

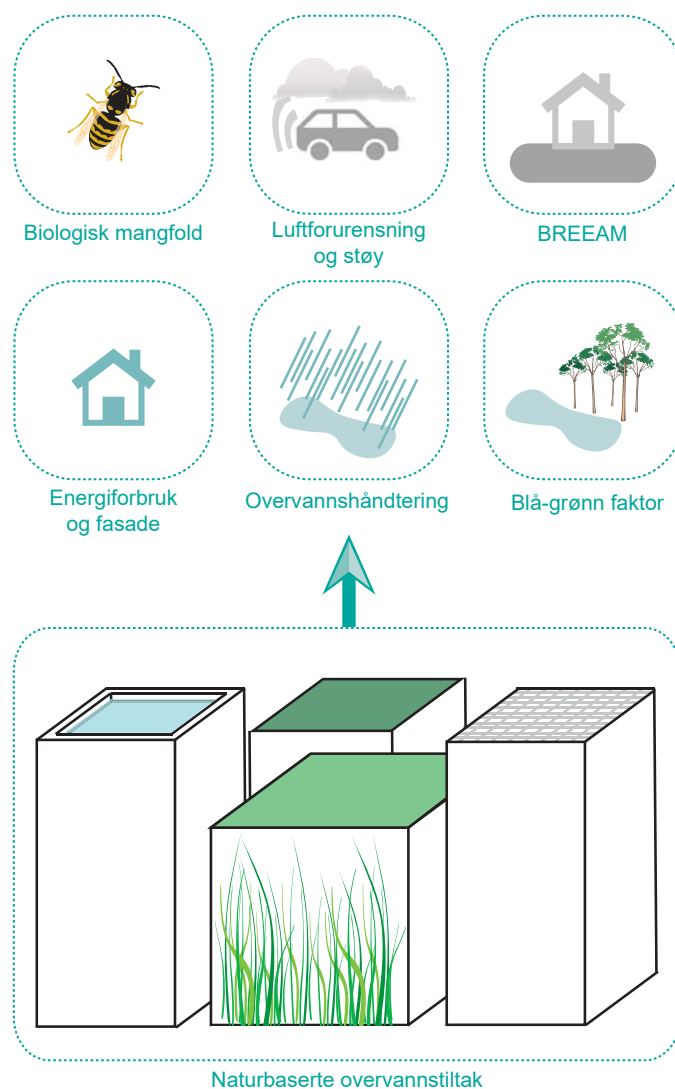


Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

| | |
|---|--|
| Studieprogram/spesialisering: Femårig Master i Teknologi (Siv. ing) i Byplanlegging | Vårsemesteret 2018 Åpen |
| Forfatter: Amalie Undheim | (signatur forfatter) |
| Fagansvarlig: Harald N. Røstvik Veileder: Anna Mellgren v/Asplan Viak AS | |
| Tittel på masteroppgaven: Engelsk tittel: | Naturbaserte overvannstiltak sitt potensiale til å fremme en bærekraftig byutvikling Nature-based stormwater measures potential to promote sustainable city development |
| Studiepoeng: 30 | |
| Emneord: Overvannshåndtering Økosystemtjenester Blågrønn faktor BREEAM Byplanlegging | Sidetall: 97 + 12 vedlegg Stavanger, 15.06.2018 |



NATURBASERTE OVERVANNSTILTAK SITT POTENSIALE TIL Å FREMME EN BÆREKRAFTIG BYUTVIKLING

Forord

Denne masteroppgaven er en avslutning på femårige masterstudium innen byplanlegging ved Universitetet i Stavanger. Temaet for oppgaven er lokal overvannshåndtering i kombinasjon med bygninger. Oppgavens tema er valgt ut fra egen interesse for effektiv arealutnyttelse og naturbaserte overvannstiltak, samt et økende behov for kunnskap innen dette fagfeltet i Norge.

Arbeidet med denne oppgaven har vært både spennende, lærerikt og utfordrende. Jeg sitter igjen med en økt forståelse av naturens rolle i byen og de komplekse utfordringene planleggere står ovenfor i denne sammenhengen. Jeg har også blitt mer bevisst på hvor stor rolle det tverrfaglige samarbeidet på tvers av fagfelt har for å skape helhetlige og hensiktsmessige planer.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder Harald N. Røstvik, ved Universitetet i Stavanger, som har bistått med gode råd gjennom arbeidet med denne oppgaven.

Jeg ønsker også å rette en stor takk til min eksterne veileder Anna Mellgren, ved Asplan Viak, som har vært en god støttespiller, bistått med gode råd og oppmuntring gjennom perioden. Jeg vil også takke resten av mine medarbeidere hos Asplan Viak for gode råd gjennom arbeidet med denne oppgaven.

En takk til Bergknapp, Storm Aqua, Protan, VA systemer, Leca Norge og Knut G. Austad for engasjement og bistand med teknisk informasjon.

Til slutt vil jeg takke min forlovede, familie og venner for god hjelp og støtte gjennom utdannelsen og masteroppgaven.

Stavanger, 15.06.2018

Amalie Undheim

Sammendrag

Fortetting og urbanisering har ført til at man har bygget naturen ut av byen og ledet overvannet hurtigst mulig bort fra overflaten gjennom lukkede rørsystemer. Kapasitetsproblemer, flomskader og reduksjon av produserte økosystemtjenester har derimot fått oss til å vende tilbake til naturen for inspirasjon for å løse de komplekse utfordringene som nå oppstår som en følge av fortetting og et endrende klima. I urbane områder er det ofte begrenset med tilgjengelig areal på bakkenivå, til ulike arealformål. Oppgaven fokuserer derfor på naturbaserte overvannstiltak som kan kombineres med byens hovedkomponenter, nemlig bygningene. Denne typen tiltak er grønne vegger i kombinasjon med regnbed, grønne- og blå-grå tak.

Formålet med denne oppgaven er å øke bevisstheten om hvordan naturbaserte overvannstiltak kan erstatte eller være et supplement til kommunalt ledningsnett, samt hvilke andre positive ringvirkninger de kan gi i tettbygde urbane områder. Gjennom et litteraturstudie analyseres de naturbaserte overvannstiltakenes innvirkning på urbane økosystemtjenester som det biologiske mangfoldet, lokal luftkvalitet, støy, energiforbruk i bygninger, fasadens levetid og overvannshåndtering. De ulike tiltakenes påvirkning på prosjekters klassifisering innen planleggingsverktøyene BREEAM og Blågrønn faktor blir også analysert. Oppgaven belyser også noen generelle utfordringer med konvensjonell håndtering av overvann, et endrende klima og dagens fortettingsstrategi. Det er videre lagt frem et eksempel på hvordan man kan anvende naturbaserte overvannstiltak i et tettbygd område i Rogaland, Sandnes. Eksempelområdet er en typisk fortettings situasjon, hvor allerede utbygd tomt transformeres. Eksempelet viser hvordan naturen har gått fra å være en ressurs, til en trussel og igjen innføres som en ressurs i bymiljøet. Utvalgt kombinasjon av tiltak vurderes videre i planleggingsverktøyene BREEAM og Blå-grønn faktor.

Tiltakenes innvirkning på de utvalgte urbane økosystemtjenestene er varierende. Det er en sterk sammenheng mellom tiltakenes produksjon og anvendt substrat- og vegetasjons tykkelse. Ikke vegeterte tiltak skiller seg derfor kraftig ut ved at de i hovedsak har god evne til å håndtere overvann, men ingen produksjon av øvrige tjenester. De ulike tiltakene har god evne til å håndtere all dagligdags nedbør, som vil si nedbør mindre enn 20mm, innen første ledd i treleddsstrategien til Norsk vann. Ved dimensjonerende nedbør vil de ulike tiltakene derimot ha en varierende evne til å håndtere overvann, gjennom fordrøyning og reduksjon av spissavrenningen til ledningsnettet. Det er et sterkt skille mellom tiltak på tak og på bakkenivå, hvor regnbed i kombinasjon med grønne vegger har potensiale til å håndtere opp mot 24 ganger mer overvann enn et ekstensivt grønt tak. Dette er grunnet ulike muligheter for substratdybder, samt åpen og lukket fordrøyning. Presenterte tiltak har også variert verdsetting i BREEAM og Blå-grønnfaktor. Ut fra eksempelområdet kan man se at kombinasjon av valgte tiltak bare kan innhente 11 av 110 poeng i BREEAM, mens i Blågrønn faktor innhentes alle poengene fra ulike naturbaserte overvannstiltak.

Det er likevel viktig å løfte blikket fra enkeltprosjekter og se byen og nedbørsfeltet under ett. Kombinasjon av punkttiltak kan redusere og forsinke flomtoppen nedstrøms i nedbørsfeltet. Det er derfor viktig med en overordnet planlegging, for å minimere skade i samling og transportsonen av nedbørsfeltet. En slik overordnet planlegging legger også til rette for et bedre lokalt klima og stoppesteder for flyvende arter gjennom byen, som understøtter det biologiske mangfoldet og en bærekraftig byutvikling.

Abstract

Densification and urbanization have resulted in removal of nature from the city and handling stormwater as soon as possible through closed sewage systems. Capacity problems, flood damage and reduction of manufactured ecosystem services have, however, made us return to nature for inspiration, to solve the complex challenges that now arise because of densification and a changing climate. In urban areas there is often a shortage of space for various area purposes. The task therefore focuses on nature-based stormwater measures that can be combined with the city's main components, the buildings. This type of measures is green walls combined with rain-gardens, green- and blue-gray roofs.

The purpose of this task is to raise awareness of how nature-based stormwater measures can replace or be a supplement to the sewage system, as well as what other positive ripple effects they can provide in dense urban areas. Through a literature study the impact of nature-based stormwater measures on urban ecosystem services such as biodiversity, local air quality, noise, energy consumption in buildings, facade life and stormwater management are analyzed. The impact of the various measures on project classification within the planning tools BREEAM and Blue Green factor is also analyzed. The task also highlights some general challenges with conventional management of stormwater, a changing climate and today's densification strategy. An example is also given of how to use nature-based stormwater measures in a densely populated area in Rogaland, Sandnes. The sample area is a typical densified area where already expanded land is transformed. The example shows how nature has gone from being a resource, to a threat and again introduced as a resource in the urban environment. Selected combination of measures is further assessed in the planning tools BREEAM and Blue-Green Factor.

The selected stormwater measures has an varied impact on the chosen urban ecosystem services. There is a strong correlation between the measures production, used substrate thickness and vegetation. Non-vegetated measures therefore differ greatly because they mainly have good ability to handle stormwater, but no production of other services. The various measures have a good ability to handle all everyday rainfall, rainfall less than 20mm, within the first part of the three point-strategy, by Norsk Vann. With greater rainfalls, however, they will have a very varying capacity to handle stormwater and reduction of the peak runoff to the sewage system. There is a strong distinction between roof and ground level measures where rain garden in combination with green walls have the potential to handle up to 24 times more stormwater than an extensive green roof. This is due to various possibilities for substrate depths, as well as open and closed stormwater storage. Presented measures also have varied values in BREEAM and Blue-Green Factor. For example did the combination of selected measures in the example area only obtain 11 out of 110 points in BREEAM, while in Blue-Green Factor all points are obtained from various nature-based stormwater measures.

Nevertheless, it is important to see the city and the precipitation field as one area. Combination of point measures can reduce and delay the flood peak downstream of the precipitation field. It is therefore important with overall planning, to minimize damage in the collection and transport zone of the precipitation field. Such an overall planning also facilitates a better local climate and pit stops for flying species throughout the city, which supports biodiversity and sustainable urban development.

Ordliste

| Ord/uttrykk | Definisjon | Kilde |
|-----------------------------|---|--------------------------------|
| <i>Overvann</i> | Alt vann som renner eller samles på overflaten, som følge av nedbør eller smeltevann. | (NOU 2015:16 ,2015, s.7) |
| <i>Flomvei</i> | Trase som avleder overvann til resipient. Kan være naturlig eller planlagt. Eksempel på dette er grøft, gate og renner. | (NOU 2015:16 ,2015, s.7) |
| <i>Resipient</i> | Mottaker av overvann. For eksempel grunnen, elv, innsjø eller havet. | (Norsk Vann, 2008, s.31) |
| <i>Økosystemtjenester</i> | Tjenester som naturen produserer, som direkte og indirekte bidrar til menneskelig velferd. | (Magnussen et. al, 2015, s.13) |
| <i>Biologisk mangfold</i> | Også kalt biodiversitet, er mangfoldet av levende organismer. Det vises ofte til antall arter, men kan også vise til genetisk mangfold innenfor arten. | (Ratikainen, 2017) |
| <i>Avreningskoeffisient</i> | Prosentvis andel overvann som renner av på overflaten. Jo mindre koeffisient, desto mer overvann håndteres. | |
| <i>Infiltrasjon</i> | Vannets evne til å trenge ned i grunnen. | |
| <i>Fordøryning</i> | Tilbakeholdelse av overvann, som forsinker avrenningen til det kommunale ledningsnettets eller resipient. | |
| <i>Klimafaktor</i> | Sikkerhetsverdi for å ta høyde for et endrende klima i beregningene for fremtidig nedbørssituasjon. Denne faktoren varierer fra område til område. | |
| <i>Treleddsstrategi</i> | Kombinasjon av tiltak som infiltrerer, fordøryer og avleder overvann til resipient. | (NOU 2015:16 ,2015, s.8) |
| <i>Varmeledningsevne</i> | Også kalt lambda-verdi [λ], målt i W/mK. Er et mål på hvor effektivt varmetransporten bremses gjennom konstruksjonen. | (Berge, 2017) |
| <i>U-verdi</i> | Også kalt varmegjennomgangskoeffisient, er et mål på konstruksjonens evne til å slippe gjennom varme. En god isolert bygningsdel har en lav U-verdi. Oppgis i W/m ² K. | (Byggforsk, 2003) |
| <i>Evporasjon</i> | Når vann fordamper fra jordsmonn og vegetasjon | (Grunnvann i Norge, s.a.) |
| <i>Intersepsjon</i> | Når nedbøren fanges opp av vegetasjonen før den når substratet. | (Grunnvann i Norge, s.a.) |
| <i>Transpirasjon</i> | Vannets bevegelse gjennom vegetasjonen, fra det tas opp av roten til det fordamper gjennom bladene. | (Grunnvann i Norge, s.a.) |

Innhold

| | |
|------------|--|
| Forord | |
| Sammendrag | |
| Abstract | |
| Ordliste | |
| Innhold | |

Del 1. Introduksjon

| | |
|---|------|
| 1.1. Problemstilling..... | s.11 |
| 1.2. Oppbygning av oppgaven..... | s.12 |
| 1.3. Metode..... | s.13 |
| 1.3.1. Litteraturstudie..... | s.13 |
| 1.3.1.1. Vurdering av litteraturen..... | s.13 |
| 1.3.2. Muntlig kommunikasjon..... | s.14 |
| 1.3.3. Eksempelområde..... | s.14 |

Del 2. Bakgrunn

| | |
|--|------|
| 2.1. Hydrologi..... | s.16 |
| 2.1.1. Urban hydrologi..... | s.16 |
| 2.2. Et endrende klima..... | s.17 |
| 2.3. Bærekraftig byplanlegging..... | s.18 |
| 2.4. Urbane økosystemtjenster..... | s.18 |
| 2.5. Dagens situasjon..... | s.20 |
| 2.5.1. Grønnstruktur i byer og tettsteder..... | s.21 |
| 2.6. Et grønt valg..... | s.21 |

Del 3. Strategier og dimensjoneringsgrunnlag for lokal overvanns håndtering

| | |
|--|------|
| 3.1. Treleddstrategien..... | s.24 |
| 3.2. Nedbørsfelt basert planlegging..... | s.25 |
| 3.3. Dimensjoneringsgrunnlag..... | s.26 |
| 3.3.1. Den rasjonelle formelen..... | s.26 |
| 3.3.1.1. Dimensjonerende nedbørintensitet..... | s.26 |
| 3.3.1.2. Avrenningskoeffisienter..... | s.27 |
| 3.3.1.3. Klimafaktor..... | s.28 |
| 3.3.2. Jordartenes egenskaper..... | s.28 |

Del 4. Prinsipper for håndtering av overvann

| | |
|---|------|
| 4. Overvann i urbane områder..... | s.31 |
| 4.1. Frakobling av taknedløp..... | s.31 |
| 4.1.1. Åpne vannrenner og supplerende tiltak..... | s.31 |
| 4.2. Grønne tak | s.32 |
| 4.2.1. Ekstensive tak..... | s.36 |
| 4.2.2. Semi-intensive tak..... | s.37 |
| 4.2.3. Intensive tak..... | s.37 |
| 4.2.3.1. Takhager..... | s.38 |
| 4.2.3.2. Urban Rooftop Farming..... | s.38 |
| 4.3. Blå-grå tak..... | s.39 |
| 4.3.1. Overvannsmagasiner..... | s.39 |
| 4.3.2. Gangbart areal..... | s.41 |

| | |
|--|-------|
| 4.4. Grønne vegger..... | s. 43 |
| 4.4.1. Substrat på fasade..... | s. 43 |
| 4.4.2. Grønn vegg med vaiersystem..... | s. 44 |
| 4.4.2.1. Regnbed i kombinasjon med grønne vegger..... | s. 45 |
| 4.4.2.2. Regnbed med lukket infiltrasjonskammer..... | s. 48 |
| 4.4.2.3. Vaiersystem i kombinasjon med fordrøyende plantekasser..... | s. 49 |

Del 5. Økosystemtjenester av overvannstiltak på tak og vegger

| | |
|--|-------|
| 5.0 Økosystemtjenester av overvannstiltak på tak og vegger..... | s. 52 |
| 5.1. Overvannshåndtering..... | s. 52 |
| 5.2. Biologisk mangfold..... | s. 55 |
| 5.3. Luftforurensning og støy..... | s. 57 |
| 5.4. Energiforbruk og fasade..... | s. 59 |
| 5.5. Sammenligning av tiltakenes innvirkning på utvalgte økosystemtjenester..... | s. 62 |
| 5.5.1. Begrunnelse for klassifisering av utvalgte økosystemtjenester..... | s. 62 |

Del 6. Verktøy for å fremme lokal overvanns håndtering

| | |
|---------------------------|-------|
| 6.1. Blågrønn faktor..... | s. 65 |
| 6.2. BREEAM NOR..... | s. 66 |

Del 7. Overvannshåndtering i urbane områder. - Et eksempelområde.

| | |
|--|-------|
| 7.0. Eksempelområde..... | s. 69 |
| 7.1. Bakgrunn..... | s. 69 |
| 7.1.1. Gjeldende planer..... | s. 70 |
| 7.1.2. Eksisterende forhold..... | s. 71 |
| 7.2. Hydraulisk dimensjonering..... | s. 72 |
| 7.2.1. Avrenning fra vedliggende områder..... | s. 72 |
| 7.2.2. Avrenningssituasjon før urbanisering..... | s. 72 |
| 7.2.3. Dagens avrenningssituasjon..... | s. 73 |
| 7.2.4. Fremtidig avrenningssituasjon..... | s. 74 |
| 7.2.4.1. Valgte tiltak..... | s. 74 |
| 7.3. Blågrønn faktor og BREEAM..... | s. 78 |
| 7.3.1. BREEAM vurdering av eksempelområdet..... | s. 78 |
| 7.3.2. Blågrønn faktor vurdering av eksempelområdet..... | s. 80 |

Del 8. Konklusjon og refleksjon

| | |
|----------------------|-------|
| 8.1. Konklusjon..... | s. 82 |
| 8.2. Refleksjon..... | s. 85 |

Del 9. Referanser

| | |
|---------------------------|------|
| 9.1. Litteraturliste..... | s.88 |
| 9.2. Figurliste..... | s.92 |
| 9.3. Tabelliste..... | s.96 |

Vedlegg

| | |
|---|---|
| Vedlegg 1: Beregninger for overvannsmagasin på tak | Vedlegg 8: Beregninger for før urbanisert situasjon |
| Vedlegg 2: LECA 1,5-2,5 egenskaper | Vedlegg 9: IVF-kurve for Sandnes - Rovik |
| Vedlegg 3: Magasieringsvolum for presenterte regnbed | Vedlegg 10: Beregninger for fremtidig situasjon |
| Vedlegg 4: Fordrøyende plantekasse | Vedlegg 11: Flomsone kart for Storåna |
| Vedlegg 5: Spalteplate | Vedlegg 12: Ulike tiltak på tak sin evne til å |
| Vedlegg 6: Blågrønn faktor for BKB6 | fordrøye overvann og |
| Vedlegg 7: Avrenningskurve for før urbanisert situasjon | redusere spissavrenningen |

1.1. Problemstilling

Lokal overvannshåndtering har vært særlig i fokus de siste årene, hvor vi har fått kjenne på kroppen at virkningene av klimaendringene er en realitet. Jaget etter å skape et bærekraftig samfunn skaper en kamp mellom ulike installasjoner og bruksområder både på bakkenivå og i bygningskroppen.

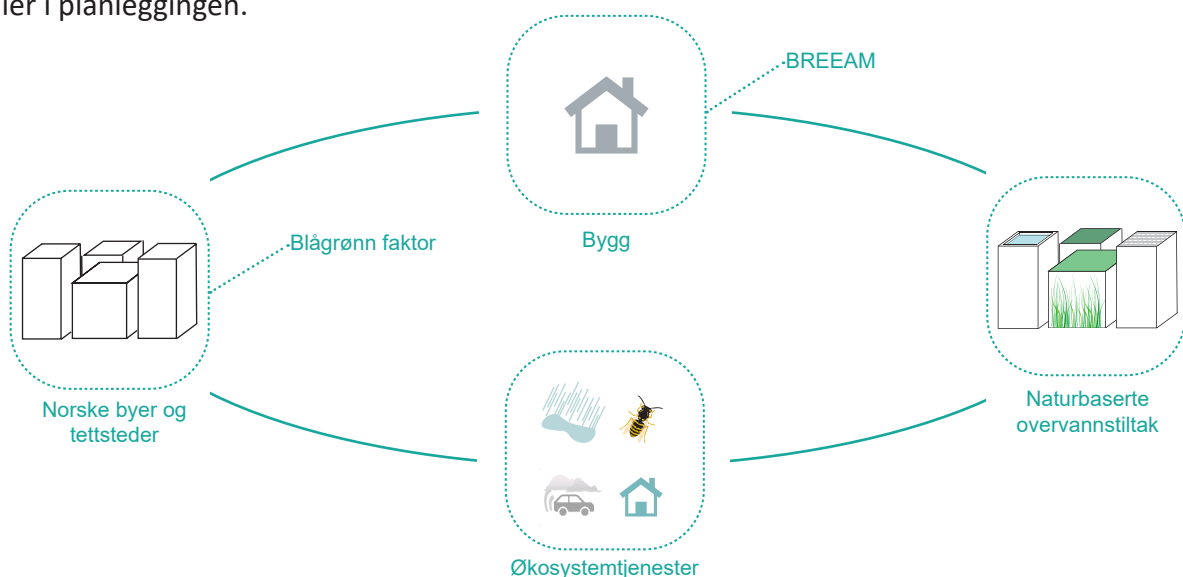
Med et overordnet tema overvannstiltak i kombinasjon med bygninger vil oppgaven ta for seg følgende problemstilling:

- Hvorfor og hvordan kan lokale naturbaserte overvannstiltak i tettbebygde urbane områder være med på å fremme en bærekraftig byutvikling i norske byer og tettsteder?

For å besvare problemstillingen på best mulig måte er det også formet tre ulike forskningsspørsmål. De er som følger:

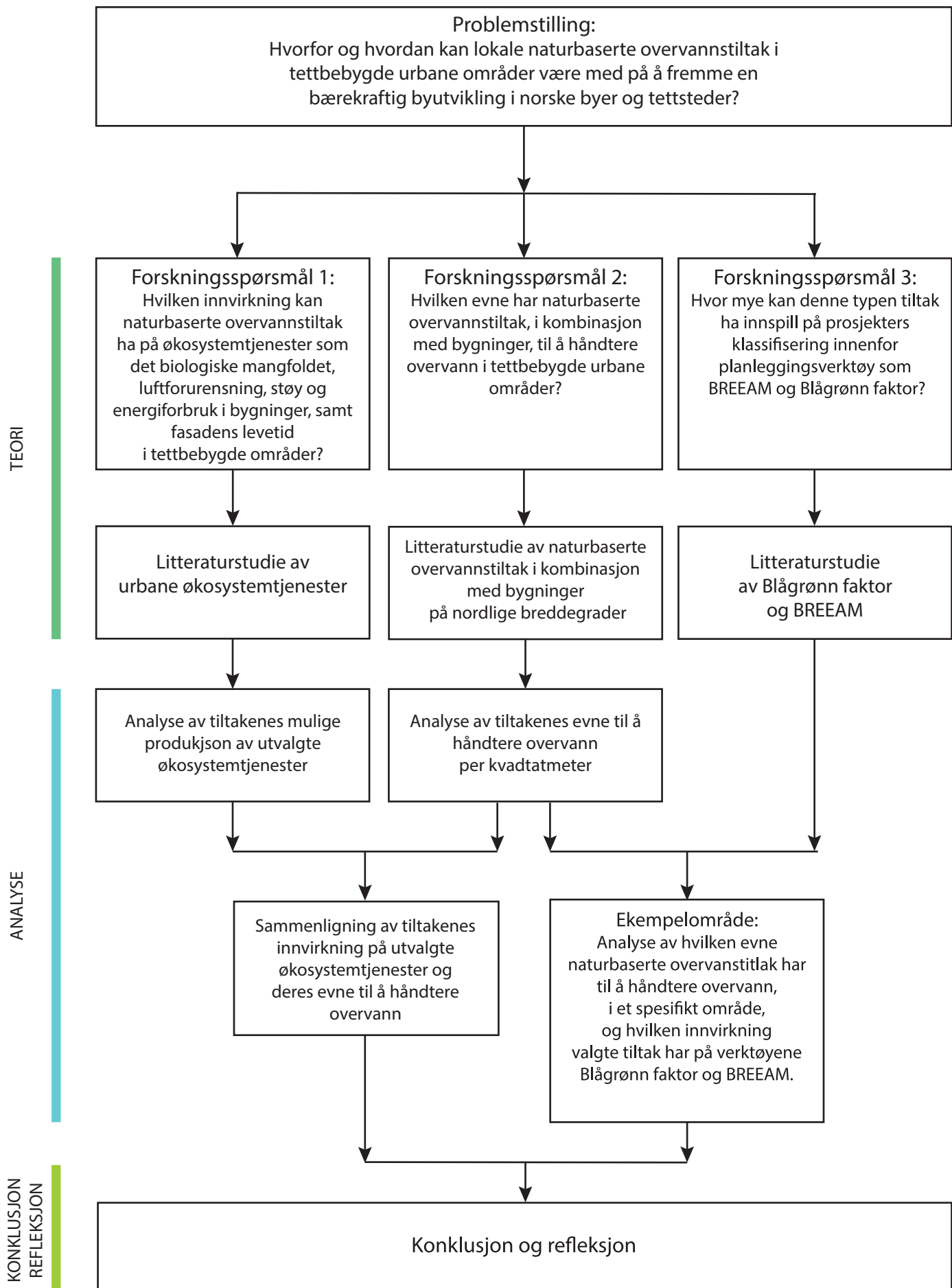
- Hvilken innvirkning kan naturbaserte overvannstiltak ha på økosystemtjenester som det biologiske mangfoldet, luftforurensning, støy og energiforbruk i bygninger, samt fasadens levetid i tettbebygde områder?
- Hvilken evne har naturbaserte overvannstiltak, i kombinasjon med bygninger, til å håndtere overvann i tettbebygde urbane områder?
- Hvor mye kan denne typen tiltak ha innspill på prosjekters klassifisering innenfor planleggingsverktøy som BREEAM og Blågrønn faktor?

Gjennom problemstillingen og forskningsspørsmålene vil det forskes på ulike alternativer for å håndtere overvann i kombinasjon med bygningskroppen. Det fokuseres på tiltak tilpasset krav i norske lover og forskrifter, som vil være hensiktsmessig å gjennomføre i urbane områder i Norge. Det vil også forskes på de ulike tiltakenes produksjon av økosystemtjenester, samt hvilken innvirkning de kan ha på det enkelte bygg og i byer under norske forhold. Gjennom oppgaven vil det også gjøres forsøk på å skape en helhetlig forståelse av hvorfor og hvordan man håndterer overvann lokalt i urbane områder, tilpasset Norske værforhold. Oppgaven skal prøve å frembringe kunnskap om mulighetene som finnes i nærhet til bygningskroppen og hvilke som er mest anvendelige i Norge, Rogaland. Det er også til hensikt å løfte frem hvilke økosystemtjenester åpen naturbasert overvannshåndtering kan produsere i det urbane miljø. Oppgaven løfter også frem hvilken rolle denne typen overvannstiltak har i planleggingsverktøy som BREEAM og Blå-grønn faktor, som har til hensikt å fremme bærekraftig design og sikre blå-grønne verdier i planleggingen.



Figur 1.1: Oppgavens ulike skala og fokusområder

1.2. Oppbygning av oppgaven



Figur 1.2: Oppgavens oppbygning

1.3. Metode

Oppgaven har en kvantitativ orientert forskningsstrategi, basert på kvantitativ data. Det er også anvendt kvalitative metoder, hvor det har vist seg å være aktuelt. Det er valgt å gjennomføre oppgaven på denne måten for å øke oppgavens pålitelighet, som vil si muligheten for å gjenbruke informasjonen som presentert i oppgaven i lignende prosjekter.

På grunn av oppgavens begrensede tidshorisont har det ikke vært anledning til å gå like dypt inn i begge forskningsspørsmålene. Det er derfor lagt en hovedvekt på hvilke ulike naturbaserte overvannstiltak som kan kombineres med bygninger og tettbebygde urbane områder, samt hvilke økosystemtjenester de ulike presenterte tiltakene kan produsere.

1.3.1. Litteraturstudie

For å besvare problemstillingen på best mulig måte er det tatt i bruk litteraturstudie av en rekke ulike relevante kilder. Det er gjennomgått ulike fagartikler, forskningsrapporter, bøker, produktkataloger og referanseprosjekter. Mengden norsk litteratur innenfor de ulike deltemaene har vist seg å være svært varierende. Dette er trolig forårsaket av at enkelte metoder er relativt nye i Norge og at det er flere pågående forskningsprosjekt som er i prosessen ved å publisere sitt arbeid.

1.3.1.1. Vurdering av litteraturen

Det er gjort et forsøk på å finne et representativt utvalg av litteratur, man må likevel ta høyde for at ulike publikasjoner ikke har blitt analysert i oppgaven. Man må også ta høyde for at dokument gjennomgått i litteraturstudiet er tertiærtida. Dette vil si at forskningsresultater beskrevet i dokumentene er samlet inn og tolket av andre forskere, hvor informasjon fra dokument bærer på andres utsagn.

Forskningsartikler, NOU og bøker

Brukte forskningsartikler, NOU og bøker ansees å ha høy validitet. Det finnes en hel del forskning på bruk av grønne og blå – grå tak under nordiske forhold og det er flere pågående forskningsprosjekter som understøtter bruken av denne typer overvannshåndtering i Norge. Dette styrker oppgavens validitet. Det er likevel gjennomført svært begrenset forskning innenfor bruk av grønne vegger, i form av klatre og slyng planter i kombinasjon med regnbed. Løsninger presentert i oppgaven bygger på litteratur fra blant annet England, Sverige og USA, samt samtaler med produsenter og rådgivende ingeniører. Noe som opprettholder oppgavens validitet.

Det skjer mye innenfor dette fagfeltet for tiden og enkelte kilder har vist seg å være utdaterte ved at de hevder ulike hypoteser som ikke lenger er gjeldende for Norsk praksis. Dette har vist seg å være en utfordring. Det er likevel som nevnt mye ny forskning under utarbeidelse.

Produktkataloger

Produktkataloger er brukt for å kunne presentere ulike naturbaserte tiltak som man kan få tilgang til i Norge i dag. Produktkataloger har en salgs orientert agenda, noe som trekker ned nøytraliteten og validiteten av deler av dokumentet, ved at bare de positive effektene av de ulike tiltakene løftes frem.

1.3.2. Muntlig kommunikasjon

Problemstillingen og forskningsspørsmålene løfter frem en svært bred og tverrfaglig utfordring. Naturbasert overvannshåndtering i tettbebygde urbane områder er et allsidig tema som spiller en sentral rolle i flere fagfelt. Det har derfor vært essensielt for arbeidet med oppgaven å ha en løpende dialog med ulike fagpersoner. Dette er ikke en direkte metode men har vært avgjørende for å samle inn ønsket kunnskap om tiltak, som kan tas i bruk i Norge og de ulike økosystemtjenestene de kan gi.

Informasjonen er hentet inn gjennom samtaler og e-post utvekslet med fagpersoner fra flere ulike fagfelt, som vann- og avløpsteknikk, landskapsarkitektur og bygningsfysikk, samt produsenter. Det er også gjennomført samtaler med enkelt personer med spesiell interesse for de ulike temaene som er presentert i oppgaven. Dette er gjennomført for å få skape et bredt kunnskapsgrunnlag for de ulike økosystemtjenestene naturbaserte overvannstiltak kan gi.

1.3.3. Eksempelområde

I denne oppgaven er det ønske om å beskrive hvordan man ved bruk av naturbaserte overvannstiltak kan håndtere overvann og løse andre bymessige utfordringer som har oppstått gjennom tidene. Oppgaven presiseres ved å legge vekt på et eksempelområde, for å vise teori fra litteraturstudiet i praksis. Eksempelområdets mulighet til å håndtere de forventede økte overvannsmengende lokalt innenfor sin regulerte avgrensning analyseres. Dermed blir det også foreslått en kombinasjon av løsninger for å håndtere overvannet.

Eksempelområdet vil også anvendes til å vise hvordan naturbaserte overvannstiltak i tettbebygde urbane områder kan ha innvirkning på planleggingsverktøy som BREEAM og Blågrønn faktor.

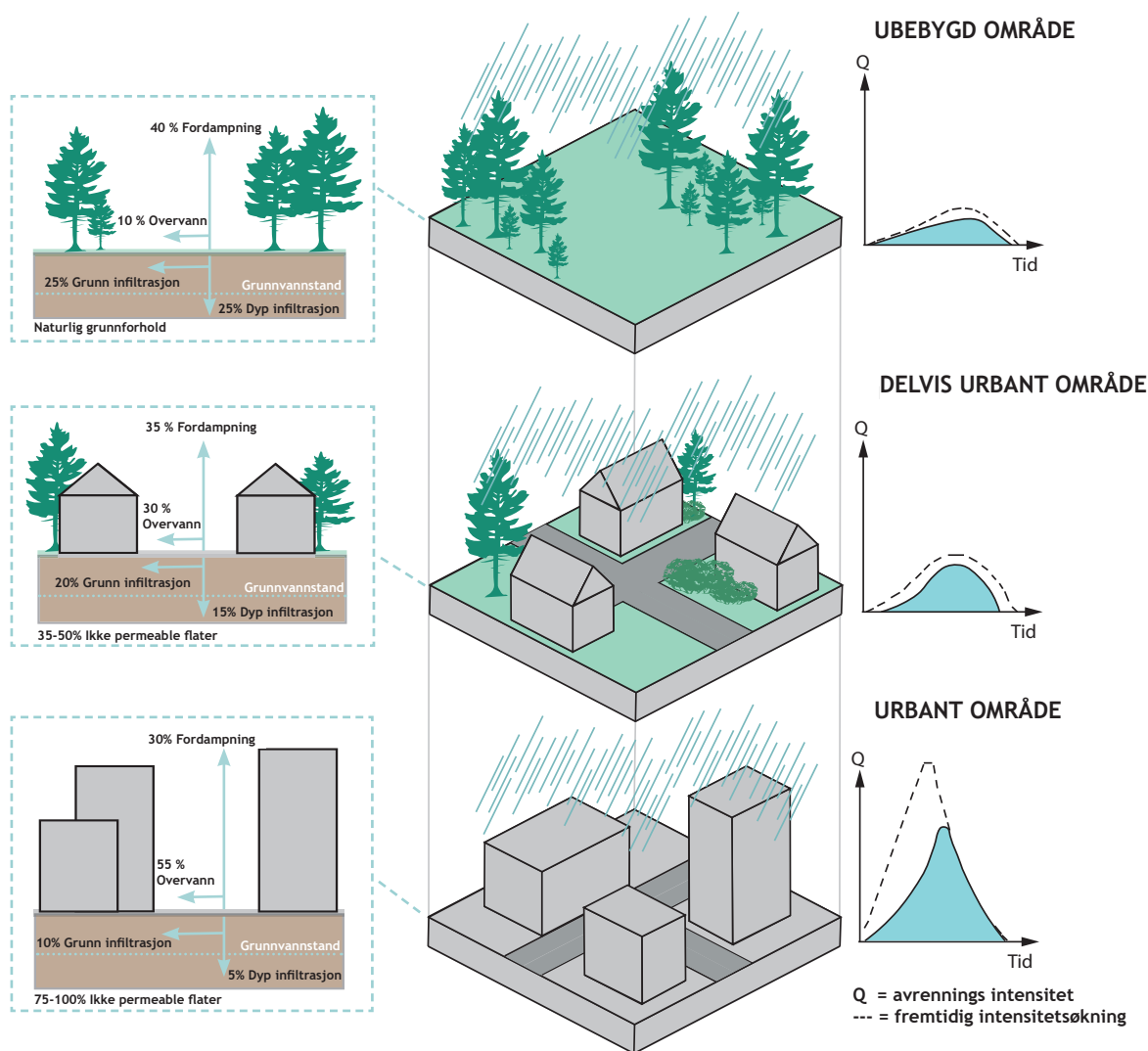
Informasjon generert fra eksempelområdet kan ikke direkte anvendes i andre tettbebygde urbane områder. Hvert område må analyseres og tiltak må tilpasses hver enkelt områdes nedbørsituasjon, topografi og øvrige stedlige faktorer. Dette er spesielt med tanke på overvannshåndtering hvor det legges opp til infiltrasjon i stedlige masser.

2.1. Hydrologi

Det hydrologiske kretsløpet, også kjent som vannets kretsløp, beskriver vannets sirkulasjon mellom havet, atmosfæren, jordens overflate og grunnen. Vannet skifter mellom fast-, flytende- og gassform på reisen gjennom kretsløpet. Oppholdstiden i de ulike tilstandene varierer. Dette er med tanke på lokale og regionale forskjeller av nedbørsmengder, magasinering, grunnvannstand, smeltevann og overflateavrenning. Overvann defineres som all overflateavrenning som følge av nedbør og smeltevann. Mengden overvann i et område avhenger av en rekke faktorer, som grunnforhold, topografi, nedbørsmengder og nedbørintensitet. (NOU 2015:16, 2015, s. 30) Det er viktig å ha kunnskap om det hydrologiske kretsløpet for å kunne lage helhetlige og hensiktsmessige løsninger for overvannshåndtering.

2.1.1. Urban Hydrologi

Urbanhydrologi omhandler den delen av det hydrologiske kretsløpet som er knyttet til bebygde områder og har stor påvirkning på det lokale nedbørfeltet. Gjennom urbanisering og fortetting øker andelen tette flater, som forhindrer vann å trenge ned i grunnen. Dette resulterer i både økt og hyppigere avrenning, sammenlignet med avrenning fra før utbygdsituasjon, se figur 2.1. Dette fører videre til økt flomtopp. Gjennom denne endringen av det hydrologiske kretsløpet tas vannet ut at sitt naturlige kretsløp, som også videre kan forstyrre det lokale økosystemet. (Ødegaard, 2014, s.41)

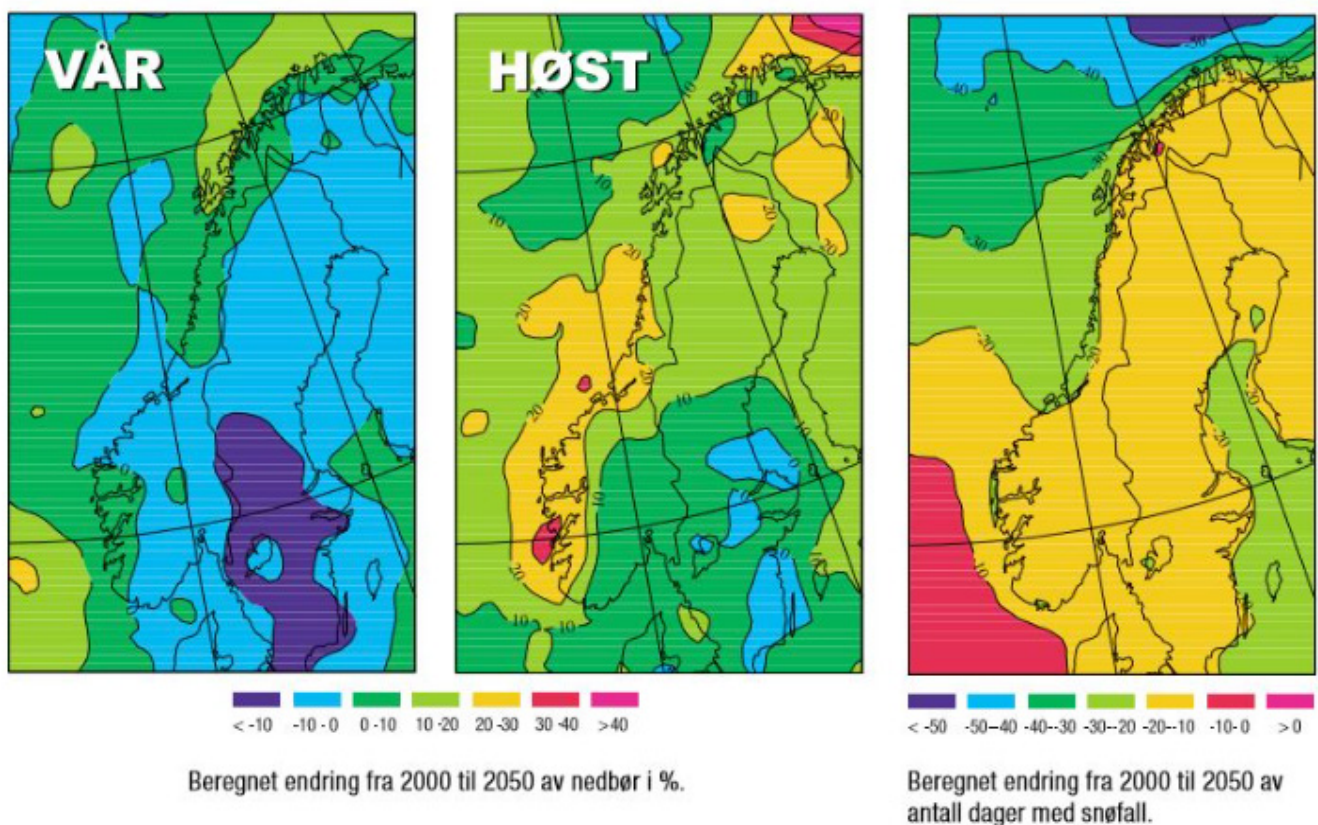


Figur 2.1: Sammenheng mellom andelen tette flater og overvannsavrenning i ulike type områder.

2.2. Et endrende klima

Klimaet er i endring og vi kan forvente stadig villere og våtere værforhold, samt økt havnivåstigning og stormflo. Norge er et langstrakt land med store regionale forskjeller, både med tanke på nedbør og topografi. Klimaendringene vil kunne styrke og svekke ulike deler av det hydrologiske kretsløpet, som videre forsterker de regionale forskjellene på landsbasis. (Hanssen-Bauer, 2016, s.31)

Siden 1990 har nedbøren i Norge økt med hele 20%, og det kommer trolig til å forekomme en ytterligere økning på 10% til 20% i årene som kommer. Det er særlig korttidsnedbøren som øker mest og forårsaker store utfordringer i urbane områder. Korttidsnedbør vil si nedbør som forekommer i kortere tidsrom enn ett døgn. Historiske målinger viser at både antallet dager med nedbør og intensiteten på nedbøren har økt. Her skiller Vestlandet seg særlig ut, med den største intensitets økningen, se figur 2.2. Dette kan trolig skyldes mildt kystklima og lavtrykkssystemer som kommer inn fra havet. (Meteorologisk institutt, 2017)



Figur 2.2: Et klimascenario for Norge om 50 år (RegClim,2018)

Figuren viser et scenario for prosentvis endring i nedbørsmengder i Norge fra år 2000 til 2050. Ut fra figuren kan man se at Vestlandet trolig vil oppleve den største nedbørsøkningen.

Eksempelvis har Østlandet normalt en årsnedbør på 600-800 mm, mens det kan forekomme en årsnedbør som er opp til 4-5 ganger større på Vestlandet. Man kan også se forskjeller ved døgnet nedbøren, hvor Østlandet normalt har 40-60 mm/døgn og Vestlandet har en maksimal døgnet nedbør som ofte overskrider 100 mm. (Norsk Vann, 2008, s.44) Disse forskjellene forventes forsterket som en virkning av et varmere klima.

2.3. Bærekraftig byplanlegging

Bærekraftig byplanlegging defineres som å ta hånd om fremtidige generasjoners mulighet til å dekke sine behov, på samme tid som man dekker behovene til dagens befolkning. Mer spesifisert betyr dette at bærekraftig byplanlegging skal skape inkluderende, trygge og robuste byer. Med et fokus på miljømessig-, økonomisk- og sosiale aspekter. Dette kan gjøres gjennom flere ulike tiltak, blant annet gjennom forbedring av arealutnyttelse gjennom fortetting, reetablering av byens grønne lunger, øke andelen syklende og gående, og lokal håndtering av overvann.

For å sikre en bærekraftig utvikling på verdensbasis har FN utarbeidet 17 ulike bærekraftsmål, hvorav tre kan direkte kobles til hvordan vi planlegger byene våre. FN bærekraftsmål nr. 11 går ut på å skape bærekraftige byer og samfunn, hvor mennesker har gode boforhold og mulighet til å utvikle seg både økonomisk og sosialt. Bærekraftsmål nr.15 går ut på å verne om naturen ved å fremme, beskytte og gjenopprette økosystemer og arts mangfold. Man kan også legge ved mål nr 3, som går ut på å fremme god helse og livskvalitet for alle, for å skape byer som er gode å bo og oppholde seg i. (FN, s.a.)

I Norge har det blomstret frem en streng fortettingsstrategi for å ta høyde for fremtidig befolkningsvekst, reduksjon av klimagassutslipp og verving av matjord. Fortetting av byene fremmer likevel nedbygging av grønnstruktur og forsterking av urbanhydrologien. Alle disse faktorene sammen med økt nedbør som resultat av klimaendringene skaper en utfordrende situasjon, spesielt i tettbebygde områder. Denne pressede situasjonen krever en endring i hvordan byer planlegges. Dette gir et økende behov for samordning og dialog mellom ulike fagdisipliner og interessegrupper, som til sammen kan fremme komplekse løsninger og byens kvaliteter.

2.4. Urbane økosystemtjenester

Urbane økosystemtjenester defineres som tjenester som naturen produserer innenfor det klassiske bymiljø, med relativ høy befolkningstetthet. Disse tjenestene bidrar til menneskelig velferd for befolkningen innenfor den enkelte bygrense, med et fokus på byens sentrale områder. (Magnussen et. al, 2015, s.21) Dette er tjenester som man ofte tas forgitt. Det er også vanskelig å sette dem inn i et kostnad-nytte perspektiv, ved at det ofte omhandler ikke kvantifiserbare goder som naturen produserer kostnadsfritt. Man er også ofte ikke observant på tjenestene før de ikke er tilgjengelige lengre. Eksempel på dette er naturens evne til å forbedre luftkvaliteten, støy reduksjon, pollinering og rekreasjon. (Miljødirektoratet, s.a.). Flere eksempler på denne typen tjenester er listet opp i tabell 1.

Det finnes en rekke ulike økosystemtjenester som strekker seg over flere fagområder. De ulike økosystemtjenestene deles ofte inn i fire kategorier; støttende, forsynende, regulerende og kulturelle. (Magnussen et. al, 2015, s.5) Støttende tjenester er grunnleggende funksjoner i et økosystem, som ligger som grunnlag for andre økosystemtjenester. Dette kan være jorddannelse, resirkulering av næringsstoffer og vann. Forsynende tjenester rommer produkter vi kan ta ut av økosystemet, som mat, råvarer og ferskvann. Regulerende tjenester vil si naturlige prosesser som vi har stor nytte av og kan regulere selv ved å gjennomføre enkelte tiltak. Eksempler på dette er overvannshåndtering, plassering av vegetasjon for å hindre erosjon og legge til rette for insekter for å bestøve planter. Kulturelle tjenester omhandler derimot ikke materielle goder man kan hente ut av økosystemet. Dette inneholder ulike opplevelser, rekreasjon og helse. (Miljødirektoratet, s.a.)

| Økosystemtjeneste | Type | Eksempler |
|---|-------------|--|
| Biologisk mangfold | Støttende | Vegetasjon og blå elementer, som dammer, elver og tjern. |
| Matproduksjon | Forsynende | Urban rooftop farming og veranda kasser kan bidra til matproduksjon i urbane områder. Kan også bidra til opplevelseskvalitet |
| Rent vann til vanning o.l. | Forsynende | Rent vann fra tak og dammer kan brukes til ulike ikke drikkbare formål som vanning, toalett vann og andre formål. |
| Kunst og leketøy | Forsynende | Elementer som kongler, kvister og skjell kan inngå i kunstproduksjon og barnelek. |
| Vannhåndtering | Regulerende | Blågrønne overvannstiltak i form av grønne vegger, tak og regnbed osv. kan bidra til trygg og hensiktsmessig håndtering av overvann. |
| Rensing av vann og jord | Regulerende | Grønnstruktur kan bidra til rensing av forurenset vann gjennom filtrering og tilbakeholdelse. |
| Forbedret luftkvalitet | Regulerende | Vegetasjon kan bidra til renere luft og binder svevestøv, som kan forhindre luftveissykdommer. |
| CO ₂ opptak (og lagring) | Regulerende | Grønne planter binder CO ₂ ved fotosyntesen. Grønne vegger og tak kan bidra til å binde CO ₂ . |
| Lokal klimaregulering | Regulerende | Grønne og blå elementer kan bidra til avskjerming/skygge og skape lune områder. Grønne tak isolerer og hindrer varmetap. |
| Støyreduksjon | Regulerende | Vann og vegetasjon virker støydempende ved å absorbere og reflektere lydbølger. |
| Pollinering/frøspredning | Regulerende | Grønne elementer kan bidra til leveområder for f.eks. bier og humler som bidrar til pollinering, samt fugler og ekorn som sprer frø. |
| Hindre erosjon | Regulerende | Trær og vegetasjon kan hindre erosjon og avrenning. |
| Rekreasjon, mental og fysisk helse | Kulturell | Grønn- og blågrønn struktur gir mulighet for ulike typer opplevelser, stressreduksjon, trening og transport. |
| Estetiske verdier | Kulturell | Grønnstruktur, både grønne og blå elementer, kan gi estetiske opplevelser. |
| Stedsidentitet, kulturarv og åndelige verdier | Kulturell | Grønnstruktur som gamle trær, grønne fasader, bekker og elver osv, kan gi stedsidentitet og bidra til å ivareta kulturarv. |
| Utdannelse og kognitiv utvikling | Kulturell | Naturelementer som vann og liv i vann, samt grønne elementer og dyreliv gir grunnlag for barns utvikling, læring og lek. |
| Turisme | Kulturell | Grønne elementer og struktur kan være med å bygge en bys profil og være et tiltrekkende element for turister. |

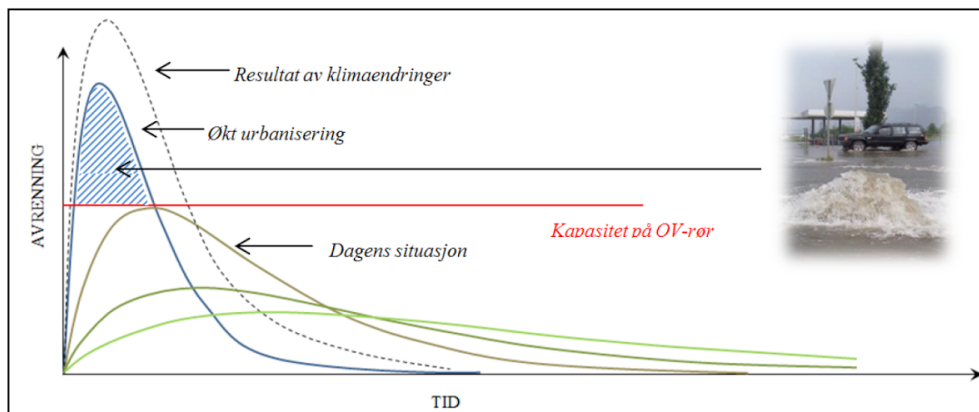
Tabell 1: Oversikt over ulike økosystemtjenester i byer og tettsteder. (Magnussen et. al, 2015)

Ut fra tabell 1 kan man se at vann er grunnlaget til alle de listede økosystemtjenestene. Vann og håndtering av vannet hvor det faller ned gir flere positive ringvirkninger som opprettholdelse av det biologiske mangfoldet, forbedrer lokalt klima, samt mental og fysisk helse. Det understreker at vann og en naturbasert lokal håndtering er et viktig og nødvendig element for å fremme en bærekraftig byutvikling.

2.5. Dagens situasjon

Overvann har tradisjonelt sett blitt ledet gjennom lukkede ledningssystemer. I Norge har avledning av overvann fra urbane områder på denne måten blitt ansett som tilstrekkelig håndtering i over 100 år. Ikke før i 1978 utgav Statens forurensningstilsyn retningslinjer for håndtering av overvann hvor denne praksisen ble sett på som utilstrekkelig. I retningslinjene anbefales det at overvannet håndteres gjennom naturlige avrenning systemer. (NOU 2015:16, 2015, kap.5.1.)

Ledningsnettets i Norge har en stadig økende gjennomsnittsalder og er dimensjonert ut fra værforhold og antatt befolkningsvekst ved etableringstidspunktet. Dette bringer på utfordringer ved økende vannmengder, som følge av klimaendringer og fortetting. Flere steder har overvannsmengdene allerede overskredet ledningsnettets kapasitet og ført til både flom og ødeleggelser. (NOU 2015:16, 2015, kap.5.1.)



Figur 2.3: Økt spissavrenning som resultat av økt urbanisering og klimaendringer (Omdal, 2013)

Figur 2.3 viser sammenhengen mellom de forventede klimaendringene, økt fortetting og den begrensede kapasiteten på dagens ledningsnett. Det blå partiet illustrerer mengden vann som må håndteres i fremtiden for å unngå skade på infrastruktur, bygg og helse.

2.5.1. Grønnstruktur i byer og tettsteder

Naturbaserte overvannstiltak har mange ulike formål og funksjoner i urbane områder. Grønnstruktur og grønne elementer i bybildet kan som sagt bidra til både rekreasjon, opplevelser, biologisk mangfold og en rekke andre økosystemtjenester. Dette vil vi at naturen byr på tjenester som direkte og indirekte bidrar til menneskelig velferd. (Magnussen, Reinvang & Løset, 2015, s.13)

Urbanisering og tradisjonell håndtering av overvann har stått som en stor trussel for flere økosystemtjenester. I perioden mellom 1999 og 2009 ble hele 20% av grønnstrukturen i norske byer og tettsteder fjernet på grunn av fortetting og utbygging. Av tilgjengelig grønnstruktur i byer på 1950 tallet er det bare 20% til 30% som eksisterer i dag. Det må likevel påpekes at det finnes betydelige regionale forskjeller, hvor Rogaland er det fylket som har tapt flest grøntarealer med en nedgang på 29% i tettstedene. (Magnussen et. al, 2015, s.17)

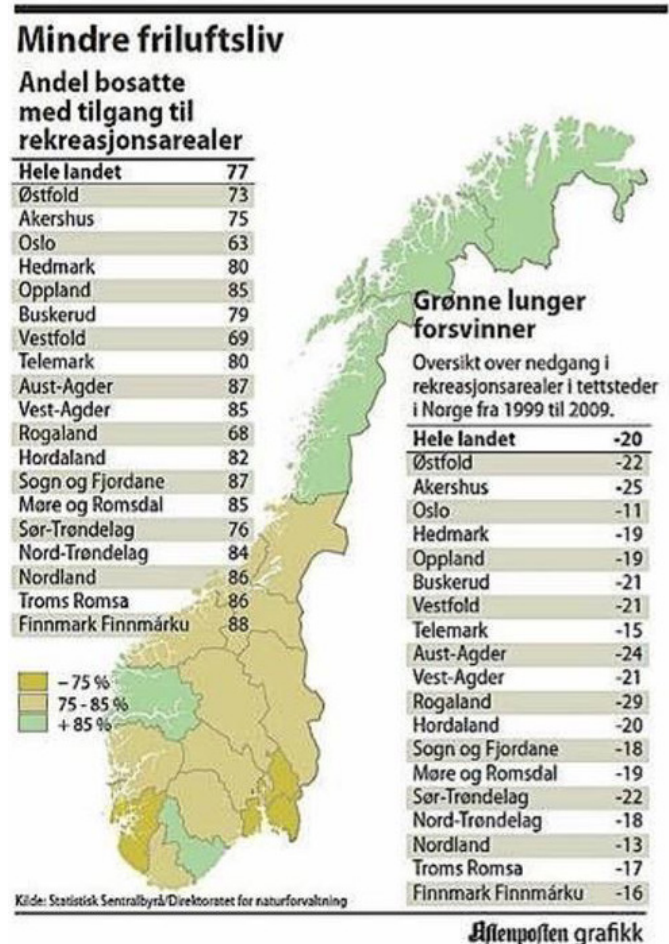
I 2015 gjennomførte FN en global undersøkelse av ulike økosystemer.

Utredningen, med navn Millennium Ecosystem Assessment, beskrev at menneskeskapt påvirkning endret økosystemet raskere de 50 siste årene, enn noen annen periode i menneskets historie. Dette vil si at i løpet av de siste 50 årene har 60% av jordens økosystemtjenester, som var med i undersøkelsen, blitt forringet. (Miljødirektoratet, s.a.) Dette sammen med en økende trussel som klimaendringene har satt fokus på nettopp vegetasjonens rolle i urbane områder.

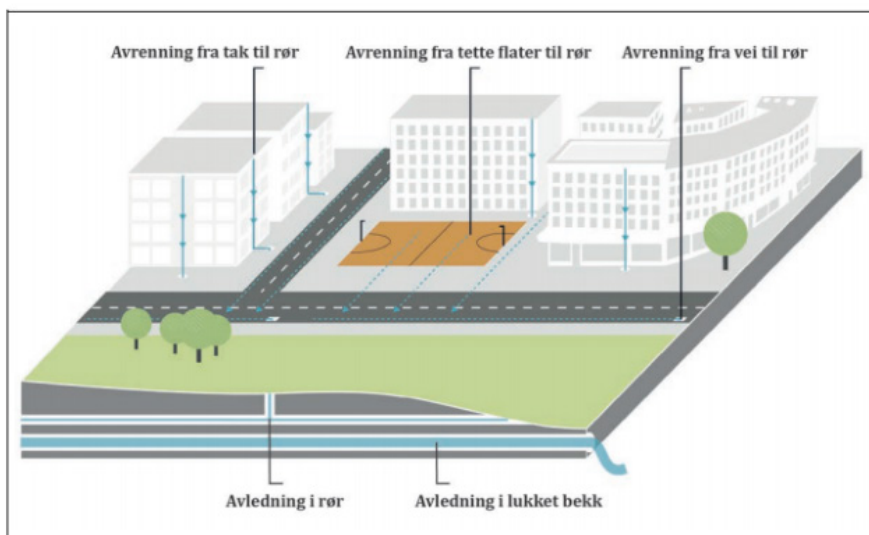
2.6. Et grønt valg

Ved dagens situasjon kan man velge mellom to alternativer, oppgradere hele ledningsnett eller finne inspirasjon i hvordan naturen håndterer overvann. I følge NOU 2015:16 vil det ta omtrent 200 år å oppgradere ledningsnett på landsbasis, dersom man opprettholder dagens utskiftningstid på 0,5% årlig. (NOU 2015:16, 2015, kap.5.1.) Oppgradering av ledningsnett vil også være kostnadskreven og bringe med seg negative effekter for vannbalansen i grunnen. Alternativ nummer to, hvor man tar i bruk naturbaserte løsninger, har derfor blitt foretrukket og det er en økende interesse i flere fagmiljøer for denne typen overvannshåndtering.

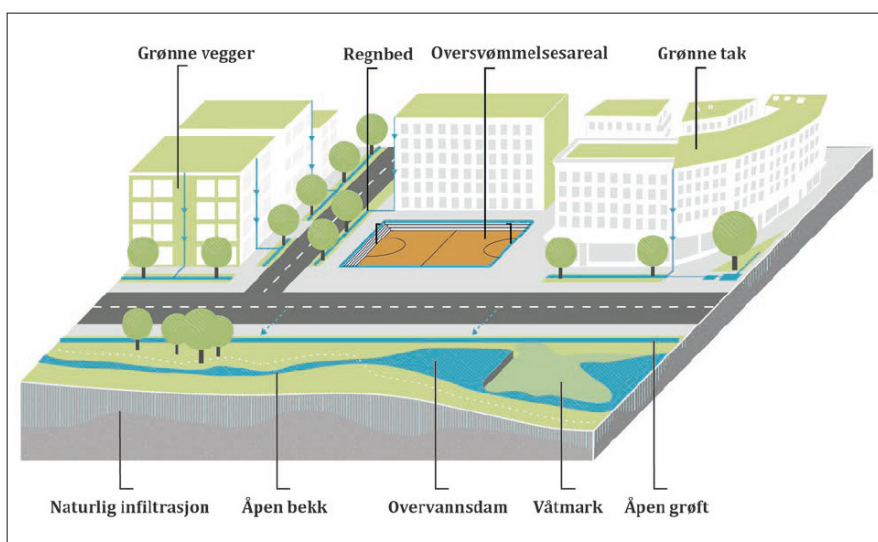
Naturbaserte overvannstiltak, også kalt alternativ overvannshåndtering, kan blant annet gi økt opplevelseskvalitet, biodiversitet og gjenopprette vannbalansen i urbane områder. Denne praksisen går ut på å føre naturen tilbake til byen, hvor vannet infiltreres og fordrøyes på grunnlag av naturens prinsipper. Dette skjer gjennom åpne løsninger som for eksempel regnbed, grønne tak, gjenåpning av bekker, permeable dekker og øvrige blå-grønne strukturer. Hovedprinsippet er at man ikke skal tilføre mer overvann til ledningsnett enn ved dagens situasjon, ved utbygging og fortetting.



Figur 2.4: Mindre friluftsliv. (Johansen, 2015)



Figur 2.5: Konvensjonelt system for håndtering av overvann (NOU 2015:16, 2015)
 Figuren viser alternativ 1, hvor overvannet håndteres gjennom lukkede rørsystemer.



Figur 2.6: Åpen og lokal håndtering av overvann (NOU 2015:16, 2015)
 Figuren viser alternativ 2, hvor overvann håndteres lokalt gjennom naturbaserte overvannstiltak.

Det er satt overordnede mål for overvannshåndtering i norske kommuner for å løse de komplekse overvanns utfordringene. De overordnede målene for overvannshåndtering er summert opp i to hovedmål:

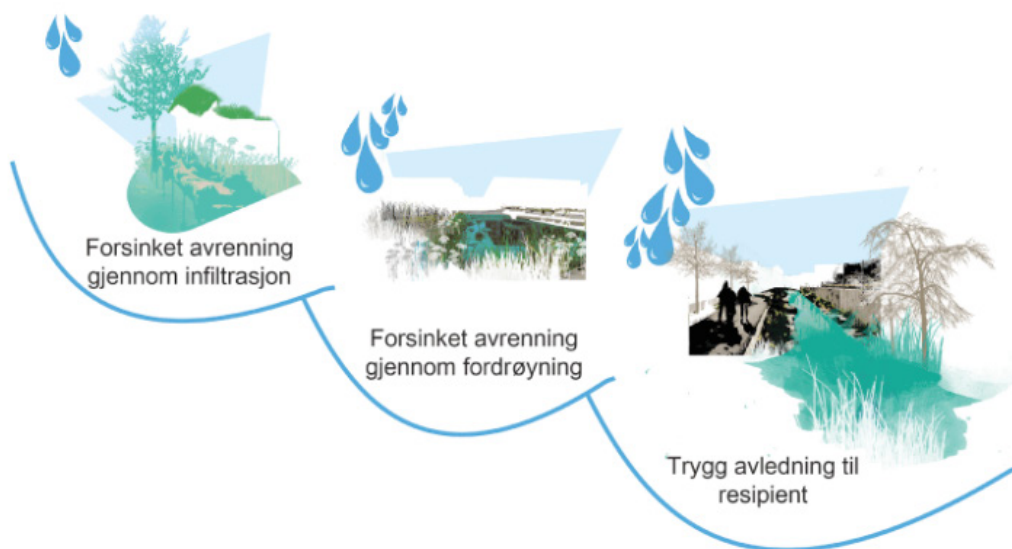
1. Forebygge skade på helse, miljø, bebyggelse og infrastruktur.
2. Utnytte overvann som ressurs.

Målene skal være med på å redusere skadekostnadene for samfunnet, begrense forurensning og skape positive effekter for naturmiljø og helse (NOU 2015:16, 2015, s.59).

Planer utarbeidet i henhold til plan og bygningsloven inneholder gode intensjoner for bruk av alternativ overvannshåndtering. Det er likevel begrenset tatt i bruk og det er bygget overraskende få anlegg. Dette er trolig på grunn av manglende referanseprosjekter og erfaringer for de ulike tiltakene her i Norge. Noe av hindringen kan også ligge i at man må ta i bruk et nytt tanke sett, som krever omstilling og holdningsendring. (Vasseljen, 2016, s.9 og s.14)

3.1. Treleddsstrategien

Norsk Vann har utarbeidet en treleddsstrategi for håndtering av overvann gjennom naturbaserte løsninger. Strategien går ut på at hvert ledd skal kunne håndtere hver sin nedbørmengde. Hvor overvannet først infiltreres, deretter ved større nedbør fordrøyes og til slutt ledes trygt til resipient. Hensikten med strategien er å avlaste ledningsnett, skape gode bymiljø og sikre trygge flomveier. (NOU 2015:16, 2015, s.67)



Figur 3.1: Prinsippkisse for treleddsstrategien (NOU 2015:16, 2015)

Trinn 1: Mindre regnmengder

I trinn 1 skal all nedbør fra små nedbørshendelser fanges opp og infiltreres. Med dette menes all regn mindre enn 20 mm, uten et spesifikt gjentakintervall, også kalt "dagligdags regn" (Ødegaard, 2014, s.353). I dette leddet skal man håndtere små overvannsmengder hvor det er mulig, på egen tomt. Det vil i denne situasjonen være hensiktsmessig å bruke naturens prinsipper og lede vannmengdene ut på gresskleddede flater, beplantede områder og permeable dekker (NOU 2015:16, 2015, s.67). Ved bruk av naturens prinsipper skal man gjennom det første trinnet i strategien også sikre en naturrik vannbalanse og økologiske verdier.

Trinn 2: Fordrøyning

I trinn 2 skal nedbør forsinkes og fordrøyes slik at kapasiteten på ledningsnett ikke overskrides. I dette leddet tar man hensyn til større nedbørshendelser, på en størrelse på > 20mm og < 40mm (Ødegaard, 2014, s.353). Dette gjøres ved å ta i bruk tiltak for å redusere forventet spissavrenning til kommunalt ledningsnett. Dersom overvannsmengdene overskrider kapasiteten til trinn 1 skal overskuddsvannet ledes videre og forsinkes gjennom fordrøyning i trinn 2.

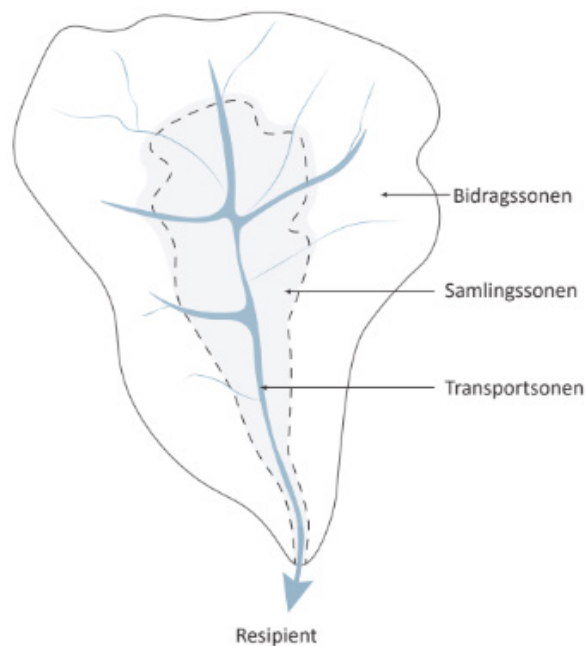
Trinn 3: Sikre flomveier

I trinn 3 skal man tilrettelegge for trygge flomveier slik at ekstreme nedbørshendelser, regn > 40 mm, utgjør minimal skade på bygg og infrastruktur (Ødegaard, 2014, s.353). Dersom overvannsmengden overskrider kapasiteten til trinn 2 skal vannet ledes til resipient på en hensiktsmessig måte. Dette kan skje gjennom planlagte flomveier, ledningsnett eller bekker. Ved å legge til rette for alle tre ledd i planleggingen har man mulighet til å kunne håndtere både normal- og ekstrem nedbør. (NOU 2015:16, 2015, s.67)

3.2. Nedbørsfelt basert planlegging

Ved planlegging av nye utbyggingsområder og transformasjon er det viktig å se hele vannets veg, fra det faller ned til det når resipienten, under ett. Selv små endringer kan påvirke flomtoppene nedstrøms i nedbørsfeltet. Det er derfor viktig med alle overvannstiltak, selv de som virker små og ubetydelige for å redusere spissavrenningen ved store nedbørsituasjoner.

Dette kalles nedbørsfelt basert planlegging. Et nedbørsfelt defineres som et område med felles avrenning til en resipient, som for eksempel en elv, vassdrag eller innsjø. (Heggstad & Rosvold, 2017) Et nedbørsfelt deles ofte inn i tre soner. Dette er bidragssonen, samlingssonen og transportsonen. Overvannstiltak i bidragssonen og samlingssonen kan både dempe og forsinke flomtappen nedstrøms. Se figur 3.2.



Figur 3.2: Inndeling av nedbørsfelt (Eikelund & Johansen, 2017)

Figuren viser soneinndelingen av et nedbørsfelt. Vannet renner fra bidragssonen, samles i samlingssonen og ledes til resipient i transportsonen. Selv små endringer i bidragssonen og samlingssonen kan gi innvirkning på flomtappen nedstrøms.

Overvann og flomveier renner på tvers av regulerings- og områdeplaner. Det er derfor viktig med en overordnet planleggingsstrategi for å sikre hensiktsmessig håndtering av både den dagligdagse nedbøren og ekstrem nedbør. Gjennom denne typen planlegging sikres en sammenheng mellom de overordnede flomveiene innenfor nedbørsfeltet. Eksempel på denne typen planlegging er overordnede Klimatilpasningsplaner. I denne typen planer samles alle delplaner i nedbørsfeltet, slik at man får sikret en overordnet og hensiktsmessig håndtering av overvann og flomveier. For kystnære områder vil det også være hensiktsmessig å inkludere temaet havnivåstigning og stormflo.

3.3. Dimensjoneringsgrunnlag

3.3.1. Den rasjonelle formelen

Ved beregning av overvannsmengder fra små felt brukes ofte den rasjonelle formelen:

$$Q_{\text{dim}} = c * i * A * K_f$$

Q_{dim} = Dimensjonerende vannføring [l/s]

c = avrenningskoeffisient

i = dimensjonerende nedbørintensitet [l/s*ha]

A = Areal [ha]

K_f = Klimafaktor

Dimensjonerende vannføring omtales ofte også som forventet spissavrening fra feltet.

3.3.1.1. Dimensjonerende nedbørintensitet

For å finne dimensjonerende nedbørintensitet for gitt område må man vite litt om hvilken returperiode og konsentrasjonstid man skal anvende. Man anvender videre denne kunnskapen i Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) kurve for å finne gitt intensitet for valgt område. I Norge baseres denne typen kurver på data fra Eklima.no. Se vedlegg 9 for eksempel på denne typen kurve.

Returperiode

I denne sammenheng vil returperioden være hvor ofte en aksepterer at dimensjonerende vannføring overskrides.

Konsentrasjonstid

Konsentrasjonstid i denne sammenhengen vil si tiden en regndråpe trenger til å renne hele lengden av et felt, eksempel fra den faller ned på bakken til den når sluk eller resipient. Denne tiden avhenger hovedsakelig av feltets lengde, høydeforskjell og type overflate. Konsentrasjonstid for urbane felt (utbygd felt) og naturlig felt (ikke utbygd) beregnes i henhold til oppgitt formler i Statens vegvesen sin håndbok N200:

Konsentrasjonstid for urbant felt:

$$t_c = 0,02 * L^{1,15} * H^{-0,39}$$

Konsentrasjonstid for naturlig felt:

$$t_c = 0,6 * L * H^{-0,5} + 3000 * A_{se}$$

t_c = Konsentrasjonstid [min]

L = lengde av feltet [m]

H = Høydeforskjellen i feltet [m]

A_{se} = Andel innsjø i feltet, forholdstall.

Legde og høydeforskjellen i feltet regnes fra fjerneste punkt i feltet til utløpet, og fra høyeste punkt i feltet til sluk eller utløp. (Statens vegvesen, 2014, s.142)

3.3.1.2. Avrenningskoeffisienter

Avrenningskoeffisient for et område beskriver prosentvis hvor mye overvann som vil renne av på overflaten ved en nedbørsituasjon. Denne verdien varierer i henhold til stedlige variasjoner, nedbørintensitet og vanninnhold i jordsmonn. Dette er ikke en fast verdi. Ved beregninger kan man blant annet ta i bruk verdier ut fra veiledning av kommunen, erfaringer fra konsulenter, VA-norm for gitt område eller veileder i Statens vegvesens håndbok N200.

Kommunaltekniske norm for vann- og avløpsanlegg i Rogaland anbefaler følgende avrenningskoeffisienter for ulike type områder:

| Type Areal | Koeffisient (c) |
|---|-----------------|
| Tette flater | 0,85 - 0,95 |
| Bykjerne | 0,70 - 0,90 |
| Rekkehus-/ leilighetsområde | 0,60 - 0,80 |
| Eneboligområde | 0,50 - 0,70 |
| Grusvei/ -plasser | 0,70 - 0,80 |
| Industriområde | 0,70 - 0,90 |
| Plen, park, eng, skog, dyrket mark etc. | 0,30 - 0,50 |

Tabell 2: Avrenningskoeffisienter (VA-norm, 2017).

Statens vegvesen anbefaler en økning av avrenningskoeffisienten ved returperiode lengre enn n=10 år, etter følgende retningslinjer:

| | |
|---------|--------------|
| 25 år: | legg til 10% |
| 50 år: | legg til 20% |
| 100 år: | legg til 25% |
| 200 år: | legg til 30% |

De oppgitte verdiene er oppgitt med forutsatt maksimal koeffisient på C= 0,95. (Statens vegvesen, 2014, s.141)

Midlere avrenningskoeffisient

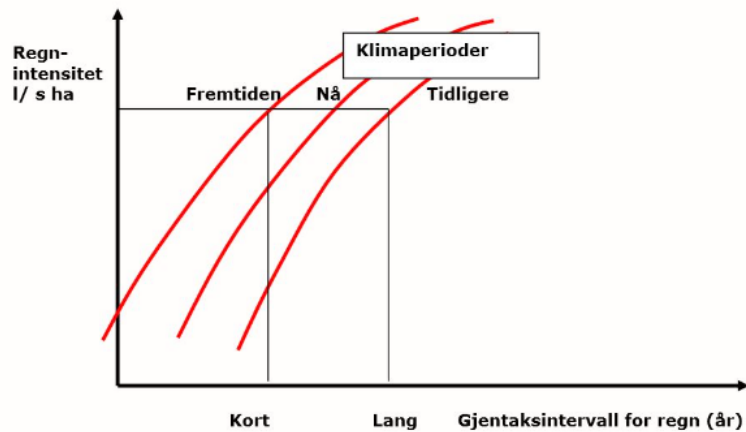
Ved felt eller tiltak med ulik overflate sammensetning vil det være behov for å finne en gjennomsnittlig avrenningskoeffisient. Denne koeffisienten omtales ofte som midlere avrenningskoeffisient og beregnes ut fra følgende formel:

Midlere avrenningskoeffisient

$$\varphi_{\text{midl}} = \frac{[(C1 * A) + (C2 * A) + (C3 * A)]}{A_{\text{total}}}$$

3.3.1.3. Klimafaktor

For å ta høyde for et endrende klima er det viktig å ta med en klimafaktor ved prosjektering og planlegging av overvannstiltak. Klimafaktoren som brukes varierer mellom ulike størrelser med tanke på geografisk avgrensning av prosjektområdet og hvilken situasjon man beregner for. Dette vil si at klimafaktor som benyttes må vurderes for hvert enkelt område, hvor valgt faktor avhenger og vurderes opp mot risikonivå og konsekvenser ved oversvømmelse.



Figur 3.3 : Effekt av klimaendringer på nedbørsintensitet, frekvenser og gjentaksintervall (Norsk Vann, 2008)

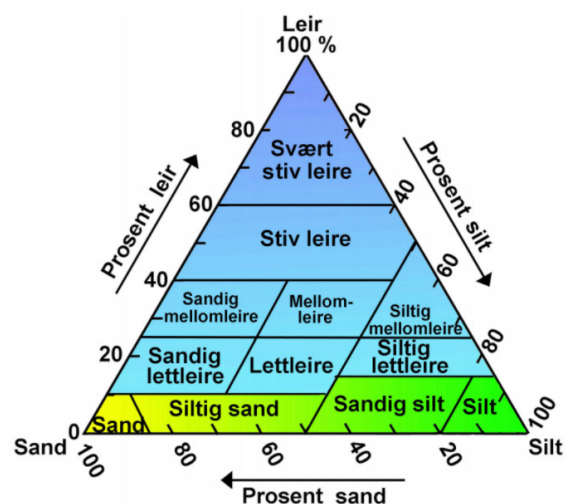
Anbefalt klimafaktor blir ofte beskrevet i kommunaltekniske normer for vann og avløpsanlegg. Eksempelvis anbefales det at man skal ta i bruk en klimafaktor på 1,2 (20% økning) i Rogaland, for å ta høyde for fremtidige overvannsmengde som følge av klimaendringer. (Overvannshåndtering, 2017) Dette må som tidligere beskrevet også vurderes for hvert enkelt tilfelle.

3.3.2. Jordartenes egenskaper

Grunnens og anvendte substrats sammensetning har stor påvirkning på stedlige masser og tiltaks evne til å infiltrere vann. Ved planlegging av ulike tiltak, som for eksempel regnbed, er det derfor svært viktig å ha kjennskap til de underliggende og anvendte masser og deres egenskaper.

Porevolum og magasinering

Jordartenes porevolum sier noe om hvor store hulrom det er i massene til å lagre oksygen eller vann. Dette volumet vil være svært lite i jordarter som leire, mens i stein og Leca vil den være betraktelig større. Porevolumet kan likevel endres over tid ved at massene komprimeres. Volumet oppgis ofte i prosent og sier oss noen om hvor stor magasineringskapasitet valgt jordart har.



Figur 3.4: Bruksnavn for jordarter etter innholdet av sand, silt og leire. (Jørgensen et al., 2013) Jordarter til venstre i pyramiden er godt egnet til infiltrasjon og fordrøyning.

Man kan ta i bruk følgende formel for å finne jordartenes magasineringskapasitet:

$$M = A \cdot B \cdot (p/100)$$

M= magasineringskapasitet [m³]

A= Areal av infiltrasjons område [m²]

B= Avstand fra infiltrasjonsnivå til vannmettet sone [m]

P= porevolumet i [%]

Hydraulisk ledningsevne

Det vil også være viktig å ha kjennskap til de ulike jordtypenes hydraulisk ledningsevne. Dette er en verdi som sier noe hvor raskt vannet kan strømme gjennom de ulike jordlagene. Dette oppgis ofte i m/s eller m/time.

I miljøblad nr 106, oppgir følgende tabell for nedsivningsevnen i de fire vanligste jordtypene i Norge.

| Jordtype | Nedsivningsevne k_h [m/s] |
|----------|-----------------------------|
| Grus | $10^{-3} - 10^{-1}$ |
| Sand | $10^{-5} - 10^{-2}$ |
| Silt | $10^{-8} - 10^{-5}$ |
| Leire | $10^{-10} - 10^{-7}$ |

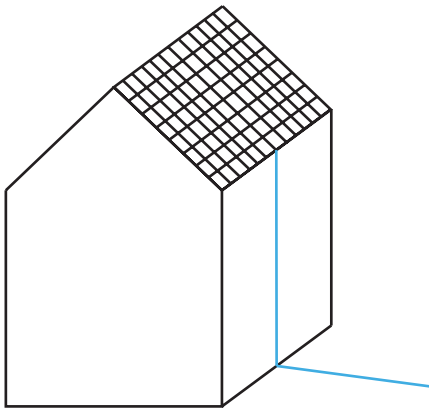
Tabell 3: Hydraulisk ledningsevne for de fire vanligste jordartene i Norge (Holm, 2013.a).

For stedlige masser anbefales det å gjennomføre en infiltrasjonstest for å finne den eksakte hydrauliske ledningsevnen for jordmassene.

4. Overvann i urbane områder

Tiltak for naturbasert overvannshåndtering, som tørre fordrøyningsmagasiner, dammer og åpne vannveger, er ofte svært arealkrevende. Dette resulterer ofte i en kamp mellom ulike arealformål på bakkenivå i urbane områder. Det er derfor viktig å se til potensiale for overvannshåndtering i kombinasjon med byens hovedkomponenter, nemlig bygningene. Dette kapitlet forklarer ulike overvannstiltak som kan gjennomføres i kombinasjon med bygninger, byrom og tettbebygde urbane områder.

4.1. Frakobling av taknedløp



Figur 4.1: Frakobling av taknedløp

Frakobling av taknedløp fra det kommunale ledningsnettets sees på som det enkleste og rimeligste overvannstiltaket man kan gjennomføre for å minske avrenningen fra tak til ledningsnettets. (Braskerud & Skallebakke, 2013)

Frakobling av taknedløpet kan gjøres på flere ulike måter. Ved å føre vannet inn i supplerende tiltak på gatenivå, som blomsterbed, regnbed, forsenkninger eller åpne vannrenner, kan man fremme områdetets opplevelseskvalitet. Disse supplerende tiltakene bringer vannet ut i gaten på en måte som trigge til lek og bringer vannelementet frem på en positiv måte i gaten. Vannet kan også samles opp og brukes til ikke drikkbare formål som for eksempel toalett vann, bilvask og vanning av planter. Vann fra tak ansees som rent og trenger ikke noen form for rensing. Det anbefales likevel ikke å bruke dette vannet til drikkevann.

For å unngå skade på bygg er det virking at vannet ledes tilstrekkelig bort fra bygningskroppen. For kjellere anbefales det en avstand på 2 meter og 1 meter for øvrige konstruksjoner. (Braskerud & Skallebakke, 2013)

Dersom man ikke har tilstrekkelig med tilgjengelig areal i gaten til dette kan man plassere ulike membraner som forhindrer vannet å sige inn mot bygningskroppen. Eksempel på en slik membran er PVC membran. For mer informasjon se kapittel 4.4.2.1.

Dersom man ønsker å lede vannet ut på vedliggende grønne arealer må man beregne et tilstrekkelig areal for infiltrasjon og frodrøyning. I Portland, USA, er det laget en tommelfinger regel for dette som sier at infiltrasjonsarealet må ha en størrelse på omtrent 10% av takarealet, dette vil imidlertid avhenge av grunnens infiltrasjonsevne. (Braskerud & Skallebakke, 2013)

4.1.1. Åpne vannrenner og supplerende tiltak

Åpne vannrenner kan være et godt supplerende tiltak til frakobling av taknedløp i tette bystrukturer hvor overvannet kan ledes bort til ytterligere supplerende tiltak. Gjennom ulik kunstnerisk utforming, som for eksempel etablering av åpne vannelement, kan vannrennene gi gateløpet en særegen identitet og trigge til lek.

Eksempel på dette kan man finne i Deichmansgate i Oslo. I denne gaten ledes takvann ned i vannelementer, åpne vannrenner og regnbed. I vannelementene blir vannet holdt tilbake til vannvolumet overgår tersklene i den sentrerte nedsenkningen. Vannet blir videre ført til åpne vannrenner eller regnbed som kan håndtere større vannmengder.

4.2. Grønne tak

Det er en lang tradisjon for bruk av grønne tak i Norge. I lang tid har man brukt store tunge torvtak for både isolasjon og estetiske formål. Tradisjonelt sett kan man si at grønne tak reduserer avrenningen av overvann og tilbakeholder den første delen av et regnskyll. (Ødegaard, 2014, s.356)

Det finnes flere typer grønne tak, som har stort potensiale for både isolasjon, overvannshåndtering og en rekke økosystemtjenester. Grønne tak kan også gi økt opplevelseskvalitet i byen i form av variert bybilde, takhager og siktlinjer fra overliggende bebyggelse. Ved denne typen tiltak anvender man areal som tradisjonelt ikke har vært nytt til allmennyttig formål. Ulike former for vegetasjon kan også gi ulikt fargespill til byen, som kan variere mellom årstidene.

Grønne tak kan benyttes på både nye og eksisterende tak, forutsatt at de ikke har for stor helning og er tilpasset byggets bæreevne. Normalt anbefales det at skrånende tak har en maksimal helning på 20 til 25 grader. Ved større helninger må denslag og substrat sys inn i geonett, eller må man ta i bruk armeringsystem som holder vekstjorden og vegetasjonen på plass. Dette er på grunn av jo større helning taket har desto større fare er det for at vekstjorden sklir av. Byggets bæreevne må også vurderes nøye i hvert enkelt tilfelle. Det må tas hensyn til substrates vekt ved vannmettet tilstand og forventet lokal snøbelastning. (Holm, 2013, s.1 - 4)

Vi deler de ulike typene grønne tak i tre kategorier, avhengig av mengde vekstjord de inneholder. Disse er ekstensive-, semi-intensive- og intensive tak, se figur 4.3. De ulike takene er videre spesifisert i delkapittel 4.2.1. Ekstensive tak, 4.2.2. Semi-intensive tak og 4.2.3. Intensive tak.

Avrenningskoeffisient

Grønne tak brukes som et overvannstiltak hvor regnvannet fanges opp av plantene, fordampes, infiltreres og fordrøyes i vekstjorden. Dette reduserer avrenningen fra taket og har potensiale for å senke flomtoppene i det bebygde området. Mengden vann som kan holdes tilbake varierer med takets fordrøyningsvolum, helning og vekstmedium.

For grønne tak kan man bruke følgende formel for å beregne avrenning fra taket:

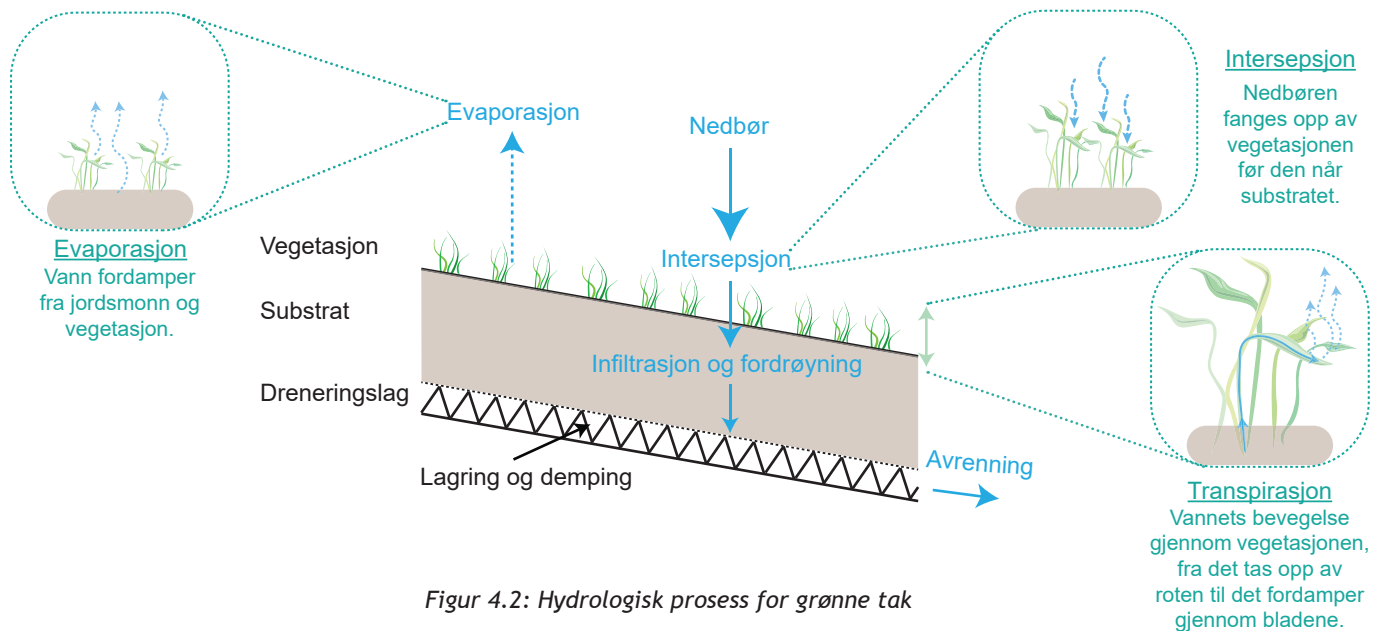
$$\text{Avrenning fra grønne tak} = \text{Nedbør} - (\text{intersepsjon} + \text{transpirasjon fra planter} + \text{evaporasjon fra jorda} + \text{tilbake holdning i substrat})$$

(Braskerud, 2014, s. 15)

FORDELER MED GRØNNE TAK

- + Fordrøyer overvann, dermed senkes områdets avrenningsintensitet og flomtopp.
- + Økt biologisk mangfold og bedrer det lokale mikroklima.
- + Redusere energibehovet for oppvarming og nedkjøling,
- + Bedrer luftkvaliteten
- + Lydisolende
- + Økt levetid på takmembran.
- + Øker byggets arealutnyttelse.
- + Gir poeng innen BREEAM og BGF.

(ZinCo, s.a, s.5)
(Bergknapp, 2018, s.15)



Figur 4.2: Hydrologisk prosess for grønne tak

Det er utfordrende å måle de ulike variablene i regnestykket. Engelske og Svenske studier viser at grønne tak holder tilbake omtrent 50% av nedbøren på årsbasis. Studier i Sheffield, England, viser til en gjennomsnittlig tilbakeholdelse på 50,2% og Malmø 52% tilbakeholdelse gjennom året. Ut fra disse studiene, som er foretatt i relativt lignende klimatiske forhold som man finner i Norge, vått og kaldt, kan vi forvente en gjennomsnittlig tilbakeholdelse på omtrent 50%. Man må likevel være observant på at dette gjennomsnittet ikke har noen sammenheng med hvordan avrenningen blir i enkelt tilfeller. (Noreng, Kvalvik & Ødegård, 2012, s 45) Dette har resultert i tommelfingerregelen som sier at man kan ta i bruk avrenningskoeffisienten 0,5 for ekstensive grønne tak.

For mer konkrete avrennings verdier for ulike vekstlag tykkelser kan man se til VA/Miljøblad nr. 107, hvor følgende tabell er oppgitt:

| Beplantning | Tykkelse på vekstlag [mm] | Avrenningskoeffisient |
|--|---------------------------|-----------------------|
| Mose og bergknapp | 20 - 40 | 0,6 |
| Mose, bergknapp og andre mindre planter | 60 - 100 | 0,5 |
| Gress og mindre planter | 150 - 200 | 0,4 |
| Gressplen og større planter /mindre trær | > 500 | 0,10 |

Tabell 4: Verdier for avrenningskoeffisienter og tykkelse på vekstjord for grønne tak (Holm, 2013.b).

For hellende tak vil avrenningssituasjonen for grønne tak være en annen. Tabell 5 viser, ut fra forskning gjennomført i Tyskland, Sverige og Danmark, sammenhengen mellom substrattykkelse, avrenning og takets helning.

| Substrat dybde [mm] | Avrenningskoeffisient | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| | Tilnærmet flatt tak | 15 grader helning | > 15 grader helning |
| > 500 | 0,1 | 0,1 | - |
| 250 - 500 | 0,3 | 0,2 | - |
| 150 - 250 | 0,3 | 0,3 | - |
| 100 - 150 | 0,45 | 0,4 | 0,5 |
| 60 - 100 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| 40 - 60 | 0,55 | 0,6 | 0,7 |
| 20 - 40 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |






Tabell 5: Verdier for avrenningskoeffisienter som viser sammenhengen mellom substrattykkelse, avrenning og takets helning. (Vinnova, 2017)

Det er viktig at avrenningskoeffisienten ikke tolkes som faste tall. Ved større nedbør og økende regnvarighet vil koeffisientene øke. Overskuddsvannet som ikke fordrøyes på taket kan ledes videre til andre overvannstiltak som grønne vegger, regnbed eller andre arealer for fordrøyning (Holm, 2013, s.5).

Vegetasjon etter subtrattykkelse for grønnetak

| | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| Utforming og tykkelse | Ekstensivt tak | Semi-intensive tak | Gress og Urban farming | Mindre parkmiljø og takhager | Parkmiljø og takhager |
| Subtrat tykkelse | 30-150mm | 150-300mm | 300-600mm | 600-1500mm | >1500mm |
| Vegetasjon | | Gress, stauder, urter, grønnsaker | Busker, stauder, gress og urter. | Trær, busker, stauder og gress | Trær, busker, stauder og gress |

Vegetasjon etter subtrattykkelse for ekstensive grønnetak

| | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| Subtrat tykkelse | > 30mm | > 80mm | > 100mm | > 120mm | > 150mm |
| Vegetasjon | Sedum og mose | Sedum, mose og mindre planter | Gress og mindre planter | Gress, urter og mindre planter | Gress, urter og mindre planter |

Figur 4.3: Ulik vegetasjonstykkelse og bruksområde for grønne tak (Vinnova, 2017).

4.2.1. Ekstensive tak

Ekstensive tak er den letteste typen av grønne tak og er ofte den løsningen som passer best å etablere på eksisterende bebyggelse. Ekstensive tak egner seg ikke for opphold, men kan være et estetisk tiltak fra overliggende bebyggelse. Denne typen grønt tak kan anlegges på både flate- og skrå tak.

Oppbygging

Ekstensive tak har en substrat tykkelse på 3-4 cm og kan inneholde ulike typer sedumplanter, gress og mose. Taket har en normal vekt på 25 kg/m² ved tør vegetasjonsmatte og 50 kg/m² ved vannmettet situasjon. (Bergknapp, 2018, s.16)

Denne typen grønne tak inneholder også et drenslag på 10 - 25 mm. Dette varierer fra produsent til produsent. (Holm, 2013, s.4)

Oppbyggingen av taket varierer med takets helning.

- 0-6 grader : Drensmatte, filt og sedum.
 - 6-20 grader: Filt, sedum.
 - 20-40 grader: Filt og sedummatter sys fast i geonett.
- (Bergknapp, 2018, s.16)

VA/Miljøblad nr. 107, anbefaler ulik oppbygging av taket som tar hensyn til vekst- og drenslag, samt takets helning. Følgende tabell er oppgitt:

| Beplantning | Vekstlag [mm] | Drenslag [mm] |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Flate tak | | |
| Mose og sedum (bergknapp) | 20 - 50 | 40 - 70 |
| Sedum (bergknapp) og gress | 80 - 120 | 100 - 140 |
| Tak med helning | | |
| Mose og sedum (bergknapp) | 20 - 50 | 40 - 70 |
| Sedum (bergknapp) og gress | 100 - 150 | 120 - 170 |

Tabell 6: Anbefalte vekst- og drenslag for flate og hellende ekstensive tak (Holm, 2013.b).

Plantearter

På ekstensive tak er det viktig å ta i bruk plantearter som tåler lengre perioder med tørke og er tilpasset det nordiske klimaet. Sedum planter, mose og gress er plantearter som vil kunne trives godt på denne typen tak.



Figur 4.4: To eksempler på oppbyggingen av ekstensive sedumtak. (Braskerud, 2014)



Snitt flatt tak (0-6 grader) med avslutningslist. Oppbyggingen viser rotsikker membran, dreneringsmatte, filtduk og sedummatte.



Snitt skråtak (6-20 grader) med avslutningslist. Oppbyggingen viser rotsikker membran, filtduk og sedummatte.

Figur 4.5: Oppbygging av sedumtak. (Bergknapp, 2018)

Sedum er en planteart som samler vann i bladene og er derfor svært motstandsdyktige for tørke. Følgende sedum arter er vanligvis brukt på ekstensive grønne tak i Norge:

- *Sedum acre* – Bitterbergknapp
- *Sedum album* – Hvitbergknapp
- *Sedum floriferum* – Blomsterbergknapp
- *Sedum hipanicum* – Gråbergknapp
- *Sedum lydium* – Lydisk bergknapp
- *Sedum sexangulare* – Kantbergknapp
- *Sedum reflexum* – Broddbergknapp
- *Phedimus hybridus* (Sedum hybridum) – Sibirbergknapp
- *Phedimus spurius* (Sedum spurium) – Gravbegknapp
- *Phedimus kamtschaticus* (Sedum kamtschaticum) - Gullbergknapp
- *Hylotelephium ewesii* (Sedum ewersii)- Høstbergknapp

(Noreng, et al., 2012 s. 38)

Vedlikehold

Ekstensive tak trenger lite vedlikehold, sammenlignet med intensive tak. Takene trenger gjødsling 1-2 ganger i året, lusing og rensing av sluker ved behov. (Bergknapp, 2018) Plantearten sedum er en robust planteart som tåler både næringsfattig jord og lange perioder med tørke. Vanning skjer derfor her fortrinnsvis gjennom naturlige prosesser. (Ødegaard, 2014, s.366) Dersom man anlegger tak med gress, må det klippes i jevne mellomrom og gjødsles ved behov.

4.2.2. Semi-intensive tak

Semi-intensive tak er en mellomkategori mellom ekstensive og intensive tak. Denne takløsningen tilrettelegges for middels høy vegetasjon og kan etableres på flatt og hellende tak. På denne typen tak er det mulighet til å legge til rette for biologisk mangfold og variert arts mangfold, i større grad enn på ekstensive tak. (Noreng et al., 2012, s.19) Under denne kategorien grønne tak kan man blant annet finne det tradisjonelle torvtaket.

Oppbygging

Semi intensive tak anlegges med substrat med høyde mellom 13- 23 cm. Dette gir en vekt på 120 til 200 kg/m² i vannmettet tilstand. (Noreng et al., 2012, s.19)

Vedlikehold

Denne typen tak trenger mer vedlikehold enn ekstensive tak. Lusing og gjødsling etter behov. (Noreng, 2013, s.3)

4.2.3. Intensive tak

Intensive tak er den tyngste typen av grønne tak og kan tilrettelegges for menneskelig opphold og ferdsel. Denne typen grønne tak etableres fortrinnsvis på flate tak. (Noreng et al., 2012, s.21)

Oppbygging

Intensive tak har ofte et vekstmedium på 15 til 40 cm tykkelse. Vekstmediet er tilpasset behovene til stauder, busker og trær. Den totale vekten av et intensivt tak kan variere mellom 200 til 1000 kg/m², i vannmettet tilstand. Det er derfor ikke normalt å anlegge denne typen grønne tak på eksisterende bebyggelse. Det kan likevel gjøres dersom konstruksjonen forsterkes eller ved at terreng plasseres over bærevegger og søyler (Noreng et al., 2012, s.21) (Bergknapp, 2018, s.21).

4.2.3.1. Takhager

Takhager er ikke et nytt fenomen, men det har blitt mer og mer populært de siste årene. Fortetting av byene har resultert i nedbygging av grøntområder og byrom. Intensive tak i form av takhager og takterrasser kan være et godt alternativ til grønne byrom på bakkenivå. Denne typen grønne tak har blitt bygget på både private boliger og offentlig bygg, flere steder verden over.

Takhager og terrasser kan brukes aktivt som et overvannstiltak og urbant byrom, ved at areal for infiltrasjon og fordrøyning kombineres med oppholdsarealer. Noe som både øker byggets opplevelseskvalitet

og bruksareal. Det er også mulig å tilrettelegge for mindre dammer og basseng på taket, samt oversvømmelse areal som kan fordrøye store vannmengder ved kraftige regnskyll.



*Figur 4.6: Fordøyende uterom på tak. (Multiblokk, s.a.a)
Figuren viser hvordan man kan kombinere ulike bruksområder og overvannstiltak på tak.*

Oppbygging

Takhager går under kategorien intensive tak og kan inneholde en stor variasjon av plantearter og vegetasjon. Oppbyggingen av taket varierer mellom ulike arealer for ferdsel, lek og vegetasjon. Man kan plassere alt fra trær til små planter i vekstområdene. Oppbygging av ferdselsareal med mulighet for infiltrasjon er videre forklart i delkapittel 4.3.2.

Vedlikehold

Takhager og takterrasser med vegetasjon må vedlikeholdes på samme måte som ordinære hager på bakkenivå.

4.2.3.2. Urban Rooftop Farming

I de siste årene har det blomstret opp en økende interesse for lokal produsert mat. Denne interessen i kombinasjon med nedbygging av grøntområder har fenomenet Urban Rooftop Farming blitt utviklet. Dette går ut på at man bruker arealer på taket til å gro frukt og grønnsaker.

Denne formen for grønt tak kan være med på å dekke menneskers behov for private hager i trange boforhold. Mennesker kan gjennom urban rooftop farming få kontakt med naturen, som både kan gi rekreasjonsverdi og kognitiv læring.

Oppbygging

Ulike typer frukt og grønnsaker krever ulikt substrat for å ha gode vekstvilkår. Det anbefales en substrat dybde på 20 cm for å dyrke frukt og grønnsaker som salat, løk, squash, kål og ulike urter. For grønnsaker og bær med større rotsystemer anbefales en substrat dybde 28 cm til 40 cm. Eksempel på denne typen bær og grønnsaker er tomater, bønner, bringebær, bjørnebær og rips. (ZinCo, s.a., s.27)

Vedlikehold

Denne typen tak trenger samme vedlikehold som en ordinær grønnsakshage.

4.3. Blå-grå tak

Blå-grå tak er en taktype som karakteriseres av sin grå utseende og evne til å fordrøye overvann. Innenfor denne typen tak finnes det ulike alternativer som kan kombineres med grønne løsninger og ulike bruksområder.

4.3.1. Overvannsmagasiner

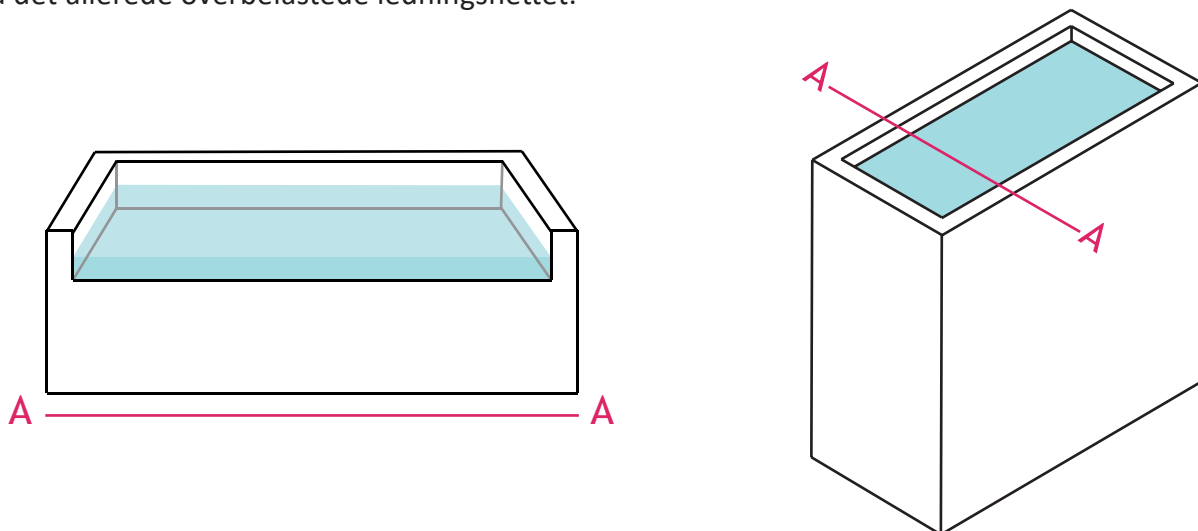
En utradisjonell metode for å fordrøye overvann på tak er å bruke selve taket eller deler av taket til midlertidige overvannsmagasin for overvann. Dette gjøres ved å la regnvann samle seg opp på taket i perioder med større nedbørmengder. Overvannet holdes tilbake i magasinene før det slippes kontrollert ut til naturbaserte overvannstiltak eller ledningsnett ved overløp. Denne løsningen er utviklet av Protan og er kalt Protan BlueProof. Løsningen er SINTEF godkjent og egner seg på både eksisterende og nye tak. (Protan, s.a.) Dette tiltaket vil likevel gi en begrenset fordrøyningsseffekt på magasin mindre enn 100m² (Noreng, 2017, s. 4).

Å holde tilbake store mengder nedbør resulterer i stor lastpåkjenning for taket. I Norge er de fleste tak likevel konstruert til å tåle stor vekt, og i de fleste tilfeller kan Nordiske flate tak tåle mer en 300mm nedbør pr kvadratmeter. Dette må selvsagt undersøkes i hver enkelt prosjekt, slik man unngår skade på bygg. Eksempelvis vil et tak med en størrelse på 1000 m² kunne fordrøye 50 m³ i løpet av en time, ved en nedbørsituasjon med 50 mm/time. Dette utgir en vekt på 50 kg/m², som er 1/6 av vekten norske nybygg kan tåle konstruksjonsmessig. Overvannsmagasiner kan kombineres med flere ulike tyepområder på taket, som rekreasjonsområder, grønne soner og energiproduksjon (Protan, s.a.).

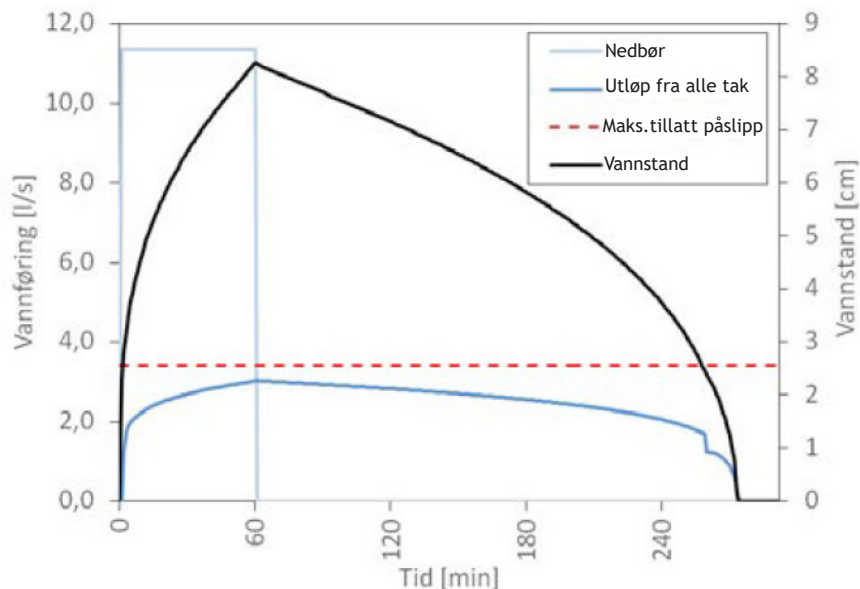
Oppbygging

Taket tekkes med kjente taktekkings metoder som tilpasses hvert enkelt bygg. Eksempler på de mest brukte metoden er mekanisk innfestning med vakum. Taket utstyres med konvensjonell sluk eller UV sluk. (Protan, s.a.) Det kan magasineres opp 150mm vann ved sluk, men magasineringshøyden vil variere på taket på grunn av et minusfall til sluk på 1:100. For å sikre konstruksjonen mot innlekking av vann anvendes en ca 1,8 mm tykt takbelegg av PVC med en kjerne av ekstra sterk polyesterarmering. Takbelegget leveres normalt i en mørk grå farge, men kan tilpasses ved bestilling. (Noreng, 2017, s.1.)

Sluken slipper vannet gradvis ned til ledningsnett. Vannet kan holdes tilbake på taket i omtrent 5 til 24 timer.(Protan, s.a.) Dette reduserer spissavrenningen til ledningsnett og reduserer belastningen på det allerede overbelastete ledningsnett.



Figur 4.7 : BlueProof, Prinsippkisse av overvannsmagasin på tak



Figur 4.8: Eksempel på en Blue Proof kalkulasjon for et gitt bygg og lokasjon (SINTEF, 2017). Grafen viser hvordan takkonstruksjonen kontrollert slipper ut nedbøren til ledningsnett

Regneeksempel

Takets magasineringsvolum bestemmes ut fra konstruksjonens bæreevne. Det er gjennomført to regneeksempel for denne typen overvannstiltak for å kunne sammenligne tiltakets evne til å håndtere overvann med de andre presenterte tiltakene i denne oppgaven. Taket som er tatt i bruk ved beregningene er blokken i eksempelområdet BKB6, som er presentert i kapittel 7. Blokken har et takareal på 378 m². Beregningene er gjennomført i samsvar med SINTEF teknisk godkjenning nr 20541. Det vil si at Protan har bistått med beregninger for to ulike utformingsalternativer for denne oppgaven. For beregningene er metode for kasseregner anvendt, se vedlegg 1.

I det første alternativet er det tatt i bruk en sluk (restrictor) på 40mm. Dette gir et maksimalt beregnet påslipp til ledningsnett på 0,62 l/s, som vil si en spissavrenning reduksjon på 34%. Dette er forutsatt en nedbørs situasjon over 6 timer, med en intensitet på 24,84 l/s*ha. Med en maksimal vannstand på taket med 7 – 8 mm, altså 9,06m³ maksimal beregnet volum vann på taket. Vannet vil med disse forutsetningene holdes tilbake på taket i 11,68 timer.

Det andre alternativet tar i bruk to sluker (restrictor) på 25mm, som gir et maksimalt påslipp på 0,47 l/s. Dette er under samme forutsetninger som det første alternativet.

| | Alternativ 1 | Alternativ 2 |
|---|--------------|--------------|
| Varighet på vannstand [t] | 11,68 | 15,42 |
| Maks. beregnet volum vann [m ³] | 9,06 | 11,89 |
| Påslipp til ledningsnett [l/s] | 0,62 | 0,47 |

Tabell 7. Oversikt over to alternativer for overvannsmagasin på tak. Se vedlegg 1 for fullstendig beregning.

Det finnes også en mindre sluk (restrictor) en det som er anvendt i beregningene. Ved valgte forutsetninger vil det da være stående vann på taket i over 24 timer, som ikke er ønskelig. Dette alternativet er derfor ikke tatt med i denne oppgaven.

Beregnet påslipp for valgt situasjon er mye lavere enn valgte forutsetninger for eksempelområdet. Under denne situasjonen er det da mulighet for å la resten av tomten slippe ut resterende vannmengder til ledningsnett.

Vedlikehold

Denne typen tak trenger årlig tilsyn for å unngå uønskede hendelser. Ved kombinasjon med andre arealformål må vedlikehold tilpasses dette. Taket krever kvalifisert tilsyn, vedlikehold og kontroll en til to ganger årlig. (Noreng, 2017, s.4)

4.3.2. Gangbart areal

Fordrøyning er et av hovedprinsippene for lokal håndtering av overvann. På tak er det mulig å bygge opp gangbart areal som legger til rette for fordrøyning, ved bruk av permeable dekker og underliggende permeabel underbygning. Denne typen konstruksjon kan brukes på takhager, hvor man legger til rette for menneskelig aktivitet og overvannshåndtering på en og samme tid.

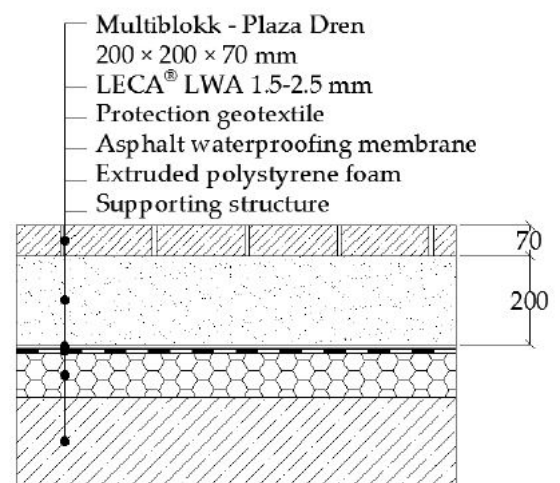
Oppbygging

For permeabelt gangbart areal på tak er det utarbeidet en løsning, bestående av knust leca og permeabelt beleg. Regnvannet fordrøyes i lecaen før det slippes ut på ledningsnett eller andre lokal overvannshåndtering tiltak. Takets fordrøyningsevne vil variere med takets underbygning og fugestørrelse i anvendt permeabelt dekke (Urbaneuterom, s.a.). Det er anvendt knust Leca på grunn av materialets tekniske egenskaper. Det har en lav vekt, stort prosentvist porevolum og god evne til å rense tak vann. Se vedlegg 2 for ytterligere informasjon angående Leca materialets egenskaper.

Presentert oppbygging er tatt i bruk ved testfelt for

denne typen tak på Høvringen, Trondheim. Testfeltet er et samarbeidsprosjekt mellom Bergknapp, Leca og Multiblokk i regi av Klima 2050. (Jære, 2017). Dette er et pågående prosjekt, hvor også NTNU og SINTEF er involvert. Prosjektet består av tre ulike taktyper, et blå-gått, et ekstensivt tak og et grått tak som referansetak. Hvert felt har en størrelse på 8 x 11m (88m²), med en helning på 2%. (Hamouz, Lohne, Wood & Muthanna, 2018, s 4).

Permeabelt beleg som brukes er ofte ulike typer belegningsstein eller heller. I presentert løsning, som er tilsvarende Høvringen er det anvendt belegningsstein, med dimensjon 20x20x7cm, med 11 mm fugebredde. Dette tilsvarer 7,2% permeabelt areal per stein. (Multiblokk, s.a.a). Under belegningssteinen er det anlagt et lag med Filtralite, et fordøyende Leca produkt, på 200mm (Multiblokk, s.a.b). Se figur 4.9. Fugebredden kan tilpasses etter behov. Se bilde fordrøyende uterom på tak i delkapittel 4.2.3.1.



Figur 4.9: Oppbyggingen av blå-gråt tak på Høvringen (Hamouz et al. 2018)

Vekten til denne typen takløsning er beregnet frem til å være 251kg/m^2 , ved tørt materiale, og en total vekt på 310kg/m^2 i bløt situasjon. (Hamouz et al, 2018, s. 4). Dette er store belastninger for taket. For å redusere vekten på taket har Multiblock utarbeidet en lett permeabel belegningsstein som er spesielt konstruert for å fordrøye overvann.



Figur 4.10: Permeabel belegningsstein (Multiblokk, s.a.b.).

Fordrøyningsgevne

Studiet, på Høvringen, viste til gode avrenningsresultater sammenlignet med det alminnelige grå referansetaket. Studiet er hovedsakelig basert på dagligdagsregn med en returperiode på mindre enn 2 års intervaller. Resultatet viser en redusert spissavrenning på 92% og en forsinkelse på 7 timer og 23 minutter. Det ble også registrert en volum reduksjon på 9% for avrenning fra det blå-grå taket. (Hamouz, et al., 2018, s 14-12). Dette viser til en svært lav avrenningsfaktor, omtrent 0,1, ved mindre nedbør. Disse resultatene viser til at tiltaket kan håndtere store deler av det dagligdagse regnet, trinn 1 i tre leddsstrategien. Busklein (2016), senioringeniør hos SINTEF, viser derimot til en høyere avrenningskoeffisient, ved å se på fordrøynings egenskapene til valgt leca fraksjon under en kontrollert atmosfære. Gjennom sine tester kom Busklein (2016) frem til en avrenningsfaktor på 0,26 for filtralite laget, ut fra gjennomsnittsavrenningen av forsøkene. (Busklein, 2016, s.4-5)

Informasjon hentet ut fra laboratorium tester og testfeltet på Høvringen viser til ulike resultater. Dette er trolig grunnet bruk av belegningsstein over anvendt Leca, på testfeltet, som dekker store deler av takområdet. (Hamouz, et al., 2018, s 12)

De ulike forsøkene viser til god tilbakeholdelse av overvann. Man må likevel ta i bruk en høyere avrenningskoeffisient ved dimejsonerende nedbør, trinn 2 i treleddsstrategien, hvor mediet trolig fort blir vannmettet. Det er derfor tatt i bruk en teoretisk avrenningskoeffisient på 0,4 for dette tiltaket ved videre beregninger i kapittel 5. Beregningene viser videre til at tiltaket har et teoretisk fordrøyningsvolum på $0,12\text{m}^3$ per kvadratmeter. Beregninger og verdier er satt ut fra gitte opplysninger fra Hamouz et al (2018), Busklein (2016), Leca (2016, a.) og egen vurdering. Se vedlegg 12, for beregning av tiltakets fordrøyningskapasitet og reduksjon av spissavrenning under gitte forhold.

Vedlikehold

Luking i fuger etter behov og jevnlig kontroll av sluk.

4.4. Grønne vegger

Grønne vegger også kalt grønne fasader og vertikale hager, er et velkjent begrep og kan utføres på flere ulike måter. Det er likevel svært begrenset bruk i Norden.

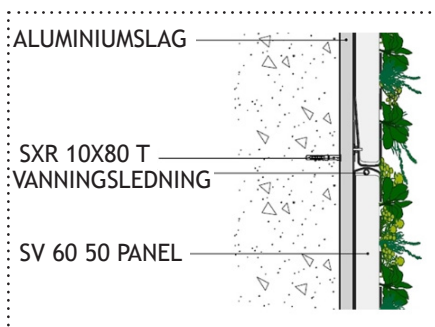
Ved etablering av grønne vegger utnytter man potensialet i byens vertikale flater. Vegetasjon kan være en aktiv del av byen og bygningskroppen, som skaper liv og endring i ellers mindre pene eller monotone fasader. Grønne vegger har lenge blitt sett på som et estetisk tiltak i bymiljøet. Det er likevel laget tekniske installasjoner som kan håndtere overvann og være gode alternativ eller supplement til grønne tak. (Bergknapp, 2018, s.29)

4.4.1. Subtrat på fasade

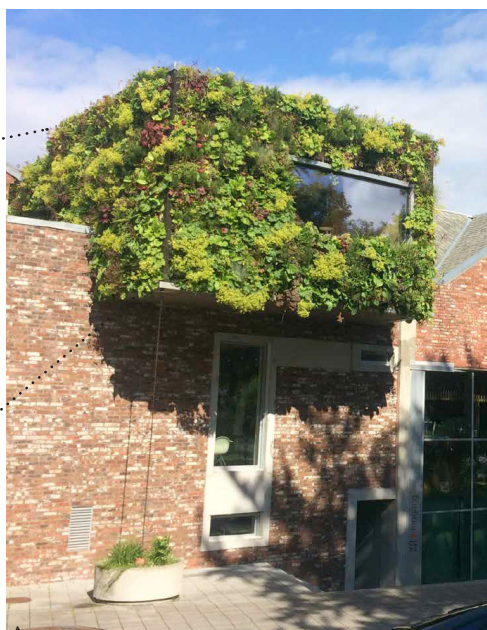
Den mest kjente typen grønne vegger har substrat direkte på fasaden og består av mindre små stauder, bregner og øvrige småplanter. Fargespillet og høyden på de ulike plantene har i ulike prosjekter blitt fremstilt som kunstneriske innslag i bymiljøet. Denne typen grønn vegg har lite vekstmedium til å fange opp og fordrøye overvann. Løsningen har derfor liten evne til å holde tilbake overvann ved regnskyll og sees på som et rent estetisk tiltak i tilknytning til overvannshåndtering. Det fremmer likevel en rekke andre økosystemtjenester.

Vedlikehold

Denne typen grønne vegger krever jevnlig vanning og gjødsling. Dette gjøres ofte ved å etablere automatiske vanning og gjøttingsystemer, slik at veggen alltid er et grønt element i bybildet.



Figur 4.11 : Prinsipiell oppbygning av flexipanel for grønne vegger, med substrat på fasade (Bergknapp, 2018).



FORDELER MED GRØNNE VEGGER

- + Reduserer områdets avrenningsintensitet.
- + Reduserer bygningens energibehov for oppvarming og nedkjøling (Bergknapp, 2018, s.29)
- + Bedrer lokal luftkvalitet ved å fange svevestøv, NO₂ og PM (BioWall,s.a.)
- + Reduserer støy
- + Skjule mindre pene fasader (Bergknapp, 2018, s.29)
- + Bidra til økt biologisk mangfold (Bergknapp, 2018, s.29)
- + Hindre slitasje på fasade
- + Bidra til økt trivsel i tettbebygde urbane områder

Faktorer for en vellykket grønn vegg:



Figur 4.12: faktorer for en vellykket grønn vegg

4.4.2. Grønn vegg med vaiersystem

Grønne vegger i form av klatre- og slyngplanter i kombinasjon med plantekasser eller regnbed på bakkenivå er derimot ansett som et velegnet overvannstiltak. Sammenlignet med grønne tak er dette et mer arealkrevende tiltak, men er en godt supplement til byen på bakkenivå.

Grønne vegger ved bruk av klatre- eller slyngplanter kan bygges opp på flere ulike måter. Systemets evne til å håndtere overvann varierer med oppbyggingen av tiltaket på bakkenivå, se kapittel 4.4.2.1., 4.4.2.2. og 4.4.2.3.

Egnede plantearter

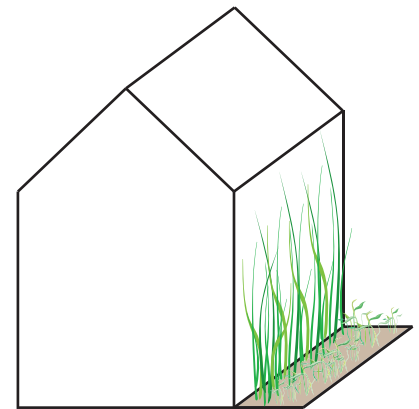
Ved etablering av tiltak med vegetasjon er det viktig å ta i bruk lokale plantearter som tåler det nordiske klimaet. Vi kan skille mellom selvklatrende planter, som lager hefte røtter på overflaten, og planter som trenger noe å slyng seg i for å kunne klatre oppover fasaden. I følge landskapsarkitekt Randi Thomsen (e-post, 18.01.2018) vil det være aktuelt med følgende plantearter på nordlige breddegrader:

Typiske selvklatrende planter er:

- Klatrevillvin, *Parthenocissus quiquefolia* 'Engelmannii'
- Rådhusvillvin, *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii'
- Klatrehortensia, *Hydrangea anomala* ssp. *Petiolaris*
- Eføy, *Hedera helix*

Planter som trenger noe å slyng seg i:

- Slyngvillvin, *Parthenocissus vitacea*
- Klatreslirekne, «Arkitektens trøst», *Fallopia baldschuanica*
- Pipeholurt, *Aristolochia durior*
- Småblomstrande klematissorter som f.eks.
 - Alpeklematis, *Clematis alpina*
 - Bergklematis, *Clematis montana*
 - Tyskklematis, *Clematis vitalba*
 - Humle, *humulus lupulus* (staude, visner ned om høsten og spirer frå bunnen av)



Figur 4.13 : Grønn vegg i kombinasjon med regnbed

Thomsen (e-post, 18.01.2018) påpeker også at disse plantene ikke foretrekker å stå under vann i lengre perioder. Det anbefales derfor å anvende plantebed eller regnbedet med permeable masser, slik at vannet siver ned i massene i stedet for å stå over plantene i lengre perioder.

Ved å ta i bruk ulike planter kan man gi fasaden et endrende fargespill gjennom årets sesonger og unngå perioder med blottet fasade.

Med tanke på byggets kledning vil det være mest aktuelt å bruke slyngplanter i veiersystem eller espalier oppover fasaden. Klatreplanter kan være svært aggressive mot underlaget, som kan føre til skade på fasaden og utfordringer ved vedlikehold. Dersom man likevel ønsker denne typen vegetasjon kan man legge inn en rotsperre bak kledningen, som hindrer at plantene trenger inn i luftsjikt eller konstruksjonen forøvrig i følge bygningsfysiker Fredrik Moen Haaland (e-post, 19.01.2018). Klatreplanter kan likevel være et godt alternativ for konstruksjoner som kan ta lite skade av hefterøttene, som støyskjermer, parkeringsanlegg og øvrige betong konstruksjoner.

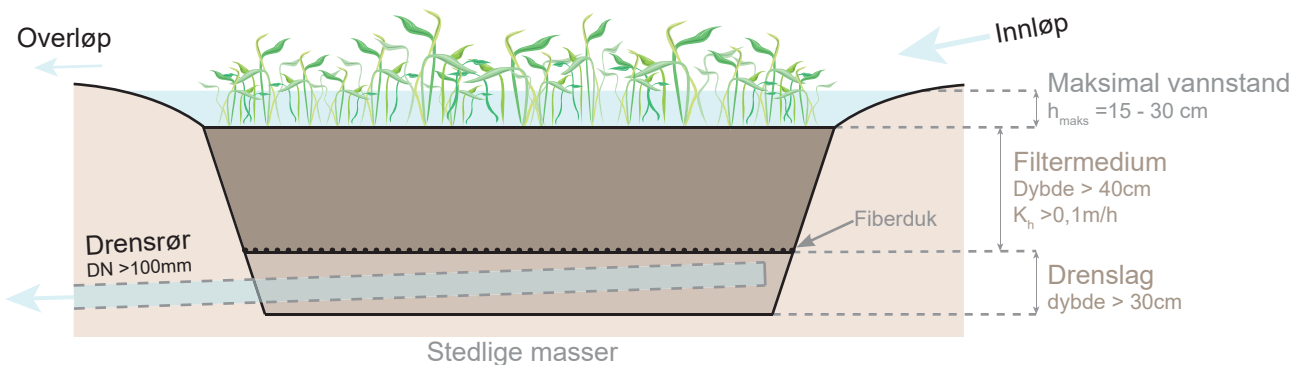
4.4.2.1. Regnbed i kombinasjon med grønne vegger

Regnbed er et terrengetilpasset infiltrasjonsanlegg som kan plasseres både på bakkenivå og på tak. (Ødegaard, 2014, s.367) Anlegget fremstår som en beplantet forsenkning i terrenget, hvor overvann samles opp, infiltreres i grunnen eller føres til overvannsnettet. Dette er et godt etablert og innarbeidet overvannstiltak i Norsk planleggingspraksis. Ved utforskning av nye innovative løsninger kan man ta inspirasjon fra både USA, Canada og Australia, hvor regnbed også har en ustrakt bruk. Regnbed er spesielt egnet for små nedbørsfelt, retningslinjer fra USA anbefaler at nedbørsfeltet ikke overstiger 0,8 ha. (Paus & Braskerud, 2013, s.56)

For grønne vegger i form av klatre- eller slyngplanter kan regnbed være et godt vekstområde og den delen av konstruksjonen som håndterer overvann.

Oppbygging

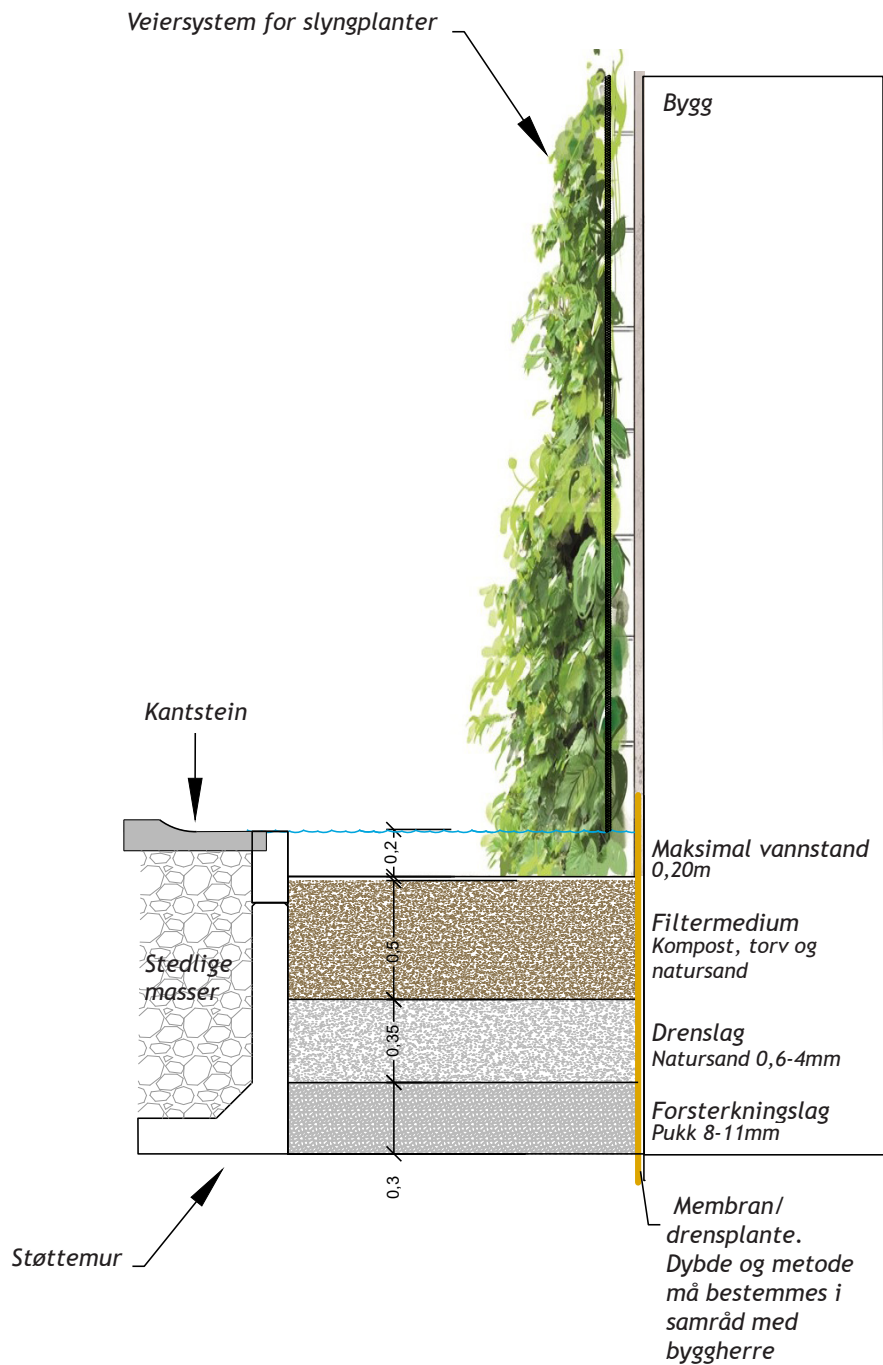
Et regnbed kan ha flere ulike former, men har en prinsipiell oppbygging med vegetasjonslag og et underliggende filtermedium på 50 - 80cm og drenerende masser. (Ødegaard, 2014, s.367) Filtermediet består normalt av 50-60% sand, 20-30% matjord og 10-20% løvkompost. Se figur 4.14. I kaldt klima er det viktig å anlegge tilstrekkelig drenering slik at det ikke fryser til med stående vann. (Ødegaard, 2014, s.368)



Figur 4.14. Regnbed på leirjord, med utskiftet filtermedium og drenering.

Dersom det er dårlig infiltrasjonsevne i grunnen hvor regnbed etableres kan det være nødvendig at regnbedet under dreneres. Dette vil si at man anlegger en perforert drensledning i de grove massene under filtermediet, se figur 4.14. (Ødegaard, 2014, s.367)

I urbane området er det som sagt begrenset areal til naturbaserte tiltak på bakkeniva. Regnbed i denne settingen må derfor strekke seg langs bygningskroppen og ha en relativ liten bredde ut fra konstruksjonen. For å kunne sammenligne de ulike tiltakenes fordrøyningskapasitet er det i denne oppgaven utarbeidet et eksempel på denne typen regnbed, se figur 4.15.



Figur 4.15: Prinsipiell oppbygning av regnbed i kombinasjon med grønne vegger i urbane områder.

Regnbedet strekker seg 1,5m ut fra konstruksjonens vegg og har en lagdelt oppbygning. For å oppnå god fordrøyningskapasitet på begrenset areal er det lagt inn et forsterkningslag med pukk, fraksjon 8-12mm. Det er også tilrettelagt for en maksimal vannstand på 0,2 m hvor vann kan stuves opp ved større nedbørsituasjoner, se figur 4.15.

Plantearter

I regnbed er det viktig å ta i bruk robuste plantearter som tåler både tørke og stå under vann over lengre perioder. (Paus & Braskerud, 2013, s.56) Som tidligere nevnt egner de fleste klatre- og syngplanter seg ikke til lengre opphold under vann. Det anbefales derfor å etablere ytterligere vegetasjon gjennom regnbedet. Slik at man får utnyttet arealet til andre økosystemtjenester, enn overvannshåndtering, og fremme det grønne elementet i bybildet.

Renseevne

Ved etablering av regnbed på gatenivå i urbane områder kan regnbedet også være med på å rense forurenset overvann fra kjørbare arealer. Erfaringer viser at regnbed har en god evne til å holde tilbake partikler, utfelling av tungmetaller og organiske miljøgifter. Det er likevel viktig å holde vegsilt ute av regnbedet, dersom man ikke har anvendt vegetasjon som er tilpasset dette. Saltet kan skade vegetasjonen og ødelegge jordstrukturen i filtermediet, samt mobilisere akkumulerte metaller. (Ødegaard, 2014, s.368)

Avstand fra bygg

For å unngå vannskader på bygg må man ta i bruk ulike forhåndsregler. Vann som infiltreres i grunnen må ikke gi skade på bygningsmassen. I USA anbefales det minst 8 m fra kjellere og 1,5m fra bygningsfundament. (Paus & Braskerud, 2013, s.57)

I Norge er det ikke anbefalt noe minimum avstand fra bygg. I følge bygningsfysikker Fredrik Moen Haaland (e-post, 19.01.2018) kan man etablere regnbed nær bygningskroppen så lenge bygningskroppen beskyttes med membraner eller andre vanntette og drenerende sjikt. Det er vanlig praksis å etablere et drens sjikt med bredde på minimum 200mm mot vegg under terreng. Det er likevel ikke noe i veien for å gå bort fra dette dersom det etableres tiltak som beskytter bakenforliggende konstruksjon. Det viktigste er å sikre tilstrekkelig helning fra bygget slik at man unngår stående vann mot bygningskroppen.

Størrelse

Generelle anbefalinger er at regnbedet har en størrelse på 5%-10% av nedbørsfeltets størrelse. For mer nøyaktige beregninger anbefales det å bruke følgende ligning (Paus & Braskerud, 2013, s.57)

Beregning av kapasitet og nødvendig areal for regnbed:

$$A_{\text{regnbed}} = A_{\text{felt}} * c * P / (h_{\text{maks}} + K_h * t_r)$$

- A_{regnbed} : regnbedets overflateareal (m²)
- A_{felt} : nedbørsfeltets størrelse (m²)
- c : nedbørsfeltets gjennomsnittlige avrenningskoeffisient (-)
- P : dimensjonerende nedbørsmengde (m)
- h_{maks} : maksimale vannstand på overflaten før vannet går i overløp (m)
- K_h : filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet (m/t)
- t_r : dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet (t)

(Paus & Braskerud, 2013, s.59)

Dersom man ikke har tilstrekkelig med areal på bakkenivå og trenger ytterligere fordrøyningskapasitet kan man senke regnbedet og eller legge inn et lukket infiltrasjonskammer. Man vil da oppnå en kombinasjonsløsning mellom åpen og lukket fordrøying. Se kapittel 4.4.2.2. og 4.4.2.3. for eksempler på denne typen tiltak.

Vedlikehold

Regnbed krever jevnlig vedlikehold med fjerning av ugress, løv om høsten og andre uønskede elementer. Ved tørre perioder må plantene vannes. I vekstsesongen må jordoverflaten trimmes 2-3 ganger. Vekstjorden bearbeides slik det sikres lufting og nedsivningsevne. (VA miljøblad, 2013, s.6.)

4.4.2.2. Regnbed med lukket infiltrasjonskammer

Med begrenset tilstrekkelig areal på bakkenivå til å tilfredsstille behovet for fordrøyning kan man legge inn lukket infiltrasjonskammer med mulighet for infiltrasjon i grunnen. Man vil da oppnå en kombinasjonsløsning mellom åpen og lukket fordrøyning, som har potensialet til å redusere brukt areal til dette formålet på bakkenivå.

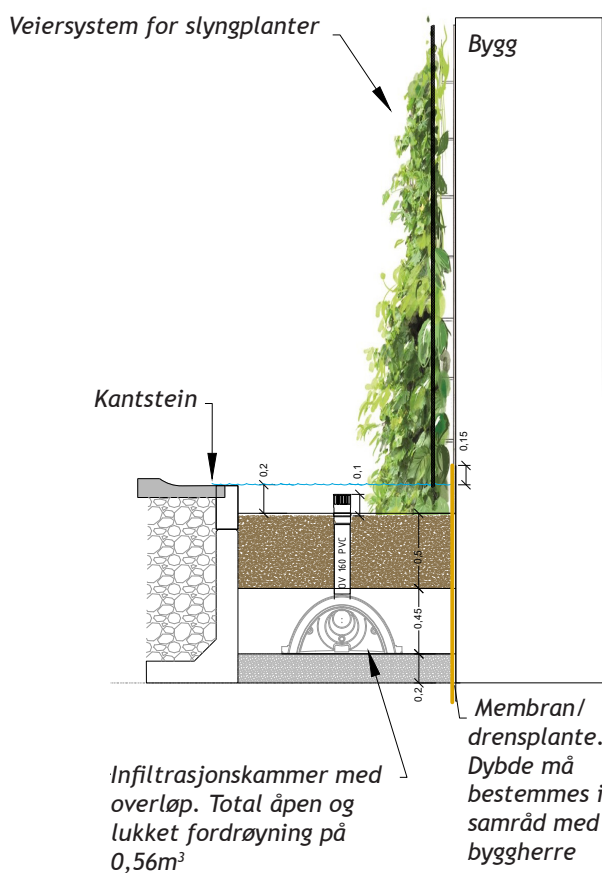
Oppbygning

Denne formen for regnbed inneholder en SC – 310 chamber løsning fra StormTech.

Dette er et infiltrasjonskammer med åpen bunn, som gjør det mulig for overvannet å infiltrere ned i grunnen. Selve kammeret har en total lengde på 2304 mm, bredde på 864mm og en høyde på 406mm. Denne løsningen har et lukket fordrøyningsvolum på 0,4m³ per kammer med åpen bunn. (StormTech, 2017) Det lukkede infiltrasjonskammeret er utstyrt med et overløp med overløpsrist, som videre er tilknyttet det kommunale ledningsnett.

Ut fra valgt utforming på regnbedet, se figur 4.16, i denne oppgaven er det valgt en maksimal vannstand på 0,2 m. Dette gir en åpen fordrøyning på 0,2 m³ pr kvadratmeter. Med disse forutsetningene har regnbedet en samlet fordrøyningkapasitet på 0,56 m³ per kvadratmeter. Se vedlegg 3.

Bedet er bygget opp med tre sjikt med ulike masser. Filtermediumet består av en blanding av kompost, torv og natursand. Drenslaget er natursand, fraksjon 0,6 - 4mm, og et forsterkningslag av puk, fraksjon 8-12mm. De ulike lagenes egenskaper er presentert i vedlegg 3. Mellom hvert sjikt plasseres fiberduk, for å opprettholde massenes egenskaper og forhindre at de blandes. Valgt oppbygning er basert på regnbed i Deichmansgate, i Oslo. Under infiltrasjonskammeret legges en duk for at de underliggende massene ikke skal spyles ut ved vedlikehold. Duken legger til rette for infiltrasjon slik at vannet kan sive ned til forsterkningslaget og stedlige masser.



Figur 4.16: Regnbed med lukket infiltrasjonskammer i kombinasjon med slyngplanter.

Bygningskroppen beskyttes mot vann ved bruk av PVC membran eller drensplate. Valgt tilak legges 0,15m over maksimal vannstand, for å hindre skade på konstruksjonen. Tiltak og dybde under regnbedet må bestemmes i samråd med byggherre.

Vedlikehold:

Regnbedet krever jevnlig vedlikehold, på samme linje som andre typer regnbed.

Det lukkede infiltrasjonskammeret krever inspeksjon to ganger årlig, for å sikre at tiltaket fungerer optimalt. Kammeret har en forventet levetid på 75 år, forbeholdt jevnlig vedlikehold og inspeksjoner (StormTech, 2014, s.26.)

For å gjennomføre vedlikehold kobles kammerene til drenskum, hvor det kan gjennomføres vedlikehold og inspeksjon. Overløpet kan også anvendes til dette, men man har da redusert mulighet for å gjennomføre spyling eller slamsuging av kammeret.

4.4.2.3. Vaiersystem i kombinasjon med fordrøyende plantekasser

I tette urbane områder hvor det er et behov for håndtering av ytterligere mengder overvann kan man ta i bruk ulike kombinasjonsløsninger, med mulighet for både fordrøyning og infiltrasjon. I slike situasjoner kan det være hensiktsmessig å ta i bruk grønne fasader i form av klatre- og slyngplanter i kombinasjon med fordrøyende plantekasser.

De norske bedriftene Bergknapp og Storm Aqua har i felleskap utarbeidet en grønn fasadeløsning kalt Wiresystem.

Oppbygning

Denne installasjonen består av to deler. Den nedre delen av plantekassen er et nedgravd fordrøyningmagasin. Fordrøyningsvolumet kan tømmes enten gjennom infiltrasjon til grunnen, dersom grunnforholdene er egnet for dette, eller gjennom et strupet og senket utløp for kontrollert utslipp til ledningsnettet. Under fordrøyningmagasinet legges det, ved behov, en pukkpute som har til formål å tilrettelegge for infiltrasjon i grunnen.

Den øvre delen av plantekassen er et smalt plantefelt oppe i dagen. Feltet strekker seg 3,1m langs fasaden og har en bredde på 1,3m, inkludert betongkanter på 12cm. Se vedlegg 4. På grunn av kassens utforming krever denne løsningen mindre areal på bakkenivå, sammenlignet med tidligere presenterte løsninger i gateløpet.

Hver kasse har et substrat på 6,3m³. I følge Bengt Magnus Tovslid, selger hos Bergknapp (epost, 22.03.2018) består substratet av 60 % lava, med en blanding av 50% pimp og 50% sort lava. Resterende 40% av substratet består av sand og kompost. Substratet kan tilpasses hvert enkelt prosjekt, man må da huske å være observant på valgte jordarters infiltrasjonsevne. For å hindre vekstjorden å trenge ned i fordrøyningmagasinet er hver kasse utstyrt med spalteplate og kapilærduk. Spalteplaten er plassert 75cm fra bunn og er utstyrt med bøyler for å holde kapilærduken på plass, se vedlegg 5. I følge Per Møller-Pedersen (e-post, 23.04.2018), daglig leder hos Storm Aqua, er det tilrettelagt for en maksimal vannstand på 10 cm over substratet.

Fra plantekassen og oppover veggen monteres et vaiersystem som ulike slyng- eller klatreplanter kan vokse i og skape et grønt uttrykk oppover fasaden. Dersom det oppstår lange perioder uten regn kan plantene ta nytte av overvannet, i fordøyingsdelen av plantekassen, ved hjelp av veker. Plantekassene har en total magasineringskapasitet på 5,9m³ pr kasse og kan seriekobles langs fasaden dersom det er ønskes større fordrøyningsvolum. (Bergknapp, 2018, s.29).



Figur 4.17: Wire system.
(Bergknapp, 2018)

Mengden overvann som infiltreres i grunnen avhenger av området's stedlige masser. Se vedlegg 3 for de ulike lagenes fordrøyende egenskaper og plantekassens fordrøyingskapasitet per kvadratmeter, under gitte forhold.

Renseevne

Takvann og overvann fra terreng føres inn i plantekassen og videre til nedenforliggende fordrøyingsdel. Det senkede utløpet gir redusert påslipp til ledningsnett og lang oppholdstid i kummen, som videre gir oljeforbindelser mulighet til å brytes ned før vannet føres videre. (Bergknapp, 2018, s.29) Vannet renses også delvis på veg gjennom substratet.

Vedlikehold

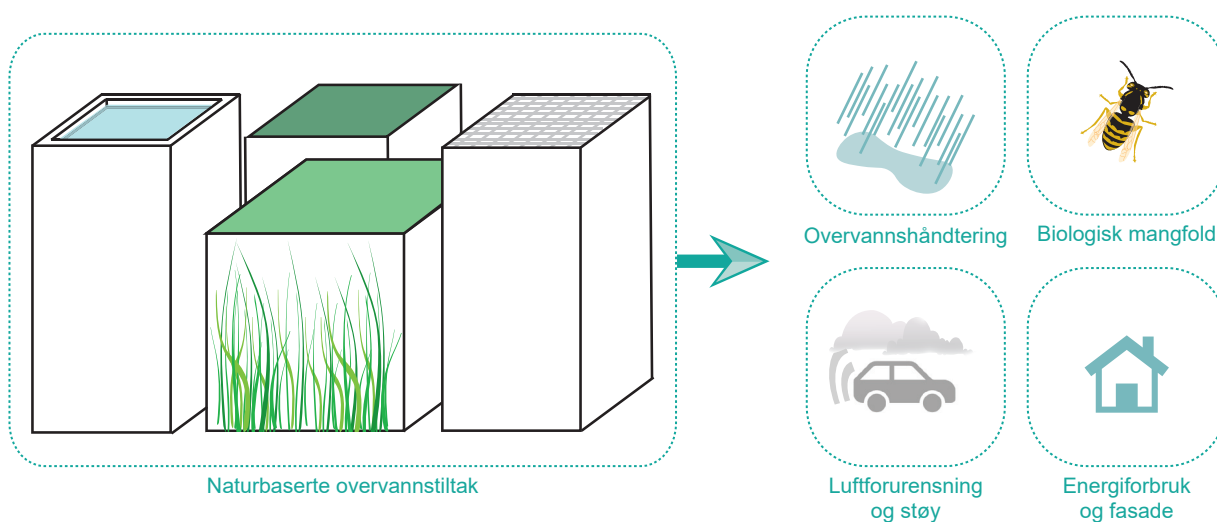
Plantekassen krever samme mengde vedlikehold som andre typer bed og regnbed. I følge Møller-Pedersen (e-post, 23.04.2018), gjennomføres vedlikehold på det nedgravde fordrøyingsmagasinet ved å ta ut substratet og spalteplanten. Man kan da slamsuge magasinet dersom det skulle bli tilslammet. Dersom infiltrasjonsdelen av magasinet er tilslammet kan man bytte ut det øverste laget av pukktoppen. Etter vedlikeholdet legges det inn nytt substrat.

5.0. Økosystemtjenester av overvannstiltak på tak og vegger

Flere byer og tettsteder står ovenfor en utfordrende situasjon knyttet til det endrende klimaet, fortetting, begrenset kapasitet på ledningsnettet, klimagass- og partikkelutslipp. Naturbaserte overvannstiltak kan bidra til å lette trykket i denne pressede situasjonen, ved å føre naturen tilbake til byen. Det må likevel påpekes at naturbaserte overvannstiltak ikke kan løse de store problemene alene, men kan være en stor bidragsyter til et bedre lokalt- og globalt klima.

I Urbane områder består hele 40% til 50% av de impermeable flatene av tak. Dette og byggenes vertikale flater utgjør store arealer med potensiale for overvannshåndtering og andre økosystemtjenester. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.55)

I dette kapitlet analyseres de tidligere presenterte tiltakenes mulige innvirkning på seks ulike økosystemtjenester. De utvalgte økosystemtjenestene er overvannshåndtering, biologisk mangfold, reduksjon av luftforurensning, støyreduksjon, energiforbruk i bygninger og konstruksjonens levetid. Dette utvalget består av økosystemtjenester som har direkte innvirkning lokalt klima og oppbygningen av byggets tak eller fasade.



Figur 5.1: Utvalgte økosystemtjenester.

5.1. Overvannshåndtering

For lokal overvannshåndtering vurderes tiltakenes evne til å fordrøye overvann og reduksjon av spissavrenningen. Det finnes flere ulike typer overvannstiltak som har tatt naturens evne til å håndtere vann som inspirasjon. Dette kapitlet viser de ulike presenterte tiltakenes evne til å fordrøye overvann per kvadratmeter og hvor stor innvirkning dette har på spissavrenningen.

Tak

Som vist tidligere i oppgaven finnes det flere ulike typer fordrøyende tak som har tatt naturens evne til å holde tilbake vann som inspirasjon. For grønne tak kan nedbør lagres i flere deler av taket, som i vegetasjonen, substratet og drensaget. De ulike taktypene har også en anbefalt maksimal mengde med organisk materiale, for å sikre gode muligheter for overvannshåndtering og gode levekår for anvendt vegetasjon. For ekstensive tak anbefales en maksimalt 20% organisk materiale, som resulterer i et substrat med høyt porevolum. Semi-intensive og intensive tak er det anbefalt å anvende en høyere prosentandel organisk materiale, men også en større andel større granulater. Noe som gir stort totalt porevolum i substratet. (Noreng et.al, 2012, s.35)

For å kunne sammenligne de ulike tiltakene er det tatt høyde for at vegeterte tak har samme oppbygning i form av drensalg, substratets porøsitet og takvinkel. Det som skiller dem fra hverandre er tykkelsen på substratet. Beregningene er gjennomført med en substrat porøsitet på 60 % og en takhelning på 0-6 grader. Beregningen for fordrøyningsevne er gjennomført i henhold til formel for jordartenes magasineringskapasitet, på side 29. Tabell 8 viser de ulike tiltakenes evne til å fordrøye overvann per kvadratmeter og redusere spissavrenningen under gitte forhold. Ved beregninger for spissavrenningen er det høyde for tilsvarende forhold som fremgår i eksempelområdet BKB6, i del 7. Dette vil si en nedbørsituasjon med gjentaksintervall på 20 år og konsentrasjonstid på 3 minutter. Nedbørintensiteten er beregnet ut fra IVF-kurve for Sandnes-Rovik, se vedlegg 9. Se vedlegg 12 for fullstendig beregning av fordrøyningsevne og spissavrenning.

For overvannsmagasin på tak er det anvendt en annen fremgangsmåte og forutsetninger for beregningene, enn de andre tiltakene på tak og bakkenivå. Beregningene er utført av Protan, som har anvendt beregningsmetode for kasseregn, se vedlegg 1. I beregningene er det anvendt nedbørsmålinger fra målestasjon Sandnes-Rovik, 44730, klimafaktor på 20% og gjentaksintervall på 20 år. Med disse forutsetningene og valgt metode vil begge alternativene nå sin kapasitetsgrense etter 360minutter, med en nedbørintensitet på 24,84 l/s*ha. For verdiene i tabell 8 er det først tatt høyde for håndtert overvann i de to alternativene som presenteres i delkapittel 4.3.1. Videre er maksimalt volum før overløp delt på eksempeltakets areal, for å oppnå en gjennomsnittsverdi for håndtert vann per kvadratmeter, for denne typen tiltak. På tross av disse ulikhetene kan man likevel sammenligne de ulike tiltakene.

| | Tak | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|---------|----------|---------------|-----------|-----------|-------|----------|------|------|
| | Grønne tak | | | | | | | Blå grå | | |
| | Ekstensiv | | | Semi-intensiv | | Intensiv | | Gangbart | M1 * | M2 * |
| Avrenningskoeffisient | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,3 | 0,1 | 0,40 | - | - |
| Fordrøyning [m3] | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,23 | 0,30 | 0,12 | 0,05 | 0,06 |
| Reduksjon av spissavrenning [%] | 33 | 39 | 44 | 50 | 61 | 67 | 89 | 56 | 34 | 50 |
| Substrat tykkelse [mm] | 20 - 40 | 40 - 60 | 60 - 100 | 100 - 150 | 150 - 250 | 250 - 500 | > 500 | 200 | - | - |

Tegnforklaring

M1: Magasin på tak, alternativ 1 ; * Ulik fremgangsmåte og forutsetninger for beregninger, se vedlegg 1.
M2: Magasin på tak, alternativ 2 ;

Tabell 8: Sammenligning av overvannstiltak på tak

Ved å sammenligne hvert tiltak per kvadratmeter kan man se en sterk sammenheng mellom substrattykkelse, fordrøyd overvann og reduksjon av spissavrenningen. Man ser også at grønne tak, med tynt substrat, har en begrenset evne til å håndtere overvann. Dette viser til at denne typen tiltak spiller størst inn på den dagligdagse nedbøren og reduksjon av spissavrenningen. Beregningene viser til at overvannsmagasin på tak ligger i sjiktet mellom ekstensive og semi-intensive tak. Man kan likevel argumentere for at dette tiltaket vil kunne ha størst effektivt volum over lengre tidsperioder, på grunn av endring i substratenes porevolum over tid som følge av komprimering.

Vegger

Grønne vegger kan på mange måter sees på som et estetisk tiltak i bymiljøet. Det har likevel, som tidligere nevnt, også potensiale for å håndtere overvann dersom tiltaket kombineres med andre tiltak på bakkenivå. Med tanke på de ulike presenterte tiltakenes evne til å håndtere overvann er det satt fokus på ulike typer grønne vegger bestående av regnbed med vaiersystem, slyng- og klatreplanter.

Tiltakene som er vurdert opp mot hverandre i tabell 9, har et totalt areal på 1m² på bakkenivå. De strekker seg 0,67m langs fasaden og 1,5m ut i gaterommet. Dimensjoner for regnbedene er valgt på grunnlag av å kunne sammenlignes med tiltak på tak.

| | Vegg | | |
|-------------------------------|---------|------|-------------|
| | Regnbed | | Plantekasse |
| | R1 | R2 | |
| Avrenningskoeffisient | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Fordrøyning [m ³] | 0,48 | 0,56 | 1,95 |
| Substrat tykkelse [mm] | 500 | 500 | 800 |

Tegnforklaring

R1: Regnbed med fordrøyende masser

R2: Regnbed med infiltrasjonskammer

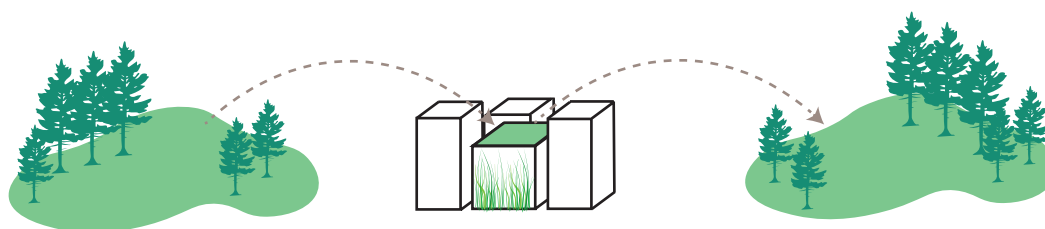
Tabell 9: Sammenligning av grønne vegger i kombinasjon med regnbed.

Grønne vegger i kombinasjon med ulike former for regnbed og plantekasser har et stort fordrøyingspotensiale sammenlignet med ulike tiltak på tak. Dette er hovedsakelig fordi det legges til rette for at vannet kan samles i åpne og lukket fordrøyingsanlegg, og med infiltrasjon i stedlige masser.

5.2. Biologisk mangfold

Naturbaserte overvannstiltaket bidrar til å fremme det biologiske mangfoldet i byer og tettsteder. Ved å gjenopprette tapte habitat og hekkeområder på bakkenivå for flere typer insekter, krypdyr, fugler og andre dyrearter. Dette er spesielt på ekstensive og semi-intensive grønne tak, hvor det er minimal menneskelig aktivitet, og grønne vegger i form av klatre- og slyngplanter.

Denne formen for vegetasjon i en urban setting kan ha flere funksjoner for det biologiske mangfoldet. Det kan både erstatte tapte habitat og være et hvilested for ulike dyr som er på gjennomreise. Grønne tak og grønne fasader kan være små pusterom og skape en sammenheng mellom større grønnsstrukturer og habitat. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.44)



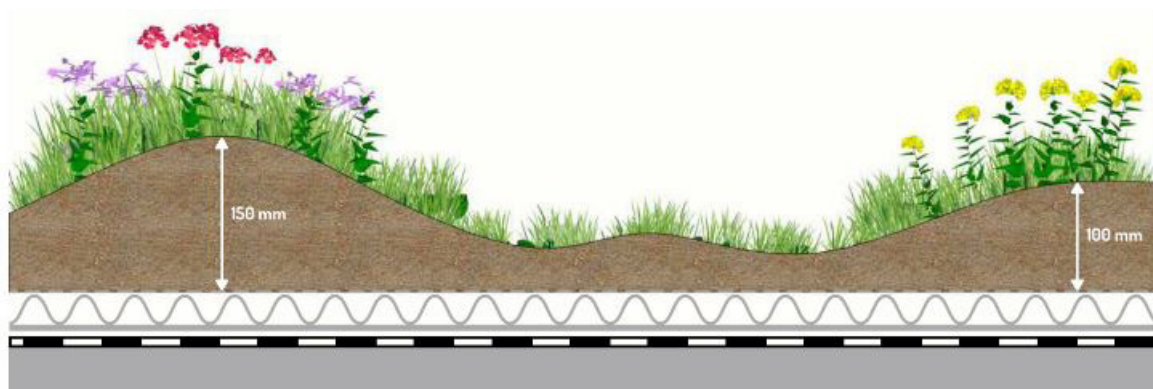
Figur 5.2: Naturbaserte overvannstiltak som hvilested mellom større grøntområder.

Mindre insekter og virveløsedyr

Ekstensive- og semi- intensive tak har potensiale for å fremme et mangfold av mindre insekter og virveløsedyr. Variert vegetasjon og substrattykkelse har potensiale for å tiltrekke seg ulike arter som trives i både tørre og bløte jordsmonn.

Grønne vegger i form av klatre- eller slyngplanter har også en betydelig effekt på dyreliv og biodiversitet i urbane områder. Forskning har vist at grønne fasader med denne typen beplantning er et perfekt sted for en stor variasjon av virvelløse dyr. Vegetasjonen kan blant annet være et attraktivt sted for sommerfugler og nattsvermere å hibernere. Bladene skaper også gode skjulesteder. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.198)

Selve planten kan også være en matkilde for ulike arter. Noen arter kan ta nytte av nektaren eller pollen fra vegetasjonen, meden andre spiser selve bladene. Dette er ikke alltid ønskelig. For eksempel ved stor forekomst av larver kan hele bladområdet bli spist opp, noe som reduserer plantens funksjon og estetiske uttrykk. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.198)



Figur 5.3: Tak med variert substrat tykkelse gir grobunn for biologisk mangfold og ulik vegetasjon. (Vinnova, 2017)
Figuren viser et eksempel på oppbygning av grønt tak med ulik substrattykkelse og vegetasjon.

Fugleliv

På ekstensive og semi-intensive tak kan man finne flere typer fugler som normalt ville hekket i klippeformasjoner, åpne gress sletter eller steinlagte områder. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.43) Under observasjoner i Sveits, i 2005 og 2006, ble det registrert flere vipere og dverglo på grønne flate observasjonstak. Takene viste seg å være gode områder for hekking. Det var likevel svært få kyllinger som overlevde, på grunn av rovfugler, mangel på vann og at de falt av taket. Unge fugler av denne rasen blir ikke matet og må derfor finne mat og vann selv, som viste seg å være en utfordrende situasjon på helt flate grønne tak. (Baumann, 2012). Observasjoner i Bergen viser også til vipebestand og hekkeområde på denne typen tak. (Bergknapp, 2018, s.23) Viper ligger på rødlisten for truede fuglearter i Norge og grønne tak tilpasset deres levevilkår vil kunne bidra til å øke bestanden.

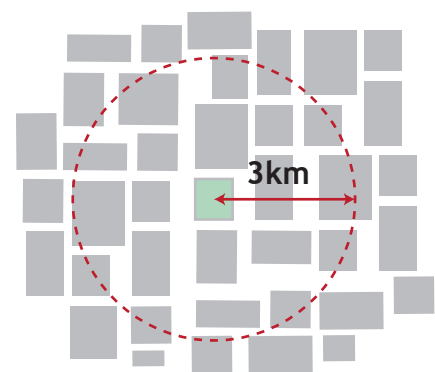
Klatre- og slyngplanter har også potensialet til å fremme et rikt fugleliv i urbane områder. Denne typen beplantning er et godt sted for hekking, for mindre fugler og insektspisende arter. Dette danner et rikt grunnlag for biologisk mangfold, ved at virvelløse dyr er en god matkilde for flere typer fugler. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.198)

Bier og humler

Grønne tak kan også bidra til å sikre bestanden av andre truede arter som bier og humler. Bier og humler er svært sårbare for klimaendringene og er på rødlisten for utrydningstruede arter i Norge. Disse insektene står for en betydelig del av bestøvning av planter vi dyrker og spiser. Miljøorganisasjonen Sabima stadfester at hele 30% av maten vi spiser er direkte eller indirekte avhengig av pollinering fra bier og humler (Sabima, s.a.) Bevaring og øking av bie- og humlebestanden er derfor svært viktig for matproduksjon og plantebestanden i Norge og Europa.

Birøkt i urbane områder er ikke noe nytt fenomen, men er i begrenset bruk i Norden sammenlignet med andre europeiske byer. Blå-grå og grønne tak har et stort potensiale til å romme både kuber og vegetasjon som bier og humler kan ta seg nytte av. Museumslektor Knut G. Austad, ved Vitengarden, (muntlig samtale, 22.02.2018) påpeker at de viktige faktorene for å lykkes med etablering av bikuber i urbane områder er at de plasseres slik at biene ikke blir hindret i sin veg ut fra kubene. En av de største truslene for bier og humler i bybildet er ofte, motoriserte kjøretøy og menneskelig aktivitet. Det vil derfor være anbefalt å plassere kuber på taktopper eller i grønne vegger med beplantning som tvinger biene å fly oppover, ikke rett frem i trafikk og folkemengder. Det er også elementært å påpeke at det må etableres klare ansvarsforhold for kubene, for å sikre god hold av biene og mulig honningproduksjon.

I et by perspektiv vil det være elementært å sikre helhetlige blågrønne strukturer gjennom byen. Bier, humler og andre flyvende arter har behov for hvilesteder på veg fra og til kubene eller reir. En bie har ofte en søkeradius for pollen på 3 kilometer fra kubene. Dersom biene har fulle blærer med pollen vil flygbar avstand reduseres, noe som skaper et behov for et stoppested på vegen tilbake til kubene. Store åpne vannspeil mellom gode plantearter for honningproduksjon og kubene kan derfor være en trussel for bier i byen. Biene kan i dette tilfelle bli slitne på veg over vannet, falle ned og drukne. I følge Austad (muntlig samtale, 22.02.2018)



Figur 5.4: Biens søkeradius i byen. Figuren viser utfordringen bier står ovenfor dersom man ikke etablerer flere grønne punkt i byen.

Anbefalinger

For å øke det biologiske mangfoldet anbefales det derfor å etablere grønne tak med variert vekstmedium. Dette vil kunne bidra til at flere fugler overlever de første delene av livet på taket og gi habitat for ulike typer biller, insekter og krypdyr.

Dunnet og Kingsbury (2008) påpeker viktigheten av å ta i bruk lokale plantearter og jordsmonn. Ved bruk av stedlige masser og plantearter legger man tilrette for lokale arter som kan forsterke sin tilstedeværelse i sitt naturlige habitat.

Det anbefales også å etablere helhetlige grønndrag gjennom urbane områder for å ytterligere understøtte det biologiske mangfoldet. Dette er spesielt med tanke på bie og humlebestanden. For å beholde god bie og humlebestand anbefales de å ta i bruk plantearter som appellerer til bier og legge til rette for dem, ved å plassere kuber på tak.

5.3. Luftforurensning og støy

Luftforurensning

I Norge står klimagassutslipp fra veitrafikk for 65% av landets utslipp. Personbiltransporten står videre for 52% av disse utslippene og har en sterk påvirkning på det lokale klimaet i urbane områder. Denne bruken av personbiler merkes spesielt i byene hvor partikler og nitrogenoksider (NO_x) gir en negativ påvirkning på befolkningens helse. (Miljødirektoratet, 2017)

Bruk av fossilt brensel til kjøretøy og oppvarming i bygninger er sett på som en trussel for det lokale og globale klimaet. Det er satt flere internasjonale og nasjonale mål for reduksjon av klimagass- og partikulære utslipp. Hovedstrategien i de fleste norske byer og tettsteder, for å bedre det lokale klimaet, er å redusere transportbehovet gjennom fortetting og satse på miljøvennlige transportmidler.

Naturbaserte overvannstiltak kan også være med på å fremme et godt lokalt klima i Norske byer og tettsteder. Grønne tak og vegger bidra til å rense luften vi puster inn. Vegetasjonen har den egenskapen at de kan ta til seg CO₂ og holder tilbake både partikler og svevestøv. Vegetasjonen filtrerer ut fine partikler ettersom luften blåser over dem, hvor partiklene setter seg på stammen og bladene til plantene. I følge Dunnet & Kingsbury (2008) har modelleringsverktøy vist at man kan oppleve forbedret opptak av forurensninger ved å etablere vegetasjon på 10-20% av tilgjengelige takareal i et område. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.63)

Det er viktig å være oppmerksom på at dette ikke vil opptre i samme grad ved enkelt tak. Forskningsprosjekt gjennomført i Detroit, USA, viser til at et stort antall grønne tak i byområder har et samlet stort potensiale for å binde karbon. I forskningsprosjektet ble karboninnholdet i vegetasjonen, over og under bakkenivå, og substrat i 12 sedum baserte ekstensive tak testet. Resultatene fra prosjektet viste at biomasse over bakkenivå akkumulerte 168 g C/m², plantenes røtter akkumulerte 107g C/m² og substratet 100g C/m². Ut fra disse resultatene ble det dannet en hypotese at dersom alle tak i Detroit byområde var dekket med sedum baserte ekstensive tak kunne planter og substrat beslaglegge 55,252 ton karbon. Dette tilsvarer utslippene fra 10,000 sport- og nyttekjøretøy eller mindre lastebiler. (Li & Babcock, 2014, s. 704-703)

For grønne vegger er vegetasjonens evne til å fange svevestøv proporsjonal med mengden vegg arealets bladoverflate. Dette kan uttrykkes gjennom en bladområde indeks, jo høyere verdi desto mer effektiv plante. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s197)

Dunnet og Kingsbury (2008) foreslår følgende bladområde index:

| Beplantning | Index | Partikkelopptak [g/m ²] |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|
| Parthenocissus quinquefolia | 1.6 – 4.0 | - |
| P. tricuspidata | 2.0 – 8.0 | 4 |
| Hedera helix | 2.6 – 7.7 | 6 |

Tabell 10: Bladområde index for grønne vegger, i form av klatre- og slyngplanter (Dunnett & Kingsbury, 2008). Indexen viser vegetasjonens potensiale for partikkelopptak.

Flere har forsket på planters potensiale for å fange til seg svevestøv og ulike organiske og uorganiske stoffer. Forskning gjennomført av NASA US space program viser til plantens potensiale for organiske stoffer i en lukket atmosfære. Dette gav gode verdier som løftet frem potensialet for vegetasjon i et relativt avskjermede byområder til å ta til seg lignende stoffer. Som vist i tabell 10 var Hedera helix, eføy, en av de mest effektive plantene. Japansk forskning støtter også opp om dette, ved å vise til at vegetasjon har stort potensiale til binde til seg nitrogenoksider, som er i betraktelig stor andel av eksos fra forbrenningsmotorer. (Dunnet & Kingsbury , 2008, s197)

Forskning innenfor flere ulike fagområder som arkitektur, ingeniør, vegetasjon- og jordsmonn vitenskap, har vist gode resultater for grønne taks muligheter for klimagass opptak. Det er likevel behov for ytterligere forskning innenfor dette feltet. (Li & Babcock, 2014, s. 703)

Støy

Vegetasjon og substrat har den egenskapen at de kan dempe støy. Grønne tak kan være en bidragsyter til støyreduksjon i byer og tettbygde områder. I følge ZinCo (s.a., s.5) kan vegetasjonen redusere reflekterende lyd opp til 3dB og forbedre byggets lydisolasjon med hele 8dB. Dunnet og Kingsbury (2008) hevder i sin bok at potensialet for støyreduksjon hos grønne tak avhenger av valgt substrat tykkelse. Verdiene for de ulike tykkelsene er sammenfattet i nedenforliggende tabell.

| Substrat tykkelse [cm] | Støyreduksjon [dB] |
|------------------------|--------------------|
| 10 | min 5 |
| 12 | 40 |
| 20 | 46-50 |

Tabell 11: Støyreduksjon av ulik substrat tykkelse på grønne tak. (Dunnett & Kingsbury, 2008)

Grønne veggers evne til å redusere støy avhenger av en rekke faktorer, som vegetasjonens tykkelse og spredning over fasaden. Noe som gjør det utfordrende å tallfeste deres støydempende egenskaper.

5.4. Energiforbruk og fasade

Naturbaserte overvannstiltak kan ha innvirkning på bygningens energiforbruk og fasadens levetid. På samme måte som de tradisjonelle torvtakene er grønne tak isolerende og reduserer byggets energibehov. (ZinCo, s.a., s.5). Dette svært positivt i Norge, hvor man ofte har lange kalde vintre med høyt energiforbruk. Vegetertetak vil også gi en generell avkjølende effekt, til lokal klimaet, gjennom evapotranspirasjon. Evapotranspirasjon er en kombinasjon mellom transpirasjon og evaporasjon. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.66)

Grønne vegger i form av klatre- og slyngplanter har også potensiale for isolasjon og reduksjon av energibehovet til både oppvarming og kjøling. Om sommeren kan vegetasjon på fasader redusere energibehovet for kjøling i bygninger. Dette skjer ved at løvverket skjermer bygningskroppen mot solstråler, som vil hindre varmen fra solen å trenge inn i bygningen. Vegetasjonen skaper også en kjøleende effekt i lokalklimaet gjennom evaporasjon. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.195)

På Nordlige breddegrader vil det være mest interessant å se på tiltakenes isolerende egenskaper, for å redusere oppvarmingsbehovet på vinterstid. Ulike materials isolerende egenskaper måles ofte i materialets varmeledningsevne, også kalt lambda-verdi (λ). Denne verdien er målt i W/(mK). For en hel konstruksjon anvendes ofte U-verdi, målt i W/m²K. Man kan lese disse verdiene som jo lavere verdi, desto mindre varmetap gjennom konstruksjonen og mer effektiv termisk isolasjon. (Berge, 2017) For å kunne sammenligne ulike bidrag til varmemotstanden i en konstruksjon, benyttes oftest konstruksjonens gjennomstrømningsmotstand, kalt R-verdi og måles i m²K/W, ifølge Haaland (e-post, 12.04.2018). Ved å legge sammen de ulike R-verdiene kan man finne hele konstruksjonens U-verdi, ved at $U = 1/R_{total}$.

For grønne tak regnes summen av vegetasjon, jordsmonn og drenslag å ha en R-verdi på omtrent 0,1 m²K/W, per 100mm tykkelse. Dette tilsvarer 3-4 mm isolasjon med dimensjonerende λ -verdi på 0,037 W/(mK) (Byggforsk, 2009, s. 3). I praksis tas det ofte i bruk en mer konservativ R-verdi enn overnevnt. I følge Haaland (e-post 04.04.2018) vil et grønt tak med 100mm tykkelse ha en λ -verdi på 1,5 W/(mK), som gir en R-verdi på 0,067 m²K/W. Et moderne tak har en R-verdi mellom 7 og 10 m²K/W, som gir en U-verdi på 0,10 – 0,13 W/m²K. Tillegget fra vekstjorden og drenering blir da under 1% av den totale isoleringsevnen til taket. Under vannmettede forhold vil isolasjonsevnen kunne være enda lavere.

| | Byggforsk | Rådgivende ingeniør | | | | | | | |
|--|-----------|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|--------------------|
| Tykkelse | 100 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 1000 | 1500 | mm |
| Varmeledningsevne(λ) | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | W/(mK) |
| Gjennomstrømningsmotstand jord (R _j) | 0,1 | 0,067 | 0,133 | 0,2 | 0,267 | 0,333 | 0,667 | 1 | m ² K/W |
| Gjennomstrømningsmotstand tak (R _t) | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | m ² K/W |
| U-verdi | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | W/m ² K |

Tabell 12: Isolerende egenskaper for grønne tak

| | Egenskaper ved isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/(mK). | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| Tykkelse | 3,7 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 1000 | 1500 | mm |
| U-verdi for takkonstruksjonen | 0,13 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | W/m ² K |

Tabell 13: Isolerende egenskaper for tak, med isolasjon med dimensjonerende λ -verdi på 0,037 W/(mK).

Som vist i tabell 12 avhenger gjennomstrømningsmotstanden (R_j) med tykkelsen på substratet. Samlet sett har valgt substratdybde vist seg å spille en relativt liten rolle på takets totale isolasjonsevne. Sammenlignet med tradisjonell isolasjon, med λ -verdi på 1,5 W/(mK), kan man se at jord har lavere effektiv reduksjon i varmeledningsevnen per medie tykkelse, se tabell 13.

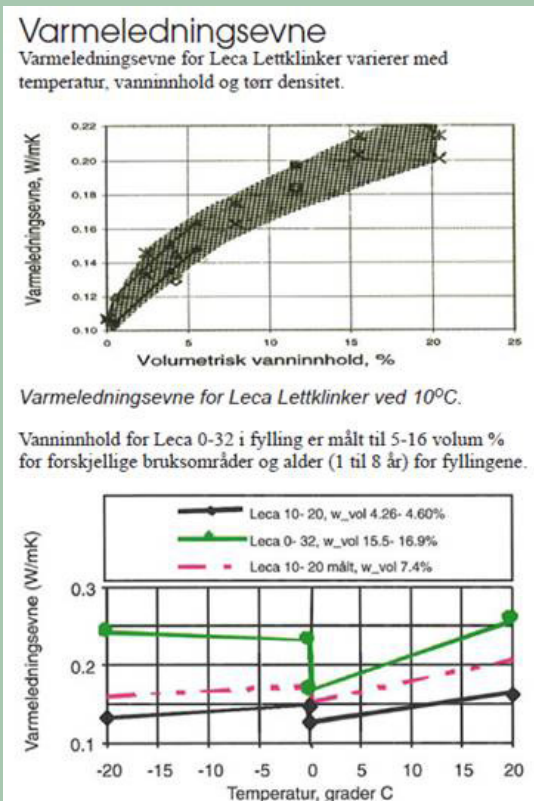
Det er ikke bare vegeterte løsninger som kan ha innvirkning på byggets isolerende egenskaper. Ved bruk av presentert løsning for gangbart areal på tak er det tatt i bruk Leca-produkter. Leca-produkter har isolerende egenskaper, som varierer med temperatur, vanninnhold og tørr densitet, samt andelen finstoff. (Saint-Gobain, s.a.)

Det finnes per i dag begrenset informasjon om de isolerende egenskapene til tidligere beskrevet Leca materiale, Leca LWA 1,5-2,5mm, og samtlige knuste Leca fraksjoner. Dette er på grunn av at materialet er i hovedsak ment til å anvendes på grunn av sine rensende egenskaper. Det kreves derfor mer forskning på denne fraksjonen for å kunne gi en eksakt tallverdi på fraksjonens isolerende egenskaper.

Det er gjennomført betraktelig mer forskning på hele fraksjoner i tørr tilstand. Eksempel på dette er Leca 0-32 og ISO 10-20, som går under kategorien Leca Lettklinker. Disse fraksjonene har lenge blitt anvendt som varmeisolerende og drenerende lag under gulv på terreng og i vegkonstruksjoner (Leca, 2016b, s. 2) (Busklein, 2017, s.1).

For å kunne vise til knust Leca 1,5-2,5 materialets isolerende egenskaper er det gjennomført en antagelse for fraksjonens isolerende egenskaper. I følge Jaran R. Wood (e-post, 09.04.2018 og 23.04.2018), prosjektleder hos Leca Norge, kan man anvende λ -verdi for Leca 0-32 og ISO 10-20 fraksjonene som grunnlaget for en estimeres sannsynlig omregningsfaktor for fraksjonen. Omregningsfaktoren blir da på 1,3 og resulterer i en anslått λ -verdi på $< 0,15 - 0,20 \text{ W}/(\text{mK})$ for fraksjonen. For situasjon med 10% volumetrisk vanninnhold ved 10°C er anslått λ -verdi på $< 0,23 - 0,30 \text{ W}/(\text{mK})$, se tabell 14.

Isolerende egenskaper ved Leca-produkter



Figur 5.5: Isoleringsegenskaper ved Leca (Saint-Gobain, s.a.)

| | Leca | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-----------|------|---------------|-----------|------|--------------------|
| | Tørr tilstand | | | Bløt tilstand | | | |
| | 1,5-2,5* | ISO 10-20 | 0-32 | 1,5-2,5* | ISO 10-20 | 0-32 | |
| Tykkelse | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | mm |
| Varmeledningsevne(λ) | 0,18 | 0,11 | 0,12 | 0,23 | 0,15 | 0,18 | W/(mK) |
| Gjennomstrømningsmotstand Leca (Rl) | 1,11 | 1,87 | 1,67 | 0,87 | 1,33 | 1,11 | m ² K/W |
| Gjennomstrømningsmotstand tak (Rt) | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | m ² K/W |
| U-verdi | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | W/m ² K |

Tabell 14: Sammenligning av ulike Leca produkters isolerende egenskaper

*Estimat for Leca 1,5-2,5, knust materiale.

Dunnet & Kingsbury (2008) hevder i sin bok at også klatreplanter kan redusere varmetapet på vinterstid. Dette er forutsatt at det tas i bruk planter som har blader året rundt. Evig grønne planter opptrer som isolasjon for bygningskroppen ved at det holdes luft lummer mellom vegetasjonen og veggen. Vegetasjonen skjermer også bygget for kald vind, som står for hele 1/3 av oppvarmingsbehovet i bygginger. Dersom man reduserer denne påkjenningen på bygningskroppen med 75%, vil det resultere i en reduksjon av oppvarmingsbehovet med 25%. Isolasjonseffekten avhenger av vegetasjonens tykkelse. Tett greinete vegetasjon har den mest effektive isolasjonsevnen. Tysk forskning viser til at eføy, *Herdera helix*, med en tykkelse på 20 - 40 cm, er den klatreplanten med størst isolasjonspotensiale. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.196) På grunn av at den isolerende egenskapen varierer med flere ulike variabler, som er utfordrende å gjenskape, vil flere anta at klatre- og slyngplanter generelt sett ikke har noen isolerendeegenskap i den store sammenhengen.

Fasade

Vegetertetak og vegger har også egenskapen til å skjerme selve fasaden mot blant annet slagregn, hagl og ultrafiolett stråling. Dette er alle elementer som kan gi skade på byggets kledningsmateriale. (Dunnet & Kingsbury, 2008, s.197) For grønne vegger avhenger mengden skjerming av hvor store områder selve stammen og bladverket dekker. Den Engelske organisasjonen English Heritage har gjennomført en studie av bergeføy. Studiet viste at valgt vegetasjon beskyttet fasaden mot både ekstreme temperaturer, fuktighet, salt og annen forurensning i luften. (Langeland, 2017) Grønne tak og vegger kan derfor være med på å forlenge bygningskroppens levetid, dersom det installeres på riktig måte.

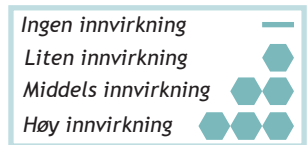
Man må likevel være klar over at anvendelse av naturbaserte overvannstiltak i kombinasjon med bygninger også kan være en trussel for fasaden. Dette er spesielt dersom tiltakene ikke installeres og plantevalg gjennomføres på en hensiktsmessig måte. For grønne vegger, i form av klatre og slyngplanter, avhenger påvirkning av fasaden av både plantevalg, fasadens oppbygning, byggets tekniske stand og lokalt klima (Langeland, 2017).







Fukt står som en av de største truslene for bygg, og kan føre til råte i treverk, svekkelse av dårlig teglstein og mørtel. Klatre- og slyngplanter helt opp til fasaden kan holde på fuktighet og forlenge perioden hvor fasaden er fuktig etter et regnskyll. Dette er spesielt dersom det anvendes på byggets skyggeside og i fuktig klima. Heldekkende vegetasjon under disse forholden vil heller ikke være heldig med tanke på fukt og råte. Plantens klatreteknikk har også innvirkning på byggets fasade. For slyngplanter kan slyngtråder utnytte svakheter i fasaden og presse seg inn i små sprekker. Over tid vokser slyngtrådene og blir grovere. Slyngtrådene kan da slippe inn vann og rive beslag løs fra fasaden. Dersom slyngplanter ikke beskjæres kan de også tette til takrenner og føre vannet på nye veier. Klatreplanter har derimot hefterøtter som gjør det mulig for dem å vokse direkte på fasaden. Klatreplanter kan bli svært tunge etter hvert som de vokser og blir gamle. Dersom de har klatret oppover en pusset murvegg kan de rive av puss fra veggen og falle ned. Dette er ikke sjeldent, spesielt vist det allerede har oppstått fuktproblemer i fasaden som følge av skygge fra planten. Mangel på vedlikehold kan også føre til råte og sopp. (Langeland, 2017)

På grunn av disse ulike observasjonene er det en pågående diskusjon om anvendelse av klatre- og slyngplanter har positiv eller negativ effekt på fasadens levetid. For å tilrettelegge for minimal kontakt med fasaden anbefales det å anvende slyngplanter i vaiersystem eller espalier. I følge Langeland (2017) vil en minimum avstand på 15cm fra bygg tillate luft å sirkulere bak planten og minimere muligheten for fuktskader. Det er også elementært at det gjennomføres tilstrekkelig med vedlikehold for å unngå skade på fasaden.

5.5. Sammenligning av tiltakenes innvirkning på utvalgte økosystemtjenester

Naturbaserte overvannstiltak i nærhet til bygningskroppen har en varierende mengde ringvirkninger i form av økosystemtjenester. Det er derfor laget en oppsummerende tabell, se tabell 15. Tabellen gir en kort oppsummering av hvor stor innvirkning de presenterte tiltakene kan ha på det biologiske mangfoldet, luftforurensning, støy, energiforbruk, konstruksjonens levetid og håndtering av overvann per kvadratmeter. Tiltakene er kategorisert fra ingen innvirkning til høy innvirkning.



| | Ekstensivt tak | Semi-intensivt tak | Intensivt tak | Gangbart tak | Magasinerings på tak | Grønn vegg med regnbed |
|--|----------------|--------------------|---------------|--------------|----------------------|------------------------|
|  Biologisk mangfold | 2 hexagons | 3 hexagons | 2 hexagons | 1 hexagon | — | 2 hexagons |
|  Luftforurensning | 1 hexagon | 1 hexagon | 1 hexagon | — | — | 2 hexagons |
|  Støy | 1 hexagon | 1 hexagon | 1 hexagon | 1 hexagon | — | 1 hexagon |
|  Energiforbruk | 1 hexagon | 1 hexagon | 2 hexagons | 1 hexagon | — | 1 hexagon |
|  Fasade | 2 hexagons | 2 hexagons | 2 hexagons | 2 hexagons | — | 1 hexagon |
|  Overvann | 1 hexagon | 2 hexagons | 3 hexagons | 2 hexagons | 2 hexagons | 3 hexagons |

Tabell 15: De ulike tiltakenes produksjon av økosystemtjenester

5.5.1. Begrunnelse for klassifisering av utvalgte økosystemtjenester

Biologisk mangfold:

Innenfor kategorien biologisk mangfold vil tykkelse på substrat, vegetasjon og mengden menneskelig aktivitet spille en avgjørende rolle for om ulike arter vil trives. Ut fra presentert forskning og observasjoner vil semi-intensive tak, med variert substrat tykkelse, kunne ha den største positive innvirkningen på det biologiske mangfoldet. Dette er på grunn av mulighet for variert vegetasjon og fuktighet i substrat, som kan erstatte tapte habitat på bakkenivå og tilrettelegge for et variert antall fugler, virvelløse dyr, insekter og pollinerende arter. Det må også påpekes at ikke vegeterte tak som for eksempel gangbart areal på tak også har mulighet for å støtte det biologiske mangfoldet, forbeholdt at man gjennomfører supplerende tiltak. Tiltaket har i bunn og grunn ikke noen positiv innvirkning i seg selv, men kan være et godt sted for birøkt i en urban situasjon. Gangbart areal på tak har derfor fått klassifiseringen «liten innvirkning». For grønne vegger avhenger innvirkningen på det biologiske mangfoldet av vegetasjonens lengde, tykkelse og bladstørrelse, samt menneskelig aktivitet. Grønne vegger er tiltak på bakkenivå og det forventes derfor en høyere kontakt med menneskelig aktivitet, enn tak. Dette kan ha en negativ innvirkning. På grunn av flere usikre variabler har ikke grønne vegger oppnådd høyere klassifisering enn middels innvirkning.

Luftforurensning og støy:

De ulike tiltakenes innvirkning på lokal forurensning og støy avhenger av valgt vegetasjon og valgt tykkelse på tiltakets oppbygning. Studier i USA, Japan og fra NASA US space program viser at vegetasjon og substrat har stort potensiale til å binde til seg partikler og forurensende stoffer fra forbrenningsmotorer. Forskingen viser likevel til at man må anvende et stort antall tak for at det skal kunne håndtere tilstrekkelig forurensning i byområder som er plaget av dette. Spørsmålet kommer

altså ned til mengden ledig areal til dette formålet og type anvendt vegetasjon. For reduksjon av støy er det utfordrende å tallfeste de ulike tiltakenes støy reduserende egenskaper. For tiltak på tak avhenger isolasjonen av valgt medie og tykkelse på mediet. For grønne vegger avhenger støy reduksjonen av vegetasjonens tykkelse og bladområde. Man må i denne situasjonen konkludere med at det ikke er tilstrekkelig med kunnskap om de presenterte tiltakenes evne til å redusere støy. Det oppfordres derfor at det gjennomføres videre forskning på tiltakenes evne til å redusere både støy og luftforurensning under norske forhold. På grunnlag av innsamlet informasjon har alle tiltakene oppnådd en klassifisering fra ingen- til middels innvirkning.

Energiforbruk og fasade:

Innen temaet energiforbruk ser man også en sammenheng mellom substratdybde og isolerende egenskaper for vegeterte tak. Desto tykkere substrat, jo mindre varmeledningsevne. Effekten er likevel så lav at den ikke verdsettes i planleggingsverktøyer BREEAM og beregninger for isolasjon i bygg, se tabell 12. Dette er likevel noe som ikke nevnes i produktkataloger, hvor det bare oppgis at taket har isolerende egenskaper men ikke tallverdier for faktisk lambda verdi. Dersom man sammenligner grønne tak, gangbart areal på tak og tradisjonell isolasjon, med lambda verdi på 0,037 W/mK, kan man tydelig se at tradisjonell isolasjon har en mer effektiv reduksjon av varmegjennomstrømningen per tykkelse, sammenlignet med jord og Leca. Å finne de isolerende egenskapene til gangbart areal på tak vise seg å være utfordrende. Filtralite fraksjonen som er anvendt på testtaket på Høvringen er ikke testet for dette, per dags dato. Mediet er anvendt i testfeltet på grunn av sine rensende egenskaper. Tallverdier for mediets isolerende egenskaper er derfor et estimat, foretatt i sammenheng med Jaran R. Wood, med grunnlag i lambda verdi for Leca lettklinker 0-32 og ISO 10-20. Se tabell 14. Dette er hele Leca kuler som lengde har vært anvendt som isolasjon i drenerende lag under gulv og i veg konstruksjoner. Beregningene inkluderer ikke laget med heller over Leca laget. Det tas derfor høyde for en stor usikkerhet i tallverdiene, sammenlignet med faktisk situasjon. Håper derfor det gjennomføres forskning på dette feltet. Slik det kan være enda en grunn for å anvende naturbaserte overvannstiltak på tak.

Naturbaserte overvannstiltak i kombinasjon med bygningskroppen står som både en gode og en trussel for byggets fasade. Dersom det ikke installeres riktig eller det gjennomføres hensiktsmessige plantevalg kan man forvente både fuktskader, sopp og råte. Det er derfor en pågående diskusjon om overvannstiltak i kombinasjon med bygninger er lurt å anvende. Dette gjelder spesielt for anvendelsen av grønne vegger i form av slyng- og klatreplanter. Man må ta hensyn til plantenes klatresystemer, lokalt klima, fasadens oppbygning og vedlikehold for å unngå skader. På grunnlag av beregninger, innsamlet forskning og mengden usikre variabler er det gitt en klassifisering fra ingen- til medium innvirkning innen kategoriene energiforbruk og fasade.

Overvannshåndtering:

Dersom man sammenligner de ulike presenterte tiltakene ser man en tydelig sammenheng mellom substrattykkelse, spissavrenning og mengde fordrøyd overvann, se tabell 8 og 9. Eksempelvis vil ekstensive grønne tak med tynt substrat håndtere mindre enn intensive tak, som har et betraktelig tykkere substrat. Tiltak som legger til rette for fordrøyning skiller seg likevel kraftig ut. Dette ser man spesielt for grønne vegger, i kombinasjon med regnbed og plantekasser. Disse tiltakene har en høy kapasitet til å håndtere overvann på grunn av mulighet for infiltrasjon i stedlige masser og fordrøyning i tykt substrat eller lukkede fordrøyningskammer. Mengden håndtert overvann vil her variere med tilrettelagt fordrøyningsvolum og stedlige variasjoner, som grunnens infiltrasjonsevne. Innen tiltak på tak skulle man forventet en høy fordrøyning hos blå-grå tak. Tiltaket tilrettelegger likevel for et effektivt volum mellom ekstensivt og semi-intensivt tak, opp til 0,06m³ per m². Klassifiseringen er her gitt på grunnlag av beregningene i tabell 8 og 9, samt videre sammenligning av tiltakene.

6.1. Blågrønn faktor

Blågrønn faktor (BGF) er et planleggingsverktøy som skal være med å sikre blågrønne verdier gjennom planleggingen. BGF startet som et samarbeidsprosjekt mellom Oslo og Bærum kommune som en del av prosjektet Framtidens byer. Det har tidligere blitt utarbeidet lignende planverktøy i både Tyskland og Sverige, som den norske versjonen bygger videre på. Den norske versjonen av BGF inneholder ulike årstidsvariasjoner og det blå elementet for å tilpasses norsk geologi og botanikk. (Klimatilpasning, 2016)(Framtidens byer, 2014, s.7)

BGF som et verktøy har hovedformål ved å sikre bedre lokal blågrønn struktur og bygningsintegriert grønnstruktur i tettbebygde områder. Norge er som sagt et langstrakt land med ulike klimasoner. For å tilpasse prosjekter etter prosjektområdets særegne kvaliteter er det anbefalt at hver kommune etablerer et minimumskrav til BGF i ulike typeområder. (Framtidens byer, 2014, s.7) Minimumskravene for BGF i ulike kommuner bør hjemles i kommuneplanens arealdel. (Multiconsult, 2016, s.15) Byggesaks veilederen for BGF anbefaler følgende minimumsfaktor for ulike type områder.

| Type område | BGF minimumsverdi |
|--|-------------------|
| Tett by /sentrumsområde | 0,7 |
| Ytre by/småhusbebyggelse/rekkehus/åpen blokkbebyggelse | 0,8 |
| Offentlig gater og plasser | 0,3 |

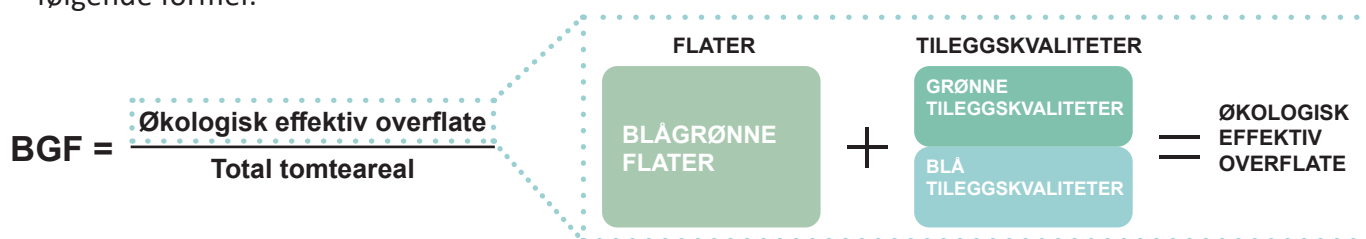
Tabell 16: Anbefalt Blågrønn faktor for ulike typeområder (Framtidens byer, 2014).

Delmål ved BGF er å sikre blågrønne verdier i planleggingen og bidra til:

- Dempet skadeomfang fra kraftig- og økt nedbør
- Bærekraftig overvannshåndtering
- Fremme økologiske og estetiske kvaliteter
- Utvikle jordsmonnet
- Forbedre mikroklima, vann- og luftkvalitet
- Legge til rette for bedre uterom

(Klimatilpasning, 2016)

Verktøyet beregner områdets blågrønne verdier i en poengskala fra 0 til 1, med utgangspunkt i følgende formel:



Figur 6.1 : Beregning av Blågrønn faktor

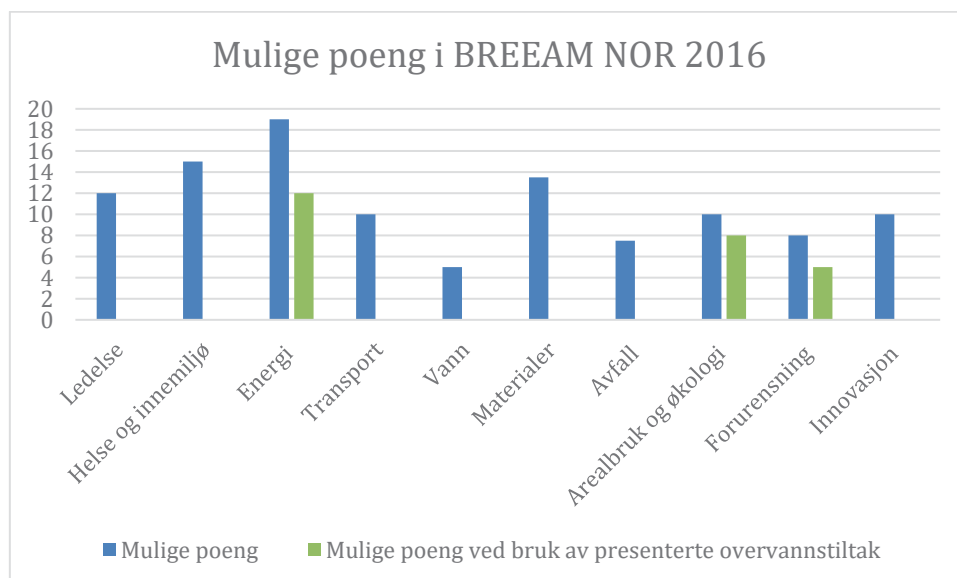
Tilleggs-kvaliteter vil si elementer som ikke direkte del av tomtens areal, eksempel på dette er vegetasjon og ulike overvannstiltak i bygningskroppen. (Framtidens byer, 2014, s.8) BGF verdsetter både grønne tak og grønne vegger, og kan brukes som et verktøy for å øke denne typen overvannshåndtering i tettbebygde urbane områder. Verktøyet verdsetter også gjennomgående overvannshåndtering tilknytning til eksisterende blågrønn struktur utenfor området poengsettes. Eksempler på dette kan være en kobling til eksisterende flomvei eller vannspeil.

I følge Bergknapp, produsent av grønne tak og vegger, vil sedumtak gi en økologisk effektiv overflate (ØEO) på 0,2 pr kvadratmeter. Grønne vegger har også en ØEO og gir en verdi på 0,4 pr kvadratmeter. Dersom taket eller den grønne veggen er større en 75m² kan man legge til en faktor på 0,1 pr kvadratmeter. (Bergknapp, 2018, s.65). Se vedlegg 6.

6.2. BREEAM NOR

BREEAM NOR (Building, Research, Establishment – Environment Assessment Method) er et verktøy for miljøklassifisering av bygg, hvor formålet er å motivere til bærekraftig design og utførelse gjennom hele byggeprosessen, fra tidligfase til overlevert bygg. BREEAM NOR sertifikat utstedes i fem nivåer: Pass, Good, Very Good, Excellent, Outstanding. Hvor de ulike sertifiseringene baseres på 10 kategorier: ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk, økologi, forurensning. BREEAM sertifiserte prosjekter kan oppnå Høyere markedsverdi, leieinntekter, belegg, lavere driftskostnader, økt brukertilfredshet og redusert finansiell risiko. (NGBC, s.a.)

I BREEAM NOR vektes de ulike kategoriene ut fra konsulentbasert poengsetting, som rangeres av et ekspertpanel. (NGBC, 2016, s.12) Bruk av naturbaserte overvannstiltak kan gi de enkelte prosjekt økt poengsum i tre kategorier. Disse kategoriene er forurensning, energieffektivitet og arealbruk og økologi.



Tabell 17: Mulige poeng innenfor BREEAM ved bruk av presenterte overvannstiltak.

Innenfor kategorien forurensning finner man delkapittelet overvannshåndtering, Pol 03, hvor man kan oppnå 2 poeng for å redusere flom risikoen i utbyggingsområdet og ytterligere 2 poeng for lokal håndtering av overvann på egen tomt, slik at overvannsmengdene til ledningsnettets ikke overskrider situasjonen før bygging. Man kan også samle inn ytterligere 1 poeng ved å begrense vassdragsforurensning. Naturbaserte overvannstiltak innehar alle disse tre egenskapene.

Innenfor kategorien Energieffektivitet, ENE 01, kan man høste inn poeng gjennom de ulike tak- og veggløsningenes isolerende egenskaper. Man kan her oppnå inntil 12 poeng. Poengene gis i denne kategorien etter prosentvis forbedring av energieffektiviteten i forhold til energi klasse C.

Innenfor arealbruk og økologi kan man få poeng innenfor tre deltema. Disse er:

- LE 01 Valg av tomt 3 poeng
- LE 02 Tomtens økologiske verdi 2 poeng
- LE 04 Forbedre tomtens økologi 2 poeng

Delteta LE 1 er med på å oppfordre til en bærekraftig utvikling og verning av verdifull matjord. Dette gjøres ved å gi poeng for å ta i bruk tomter som tidligere har vært utbygd eller ligger på forurenset grunn. Delteta LE 02 og LE 4 setter derimot fokus på tomtens økologiske verdi. LE 02 oppfordrer til å øke tomtens økologiske verdi ved å bygge på en tomt som allerede har en begrenset verdi for plante- og dyreliv. På samme tid som man beskytter den økologi som skulle være på tomten, gjennom de ulike byggefasene. LE 04 setter fokus på forbedring av tomtens økologi som følge av utbygning fås annerkjennelse og oppfordres. (BREEAM NOR, 2016)

Dersom man sammenligner de ulike deltemaene ser man at overvannstiltak som fremmer det biologiske mangfoldet og området økologiske verdi er de temaene naturbaserte overvannstiltak har størst potensiale for å samle inn poeng for. Byggets energieffektivitet har en høyere total poengsum, men er utfordrende å tallfeste på grunn av manglende forskning på naturbaserte tiltaks evne til dette på nordlige breddegrader.

BREEAM stiller strenge krav til både de som planlegger og de som skal verifisere byggene. Noe som videre gjenspeiler statusen av sertifiseringsverktøyet. Det rettes et fokus på hele byggeprosessen, samt oppfølging etter ferdigstillelse. Eksempel på dette er kapittel LE 05, Langsiktig påvirkning av artsmangfoldet, som gir poeng ut fra utarbeidelse av forvaltningsplaner for landskap og habitat på tomten. Naturbaserte overvannstiltak har i seg selv ikke mulighet til å høste inn poeng for dette temaet, men det er et viktig element for at tiltakene skal lykkes og produsere økosystemtjenester.

7.0. Eksempelområde

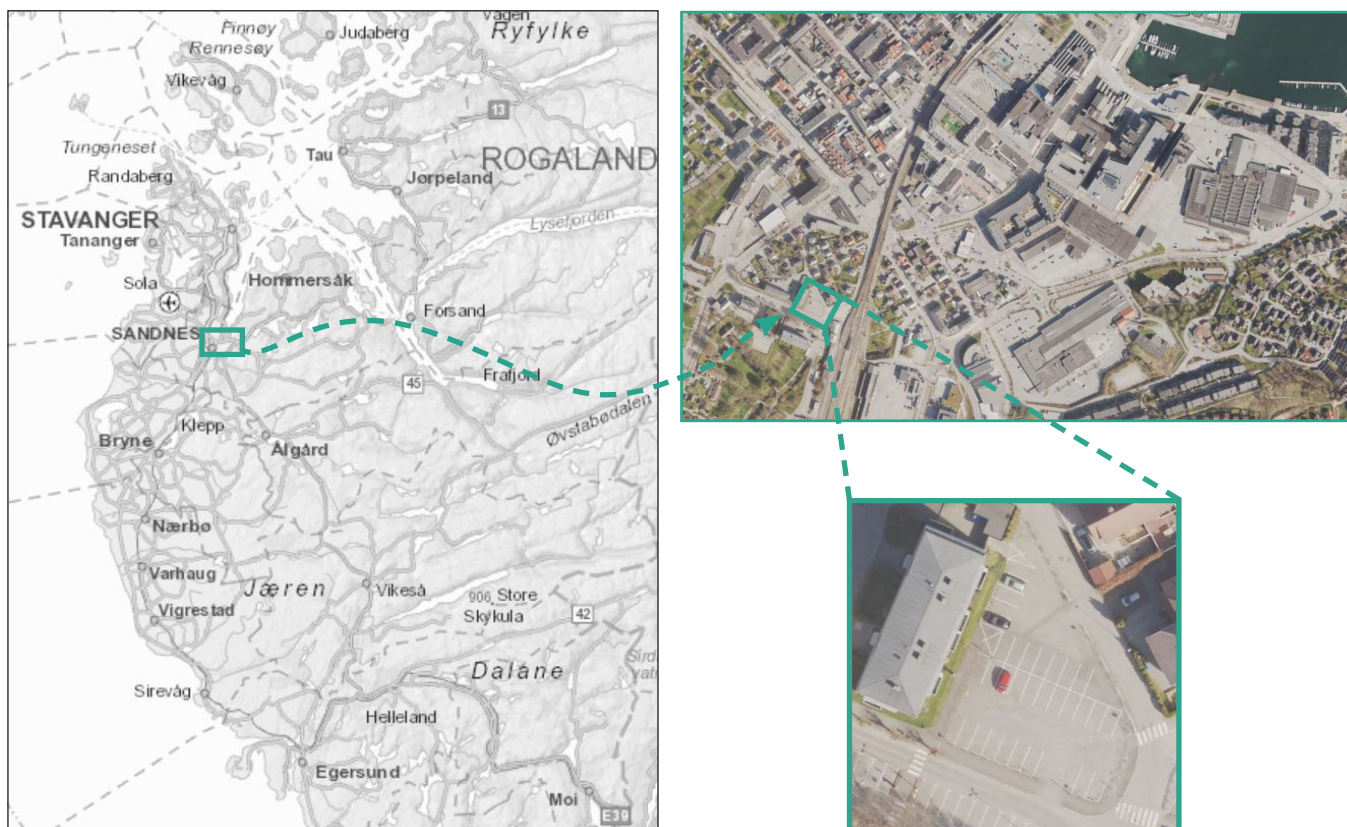
For å illustrere hvordan man kan anvende naturbaserte overvannstiltak i tettbebygde urbane områder i Norge, er det valgt å legge frem et eksempel på denne typen planlegging. Det gjennomføres også en analyse av hvordan valgt kombinasjon av overvannstiltak verdsettes i planleggingsverktøyene BREEAM og Blågrønn faktor.

Formålet med denne delen av oppgaven er å vise teori i praktisk bruk. Eksempelområdet har også satt parameterene for anvendt nedbørssituasjon ved tidligere sammenligning av de ulike presenterte overvannstiltakene, i kapittel 5.1.

7.1. Bakgrunn

Eksempelområdet som er valgt er i Haakon 7.gate i Sandnes sentrum, ved Skeiane togstasjon. Området heter BKB6 i gjeldende områdeplan og består i dag av en asfaltert gate, parkeringsplass og gressplen. Sandnes er en kystby på Sør-Vestlandet og står i en presset situasjon mellom økte overvannsmengder og havnivåstigning. Bakgrunnen for valg av dette eksempelområdet er områdets likhet til andre byområder i Norge. Det vil på denne måten være mulig å gjennomføre foreslåtte løsninger i lignende prosjekter.

Innenfor og i nærhet til området finner man både eksisterende og prosjekterte bygninger. Det skal etableres en ny boligblokk, med tilhørende sykkelbod. For å vise innvirkningen naturbaserte overvannstiltak kan ha på området er det valgt å fokusere på blokkbebyggelsen og tilhørende tomt. Eksempelområdet settes i et historisk perspektiv, hvor man kan se hvordan overvann har gått fra å være en ressurs til et problem. Ved fremtidig situasjon og valgte naturbaserte overvannstiltak prøver man å føre naturen tilbake til byen, slik at overvannet igjen kan brukes som en ressurs.



Figur 7.1: Eksempelområdets plassering

7.1.1. Gjeldende planer

Følgende planer ligger til grunn for videre planlegging av eksempelområdet.

- Kommuneplan for Sandnes 2015-2030
- Områdereguleringsplan for Skeiane, Gnr 40 bnr 101 mfl. (plan nr. 2013 105)
- Regional plan for Jæren 2013-2040
- Notat for utarbeidelse av rammeplan for vann og avløp, i Sandnes kommune.
- VA-norm for Sandnes kommune

Kommuneplan for Sandnes 2015- 2030

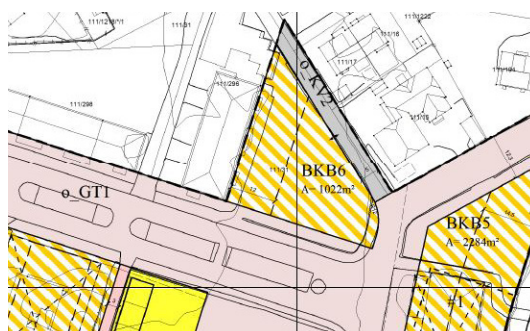
I kommuneplanen for Sandnes er området regulert til bolig- og forretningsformål. Kommunedelplanen for Sandnes sentrum er under revisjon med usikker fremdrift. Det kan derfor forekomme andre formål en presentert i oppgaven etter ferdig revisjon.

Områdeplan for Skeiane gnr 40, bnr.101 m.fl. (Plan 2013105)

I henhold til reguleringsplan 2013 105, godkjent 29.05.2017. Er det lagt følgende føringer til grunn for behandling av overvann:

*«Det skal vektlegges blå- grønne løsninger som bidrar som et positivt element i by- og bomiljøet og som benytter vannet som en ressurs. Det må unngås forurensningstilførsel via overvann til Storåna og Stangelandsvassdragene (både i anleggsperiode og senere)»
(Sandnes kommune, 2017a, s.4)*

I områdeplanen er eksempelområdet regulert til bolig- og forretningsformål.



Figur 7.2: Utsnitt fra områdeplan for Skeiane gnr 40, brn 101 m.fl. (Sandnes Kommune, 2017)

Notat for utarbeidelse av rammeplan for vann og avløp, i Sandnes kommune.

Notat for utarbeidelse av rammeplaner for vann og avløp i Sandnes kommune legger føringer for håndtering av overvann. Ved utforming av ulike tiltak skal treleddstrategien legges til grunn. Utformingen av tiltakene må også gjøres på en slik måte at overvannet benyttes som et positivt element i utemiljøet. Notatet stadfester også at *«det skal i henhold til kommuneplanens bestemmelser benyttes åpne løsninger og det må avsettes tilstrekkelig areal til løsninger for lokal overvannsdistribusjon.»* (Sandnes kommune, 2017b.)

For å sikre hensiktsmessig håndtering av overvann i ekstremhendelser skal man i henhold til notatet ta hensyn til følgende forhold:

«Det må tas hensyn til eksisterende flomveier oppstrøms planområdet. Gjennom planområdet må det sikres trygge flomveier for ekstreme nedbørshendelser. Flomvei ut av området må tilpasses eksisterende flomveier og må ikke medføre økt fare for skade på eksisterende bygg eller infrastruktur eller fare for liv og helse ved store nedbørshendelser» (Sandnes kommune, 2017b.)

7.1.2. Eksisterende forhold

Grunnforhold og infiltrasjonsevne

I forbindelse med flere prosjekter i Sandes sentrum er det per dags dato gjennomført grunnundersøkelser i eksempelområdet, i form av borehull. Undersøkelsene viser til at grunnen hovedsakelig består av lagdelt fyllmasse, matjord, sand og silt (GeoStrøm AS, 2014, s.3).

Kart fra Norges geologiske undersøkelser viser at eksempelområdet inneholder arealer med god infiltrasjonsevne og noen arealer i nord som ikke er klassifisert, se figur 7.3. Grunnundersøkelsene innenfor eksempelområdet inkluderer ikke infiltrasjonstester. Det er derfor tatt høyde for at områdets infiltrasjonsevne er tilsvarende lik som på vedliggende prosjektområde, rådhusmarka. Ut fra tilgjengelig informasjon er det tatt høyde for at grunnen har en hydraulisk ledningsevne på 0,00012153m/s.

Ved prosjektering av området anbefales det likevel å gjennomføre en infiltrasjonstest for å ta høyde for stedlige forskjeller i jordsmonnet.

Topografi og landskap

Området fremtrer svært flatt, med en høydeforskjell på 1m til 2m gjennom området. Dette har ført til overordnede flomveier som illustrert i figur 7.4.

Naturverdier

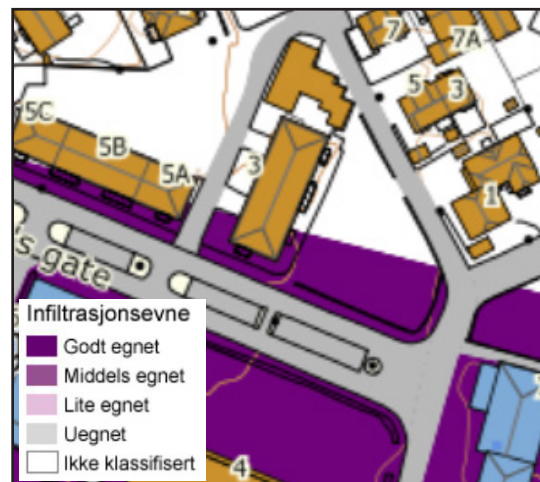
Eksempelområdet har i seg selv ingen spesiell naturverdi, ved at det ligger i et tettbebygd område med hovedsakelig tette flater. Området ligger likevel i gangavstand til Sandvedparken som inneholder store naturverdier, samt Storåna. Parken og elven gir stor rekreasjonsverdi.

Støy

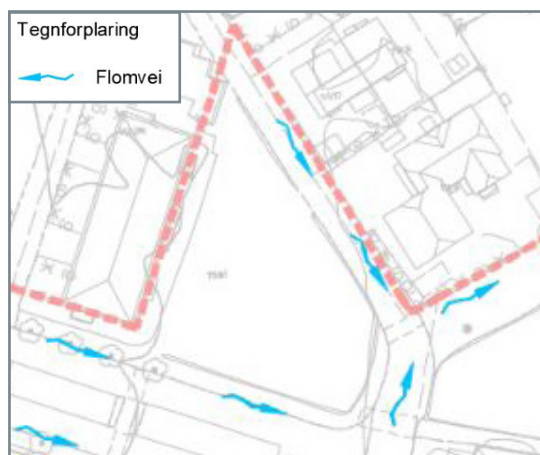
Eksempelområdet har jærnbanen som støykilde i øst og Jærveien i vest. Støyberegninger i forbindelse med utarbeidelse av overordnet områdeplan viser til at eksempelområdet internt ikke er svært støyutsatt, se figur 7.5.

Solforhold

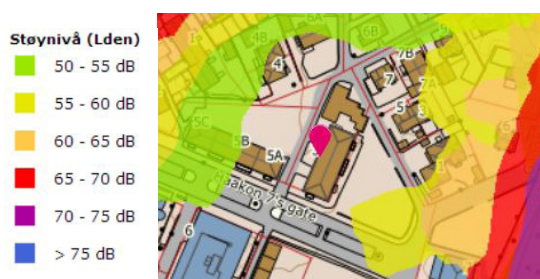
Eksempelområdet omringes av høye bygninger som kaster lange skygge over området. Dette kan gi utfordringer ved etablering av grønne vegger, ved at plantene trenger tilstrekkelig med sol for å trives. Solstudie av eksempelområdet er gjennomført av Superunion Architects og inneholder både eksisterende og prosjekterte bygninger, se figur 7.6.



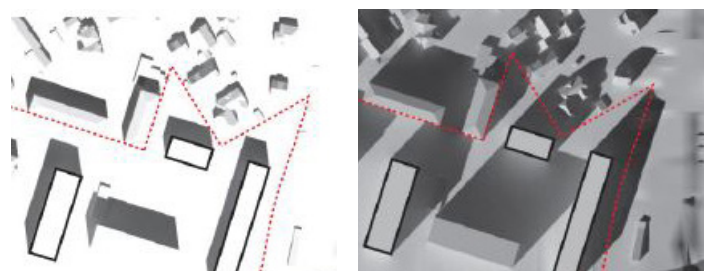
Figur 7.3 : Løsmasser - infiltrasjonsevne. (NGU, s.a.)



Figur 7.4: Overordnede flomveier



Figur 7.5: Støykart (Miljostatus, s.a.)



21. juni kl 12:00

21. mars kl 15:00

Figur 7.6: Solstudier Skeiane, inkludert prosjekterte bygg. (Superunion Architects, 2017)

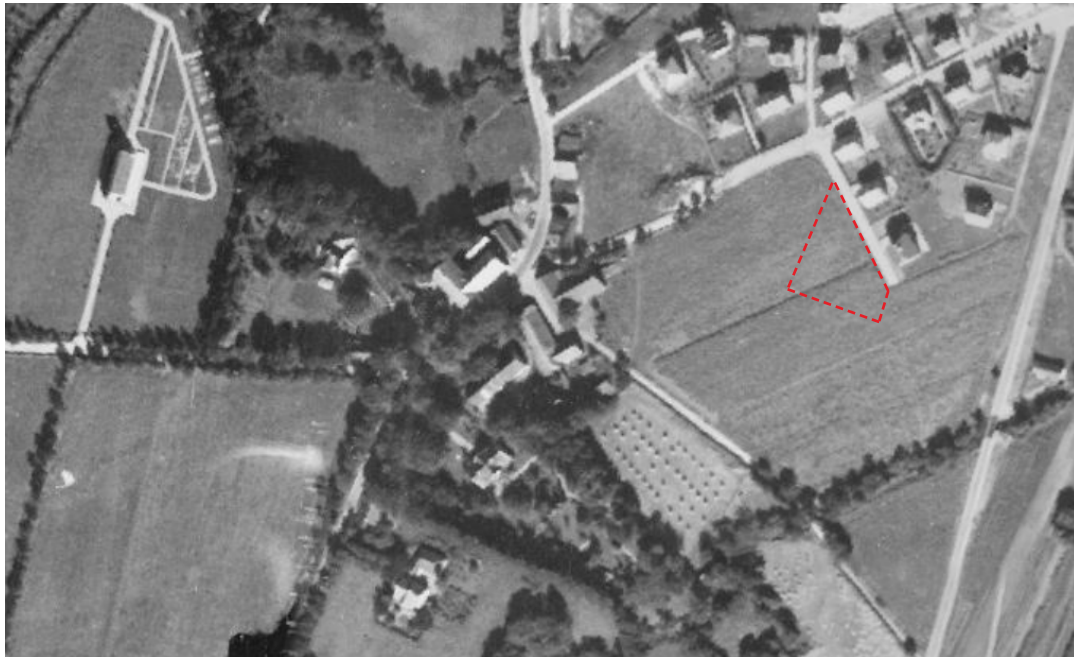
7.2. Hydraulisk dimensjonering

7.2.1. Avrenning fra vedliggende områder

I denne oppgaven forutsettes avrenning fra vedliggende områder håndtert lokalt på egen tomt eller tilført ledningsnett. Det vil derfor bare tas hensyn til overvannsmengdene som opptrer innenfor valgt eksempelområde.

7.2.2. Avrenningssituasjon før urbanisering

For å få en oversikt over hvordan eksempelområdet var før det ble urbanisert er det her tatt høyde for overflateforhold som fremtrer ut av nedenforliggende flyfoto fra 1937.



Figur 7.7: Flyfoto over eksempelområdet i 1937, før urbanisering (Norge i bilder, s.a.a)
Omtrentlig omriss av område BKB6 er markert med rødt.

På flyfoto fra 1937 kan man tydelig se at området besto av dyrket mark. Dette arealformålet ansees med liten fare for skader ved oversvømmelse. For å kunne vise urbaniseringens og klimaets påvirkning på områdets avrenningssituasjon er det tatt høyde for nedbørsituasjon og dimensjoneringskriterier fra 1971, i beregningene. I henhold til kurve for avrenningskoeffisient variasjon med regnintensitet, se vedlegg 7, er det valgt en intensitet på 140 l/s*ha og en avrenningsfaktor på 0,2. Klimafaktor er ikke medregnet, ved at beregningene er for før utbygd situasjon.

$$\begin{aligned} Q_{\text{dim}} &= c * i * A * K_f \\ &= 0,2 * (140 \text{ l/s * ha}) * 0,102 \text{ ha} * 1 \\ &= \underline{\underline{2,862 \text{ l/s}}} \end{aligned}$$

Dette viser at naturen hadde en sentral rolle i området og tilførte Sandnes sentrum med en rekke økosystemtjenester som har gått tapt ved videre urbanisering frem til i dag.

7.2.3. Dagens avrennings situasjon



Figur 7.8: Flyfoto over eksempelområdet i 2017, etter urbanisering (Norge i bilder, s.a.b). Omtrentlig omriss av område BKB6 er markert med rødt.

Frem mot 2018 har området blitt urbanisert og som tidligere nevnt består området i dag av store andeler tette flater. Denne utviklingen av området har resultert i en økt fare for skade ved oversvømmelser. Eksempelområdet har et totalt areal på 1022m². Av dette arealet er 36 m² plen langs vedliggende bygg og 986m² asfaltert dekke.

Ved beregninger er det tatt høyde for et klimapåslag på 20%, i henhold til anbefalinger fra kommunaltekniske normer for vann- og avløpsanlegg i Rogaland. Intensiteten for dimensjonerende nedbørsmengder finnes ved bruk av IVF kurve, se vedlegg 9, fra målestasjon Sandnes-Rovik. I samsvar med anbefalinger fra samme norm anvendes et gjentaksintervall på 20 år og en tilrenningstid på 3 minutter, for å finne nedbørintensiteten. Tilrenningstiden er valgt ut fra beregninger, se vedlegg 8.

For eksisterende situasjon er det tatt i bruk avrenningskoeffisient 0,3 for vegetert areal og 0,9 for asfalterte flater. Dette gir følgende midlere avrenningskoeffisient og dimensjonerende vannføring:

Midlere avrenningskoeffisient

$$\varphi_{\text{midl}} = \frac{[(0,3 \cdot 36) + (0,9 \cdot 986)]}{1022} = 0,88$$

Dimensjonerende vannføring

$$\begin{aligned} Q_{\text{dim}} &= \varphi_{\text{midl}} * i * A * K_f \\ &= 0,88 * (287,8 \text{ l/s} * \text{ha}) * 0,102 \text{ ha} * 1 \\ &= \underline{25,85 \text{ l/s}} \end{aligned}$$

Urbanisering har ført til en økt avrenning på 22,99 l/s sammenlignet med før urbanisert situasjon.

7.2.4. Fremtidig avrenningssituasjon

Avrenningen fra området ledes i dag direkte til kommunalt ledningsnett, uten noen form for fordrøyning. I Sandnes kommune er det tillatt med en påslippsmengde til kommunalt ledningsnett som ved dagens situasjon, altså 25,85 l/s. I andre kommuner settes ofte strengere krav, som for eksempel i Lørenskog kommune hvor det er tillatt med en maksimal påslippsmengde på 5 l/s pr eiendom. (Huseby, 2017, s.1) Det er derfor i denne oppgaven satt et strengere krav enn det som anvendes i Sandnes kommune i dag. Valgt tillatt påslippsmengde til kommunalt ledningsnett er i denne oppgaven 5 l/s.

I Sandnes kommuneplan og områdeplan for Skeiane (plan 2013105) er området regulert til bolig og forretningsformål. I fremtidig situasjon transformeres eksempelområdet til en vital grønn lomme i en eller hektisk og grå bysituasjon. Området vil da inneholde en blokk med forretninger i første etasje og boliger i de øvre. Det bygges også et sykkelbod på tomten.

7.2.2.4. Valgte tiltak

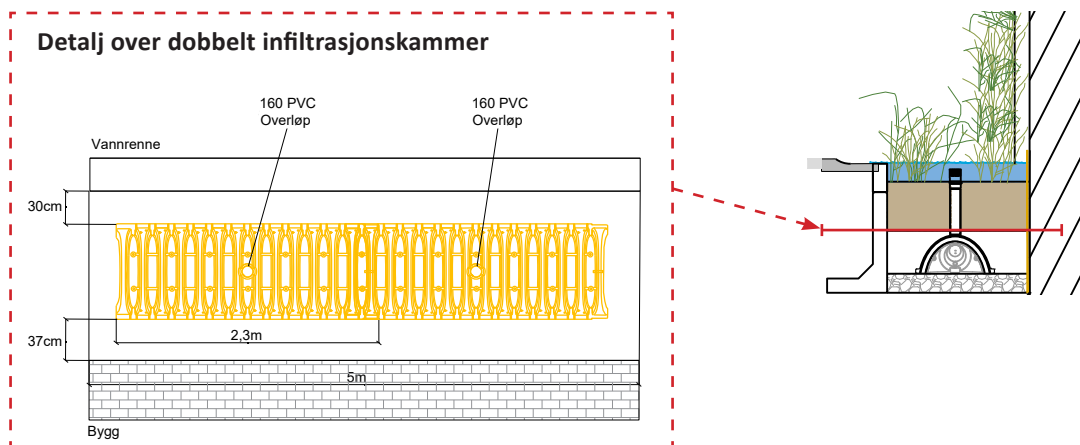
For å håndtere de økte nedbørsmengdene og tilfredsstillende kravet om et maksimalt påslipp på 5 l/s for eiendommen er det valgt å ta i bruk en kombinasjonsløsning av grønt tak og grønn vegg på byggene. Det er også anvendt permeable dekker, plantefelt, plen og trær for å skape en lun atmosfære og tilknytning til vedliggende områder. Se situasjonsplan, figur 7.10, og vedlegg 10 for beregninger av fremtidig avrenningssituasjon.

På takene av blokken og sykkelboden anlegges et ekstensivt grønt tak, bestående av mose og bergknapp. Takene vil ha en svak helning på 0 - 6 grader. Ut fra tabell 4 og 5 og vil takene ha følgende oppbygging; drensmatte, filt og sebum, med et drenslag på 40 – 70 mm og et vekstlag på 20 - 40 mm. Dette gir en avrenningsfaktor på 0,6 i henhold til tabell 4.

Når taket har nådd sin kapasitetsgrense ledes de ytterligere vannmengdene til prosjekterte regnbed, ved hjelp av vaiersystem og takrenne. Regnbedene med slyngplanter etableres langs vestlig fasade på begge bygg. I henhold til sol- og skyggestudiet er dette det område med best solforhold og vil være det stedet hvor plantene har størst mulighet til å trives. Bedene er også plassert ut fra behov for adkomst til lokaler i første etasje.

I regnbedene er det valgt å anvende slyngplante av type Pipeholurt, *Aristolochia durior*. Dette er en kraftig voksende slyngplante med store hjerteformede grønne blader. Denne planten trives godt i både sol og skygge, som gjør den svært anvendelig i urbane områder (plantasjen s.a.).

Det er valgt å anvende to ulike typer regnbed, et med fordrøyende masser (R1) og et med infiltrasjonskammer (R2). For å tilrettelegge for tilstrekkelig fordrøyingsvolum ved dimensjonerende nedbør er det planlagt bruk av fire StormTech kammer, det vil si 16 m² med regnbed R2 og en lukket fordrøyning på 1,6m³. Det anlegges også 9m² av regnbed type R1, som tilsvarer en fordrøyning på 1,8 m³. Se vedlegg 10. Regnbedene er koblet til drenskum, for å gjøre det mulig å gjennomføre vedlikehold uten å grave opp substratet.

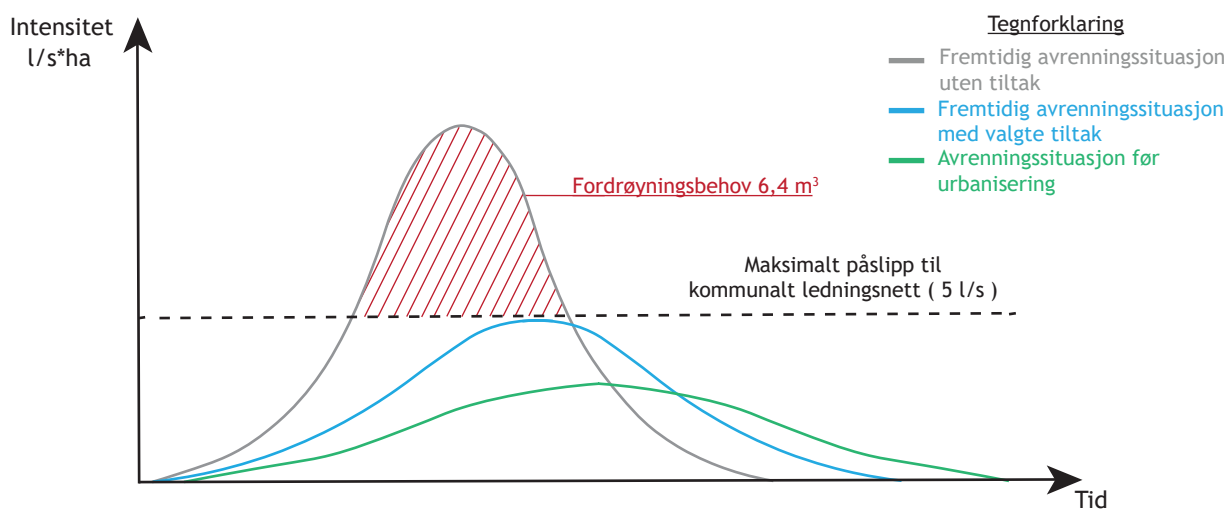


Figur 7.9: Detalj over planlagt dobbelt infiltrasjonskammer.

Ved større nedbørshendelser vil overvannet ledes trygt ut fra regnbedene og frem til flomvei, ved hjelp av vedliggende vannrenner. Vannrennene er også anlagt for å være et identitetsskapende element som trigger til lek og variasjon i gateløpet, se figur 7.11.

Eksisterende plen langs eksisterende vedliggende bygg utvides. Det blir også lagt permeable dekke på gangbart areal innenfor eksempelområdet, for å oppnå tilstrekkelig håndtering av dimensjonerende nedbørsmengder. Anvendt permeabelt dekke bygger på samme prinsipp som gangbart areal på tak. Oppbygningen er tilpasset forventet trafikkmengde, samt oppstillingsplass for slambil og brannbil. For dekket er det satt en avrenningsfaktor på 0,7.

Dekket, plen og plantefelt vil kunne bidra til håndtering av øvrig vann i eksempelområdet som ikke faller på taket eller i nærhet av regnbedene. Se vedlegg 10 for beregninger av fremtidig avrenningssituasjon.



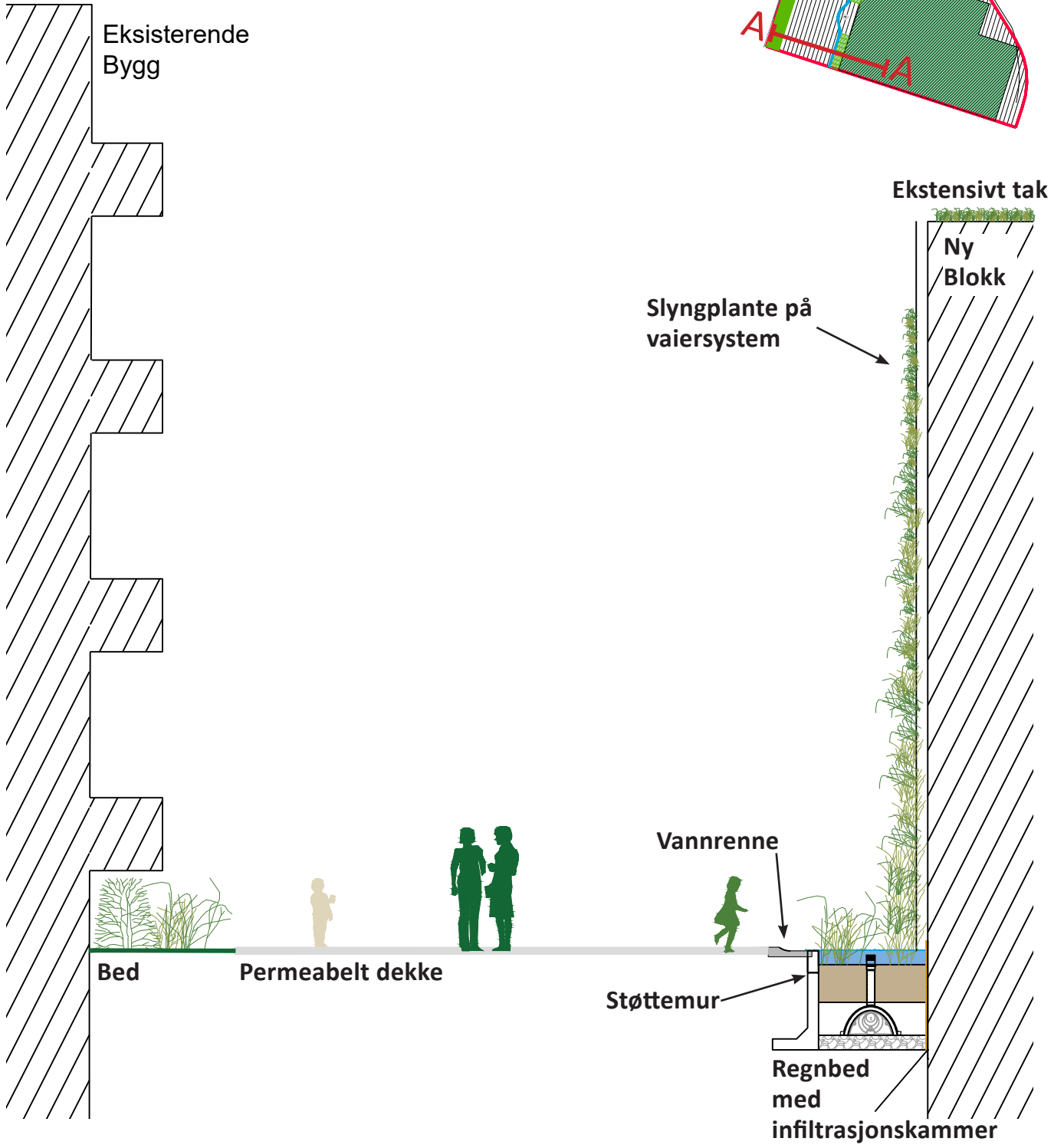
Figur 7.10: Endring i avrenningssituasjon ved anvendelse av valgte tiltak.

Figuren viser avrenningen for før urbanisert situasjon og to fremtidsscenarioer for avrenning i eksempelområdet. Med et maksimalt tillatt påslipp til kommunalt ledningsnett, på 5 l/s, vil det oppstå et fordrøyningsbehov på 6,4 m³ ved fremtidig situasjon. Kombinasjon av valgte naturbaserte overvannstiltak har evne til å håndtere disse økte vannmengdene og tilfredstille påslippskravet til kommunalt ledningsnett.



Figur 7.11: Situasjonsplan

SNITT A-A



Figur 7.12: Snitt A-A

7.3. Blågrønn faktor og BREEAM

7.3.1. BREEAM vurdering av eksempelområdet

Ved bruk av naturbaserte overvannstiltak håndterer man de økte nedbørsmengdene lokalt på egen tomt. Vegetasjon og jord gir grunnlag for biologisk mangfold, økologiske verdier og rensing av overvann. De valgte overvannstiltakene kan også, som tidligere beskrevet, ha innvirkning på byggets energieffektivitet.

Ut fra presenterte valg i eksempelområdet har jeg gitt prosjektet følgende poeng

| Kategori | | Oppnådde poeng | Mulige poeng |
|-------------------------------------|--|----------------|--------------|
| Forurensning <i>Pol 03</i> | Redusere risiko for flom i utbyggingsområdet | 2 | 2 |
| | Lokal håndtering av overvann på egen tomt | 2 | 2 |
| | Begrense vassdragsforurensning | 1 | 1 |
| Energieffektivitet <i>ENE 01</i> | Prosentvis forbedring av energieffektiviteten i forhold til energi klasse C. | 0 | 12 |
| Arealbruk og økologi | <i>LE 1</i> Valg av tomt | 2 | 3 |
| | <i>LE 2</i> Tomtens økologiske verdi | 1 | 2 |
| | <i>LE 4</i> Forbedre tomtens økologi | 3 | 3 |
| Sum | | 11 | 25 |

Tabell 18: Valgte naturbaserte overvannstiltak, i eksempelområdet, vedsettelse i BREEAM.

Begrunnelse for poengsetting i BREEAM

Forurensning

Bebyggelsen i eksempelområdet regnes som å være plassert i et område med lav flom risiko. Ut fra BREEAM veileder gir dette to poeng innenfor temaet reduksjon av flomrisiko.

Se flomsone kart i vedlegg 11.

For tema overvannshåndtering er det oppnådd to poeng, ved at det sikres et maksimalt avrenning til vassdrag som ikke overskrider dagens avrenningssituasjon. En av de to poengene er også samlet inn ved at det spesifiseres dreneringstiltak og at det er tatt høyde for et endrende klima ved utregning av dimensjonerende nedbørsmengder.

Ved valgte tiltak renses overvannet gjennom infiltrasjon, som er med på å redusere eksempelområdets forurensning til vedliggende vassdrag. På grunn av disse egenskapene ved valgte overvannstiltak oppnår man to poeng innenfor kategorien minimering av forurensning til vassdrag.

Energieffektivitet

Eksempelområdet har fått en relativ høy uttelling innenfor valgte delkapitler, foruten byggets energieffektivitet. Valgt tak- og vegløsning i dette eksempelet vil ha så liten isolerende evne at det ikke vil gi utslag på byggets energiklassifisering. Denne typen isolerende tiltak er heller ikke sett på som dokumenterbare i de standardiserte beregningene. Det er derfor gitt null av tolv poeng innenfor denne kategorien. Se kapittel 5.4. for takets isolerende egenskaper.

Arealbruk og økologi

For valg av tomt og plassering av prosjekterte bygg på allerede utbygget areal, er det gitt to av tre poeng. Det er ikke tildelt tre poeng på grunn av at det ikke finnes vesentlig forurensede masser på tomten.

Valgt tomt ansees å ha en relativ liten økologisk verdi, det oppnås derfor 1 poeng for dette. Det andre mulige poenget innenfor denne kategorien oppnås bare dersom økologiske verdier i tomtegrenseområdet og tilgrensende områder er beskyttet mot skade under bearbeiding av tomt og under byggevirksomhet. Overvannstiltak har ikke i seg selv noen innvirkning på nettopp dette. Det er derfor ikke mulig å oppnå noen poeng innenfor dette kriteriet.

Ved å anvende naturbaserte overvannstiltak som legger til rette for biologisk mangfold og vegetasjon har man i denne vurderingen oppnådd tre poenger for forbedring av eksempelområdets økologi. I følge BREEAM NOR 2016 Teknisk manual (SD5075NOR versjon 1.1.) kan grønne tak og vegger bare regnes med i beregningene dersom fagkyndig økolog bekrefter at dette gir et positivt bidrag i området. Dette er spesielt for grønne vegger som ikke klassifiseres som et bærekraftig tiltak. Den tekniske manualen begrunner dette som følgende:

«For øyeblikket kan ikke grønne vegger regnes for å oppfylle kravene i dette emnet, ettersom de krever en høy grad av vedlikehold som ofte ikke er bærekraftig, noe som fører til forringelse av disse plantene. Dersom assessoren føler at den spesifiserte grønne veggen oppfyller formålene med dette emnet og vil være bærekraftig, kan han sende detaljert informasjon til vurdering hos NGBC. Uteplanter integrert i strukturer som holdes oppe av bygget, ville være akseptable (etter bekreftelse fra sakkyndig økolog), ettersom disse ikke er så avhengig av systemer og vedlikehold.» . (NGBC, 2016, s.238)

Refleksjon av BREEAM vurderingen i denne oppgaven

På grunn av oppgavens begrensede tidsperspektiv har ikke eksempelområdets BREEAM poengsetting oppfylt de krav som settes for å kunne få et BREEAM sertifikat, innenfor presenterte kategorier. Det er for eksempel ikke tatt kontakt med sakkyndig økolog, slik som det påkreves i kapittel arealbruk og økologi. Vurderingen av de ulike kategoriene har jeg selv gjennomført i henhold til BREEAM NOR 2016 Teknisk manual (SD5075NOR versjon 1.1.). Poengene er satt ut fra kunnskap opparbeidet gjennom arbeidet med masteroppgaven, og i samråd med rådgivere hos Asplan Viak innen fagfeltene energi og miljø, vann og miljø og landskapsarkitektur. Det må derfor tas høyde for at poengsettingen inneholder sine mangler.

Ut fra vurderingen ser man at naturbaserte overvannstiltak har en begrenset mulighet til å gi stor innvirkning på BREEAM sertifisering, etter Teknisk manual (SD5075NOR versjon 1.1.). utarbeidet i 2016. Dersom det hadde blitt utarbeidet en ny manual nå i dag, hadde regnestykket trolig sett annerledes ut.

7.3.2. Blågrønn faktor vurdering av eksempelområdet

Ved valgte tiltak for overvannshåndtering er det oppnådd en blågrønn faktor på 0,6. Se vedlegg 6. Anbefalt faktor for sentrumsområde og tett by er 0,7. Oppnådd faktor ansees likevel som tilstrekkelig ved at anvendte tiltak tilfredsstiller krav for mengde håndtert overvann, tomtens arealutnyttelse og minimal påkjenning på bygningens bæreevne.

Det er likevel oppnåelig med en faktor på 0,7 dersom man gjøre visse endringer. For eksempel kan man anvende et dypere substrat på 20-40 cm, som vil gi en høyere blågrønnfaktor. Det vil likevel føre til høyere lastpåkjenning på bygningen, noe som ikke er ønskelig. Man kan også alternativt redusere bygningens fotavtrykk, for å få plass til flere blå-grønne flater. Dette ansees likevel som et svært drastisk tiltak som fører til lavere arealutnyttelse. Det er derfor, etter analyse av de ulike alternativene, sett at kombinasjon av valgte tiltak er den mest hensiktsmessige løsningen og rettferdiggjør oppnådd faktor på 0,6.

8.1. Konklusjon

Overvannstiltak i tettbygde urbane områder kan være med på å fremme en bærekraftig byutvikling ved at de skaper robuste samfunn, som er beredt på utfordringene det endrende klima bringer oss.

Vann er grunnlaget til en rekke økosystemtjenester. Håndtering av vann hvor det faller ned gir derfor en rekke positive ringvirkninger for både mennesker, lokalt klima, dyreliv og flora, i det urbane miljøet. Ved å anvende naturbaserte løsninger for overvannshåndtering trekker vi naturen tilbake til byen. Overvannet blir gjennom tiltakene transformert fra å være en trussel til en ressurs i bymiljøet, ved å lette på den pressede situasjonen skapt av et endrende klima, fortetting, begrenset kapasitet på ledningsnett, klimagass- og partikkel utslipp. Det understreker at vann og naturbasert lokal håndtering av overvannet er et viktig og nødvendig element for å fremme en bærekraftig byutvikling og oppnå FN sine bærekraftsmål.

Presenterte overvannstiltak har potensiale til å skape både støttende, forsyvende, regulerende og kulturelle økosystemtjenester. Gjennom analysen av de ulike tiltakenes innvirkning på det biologiske mangfoldet, luftforurensning, støyreduksjon, energiforbruk, fasadens levetid og overvannshåndtering viste det seg å være en sterk sammenheng mellom produserte tjenester, vegetasjon- og substrattykkelse. Det er derfor en stor variasjon av innvirkning på de ulike utvalgte tjenestene for vegeterte og ikke vegeterte tiltak, se tabell 15. Tiltaket som skiller seg sterkest ut er overvannsmagasin på tak, som har tilnærmet ingen innvirkning på utvalgte økosystemtjenester, foruten overvannshåndtering. Dette er på grunn av at tiltaket primært legger opp til fordrøyning av overvann og reduksjon av spissavrenning til ledningsnett direkte på takmembran. Øvrige tiltak med vegetasjon eller Leca materiale har likevel varierende innvirkning på de utvalgte økosystemtjenestene. For eksempel innen energiforbruk i bygninger viste det seg at tillegget fra vekstjorden på grønne tak står for mindre enn 1% av den totale isoleringsevnen til taket. Prosentandelen forventes å synke ved vannmettet tilstand. Gangbart areal på tak, med underbygning av Leca, vil trolig ha et høyere isoleringsevne. Verdiene er likevel så lave at de ikke medregnes i beregninger eller verdsettes i BREEAM. For det biologiske mangfoldet vil ekstensive og semi-intensive tak være best egnet, ved at de kan tilrettelegge for variert substrattykkelse og vegetasjon, samt minimal menneskelig aktivitet. Tiltakenes innvirkning på luftforurensning avhenger av vegetasjonens bladområde index og takets oppbygning. For klatre- og slyngplanter vil klatreplanten eføy, Hedera helix, med et partikkelopptak på 6 g/m² være den mest effektive planten til å fremme lokal luftkvalitet. Det må likevel påpekes at man må anvende vegeterte løsninger på minimum 10-20% av tilgjengelig takareal i et område for at det skal gi en innvirkning på den lokale luftkvaliteten. Innen støyreduksjon er det også en sterk sammenheng mellom tiltakets innvirkning, substratdybde og vegetasjonstykkelse. Desto dypere substrat eller Leca materiale vil føre til høyere lydisolerende egenskaper, hvor man kan oppnå en reduksjon på opp til 46 – 50 dB. For grønne vegger avhenger tiltakets evne til å redusere støy med vegetasjonens tykkelse og spredning over fasaden. Fasadens levetid kan påvirkes både negativt og positivt av presenterte overvannstiltak. Tiltakene kan skjerme fasaden mot utvendige påkjenninger, som vind, sol og slagregn. Tiltakene kan også gi negative effekter som fukt og tåte, dersom tiltakene ikke installeres på riktig måte eller får nødvendig vedlikehold.

De ulike presenterte overvannstiltakenes evne til å håndtere overvann har en sterk tilknytning til anvendt substratdybde og mulighet for anvendelse av fordrøyningmagasin. Dette skaper et sterkt skille mellom tiltak på tak og på gatenivå. Tiltak på tak kan håndtere mellom 0,02m³ og 0,3m³ vann per kvadratmeter, samt en reduksjon av spissavrenningen med 33% til 89%. For eksempel vil et ekstensivt flatt tak med 20-40mm substratdybde kunne redusere spissavrenningen til kommunalt

ledningsnett med 33%. Et intensivt tak med substratdybde på 500mm vil derimot kunne redusere spissavrenningen med hele 89%, ved dimensjonerende nedbør. Gjennom analysen viste det seg at presenterte blå-grå takløsninger hadde en lavere evne til å håndtere overvann enn først antatt. Gangbart areal på tak, med en underbygning av Leca materiale, har et antatt effektivt fordrøyningvolum på 0,12 m³ pr kvadratmeter og en reduksjon av spissavrenningen på 56%. Dette er tilsvarende håndteringsevne som for semi- intensive grønne tak. Overvannsmagasin på tak legger opp til en maksimal gjennomsnittlig vannstand på omtrent 6cm per kvadratmeter før overløp til sluk. Dette gir en fordrøyningsevne på 0,05m³ til 0,06 m³ per kvadratmeter og en reduksjon av spissavrenningen med 34% og 50 % for de to ulike presenterte alternative utformingene. Dette plasserer overvannsmagasin på tak i sjiktet mellom ekstensive og semi-intensive grønne tak, som er mye lavere enn først antatt. Overvannsmagasin på tak har likevel en evne til å tømme hele fordrøyingsvolumet før neste regnhendelse, slik at det igjen er klart til å håndtere nye vannmengder etter 11,68 og 15,42 timer. Vegeterte løsninger og gangbart areal på tak vil derimot holde lengre på fuktigheten og ha et redusert effektivt volum til å håndtere nye regnskylt innen samme tidsperiode.

De ulike løsningene for grønne vegger i kombinasjon med regnbed har en betraktelig høyere fordrøyingskapasitet enn tiltak på tak. Ved at de grønne veggene kombineres med regnbed og fordrøyende plantekasser på bakkenivå kan tiltakene håndtere fra 0,48 m³ til 1,95m³ per kvadratmeter. Dette vil for eksempel si at regnbed med fordrøyende masser (R1) kan håndtere hele 24 ganger mer overvann enn det tynneste ekstensive grønne taket. Differansen mellom tiltak på tak og vegger er trolig på grunn av muligheten til å inkludere ulike lukkede fordrøyingskammer, tykke substratdybder og en maksimal vannstand på 10-20cm før overløp. Grønne vegger i kombinasjon med regnbed kan også håndtere ytterligere mengder overvann, enn beskrevet, ved å tilrettelegge for infiltrasjon i stedlige masser, dersom massene er egnet for dette. Man må likevel være klar over at egenskapene til de ulike tiltakene, foruten overvannsmagasin på tak, endres over tid med komprimering og vegetasjonens opptak av vann. Det er derfor viktig å opprettholde tiltakenes egenskaper ved å gjennomføre jevnlig vedlikehold, som opprettholder både tiltakenes håndteringsevne, estetiske uttrykk og produksjon av økosystemtjenester.

Eksempelområdet viser til at naturbaserte overvannstiltak i tettbebygde områder har potensiale til å være et godt supplement til det kommunale ledningsnett. Kombinasjonen av utvalgte tiltak håndterer mer vann enn nødvendig ved dimensjonerende nedbør og er gode tiltak til å håndtere overvann i både første og andre ledd i treleddsstrategien til Norsk Vann. Det må likevel påpekes at naturbaserte overvannstiltak i kombinasjon med bygninger har størst innvirkning på den dagligdagse nedbøren, første ledd i treleddsstrategien. Eksempel på dette er for gangbart areal på tak, hvor forskning på Høvringen renseanlegg i Trondheim viser til en reduksjon av spissavrenningen på 92% og forsinkelse på 7 timer og 23 minutter. Dersom man anvender en kombinasjon av naturbaserte overvannstiltak i byen og enkeltprosjekter har de mulighet til å være estetisk element i gaterommet og grobunn for en rekke økosystemtjenester, samt redusere og forsinke flomtoppen nedstrøms i nedbørsfeltet. Se figur 7.10.

Planleggingsverktøy som BREEAM og Blågrønn faktor har gode intensjoner om å motivere bruken av bærekraftige løsninger i bygg og arealplanlegging. Verktøyene gir likevel poeng i varierende grad for anvendelse av naturbaserte overvannstiltak. Innen verktøyet BREEAM har naturbaserte overvannstiltak en beskjedne innvirkning på den fullstendige karakteren, etter veileder fra 2016. Tiltakene kan høste inn totalt 25 av 110 poeng, hvor de 25 poengene kommer fra kategoriene energi, forurensning, arealbruk og økologi. Videre analyse av de ulike tiltakene og deres potensiale til å innhente poeng i BREEAM for eksempelområdet viste til en enda lavere poengsum. Valgte

tiltak i eksempelområde oppnådde kun 11 av de 25 mulige poengene. Verktøyet godkjenner ikke grønne tak og vegger som tilstrekkelige tiltak for å bedre tomtens økologi. Ekstensive tak, gangbart areal på tak og grønne vegger er heller ikke klassifisert som å ha noen innvirkning på byggets energiklassifisering. Det må likevel sies at naturbaserte tiltak har isolerende egenskaper, men reduksjonen av varmegjennomstrømningen er som tidligere nevnt så liten at den ikke medregnes i verktøyet. Dersom man tar i bruk vegeterte løsninger, bygger på allerede utbygd tomt og forbedrer byggets energieffektivitet kan man hente inn poengsum som kan hjelpe prosjektet opp på en høyere klassifisering. Tiltakene har derfor en tendens til å bli tatt i bruk dersom prosjekter står på vippen mellom to klassifiseringer. Blågrønn faktor har derimot en høy verdsetting av naturbaserte overvannstiltak. I dette verktøyet samles alle poeng gjennom anvendelse av vegetasjon, permeable flater og åpne permanente vannspeil, samt tilkobling til eksisterende blågrønne strukturer. Vegeterte tiltak på både tak og vegger har en høy verdsettelse. Eksempelområdet oppnådde en blågrønn faktor på 0,6, som er noe lavere en anbefalt blågrønn faktor for tett by og sentrumsområder. Dersom man hadde anvendt et grønt tak med substratdybde på 20-40 cm ville man kunne oppnå anbefalt faktor på 0,7. En faktor på 0,6 ansees likevel som tilstrekkelig ved at man oppnår de krav som er satt med hensyn til bygningens bæreevne, tomtens arealutnyttelse og overvannshåndtering ved anvendt grønt tak.

For å fremme en bærekraftig byutvikling er det også viktig å løfte blikket og se byen som en enhet. Først da kan man se viktigheten av flere punkttiltak gjennom byen og nedbørsfeltet, som kan bidra til å redusere og forsinke flomtoppen nedover samling- og transportsonen av nedbørsfeltet. En helhetlig planlegging med dette perspektivet kan også skape en større sammenheng mellom grøntstrukturer og habitat, som igjen understøtter det biologiske mangfoldet og et godt lokalt klima. Til sammen kan naturbaserte overvannstiltak kunne fremme en bærekraftig byutvikling i Norske byer og tettsteder.

8.2. Refleksjon

Byplanlegging er et svært omfattende fagfelt som fokuserer på viktigheten av å se sammenhengen av fenomener i byen og samfunnet. Naturbasert overvannshåndtering innenfor byplanlegging og i kombinasjon med bygninger er som tidligere sagt et svært omdiskutert tema. Det er derfor utfordrende å belyse alle de medførende faktorene som er med på å skape bærekraftige løsninger i fortettede områder. På grunn av oppgavens tidsbegrensning og det store antallet medvirkende variabler får man ikke belyst alle ønskede variabler i dybden. De ulike variablene må likevel nevnes for å øke oppgavens validitet og reliabilitet. Grunnet oppgavens tidsbegrensning er det også valgt å fokusere på et utvalg av økosystemtjenester. Det er derfor ikke tatt stilling til øvrige positive effekter som naturbaserte overvannstiltak kan gi i det urbane miljø. Eksempler på dette er tiltakenes innvirkning på heat island effekten og energiproduksjonen hos solceller. Dette er likevel meget interessante temaer som er svært aktuelle til videre arbeid.

Naturbaserte overvannstiltak er komplekse systemer som faller innenfor flere ulike fagdisipliner og interesseområder. Dette kan ofte resultere i en drakamp mellom de ulike fagfelt, som arkitektur, landskap, bygningsfysikk, biologi, økologi, veiplanlegging, vann og miljø. For å håndtere byens komplekse struktur og oppnå bærekrafts målene er det derfor et økende behov for samordning mellom ulike fagdisipliner og interessegrupper.

For hvert presentert naturbasert overvannstiltak må man ta hensyn til flere stedsavhengige variabler. Hvert enkelt prosjekt må vurderes ut fra prosjektområdets kvaliteter og behov. Noen tiltak som er anvendt i oppgavens eksempelområde vil trolig ikke være like nødvendige eller gi samme effekter dersom de er plassert under andre forhold. Dette er også en viktig erfaring jeg har opparbeidet meg gjennom studiet. Flere tiltak kan også spesialtilpasses situasjonen det skal plasseres i, noe som skiller dem fra prefabrikkerte rør. Det har derfor vært utfordrende å gi en konkret sammenligning av de ulike tiltakene, med tanke på utallige variasjoner som kan anvendes.

Bruk av grønne tak og vegger er ikke et nytt fenomen i Norge. Håndtering av overvann i form av åpne naturbaserte løsninger, som beskrevet i oppgaven, ansees likevel som et relativt nytt tema innenfor Norsk klima og standard. Det har derfor vist seg å være begrenset med publisert forskning på feltet, foruten bruk av grønne tak. Dette er noe som har resultert i en rekke vurderinger og estimat i oppgaven, basert på tilgjengelig forskning i samråd med produsenter og rådgivende ingeniører. Mangelen på forskning og referanseprosjekter har også ført til at flere er skeptiske til å håndtere overvann på denne måten, med tanke på fuktskader og vedlikehold. Det krever nye tankesett og endring for å se nye løsninger, noe som oppleves som en utfordring for flere. Håper derfor arbeidet for å implementere denne typen overvannstiltak i vanlig planlegningspraksis gjennomføres. Slik det kan stimulere til ytterligere forskning og kreative løsninger.

Det er også viktig å se helheten i planleggingen. Noen av de presenterte overvannstiltakene vil ikke kunne ha en stor innvirkning på overvannet og øvrige økosystemtjenester alene, men vil kunne ha en stor effekt dersom de kobles sammen eller anvendes over store arealer. Dette gjelder også overordnet planlegging, hvor man må se viktigheten av punkttiltak som vil kunne gi stor innvirkning på større byområder og nedslagsfelt sammenlagt. Man må likevel være klar over at økosystemtjenester ikke skapes over natten. Eksempelvis må vegetasjonen for grønne vegger få tilstrekkelig med tid til å vokse, før man kan få maksimal uttelling innfor de utvalgte økosystemtjenestene i oppgaven.

Tiltakenes rolle i planleggingsverktøyene BREEAM og Blå-grønn faktor er varierende. Dette har trolig grobunn i verktøyenes ulike fokusområde og produksjonstidspunkt. BREEAM er i hovedsak et sertifiseringsverktøy for bygg, men verdsetter også valg av tilhørende tomt. Veilederen for verktøyet er laget i 2016. Dersom veilederen var laget i dag ville naturbaserte overvannstiltak trolig kunne ha en større innvirkning på poengfordelingen i verktøyet. Blågrønn faktor fokuserer derimot på vegetasjonen og vannets rolle i områdeplanlegging. Det oppleves derfor naturlig at tiltakene har en høyere innvirkning på poengsummen i Blågrønn-faktor verktøyet. Det var likevel litt overaskende hvor lav verdsetting tiltakene har i BREEAM.

Dersom jeg skulle gjennomført oppgaven på nytt er det flere ting jeg skulle ønske jeg hadde gjort annerledes, dersom jeg hadde et bredere tidsperspektiv. Jeg ville da bruke tid på å gjennomføre egne tester av de ulike overvannstiltakene, som kunne vært et supplement til forskningen på feltet. På den måten kunne estimatene i oppgaven valideres med ytterligere forskning. Det hadde også vært interessant å se på tiltakenes innvirkning på heat island effekten og energiproduksjon hos solceller, samt tiltakenes estetiske verdier i det urbane miljøet.

9.1. Litteraturliste

Baumann (2012) Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. Hentet fra http://urbanhabitats.org/v04n01/birds_full.html

Berge (2017) Isolasjonsmaterialer A-Å. Hentet fra <https://www.byggogbevar.no/enoek/artikler/isolasjonsmaterialer-a-%C3%A5>

Bergknapp (2018) Produktkatalog 2018. [produktkatalog] Sandnes: Bergknapp.

BioWall (s.a.) Om BioWall. Hentet 18.01.2017 fra <http://biowall.no/om-biowall/>

Braskerud, B. & Skallebakke, O. (2013) Frakobling av takrenner fra kommunalt nett. Hentet fra <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107637/Taknedl%C3%B8p.pdf>

Braskerud (2014) Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo.(65/2014). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

BREEAM NOR (2016) BREEAM – NOR for nybygg 2016, Teknisk manual (SD5075NOR – Ver: 1.1.) Hentet fra <http://ngbc.no/wp-content/uploads/2015/10/SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-v.1.1-norsk.pdf>

Busklein (2016) Test report, Water retention testing. (SINTEF rapport nr. 102012228 versjon 1.0.) Trondheim: SINTEF

Busklein (2017) Teknisk godkjenning Leca Iso 10-20. (Nr. 2051) Nordby: SINTEF Byggforsk

Byggforsk (2003) Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer. Hentet fra https://byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer

Byggforsk (2009) Terrasser med beplantning på bærende betongdekker. (525.306) Byggforsk: Lastet ned 18.01.2018 fra https://byggforsk.no/dokument/391/terrasser_med_beplantning_paa_baerende_betongdekker

COWI (2013) På lag med regnet, veileder for lokal overvannshåndtering. Hentet 10.01.2018 fra http://www.miljodirektoratet.no/Global/klimatilpasning/COWI_Veileder%20overvann%20overvannshåndtering%20Jæren_2013.pdf

Dunnett & Kingsbury (2008) Planting Green Roofs and Living Walls. Portland: Timber Press. Inc.

Framtidens byer (2014) Blågrønn faktor , Bakgrunn vedlegg 2
Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/blagronnfaktor_rapport.pdf

FN (s.a.) FNs bærekraftsmål. Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>

GeoStrøm AS (2014) Grunnundersøkelse for Rådhusområdet. (1184/R1) Undrumsdal: Sandnes Tomteselskap KF.

Grunnvann i Norge (s.a.) Hydrogeologisk ordbok. Hentet fra http://www.grunnvanninorge.no/top_ordbok.php

Holm (2013) VA/Miljøblad Nr. 107:Grønne tak. (107) Hentet fra <http://www.va-blad.no/gronne-tak/>

Heggstad, Ragnar & Rosvold, Knut A. (2016, 17. mars). Nedbørsfelt. I Store norske leksikon. Hentet 6. februar 2018 fra <https://snl.no/nedb%C3%B8rsfelt>.

Huseby (2017) Bistand overvann og VA, Gamleveien 68-70 Lørenskog. Hentet fra: https://www.lorenskog.kommune.no/_f/i67f2ba78-e59a-41ae-82f4-9db7bec1e4da/08-overvannsberegninger.pdf

I. Hanssen-Bauer, E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg og B. Ådlandsvik (Red) (2016) Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunlag for klimatilpassning oppdatert i 2015 (2/2015) (2. utg.) Oslo: Miljødirektoratet.

Jære (2017) Gjør tak til klimatiltak. Hentet 31.01.2018 fra <https://gemini.no/2017/07/gjor-tak-klimatiltak/>

Klimatilpassning (2016) Blågrønn faktor, veiledning i byggesak. Hentet 22.01.2018. fra <http://www.klimatilpassning.no/veiledere/blagronn-faktor/>

Langeland, K (2017) Klatreplanter kan gi bygninger et vennligere utseende, men kan også forårsake skade på huset, så det er viktig å tenke seg godt om før man gir huset en grønn frakk. Hentet fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/ute/artikler/husets-groenne-frakk-skader-plantene-huset>

Li, Y. & Babcock, R.W. (2014) Green roofs against pollution and climate change. A review. Frankrike: INRA & Springer-Verlag.

Leca (2016) LECA GREEN ROOFS. Hentet fra https://www.leca.co.uk/sites/default/files/Leca_Green_Roofs_11_2016.pdf

Leca (2016b) Ytelseerklæring (No.DoP-NO-Leca0-32GEO Versjon3). Nordby : Leca

Magnussen, K., Reinvang, R. & Løset, R. (2015) Økosystemtjenester fra grønnstruktur i norske byer og tettsteder. (2015/10). Hentet fra <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M378/M378.pdf>

Meteorologisk institutt (2017) Det blir våtere. Hentet 05.01.2018 fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/det-bli-vatere>

Miljødirektoratet (s.a.) Verdien av naturmangfold og økosystemtjenester. Hentet 08.01.2017 fra <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Arter-og-naturtyper/Verdien-av-naturmangfold-og-okosystemtjenester/Verdien-av-naturmangfold-og-okosystemtjenester/>

Miljødirektoratet (2017) Klimagassutslipp fra veitrafikk. Retrieved from <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/klimagassutslipp-fra-veitrafikk/?id=15739>

Multiconsult. (2016) Revidering av byggesaksveileder Blågrønn Faktor. (128395-RIVA-RAP-001) Hentet fra http://www.klimatilpassning.no/globalassets/publikasjoner/128395-riva-rap-001-c_revidering_av_byggesaksveileder_blaa_gronn_faktor.pdf

Multiblokk (s.a.a) Alle permeable produkter. Hentet 31.01.2018, fra <http://www.multiblokk.no/multiblokk/hovedmeny/naering-og-offmiljo/permeable-dekker/permeabel-belegningsstein-naa-ogsaa-paa-taket>

Multiblokk (s.a.b) Permeable belegningstein - nå også på taket!. Hentet 31.01.2018, fra <http://www.multiblokk.no/multiblokk/hovedmeny/naering-og-offmiljo/permeable-dekker/permeabel-belegningsstein-naa-ogsaa-paa-taket>

NGBC (s.a.) Hva er BREEAM? Hentet 22.01.2018 fra <http://ngbc.no/breeam-nor/>

NGBC (2016) BREEAM-NOR for nybygg 2016, Teknisk manual. (SD5075NOR – Ver:1.1.) Hentet fra <http://ngbc.no/wp-content/uploads/2015/10/SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-v.1.1-norsk.pdf>

Norsk Vann (2008) Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering (162/2008) Norsk Vann: Hamar.

Noreng, K. Marius Kvalvik, M. & Ødegård. I.M. (2012). Grønne tak : resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt. (104) Oslo: SINTEF akademisk forl.

Noreng (2013) GRØNNE TAK: Bygningsmessige aspekter ved prosjektering og bygging av grønne tak (nr. 10) Trondheim: Byggforsk SINTEF.

Noreng (2017) *Teknisk godkjenning, Protan BlueProof Tekkesystem*. (SINTEF godkjenning Nr. 20541) Drammen: SINTEF

NOU 2015:16 (2015) Overvann i byer og tettsteder. Oslo; Departementets sikkerhets og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning.

Næss, P. & Xue, J. (2016). Housing standards, environmental sustainability and socialwelfare. Crisis System: A Critical Realist and Environmental Critique of Economics and the Economy; Næss, P., Høyer, KG, Bhaskar, R., Price, L., Eds: 130-149.

Overvannshåndtering (2017). Kommunaltekniske normer for vann- og avløpsanlegg. Hentet 10.01.2018 fra <http://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-9-Overvannshandtering.pdf>

Paus, K. & Braskerud, B. (2013) Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. Hentet fra http://dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2013/04/Paus-og-Braskerud_Forslag-til-dim-og-form-av-regnbed_Vann1-2013.pdf

Plantasjen (s.a.) Pipeholurt 2L. Hentet fra <https://www.plantasjen.no/pipeholurt-2-l-200000202-no>

Protan (s.a.) Protan BlueProof. Hentet 25.01.2018 fra <http://protan.no/tak-og-membraner/losninger/blue-proof/>

Ratikaninen (2017) Biologisk mangfold. Hentet fra https://snl.no/biologisk_mangfold

Sabima (s.a.) Humler og bier. Hentet fra <https://www.sabima.no/trua-natur/humler-og-bier/>

Saint-Gobain (s.a.) Termisk informasjon, Leca Lettklinker (12.606.) Saint-Gobain: Oslo.

Sandnes kommune. (2017a) Områdeplan for Skeiane gnr 40, bnr.101 m.fl. Hentet fra http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1102/2013105/Dokumenter/Gjeldende_Bestemmelser_2013105.pdf

Sandnes kommune (2017b) Rammeplan for vann og avløp. Hentet fra <https://www.sandnes.kommune.no/globalassets/tekniskeiendom/reguleringsplaner/startpakkedokumenter/rammeplan-va-rev-aug-17.pdf>

Statens vegvesen (2014) Vegbygging (Håndbok N200) Hentet fra [https://www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+\(21+MB\).pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+(21+MB).pdf)

StormTech (2017) SC – 310 Chamber Information Sheet. Hentet fra http://www.stormtech.com/download_files/pdf/StormTech_SC310_Sell_Sheet_HR_09-17.pdf

StormTech (2014) Design Manual. Hentet fra http://www.stormtech.com/download_files/pdf/design_manual_310740780.pdf

Urbaneuterom (s.a.) Prinsippløsning. Hentet 31.01.2018 fra <http://www.urbaneuterom.no/prinsipplosning/>

Vasseljen (2016) Overvann som ressurs. (535485-01) Hentet fra <https://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1485874414/rapport-overvann-2016-12-21.pdf>

VA Miljøblad (2013) Regnbed, renner og nedsivingsarealer (nr.106) Hentet fra <http://www.va-blad.no/regnbed-renner-og-nedsivningsarealer/>

V. Hamouz, J.Lohne, J.R. Wood & T.M. Muthanna (2018) Hydrological Performance of LECA Based Roofs in Cold Climates. MDPI, Water, 2018, 10, 263, Doi: 10.3390/w10030263

ZinCo. (2010). Ambitiøse klimamål [Brosjyre]. Danmark: ZinCo Danmark AS

ZinCo (s.a.) Planning guide, System Solutions for Thriving Green Roofs [Brosjyre] Nuertingen: ZinCo GmbH

Ødegaard. (Red) (2014). Vann- og avløpsteknikk. Hamar: Norsk Vann

9.2. Figurliste

Figurer, foto og illustrasjoner er egenprodusert om annet ikke er spesifisert.

Del 1: Introduksjon

- Figur 1.1: Oppgavens ulike skala og fokusområder.....s.11
- Figur 1.2: Oppgavens oppbygning.....s.12

Del 2: Bakgrunn

- Figur 2.1.: Sammenheng mellom andelen tette flater og overvannsavrenning i ulike type områder. Egen fremstilling basert på:
SINTEFF [Bilde] (2012) Vann i by - håndtering av overvann i bebygde områder.
Hentet fra https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader
og
Relationship between impervious and surface runoff.[Bilde].(1998). Hentet fra https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf.....s.16
- Figur 2.2: Et klimascenario for Norge om 50 år
Kilde: RegClim(2018) Et klimascenario for Norge om 50 år [Bilde] Hentet fra <http://regclim.met.no/>.....s.17
- Figur 2.3: Økt spissavrenning som resultat av økt urbanisering og klimaendringer
Kilde: Omdal, S. (2013) Økt spissavrenning som resultat av økt urbanisering og klimaendringer [Bilde]
Hentet fra <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:656465/FULLTEXT01.pdf>.....s.20
- Figur 2.4: Mindre friluftsliv.
Kilde: Johansen, P.A. (2015) Mindre friluftsliv [Bilde] Hentet fra <https://www.aftenposten.no/norge/i/AlybE/Vi-mister-de-gronne-lungene>.....s.21
- Figur 2.5:Konvensjonelt system for håndtering av overvann.
Kilde: NOU 2015:16 (2015) Konventionelt system for håndtering av overvann [Bilde] Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-16/id2465332/?q=&ch=4>.....s.22
- Figur 2.6: Åpen og lokal håndtering av overvann.
Kilde: NOU 2015:16 (2015) Åpen og lokal håndtering av overvann[Bilde] Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-16/id2465332/?q=&ch=4>.....s.22

Del 3:Strategier og dimensjoneringsgrunnlag for lokal overvanns håndtering

- Figur 3.1 : Prinsippskisse for treleddsstrategien
Kilde: NOU 2015:16 (2015) Prinsippskisse for treleddsstrategien [Bilde] . Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-16/id2465332/?q=&ch=4#KAP5>.....s.24
- Figur 3.2: Inndeling av nedbørsfelt. Kilde: Eikelund & Johansen. (2017) Tilrettelegging for åpne overvannsløsninger i utvikling av planlagte fortettingsområder. Ås: NMBU.....s.25
- Figur 3.3: Effekt av klimaendringer på nedbørsintensiteter, frekvenser og gjentakintervall.
Kilde: Norsk Vann [Bilde] (2008) Effekt av klimaendringer på nedbørsintensiteter, frekvenser og gjentakintervall. Hamar: Norsk Vann.s. 28

- Figur 3.4 : Bruksnavn for jordarter etter innholdet av sand, silt og leire.
 Kilde: Jørgensen, P., Sørensen, R., Prestvik, O. (2013)
 Bruksnavn for jordarter etter innholdet av sand, silt og leire [Bilde]
 Hentet fra http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/114780/Norske_jordarter.pdf.....s.28
- Del 4: Prinsipper for håndtering av overvann**
- Figur 4.1: Frakobling av taknedløp.....s.31
- Figur 4.2: Hydrologisk prosess for grønne tak. Egen fremstilling basert på:
 Stovin, V., Vesuviano, G. & Kasmin, H. (2011) Green roof hydrological processes Malaysia: Elsevier.
 Med informasjon hentet fra: Grunnvann i Norge (s.a.) Hydrogeologisk ordbok. Hentet fra
http://www.grunnvanninorge.no/top_ordbok.php
 og
 Dunnett & Kingsbury (2008) Planting Green Roofs and Living Walls. Portland: Timber Press. Inc.....s.33
- Figur 4.3: Ulik vegetasjonstykkelse og bruksområde for grønne tak Bearbeidet fra:
 Viannova [Bilde] (2017) Samband mellan subtratdjup och vegetation. Malmö: Vinnova.s.35
- Figur 4.4: To eksempler på oppbygging av ekstensive sedumtak.
 Kilde: Braskerud, B. (2014) To eksempler på oppbygging av ekstensive sedumtak [Bilde]
 Hentet fra <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/108236/GrønneTak.pdf>.....s.36
- Figur 4.5: Oppbygging av sedumtak.
 Kilde: Bergknapp (2018) Oppbygging av sedumtak [Bilde] Hentet 12.01.2018 fra
<http://www.bergknapp.no/produkter/grønne-tak/oppbygging>.....s.36
- Figur 4.6: Fordøyende uterom på tak.
 Kilde: Multiblokk (s.a.a) Fordøyende uterom på tak [Bilde] Hentet 25.01.2018 fra
<http://www.multiblokk.no/multiblokk/hovedmeny/naering-og-offmiljo/fordroyning-paa-taket/urbane-tak-blir-miljoventnlig-uterom>.....s.38
- Figur 4.7: BlueProof. Egen fremstilling basert på: Protan. (s.a.). Protan BlueProof [Videoklipp].
 Hentet fra <http://www.protan.no/blueproof/>.....s.39
- Figur 4.8: Eksempel på en Blue Proof kalkulasjon for et gitt bygg og lokasjon
 Kilde: SINTEF (2017) Eksempel på en Blue Proof kalkulasjon for et gitt bygg og lokasjon [Bilde]
 (SINTEF godkjenning Nr. 20541) Drammen: SINTEF.....s.40
- Figur 4.9: Oppbyggingen av blå-gråt tak på Høvringen.
 Kilde: V.Hamouz, J.Lohne, J.R. Wood & M.T. Muthanna (2018)Oppbyggingen av blå-gråt tak
 på Høvringen. MDPI, Water, doi:10.3390/w10030263.s.41
- Figur 4.10: Permeabel belegningsstein. Kilde: Multiblokk (s.a.b.) Permeabel belegningsstein [Bilde]
 Hentet fra <http://www.multiblokk.no/multiblokk/hovedmeny/naering-og-offmiljo/fordroyning-paa-taket/urbane-tak-blir-miljoventnlig-uterom>s.42

| | |
|---|------|
| Figur 4.11: Prinsipiell oppbygning av flexipanel for grønne vegger, med substrat på fasade. Egen sammensetning av figur, med bilder fra følgende kilder: - Oppbygging av flexsystem[Bilde] (s.a.) Hentet 18.01.2018 fra http://www.bergknapp.no/produkter/gr%c3%b8nne-vegger/oppbygging-med-fleksipanel . - Grønn vegg Stavanger [Bilde] (s.a.) Hentet 18.01.2018 fra http://www.bergknapp.no/produkter/gr%c3%b8nne-vegger | s.43 |
| Figur 4.12: Faktorer for en vellykket grønn vegg. Egen fremstilling basert på BioWall (s.a.) Om BioWall. Hentet 18.01.2017 fra http://biowall.no/om-biowall/ | s.43 |
| Figur 4.13: Grønn vegg i kombinasjon med regnbed..... | s.44 |
| Figur 4.14: Regnbed på leirjord, med utskiftet filtermedium og drenering. Egen fremstilling basert på: Regnbed på leirjord, med utskiftet filtermedium og drenering. [Bilde](2013) Hentet fra http://dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2013/04/Paus-og-Braskerud_Forslag-til-dim-og-form-av-regnbed_Vann1-2013.pdf | s.45 |
| Figur 4.15: Prinsipeill oppbygning av regnbed i kombinasjon med grønne vegger i urbane områder. Beplantning hentet fra: Wiresystem [Bilde] (2018) Hentet fra http://www.bergknapp.no/dokumenter/Produktkatalog2017_Bergknapp_@RIG.pdf | s.46 |
| Figur 4.16: Regnbed med lukket infiltrasjonskammer i kombinasjon med slyngplanter. Egen fremstilling. Beplantning hentet fra: Wiresystem [Bilde] (2018) Hentet fra http://www.bergknapp.no/dokumenter/Produktkatalog2017_Bergknapp_@RIG.pdf | s.48 |
| Figur 4.17: Wiresystem . Kilde: Bergknapp (2018) Wiresystem [Bilde] Hentet fra http://www.bergknapp.no/dokumenter/Produktkatalog2017_Bergknapp_@RIG.pdf | s.49 |
| Del 5: Økosystemtjenester av overvannstiltak på tak og vegger | |
| Figur 5.1: Utvalgte økosystemtjenester..... | s.52 |
| Figur 5.2: Naturbaserte overvannstiltak som hvilested mellom større grøntområder..... | s.55 |
| Figur 5.3: Tak med variert substrat tykkelse gir grobunn for biologisk mangfold og ulike vegetasjon. Kilde: Vinnova (2017) Växtbädd med varierat substratdjup stödjer en mångfald av växtarter [Bilde] Malmö: Vinnova..... | s.55 |
| Figur 5.4: Biens søkeradius i byen..... | s.56 |
| Figur 5.5: Isolerende egenskaper ved LECA. Kilde: Saint-Gobain (s.a.) Varmeledningsevne [Bilde] Teknisk informasjon Leca Lettklinker-12.606. Saint-Gobain:Oslo | s.60 |
| Del 6: Verktøy for å fremme en lokal overvannshåndtering | |
| Figur 6.1: Beregning av Blågrønn faktor. Bearbeidet fra -Bergknapp (2018) Produktkatalog 2018. [produktkatalog] Sandnes: Bergknapp. -Framtidens byer (2014) Blågrønn faktor, Bakgrunn vedlegg 2. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/blagronnfaktor_rapport.pdf | s.65 |

Del 7: Overvannshåndtering i urbane områder, et eksempelområde

- Figur 7.1: Eksempelområdets plassering. Egenfremstilling med elementer hentet fra følgende kilder:
Flyfoto hentet fra: Skeiane 2017 [Bilde] (s.a.) Hentet fra <http://www.norgeibilder.no/>
Kart hentet fra: NVE (s.a.) NVE Nedbørfelt (REGINE). Hentet fra <https://temakart.nve.no/link/?link=nedborfelt>.....s.69
- Figur 7.2: Utsnitt fra områdeplan for Skeiane gnr 40, brn 101 m.fl.
Kilde: Sandnes Kommune (2017) Plankart-områdeplan for Skeiane gnr 40, brn 101 m.fl. (Plan nr. 2013105)
Hentet fra http://www.sandnes-tomteselskap.no/prosjekter/Skeiane/Dokumenter/Skeiane%20A%20Plankart,%2029_05.pdf.....s.70
- Figur 7.3: Løsmasser - infiltrasjonsevne.
Kilde: NGU (s.a.) Løsmasser - infiltrasjonsevne [Bilde]
Hentet 01.03.2018 fra <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/?kommunenr=1102>.....s.71
- Figur 7.4: Overordnede flomveier.....s.71
- Figur 7.5 : Støykart. Kilde: Miljøstatus (s.a.) Støykart [Bilde] Hentet fra <http://www.miljostatus.no/kart/>.....s.71
- Figur 7.6: Solstudier Skeiane, inkludert prosjekterte bygg. Kilde: Superunion Architects (2017) Solstudier Skeiane, inkludert prosjekterte bygg [Bilde] (2017) Oslo: Superunion Architects & Sandnes Tomteselskap.s.71
- Figur 7.7: Flyfoto over eksempelområdet i 1937, før urbanisering. Eget påført omriss av område BKB6
Kilde: Norge i bilder (s.a.a) Skeiane 1937[Bilde] Hentet fra , <http://www.norgeibilder.no/>.....s.72
- Figur 7.8: Flyfoto over eksempelområdet i 2017, etter urbanisering. Eget påført omriss av område BKB6
Kilde: Norge i bilder (s.a.b) Skeiane 1017, med påført omriss av område BKB6. Bearbeidet fra: Skeiane 2017 [Bilde] Hentet fra , <http://www.norgeibilder.no/>.....s.73
- Figur 7.9: Detalj over planlagt dobbelt infiltrasjonskammer.....s.75
- Figur 7.10: Endring i avrenningssituasjon ved anvendelse av valgte tiltak
Egen fremstilling basert på COWI (2013) På lag med regnet, veileder for lokal overvannshåndtering. Figur 1 og Figur 3. [Bilde] Hentet fra http://www.miljodirektoratet.no/Global/klimatilpasning/COWI_Veileder%20overvann%20overvannshandtering%20Jæren_2013.pdf.....s.75
- Figur 7.11: Situasjonsplan.....s.76
- Figur 7.12: Snitt A-As.77

9.3. Tabelliste

| | |
|--|------|
| Tabell 1: Oversikt over ulike økosystemtjenester i byer og tettsteder. Bearbeidet fra: Magnussen, K., Reinvang, R. & Løset, R. (2015) Økosystemtjenester i byer og tettsteder. [Bilde] Hentet fra http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M378/M378.pdf | s.19 |
| Tabell 2: Avrenningskoeffisienter. Kilde : Avrenningskoeffisienter [Tabell] (2017) Hentet fra http://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-9-Overvannshåndtering.pdf | s.27 |
| Tabell 3: Hydraulisk ledningsevne for de fire vanligste jordartene i Norge. Bearbeidet fra: Holm (2013.a) Regnbed, renner og nedsivingsarealer. Hentet fra http://www.va-blad.no/regnbed-renner-og-nedsivningsarealer/ | s.29 |
| Tabell 4: Verdier for avrenningskoeffisienter og tykkelse på vekstjord for grønne tak. Bearbeidet fra: Holm (2013.b) VA/Miljøblad Nr. 107: Grønne tak. (107) Hentet fra http://www.va-blad.no/gronne-tak/ | s.33 |
| Tabell 5: Verdier for avrenningskoeffisienter som viser sammenhengen mellom substrattykkelse, avrenning og takets helning. Bearbeidet fra: Viannova [Bilde] (2017) <i>Samband mellan subtratdjup och vegetation</i> . Malmö: Vinnova. | s.34 |
| Tabell 6: Anbefalte vekst- og drenslag for flate og hellende ekstensive tak. Bearbeidet fra: Holm (2013.b) VA/Miljøblad Nr. 107: Grønne tak. (107) Hentet fra http://www.va-blad.no/gronne-tak/ | s.36 |
| Tabell 7: Oversikt over to alternativer for overvannsmagasin på tak. Egen framstilling basert på vedlegg 1. | s.40 |
| Tabell 8: Sammenligning av overvannstiltak på tak..... | s.53 |
| Tabell 9: Sammenligning av grønne vegger i kombinasjon med regnbed..... | s.54 |
| Tabell 10: Bladområde index for grønne vegger, i form av klatre- og slyngplanter. Basert på : Dunnett & Kingsbury (2008) <i>Planting Green Roofs and Living Walls</i> . Portland: Timber Press. Inc. | s.58 |
| Tabell 11: Støyreduksjon av ulik substrat tykkelse på grønne tak. Bearbeidet fra: Dunnett & Kingsbury (2008) <i>Planting Green Roofs and Living Walls</i> . Portland: Timber Press. Inc. | s.58 |
| Tabell 12: Isolerende egenskaper for grønne tak. Basert på kunnskap fra Byggforsk (2009) <i>Terrasser med beplantning på bærende betongdekker</i> . (525.306) Byggforsk: Lastet ned 18.01.2018 fra https://byggforsk.no/dokument/391/terrasser_med_beplantning_paa_baerende_betongdekker | s.59 |

| | |
|--|------|
| Tabell 13: Isolerende egenskaper for tak, med isolasjon med dimensjonerende λ -verdi på 0,037 W/(mK) Basert på kunnskap fra Byggforsk (2009) Terrasser med beplantning på bærende betongdekker. (525.306) Byggforsk: Lastet ned 18.01.2018 fra https://byggforsk.no/dokument/391/terrasser_med_beplantning_paa_baerende_betongdekker | s.59 |
| Tabell 14: Sammenligning av ulike Leca produkters isolerende egenskaper. Egen fremstilling basert på e-post utveksling med Jaran R. Wood og Informasjon hentet fra : - Busklein (2017) Teknisk godkjenning Leca Iso 10-20. (Nr. 2051) Nordby: SINTEF Byggforsk - Leca (2016b) Ytelseserklæring (No.DoP-NO-Leca0-32GEO Versjon3). Nordby : Leca - Saint-Gobain (s.a.) Termisk informasjon, Leca Lettklinker (12.606.) Saint-Gobain: Oslo. | s.60 |
| Tabell 15 : Økosystemtjenester | s.62 |
| Tabell 16: Anbefalt Blågrønn faktor for ulike typeområder. Kilde: Framtidens byer (2014) Blågrønn faktor , Bakgrunn vedlegg 2 Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/blagronnfaktor_rapport.pdf | s.65 |
| Tabell 17: Mulige poeng innenfor BREEAM ved bruk av presenterte overvannstiltak. Egen fremstilling baser på informasjon fra: BREEAM NOR (2016) BREEAM – NOR for nybygg 2016, Teknisk manual (SD5075NOR – Ver: 1.1.) Hentet fra http://ngbc.no/wp-content/uploads/2015/10/SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-v.1.1-norsk.pdf | s.66 |
| Tabell 18: Valgte naturbaserte overvannstiltak, i eksempelområdet, vedsettelse i BREEAM..... | s.78 |

VEDLEGG 1. Beregninger for Overvannsmagasin på tak

Alt. 1



BLUEPROOF BEREGNING

Prosjektinformasjon

Prosjekt navn: Haakon 7. gate
Kunde: Amalie Undheim
Status: Eksempel
Dato / Prosjekt Nr.: 04.04.18 / 003-0418
Prosjekt adresse: Sandnes

Funksjonskrav & Nedbør data

Totalt prosjekt takareal: 378 m²
Klimafaktor for fremtidig nedbør: 1,20
Værstasjon: Sandnes - Rovik (44730)
Maks. spesifikt påslipp tillatt: Ikke spesifisert
Gjentaksintervall: 20 år

Prosjekt Resultat

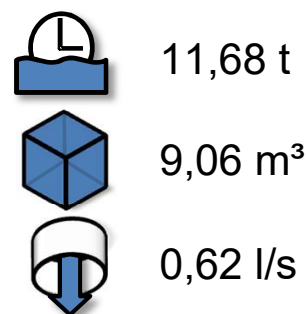
Maks. beregnet påslipp: 0,62 l/s
Reduksjon i spissvannføring: 34 %
Maks. beregnet volum vann: 9,06 m³

Maks. volum vann før overløp: 17,02 m³
Varighet med vannstand: 11,68 t
Nedbørintensitet: 24,84 l/(s ha)

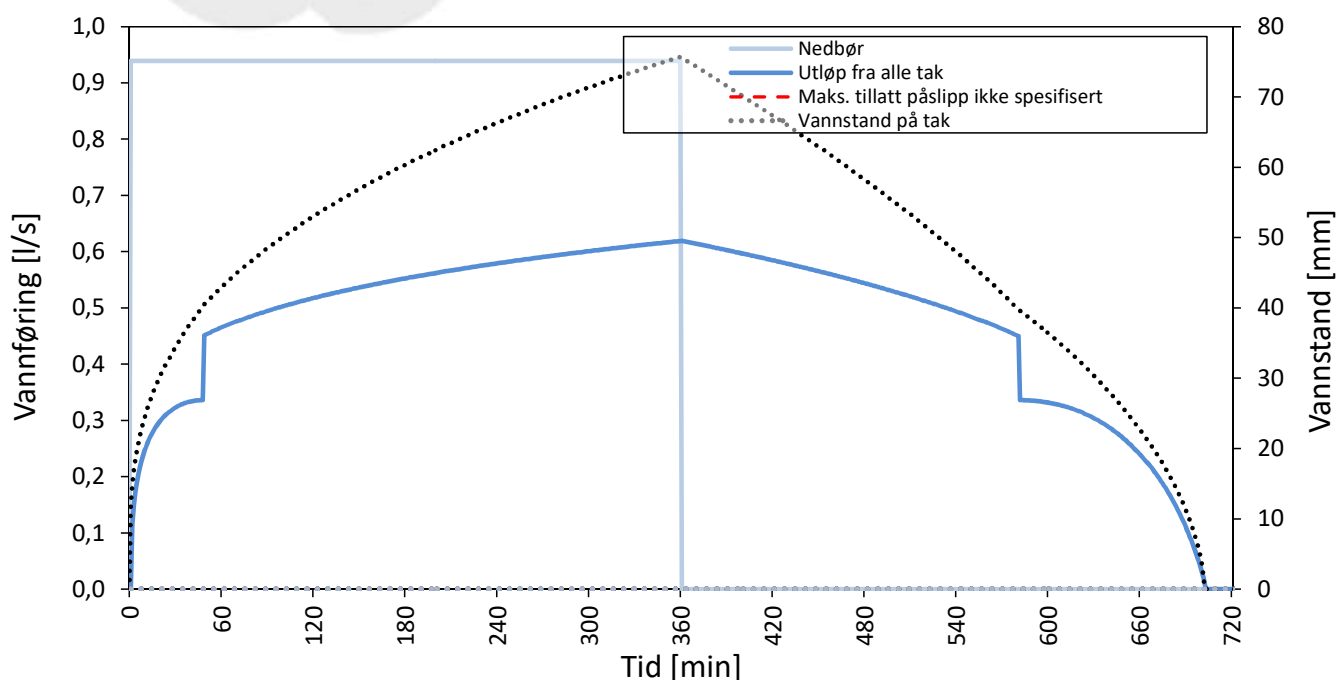
Prosjekt Beregninger

| Regnvarighet [min] | Nedbør- intensitet [l/(s ha)] | Nedbør på takene [l/s] | BlueProof påslipp [l/s] | Volum av vann på alle tak [m ³] |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| 10 | 225,48 | 8,52 | 0,54 | 4,88 |
| 15 | 169,20 | 6,40 | 0,55 | 5,39 |
| 20 | 135,36 | 5,12 | 0,56 | 5,63 |
| 30 | 102,12 | 3,86 | 0,57 | 6,15 |
| 45 | 77,88 | 2,94 | 0,58 | 6,72 |
| 60 | 69,36 | 2,62 | 0,60 | 7,73 |
| 90 | 52,32 | 1,98 | 0,60 | 8,06 |
| 120 | 44,28 | 1,67 | 0,61 | 8,49 |
| 180 | 35,28 | 1,33 | 0,62 | 8,94 |
| 360 | 24,84 | 0,94 | 0,62 | 9,06 |

BlueProof Resultat



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.

BLUEPROOF BEREGNING

Prosjektinformasjon

Prosjekt navn: Haakon 7. gate
 Kunde: Amalie Undheim
 Status: Eksempel
 Dato / Prosjekt Nr.: 04.04.18 / 003-0418
 Prosjekt adresse: Sandnes

Funksjonskrav & Nedbør data

Totalt prosjekt takareal: 378 m²
 Klimafaktor for fremtidig nedbør: 1,20
 Værstasjon: Sandnes - Rovik (44730)
 Maks. spesifikt påslipp tillatt: Ikke spesifisert
 Gjentakintervall: 20 år

Prosjekt Resultat

Maks. beregnet påslipp: 0,47 l/s
 Reduksjon i spissvannføring: 50 %
 Maks. beregnet volum vann: 11,89 m³

Maks. volum vann før overløp: 23,01 m³
 Varighet med vannstand: 15,42 t
 Nedbørintensitet: 24,84 l/(s ha)

Prosjekt Beregninger

| Regnvarighet [min] | Nedbør- intensitet [l/(s ha)] | Nedbør på takene [l/s] | BlueProof påslipp [l/s] | Volum av vann på alle tak [m ³] |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| 10 | 225,48 | 8,52 | 0,38 | 4,94 |
| 15 | 169,20 | 6,40 | 0,39 | 5,48 |
| 20 | 135,36 | 5,12 | 0,40 | 5,77 |
| 30 | 102,12 | 3,86 | 0,41 | 6,37 |
| 45 | 77,88 | 2,94 | 0,42 | 7,05 |
| 60 | 69,36 | 2,62 | 0,43 | 8,19 |
| 90 | 52,32 | 1,98 | 0,44 | 8,76 |
| 120 | 44,28 | 1,67 | 0,44 | 9,44 |
| 180 | 35,28 | 1,33 | 0,45 | 10,38 |
| 360 | 24,84 | 0,94 | 0,47 | 11,89 |

BlueProof Resultat

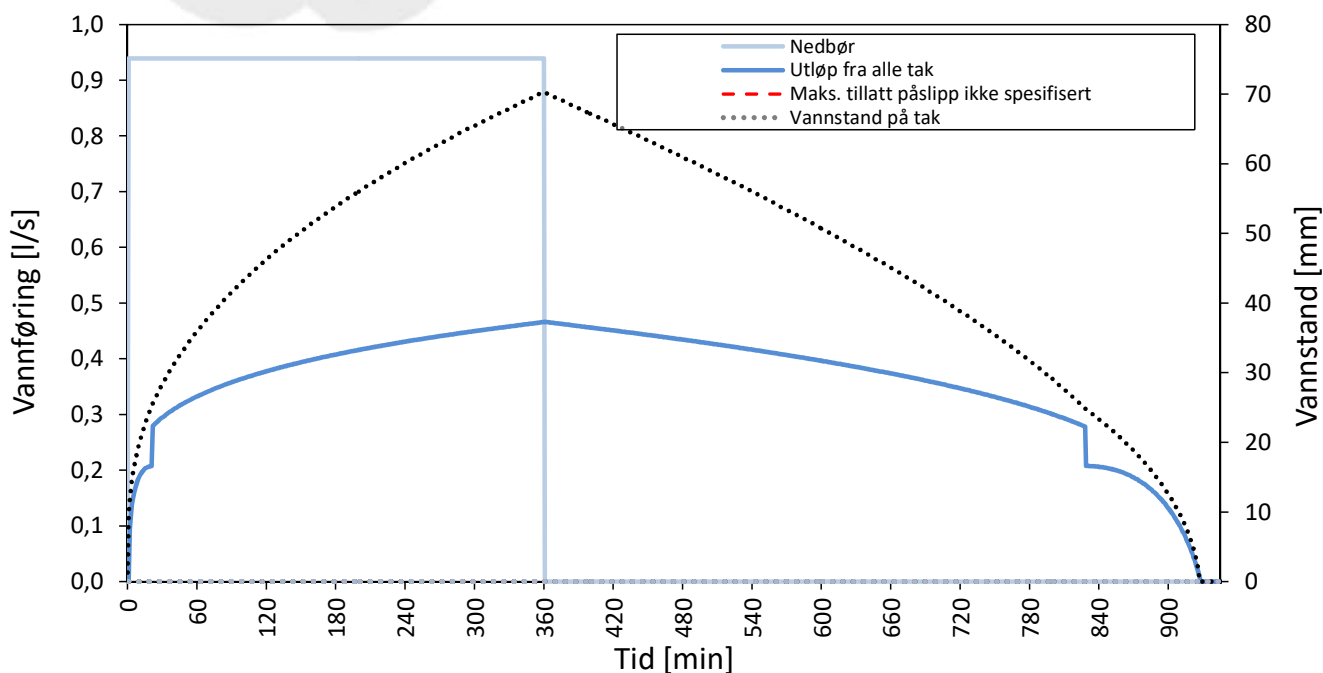


15,42 t

11,89 m³


0,47 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.

VEDLEGG 2. LECA 1,5-2,5 egenskaper

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------|---|
| NORWAY | | |  |
| Product code | | | 1,5- 2,5 C |
| Loose bulk density, dry | kg/m ³ | +/- 15% | 450 |
| Aggregate size | d / D mm | | 1,4 / 2,5 |
| Particle shape | | | Crushed |
| Voids | % volume | | 60 |
| Water absorption | % volume/ % weight | 5 min | 13/29 |
| | | 1 h | 14/31 |
| Permeability (approx. values) | k (cm/s) | | 1,0 |
| Retention (approx. values) | coefficient of discharge | 200 mm layer | 0,3 |

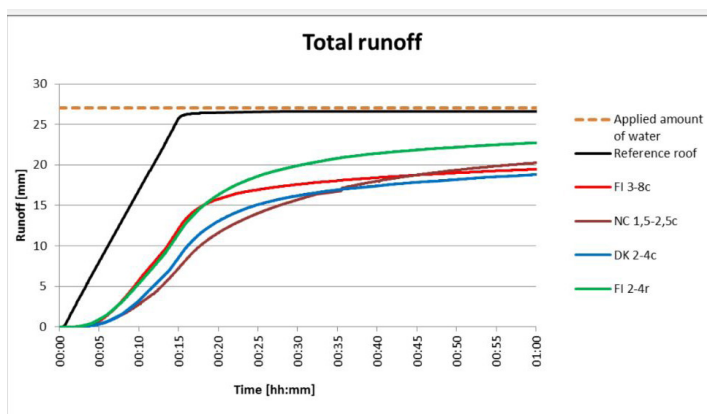


Figure 3 Total runoff the first 60 minutes after the block rain started

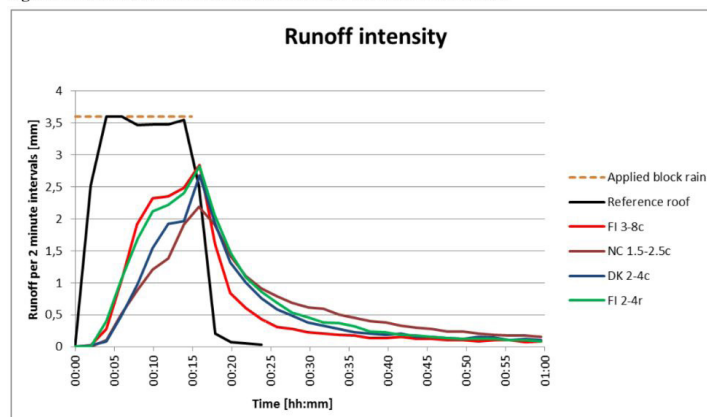


Figure 4 Runoff intensity the first 60 minutes after the block rain started

Informasjon hentet fra:

- Busklein (2016) Test report, Water retention testing. (SINTEF rapport nr. 102012228 versjon 1.0.)

Trondheim: SINTEF

- Leca (2016) LECA GREEN ROOFS. Hentet fra https://www.leca.co.uk/sites/default/files/Leca_Green_Roofs_11_2016.pdf

VEDLEGG 3. Magasineringsvolum for presenterte regnbed

For å kunne sammenligne de ulike presenterte regnbedene i oppgaven er det gjennomført en omregning av hvert enkelt tiltaks evne til å fordrøye overvann på 1m². Regnbedenes oppbygning er egen fremstilling basert på Asplan Viak sitt testprosjekt for regnbed i Deichmansgate, i Oslo. Det er også gjennomført beregninger for en fordrøyende plantekasse, som er et samarbeidsprosjekt mellom bedriftene Bergknapp og Storm Aqua, R3.

Regnbed 1:

Regnbed med forsterkningslag av pukk.

| Oppbygging | Lagtykkelse [m] | Porevolum [%] | Magasineringskapasitet [m3] |
|-------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| Kompost og torv | 0,5 | 20 | 0,10 |
| Sand | 0,35 | 25 | 0,09 |
| Pukk | 0,3 | 30 | 0,09 |
| Sum magasinerings | | | 0,28 |
| Maksimal vannstand [m] | 0,2 | - | 0,20 |
| Sum total magasinerings | | | 0,48 |

Regnbed 2:

Regnbed med infiltrasjonskammer.

| Oppbygging | Lagtykkelse [m] | Masse volum [m3] | Porevolum [%] | Magasineringskapasitet [m3] |
|-------------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| Kompost og torv | 0,5 | 0,5025 | 20 | 0,10 |
| Sand | 0,45 | 0,30485 | 25 | 0,08 |
| Pukk | 0,2 | 0,201 | 30 | 0,06 |
| Sum magasinerings | | | | 0,24 |
| Maksimal vannstand [m] | 0,2 | - | - | 0,20 |
| Fordrøyningskammer | - | - | - | 0,12 |
| Sum total magasinerings | | | | 0,56 |

| Magasinerings i infiltrasjonskammer SC-310 | | |
|--|------|-------|
| 1 stk kammer | 0,42 | m3 |
| 1 m2 | 0,12 | m3/m2 |

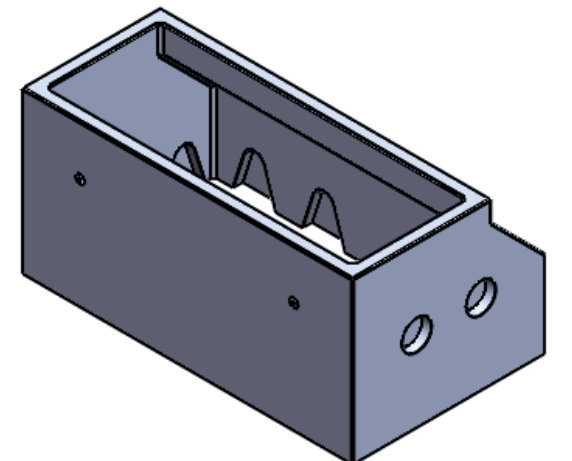
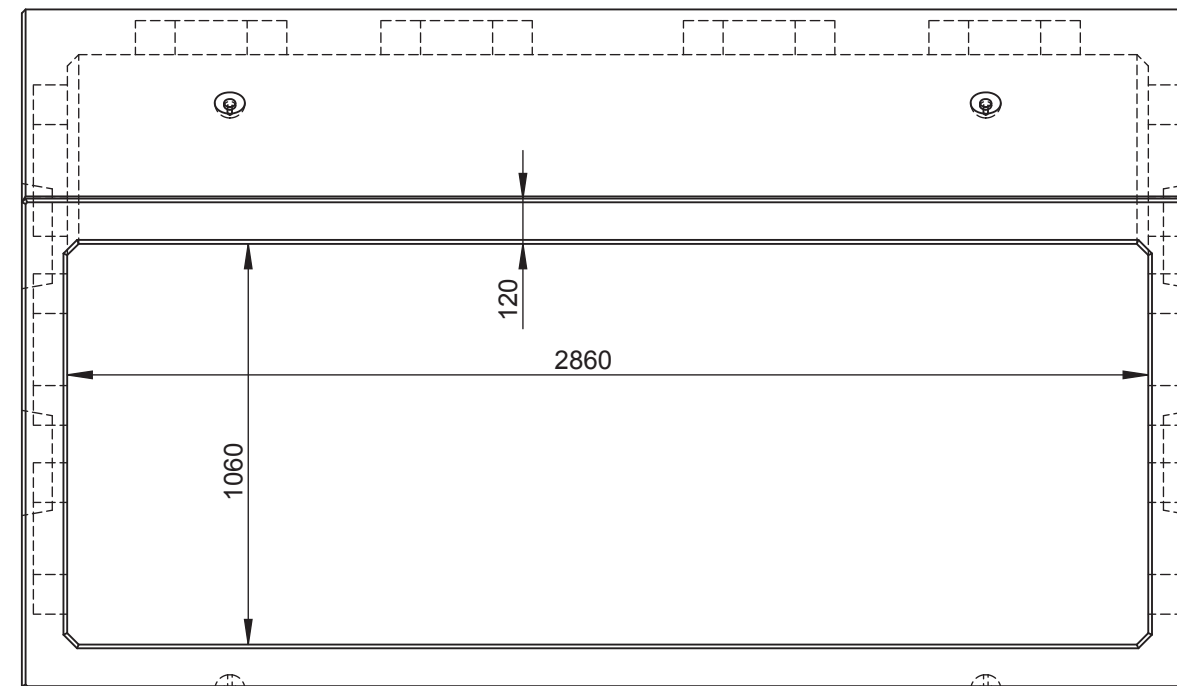
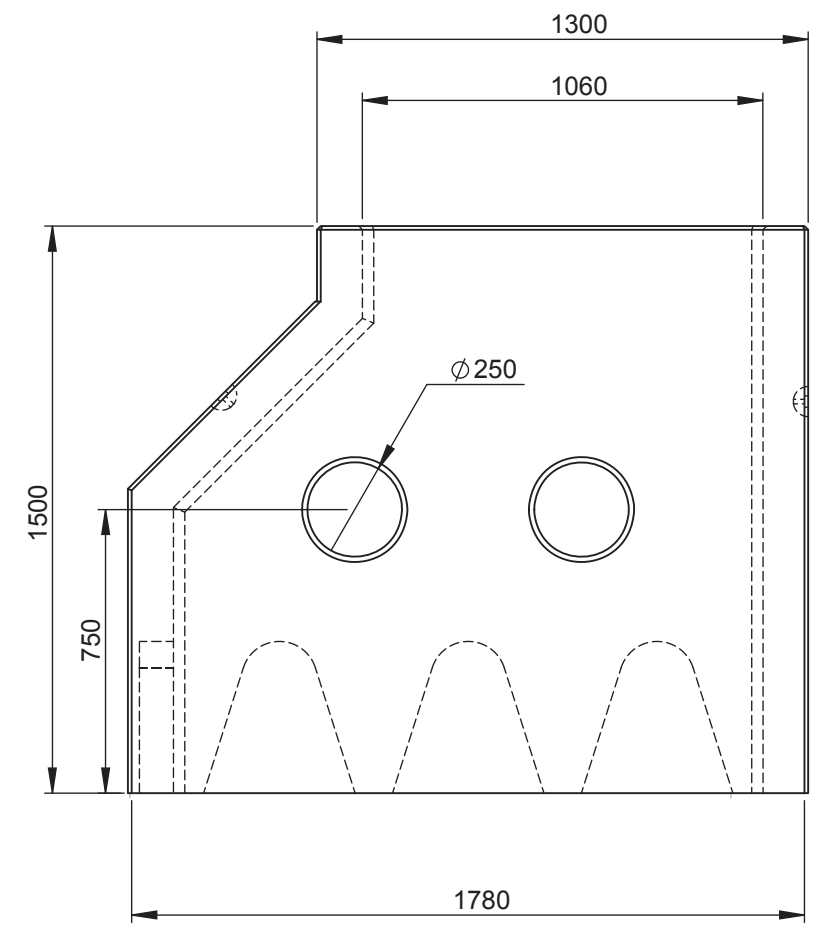
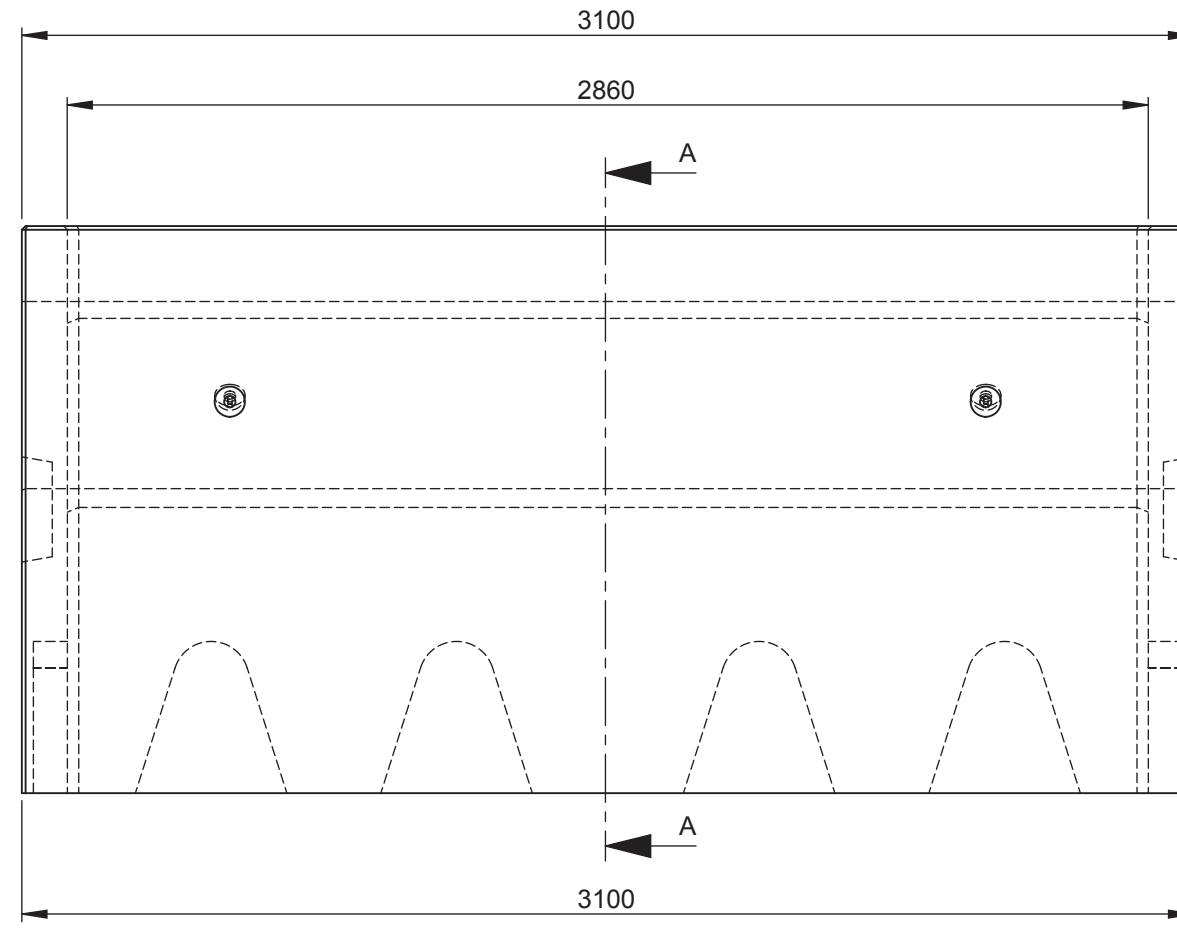
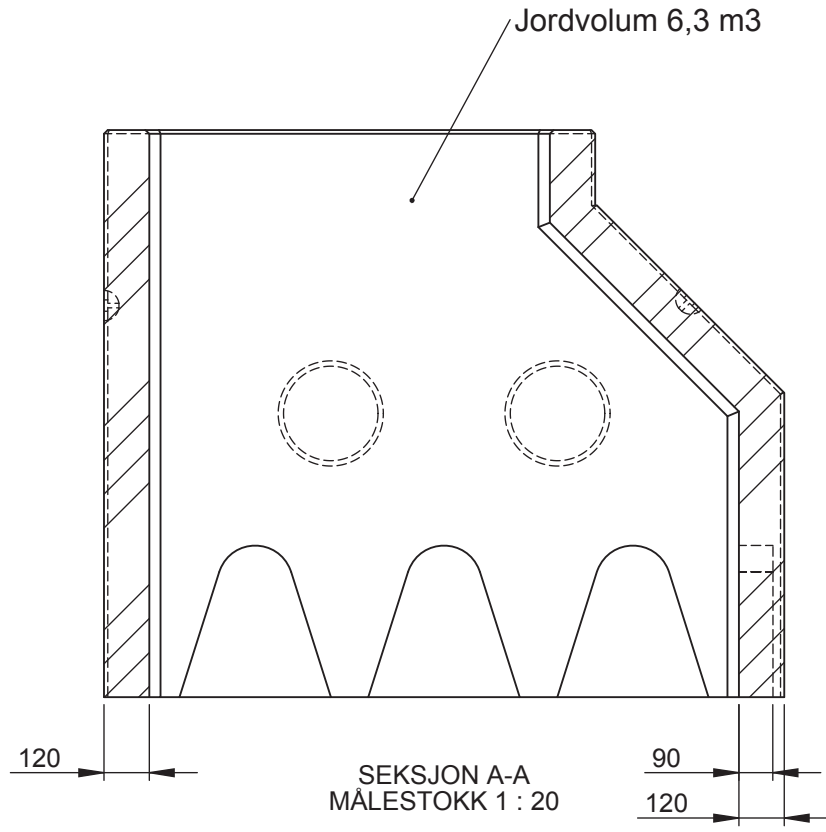
Regnbed 3:

Fordrøyende plantekasse

| Oppbygging | Lagtykkelse [m] | Magasineringskapasitet [l] | Magasineringskapasitet [m3] | Magasineringskapasitet [m3/m2] |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Maksimal vannstand | 0,1 | 303 | 0,303 | 0,10 |
| Vekstmedie | 0,8 | 2925 | 2,925 | 0,96 |
| Veker og spalteplate | 0,12 | 535 | 0,535 | 0,18 |
| Fordrøyning i kammeret | 0,21 | 937 | 0,937 | 0,31 |
| Vannreservoar i det nederste kammer | 0,15 | 669 | 0,669 | 0,22 |
| Bunn | 0,12 | 535 | 0,535 | 0,18 |
| Sum | 1,5 | 5904 | 5,904 | 1,95 |

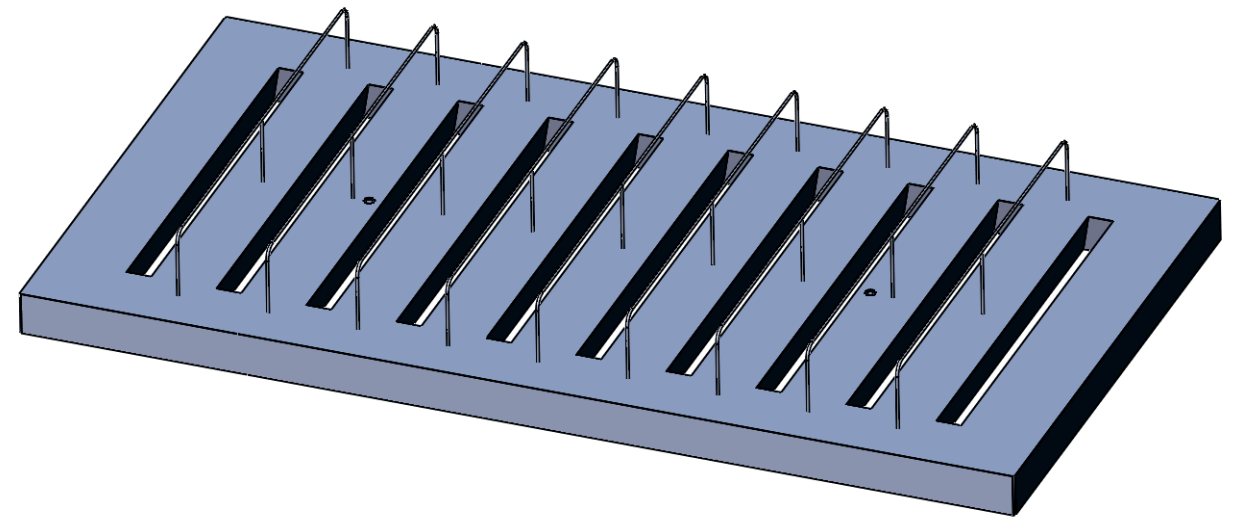
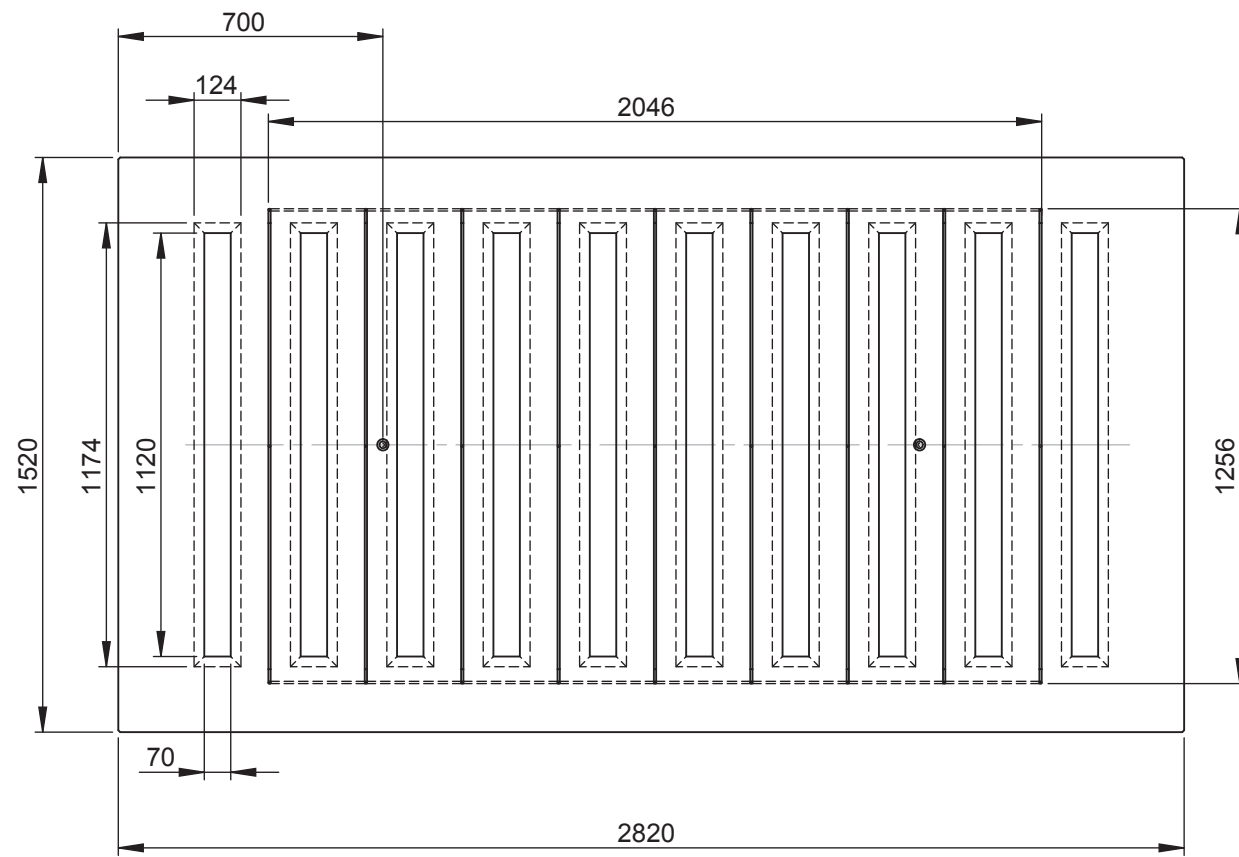
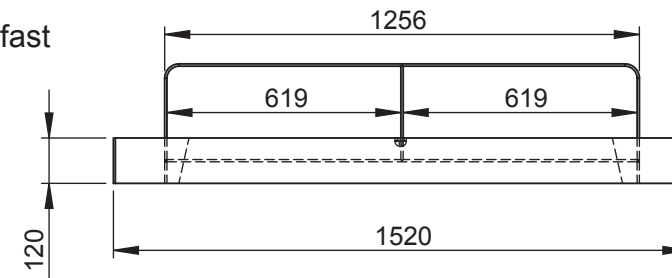
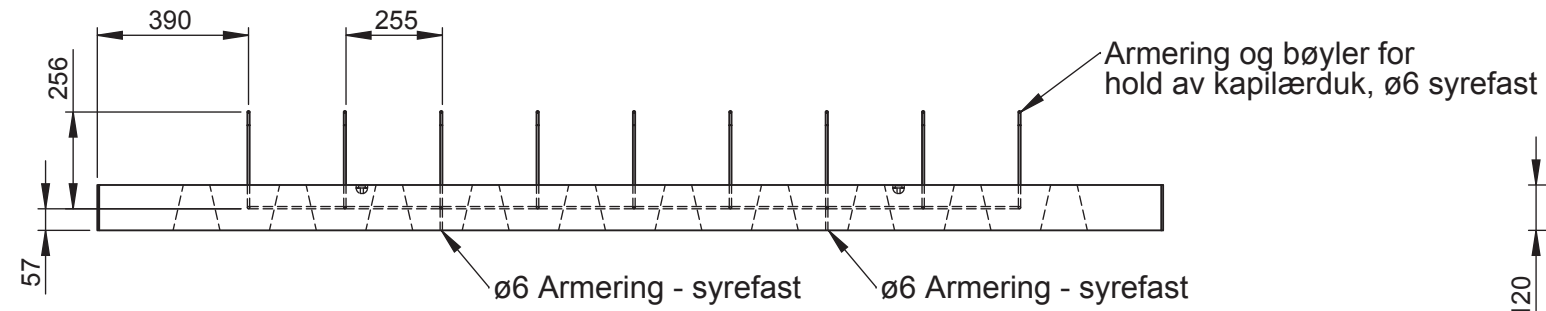
| Magasinerings i konstruksjonen, med og uten mulighet for innfiltrasjon | |
|--|---------|
| Kammer med åpen bunn | 5,90 m3 |
| Kammer med lukket bunn | 5,37 m3 |

VEDLEGG 4. Fordrøyende plantekasse



| | | | |
|--|-----|----------------------------|------------------|
| Drawing Title | | Material | Estimated weight |
| TREPLANTEKUM TYPE ÅLGÅRD | | Betong | 3796.97 kg |
| Copy and use without permission from Skjæveland Cementstøperi is illegal | | | 1 / 1 Sheet |
| Issue date | Dgn | | Rev |
| 02.12.2015 | BG | 7061 Trepl.kum type Ålgård | 01 |

VEDLEGG 5. Spalteplate



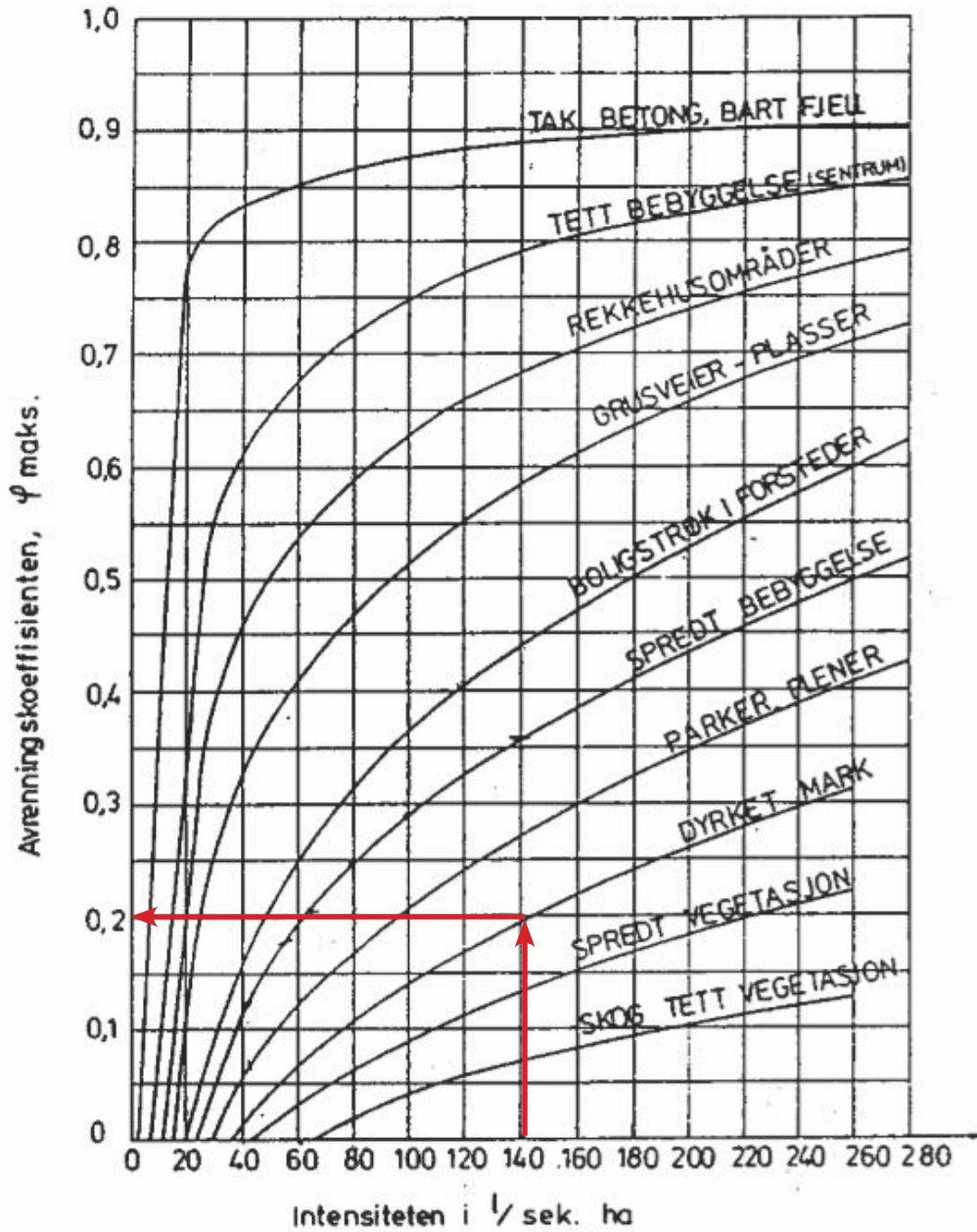
| | | | |
|---|--|---|-----------|
| Material | | Estimated weight | |
| - | | - | |
| Drawing Title | |  | |
| Spalteplate til Plantekum type Ålgård - for kapilærdug | |  | |
| Copy and use without permission from Skjæveland Cementstøperi is illegal | | Issue date 02.05.2017 | Dgn BG |
| Spalteplate Plantekum type Ålgård | | 1 / 1 Sheet | 01 Rev |

VEDLEGG 6. Blågrønn faktor for BKB6

| BLÅGRØNN FAKTOR (BGF) Samarbeidsprosjekt mellom Bærum og Oslo kommune som del av programmet Framtidens byer. | | | | | |
|--|--------|---|---|---|------------|
| Utarbeidet for Bærum og Oslo kommune av Dronninga landskap, COWI og CF Møller. Revidert Oslo kommune 28.01.2014. | | | | | |
| Verdi | Symbol | Faktor | Beskrivelse | Areal m ² | BGF |
| | | | | TOMTENS AREAL (INKLUDERT BEBYGD AREAL). Fyll ut tomtens areal: | 1022 |
| 1. BLÅGRØNNE FLATER | | | | | |
| 1 | | ÅPENT PERMANENT VANNspeil som FORDRØYER REGNVANN | Permanente vannspeil som tilføres regnvann fra tomten, uansett om dette er en kanal med betongbunn, bekk med grønne bredder eller annet type vannspeil. Kun selve vannspeilet regnes. | 0 | 0 |
| 0,3 | | DELVIS PERMEABLE FLATER som GRUS, SINGEL OG GRESSARMERT DEKKE | Harde overflater med permeabilitet, som sørger for infiltrasjon. For eksempel gressarming av betong, grus eller singel. Gjelder ikke flater over underliggende harde dekker dersom jorddybden er mindre enn 80 cm. | 506 | 151,8 |
| 0,2 | | IMPERMEABLE OVERFLATER MED AVRENNING TIL VEGETASJONSAREALER ELLER ÅPENT FORDRØYNINGSMAGASIN | F.eks. betong, asfalt, takflater og belegningsstein. Beregnes for areal tilsvarende størrelsen på vegetasjonsflaten som mottar vannet. Fordrøyningsmagasin må ha kapasitet iht. kommunale krav til påslipp til offentlig avløpsnett. | 0 | 0 |
| 0,1 | | IMPERMEABLE OVERFLATER MED AVRENNING TIL LOKALT OVERVANNSANLEGG UNDER TERRENG | F.eks. betong, asfalt, takflater med avrenning som ledes til anlegg under terreng for fordrøying og rensing av overvannet. Dette gjelder også underjordiske løsninger med kombinert vanning av trær. Hele arealet teller forutsatt at fordrøyningsmagasinet er iht. kommunale krav til påslipp til offentlig avløpsnett. | 0 | 0 |
| 1 | | OVERFLATER MED VEGETASJON FORBUNDET MED JORD ELLER NATURLIG FJELL I DAGEN | Vegetasjon som vokser i jord og har kontakt med jorden under. Gunstig for utvikling av flora og fauna og for vann som kan trekke ned til grunnvannet. Punktet gjelder også for naturlige fjellknauser og svaberg. | 108,5 | 108,5 |
| 0,8 | | OVERFLATE MED VEGETASJON, IKKE FORBUNDET MED JORD >80 cm | Vegetasjon som vokser i jord på min. 80 cm dybde, men som ikke har kontakt med jorden/grunnen under; f.eks. oppå et garasjeanlegg eller tak. Dybden er stor nok til at større trær kan vokse. | 0 | 0 |
| 0,6 | | OVERFLATE MED VEGETASJON, IKKE FORBUNDET MED JORD 40-80 cm | Som over, men med 40-80 cm jord for at hekker, store busker og små og mellomstore trær kan vokse. | 0 | 0 |
| 0,4 | | OVERFLATE MED VEGETASJON, IKKE FORBUNDET MED JORD 20-40 cm | Som over, men med 20-40 cm jord for mulig vekst av stauder og små busker. | 0 | 0 |
| 0,2 | | OVERFLATE MED VEGETASJON, IKKE FORBUNDET MED JORD 3-20 cm | Som over, men med 3-20 cm jord, for mulig vekst av sedum, gress, og markdekkere. | 408 | 81,6 |
| 2. BLÅ OG GRØNNE TILLEGGSKVALITETER. GIR EKSTRAPOENG. DET SAMME AREALET KAN DERFOR TELLES FLERE GANGER. | | | | | |
| BLÅ TILLEGGSKVALITETER | | | | | |
| 0,3 | | NATURLIGE BREDDER TIL VANNspeil | Åpent vannspeil med naturlige bredder telles med i denne kategorien dersom det er tilgjengelig for flora/fauna i bakkenivå og har naturlig bunnsstrat og kantsone. F.eks. bekk, kanal og dam med grønne bredder. Arealet som regnes er bredden til vannspeilet. | 0 | 0 |
| 0,3 | | REGNBED ELLER TILSVARENDE | Vegetasjonsareal som fungerer som regnbед eller tilsvarende beplantet infiltrasjonsløsning som samler opp, fordrøyer og infiltrerer regnvann ned i jorden/grunnen. Dette gjelder ikke permanente vannspeil og fordrøyningsbasseng som telles i blå flater. | 25 | 7,5 |
| GRØNNE TILLEGGSKVALITETER, PUNKTENE UNDER (TRÆR) SKAL FYLLES INN SOM STYKK | | | | STK | |
| 1 | | EKSISTERENDE STORE TRÆR >10 m | Eksisterende store trær; over 10 m. Faktor: 25 m ² /tre. | 0 | 0 |
| 0,8 | | EKSISTERENDE TRÆR SOM FORVENTES BLI >10 m | Eksisterende trær som blir over 10 meter høye. Skogstrær, edelløvtrær og parktrær, som f.eks; alm, ask, bjørk, eik, lind, lønn, kastanje, furu og mange flere. Det forventes at treet skal ha nok jord til å vokse (min 100 cm). Faktor: 25 m ² /tre (x 0,8). | 0 | 0 |
| 0,6 | | EKSISTERENDE TRÆR SOM BLIR SMÅ/MELLOMSTORE (5-10 m) | Eksisterende trær som er 5-10 meter høye. Prydtrær og frukttrær, f.eks; apal, kirsebær, magnolia, pæretre, robinia og mange flere. Gjelder også formklippede trær. Det forventes at treet skal ha nok jord til å vokse (min 60 cm). Faktor: 16 m ² /tre (x 0,6). | 0 | 0 |
| 0,7 | | NYPLANTEDE TRÆR SOM FORVENTES BLI >10 m | Trær som blir over 10 meter høye. Art: Se to spalter over. Det forventes at treet skal ha nok jord til å vokse (min 100 cm). Faktor: 25 m ² /tre (x 0,7). | 1 | 17,5 |
| 0,5 | | NYPLANTEDE TRÆR SOM FORVENTES BLI SMÅ/MELLOMSTORE (5-10 m) | Trær som blir 5-10 meter høye. Art: Se to spalter over. Det forventes at treet skal ha nok jord til å vokse (min 60 cm). Faktor: 16 m ² /tre (x 0,5). | 2 | 16 |
| PUNKTENE UNDER SKAL FYLLES INN SOM m² | | | | Areal m² | |
| 0,6 | | STEDEGEN VEGETASJON | Etablering eller vern av overflater med stort innslag av verdifulle plantearter som inngår i det lokale, historiske natur- og kulturlandskapet. | 60 | 36 |
| 0,4 | | HEKKER, BUSKER OG FLERSTAMMEDE TRÆR | Hekker, busker og flerstammede trær beregnes maksimalt for dryppsonen til busken, kronens utstrekning. | 0 | 0 |
| 0,4 | | GRØNNE VEGGER | For klatreplanter og andre grønne vegger regnes veggarealet som forventes å være dekket i løpet av 5 år (maks 10 m i høyde for klatreplanter). | 167,5 | 67 |
| 0,3 | | STAUDER OG BUNNDEKKERE | Gjelder ikke plen eller sedum. | 96 | 28,8 |
| 0,1 | | SAMMENHENGENDE GRØNTAREALER OVER 75 m ² | Sammenhengende grøntareal som er større enn 75 m ² , som for eksempel store gressplener, plantefelt eller annet. | 378 | 37,8 |
| | | | | 552,5 | |
| PUNKTENE UNDER SKAL FYLLES INN MED TALLET 0,05 | | | | 0,05 | |
| 0,05 | | KOBLING TIL EKSISTERENDE BLÅGRØNN STRUKTUR | Dersom blå og/eller grønne elementer i området kobles til eksisterende blågrønn struktur utenfor området. Sammenhengen skal være tydelig. For eksempel en bekkeåpning, en kobling til eksisterende kanal eller vannspeil, flomvei, forlengelsen av en allé eller et skogholt, sammenslåing av flere gårdsrom med fri ferdsel mellom dem. Dette gir et generelt tillegg på 0,05 i BGF. | 0,05 | 0,05 |
| TOTAL BLÅGRØNN FAKTOR (BGF) | | | | | 0,6 |

VEDLEGG 7. Avrenningskurve for før urbanisert situasjon

Pilene viser avrenningskoeffisienten for før urbanisert situasjon.



Avrenningskurve hentet fra:

Vollen (1989) *Kommunalteknikk 2, Vann og avløp*. Aurskog : PDC-Printing Data Center as.

VEDLEGG 8. Beregninger for dagens situasjon

Avrenningskoeffisienter for dagens dekker

| | Areal (m ²) | Avrennings-koeffisient |
|--------|-------------------------|------------------------|
| Plen | 36 | 0,3 |
| Asfalt | 986 | 0,9 |
| Total | 1022 | |

Midlere avrenningskoeffisient $\phi_{\text{midl}} = [c_1 \cdot m^2 + c_2 \cdot m^2 + c_3 \cdot m^2] / \text{Totalt areal}$

$$\phi_{\text{midl}} = 0,88$$

Konsentrasjonstid $t_c = 0,02 \times (L^{1,15}) \times (H^{-0,39})$

| | |
|-------------------------------|--------|
| Lengde av feltet (L) : | 59 m |
| Høydeforskjell i feltet (H) : | 0,31 m |
| Konsentrasjonstid (tc) : | 3 min |

Forutsetninger

| | |
|-----------------------------|---------------|
| Gjentaksintervall: | 20 år |
| Intensitet: | 287,8 l/s *ha |
| Avrenningskoeffisient: | 0,88 |
| Sikkerhetsfaktor pga klima: | 1 |
| Sum areal: | 0,1022 ha |

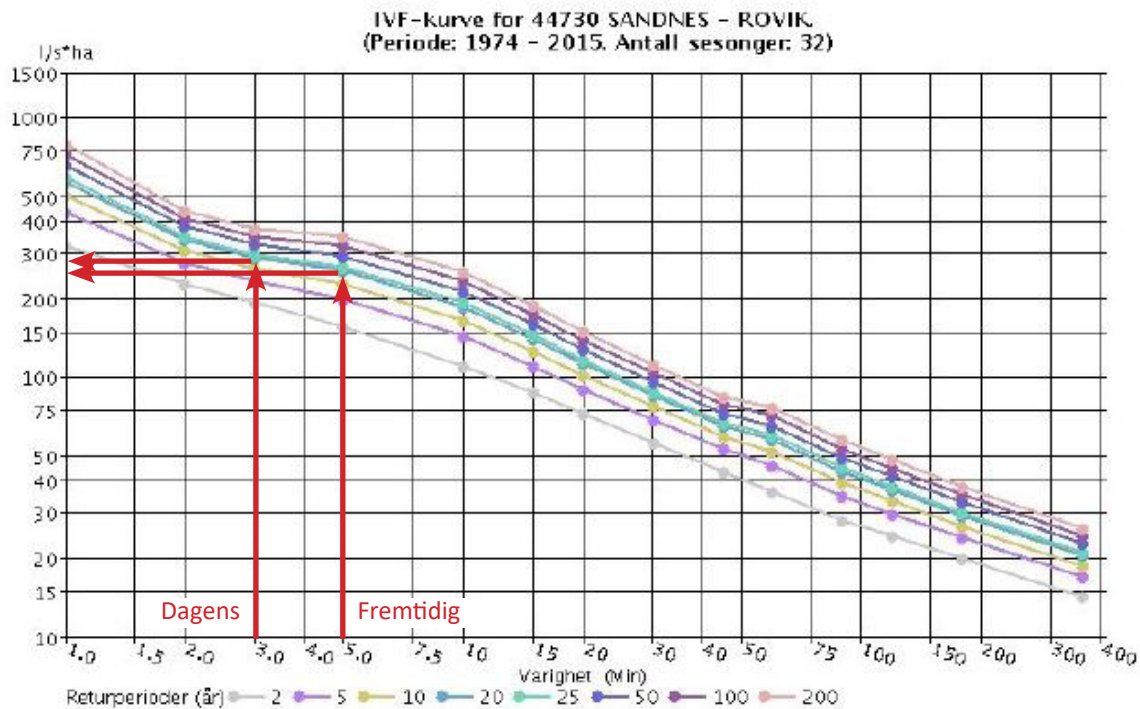
Dimensjonerende vannføring: $Q_{\text{dim}} = c \cdot i \cdot A \cdot K_f$

$$Q_{\text{dim}} = \frac{25,85}{2,86} \text{ l/s}$$

Økt avrenning som følge av urbanisering 22,99 l/s

VEDLEGG 9. IVF-kurve for Sandnes - Rovik

Pilene viser intensitet for dagens- og fremtidigsituasjon.



Intensitet (l/s*ha)

| 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. |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 2 | 320,2 | 229,0 | 193,0 | 155,7 | 109,7 | 87,1 | 71,5 | 55,4 | 43,3 | 36,3 | 27,9 | 24,2 | 19,8 | 14,1 |
| 5 | 427,8 | 276,8 | 234,3 | 200,0 | 143,1 | 110,2 | 89,3 | 68,2 | 52,6 | 45,5 | 34,6 | 29,6 | 23,9 | 16,9 |
| 10 | 499,1 | 308,5 | 262,6 | 223,6 | 165,2 | 125,5 | 101,0 | 76,7 | 58,8 | 51,6 | 39,0 | 33,2 | 26,6 | 18,7 |
| 20 | 567,4 | 338,8 | 287,8 | 256,1 | 186,4 | 140,2 | 112,3 | 84,8 | 64,7 | 57,4 | 43,3 | 36,7 | 29,2 | 20,5 |
| 25 | 589,1 | 348,5 | 296,1 | 264,8 | 193,2 | 144,9 | 115,8 | 87,4 | 66,6 | 59,3 | 44,6 | 37,7 | 30,0 | 21,0 |
| 50 | 655,9 | 378,2 | 321,7 | 291,7 | 213,9 | 159,2 | 126,9 | 95,3 | 72,3 | 65,0 | 48,8 | 41,1 | 32,6 | 22,8 |
| 100 | 722,2 | 407,7 | 347,2 | 318,3 | 234,5 | 173,5 | 137,8 | 103,2 | 78,1 | 70,7 | 52,9 | 44,4 | 35,1 | 24,5 |
| 200 | 788,4 | 437,2 | 372,5 | 345,0 | 255,1 | 187,7 | 148,7 | 111,1 | 83,8 | 76,3 | 57,0 | 47,8 | 37,6 | 26,2 |

Nedbørsum (mm)

| 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. |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 2 | 1,9 | 2,7 | 3,5 | 4,7 | 6,6 | 7,8 | 8,6 | 10,0 | 11,7 | 13,1 | 15,1 | 17,4 | 21,4 | 30,5 |
| 5 | 2,6 | 3,3 | 4,2 | 6,0 | 8,6 | 9,9 | 10,7 | 12,3 | 14,2 | 16,4 | 18,7 | 21,3 | 25,8 | 36,5 |
| 10 | 3,0 | 3,7 | 4,7 | 6,9 | 9,9 | 11,3 | 12,1 | 13,8 | 15,9 | 18,6 | 21,1 | 23,9 | 28,7 | 40,4 |
| 20 | 3,4 | 4,1 | 5,2 | 7,7 | 11,2 | 12,6 | 13,5 | 15,3 | 17,5 | 20,7 | 23,4 | 26,4 | 31,5 | 44,3 |
| 25 | 3,5 | 4,2 | 5,3 | 7,9 | 11,6 | 13,0 | 13,9 | 15,7 | 18,0 | 21,3 | 24,1 | 27,1 | 32,4 | 45,4 |
| 50 | 3,9 | 4,5 | 5,8 | 8,8 | 12,8 | 14,3 | 15,2 | 17,2 | 19,5 | 23,4 | 26,4 | 29,6 | 35,2 | 49,2 |
| 100 | 4,3 | 4,9 | 6,2 | 9,5 | 14,1 | 15,6 | 16,5 | 18,6 | 21,1 | 25,5 | 28,6 | 32,0 | 37,9 | 52,9 |
| 200 | 4,7 | 5,2 | 6,7 | 10,4 | 15,3 | 16,9 | 17,8 | 20,0 | 22,6 | 27,5 | 30,8 | 34,4 | 40,6 | 56,6 |

IFV kurve og tilhørende tabeller er hentet fra:

Overvannshåndtering (2017). Kommunaltekniske normer for vann- og avløpsanlegg.

Hentet 10.01.2018 fra <http://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-9-Overvannshåndtering.pdf>

VEDLEGG 10. Beregninger for fremtidig situasjon

Valgte tiltak og avrenningskoeffisienter

| | Areal (m2) | Avrenningskoeffisient: |
|--|------------|------------------------|
| Regnbed (R1) | 9 | 0,3 |
| Plen | 83,5 | 0,3 |
| Permabelt dekke | 506 | 0,7 |
| Tak (mose og bergknapp, sustrat 20-40mm) | 378 | 0,6 |
| Tak, sykkelkur (ekstensivt, gress og torv) | 30 | 0,6 |
| Regnbed (Stormtech) | 16 | 0,3 |
| Total | 1022 | |

Midlere avrenningskoeffisient $\phi_{midl} = [c_1 * m^2 + c_2 * m^2 + c_3 * m^2] / \text{Totalt areal}$

$$\phi_{midl} = 0,62$$

Forutsetninger

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Konsentrasjonstid: | 5 min |
| Gjentaksintervall: | 20 år |
| Intensitet: | 256,1 l/s *ha |
| Avrenningskoeffisient: | 0,62 |
| Sikkerhetsfaktor pga klima: | 1,2 |
| Sum areal: | 0,1022 ha |
| Maksimalt utløp, $Q_{maks-ut}$ | 5,000 l/s |

Dimensjonerende vannføring: $Q_{dim} = c * i * A * K_f$

$$Q_{dim} = 19,40 \text{ l/s}$$

$$Q_{dim, eks} = 25,85 \text{ l/s}$$

Redusert spissavrenning fra dagens situasjon 6,45 l/s

Fordrøyningsbehov

Maksimalt utløp, $Q_{maks-ut} = 5,00 \text{ l/s}$

| Varighet | Intensitet | $Q_{maks-inn}$ | V_{inn} | V_{ut} | $V_{fordrøyning}$ | Magasin volum |
|----------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| min | l/s*ha | l/s | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 1 | 567,4 | 43 | 3 | 0 | 2,4 | 2,4 |
| 2 | 338,9 | 26 | 3 | 0 | 2,7 | 2,7 |
| 3 | 287,8 | 22 | 4 | 1 | 3,3 | 3,3 |
| 5 | 256,1 | 19 | 6 | 1 | 4,8 | 4,8 |
| 10 | 186,4 | 14 | 8 | 2 | 6,4 | 6,4 |
| 15 | 140,2 | 11 | 10 | 3 | 6,4 | 6,4 |
| 20 | 112,3 | 9 | 10 | 4 | 6,0 | 6,0 |
| 30 | 84,8 | 6 | 12 | 6 | 5,3 | 5,3 |
| 45 | 64,7 | 5 | 13 | 9 | 3,8 | 3,8 |
| 60 | 57,4 | 4 | 16 | 13 | 3,1 | 3,1 |
| 90 | 43,3 | 3 | 18 | 19 | -1,2 | -1,2 |
| 120 | 36,7 | 3 | 20 | 25 | -5,2 | -5,2 |
| 180 | 29,2 | 2 | 24 | 38 | -13,9 | -13,9 |
| 360 | 20,5 | 2 | 34 | 76 | -42,1 | -42,1 |

Fordrøyningsbehov

6,41 m³

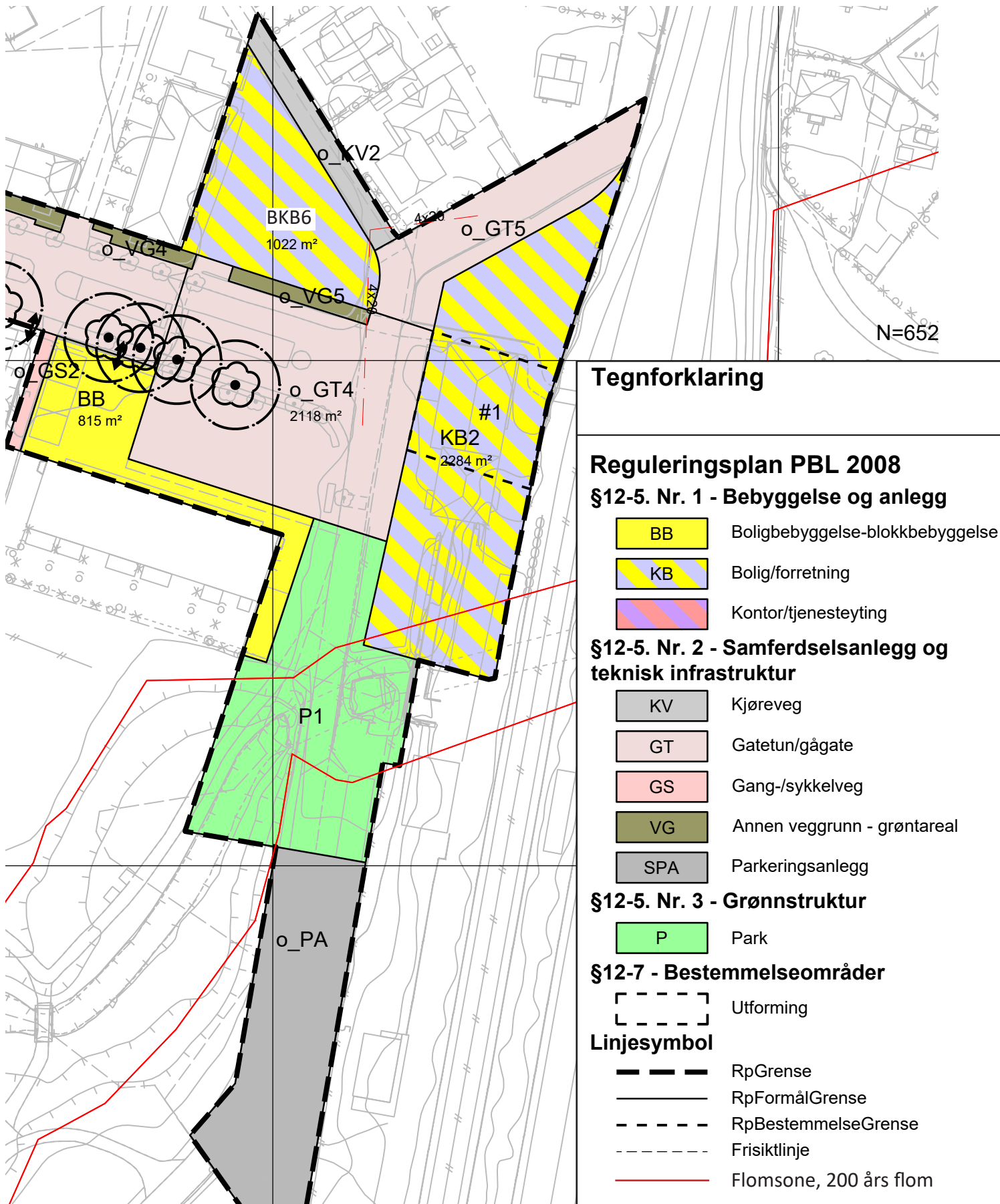
Fordrøyning i tiltak

| | Regnbed (R1) | Regnbed (R2) | |
|--|--------------|--------------|----|
| Antall | 9 | 16 | m2 |
| Fordrøyning | 1,8 | 4,8 | m3 |
| Sum fordrøyning | 6,60 | | m3 |
| Ekstra kapasitet ved valgte forutsetninger | 0,19 | | m3 |

VEDLEGG 11. Flomsone kart for Storåna

Utsnitt fra arbeidstegning hos Asplan viak, basert på flomanalyse av Storåna (epost 26.02.2018).
Beregnet flomsone for 200 års flom med en klimafaktor på 1,4.

Kilde for flomanalysen: Hafskjold, S., Vicario, A. & Dahle, T. (2017) Flomanalyse Storåna og Høylandsåna (16592-1) Oslo: ÅF Engineering AS



VEDLEGG 12. Ulike tiltak på tak sin evne til å fordrøye overvann og redusere spissavrenningen.

Ulike naturbaserte overvannstiltaks evne til å fordrøye overvann på tak

Tabellen viser de ulike tiltakenes evne til å fordrøye overvann, med utgangspunkt i mediets porevolum per m². For overvannsmagasin på tak, se vedlegg 1.

| | Grønne tak | | | | | | | Blå grå |
|--|------------|---------|---------------|---------|-----------|----------|-------|----------|
| | Ekstensiv | | Semi-intensiv | | | Intensiv | | Gangbart |
| Substrat tykkelse [mm] | 20-40 | 40 - 60 | 60-100 | 100-150 | 150 - 250 | 250-500 | >500 | 200 |
| Areal (m ²) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Avstand til vanmettet sone (m)* | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,125 | 0,2 | 0,375 | 0,5 | 0,2 |
| Porevolum (%) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Magasineringskapasitet (m ³) | 0,018 | 0,030 | 0,048 | 0,075 | 0,120 | 0,225 | 0,300 | 0,120 |

* Avstand til vanmettet sone er en middelvei for tykkelse på substratene.

Naturbaserte overvannstiltaks innvirkning på spissavrenningen

Tabellen viser de ulike takkonstruksjonenes reduksjon av spissavrenningen, med utgangspunkt i avrenningskoeffisienter og valgt nedbørsituasjon. For nedbørsituasjonen er det tatt utgangspunkt i IFV kurve for Sandnes-Rovik, målestasjon 44730. Ytterligere forutsetninger er listet nedenfor.

Verdiene er beregnet ved bruk av den rasjonelle formelen. For overvannsmagasin på tak, se vedlegg 1.

| Forutsetninger | | |
|---------------------------------|-------------------|--------|
| Areal | [m ²] | 1 |
| | [ha] | 0,0001 |
| Konsentrasjonstid | [min] | 3 |
| Gjentaksintervall | [år] | 20 |
| Intensitet | [l/s*ha] | 287,8 |
| Klimafaktor | | 1,2 |
| Avrenningskoeffisient grått tak | | 0,9 |

| | Grønne tak | | | | | | | Blå grå |
|----------------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------|----------|-------|----------|
| | Ekstensiv | | Semi-intensiv | | | Intensiv | | Gangbart |
| Substrat tykkelse [mm] | 20-40 | 40 - 60 | 60-100 | 100-150 | 150 - 250 | 250-500 | >500 | 200 |
| Avrenningskoeffisient | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,3 | 0,1 | 0,40 |
| Q _{dim} , uten tiltak * | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,031 |
| Q _{dim} , med tiltak | 0,021 | 0,019 | 0,017 | 0,016 | 0,012 | 0,010 | 0,003 | 0,014 |
| Redusert avrenning [l/s] | 0,010 | 0,012 | 0,014 | 0,016 | 0,019 | 0,021 | 0,028 | 0,017 |
| Redusert spissavrenning [%] | 33 | 39 | 44 | 50 | 61 | 67 | 89 | 56 |

* Q_{dim}, uten tiltak = situasjon med alminnelig grått tak.