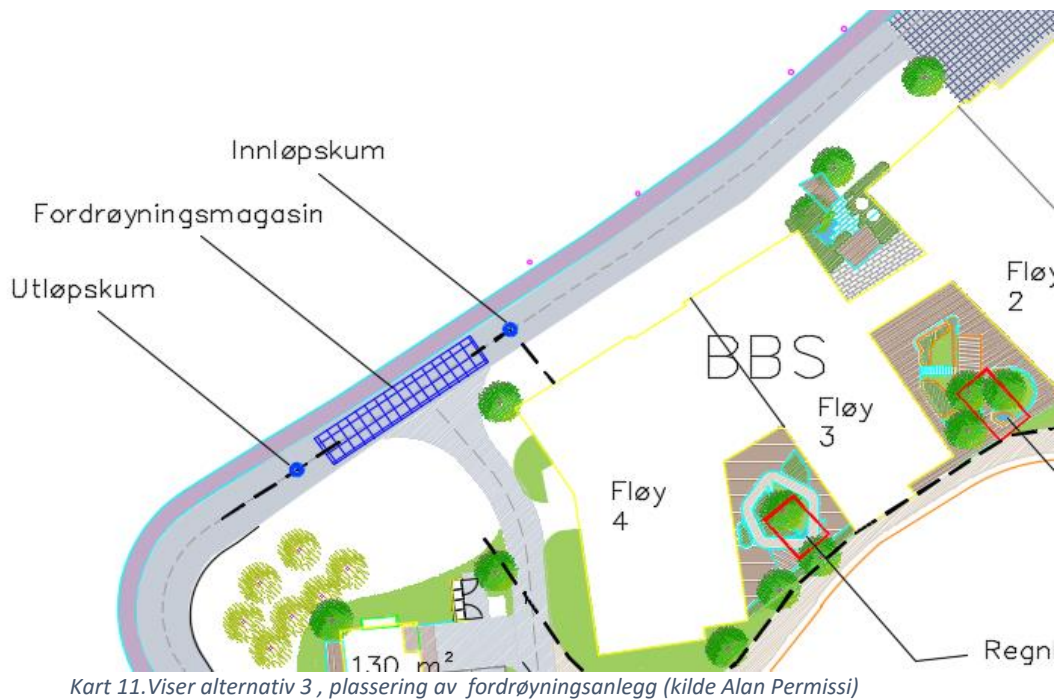
Alternativ løsning kan være grønne tak, eventuelt kombineres med annet tiltak (mindre regnbed, fordrøyningsmagasin, etc.). Et slik tiltak har både fordrøyningsmulighet med å bremse vannet og redusere spissbelastning på nettet. På årsbasis er det målt en reduksjon på 50-60% for tak med et samlet vekst- og jordlag under 100 mm. Ved tak med vekst- og jordlag opptil 200 mm er de målt en reduksjon på 70-80 % (VA-miljøblad 2013). I følge NVE rapporten (Braskerud 2014) valg av type grønne tak kan avgjøre vannmengden som tilbakeholdes. Grønne tak reduserer den totale avrenningen på grunn av fordamping gjennom vegetasjonen. Samt kan de beskytte tak mot UV-strålinger.

## Alternativ 3 : Fordrøyningsmagasin

Alternativet består av ett fordrøyningsmagasin ( kassetter, betongrør) hvor alt takvannet føres mot magasinet. Anlegget kan plasseres under adkomst veien som vist på kart 11. Magasinet vil ha et strupet utløp med bestemt antall påslippsmengde som er maks 29 l/s til kommunalledning. Total tak areal på BBS er om lag 3610 m<sup>2</sup>. Et slik anlegg med forutsatt 7 l/s påslippsmengde er beregnet til 140 m<sup>3</sup> som nødvendig fordrøyningsmagasin.

Kassetter kan være en god løsning under adkomstveien, siden de har en god bæreevne selv ved liten overdekning.

For dette alternativet vil regnbedene utgå, samt grøfta/ renna blir nok mindre enn i alternativ 1 og 2. Det er også en mulighet å beholde et eller flere regnbed i små størrelser.

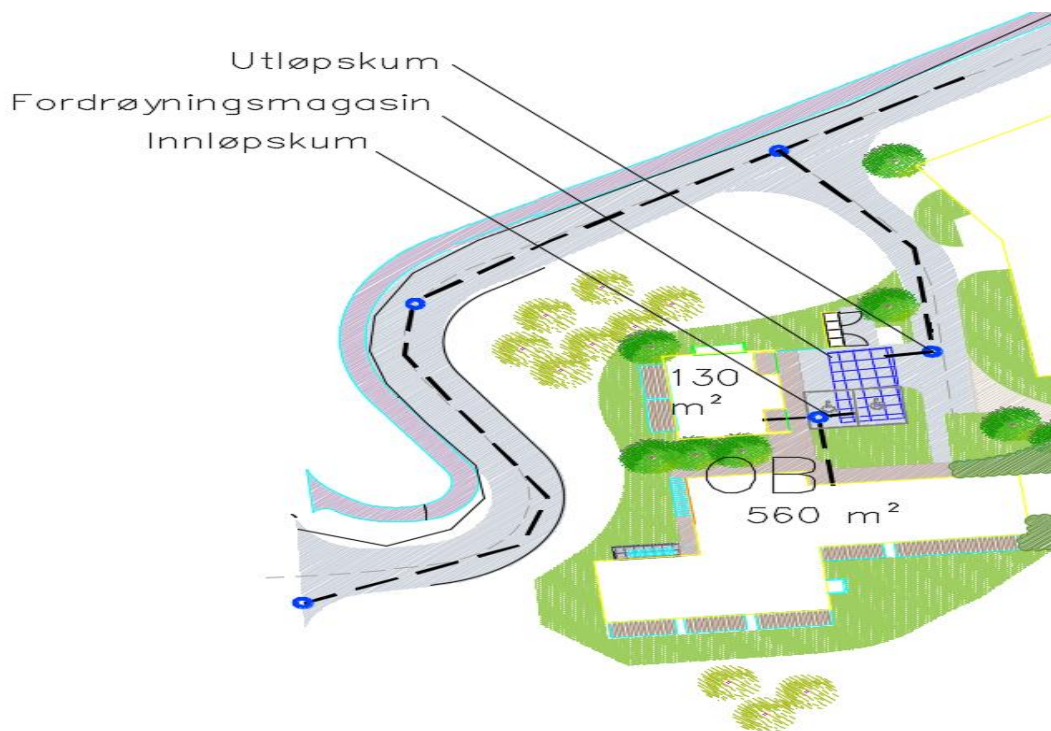


## Alternativ 4 BlueProof Protan

En annen alternativ løsning er å bruke BlueProof system som kan ta imot takvannet, eventuelt kombinere det med annet tiltak som små regnbed, utløp til kanalen, etc. For å kunne bruke denne løsningen som et alternativ, har jeg vært i kontakt med BlueProof Protan, hvor jeg fikk et anslag og beregninger på denne løsningen.

For hele taket er det vurdert 14 sluk med total vannstrømningsrate på 20,73 l/s og påslippsmengde på ca. 4 l/s. Takhelning er satt på 1:100 og maksimal vannhøyde er ca. 98 mm

## 6.2 Tiltak 2: Delfelt 2 -OB Takflater og terrasser.



Kart 12. Viser overvannshåndtering for omsorgsboliger (kilde Alan Permissi)

### Alternativ 1 Fordrøyningsmagasin

Omsorgsboliger består av to bygninger med totalt tak areal på ca. 690 m<sup>2</sup> (130 m<sup>2</sup> + 560 m<sup>2</sup>). Alternativet går på å håndtere tak avrenning via et felles fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen. Nødvending magasins behov vil være om lag 12 m<sup>3</sup> med antatt 7 l/s påslipp til kommunal ledning. Det er også en mulighet å lede takvannet fra OB eller fra det største taket mot fordrøyningsanlegget under adkomstveien, i dette tilfellet vil anlegget bli en del større.

### Alternativ 2 BlueProof Protan

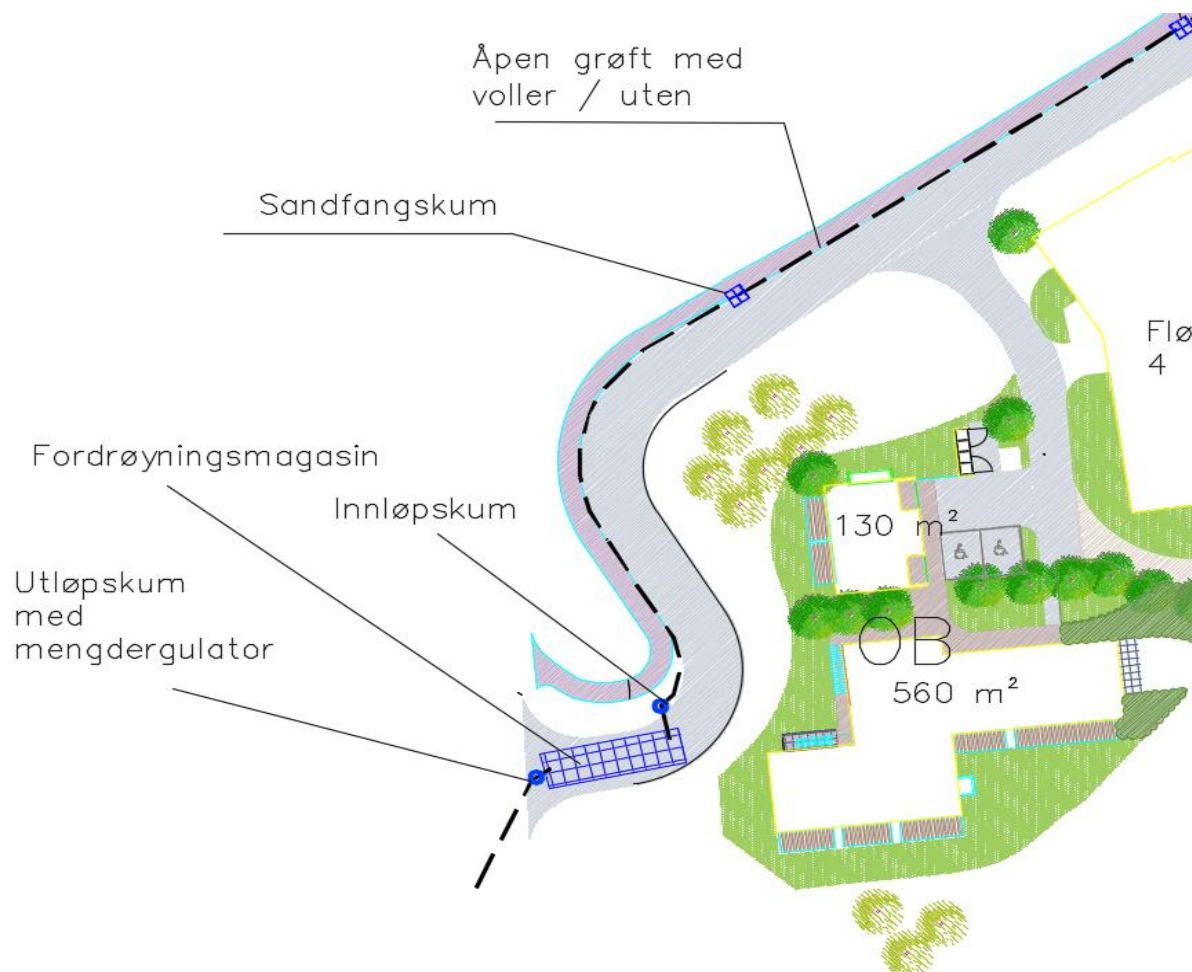
For begge takene er det vist beregninger fra BlueProof Protan at det er behov for 5 sluk med totalt vannstrømmingsrate på 15,87 l/s og påslippmengde på ca. 1,24 l/s. Takhelning er satt på 1:100 og maksimal vannhøyde er ca. 82 mm

### Alternativ 3 : Grønne tak

Dette alternativet vil i prinsippet være likt samme alternativ 2 for BBS.

### 6.3 Tiltak 3: Delfelt 3-Drenering av adkomstvei og snuplass med hovedinngangen

#### Alternativ 1 : Åpen grøft med voller



Kart 13. Viser overvannshåndtering for adkomstveien (kilde Alan Permissi)

Overvann fra adkomstveien og gang/sykkelvei vil fordrøyes mest mulig i åpen grøft langs veien. Denne grøfta vil fungere som flomvei ved større nedbør enn 25-års avrenning. Det skal bygges noe slags voller med stein/pukk med jord. På toppen av disse vollene vil det også settes sandfangskummer i serie hver 50 meter som vil lede vannet til en overvannsledning og videre til en fordrøyningsanlegg ved hovedveien. Sandfangene tas i bruk når disse vollene fylles helt med vann. På denne måten vil vannet lagres og fordrøyes før det går videre til fordrøyningsanlegget. For å kunne drenere selve grøfta bør det legges en drensrør som kan tilkobles sandfangene også. Det kan være en mulighet å videreføre det til et flomveiesystem som et alternativ.

Grøfta vil ligge mellom adkomstveien og gang/sykkelvei som vist på kart 13. Grøfta kan ha et areal på 0,187 m<sup>2</sup> (0,5 m bredde, 0.25 m dybde og 45° skråning på vegger).

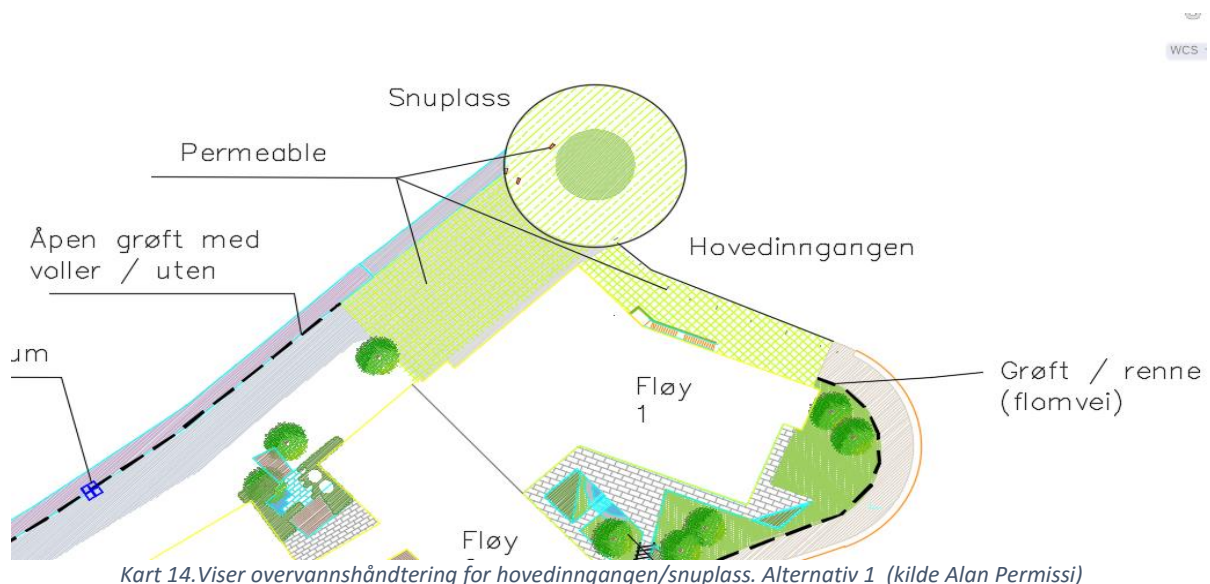
Det er tenkt å etablere et fordrøyningsmagasin (kassett/rør) ved krysset med hovedveien med en mengderegulator på opptil 7 l/s.

### Alternativ 2 : Åpen grøft uten voller (infiltrasjonssone)

Alternativet kan være åpen grøft uten voller. Det vil fungere som et slags nedsenket infiltrasjonssone. Det vil settes sandfangskummer med litt høyre nivå, hvor overvannet kan magasineres før det rennes ned i disse sandfangene videre til overvannsledning. Det kan være en mulighet å videreføre det til en flomveiesystem som et alternativ . Det skal etableres en drens-system for å drenere grøfta.

For hovedinngang og snuplass

### Alternativ 1 : Permeable dekke /belegningsstein/armert gress

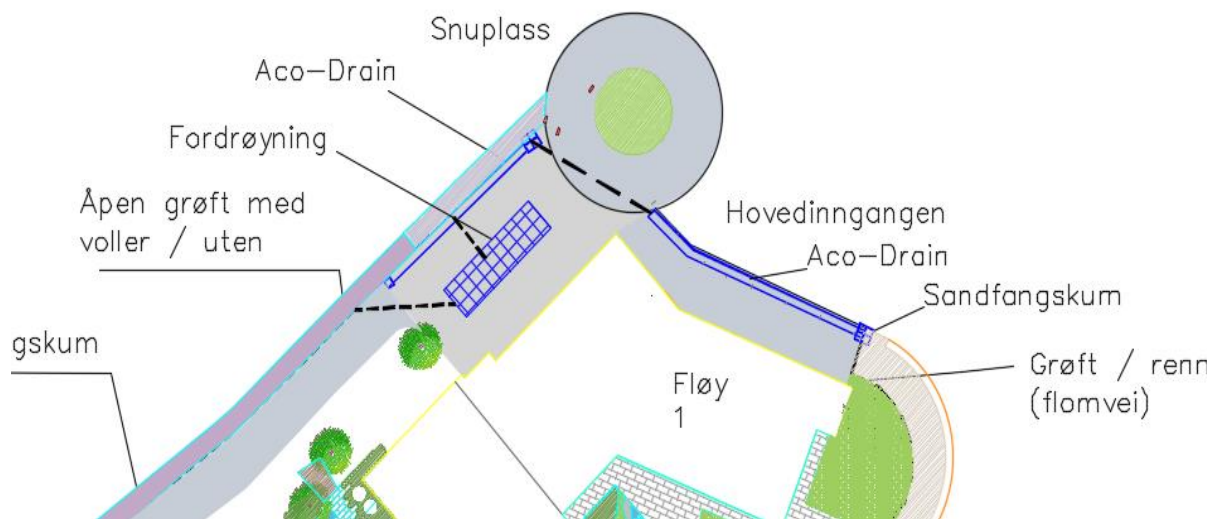


Utearealer foran og ved hovedinngangen sammen med snuplassen utgjør ca. 1140 m<sup>2</sup>.

Alternativet går ut på å bruke permeable dekker og det kan være gressarmering, heller av

naturstein/ brostein med åpne fuger eller permeable asfalt etc. Permeabilitet mellom de nevnte alternativene kan variere. Det brukes fugemasser under, i tillegg vil det gjøres tilstrekkelig masse utskifting for å oppnå mest mulig infiltrering. Arealene skal etableres med en helning som vil falle mot grøftene for å sikre at vannet rennes mot flomveier ved eventuelt store avrenninger. For å sikre at permeabiliteten fungerer, bør fugemassen skiftes med ny etter noen år ( Teknisk ukeblad)

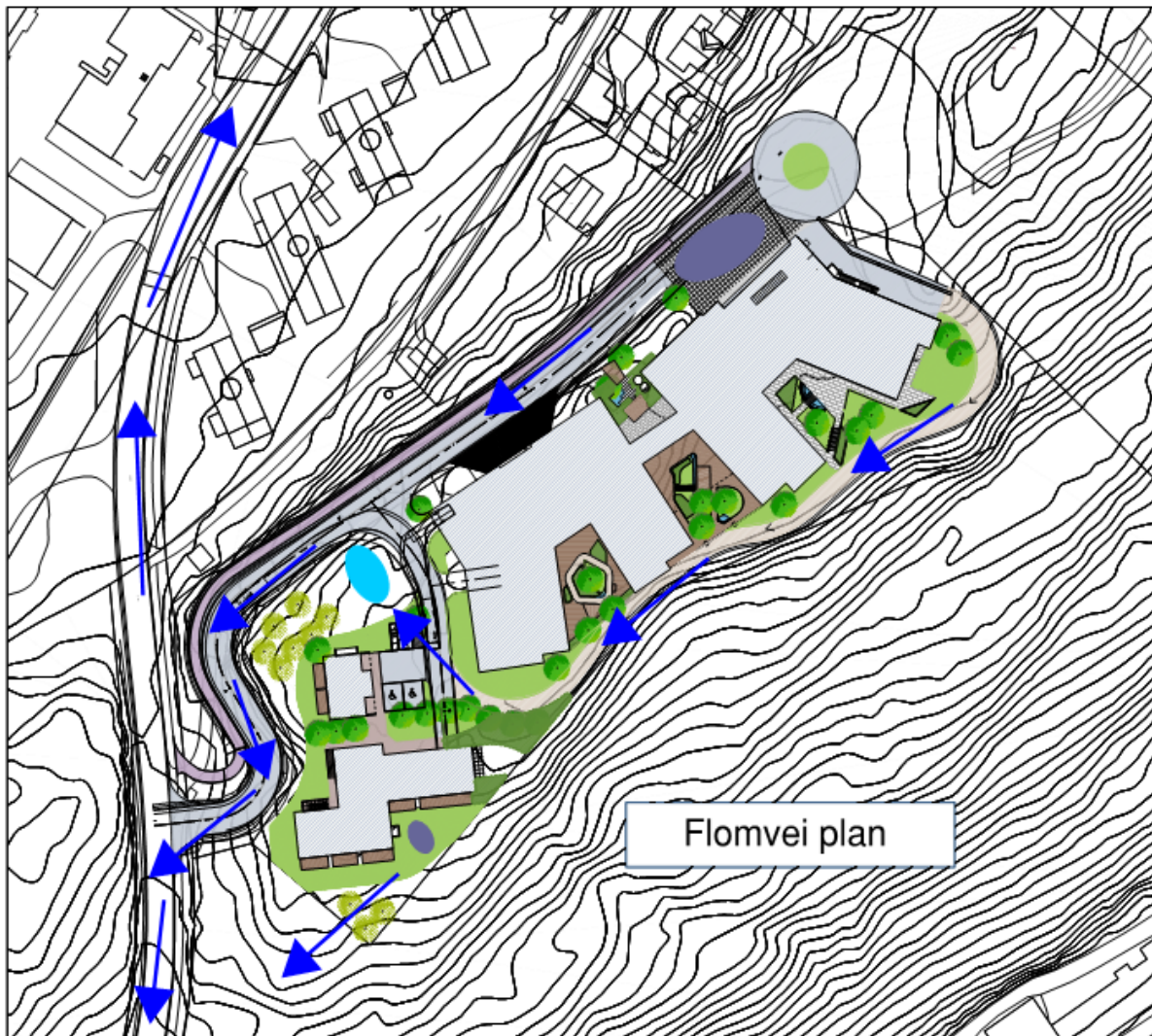
### Alternativ 2 : Aco-Drain med sandfangskum/ Fordrøyningsanlegg



Kart 15. Viser overvannshåndtering for hovedinngangen/snuplass. Alternativ 2 (kilde Alan Permissi)

Alternativet 2 går ut på å sette Aco-Drainer med sandfangskummer for å samle opp alt avrenning fra disse område og videreføre til overvannsledning eventuelt kan det settes opp en fordrøyningsanlegg med mengderegulator. Et slik anlegg vil havne på om lag 20 m<sup>3</sup> med forutsatt utslipp på 7 l/s.

## 6.4 Tiltak 4: Håndtering av flomveier



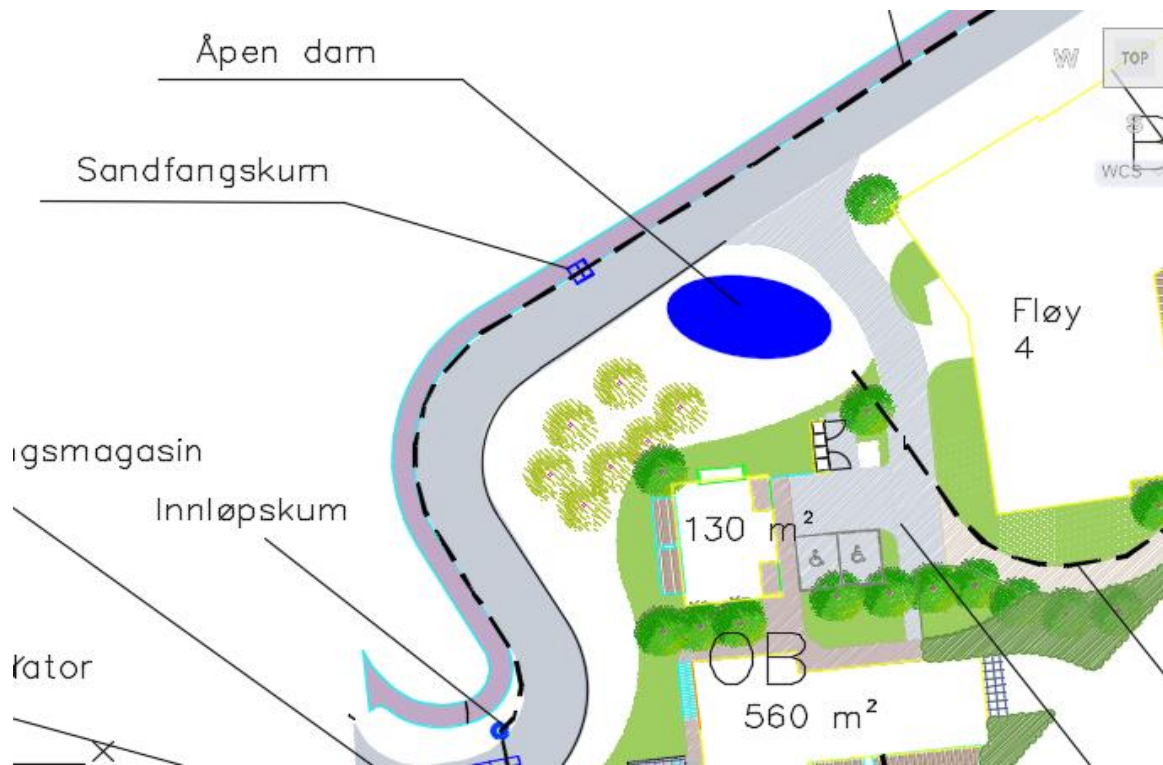
Kart 16. Flomvei plan ( kilde Alan Permiss)

Alle alternativene som ble nevnt tidligere er dimensjonert for 25-årsregn. Ved ekstremnedbør vil disse anleggene fylles opp og vannet vil renne ut mot flomveier. På kart 17 er det vist oversikt over antatte flomveier på området. Det er viktig at avrenning i slike tilfeller ledes vekk fra byggene og ut mot flomveiene. Det er i hovedsak to flomveier innenfor eiendommens grensen. En kanal / renne på sørsiden mellom BBS og grusveien og en grøft på nordsiden mellom adkomstveien og gang/sykkelveien. Disse to vil fungere som flomveier ved 200-årsregn.

Vannet vil følge tomtas helning og utforming mot vestsiden ( Vallerveien). Vannmengden som renner ut i ekstreme regnhendelser er avhengig av hvilke alternativer som velges.



Et tillegg alternativ som kan kombineres med de overnevnte flomveiene er å utarbeide en dam slik at flomvannet fra grøfta/renna, eventuelt avrenning fra veien, eller fra omsorgsboliger ledes til. Dammen fylles opp helt til toppen og vil ha et overløp videre nedover mot adkomstveien ved ekstreme nedbør.



Kart 17. Viser plassering av åpen dam som et tillegg alternativ sammen med flomveier (kilde Alan Permissi)

## 7. Dimensjonering av tiltak

### 7.1 dimensjonering av tiltak 1

#### Regnbed 1

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{A_{\text{felt}} \cdot C \cdot P}{h_{\text{maks}} + K_{\text{sat}} \cdot t_r}$$

Kilde : (Paus and Braskerud 2013)

A regnbed er regnbedets overflateareal m<sup>2</sup>

A felt er nedbørsfeltets størrelse i m<sup>2</sup>

C er nedbørsfeltets gjennomsnittlig avrenningskoeffisient [-]

P er dimensjonerende nedbørsmengde [m]

h maks er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp [m]

K sat er filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet [m/t]

tr er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet [t]

følgende benyttet:

A felt ( fløy 1 + utearealer) = 1100 m<sup>2</sup> + 225 m<sup>2</sup> = 1325 m<sup>2</sup>

C = 0,66

P = 0,0104 m ( 10,4 mm fra tabell 9 )

H maks = 0,2 m

K sat = 0,1 m

Tr = 5 minutter ( antatt avrenning fra tak og ute arealer til regnbedet)

A regnbed 1 = ( Afelt \* C \* P) / ( h maks + Ksat \* tr)

A regnbed 1 = ( 1325 \* 0,66 \* 0,0104) / ( 0,2+ 0,1 \* 5) = **13 m<sup>2</sup>**

## Regnbed 2

følgende benyttet:

$$A \text{ felt ( fløy 2+ fløy 3 + utearealer) } = 1410 \text{ m}^2 + 360 \text{ m}^2 = 1770 \text{ m}^2$$

$$C = 0,66$$

$$P = 0,0104 \text{ m ( 10,4 mm fra tabell 9 )}$$

$$H \text{ maks} = 0,2 \text{ m}$$

$$K \text{ sat} = 0,1 \text{ m}$$

Tr = 5 minutter ( antatt avrenning fra tak og ute arealer til regnbedet)

$$A \text{ regnbed 1} = (A_{\text{felt}} * C * P) / ( h \text{ maks} + K_{\text{sat}} * tr)$$

$$A \text{ regnbed 1} = ( 1770 * 0,66 * 0,0104) / ( 0,2+ 0,1 * 5) = \underline{\underline{17,4 \text{ m}^2}}$$

## Regnbed 3

følgende benyttet:

$$A \text{ felt ( fløy 4 + utearealer) } = 1100 \text{ m}^2 + 118 \text{ m}^2 = 1218 \text{ m}^2$$

$$C = 0,66$$

$$P = 0,0104 \text{ m ( 10,4 mm fra tabell 9 )}$$

$$H \text{ maks} = 0,2 \text{ m}$$

$$K \text{ sat} = 0,1 \text{ m}$$

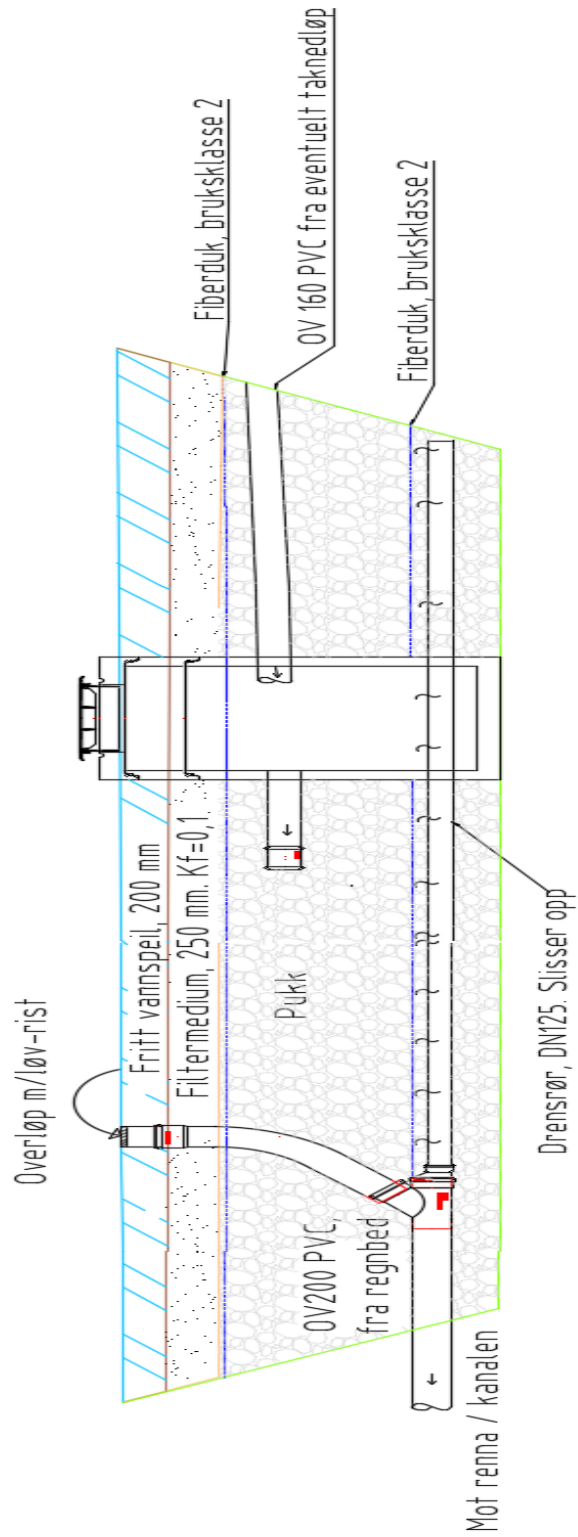
Tr = 5 minutter ( antatt avrenning fra tak og ute arealer til regnbedet)

$$A \text{ regnbed 1} = (A_{\text{felt}} * C * P) / ( h \text{ maks} + K_{\text{sat}} * tr)$$

$$A \text{ regnbed 1} = ( 1218 * 0,66 * 0,0104) / ( 0,2+ 0,1 * 5) = \underline{\underline{12 \text{ m}^2}}$$

## Detaljtegning regnbed

# Prinsipp skisse regnbed



Figur 33. Detaljtegning av regnbed ( kilde Alan Permiss)

## Dimensjonering fordrøyningsanlegg for BBS

Følgende verdier er benyttet:

Areal ( hele takarealet på BBS = 3610 m<sup>2</sup>) inkl avrenningskoeffisienter er om lag (0,325 ha)

Varighet: 15 minutter

Klimafaktor: 1,4

Nedbørintensitet fra E-klima 222,1 l/s.ha

Utslippsmengden Q ut= 7 l/s

$Q_{inn} = (15 \text{ min} * 60 * 222,1 \text{ l/s.ha} * 0,3249 \text{ ha} * 1,4) / 1000 = 91 \text{ l/s}$

$Q_{ut} = (15 \text{ min} * 60 * 7 \text{ l/s}) / 1000 = 6,3 \text{ l/s}$

Nødvendig magasineringsbehov =  $Q_{inn} - Q_{ut}$

Nødvendig magasineringsbehov etter 15 min =  $91 - 6,3 = 84,7 \text{ m}^3$

**Maks nødvendig magasineringsbehov = 140 m<sup>3</sup> etter 60 minutter**

| Varighet(min) | Intensitet(l/sha) | Inn (l) | Ut (l) | Nødv.maga (m3) |
|---------------|-------------------|---------|--------|----------------|
| 2             | 433,4             | 23656   | 840    | 22,82          |
| 5             | 347,6             | 47433   | 2100   | 45,33          |
| 10            | 260,8             | 71176   | 4200   | 66,98          |
| 15            | 222,1             | 90922   | 6300   | 84,62          |
| 20            | 195,3             | 106601  | 8400   | 98,20          |
| 30            | 155,4             | 127233  | 12600  | 114,63         |
| 45            | 124,4             | 152778  | 18900  | 133,88         |
| 60            | 101               | 165387  | 25200  | 140,19         |
| 90            | 65                | 159656  | 37800  | 121,86         |
| 120           | 52,6              | 172265  | 50400  | 121,86         |
| 180           | 38,6              | 189622  | 75600  | 114,02         |
| 360           | 21,7              | 213202  | 151200 | 62,00          |
| 720           | 13,4              | 263309  | 302400 | -39,09         |

Tabell 21 Viser nødvendig fordrøyningsmagasin

For å dimensjonere diameter på overvannsledning fra huset frem til fordrøyningsanlegget, er det benyttet følgende:

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

f = 0,01 ( fra Moodydiagram)

L = 12 m ( avstand fra tekniskrommet frem til fordrøyningsanlegget)

Q = 0,165 m<sup>3</sup>/s

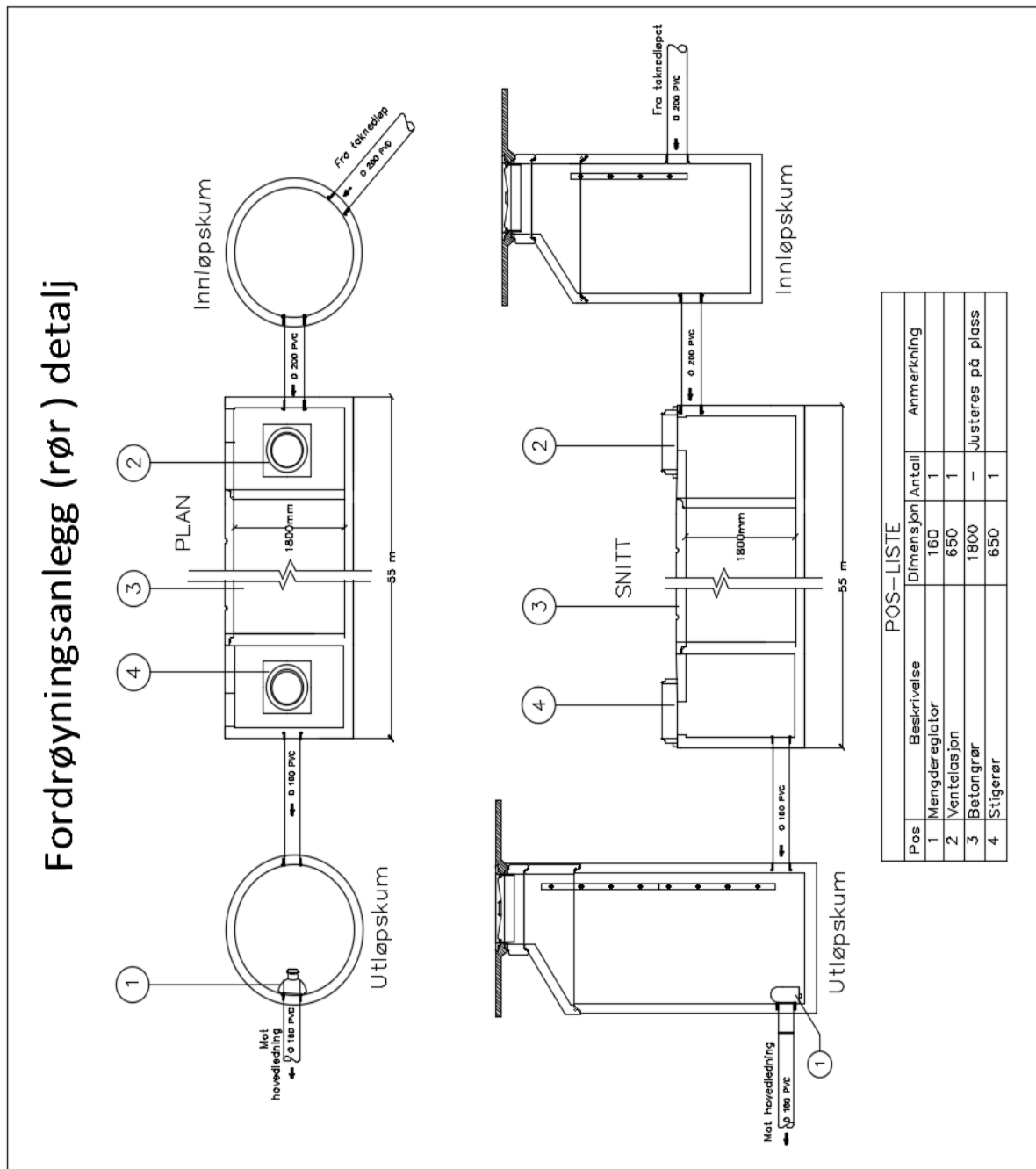
hf = 1,1 m ( høydeforskjell fra bunnledning i tekniskrommet frem til innløpet i fordrøyningsanlegget. 99,5 -98,4 )

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$D^5 = ( 0,01 * 12 * (0,165^2) * 8 ) / ( 9,81 * (3,14^2) * 1,1 ) = 0,19 \text{ m} = 190 \text{ mm}$$

Det avrundes til 200mm rørdiameter.

## Forslag til løsning ( Betongrør)

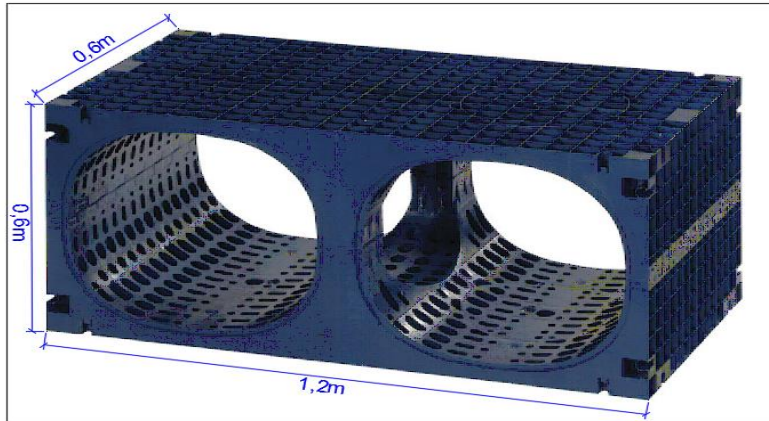


Figur 34 Detaljtegning fordrøyningsanlegg (rør) ( kilde: Alan Permiss)

Det er brukt Basal sine beregningsprogrammer for å finne ut lengde på et anlegg som kan ta imot opptil 140 m<sup>3</sup>. Ved å bruke 1800mm betongrør, havner anlegget på en lengde ca. 55m. Alternativet kan man legge 2 x 28m rørstrekk parallelt med hverandre, eller gå på mindre dimensjoner, men da vil lengden bli enda større.

## Forslag til løsning ( Kassetter-Q-BIC)

Det er brukt Wavin sine beregninger for å finne ut dimensjoner på anlegget som kan ta imot 140 m<sup>3</sup> overvannsmengde.



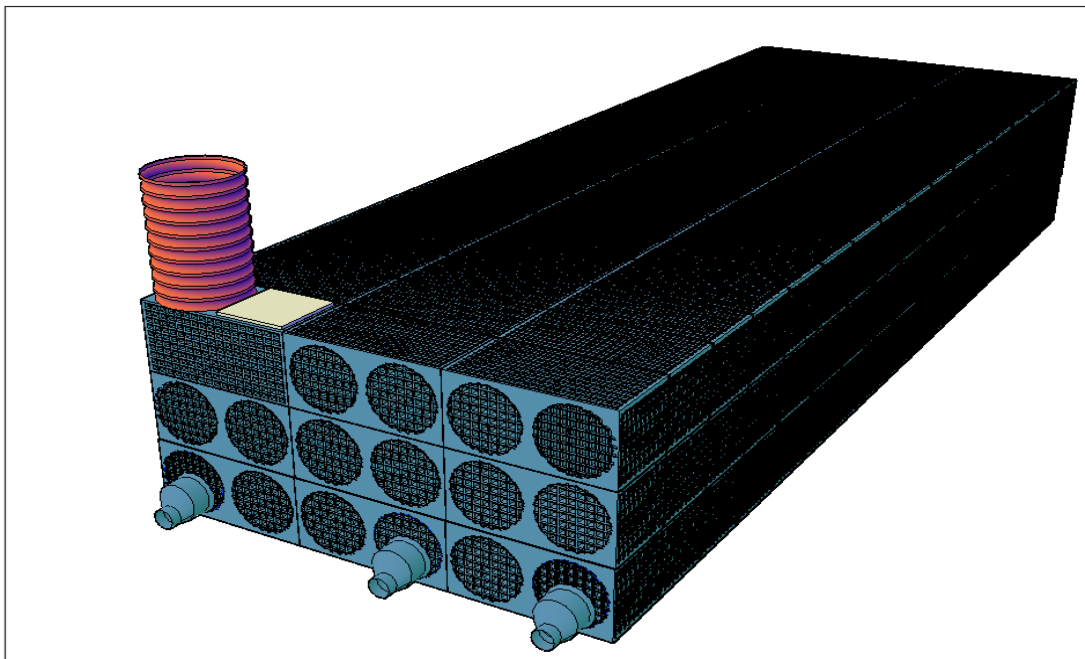
Figur 35. Viser Q-Bic kassett med dimensjoner ( kilde: Alan Permiss)

Anleggsdimensjoner :

Bredde ( 3 stk \* 1,2 m) = 3,6 m

Høyde ( 3 stk \* 0,6 m) = 1,8 m

Lengde ( 38 stk \* 0,6 m) = 22,8 m



Figur 36. Detaljtegning for Q-BIC kassetter ( kilde: Alan Permiss)



## 7.2 dimensjonering av tiltak 2

Følgende verdier er benyttet:

Areal ( hele takarealet på OB = 690 m<sup>2</sup>) inkl avrenningskoeffisienter er om lag (0,0621 ha)

Varighet: 15 minutter

Klimafaktor: 1,4

Nedbørintensitet fra E-klima 222,1 l/s.ha

Utslippsmengden Q ut= 7 l/s

$Q_{inn} = (15 \text{ min} * 60 * 222,1 \text{ l/s.ha} * 0,0621 \text{ ha} * 1,4) / 1000 = 17,37 \text{ l/s}$

$Q_{ut} = (15 \text{ min} * 60 * 7 \text{ l/s}) / 1000 = 6,3 \text{ l/s}$

Nødvendig magasineringsbehov =  $Q_{inn} - Q_{ut}$

Nødvendig magasineringsbehov etter 15 min =  $17,37 - 6,3 = 11,07 \text{ m}^3$

**Maks nødvendig magasineringsbehov = 12 m<sup>3</sup> etter 20 minutter**

| Varighet(min) | Intensitet(l/sha) | Inn (l) | Ut (l) | Nødv.maga (m3) |
|---------------|-------------------|---------|--------|----------------|
| 2             | 433,4             | 4522    | 840    | 3,68           |
| 5             | 347,6             | 9066    | 2100   | 6,97           |
| 10            | 260,8             | 13604   | 4200   | 9,40           |
| 15            | 222,1             | 17378   | 6300   | 11,08          |
| 20            | 195,3             | 20375   | 8400   | 11,98          |
| 30            | 155,4             | 24319   | 12600  | 11,72          |
| 45            | 124,4             | 29201   | 18900  | 10,30          |
| 60            | 101               | 31611   | 25200  | 6,41           |
| 90            | 65                | 30516   | 37800  | -7,28          |
| 120           | 52,6              | 32926   | 50400  | -17,47         |
| 180           | 38,6              | 36244   | 75600  | -39,36         |
| 360           | 21,7              | 40751   | 151200 | -110,45        |
| 720           | 13,4              | 50328   | 302400 | -252,07        |

Tabell 22 Viser nødvendig fordrøyningsmagasin

For å dimensjonere diameter på overvannsledning fra huset frem til fordrøyningsanlegget, er det benyttet følgende:

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

f = 0,01 ( fra Moodysdiagram)

L = 20 m ( avstand fra tekniskrommet frem til fordrøyningsanlegget)

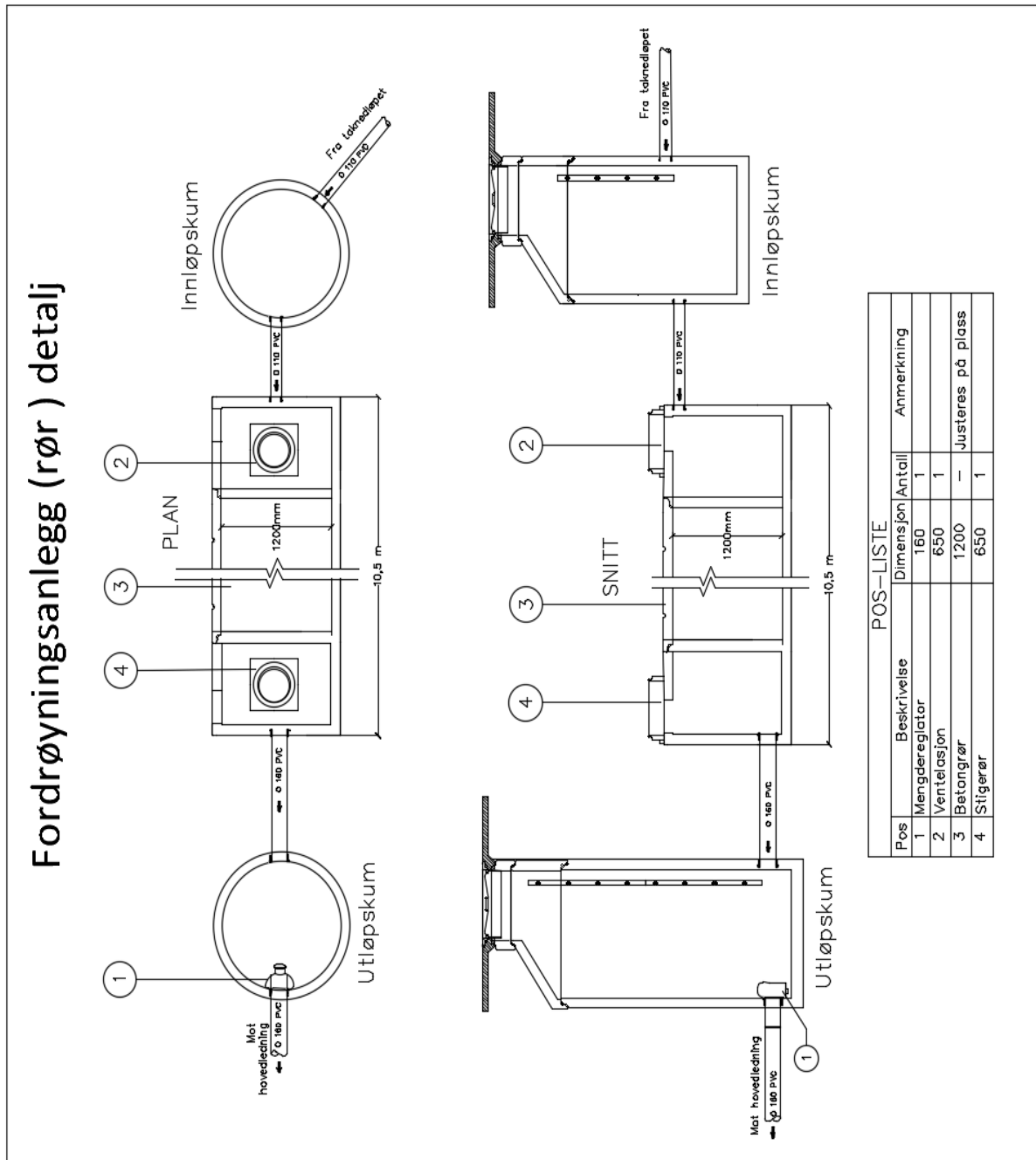
Q = 0,02 m<sup>3</sup>/s

hf = 0,6 m ( høydeforskjell fra bunnledning i tekniskrommet frem til innløpet i fordrøyningsanlegget. 99,1 -98,5 )

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$D^5 = ( 0,01 * 20 * (0,02^2) * 8 ) / ( 9,81 * (3,14^2) * 0,6 ) = 0,11 \text{ m} = 110 \text{ mm rørdiameter}$$

## Forslag til løsning ( Betongrør)



Figur 37. Detaljtegning fordrøyningsanlegg (rør) (kilde: Alan Permiss)

Ved bruk av 1200 mm betong rør, får vi en lengde på 10,5 m for å håndtere 12 m<sup>3</sup>. Alternativet kan være å bruke 2 x 800mm (betongrør) x 12m. Eventuelt velge større dimensjoner.

### Forslag til løsning ( Kassetter-Q-BIC)

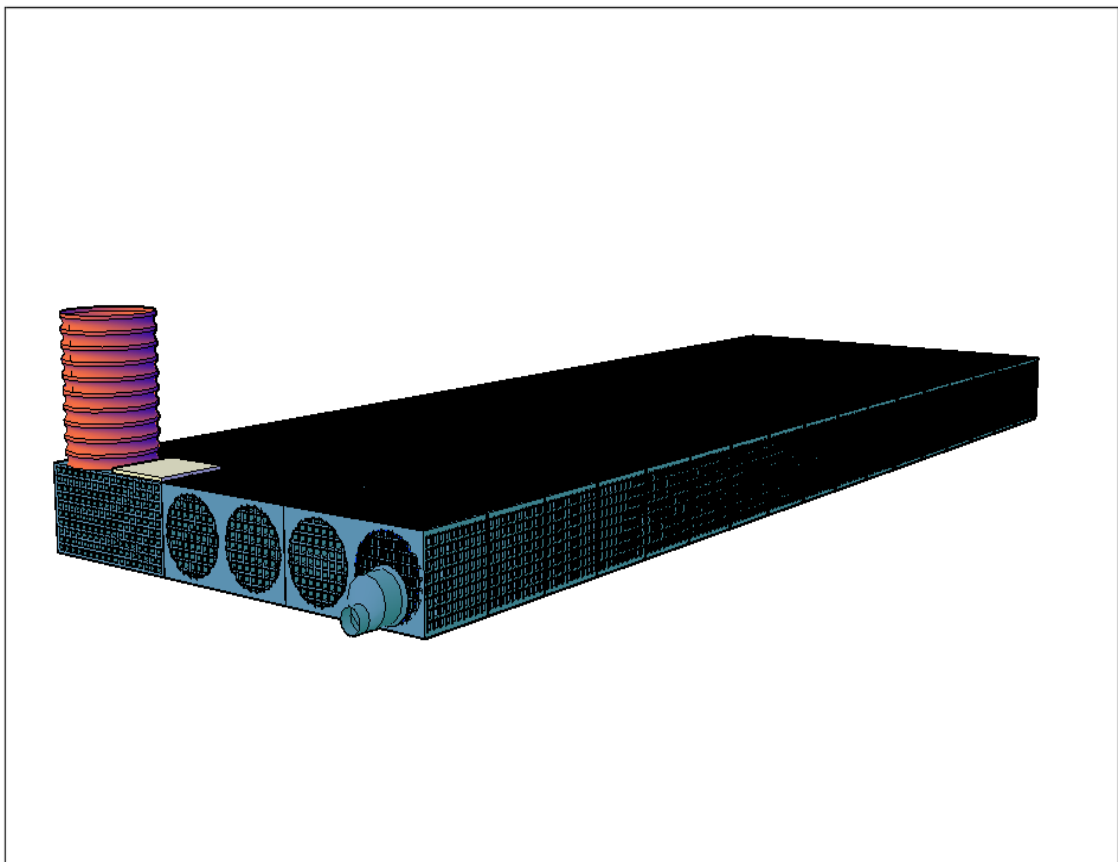
Det er brukt Wavin sine beregninger for å finne ut dimensjoner på anlegget som kan ta imot 12 m<sup>3</sup> overvannsmengde.

Anleggsdimensjoner :

Bredde ( 3 stk \* 1,2 m) = 3,6 m

Høyde ( 1 stk \* 0,6 m) = 0,6 m

Lengde ( 10 stk \* 0,6 m) = 6 m



*Figur 38. Detaljtegning for Q-BIC kassetter ( kilde: Alan Permiss)*

### 7.3 dimensjonering av tiltak 3 og 4 / flomveier

Total vannmengden ved flomberegninger ble vist tidligere hvor overvannsmengden var på 404,9 l/s. Ved flom hendelser vil denne mengden deles på begge flomveien altså kanelen (renna) på sørsiden også på grøfta mellom adkomstveien og gang/sykkelveien. På grunn av tomtas helning vil noe vannmengden renne mot Vallerveien.

Det brukes mannings formel for å dimensjonere begge flomveien.

#### **Grøfta mellom adkomstvei og gang/sykkelvei**

Mot denne grøfta vil avrenningen komme mest fra adkomstveien og gangsykkelveil, i tillegg til grønt område og . Arealet er beregnet til om lag 5500 m<sup>2</sup> .

Med en nedbørintensitet på 302,2 l/s\*ha, en avrenningskoeffisient på 0,66, et areal på 0,55 ha og en klimafaktor på 1,4, gir dette en dimensjonerende overvannsmengde på **153,6 l/s**.

$$Q = 0,55 * 1,4 * 0,66 * 302,2 = \underline{153,6 \text{ l/s}}$$

Mannings formelen:

$$Q = M * A * R^{(2/3)} * I^{(1/2)} * 1000$$

Følgende benyttet:

M = Manningstall ( kledningsmaterialer antatt jord uten vegetasjon) = 25

A = 0,187 m<sup>2</sup> , Det forutsettes en bredde på 0,5 m, en høyde på 0,25 m og 45° skråning på vegger.

P våtperiferi omkrets forutsettes at vannet fylles opp helt i grøfta, dette medfører til

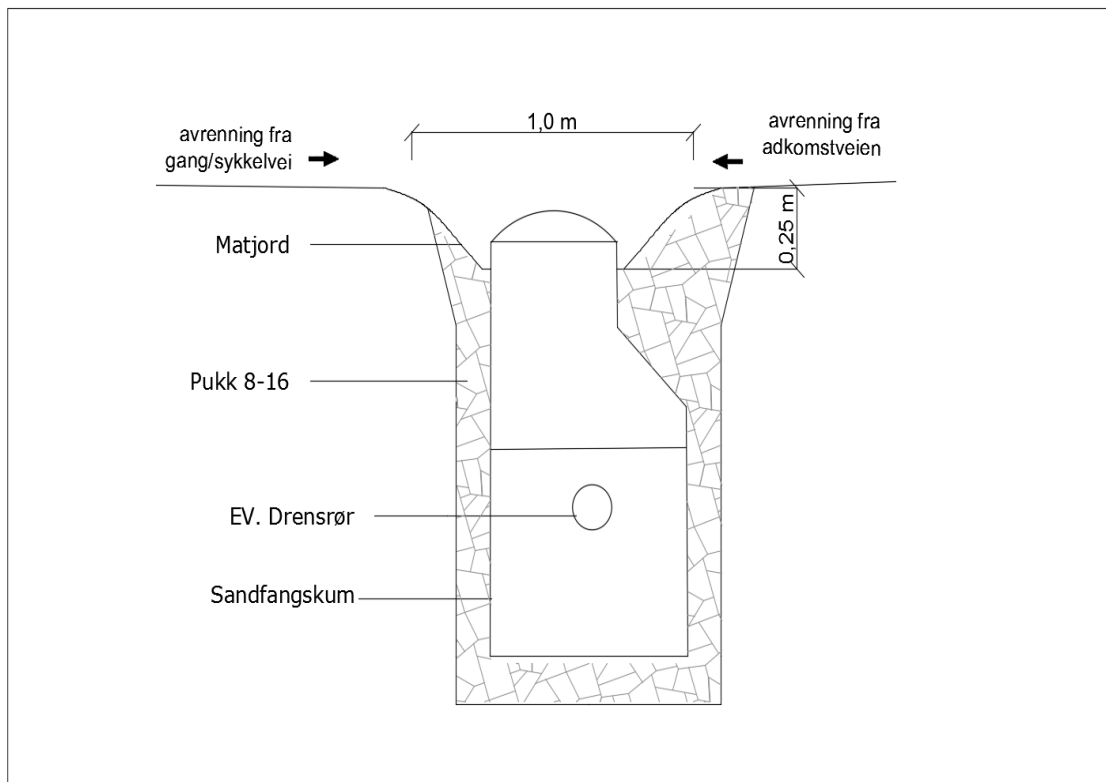
$$P = 0,36 + 0,5 + 0,36 = 1,22 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,187 / 1,22 = 0,153 \text{ m}$$

Kanalen starter ved kote 104 og slutter ved kote 91. Lengde på grøfta er ca. 200 m.

$$I = 13/200 = 0,065 \text{ Promille}$$

$$Q = 25 * 0,187 * 0,153^{(2/3)} * 0,065^{(1/2)} * 1000 = \underline{341 \text{ l/s}}$$



Figur 39. Detaljtegning grøftsnitt for flomvei ved nordsiden ( kilde: Alan Permiss)

### **Kanal/Renne ( sørsiden)**

Mot denne kanalen vil avrenningen komme mest fra takarealer ( BBS) og grusveien, i tillegg til grønt område. Arealet er beregnet til om lag 7000 m<sup>2</sup> .

Med en nedbørintensitet på 302,2 l/s\*ha, en avrenningskoeffisient på 0,66, et areal på 0,7 ha og en klimafaktor på 1,4, gir dette en dimensjonerende overvannsmengde på **195,5 l/s.**

$$Q = 0,7 * 1,4 * 0,66 * 302,2 = \underline{\underline{195,5 \text{ l/s}}}$$

Mannings formelen:

$$Q = M * A * R^{(2/3)} * I^{(1/2)} * 1000$$

Følgende benyttet:

M = Manningstall ( kledningsmaterialer antatt steinsetting (jevnet utlagt)) = 50

A = 0,15 m<sup>2</sup> , Det forutsettes en bredde på 0,5 m og en høyde på 0,3 m.

P våtperiferi omkrets forutsettes at vannet fylles opp til 0,25, m i kanalen, dette medfører til

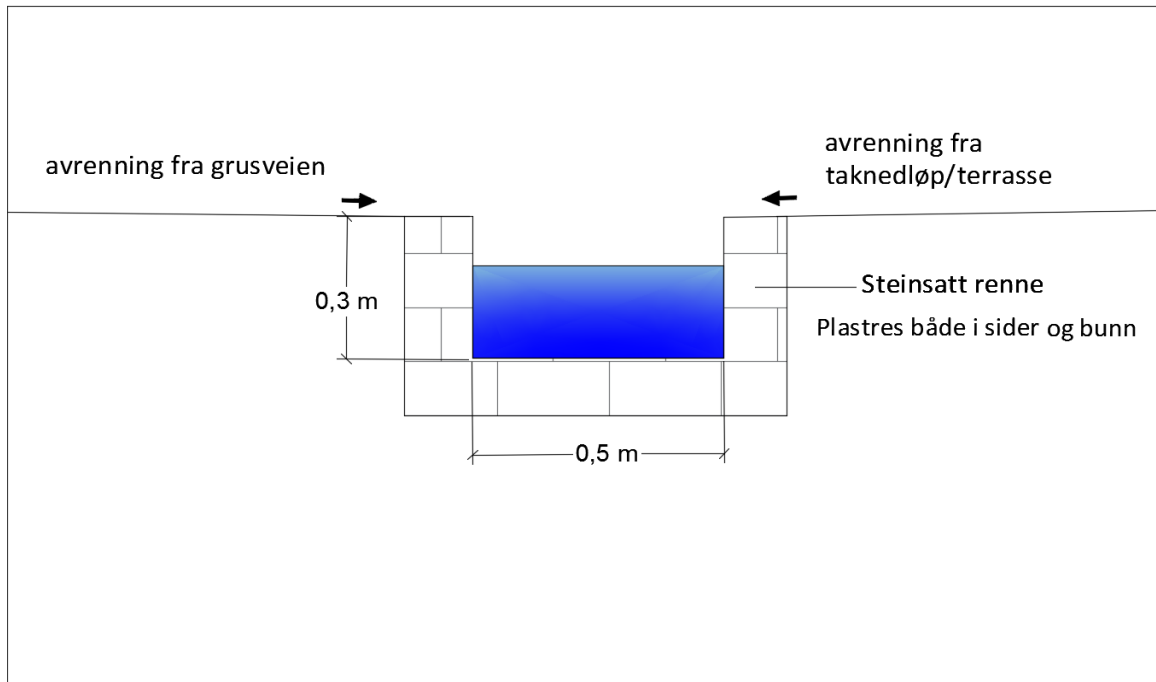
$$P = 0,25 + 0,25 + 0,5 = 1 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,15 / 1 = 0,15 \text{ m}$$

Kanalen starter ved kote 104 og slutter ved kote 100. Lengde på kanalen er ca. 175 m.

$$I = 4/175 = 0,022 \text{ Promille}$$

$$Q = 50 * 0,15 * 0,15^{2/3} * 0,022^{1/2} * 1000 = \underline{\underline{314,05 \text{ l/s}}}$$



Figur 40. Detaljtegning kanal/renne for flomvei ved sørsiden (kilde: Alan Permiss)

## 8. Diskusjon

Valg av mulige LOD tiltak er basert på :

- Rapporten fra grunnundersøkelser med totalt 26 undersøkelsespunkter, viste det at løsmassene består hovedsakelig av forvittringsmaterialer matjord og noe innhold av grusig fast tørrskorpeleire, med innsalg av røtter. Løsmassemektigheten varierer og dybde til antatt berg på tomten ligger mellom 0,34 m til 12,2 m.
- Analyse fra NGI laboratorium viste vanninnhold mellom (10-15)%.
- NGU sine kart som viser samme løsemasser (forvittringsmaterialer), noe som er mellom middel og lite egnet til infiltrasjonsevne.
- Kommunens erfaring fra tidligere gamle boliger som ble revet. Området hatt mye steinfylling, mest på sørøstsiden av tomta.
- Befaringer på tomta.

Ut ifra disse opplysningene har jeg valgt mange type LOD løsninger som kan være aktuelle å benytte dem i dette prosjektet. Tiltakene er lokalisert i forhold til dybde til fjell, løsemasser, helning på tomta og avrenningsmengde. Samt arealbehov til hvert enkelt tiltak.

Ettersom overnevnte forhold, som blant annet fjelldybden, er varierende i tomta, mente jeg det er fornuftig å fordele tomta til 3 deler. På den måten trenger en ikke å forholde seg til en alternativ løsning. Dermed kan en endre løsningen etter hvilken del av tomta en befinner seg:-

- Bo og behandlings senter med tilhørende utearealer.
- Omsorgsboliger med tilhørende utearealer.
- Adkomstvei og gang/sykkelvei med snuplass og hovedinngangen.

Det er vurdert 2 flomveier langs hele tomta og ned mot Vallerveien.

Alle beregningene er gjort for hånd. Selv om prosjektet ligger i Bærum kommune, har jeg brukt nedbørsdata for Oslo-Blindern-stasjon mellom 1968-2016. Dette på grunn av stasjonen i Asker viser nedbør kun frem til 2010, dermed med tanke på de økende nedbør og hendelser i Bærum kommune i de 2 siste årene, ble det anbefalt fra Bærum kommune å bruke Oslo-Blindern-stasjon. Det ble brukt 1,4 i klimafaktor etter kommunen sine krav. Avrenningsfaktorer etter SVV sin håndbok N200. Utslippstillatelsen til kommunal



ledningsnett er 2 l/mål, dvs 29 l/s for hele feltet. Utslippstillatelsen vil være avhengig av valg type tiltak som ble foreslått i prosjektet.

Selv om totalt nødvendig fordrøyningsbehov etter 15 minutter havnet på 231 m<sup>3</sup>, har jeg valgt å gå for det største volumet og det er 382 m<sup>3</sup> etter 60 minutters regnvarighet.

Kommunal overvannsledning har en dimensjon på Ø 230 BET og ligger i Vallerveien.

Utslippsledningen styres via en mengderegulator.

### **Regnbed**

Det ble foreslått å anlegge 3 regnbed for å ta imot takvannet og utearealer. Anleggene har fått forskjellige størrelser avhengig av takarealer og terrasser. Slike anlegg kan bidra til betydelig fordrøyningsvolum. Det anbefales å ha utvendig taknedløp, med tanke på treleddsstrategien og mindre bruksareal for anlegget. Det har vært noe diskusjon med å velge tilrenningstid fra taket og ned til regnbedet. Tiden vil være avhengig av flere faktorer, fore eksempel valg om innvendig eller utvendig taknedløp, fall fra utearealer mot regnbedet. Dermed 5 min er antatt som utvendig taknedløp. Det er valgt 20 cm som maks vanndybde i forhold til brønnloven. Ved etablering av regnbedet skal det settes en sandfangskum for overløp mot kanalen. De foreslåtte plasseringene av regnbedene kan være optimale, med hensyn på dybden til fjell og fyllingsmasser fra tidligere gamle boliger. I tillegg til egne regnbed fordeler.

### **Grønne tak**

Det er foreslått grønne tak som et alternativ. Selv om dette alternativet kan bidra ganske mye med å redusere maksimal spissavrenning, er det fremdeles lite av det totale volumet som kan holdes igjen og det kan være opp til 20mm. Ved etablering av slikt anlegg anbefales å kombinere grønne tak med annet tiltak. Bortsett ifra det er grønne tak verdt å bruke med tanke på flere andre grunner som rekreasjon, estetikk, beskyttelse mot UV-stråler og kjøling til bygget.

## **BlueProof Protan**

Siden avrenning fra taket er det største utfordring i et slikt prosjekt, har jeg vurdert BlueProof Protan eller såkalt ( blå tak ) som et alternativ. Taket fungerer som et magasin og vil bremse store vannmengder før det slippes gradvis kontrollert til annet LOD-system eller selve overvannsnettet. Tiltaket fungerer godt spesielt i områder med begrenset gravemuligheter, i tillegg løsningen vil være svært kostnadseffektiv for utbyggeren. BlueProof er ifølge Protan et revolusjonerende og Sintef-godkjent.

Alle beregninger er gjort av selve Protan leverandøren. Et anslag er lagt ved hvor det vises detaljert antall sluk på hvert tak, totalt vannstrømningsrate, maksimal vannhøyde på taket (magasinerings høyde), påslippsmengde og takhelning m.m.

## **Fordrøyningskassetter / Betongrør**

Dette alternativ består av kun av utjevning fordrøyningsanlegg hvor alt takvannet føres til med innvendig taknedløp. Totalt magasinerings volum for både BBS og OB kan havne på ca. 150 m<sup>3</sup> med 60 minutters regnvarighet og en utslippstillatelse på ca. 14 l/s.

Forskjellen mellom valg av betongrør og kassetter kan være avgjørende for utbyggeren. Her snakker vi om montering, arealbehov, drift og vedlikehold og økonomisk sett m.m. Fore eksempel montering av kassetter på anleggsplassen krever mindre arbeid, mens drift og vedlikehold på et slik anlegg kan være komplisert i forhold til betongrør, hvor man kan gå ned å fjerne all slam og kontrollere utløpet og innløpet. Kostnadmessig er det ofte kassetter som kan være billigere enn betongrør, med tanke på mer graving og utføring av masser.

## **Steinfylling (pukkmagasin)**

Selv om infiltrasjonsevnen kan være begrenset i dette området, er det fremdeles mulighet å etablere steinfylling. Løsmassene overfjell vil fungere som et slags magasin. Det ble vurdert en steinfylling som et alternativ for håndtere takvannet fra Omsorgsboliger, men på grunn av dybde til fjell og plassering av bygget, ble det konkludert ikke egnet. .

## **Flomveier :**

- Grøft for drenering av adkomstveien og gang/sykkelvei
- Kanal/renne

Overvann fra adkomstveien og gangsykkelvei ledes med ensidig fall til grøfta med fordrøyning og infiltrasjon i grunnen. Grøftene etableres med drenerende masser som gir gode infiltrerende egenskaper og mulighet til å infiltrere mer vann. Samt er det vurdert et alternativ med å bygge voller, hvor vannet kan magasineres. Beplantning og vegetasjon langs vegene vil bidra med mer overflatevannshåndtering.

Når det gjelder kanalen er det vurdert en steinsatt renne som vil ta imot avrenning fra taknedløpet, regnbred eller utearealer. Fordelen med steinsatt kanal behøves mindre drift og vedlikehold.

Det ble brukt mannings formel for begge flomveiene. Total vannmengde for hele området er om lag 405 l/s. Dette er ved bruk av 200 års gjentakintervall, 302 l/s. ha regnintensitet, 0.66 avrenningskoeffisient og 1,4 som klima faktor.

Av 405 l/s vil om lag 196 l/s falle mot kanalen, 154 l/s vil falle mot grøfta og resten på om lag 55 l/s vil gå utover tomtegrense mot flomveien Vallerveien.

Totalt dimensjonerende kapasitet fra begge flomveiene er om lag 656 l/s, hvor kanalen er dimensjonert for å ta opptil 315 l/s, mens grøfta kan ta imot 341 l/s.

## 9. Konklusjon

Målet med denne oppgaven har vært å komme med best mulig tiltak for overvannshåndtering for Bo og behandlingssenter og Omsorgsboliger ved Lindelia 41. Det ble utført beregninger og vurderinger i forhold til LOD-system. Tretrinnsstrategien har vært hovedtema for å benytte mulige tiltak i oppgaven:

- Trinn 1: Fange opp avrenning < 20 mm og infiltrere det.
- Trinn 2: Fordrøye og forsinke avrenning (20-40)mm i åpnet eller lukket anlegg slik at de tåler midlertidig oversvømmelser.
- Trinn 3: Flomveier skal ledes og sikres i riktige retninger.

I forhold til eksisterende landskapsplan ligger det til rette for å kunne infiltrere en del av det mindre regnet slik at naturlig tilsig til grunnvannet blir opprettholdt. Resten av vannet skal fordrøyes og slippes kontrollert til kommunal ledning. Beregninger til dagens situasjon (25 års regn, 1 i klimafaktor) er det forventet en økning på ca. 52 % i avrenning i hele feltet ( 25 års regn og 1,4 i klimafaktor). Takarealene er det avgjørende for dimensjonering på overvannsanlegget på tomten og er derfor mest kritisk.

Min anbefaling til utbyggeren er å bruke en kombinasjon av alternativ løsningene. De store tak arealene bør utnyttes til fordrøyning og magasinering av store vannmengder, enten med grønne tak eller BlueProof system, helst BlueProof med tanke på større vannmengder som kan fordrøyes, i tillegg til mindre drift og vedlikehold i forhold til grønne tak. I dette tilfellet kan det kombineres med små regnbed og et overløp til flomveier. Flomveier må sikres slik at avrenningsmengder som overgår overvannssystemets kapasitet føres bort fra bygget langs vei og ut til terreng.

Alternativene er flere og mulighet for en kombinasjon kan variere i stor grad. Utbyggeren velger selv blant de alle foreslåtte tiltakene.

## 10.Referanser

Alfnes, E. and E. J. Førland (2006). "Trends in extreme precipitation and return values in Norway 1900–2004." Norwegian Meteorological Institute Report 2: 2006.

Braskerud, B. C. (2014). Grønne tak og styrtregn, Oslo: NVE.

Braskerud, B. C., et al. (2013). Anlegging av regnbed : en billedkavalkade over 4 anlagte regnbed. Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat.

Bærum (2017). "Overvannshåndtering Bærum kommune

En kort veileder for utbyggere og grunneiere."

Elin, V. and N. Monica Nedrebø (2014). "På lag med regnet! Ny veileder for lokal overvannshåndtering." Plan(01): 56-58.

FN-sambandet.

Førland, E. J. and e. Norges vassdrags- og (2016). Dimensjonerende korttidsnedbør. Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat.

Hammarstrand, U., et al. (2002). KlimaProg - Research Programme on Climate and Climate Change : evaluation of the co-ordinated projects RegClim, NORPAST, COZUV and NOClim. Kjeller, Norwegian Institute for Air Research. **31/2002**.

Hanssen-Bauer, I. (2015). Klima i Norge 2100 : kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert 2015. Oslo, Norsk klimaservicesenter. **2015:2**.

Jeffrey L. Bruce, S. W. P. (2016). "

2016 Annual Green Roof Industry Survey Executive Summary."

Kjell Myhr, A. B. (2013). "Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein."

Lindholm, O. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Hamar, Norsk vann.

Lindholm, O. (2012). Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem. Hamar, Norsk Vann.

Lindholm, O. and J. T. Bjerkholt (2009). Analyse av innrapporterte data fra Vannverksregisteret for året 2007. Ås, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi, IMT.

Meland, S. (2010). "Økotoksikologiske effekter av vegavrenning og tunnelvaskevann." Philosophiae doctor (PhD) thesis.

Norsk, r., et al. "VA-miljøblad." VA-miljøblad.

Norsk vann og avløp, B. A., et al. NORVAR-rapport. Hamar, Norsk vann og avløp.

Paus, K. and B. Braskerud (2013). "Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold (Suggestions for designing and building raingardens for Norwegian conditions)." Vann 1(48): 54-67.

Stocker, T. (2014). Climate change 2013 : the physical science basis : Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, Cambridge University Press.

Stortinget, M. t. (2013). Klimatilpasning i Norge. Oslo, Departementenes servicesenter.

VA-miljøblad (2013). "VA-miljøblad." VA-miljøblad.

Vatten, S. (2004). "Dimensionering av allmänna avloppsledningar." P90.

VEGVESSEN, S. (2014). Håndbok N200 Vegbygging.

Ødegaard, H., et al. (2014). Vann- og avløpsteknikk. Hamar, Norsk Vann.

<http://www.skogoglandskap.no/artikler/2008/avsetningstyper/newsitem>

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24->

[82?q=\(%C2%A7%207.\(vannets%20%C3%B8p%20i%20vassdrag](82?q=(%C2%A7%207.(vannets%20%C3%B8p%20i%20vassdrag)

<https://dibk.no/byggeregler/tek/>

[www.eklima.no](http://www.eklima.no)

<https://www.tu.no/artikler/her-sluker-parkeringsplassen-1000-liter-vann/276015>

<http://ngbc.no/wp-content/uploads/2016/12/BREEAM-NOR-for-nybygg-2016-teknisk-manual-23.12.2016.pdf>

<http://www.protan.no/blueproof/#rm>

<http://www.miljokommune.no/>

<https://www.nve.no/hydrologi/vannstand-og-vannfoering/urbanhydrologi/>

### **Personer:**

- Hallstein Ødegård Avdelingsleder VA/VVS- ÅF Engineering AS ( Veileder)
- Reidar Kveine –Overingeniør VA-avdeling Bærum kommune
- Lise Lyng - Overingeniør VA-avdeling Bærum kommune
- Sivert Denneche – Gruppeleder VA/VVS-avdeling – Lillestrøm ÅF Engineering AS
- Paul Kenny -Bygningsingeniør-Protan AS
- Landskapsarkitekt Avdeling-ÅF Engineering AS
- Vei og Samferdsel Avdeling-ÅF Engineering AS

## 11.Vedlegg.



## BLUEPROOF BEREGNING

### Prosjektinformasjon

Prosjekt navn: Lindelia 41  
 Kunde: Alan Permissi  
 Status: Foreløpig  
 Dato / Prosjekt Nr.: 23.11.17 / 063-1117  
 Prosjekt adresse: Bærum

### Funksjonskrav & Nedbør data

Totalt prosjekt takareal: 4330 m<sup>2</sup>  
 Klimafaktor for fremtidig nedbør: 1,40  
 Værstasjon: Gjøttum (19490)  
 Maks. spesifikt påslipp tillatt: Ikke spesifisert  
 Gjentakintervall: 25 år

### Prosjekt Resultat

Maks. beregnet påslipp: 5,12 l/s  
 Reduksjon i spissvannføring: 86 %  
 Maks. beregnet volum vann: 224,35 m<sup>3</sup>

Maks. volum vann før overløp: 243,65 m<sup>3</sup>  
 Varighet med vannstand: 19,93 t  
 Nedbørintensitet: 90,58 l/(s ha)

### Prosjekt Beregninger

| Regnvarighet<br>[min] | Nedbør-<br>intensitet<br>[l/(s ha)] | Nedbør på<br>takene<br>[l/s] | BlueProof<br>påslipp<br>[l/s] | Volum av vann<br>på alle tak<br>[m <sup>3</sup> ] |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| 10                    | 333,62                              | 130,01                       | 3,99                          | 76,22   |
| 15                    | 268,24                              | 104,53                       | 4,14                          | 91,20   |
| 20                    | 238,14                              | 92,80                        | 4,29                          | 107,31  |
| 30                    | 203,98                              | 79,49                        | 4,53                          | 136,57  |
| 45                    | 164,92                              | 64,27                        | 4,72                          | 163,28  |
| 60                    | 143,64                              | 55,98                        | 4,88                          | 187,34  |
| 90                    | 112,00                              | 43,65                        | 5,05                          | 213,67  |
| <b>120</b>            | <b>90,58</b>                        | <b>35,30</b>                 | <b>5,12</b>                   | <b>224,35</b>                                     |
| 180                   | 63,84                               | 24,88                        | 5,11                          | 223,86  |
| 360                   | 28,98                               | 11,29                        | 4,67                          | 160,18  |

### BlueProof Resultat



19,93 t

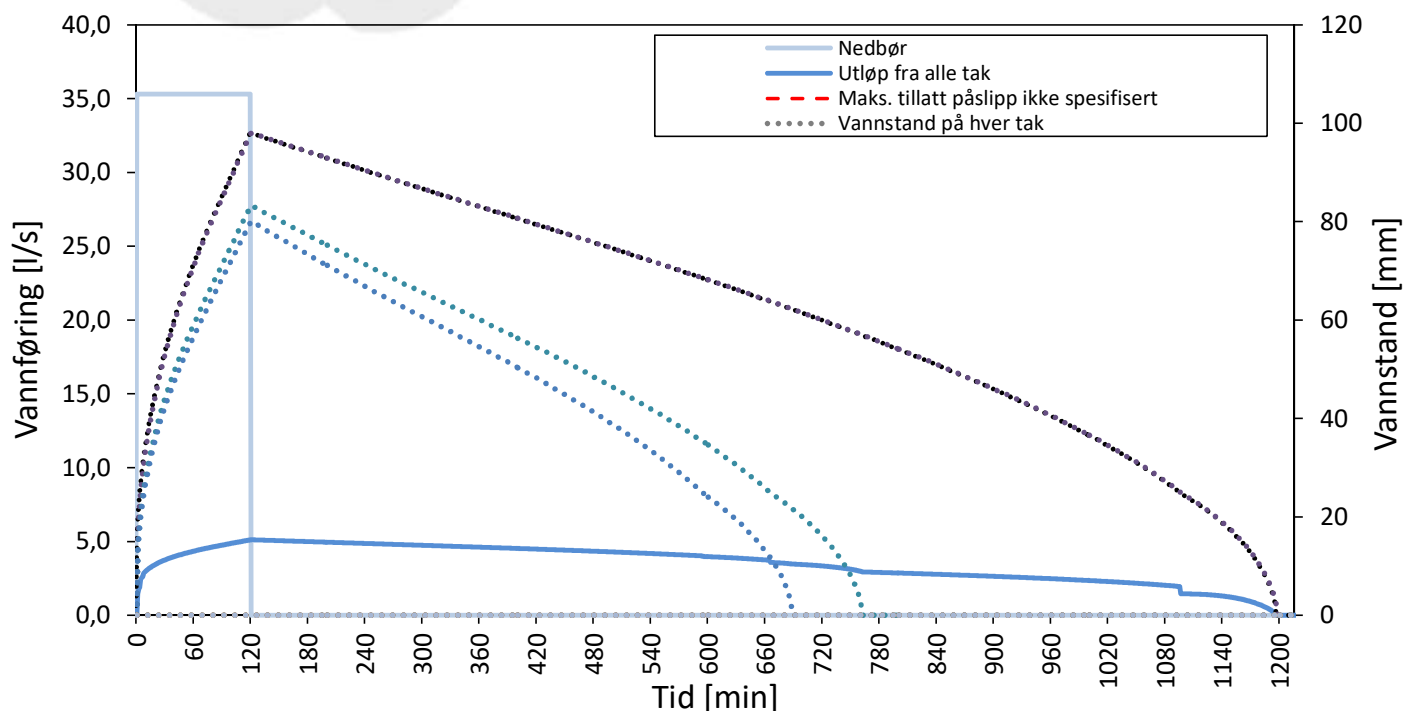


224,35 m<sup>3</sup>



5,12 l/s

### Prosjekt Graf



 Dette sammendraget gir en oversikt over resultater fra BlueProof-beregningen. For mer informasjon om inngangsparametre og individuelle beregninger for enkelt tak, se hele rapporten.



FORELØPIG

# BLUEPROOF BEREGNING

Beregnet av Paul Kenny

Dato: 23/11/17

Kunde:

**Alan Permissi**

Prosjekt navn:

**Lindelia 41**

Prosjekt Nr.:

**063-1117**

## Kommentarer

Dette er et anslag. Mer informasjon er nødvendig, og den endelige beregningen kan variere betydelig fra disse resultatene.

## Presiseringer

Protan har ikke prosjekteringsansvar. Resultatet skal alltid vurderes av RIVA og RIB.

Denne beregningen er basert på mottatte prosjekt data så langt, eventuelle nye opplysninger eller endringer i dagens data vil kreve en ny beregning.

## Forutsetninger

Beregninger er utført under følgende forutsetninger og antagelser (hvor data er tilgjengelig):

- Dimensjonerende regn har konstant intensitet i valgt tidsrom
- Dimensjonerende regn har varighet mellom 10 minutter og 6 timer
- Tilrenningstiden på takoverflaten er neglisert
- Kontraksjonskonstantene er antatt konstante
- Beregningsperioden er begrenset til 36 timer

Beregnet av

Sjekkert av

Dato:

Dato:

# Prosjekt Oversikt

# PROTAN BLUEKALK

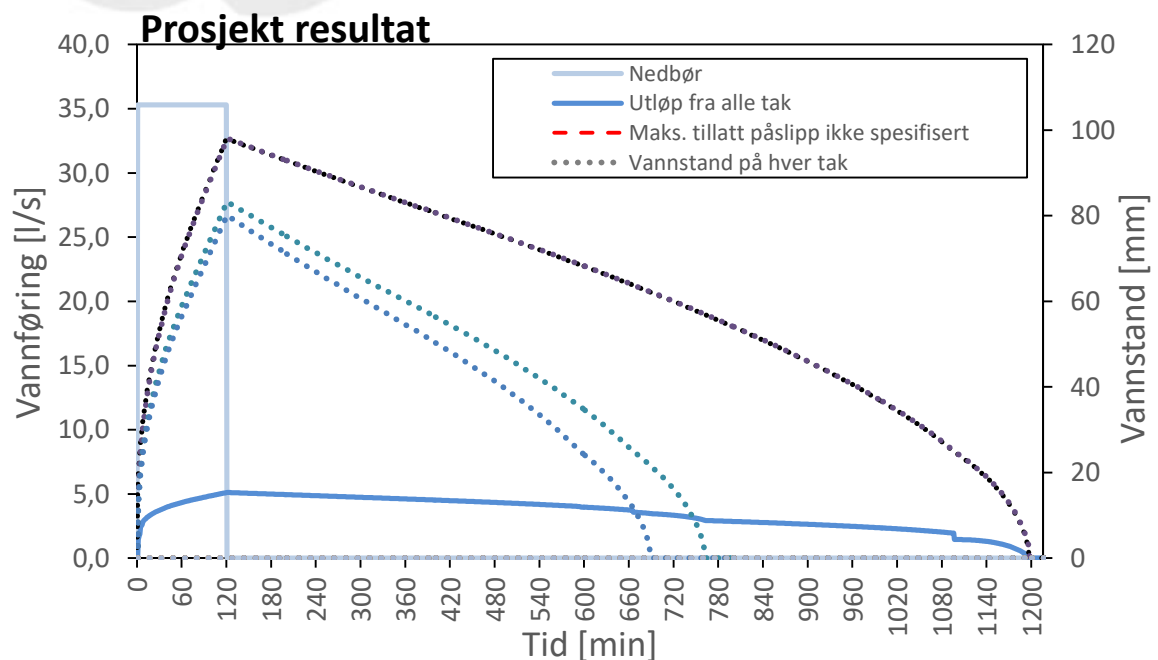
|   |               |                              |
|---|---------------|------------------------------|
| Dato:                                       | 23.11.2017    |                              |
| Kunde:                                      | Alan Permissi |                              |
| Prosjekt navn:                              | Lindelia 41   |                              |
| Prosjekt adresse:                           | Bærum         |                              |
| Antall tak/del tak:                         | 4             | Se side 3-6 for mer detaljer |
| Totalt prosjekt takareal [m <sup>2</sup> ]: | 4330          | Summen av alle takarealer    |

## Funksjonskrav & Nedbør data

|   |                  |  |
|---|------------------|--|
| Maks. spesifikt påslipp tillatt [l/(s ha)]: | Ikke spesifisert | Maks. spesifikt påslipp tillatt for prosjekt |
| Klimafaktor for fremtidig nedbørintensitet: | 1,40             | Faktor for økt fremtidig nedbør              |
| Dimensjonerende gjentakintervall [år]:      | 25               | Storm gjentakintervall                       |
| Data kilde:                                 | Norsk Met.Inst.  | -  |
| Værstasjon:                                 | GJETTUM          | -  |
| Værstasjon Nr.:                             | 19490            | -  |
| Kommentar:                                  | -                | -  |

## Prosjekt Resultat

|   |                  |   |
|---|------------------|---|
| Totalt prosjekt takareal [m <sup>2</sup> ]:     | 4330             | Summen av alle takarealer                     |
| Maks. spesifikt påslipp tillatt [l/s]:          | Ikke spesifisert | Maksimal tillatt påslipp fra prosjektet       |
| Maks. beregnet påslipp [l/s]:                   | 5,12             | Maksimal beregnet påslipp fra hele prosjektet |
| Reduksjon i spissvannføring ved struping:       | 86 %             | Reduksjon av vannføring                       |
| Maks. beregnet volum vann [m <sup>3</sup> ]:    | 224,35           | Maksimal vannvolum på alle tak                |
| Maks. volum vann før overløp [m <sup>3</sup> ]: | 243,65           | Vannvolum før overløp fra alle takarealer     |
| Varighet med vannstand på taket [timer]:        | 19,93            | Tidsperiode med vann på alle tak              |
| Nedbørintensitet [l/(s ha)]:                    | 90,58            | Spesifikk nedbørintensitet med klimafaktor    |
| Regnvarighet med høyest påslipp [min]:          | 120              | Regn varighet med høyest påslipp              |
| Dimensjonerende nedbørmengde [mm]:              | 65,2             |   |



# Tak detaljer - Tak 1

# PROTAN BLUEKALK

Prosjekt navn: Lindelia 41

## Tak beskrivelse & Nedbør data

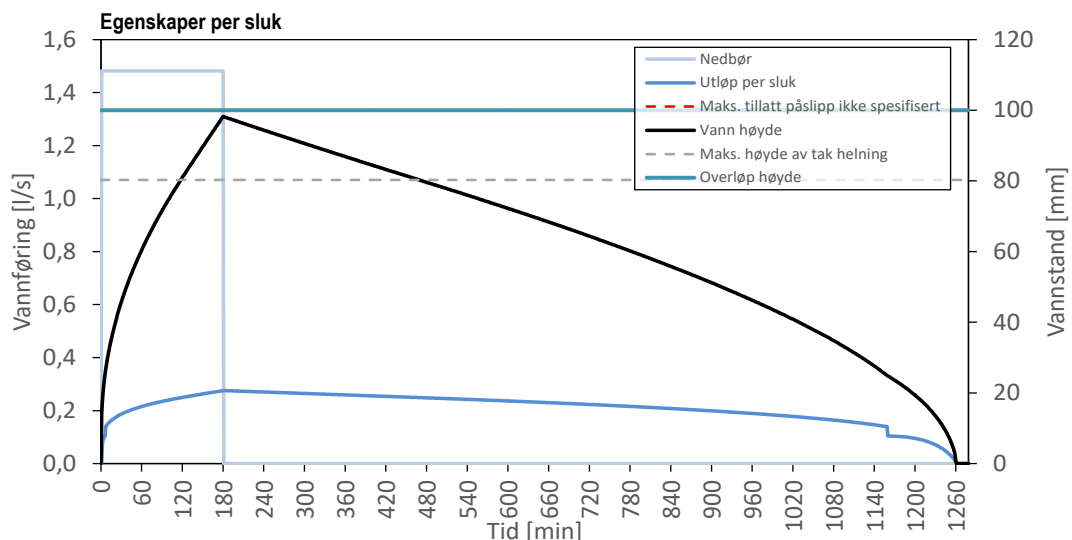
|   |                 |                                    |
|---|-----------------|------------------------------------|
| Tak / nedslagsfelt areal [m <sup>2</sup> ]: | 1805,00         | Takareal                           |
| Antall sluk per areal:                      | 7               | Antall Protan BP Restrictor på tak |
| Takfall løsning:                            | 2 veis m/ kiler | Drenerings metode                  |
| Hoved tak helning [m/m]:                    | 1/100           | Fallforhold tak                    |
| Renne helning [m/m]:                        | -               | Fallforhold renne                  |
| Renne bredde [m]:                           | -               | Bredde av nedsenket renne          |
| Renne minimum dybde [mm]:                   | -               | Dybde av nedsenket renne           |
| Trekantet åpning høyde [mm]:                | 25,00           | BlueProof Restrictor åpnings høyde |

## Funksjon

|   | Per tak | Per sluk |  |
|---|---------|----------|--|
| Maksimal tillatt påslipp [l/s]:             | -       | -        | Maksimalt tillatt påslipp                        |
| Beregnet vannstrømningsrate fra regn [l/s]: | 10,37   | 1,48     | Nedbør strømningsrate                            |
| Beregnet maksimal påslipp [l/s]:            | 1,93    | 0,28     | Maksimalt beregnet påslipp                       |
| Reduksjon i spissvannføring ved struping:   | 81 %    | -        | Reduksjon av vannføring pga Protan BP Restrictor |
| Maksimal vannstand ved struping [mm]:       | 98,20   | -        | Maksimalt vannstand                              |
| Varighet med vannstand på taket [timer]:    | 20,98   | -        | Tid med vann på taket                            |
| Regnvarighet med høyest utløp [min]:        | 180     | -        | Regnvarighet med høyest påslipp                  |
| Nedbørintensitet [l/(s ha)]:                | 63,84   | -        | Spesifikk nedbørintensitet med klimafaktor       |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:           | 95,05   | -        | Maksimalt vannvolum                              |
| Gjennomsnittlig last [kg/m <sup>2</sup> ]:  | 53,22   | -        | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal        |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]: | 98,20   | -        | Vekt på maks. beregnet vannstand                 |

## Maksimal Vannlast

|   |        |   |   |
|---|--------|---|---|
| Overløpets høyde over sluk [mm]:            | 100,00 | - |   |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:           | 98,14  | - |   |
| Gjennomsnittlig last [kg/m <sup>2</sup> ]:  | 54,37  | - | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]: | 100,00 | - | Vekt ved maks. vannstand                  |



## Tak detaljer - Tak 2

## PROTAN BLUEKALK

Prosjekt navn: Lindelia 41

### Tak beskrivelse & Nedbør data

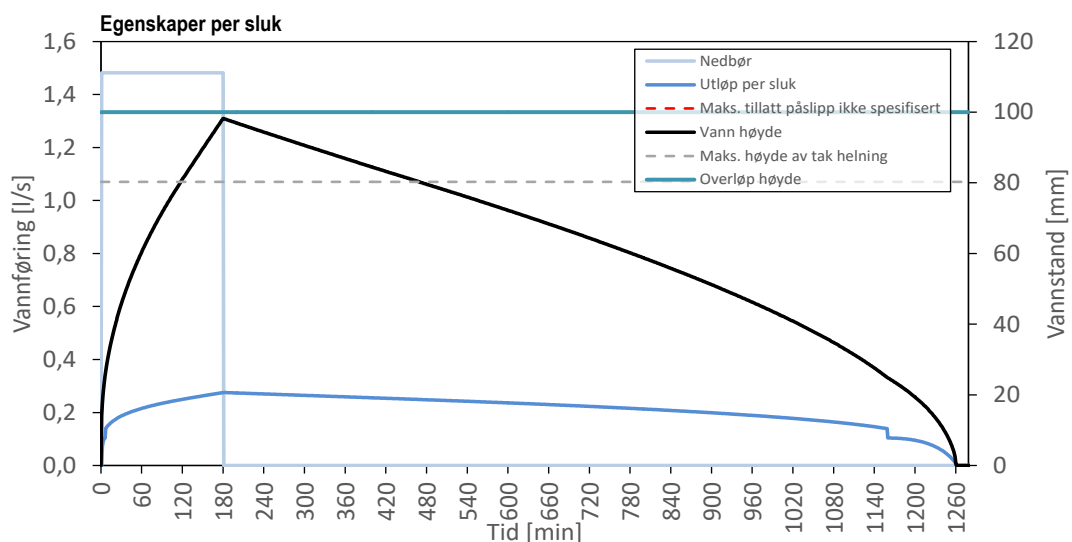
|   |                 |                                    |
|---|-----------------|------------------------------------|
| Tak / nedslagsfelt areal [m <sup>2</sup> ]: | 1805,00         | Takareal                           |
| Antall sluk per areal:                      | 7               | Antall Protan BP Restrictor på tak |
| Takfall løsning:                            | 2 veis m/ kiler | Drenerings metode                  |
| Hoved tak helning [m/m]:                    | 1/100           | Fallforhold tak                    |
| Renne helning [m/m]:                        | -               | Fallforhold renne                  |
| Renne bredde [m]:                           | -               | Bredde av nedsenket renne          |
| Renne minimum dybde [mm]:                   | -               | Dybde av nedsenket renne           |
| Trekantet åpning høyde [mm]:                | 25,00           | BlueProof Restrictor åpnings høyde |

### Funksjon

|   | Per tak | Per sluk |  |
|---|---------|----------|--|
| Maksimal tillatt påslipp [l/s]:                     | -       | -        | Maksimalt tillatt påslipp                        |
| Beregnet vannstrømningsrate fra regn [l/s]:         | 10,37   | 1,48     | Nedbør strømningsrate                            |
| Beregnet maksimal påslipp [l/s]:                    | 1,89    | 0,27     | Maksimalt beregnet påslipp                       |
| Reduksjon i spissvannføring ved struping:           | 82 %    | -        | Reduksjon av vannføring pga Protan BP Restrictor |
| Maksimal vannstand ved struping [mm]:               | 98,20   | -        | Maksimalt vannstand                              |
| Varighet med vannstand på taket [timer]:            | 20,98   | -        | Tid med vann på taket                            |
| Nedbørintensitet [l/(s ha)]:                        | 63,84   | -        | Spesifikk nedbørintensitet med klimafaktor       |
| Regnvarighet med høyest utløp [min]:                | 180     | -        | Regnvarighet med høyest påslipp                  |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:                   | 95,05   | -        | Maksimalt vannvolum                              |
| Vekt vann / vann dekket areal [kg/m <sup>2</sup> ]: | 53,22   | -        | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal        |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]:         | 98,20   | -        | Vekt på maks. beregnet vannstand                 |

### Maksimal Vannlast

|   |        |   |   |
|---|--------|---|---|
| Overløpets høyde over sluk [mm]:            | 100,00 | - |   |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:           | 98,14  | - |   |
| Gjennomsnittlig last [kg/m <sup>2</sup> ]:  | 54,37  | - | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]: | 100,00 | - | Vekt ved maks. vannstand                  |



# Tak detaljer - Tak 3

# PROTAN BLUEKALK

Prosjekt navn: Lindelia 41

## Tak beskrivelse & Nedbør data

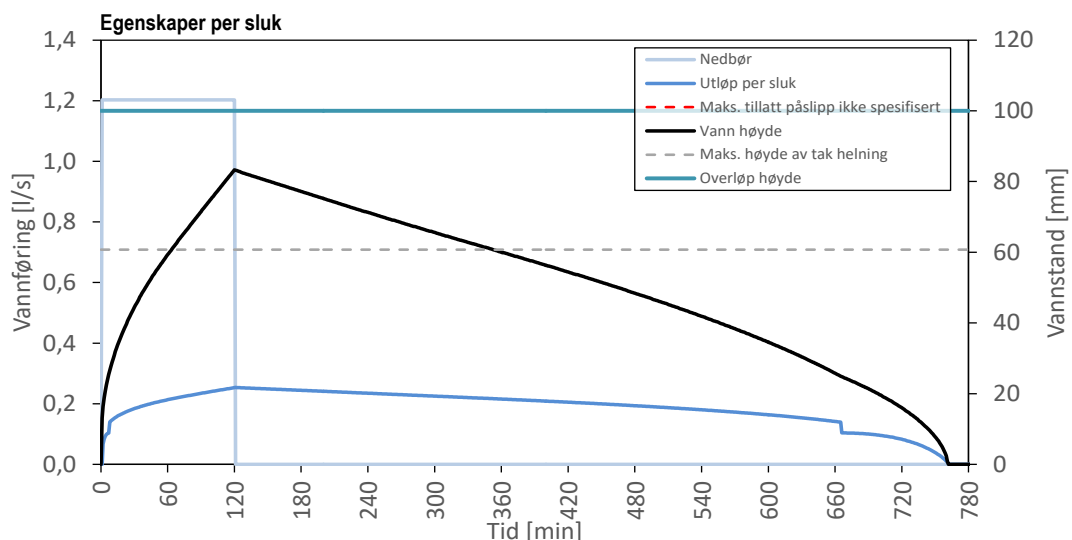
|   |                 |                                    |
|---|-----------------|------------------------------------|
| Tak / nedslagsfelt areal [m <sup>2</sup> ]: | 590,00          | Takareal                           |
| Antall sluk per areal:                      | 4               | Antall Protan BP Restrictor på tak |
| Takfall løsning:                            | 2 veis m/ kiler | Drenerings metode                  |
| Hoved tak helning [m/m]:                    | 1/100           | Fallforhold tak                    |
| Renne helning [m/m]:                        | -               | Fallforhold renne                  |
| Renne bredde [m]:                           | -               | Bredde av nedsenket renne          |
| Renne minimum dybde [mm]:                   | -               | Dybde av nedsenket renne           |
| Trekantet åpning høyde [mm]:                | 25,00           | BlueProof Restrictor åpnings høyde |

## Funksjon

|   | Per tak | Per sluk |  |
|---|---------|----------|--|
| Maksimal tillatt påslipp [l/s]:                     | -       | -        | Maksimalt tillatt påslipp                        |
| Beregnet vannstrømningsrate fra regn [l/s]:         | 4,81    | 1,20     | Nedbør strømningsrate                            |
| Beregnet maksimal påslipp [l/s]:                    | 1,00    | 0,25     | Maksimalt beregnet påslipp                       |
| Reduksjon i spissvannføring ved struping:           | 79 %    | -        | Reduksjon av vannføring pga Protan BP Restrictor |
| Maksimal vannstand ved struping [mm]:               | 83,30   | -        | Maksimalt vannstand                              |
| Varighet med vannstand på taket [timer]:            | 12,67   | -        | Tid med vann på taket                            |
| Regnvarighet med høyest utløp [min]:                | 120     | -        | Regnvarighet med høyest påslipp                  |
| Nedbørintensitet [l/(s ha)]:                        | 90,58   | -        | Spesifikk nedbørintensitet med klimafaktor       |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:                   | 28,77   | -        | Maksimalt vannvolum                              |
| Vekt vann / vann dekket areal [kg/m <sup>2</sup> ]: | 48,99   | -        | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal        |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]:         | 83,30   | -        | Vekt på maks. beregnet vannstand                 |

## Maksimal Vannlast

|   |        |   |   |
|---|--------|---|---|
| Overløpets høyde over sluk [mm]:            | 100,00 | - |   |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:           | 38,60  | - |   |
| Gjennomsnittlig last [kg/m <sup>2</sup> ]:  | 65,42  | - | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]: | 100,00 | - | Vekt ved maks. vannstand                  |



# Tak detaljer - Tak 4

# PROTAN BLUEKALK

|                |             |
|----------------|-------------|
| Prosjekt navn: | Lindelia 41 |
|----------------|-------------|

## Tak beskrivelse & Nedbør data

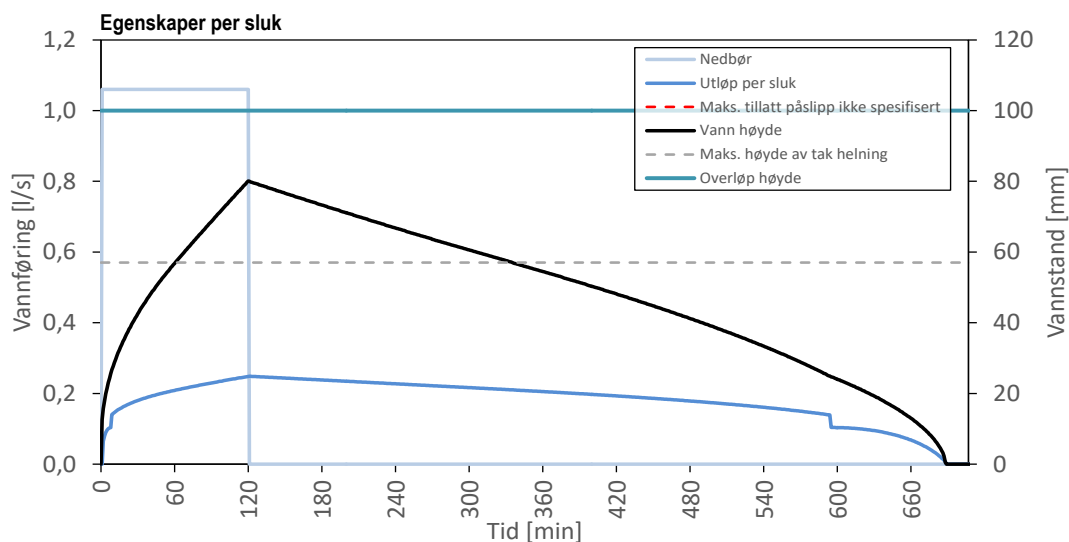
|   |                 |                                    |
|---|-----------------|------------------------------------|
| Tak / nedslagsfelt areal [m <sup>2</sup> ]: | 130,00          | Takareal                           |
| Antall sluk per areal:                      | 1               | Antall Protan BP Restrictor på tak |
| Takfall løsning:                            | 2 veis m/ kiler | Drenerings metode                  |
| Hoved tak helning [m/m]:                    | 1/100           | Fallforhold tak                    |
| Renne helning [m/m]:                        | -               | Fallforhold renne                  |
| Renne bredde [m]:                           | -               | Bredde av nedsenket renne          |
| Renne minimum dybde [mm]:                   | -               | Dybde av nedsenket renne           |
| Trekantet åpning høyde [mm]:                | 25,00           | BlueProof Restrictor åpnings høyde |

## Funksjon

|   | Per tak | Per sluk |  |
|---|---------|----------|--|
| Maksimal tillatt påslipp [l/s]:                     | -       | -        | Maksimalt tillatt påslipp                        |
| Beregnet vannstrømningsrate fra regn [l/s]:         | 1,06    | 1,06     | Nedbør strømningsrate                            |
| Beregnet maksimal påslipp [l/s]:                    | 0,24    | 0,24     | Maksimalt beregnet påslipp                       |
| Reduksjon i spissvannføring ved struping:           | 77 %    | -        | Reduksjon av vannføring pga Protan BP Restrictor |
| Maksimal vannstand ved struping [mm]:               | 80,10   | -        | Maksimalt vannstand                              |
| Varighet med vannstand på taket [timer]:            | 11,45   | -        | Tid med vann på taket                            |
| Regnvarighet med høyest utløp [min]:                | 120     | -        | Regnvarighet med høyest påslipp                  |
| Nedbørintensitet [l/(s ha)]:                        | 90,58   | -        | Spesifikk nedbørintensitet med klimafaktor       |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:                   | 6,20    | -        | Maksimalt vannvolum                              |
| Vekt vann / vann dekket areal [kg/m <sup>2</sup> ]: | 47,85   | -        | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal        |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]:         | 80,10   | -        | Vekt på maks. beregnet vannstand                 |

## Maksimal Vannlast

|   |        |   |   |
|---|--------|---|---|
| Overløpets høyde over sluk [mm]:            | 100,00 | - |   |
| Maksimal volum [m <sup>3</sup> ]:           | 8,78   | - |   |
| Gjennomsnittlig last [kg/m <sup>2</sup> ]:  | 67,54  | - | Maks. vekt vann / maks. vann dekket areal |
| Makslast ved lavpunkt [kg/m <sup>2</sup> ]: | 100,00 | - | Vekt ved maks. vannstand                  |









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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway