



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi - RealTek

Etablering av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak

Establishment of Bia, a research infrastructure with
green roofs

Astri Sommer Øyre

Industriell økonomi

Julie Trommald

Industriell økonomi

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på masterstudiet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Astri Sommer Øyre avslutter studiet industriell økonomi med fordypning i byggeteknikk, Julie Trommald avslutter studiet industriell økonomi med fordypning i vann- og miljøteknikk.

Sommeren 2017 dro vi til Sandnes, uvitende om at vi ville ende opp med å bygge 150 m² med tak i masteroppgaven. Vi ser tilbake på det siste året som utrolig lærerikt. Det har vært gøy å ta tak i et tema som har engasjert så mange ulike aktører. Vi gleder oss til å se resultatene Bia kommer med, og håper de i fremtiden kan brukes til bærekraftig byutvikling. Vi håper også så mange som mulig ønsker å bruke Bia til videre forskning.

Vi vil takke vår hovedveileder, Jon Arne Engan, blant annet for hans store engasjement i prosjektet. Vi ønsker også å takke vår biveileder Thomas Thiis for konstruktive tilbakemeldinger, og Ingrid Merete Ødegaard for gode innspill. Vi vil gjerne takke samarbeidspartene, fakultet for landskap og samfunn (LANDSAM), fakultet for realfag og teknologi (RealTek), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Bergknapp AS, Leca Norge AS og Protan AS, som bidro til at etableringen av Bia ble mulig.

Til slutt ønsker vi å takke alle som har hjulpet oss med oppgaveskrivingen.

Ås, mai 2018

Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

Sammendrag

Overvann er vann som renner på overflaten etter en regnbyge eller ved smelting av is og snø. En tett flate, slik som veier, parkeringsplasser og svarte tak, har lav permeabilitet og vil gi stor avrenning. Urbanisering skaper flere tette flater, og klimaendringene gir mer intens nedbør. Tettere flater og et klima i endring gir mer avrenning, både i volum og intensitet. Tettere flater og et klima i endring gir mer avrenning i volum og intensitet. Ledningsnett for spill- og avløpsvann når oftere enn før sin kapasitetsbegrensning, som fører til at overvann gir store skader på miljø og infrastruktur hvert år. Byggteknisk forskrift (TEK17) setter krav til at overvann skal, så langt det er mulig, infiltreres i grunnen eller håndteres lokalt.

Lokal overvannshåndtering betyr at regnvann eller smeltevann skal håndteres der det treffer bakken. Et tak med et grønt dekke av sedum har god evne til å holde på vann, noe som vil være med å bidra til å redusere avrenning til ledningsnett ved nedbør. Med et ekstra magasinerende sjikt under det grønne dekket vil taket kunne redusere avrenning enda mer, både i volum og intensitet. Finknust LECA lettklinker har høy permeabilitet, kan lagre større mengder vann og passer godt som et magasinerende sjikt. For å teste ut kapasiteten til taket ble det etablert tre forsøksstak, hvorav to av takene ble bygget som grønt tak med et ekstra magasinerende sjikt. Det siste taket ble bygget som et svart referansetak.

For å etablere forskningsinfrastrukturen, kalt Bia, ble en prosjektgruppe opprettet. Prosjektprosessen gikk gjennom tre faser, programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Første fase var å utforme konseptet til forskningsinfrastrukturen. Prosjekteringsprosessen tok for seg detaljprosjekteringen av forskningsinfrastrukturen, med fokus på smarte og økonomiske løsninger, og produksjonsprosessen tok for seg kontraheringen av grunntrepreneur, og selve utførelsen av forskningsinfrastrukturen. Det ble montert temperatur-, stråling- og fuktighetssensorer i tillegg til avrenningsmålere på hvert tak. En nedbørmåler ble montert rett ved takene, for å måle den lokale nedbøren.

For å finne ut hvor mye løsningen maksimalt kunne forsinke og dempe intensitetstoppen ved avrenning, ble det utført teoretiske beregninger. Det ble beregnet at det grønne taket med et lag finknust LECA lettklinker har en maksimal vannlagringskapasitet på $4,97 \text{ m}^3$, og intensitetstoppen vil komme ved 238 minutter. Ved å anta at alt vann vil renne av alle takene, ble det beregnet en forskjell i spissavrenning på $1,07 \text{ l/s}$. Evapotranspirasjon i vegetasjonen er ikke tatt hensyn til ved beregninger, da det er usikkert hvor mye vann vegetasjonen forbruker. I beregningene er det antatt at takene blir helt uttørket mellom hver regnhendelse.

Abstract

Stormwater is water that flows on the surface after a rainfall or melted ice and snow. A dense surface, such as roads, parking spaces and black roofs, has low permeability, and will give great runoff. Urbanization creates more dense surfaces, and the climate changes are causing more intense rainfall. Denser surfaces and climatic change provide more runoff water, both in volume and intensity. Wastewater pipelines reach their capacity limitation, which leads to overcapacity of stormwater, causing major environmental and infrastructure damage every year. Byggteknisk forskrift (TEK17) imposes that the requirements to stormwater, as far as possible, is infiltrated into the ground or handled locally.

Stormwater management means that rainwater or melted water should be handled as it hits the ground. A green roof of sedum has a good ability to retain water, which will help reduce drainage to the pipeline during precipitation. With an extra reservoir beneath the green cover, the roof will reduce more stormwater, both in volume and intensity. Crushed LECA has a high permeability. It can store larger quantities of water and is well suited as a reservoir. Two roofs were established to test the solution of a green roof with an extra reservoir. A third roof was established as a reference roof.

For the establishment of the research infrastructure, called Bia, a project group was created. The process of the project was divided into three phases, programming, engineering and production. Phase one included designing Bias concept. Phase two involved detailed engineering of the research infrastructure, and phase three involved the employment of the contractor and the establishment of Bia. Temperature, radiation and humidity sensors were installed, as well as instruments measuring the runoff. A rain gauge was installed next to the roofs.

To figure out the effect of the solution regarding the intensity peak runoff, theoretical calculations were calculated. The roofs maximum reservoir capacity was estimated to 4.97 m³, with an increase of the intensity peak by 238 minutes. If all water drains off, the difference in peak drainage would be 1.07 l/s. Evapotranspiration in the vegetation is not considered in the calculation, as it is uncertain how much water the vegetation consumes. The calculations take into account that the roofs are completely dried out between each rainfall.

Innholdsfortegnelse

1.1	Figurliste.....	ix
1.2	Tabelliste	xi
2	Innledning.....	2
2.1	Problemstilling	2
2.2	Bakgrunn	2
2.3	Formål	2
2.4	Avgrensning	2
2.5	Oppgaveoppbygging.....	3
2.6	Begrepsavklaringer.....	3
2.7	Nomenklatur	5
3	Overvann og grønne tak	8
3.1	Klima i Norge.....	8
3.2	Vannets kretsløp.....	8
3.3	Overvannshåndtering.....	9
3.4	Lokal overvannshåndtering (LOH)	10
3.5	Grønne tak som overvannsløsning	12
3.6	Ekstensive grønne tak.....	14
3.7	Forskning på tak som overvannsløsning	20
4	Tekniske beregninger for grønne tak.....	22
4.1	Måling av avrenning.....	22
4.2	Beregning av avrenning.....	22
4.3	Maksimal fordrøyd vannmengde.....	26
4.4	Beregninger på konstruksjon.....	26
5	Gjennomføring av et prosjekt.....	34
5.1	Prosjektfunksjoner.....	34
5.2	Prosjektprosesser	35
6	Metode.....	38
6.1	Prosesser	38
6.2	Verktøy	39
6.3	Beregningsmetoder.....	39
6.4	Maksimal fordrøyd vannmengde.....	43

7	Etableringen av Bia	44
	7.1 Programmeringsprosessen	44
	7.2 Prosjekteringsprosessen.....	49
	7.3 Produksjonsprosessen.....	65
8	Resultat.....	76
	8.1 Forskningsinfrastrukturen.....	76
	8.2 Beregningsmetoder.....	78
9	Diskusjon.....	80
	9.1 Etableringen av Bia	80
	9.2 Beregningsmetoder/Beregninger.....	84
10	Konklusjon	86
	10.1 Veien videre	86
11	Litteratur og kilder.....	88
12	Vedlegg	92
	12.1 Byggetillatelse uten søknad.....	92
	12.2 Tegninger av forskningsinfrastrukturen	94
	12.3 FDV-dokumentasjon	104

1.1 Figurliste

Figur 3.1	Vannets naturlige kretsløp	9
Figur 3.2	Figuren illustrerer hvordan overvann kan håndteres på en bærekraftig måte.....	10
Figur 3.3	Prinsippene i treleddsstrategien ved håndtering av overvann. Tallene som er oppgitt er eksempler og må tilpasses det aktuelle området (Lindholm et al., 2008).....	10
Figur 3.4	Ved å bruke vegetasjon på tak vil avrenningen reduseres. Illustrasjon av Hege Vatnaland for Bergknapp AS	13
Figur 3.5:	Et grønt tak med insekthotell. Illustrasjon av Hege Vatnaland for Bergknapp AS	13
Figur 3.6:	Eksempel på minimumsfall på et flatt tak	15
Figur 3.7:	Oppbyggingen av et kompakt tak	15
Figur 3.8:	Oppbyggingen av et skrått, luftet tak.....	15
Figur 3.9	Oppbygging ekstensivt tak med fuktbevarende og drenerende sjikt. Illustrasjon av Hege Vatnaland for Bergknapp AS	16
Figur 3.10	Oppbygging ekstensivt tak med fuktbevarende sjikt.. Illustrasjon av Hege Vatnaland for Bergknapp AS.	16
Figur 4.1	Eksempel på et inn- og utløpshydrogram. Innløpshydrogrammet følger den blå kurven, og utløpshydrogrammet følger den oransje kurven.....	23
Figur 4.2	Vindsoner på vegger der $e \leq d$ i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005+NA2009	28

Figur 4.3 Vindsoner på flatt tak i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005+NA2009. Rand- og hjørnesonene F og G er mest vindutsatt	28
Figur 4.4 Fundamenttyper for direkte fundamentering	29
Figur 4.5 Armert søylefundament med dimensjonerende lastvirkninger	30
Figur 4.6 Lastbilde, momentdiagram og skjærkraftdiagram av en fast innspent bjelke med en jevnt fordelt last q.....	31
Figur 6.1 IVF-kurve for dimensjonerende nedbør i l/s·ha med gjentakintervall 20 år. Verdiene er hentet fra SN17870, Ås -Rustadskogen (Norsk klimaservicesenter, 2018a)	40
Figur 6.2. Lengste vei for en dråpe vann er vist ved den blå linjen	41
Figur 6.3 Figuren illustrerer strømningsretningene i sedum og LECA-materialet.....	42
Figur 7.1 Situasjonsplan av testområdet til forskningsinfrastrukturen.....	46
Figur 7.2 Tegningen av forslaget om å etablere et tak på 80 m ² og et på 60 m ² . Den ytterste firkanten illustrer testområdet tildelt prosjektet.....	47
Figur 7.3 Tegning av den endelige størrelsen og formen til takene. Hvert tak har et areal på 50 m ² . Den ytterste firkanten illustrer testområdet tildelt prosjektet.....	48
Figur 7.4 Forsøktaket på 50 m ² med sluk i hjørnet, som kan gjenspeile et tak på 200 m ²	48
Figur 7.5 Forsøktakenes bærende konstruksjon og fundamentsøyler	49
Figur 7.6 Valgt fallretning på forsøktak, med nødvendig høyde på isolasjon	51
Figur 7.7 Takets sjiktoppbygging, med maksimal høyde for de ulike sjiktene.....	52
Figur 7.8 Nødvendig høyde for forsøktaket, illustrert med IBC-container under taket og maksimal isolasjonshøyde	52
Figur 7.9 Forsøktakets vindsug w_e på taket. Sone I hadde vindkraft i begge retninger, der resultatene ble lik null.....	54
Figur 7.10 Forsøktakets vindsug w_e på rammene	54
Figur 7.11 Mål på frostisolasjonens utstikk fra fundamentsøylene. Gravedybden og utstikket utgjør lengden for frostfridybde på Ås, som er 1700 mm.....	55
Figur 7.12 Fundamentet til instrumentskapets plassering i forhold til forsøksområdet	57
Figur 7.13 Fundamentet til nedbørmålerens plassering i forhold til forsøksområdet.....	57
Figur 7.14 Fundament til nedbørmålerens mål. Fire M20 bolter er plassert for forankring av nedbørmåler. Fundamentet har frostisolasjon med utstikk i henhold til frostdybde i Ås.....	58
Figur 7.15 Plassering av trekkerør på undersiden av rammekonstruksjonen	58
Figur 7.16 Overgang fra fundamentsøyle til hovedbjelke. Veiecellene er plassert mellom et flattjern støpt i fundamentsøylen og et vinkeljern montert på hovedbjelken	59
Figur 7.17 Innfestingsmetode med bjelkesko av last-bjelker til hovedbjelke	59
Figur 7.18 Mål og dimensjoner på benk til drift- og vedlikeholdsarbeid.....	60
Figur 7.19 Organisasjonskart til forskningsinfrastrukturen.....	64
Figur 7.20 Fremdriftsplan for utførelsen av forskningsinfrastrukturen.....	64
Figur 7.21 Utstikking av forsøksområdet.....	66
Figur 7.22 Forsøksområdet ferdig oppmålt og måkt.....	66
Figur 7.23 Terrengforskjell fra nordøstsiden av testområdet til sørvestsiden	67
Figur 7.24 Steinmassene i grunnen	67
Figur 7.25 Grunnmassene på forsøksområdet.....	67

Figur 7.26 Testområdet avrettet med pukk.....	68
Figur 7.27 Grunnmassene som blir komprimert.....	68
Figur 7.28 Forskalinger til søylefundamentet	69
Figur 7.29 Frostisolasjonen	69
Figur 7.30 Området gjenfylt og fundamentsøylene på plass	69
Figur 7.31 Forskalingene som fylles med betong	69
Figur 7.32 Vinkeljern for innfesting av endebjelkene, og bjelke for montering av toppdekke	70
Figur 7.33 Bjelkesko for innfesting av last-bjelkene.....	70
Figur 7.34 Last-bjelker monteres på rammekonstruksjonen	71
Figur 7.35 Hovedbjelkene løftes på fundamentsøylene	71
Figur 7.36 Sponplatene brukt som toppdekke	71
Figur 7.37 Veiecellen plassert mellom fundamentsøylen og hovedbjelken	71
Figur 7.38 Fallplatene tilpasset takets form	72
Figur 7.39 Isolasjonsplater for falloppbygging	72
Figur 7.40 Overlappene ble skjøtet sammen med varmluft.....	73
Figur 7.41 Taksluket.....	73
Figur 7.42 Finknust LECA levert i sekker a 1 m ³	73
Figur 7.43 Sedummatter levert på paller	73
Figur 7.44 LECA-materialet ble fordelt utover taket	74
Figur 7.45 Sedum og filt løftet på taket.....	74
Figur 7.46 Filt og sedum rullet utover finknust LECA	75
Figur 8.1 Bia sett ovenfra. Takenes navn fra venstre er Pollen, Per og Nektar.....	76
Figur 8.2 Bia sett mot veterinærbygget	76
Figur 8.3 Bia sett fra nord	77
Figur 8.4 Bia sett fra øst	77
Figur 8.5 Pollen sett ovenfra	78
Figur 8.6. Figuren illustrerer at det vil være reduksjon i avrenningsintensitet ved bruk av den grå-grønne løsningen.	78

1.2 Tabelliste

Tabell 3.1 Eksempler på LOH-tiltak i bygninger (Ødegård et al., 2013).....	11
Tabell 3.2 Eksempler på LOH-tiltak i urbane områder (Ødegård et al., 2013).....	11
Tabell 3.3 Lukket fordrøyningsmagasin under bakken (Lindholm et al., 2008).....	12
Tabell 3.4 Oppbyggingen av sjikt for grønne tak over konstruksjonen (Byggforskserien, 2013; Noreng, 2012).....	16
Tabell 4.1 Dimensjonerende gjentakintervall for separat- og fellesavløpssystem etter Norsk Vanns minimumsanbefaling (Lindholm et al., 2008).....	24
Tabell 4.2 Avrenningskoeffisienter. ϕ_{spiss} er forholdet mellom maks avrenning og midlere regnintensitet for samme området (Lindholm et al., 2008).....	24
Tabell 4.3 Klimafaktor for ulike gjentakintervall av nedbør (Statens vegvesen, 2014)	25
Tabell 4.4 Vindtrykkoeffisienter for vegger.....	27

Tabell 4.5 Vindtrykkoeffisienter for flatt tak med parapeter.....	27
Tabell 6.1 Dimensjonerende verdier som er benyttet i utregningene. Data er fra værstasjonen SN17870 Ås - Rustadskogen (Norsk klimaservicesenter, 2018a).....	40
Tabell 7.1 Materialer benyttet på hvert av forsøktakene, med tilhørende mengder og vekt. Det ble gjort en antagelse om at 50 % av LECA-massens areal kunne fylles med vann, som ville gi en ekstra last på 75 kg/m ²	53
Tabell 7.2 Forsøktakets vindsug w_e på taket, beregnet fra vindtrykkoeffisienten og takets peak velocity pressure $q_p = 428,4$ Pa. Fortegnene i tabellen forteller kraftens retning på konstruksjonen	53
Tabell 7.3 Forsøktakets vindsug w_e på rammene, beregnet fra vindtrykkoeffisienten og takets peak velocity pressure $q_p = 428,4$ Pa. Fortegnene i tabellen forteller kraftens retning på konstruksjonen ..	54
Tabell 7.4 Total materialmengde benyttet på grunnarbeidet.....	56
Tabell 7.5 Måleutstyret benyttet på forskningsinfrastrukturen	62
Tabell 7.6 Risikoområder for utførelsen av prosjektet med avtalte tiltak for risikominimering	65
Tabell 8.1 Fordrøyningskapasitet på takene med grå-grønn løsning.....	79
Tabell 8.2 Vannføring fra takene med grå-grønn løsning. Vannføringen er gitt i millimeter.	79
Tabell 8.3: Maksimal fordrøyd vannmengde på taket er 4,97 m ³	79

2 Innledning

2.1 Problemstilling

Problemstillingen oppgaven har besvart er:

Hvordan etablere forskningsinfrastruktur for verifisering av overvannsberegninger i tilknytning til grønne tak, med hovedvekt på redusert og forsinket maksimal avrenning?

Problemstillingen ble besvart gjennom tre delpunkter:

1. Beskrive prosessen, det prosjektadministrative og konstruksjonstekniske ved etableringen av forskningsinfrastrukturen
2. Etablere forskningsinfrastrukturen ved NMBU og beskrive denne som et grunnlag for minimum 5 års forsøk
3. Beregne forventet funksjon for det grønne taket med dagens tilgjengelige beregningsgrunnlag

2.2 Bakgrunn

Nedbør med høyere intensitet og en økning av tette flater i byer, fører til at ledningsnett for spill- og avløpsvann oftere når sin kapasitetsbegrensning (Hanssen-Bauer et al., 2015). Overflødig overvann gir store skader på miljø og omgivelser hvert år (Thorolfsson, 2014). Byggteknisk forskrift (TEK17) setter krav til at overvann skal, så langt det er mulig, infiltreres i grunnen eller håndteres lokalt.

Tak er en ubrukt ressurs som kan benyttes til lokal overvannshåndtering. Et grønt dekke på taket, for eksempel av sedumarter, kan holde tilbake noe av avrenningen ved store nedbørshendelser (Braskerud, 2014). Ved å etablere en kombinasjonsløsning, bestående av et grønt dekke og et fordrøyende materiale som magasinerende sjikt, kan det være mulig å magasinere tilstrekkelige nedbørsmengder på tak i henhold til eventuelle krav fra stat og kommune om påslipp på avløpsnett.

2.3 Formål

Grønt tak vil ikke alene redusere og forsinke nedbøren i tilstrekkelig grad. Ved å legge et fordrøyende materiale som magasinerende sjikt under et sedumtak, vil det være mulig å forsinke og redusere en større andel av avrenningen. For å finne effekten til en slik løsning må det gjennomføres forsøk. I denne oppgaven er det etablert en forskningsinfrastruktur med tre forsøkstak, for måling av blant annet avrenning, temperatur og fuktighet i materialene.

2.4 Avgrensning

Opgaven tar ikke for seg kostnadene tilknyttet etablering av forskningsinfrastrukturen, da kostnadene er forbeholdt samarbeidspartnerens interne budsjetter. Oppgaven fokuserer kun på prosjektteori som kan knyttes til prosjektets prosesser. For beregning av tilbakeholdelse av nedbør er det benyttet forenklete formler. Forutsetningene for nøyaktig beregninger er det som ønskes klarlagt med dette forskningsprosjektet.

2.5 Oppgaveoppbygging

Det teoretiske grunnlaget til oppgaven blir presentert i tre kapitler, kapittel 3, 4 og 5. Inndelingen er basert på ulike temaer som må belyses ved etableringen av infrastrukturen. Kapittel 6 presenterer metoden som er benyttet for å gjennomføre problemstillingens tre delpunkter. Prosessen, det prosjektadministrative og det konstruksjonstekniske ved etableringen av Bia er beskrevet i kapittel 7. Kapittel 8 presenterer forskningsinfrastrukturen og resultatet av beregningene som er gjort for å etablere en forventet funksjon. Prosessen, valgte løsninger ved etableringen og gjennomføring av teoretiske beregninger diskuteres i kapittel 9. Problemstillingen besvares i konklusjonen i kapittel 10, sammen med en liste over videre arbeid som kan utføres på Bia.

2.6 Begrepsavklaringer

Begrep	Forklaring
Albedoeffekt	endringer i klima på jorda ved at sollys blir mer reflektert fra lyse flater
Avløpsnett	et ledningsnett som fører avløpsvann fra husholdninger, industri og andre institusjoner til et renseanlegg
Aktør	en organisasjon eller et firma som er involvert i et byggeprosjekt
Avrenning	mengde nedbør som har rent av et gitt område
Avrenningsfaktor	forholdstallet mellom avrenning fra et område og total nedbør for samme området. Denne faktoren avhenger av mange faktorer som overflatens permeabilitet og fallforhold
Blokkregn/kasseregn	en bestemt nedbørhendelse med jevn intensitet over en tidsperiode
Evapotranspirasjon	fordampning fra vegetasjon
Fase	en gruppe av likartede aktiviteter som må gjennomføres i en bestemt rekkefølge
Flate tak	tak med mindre enn 5° helning
Flomvei	en vei som leder store mengder nedbør på en sikker måte til resipienten
Fordrøyning	forsinkelse av nedbør gjennom oppsamling ved midlertidig lagring av vannvolum
Fuktighetsgrad	andel av materialet som består av vann
Gjentaksintervall/frekvens	hvor ofte en nedbør med en gitt intensitet og varighet forekommer
Infiltrasjon	inntrenging av vann ned i grunnen
Intensitet	nedbørmengde per tidsenhet (mm eller l/s·ha)
Interessenter	personer, grupper eller organisasjoner som kan påvirke, vil bli påvirket av, eller oppfatter at de vil bli påvirket av prosjektets gjennomføring eller resultater
Kompakte tak	tak bestående av flere lag som ligger så tett på hverandre som praktisk mulig, også kalt varme tak

Lokal overvannshåndtering (LOH)	tiltak som er gjort for å infiltrere og/eller fordrøye nedbør
Nedbørfelt/nedslagsfelt	et område som bidrar til avrenning til en resipient
Overvann	avrenning på overflaten som følge av nedbør eller smeltevann
Permeabilitet	en flates evne til å infiltrere nedbør
Resipient	en mottaker av vann. Kan være en bekk, elv, innsjø og hav
Retensjon	evne til å holde tilbake vann
Rolle	en spesifikk funksjon fylt av en person i et prosjekt, knyttet til byggherrens organisasjon
Skrå tak	tak med helning større enn 5°
Sjikt	betegnelse på et funksjonslag med spesifikke funksjoner
Smeltevann	is og snø som har blitt til vann
Treleddsstrategi	tiltak som infiltrerer, fordrøyer og avleder overvann til resipient på en trygg måte
Trykkehøyde	nivåforskjell mellom utløp og vannstanden i et basseng
Varighet	hvor lenge det faller nedbør med en bestemt intensitet

Begreper jf. forskrift av 3. august 2009 om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften) §4:

Bygge- eller anleggsarbeid	<ol style="list-style-type: none"> 1. oppføring av bygninger 2. innrednings-, utsmykkings- og installasjonsarbeid 3. montering og demontering av prefabrikkerte elementer 4. riving, demontering, ombygging og istandsetting 5. sanering og vedlikehold 6. alminnelig anleggsvirksomhet 7. graving, sprengning og annet grunnarbeid 8. annet arbeid som utføres i tilknytning til bygge- eller anleggsarbeid
Byggherre	enhver fysisk eller juridisk person som får utført et bygge- eller anleggsarbeid
Byggherrens representant	enhver fysisk eller juridisk person som skal utføre konkrete plikter etter denne forskriften på byggherrens vegne, i henhold til skriftlig avtale med byggherren
Koordinator	enhver fysisk eller juridisk person som sørger for koordinering av prosjektering eller utførelse på vegne av byggherren
Prosjekterende	enhver fysisk eller juridisk person som har til oppdrag å tegne, beregne, planlegge eller beskrive hele eller deler av bygget eller anlegget som skal oppføres

2.7 Nomenklatur

Symbol	Beskrivelse	Enhet
a	bredde til fundamentet utenfor søylen	m
A	areal	m ²
b	bredde	m
b _{ef}	effektiv bredde	m
C _d	utløpskoeffisient	-
C _e	eksponeringskoeffisient	-
C _{pe}	vindtrykkkoeffisient for utvendig trykk	-
C _t	termisk koeffisient	-
d	fundamentets høyde fra armering	m
f _{cd}	dimensjonerende trykkfasthet for betong	N/mm ²
f _{m,y,d}	dimensjonerende fasthet	N/mm ²
f _{v,d}	dimensjonerende skjærfasthet	N/mm ²
g	gravitasjonskraft	m/s ²
h	høyde tverrsnitt	m
h _p	parapethøyde	m
I	dimensjonerende nedbørintensitet	l/s·ha
I _h	hydraulisk gradient	-
I _v	turbulensintensitet	-
I _y	andre arealmoment	mm ⁴
φ	avrenningskoeffisient	-
K	hydraulisk gradient	m/døgn
k _{cr}	oppsprekningsfaktor til bruk for å bestemme skjærmotstand	0,8
K _f	klimafaktor	-
k _m	modifikasjonsfaktor, tar hensyn til omfordeling av spenninger	-
M	bøyemoment	kNm
M _{Ed}	dimensjonerende bøyemoment	kNm
M _{Rd}	betongtrykksonens momentkapasitet	kNm
M _k	magasineringskapasitet	m
N _{Ed}	dimensjonerende punktlast	kN
p	porevolum	-
Q	vannføring	m ³ /s eller l/s
q	jevnt fordelt last	kN/m ²
q _{Ed}	grunntrykket som følge av dimensjonerende trykklast	kN/m ²
Q _{maks}	maksimal vannføring på innløpshydrogrammet	m ³ /s
q _p (z)	peak velocity pressure	Pa

q_s	strømningshastighet	mm/s
Q_u	maksimal vannføring på utløpshydrogrammet	m ³ /s
ρ	luftdensitet	1,25 kg/m ³
s	dimensjonerende snølast	kN/m ²
s_k	karakteristisk verdi for snølast i Ås	3,5 kn/m ²
σ	normalspenning	N/mm ²
$\sigma_{g,d}$	dimensjonerende grunntrykk	kN/m ²
$\sigma_{m,y,d}$	dimensjonerende bøyespenning	N/mm ²
τ	maksimal skjærspenning	N/mm ²
τ_d	dimensjonerende skjærspenning	N/mm ²
t_k	konsentrasjonstid	s, min
t_r	regnvarighet	s, min
V	skjærkraft	kN
v	spesifikk strømningshastighet	m/døgn
V_f	fordrøyd volum	m ³ , l
V_m	gjennomsnittlig vindhastighet	m/s
W_y	tverrsnittets motstandsmoment	mm ³
z	avstand fra en akse	m

3 Overvann og grønne tak

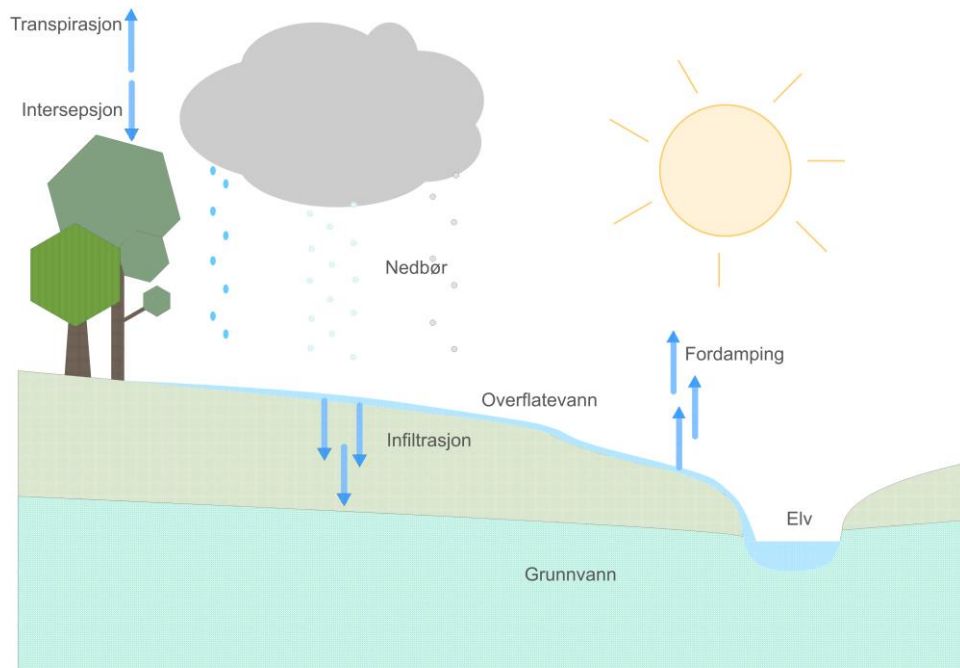
Overvann er definert som vann som renner på overflater etter en regnhendelse eller ved smelting av is og snø. Tradisjonelt ble overvann håndtert ved at det ble drenert ut fra byer og tettsteder. Ettersom byene har økt i omfang og det har blitt ett ville og våtere klima, har det blitt en del utfordringer knyttet til overvann. Ledningsnettet for spill- og avløpsvann når oftere enn før sin kapasitetsbegrensning, som kan skape store skader på miljø og infrastruktur. Ved bruk av åpne løsninger for håndtering av overvann, kan dette bli et estetisk element og rekreasjonsområde for innbyggerne (Lindholm et al., 2008).

3.1 Klima i Norge

Klima beskriver værmønsteret i det lange perspektivet for et sted, og omhandler stedets temperatur, vind og nedbør (Klimaarkivet, 2018). Klimaendringer er endringer av gjennomsnittsværet over en gitt tid. Konsekvenser av klimaendringer er mer ekstremvær slik som flom, hetebølger og tørke, som igjen vil opptre mer intenst og hyppigere enn før (Thorolfsson, 2014). I rapporten til Hanssen-Bauer et al. (2015), kommer det frem at årsnedbøren i Norge har økt med ca. 18 % fra år 1900, med størst økning om våren. Det har også vært en økning i kraftig korttidsnedbør både i intensitet og frekvens. Områdene nær Oslofjorden har de høyeste dimensjonerende verdiene for kortvarige, intense nedbørhendelser. Det er estimert at nedbøren vil øke med ca. 15 % i løpet av det neste århundre sammenliknet med perioden 1971-2000.

3.2 Vannets kretsløp

Vann kommer til jorda som nedbør i form av regn, snø, sludd eller hagl, og føres tilbake til atmosfæren ved fordampning. Noe av vannet fordamper direkte tilbake til atmosfæren på grunn av oppvarming fra sola, eller gjennom evapotranspirasjon i vegetasjonen. Resterende vann vil enten renne på overflaten mot resipienter, eller trekke ned i grunnen gjennom infiltrasjon. Vannets naturlige kretsløp har fått en endring på grunn av menneskelig aktivitet ved at vannet utnyttes til blant annet vannforsyning og energiproduksjon. Elver og bekker har blitt tørrlagt til fordel for rørgater i fjell, og store mengder vann magasineres i innsjøer ved hjelp av demninger. Menneskelig aktivitet har også ført til flere tette flater og færre grøntarealer. Tette flater hindrer vannet i å infiltrere ned i grunnen. Det vil føre til større avrenning, både i mengde og intensitet (Thorolfsson, 2014). Vannets naturlige kretsløp er illustrert i Figur 3.1.



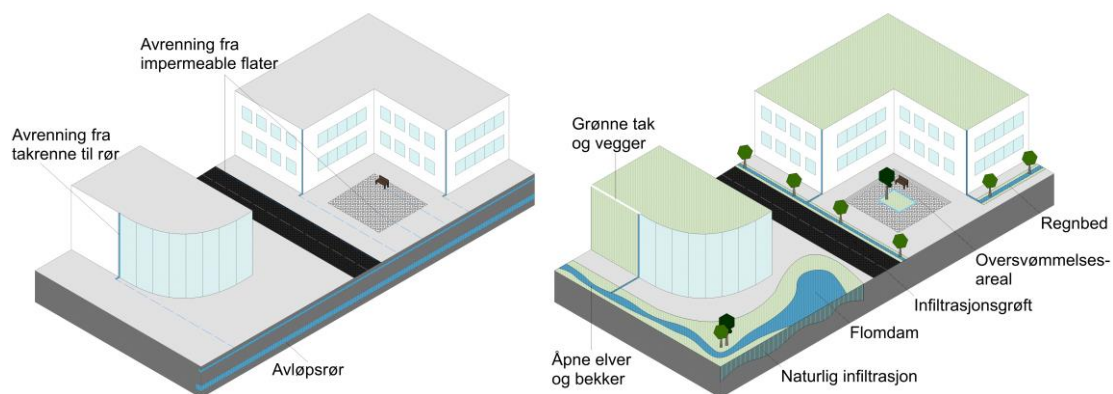
Figur 3.1 Vannets naturlige kretslop

Mengde og intensitet på overflateavrenning avhenger av flere faktorer, blant annet styrken og varighet på nedbørhendelsen, og hvor mange tette flater det er i nedslagsfeltet. For små nedslagsfelt er det korte og intense regnhendelser som skaper mest skade. Fuktighetsgraden i grunnen er også en avgjørende faktor på om avrenningen blir liten eller stor. Frost vil bidra til økt avrenning, ved at den hindrer infiltrasjon i grunnen (Lindholm et al., 2008).

3.3 Overvannshåndtering

I urbane områder har overvann tradisjonelt blitt håndtert ved at det har blitt ledet raskest mulig bort via lukkede ledningsnett. Ved urbanisering øker andelen impermeable flater, som gir mindre infiltrasjonsmuligheter i grunnen. Naturlige vannveier og grøfter har blitt omlagt eller lagt i rør, og myrer og våtmarker har blitt drenert. Som en konsekvens har den naturlige infiltrasjonen, fordrøyningen og fordampningen blitt kraftig redusert, og overflateavrenningen har økt betraktelig (Lindholm et al., 2008; Lindholm, 2014).

Fagrådet for bærekraftig bypolitikk mener at bærekraftig utvikling er å fortette allerede eksisterende byer. (Kommunal - og moderniseringsdepartementet & Miljøverndepartementet, 2013). Med et klima i endring med mer nedbør, har ikke dagens avløpssystem kapasitet til å ta unna mer avløpsvann på grunn av økt befolkningstetthet. Skader og ødeleggelser på miljø og infrastruktur vil kunne reduseres, og overvannsløsningene kan fungere som et estetisk element i byen (Lindholm, 2014). Figur 3.2 viser et bybilde der illustrasjonen til venstre samler overvann fra flater og slipper det på avløpsnett. Illustrasjon til høyre har flere lokale tiltak for overvann. Oversvømmelsesarealet er en forsenkning i terrenget, og vil fungere som et basseng ved kraftige regnskyll.

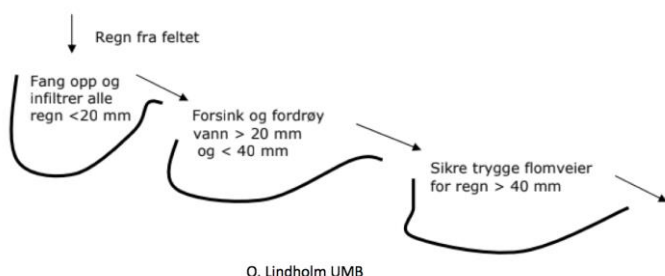


Figur 3.2 Figuren illustrerer hvordan overvann kan håndteres på en bærekraftig måte

God overvannshåndtering er ifølge Lindholm (2014) at overvann i størst mulig grad skal håndteres på overflaten, slik at overvannshåndteringen blir en synlig del av bybildet. Metodene som benyttes skal tilpasses de lokale forholdene og behovene. Hovedvisjonen til en sikker og god overvannshåndtering i byen deles av Lindholm (2014) inn i tre kategorier. I første kategori omtales sikker overvannshåndtering, forebygging av skader fra overvann på eiendom og infrastruktur, og sikring av liv, helse og miljø. I kategori to belyses overvann som ressurs til rekreasjonsformål og som landskapselement i bybilde. Den siste kategorien legger vekt på å styrke det biologiske mangfoldet i bymiljøet ved bruk åpne vannveier og dammer. Løsninger som benyttes skal fungere like godt sommer som vinter, ved vanlig nedbør, flom og tørrvær (Lindholm et al., 2008; Lindholm, 2014).

3.4 Lokal overvannshåndtering (LOH)

Lokal overvannshåndtering betyr at regnvann eller smeltevann skal håndteres der det treffer bakken. LOH kan deles inn i tre ledd, omtalt som treleddsstrategien. Det første leddet er å infiltrere små regnhendelser ned i grunnen. Andre ledd er å forsinke og fordrøye større regnhendelser, før de ledes ut på avløpsnett eller til en resipient. Det siste leddet er å sikre trygge flomveier for de største og sjeldnere regnhendelsene. Treleddsstrategien er illustrert i Figur 3.3.



Figur 3.3 Prinsippene i treleddsstrategien ved håndtering av overvann. Tallene som er oppgitt er eksempler og må tilpasses det aktuelle området (Lindholm et al., 2008)

Det finnes flere ulike LOH-tiltak. Hvilke av tiltakene som bør benyttes avgjøres på bakgrunn av hva som er mest hensiktsmessig for det aktuelle området. Det må tas hensyn til hvor områdets sårbarhet for eventuelle skader på infrastruktur og miljø (Lindholm, 2014). Et LOH-tiltak kan ha flere funksjoner: infiltrere gjennom grunnen (I), evaporere (E), fordrøye over bakken (OF), fordrøye under bakker (UF) og fungere som en flomvei (F). Tabell 3.1 og Tabell 3.2 presenterer ulike LOH-tiltak og deres funksjoner.

Tabell 3.1 Eksempler på LOH-tiltak i bygninger (Ødegård et al., 2013)

Tiltak på bygninger	Grønne tak	Grønne vegger		Frakobling av takrenner
Underkategorier	Intensive, semi-intensive, ekstensive	Klatre-planter	Heldekkende vegg	
Beskrivelse	Vegetasjon og vekstmedium kan redusere både avrenningsvolum og -intensitet	Plantet i bakken, gjerne tilkoblet en plantekasse med mulighet for fordrøyning, infiltrasjon og gjenbruk av vann.	Plantet dirkete i vegg. Egne vannings – og næringssystemer.	Takrenner som kobles fra ledningsnettet. Vannet renner ut på plen eller grusvei og benytter lokale overvannsløsninger
Treledsstrategi	1, 2	1, 2, 3	1	1, 2
Retensjon	I, E, OF	I, E, UF	I, E	I

Tabell 3.2 Eksempler på LOH-tiltak i urbane områder (Ødegård et al., 2013)

Tiltak i urbane områder	Infiltrasjonsflater			
Underkategorier	Infiltrerbare flater	Permeable dekker	Infiltrasjonsgrøft	Oversvømmelses-arealer
Beskrivelse	Et vegetasjons-dekke hvor plantevalg er viktig	Grusdekke, belegnings-dekke med åpne fuger, permeabel asfalt	Grøfter som er bygget med høy infiltrasjonskapasitet. Bygges ofte nær gangveier og veier	Areal som har multifunksjon, f.eks. Parkerings- og lekeplasser
Treledsstrategi	1, 2	1, 2	1, 2, 3	2, 3
Retensjon	I, E	I, UG	I, OF	I, OF
	Infiltrasjonsbasseng		Åpne fordrøyningsmagasin	
Underkategorier	Regnbed	Lommevåtmark	Konstruert våtmark	Flomdammer
Beskrivelse	En vegetert forsinking hvor overvannet infiltreres og fordrøyes	En grunn dam med vannspeil og vegetasjon som tåler å stå i vann. Urban versjon av rensesepark	Små våtmarker, renses vann	Dammer som har begrenset utløp
Treledsstrategi	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2
Retensjon	I, E, OF	E, OF	E, OF	OF

Frost må tas hensyn til ved etablering av LOH-tiltak. Flom i urbane områder opptrer ofte om vinteren, da is og snø forårsaker at overvannssystemene ikke fungerer slik de skal (Byggforskserien, 2012). Resten av året må det påberegnes vedlikehold av tette sluk og vannveier som skyldes løv og annen forurensning (Byggforskserien, 2013).

Enkelte steder finnes det ikke tilgjengelig areal for håndtering av overvann på bakkenivå. Ved å lagre vann i magasiner under bakken kan vannet slippes ut på avløpsnett etter nedbørhendelsen. På denne måten slippes overvannet gradvis og kontrollert på ledningsnett, og avrenningstoppene vil bli redusert. I likhet med håndtering av vann på bakkeplan, vil det ikke bli en oppstuvning av overvann nedstrøms vassdraget eller i avløpsnett. Når det blir oppstuvning av overvann nedstrøms, vil vannet gå i nødoverløp og føres urensset ut i sjøer og vassdrag. I Tabell 3.3 er det gitt noen eksempler på fordrøyningsmagasiner.

Tabell 3.3 Lukket fordrøyningsmagasin under bakken (Lindholm et al., 2008)

Underkategori	Treleddstrategi	Retensjon	Beskrivelse
Rørmagasin	2	UF	Rør som er overdimensjonert med strupet utløp.
Steinmagasin	1, 2	I, UF	Vann lagres i porevolumet i steinmassene.
Kassetmagasin	2	UF	Vannlagring i kassetter under bakken. Porevolumet i kassetene fylles.

3.5 Grønne tak som overvannsløsning

Tak som er helt eller delvis dekket med vegetasjon kalles for grønne tak. De deles inn i tre hovedtyper, ekstensive, semi-intensive og intensive. Et grønt tak med tynn oppbygning (30-100 mm) går innunder kategorien ekstensive tak. Vegetasjonen som benyttes på ekstensive grønne tak krever som regel lite vedlikehold og er robuste mot perioder med tørke. Semi-intensive tak har en oppbygning på 100-200 mm, og legger til rette for mer krevende vegetasjon enn ekstensive tak. Et intensivt tak har en oppbygning på over 200 mm. Typiske intensive tak er torvtak og takhager. Semi-intensive og intensive tak vil gi taket en større last enn ekstensive tak, og konstruksjonen må forsterkes dersom denne typen tak skal anlegges (Miljødirektoratet, 2016).

3.5.1 Fordeler ved grønt tak

Grønne tak har god evne til å holde på vann, noe som vil være med å bidra til å redusere avrenning ved nedbør. Når det regner vil avrenningen starte med en gang fra et svart tak, men for et grønt tak må nedbøren passere vegetasjon og vekstmedium før det når avløpet, illustrert i Figur 3.4. En økning i tiden det tar før en regndråpe når sluket, vil bidra til at avløpsnett ikke blir overbelastet. Økning i konsentrasjonstid kan hindre og redusere urbane oversvømmelser (Miljødirektoratet, 2016; SINTEF Byggforsk, 2012).



Figur 3.4 Ved å bruke vegetasjon på tak vil avrenningen reduseres. Illustrasjon av H. Vatnaland for Bergknapp AS

I tillegg til å hindre oversvømmelser er det en rekke andre kvaliteter som blir tilført urbane områder ved etablering av grønne tak. Reduksjon av grøntarealer fører til at mange arter mister sine naturlige habitater, og det biologiske mangfoldet går ned. Gjennom studier av bier og insekter på hustak, viser det seg at mange arter kan bruke grønne tak som habitat. Flere grønne flater i nærheten av hverandre i byer legger til rette for at insekter kan fly gjennom byen, som fører til et økt insekt- og dyreliv (Jon Wiley & Sons, 2016). Ved at insektene pollinerer planter, vil insektene ha positive effekter på plantediversiteten i urbane områder. Ved å designe insektshotell, illustrert i Figur 3.5, kan et grønt tak tilrettelegge for sårbare arter på Rødelista over truede arter ved å fungere som et habitat for insektene (Braskerud, 2014). Tak med mye insekter vil tiltrekke seg fugler, og kan på den måten danne et habitat for sårbare arter, slik som i London hvor det er designet et tak for sanglerker (Hassel & Coombes, 2007).



Figur 3.5: Et grønt tak med insektshotell. Illustrasjon av H. Vatnaland for Bergknapp AS

Vegetasjon på taket kan ha en isolerende effekt. Den isolerende effekten avhenger av flere faktorer, blant annet oppbygning og tykkelse på vekstsubstratet (Jon Wiley & Sons, 2016). For bygg som er dårlige isolert kan grønne tak virke kjølede om sommeren. Vegetasjonen bruker solenergien til fotosyntese, til sammenligning med et svart tak som lagrer solenergien i takmaterialene. Vegetasjonen reflekterer mer av sollyset enn svarte flater ved at takets albedoeffekt øker. Lufttemperaturen senkes og

reduserer varmeøy-effekten som ofte oppstår i byer på dager med høy temperatur. Varmeøy-effekten er oppheting av byen på grunn av mange svarte flater slik at gjennomsnittstemperaturen er høyere i byen enn i nærliggende områder med mye grøntarealer (Suttom, 2015; Weiler & Scholz-Barth, 2009). Et grønt tak vil også øke takkomponenters levetid, ved at vegetasjonen på varme dager vil beskytte taket for høye temperaturer og UV-stråling. Grønne tak kan også virke isolerende på kalde vinterdager (Braskerud & Ødegård, 2014). Denne påstanden er knyttet til høy usikkerhet, da det er lite forskning på grønne taks isolerende effekt ved kalde temperaturer (Jon Wiley & Sons, 2016).

Den estetiske opplevelsen og kvaliteten av å bo i by vil kunne øke med flere grønne arealer (Braskerud & Ødegård, 2014; Noreng, 2012). Grønne arealer gir psykologiske fordeler til innbyggerne i urbane områder, og ved etablering av takhager får taket en ny funksjon (Suttom, 2015). Andre positive effekter ved grønt tak er at myke flater fanger lyd og reduserer bulder, og vegetasjon kan forbedre luftkvaliteten i urbane områder ved at plantene fanger opp svevestøv og andre partikler gjennom overflaten (Braskerud & Ødegård, 2014; Suttom, 2015).

3.5.2 Status i på grønt tak i Norge

Overvann skal så langt det er mulig infiltreres i grunnen eller håndteres lokalt, og bortledningen skal skje på en måte slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre problemer ved valgt dimensjonerende nedbørintensitet jf. forskrift av 19. juni 2017 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) §15-8. Kravene er for å sikre vannbalansen i området og hindre overbelastning av avløpsnett. Veiledning til §15-8 omtaler effekten av klimaendringene. Økt årsnedbør med stor forskjell i antall korte regnhendelser, og en øking i intensiteten på regnhendelsene er konsekvenser av klimaendringene. Ledningsnett er ikke dimensjonert for de forventede fremtidige nedbørmengdene, og vil gi større utfordringer til lokal overvannshåndtering (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017).

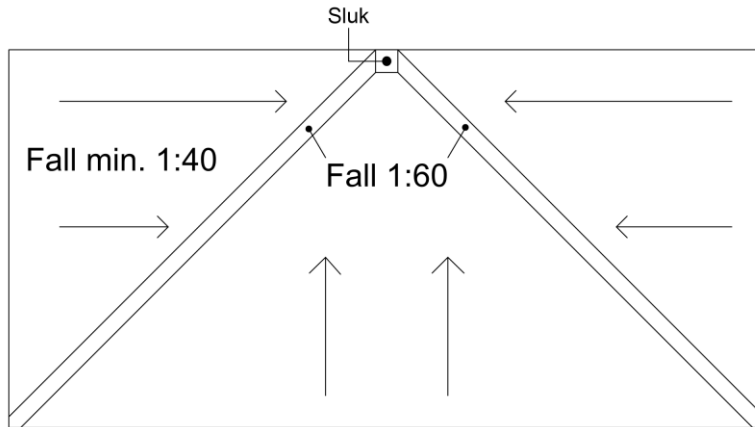
3.6 Ekstensive grønne tak

Ekstensive tak er lette grønne tak med en oppbygning på 30-100 mm. Det er ofte arter fra Bergknappfamilien (latinsk: sedum) som benyttes på ekstensive tak. Vanligvis leveres sedum som ferdigproduserte matter, kan være produsert i Norge eller i utlandet. Mattene består av et tynt lag med vekstmedium med lavt næringsinnhold, og 3-7 ulike arter i ulik voksehøyde. Etter en tid er det noen arter som vil dominere på taket, avhengig av klima. Arter fra bergknappfamilien er sukkulente planter, noe som vil si at de holder godt på vann og tåler perioder med lite nedbør. Et sedumtak må gjødsles med lagtidsvirkende gjødsel et par ganger i året og lukes ved behov (Miljødirektoratet, 2016). Sedumtak har i de senere årene hatt en oppsving i urbane områder (Byggforskserien, 2013).

3.6.1 Konstruksjonstyper

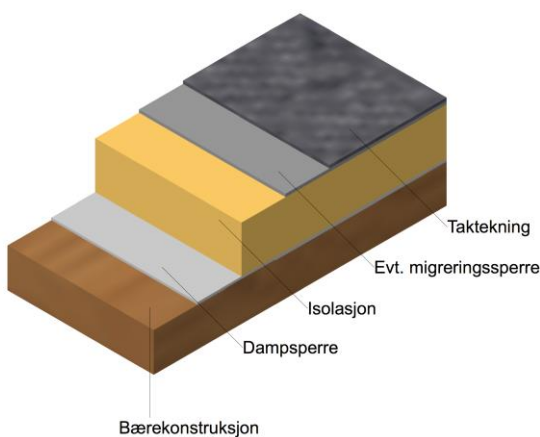
Ekstensive tak utføres som oftest på kompakte tak med innvendig nedløp. Takene kan ha ulike takvinkler, så lenge klima og fall blir vurdert opp mot oppbyggingen av sjiktene. På flate kompakte tak er et fall på minimum 1:40 mot sluk anbefalt, slik at regnvann og smeltevann kan renne av. I renner og kilrenner kan fallet være på 1:60, som vist i Figur 3.6. For å unngå is i sluk og renner, kan lokale

forsenkninger gi større varmegjennomgang (Byggforskserien, 2018). Skrå, luftede tak med utvendig nedløp, både pulttak og ulike saltaksformer, kan også brukes til ekstensive tak. Renner til sluk og sluk plasseres slik at smeltevannet ikke fryser til ved snøsmelting. Behovet for ulike sjikt vurderes opp mot klima og fall (Byggforskserien, 2013).

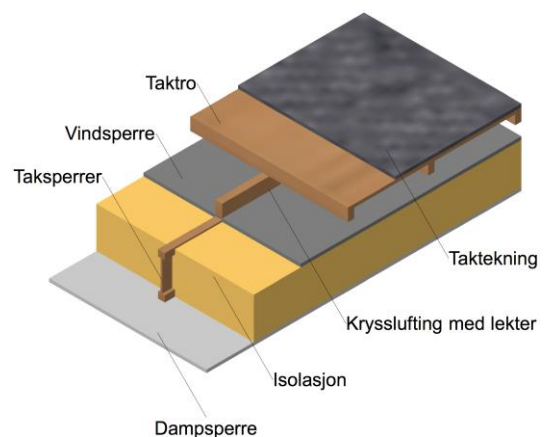


Figur 3.6: Eksempel på minimumsfall på et flatt tak

Prinsippene i oppbyggingen av grønne kompakte tak og skrå, luftede tak er slik som prinsippene i oppbyggingen av svarte tak. På kompakte ekstensive tak kan underlaget være av stål, tre eller betong. Overflaten skal være plan, tørr og ren før dampsperre legges slik at punktering unngås. Av hensyn til kuldebroer og energibruk bør isolasjonstykkelsen være minimum 100 mm (Byggforskserien, 2007). Skrå, luftede tak består av en bærekonstruksjon, en luftespalte og opplettet taktekning. Luftespalten hindrer snøsmelting på taket og fjerner fukt fra bygg, kondens og lekkasjer i konstruksjonen. Dampsperre legges mellom himling og bærekonstruksjon, og en vindsperre monteres over isolasjon for beskyttelse mot luftspalten (Byggforskserien, 2007). Oppbyggingen av konstruksjonstypene er illustrert i Figur 3.7 og Figur 3.8.



Figur 3.7: Oppbyggingen av et kompakt tak



Figur 3.8: Oppbyggingen av et skrått, luftet tak

3.6.2 Oppbygging av sjikt

Oppbyggingen av sjiktene avhenger av fallet på taket, klimaet i område, bruksområde og utforming. Enkelte sjikt brukes for alle typer konstruksjoner og fall, andre sjikt vurderes i hvert tilfelle. Det er mulig å bruke materialer som tilfredsstillere kravene til flere av sjiktene. Tabell 3.4 gir en oversikt over hvilke sjikt som normalt brukes, og hvilke sjikt som bør brukes ved ulike takvinkler.

Tabell 3.4 Oppbyggingen av sjikt for grønne tak over konstruksjonen (Byggforskserien, 2013; Noreng, 2012)

Sjikt	Eksempel på materialer	0°-5°	5°-26°	> 26°
Vegetasjonsdekke	sedumarter	N	N	N
Vekstmedium	lavamasser, teglstein, finpukk, organisk materiale (<20 %)	N	N	N
Geonett	ulike typer geonett, kassettsystem	-	B	N
Drenerende sjikt	dreneringselementer, knasteplater med pålimt fiberduk, løsmasser	N	B	-
Fuktbevarende sjikt	tykk filt, knasteplater	B	N	N
Beskyttende sjikt	plastsjikt, tykk filt, isolasjonsmateriale, knasteplate	B	B	B
Ekstra rotsperre	rullprodukt av plast eller gummi	B	B	B
Vanntettende sjikt	takbelegg av asfalt, plast eller gummi	N	N	N

N: Sjikt som normalt brukes

B: Sjikt som vurderes etter behov (tørt eller vått klima, takkonstruksjon)

Flate og svakt skrånende tak opp mot 5° har behov for et dreneringssjikt for å hindre at vann blir liggende ved store nedbørmengder. På tak med vinkel 5°-30° sløyfes ofte dette sjiktet for å kunne holde på mer fuktighet (Noreng, 2013). For kompakte tak med en takvinkel høyere enn 26° bør det vurderes å montere geonett eller tilsvarende for å unngå sig av vegetasjonsmattene. Dersom taktekkingen eller folien er glatt, bør det vurderes geonett fra 23°-24° (personlig kommunikasjon, Øistein Kvarme v/Blomstertak, 27.03.18). Skrå, luftede tak må vurderes enkeltvis om det er behov for et dreneringssjikt, og hvilken type drenering som lønner seg. Geonett bør monteres på skrå, luftede tak (Byggforskserien, 2013). Figur 3.9 og Figur 3.10 illustrer oppbygninger ved ulike vinkler.



Figur 3.9 Oppbygging ekstensivt tak med fuktbevarende og drenerende sjikt. Illustrasjon av H. Vatnaland for Bergknapp AS



Figur 3.10 Oppbygging ekstensivt tak med fuktbevarende sjikt.. Illustrasjon av H. Vatnaland for Bergknapp AS.

Noen materialer kan oppfylle funksjonene til flere av sjiktene på ekstensive tak. Knasteplater eller tykk filt er materialer som kan benyttes som både fuktbevarende og drenerende sjikt, i tillegg til at de kan fungere som et beskyttende sjikt. På ekstensive tak kan ekstra rotsperre sløyfes dersom takbelegget har en rotbestandighet i henhold til NS-EN 12948 eller tilsvarende (Standard, 2015). Ekstra rotsperre kan sløyfes fordi sedumrøttene regnes som lite aggressive (Braskerud, 2014). Takbelegget utføres som på vanlige tak, med overlappskjøter som sveises sammen med en klemt og lufttett avslutning. På grønne tak skal avslutningen ha en høyde på minst 150 mm over topp av vegetasjonen (Standard, 2015). Det er viktig at takbelegget danner et vanntett sjikt, med tette detaljer mot gjennomføringer og tilstøtende bygningsdeler for å unngå fuktskader (Noreng, 2013).

På flate og svakt skrånede tak kan det ved store nedbørmengder og høy intensitet bli liggende vann på taket, grunnet for lav kapasitet i nedløpet. For å hindre dette blir et nødoverløp montert. Nødoverløpet sikrer avrenning fra taket dersom nedløpet skulle svikte. Nødoverløpet plasseres på takets høyepunkt, så lavt som mulig over overflaten til vekstmediet og utenfor kilrenner. Dette gir synlig avrenning dersom slukene ikke skulle fungere (Byggforskserien, 2007; Standard, 2015). Slukene skal ha en inspeksjonskasse og et seperasjonslag på 500 mm fra vegetasjon. Seperasjonslaget og inspeksjonskummen hindrer vekstmedier, løv, og annet som kan falle på taket, i å tette sluket. Avløpsrøret prosjekteres som for tak uten vegetasjon (Standard, 2015).

3.6.3 LECA på tak som magasinerende sjikt

Finknust LECA® lettlinker (NC 0-6), videre omtalt som LECA, er utviklet for å få maksimal fordrøyning av vann på grønne tak, og som underlag under permeabel belegningsstein (LECA, 2018b). LECA er et lett byggemateriale laget av norsk leire, som brennes til små porøse kuler med hard overflate (LECA, 2018a). LECA-kuler kan brukes til drenering, da vann kan lagres i hulrommene. Når LECA-kulene knuses vil den porøse strukturen gjøre at LECA-materialet har en større evne til å oppta vann. Finknust LECA har høy gjennomtrengelighet slik at materialet har god evne til både å infiltrere vann i grunnen og/eller langsomt videreføre vannmengder til avløpsnett.

3.6.4 Laster

Vekten av alle takmaterialer over bærekonstruksjonen skal beregnes som egenvekt. Takkonstruksjonen skal prosjekteres i henhold til NS-EN 1990 (Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner) og laster i henhold til NS-EN 1991 (Laster på konstruksjoner) (Standard, 2015). Ved ettermontering av grønne tak på eksisterende bygg må bærende konstruksjon kontrollberegnes for den ekstra lasten det grønne taket medfører. En eventuell forsterkning av den bærende konstruksjonen kan være nødvendig. Den lette vekten til ekstensive tak gjør at forsterkning av den bærende konstruksjonen sjeldent er nødvendig. Det er likevel viktig å kontrollberegne (Noreng, 2012). For nye bygg er det grønne taket allerede med i prosjekteringen, og dimensjoneringen av bærekonstruksjonen skal ta hensyn til tilleggslasten det grønne taket medfører (Noreng, 2013). Størrelsen på tilleggslasten det grønne taket gir avhenger av hva slags type grønt tak som skal legges. Ved beregning av tilleggslastene skal det regnes med det grønne dekket i vannmettet tilstand. Eventuelle andre vannmagasinerende sjikt må beregnes for i vannmettet tilstand. Total vekt til et sedumtak i vannmettet tilstand er 50-90 kg/m², til motsetning er vekten til semi-intensive

og intensive tak i vannmettet tilstand henholdsvis 120-200 kg/m² og 200-1000 kg/m² (Noreng, 2013; Standard, 2015). Den lette vekten til ekstensive tak kan i enkelte tilfeller utsette vegetasjonsmattene for vindavblåsning.

Vind kan påvirke konstruksjonen ved trykk, sug og friksjon. Størrelsen på disse kreftene er en funksjon av vindens retning og styrke, og konstruksjonens geometri. På taket er gavlen, hjørner og randsoner spesielt utsatt for vindlaster (FLL, 2008). Vegetasjonen monteres ofte i form av ferdige matter med areal på 1 m² og en vekt på 25 kg/m² - 90 kg/m². I hjørne- og randsoner kan vindsuget bli en del større enn vekten til mattene, og avblåsning kan forekomme (Noreng, 2013). Det grønne taket bør sikres mot vindavblåsning dersom dimensjonerende vindsug i hjørne- og randsoner overstiger 3,75 kN/m² (Standard, 2015).

For å sikre mot vindavblåsning er det flere tiltak som kan benyttes. Det mest optimale er å legge vegetasjonsmattene tidlig i vekstsesongen slik at rotsystemet har tid til å utvikle og feste seg før eventuelle høst- og vinterstormer kommer. På de deler av taket der erfaring tilsier at vind er et problem for vegetasjonsmattene, kan en ekstra ballast i form av 4 kN/m² -10 kN/m² stein eller singel legges (Noreng, 2013). Sikringstiltak mot avblåsning med et dimensjonerende vindsug i hjørne- og randsoner mellom 3,75 kN/m² -5,0 kN/m² legges i et belte på minst 0,5 m. Dette beltet kan for eksempel være et 50 mm tykt lag av singel med diameter på minst 15 mm, eller 50 mm tykke betongheller. Overstiger vindsuget 5,0 kN/m² bør betongheller med minimum 50 mm tykkelse benyttes. Geonett gir også redusert risiko for avblåsning (Standard, 2015).

Den bærende konstruksjonen skal dimensjoneres for snølast, i tillegg til egenlasten det grønne taket medfører. På steder med mye snøfall kan snø fjernes dersom det er nødvendig for bærekonstruksjonen. Det må ligge minst 100 mm med snø igjen på taket etter måking for å beskytte vegetasjonen mot mekaniske skader og vinterskader (Standard, 2015).

3.6.5 Brann

Byggteknisk forskrift har satt krav til materialenes brannmotstand: «Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på muligheten for antenning, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning» jf. forskrift av 19. juni 2017 om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift) §11-9 annen ledd. Bygningsdelers brannmotstand klassifiseres i henhold til NS-EN 13501-2. Vanlig takteknisk skal være ubrennbar eller tilfredsstillende klasse B_{ROOF}(t2), med unntak av enkelte tilfeller der faren for smittebrann er liten. Unntaket gjelder bygninger med liten høydeforskjell fra andre nærliggende bygninger der avstanden mellom bygningene er på minimum 8 m (TPF, 2017).

Noreng (2013) anbefaler at dersom takkonstruksjonen har brennbar isolasjon skal denne byttes ut med ubrennbar isolasjon før montering av grønt dekke. Videre behøver ikke det underliggende vannrette takbelegget ha brannteknisk klasse B_{ROOF}(t2), dersom bygningen ikke tas i bruk før vegetasjonsdekket

er lagt, og krav til brannsikkerhet på ekstensive tak er oppfylt. Ekstensive tak betraktes, ifølge FLL (2008), som tilstrekkelig resistent mot gnister og varmestråling når gitte krav er oppfylt:

- Vekstmediet består av en spesifikk mineralsammensetning som ikke overstiger 30 mm i tykkelse. Mineralsammensetningen har en begrenset mengde på ca. 20 % av organisk materiale
- Vegetasjonen som blir brukt har lav brannrisiko, og har bestått flygebrannprøven i henhold til NS-ENV 1187-2
- Det er 500 mm mellom vegetasjon og alle eventuelle åpninger i taket, brannseksjoneringsvegger, tilstøtende bygningsdeler og vegger med vindu der vinduskarm ligger lavere enn 800 mm over vegetasjonen. Åpningen på 500 mm erstattes med barriere av ubrennbare materialer som singel eller betongheller
- Hver 40 m med vegetasjon er det enten en brannvegg med en minimumshøyde på 300 mm over vegetasjonen, eller en barriere på 1 m av ubrennbart materiale som singel eller betongheller dersom brannveggen ikke trenger å bli forhøyet over takets nivå
- Vedlikehold blir utført slik at vegetasjonen og barrierene opprettholder sin funksjon

3.6.6 Drift og vedlikehold

Drift- og vedlikeholdsarbeidet og kostnadene for ekstensive tak er forholdsvis lave, dersom man har valgt riktig løsning og utforming i forhold til konstruksjon og klima. Vedlikeholdsarbeidet omhandler luking, gjødsling, rensing av sluk og vanning. Forhold som påvirker mengden med vedlikehold er mengde med sol, vind og nedbør (Byggforskserien, 2013). Luking gjøres en gang i året, flere ganger om nødvendig. Spesielt i et vått klima kan det vokse ugress i vekstmediet. Fjerning av døde planter og løv er viktig for å unngå soppangrep som kan oppstå ved mye nedbør. Første gjødsling gjøres etter to år, deretter en gang i året enten på høsten eller våren. Det anbefales å bruke langtidsvirkede gjødsel slik at gjødslet blir værende på taket og ikke blir med første regnskyll. Hvis overvann med mye næringsstoffer ledes til en resipient kan uønsket algeoppblomstring forekomme. Vanning er sjeldent nødvendig i norsk klima, men en gjennomvanning på våren bør vurderes dersom det er lengre perioder med sol og tørke, spesielt de to-tre første årene. Sluk kan tettes av blant annet løv eller is. Kontroll og rensing av sluk og renner er derfor nødvendig. En inspeksjonsboks monteres over sluket for å gi lett tilgang ved kontroller. Ved å passe på at vekstmediet alltid er dekket av vegetasjon vil det minske vedlikeholdsarbeidet. Flekker uten vegetasjon, og områder med mye skygge kan lett bli utsatt for ugress og andre uønskede arter. Snø fjernes etter bærekonstruksjonens behov (Byggforskserien, 2013).

Under utføring av vedlikeholdsarbeid brukes redskap som ikke kan skade membran, taktekning og andre funksjonssjikt som er etablert på det grønne taket. For å utføre vedlikehold og annet arbeid på taket kreves det en lett og sikker adkomst. For kortvarig arbeid brukes personlig sikkerhetsutstyr, for langvarig arbeid må stillaser eller kantsikring settes opp (Byggforskserien, 2013).

3.7 Forskning på tak som overvannsløsning

Li og Babcock (2014) gjennomgår den internasjonale tekniske litteraturen på hydrologien ved grønne tak. Ytelsen til grønne tak avhenger av både fysiske egenskaper til mediet på taket og værforhold. De avgjørende faktorene som bestemmer den hydrologiske prosessen er medietykkelse og sammensetning, takhelling og plantearter.

3.7.1 Forskning på ekstensive tak i Norge

Mellom 2008-2014 gjennomførte de 13 største byene i Norge og staten et prosjekt kalt Framtidens byer. Et av delmålene var å skape et bedre bymiljø ved å etablere flere vann- og grøntarealer i bybildet. For å nå dette målet så Framtidens byer på verdien av tverrfaglig samarbeid om bedre bymiljø og klimatilpasning (Kommunal - og moderniseringsdepartementet, 2015). Det ble etablert åtte intensive tak i sju byer, hvorav fire av takene hadde system for måling av avrenning. Disse takene var etablert i Oslo, Sandes, Bergen og Trondheim. For takene i Sandnes, Bergen og Trondheim ble det estimert at 15-30 % av nedbøren som faller på taket (akkumulerte data) aldri vil nå avløpssystemene. Reduksjon av avrenning på takene varierte med årstidene (Hanslin & Johannessen, 2015).

For forsøksstaket i Oslo ble effekten til et sedumtak ble målt til minst 24 % tilbakeholdelse av årsnedbøren. For et 40 års regn med varighet på 30 min ble avrenningen dempet med 48 %, og for et 50 års regn med en varighet på 10 min holdt det grønne taket igjen 89 % av nedbøren. Det var i større grad intensive regnbyger som ble dempet enn langvarige regnbyger. Det var lite variasjon mellom grønne og svarte tak i tilbakeholdelse av nedbør om vinteren. Ved smelting av is og snø om våren holdt de grønne takene igjen betydelige større mengder med vann enn det svarte. På dager som var våte og kalde var det mindre nedbør som ble holdt tilbake. Oppsummert vil et grønt tak både infiltrere, fordrøye og forsinke nedbør. Grønne tak kan være en del av treleddsstrategien ved ledd 1 og 2 (Braskerud, 2014).

Et annet eksperiment i Oslo, Green Roof Monitoring, er en del av EU-prosjektet OrganiCity. Eksperimentet går ut på å måle avrenning fra et grønt tak i Oslo. Prosjektet har til nå kun målinger fra fire måneder vinterstid. På et morgenmøte hos Plan- og bygningsetaten i Oslo, arrangert av ByKuben og Greenbeat AS på vegne av Oslo kommune, ble det presentert at et grønt tak kunne redusere avrenning etter en nedbørhendelse. Det ble videre sagt at et grønt tak alene ikke kan redusere ønskelige nedbørmengder for et fremtidig klima og økning i befolkningstetthet. Det ble kommentert fra publikum at nye løsninger er under utarbeidelse, og skal etableres på et par prosjekter i Oslo (personlig kommunikasjon, morgenmøte hos Plan- og bygningsetaten i Oslo kommune, 13. april 2018)

3.7.2 Forskning på LECA som magasinerende sjikt

På taket til avløpsrensaneanlegget på Høvringen i Trondheim er det etablert et forsøksfelt for overvannshåndtering. Det ene feltet har en oppbygning med 200 mm finknust LECA og belegningsstein av betong, over et areal på 8x11 m med et fall på 1:50. I en forskningsrapport som ble utarbeidet på bakgrunn av forsøksfeltet ble det estimert at taksystemet vil ha en tilbakeholdelse på 9 %, som vil tilsvare 0,27 mm/dag for hele perioden. LECA-laget reduserte avrenningstoppen med 95 % (median), i tillegg til at avrenningstoppen ble utsatt 75 min i forhold til referansetaket (Hamouz et al., 2018).

3.7.3 Forskning på ekstensive tak med LECA som magasinerende sjikt

Kim Paus (Paus, 2018) og eiendomsselskapet Urbanium har utarbeidet et notat om grønne tak og mulighet for fordrøyning. I notatet er det beregnet på fordrøyning av overvann med et lag med finknust LECA og et lag med vegetasjon som toppdekke. Fokuset var på magasineringssevnen til et grønt tak, og vurdering av maksimale utløpsmengder. For å kunne lagre et større volum vann på tak er beregningene gjort med strupet utløp. Ved å gjøre dette vil vannføringen fra taket øke med trykkhøyden, noe som gjør at maksimal vannføring fra taket opptrer når taket er fylt med maksimalt tillatt vannmengde. En slik løsning vil kreve nødoverløp ved ekstreme nedbørhendelser. For ledd 1 i treleddsstrategien, hvor små regnhendelser skal infiltreres i grunnen, vil denne løsningen være tilfredsstillende. Vegetasjonsmattene vil absorbere og ta opp nedbøren, og LECA-laget vil fange opp resterende nedbør. Det er ble gjort beregninger for to ulike tak, hvor det ene taket illustrerte et areal på 200 m² med et utløp, og det andre taket illustrerte et areal på 650 m² med tre utløp. Dimensjonerende gjentaksintervall er satt til 20 år, med varighet for 60 og 180 minutter for henholdsvis tak 1 og tak 2. Den maksimale videreførte vannmengden ble beregnet til å være henholdsvis 15 og 16 l/s·ha for tak 1 og tak 2. Estimerte avrenningskoeffisienter er på 0,12 for tak 1 og 0,28 for tak 2.

4 Tekniske beregninger for grønne tak

4.1 Måling av avrenning

Intensitet og varighet på nedbøren påvirker i stor grad hva avrenningen på et tak vil være, og det kan være store lokale forskjeller på kraftige nedbørshendelser om sommeren (Førland et al., 2015). Andre faktorer som påvirker avrenningen er temperatur og vind. Høye temperaturer vil gi økt fordampning, og vind vil fjerne den fuktige luften. Utskiftning av luft med høy fuktighet til lavere fuktighet vil øke fordampingen (Dannevig & Harstveit, 2018). På dager med høye temperaturer og mye solinnstråling vil også evapotranspirasjonene i vegetasjonen øke, og vegetasjonens vannforbruk går opp. For måling av strålingsbalansen på et tak kan det benyttes et nettoradiometer (Apogee instruments, 2018a). Grønne tak kan ha en isolerende effekt både sommer som vinter, og temperatursensorer i takets ulike sjikt kan måle denne effekten. Å måle avrenning direkte fra sluk kan være vanskelig. En enkel måte å måle avrenning er å samle vannet i en beholder og benytte seg av en trykksensor. Trykksensoren vil logge hvert minutt, og ved å se på volumendringen i beholderen kan avrenningen per minutt beregnes (Personlig kommunikasjon, K. Møen, NVE, 19.04.18).

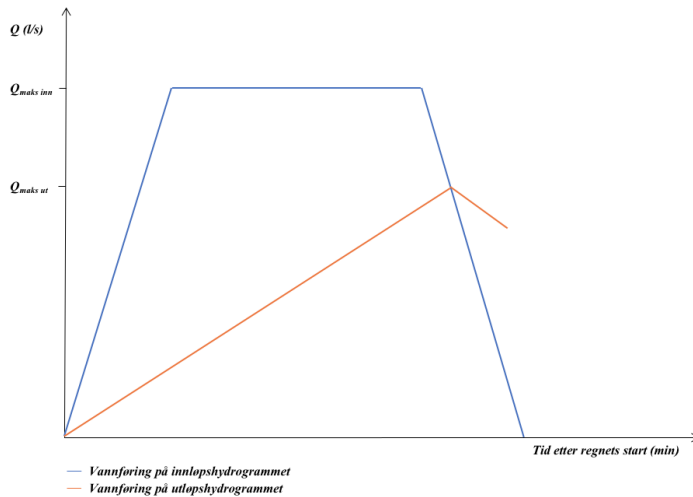
4.2 Beregning av avrenning

Det finnes flere metoder for å beregne overvann, avhengig av hva man ønsker å finne ut av. Regnenvelopmetoden bruker kasseregn for å beregne massebalansen i magasinet (Lindholm, 2014; Lindholm, 2015). Før det er mulig å beregne hvor mye overvann det vil bli må det tas hensyn til en rekke forhold, slik som hvilken dimensjonerende nedbør det skal beregnes for, hvilket gjentakintervall det skal tas høyde for og konsentrasjonstiden i nedslagsfeltet.

Estimering av videreført vannmengde følger regnenvelopmetoden. Regnenvelopmetoden bruker blokkregn til å beregne massebalansen i et magasin for ulike regnvarigheter gitt av intensitet-varighet-frekvenskurver (IVF-kurver). Regnenvelopmetoden er delt inn i to undergrupper:

- Regnenvelopmetode med konstant utløp
- Regnenvelopmetode med variert utløp (Aron og Kiblers metode)

Aron og Kiblers metode forutsetter at innløpet følger trapesformet innløpshydrogram, som vil si lineær økende vannføring inn i et magasin til maksimal fylling av magasinet. Når det slutter å regne vil vannføringen fra magasinet avta lineært. Utløpet følger triangulært utløpshydrogram hvor toppen på utløpshydrogrammet ligger på nedadgående delen innløpshydrogrammet. Utløpshydrogrammet følger en lineær linje fra origo. Fordrøyd vannmengde er arealet mellom den oransje og den blå linjen. Figur 4.1 illustrerer et inn- og utløpshydrogram.



Figur 4.1 Eksempel på et inn- og utløpshydrogram. Innløpshydrogrammet følger den blå kurven, og utløpshydrogrammet følger den oransje kurven.

Fordrøyd vannvolum er vannmengde inn i bassenget minus vannmengde ut av bassenget, og vil følge formel 4.1:

$$V_f = Q_{maks} K_f t_r - \left[\frac{t_r - t_k}{2} \right] Q_u \quad 4.1$$

der Q_{maks} er maksimal vannføring på innløpshydrogrammet (m^3/s) og Q_u er maksimal vannføring på utløpshydrogrammet (m^3/s). Summen av konsentrasjonstiden i nedslagsfeltet og regntiden ($t_k + t_r$) avgjør når utløpsvannføringen er lik null, og måles i sekunder (Stiftelsen VA/Miljøblad, 2015). K_f er klimafaktor, og benyttes for å estimere fremtidig nedbør (Paus et al., 2014). Denne er derfor også lagt til i Formel 4.1.

4.2.1 Vannføring inn på taket (Q_{maks})

Vannføring på innløpshydrogrammet følger den rasjonelle metode, vist i Formel 4.2. Den rasjonelle metode er vanlig å bruke til å beregne maksimal avrenning i små urbane felt på 20-50 ha. Nedbøren er direkte knyttet til maksimal avrenning, som passer for kraftige regnbyger om sommeren i store byer. Maksimal vannføring beregnes fra Formel 4.2:

$$Q_{maks} = \varphi * A * I \quad 4.2$$

der Q_{maks} er maksimal vannføring på innløpshydrogrammet (l/s), φ er avrenningskoeffisienten, A er arealet av nedbørområdet (km^2) og I er dimensjonerende nedbørintensitet ($l/s*ha$) (Lindholm, 2015).

4.2.2 Dimensjonerende nedbørintensitet

Det er regnbyger med høy intensitet og kort varighet som gjør mest skade på miljø og omgivelser i tettbygde områder (Hanssen-Bauer et al., 2015). Det er korttidsnedbøren det må dimensjoneres for ved fortetting og utbygging. Hvor sårbart området er for oversvømmelse og skade må også tas hensyn til. En IVF-kurve viser hvor ofte og ved hvilken intensitet det forventes at en regnbyge med samme eller høyere nedbørverdier vil inntreffe (Thorolfsson, 2014). Frekvensen for en regnbyge er gitt ved

gjentaktsintervall i år, det vil si hvor mange år i gjennomsnitt som går mellom hver gang en regnhendelse av bestemt varighet og intensitet vil inntreffer (Thorolfsson, 2014). Norsk Vann har laget en anbefaling for minimums dimensjonerende gjentaktsintervall for separat – og fellesavløpssystem, vist i Tabell 4.1. Anbefalinger kan brukes dersom det ikke utarbeides et optimalt gjentaktsintervall for det aktuelle nedslagsfeltet. Dimensjonerende gjentaktsintervall bør evalueres for hvert enkelt felt, og baseres på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger (Lindholm et al., 2008). IVF-verdier er estimater basert på tidligere data, og estimat for dimensjonerende nedbør finnes på Norsk klimaservicesenter sine nettsider (Norsk klimaservicesenter, 2018b).

Tabell 4.1 Dimensjonerende gjentaktsintervall for separat- og fellesavløpssystem etter Norsk Vanns minimumsanbefaling (Lindholm et al., 2008)

Dimensjonerende regnskylhyppighet* (1 i løpet av «n» år)	Plassering	Dimensjonerende oversvømmeshyppighet** (1 i løpet av «n» år)
1 i løpet av 5 år	Området har lavt skadepotensial (utkantområder)	1 i løpet av 10 år
1 i løpet av 10 år	Boligområde	1 i løpet av 20 år
1 i løpet av 20 år	Bysentrum, industriområde og forretningsstrøk	1 i løpet av 30 år
1 i løpet av 30 år	Området har stort skadepotensial (f.eks. underganger)	1 i løpet av 50 år

* Topp av rør i ledningsnettet skal bare fylles ved dimensjonerende gjentaktsintervall.

** Normalt regnes oversvømmelsesnivået til et kjellernivå 0,9 m over topp av rør i hovedledningsnettet.

4.2.3 Avrenningskoeffisient (φ)

Avrenningskoeffisienten er en dimensjonsløs parameter som benyttes for å bestemme avrenningen fra et område, som vil si hvor stor evne nedslagsfeltet har til å infiltrere og fordrøye vann. Avrenningskoeffisientens verdi ligger i intervallet $0 < \varphi < 1$. Høy verdi på avrenningskoeffisienten vil si at lite vann holdes tilbake. Koeffisienten brukes for å beskrive volum- og spissavrenning for store felt, små urbane felt og små flater slik som tak. Spissavrenningskoeffisienten angir forholdet mellom maksimal avrenning fra et område og områdets regnintensiteten (Lindholm, 2014). Tabell 4.2 viser eksempler på ulike overflaters spissavrenning.

Tabell 4.2 Avrenningskoeffisienter. ϕ_{spiss} er forholdet mellom maks avrenning og midlere regnintensitet for samme området (Lindholm et al., 2008)

Type flate	ϕ_{spiss}	Sammensatte flater	ϕ_{spiss}
Tak	0,8-0,9	Bysentrum	0,7-0,9
Asfalterte veger og gater	0,7-0,8	Blokkbebyggelse	0,4-0,6
Grusveg	0,4-0,6	Rekkehusområder	0,3-0,4
Plen	0,05-0,1	Åpne eneboligstrøk	0,2-0,3

Sommernedbøren som skaper den høyeste spissavrenningen i urbane nedbørfelt. Sommernedbør defineres som intense regnbyger med stor avrenning fra impermeable flater (Lindholm et al., 2008) Volumavrenningskoeffisienten angir forholdet mellom avrent vannvolum og tilhørende nedbør (Lindholm, 2014). Om vinteren bidrar både nedbør og smeltevann til avrenning, noe som gjør at volumavrenningen er størst om vinteren, grunnet frossen mark (Lindholm et al., 2008).

4.2.4 Klimafaktor (K_f)

Klimafaktor er en dimensjonsløs verdi som multipliseres med dimensjonerende nedbørintensitet for å estimere hva den fremtidige nedbørsmengden vil være (Paus et al., 2014). Gjentakintervall, varighet, lokalitet og referanseperiode påvirker valg av klimafaktor. Det er som oftest høyere klimafaktor for nedbør med høyere gjentakintervall og lav varighet. For flom benyttes det et klimapåslag i stedet for en klimafaktor (Hanssen-Bauer et al., 2015). Klimafaktoren avhenger også av hvor lang levetid det forventes på det som etableres. Statens vegvesen sine klimafaktorer for en installasjon som har forventet levetid på 100 år er vist i Tabell 4.3.

Tabell 4.3 Klimafaktor for ulike gjentakintervall av nedbør (Statens vegvesen, 2014)

Gjentaksintervall (1 gang per «n» år)	Klimafaktor
10 år	1,3
100 år	1,4
200 år	1,5

Kommuner kan sette andre krav til klimafaktor. Ås kommune har satt klimafaktor for sentrumsområdene til 1,5 for en regnhendelse på 20 min og et gjentakintervall på 10 år (Ås kommune, 2016).

4.2.5 Konsentrasjonstid (t_k)

Konsentrasjonstid er den tiden det tar fra en regndråpe treffer i ytterkant av nedslagsfeltet til den når utløpet i den andre ytterkanten (Lindholm, 2014). Konsentrasjonstiden er ikke konstant for feltet, men avhenger av flere faktorer slik som nedbørintensitet, høydeforskjell i feltet og grunnens evne til å infiltrere vann. Ved stor nedbørintensitet vil det bli en raskere strømning som igjen gir en kortere konsentrasjonstid. Når den hydrauliske ledningsevnen er kjent kan Formel 4.3 benyttes for å bestemme strømningshastigheten q_s (m/døgn) for vann:

$$q_s = K * I \quad 4.3$$

der K er hydraulisk ledningsevne, kalt permeabilitetskoeffisienten (m/døgn), og I er hydraulisk gradient. Hydraulisk gradient (h/L) er fall i meter per meter for grunnvannsspeilet. Ved å dividere strømningshastighet med porevolumet p fås spesifikk strømningshastighet, vist i Formel 4.4:

$$v = \frac{K * I_h}{p} \quad 4.4$$

Porevolumet er en dimensjonsløs verdi og oppgis ofte i prosent. Konsentrasjonstiden bestemmes ved å dividere strømningsveien med spesifikk hastighet (Thorolfsson, 2014).

4.2.6 Videreført vannmengde (Q_u)

Høyeste vannføring på utløpshydrogrammet, Q_u , er den vannmengden som tillates å slippes ut fra sluket og videre til avløpsnett. Denne avhenger av flere faktorer, blant annet størrelse og utforming på utløpet, og om nedbøren trenger å bevege seg gjennom et medium. Maksimal videreført vannmengde for et sluk kan beregnes etter Formel 4.5:

$$Q = C_d * A * \sqrt{2gh} \quad 4.5$$

der C_d er utløpskoeffisienten, A er arealet på utløpet (m^2), g er gravitasjonskraften lik $9,81 m/s^2$ og h er vannivå over sentrum av utløpet (m). For sirkulære utløp med skarpe kanter settes $C_d=0,6$ (Chin, 2013).

Der hvor vann må strømme gjennom et medium avhenger vannføringen av den hydrauliske ledningsevnen til materialet. Hydraulisk ledningsevne er materialets evne til å infiltrere vann på en viss tid, og avhenger av porevolumet til materialet. En finkornet masse har lavere hydraulisk ledningsevne enn grovkornet. Ved tiltramping og frost reduseres den hydrauliske ledningsevnen til et materiale (Endresen, 2009). For å bestemme vannføringen må strømningshastigheten multipliseres med tverrsnittsarealet, gitt i Formel 4.6 (Thorolfsson, 2014):

$$Q = q_s * A \quad 4.6$$

der $q_s = K * I_h$ er vannføringshastigheten (m/s) og A er tverrsnittsarealet (m^2). Vannføringen avhenger også av om materialet vannet skal strømme gjennom er isotropisk. Et isotropisk medium har lik strømningshastighet i alle retninger (Mæhlum, 2018).

For å finne ut hvor mye nedbør som kan infiltreres i grunnen i vannmettet tilstand, divideres vannføringen med overflatearealet. Ved at vann renner bort dypere i mediet, infiltreres mer på overflaten. Dersom infiltrasjonskapasiteten overskrides, vil det resterende vannet renne på overflaten. Hastigheten på vannet vil avhenge av blant annet friksjon mot underlaget (Chin – engineering).

4.3 Maksimal fordrøyd vannmengde

Magasineringskapasitet (m^3) i ulike medium beregnes på bakgrunn av porevolumet til materialet. Magasineringskapasiteten er gitt ved Formel 4.7:

$$M_k = A * h * \frac{p}{100} \quad 4.7$$

der A er arealet på infiltrasjonsområdet (m^2), h er avstanden fra infiltrasjonsnivå til vannmettet sone (m), og p er porevolumet. For steinrike masser settes porevolumet til 30 % (Endresen, 2009).

4.4 Beregninger på konstruksjon

4.4.1 Vindlast

Dimensjonerende vindsug, w_e , beregnes ved multiplikasjon av Peak Velocity Pressure, $q_p(z)$, og vindtrykkoeffisienten for utvendig trykk, C_{pe} . Peak Velocity Pressure er gitt ved Formel 4.8:

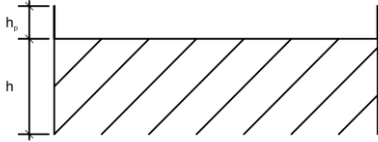
$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) \quad 4.8$$

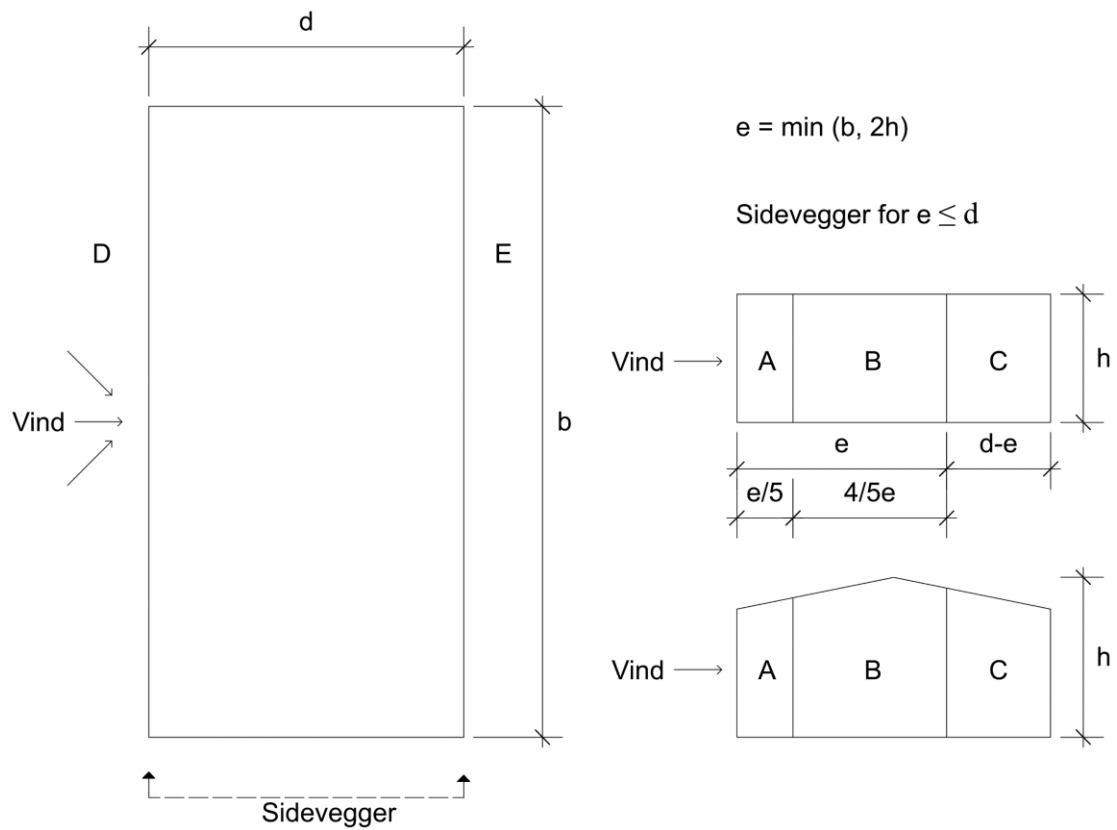
der I_v er turbulensintensitet, ρ er luftdensiteten på $1,25 \text{ kg/m}^3$ og $v_m(z)$ er gjennomsnittlig vindhastighet ved høyde z over terrenget. Konstruksjonen deles inn i ulike soner med egne verdier for C_{pe} som er gitt i NS-EN 1991-1-4. Tabell 4.4 og Tabell 4.5 viser vindtrykkoeffisientene for vegger og for flatt tak med parapeter. Figur 4.2 og Figur 4.3 viser vindsonene til vegger og flatt tak. Koeffisientene avhenger av størrelsen på sonen der vindkraften oppstår, og er gitt for det belastede området på 1 m^2 , $C_{pe,1}$, og 10 m^2 , $C_{pe,10}$. Dersom arealets størrelse er mellom 1 m^2 og 10 m^2 brukes interpolering (Standard, 2005).

Tabell 4.4 Vindtrykkoeffisienter for vegger

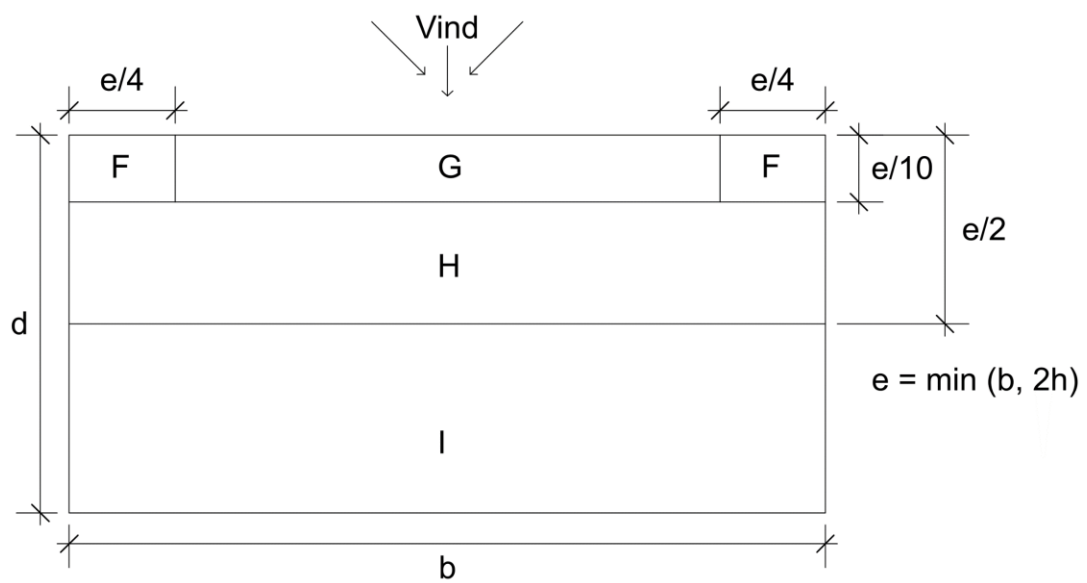
Utvendig trykkoeffisienter for vegger	Sone									
	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Tabell 4.5 Vindtrykkoeffisienter for flatt tak med parapeter

Utvendig trykkoeffisienter for flatt tak med parapeter	Sone							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2
		-0,2						
$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	
	-0,2							
$h_p/h = 0,01$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	
	-0,2							



Figur 4.2 Vindsoner på vegger der $e \leq d$ i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005+NA2009



Figur 4.3 Vindsoner på flatt tak i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005+NA2009. Rand- og hjørnesonene F og G er mest vindutsatt

4.4.2 Snølast

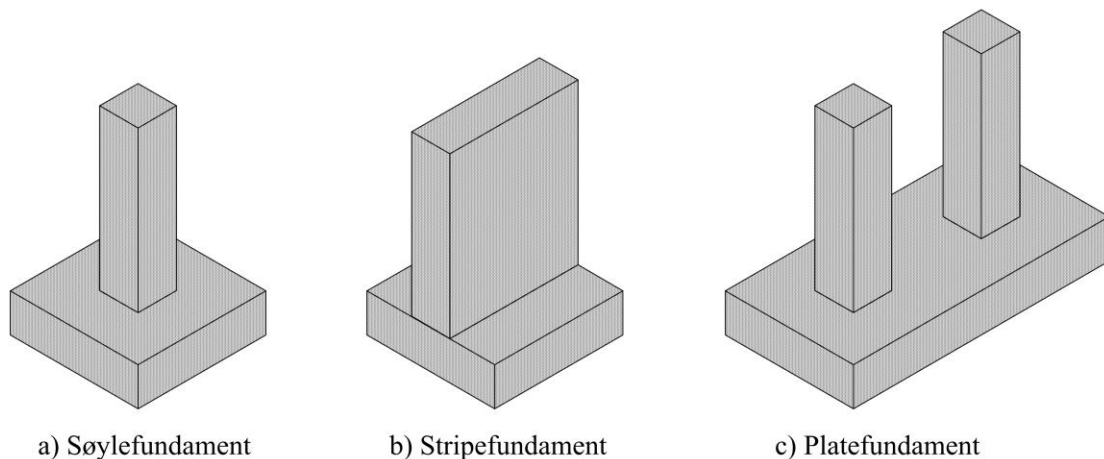
Ved beregning av snølast på tak skal det tas hensyn til to primære lasttilfeller, snølast på tak som ikke skyldes snødriver, og snølast på tak der snødriver inngår. Dimensjonerende snølast er gitt ved Formel 4.9:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad 4.9$$

der C_e er eksponeringskoeffisienten og C_t er den termiske koeffisienten. Ved normal topografi og varmegjennomgang i taket settes eksponeringskoeffisienten og den termiske koeffisienten til 1,0. Den karakteristiske verdien for snølast, s_k , er gitt i nasjonalt tillegg i NS-EN 1991-1-3:2003. I Ås er verdien for s_k lik 3,5 kN/m². Snølastens formfaktor, μ_i , bestemmes ut fra takets form og vinkel. For flatt tak som ikke grenser til, eller ligger nært høyere byggverk, er formfaktorens verdi 0,8 (Standard, 2003).

4.4.3 Dimensjonering av fundamentbredde og armering

Direkte fundamentering er en fundamenteringsmetode som gjør at konstruksjonens laster blir overført direkte til grunnen som et flatetrykk. Direkte fundamentering medfører vanligvis små masseforflytninger og terrenginngrep, og kan derfor spare utbygger for enkelte kostnader. Aktuelle fundamenttyper er vist i Figur 4.4.



Figur 4.4 Fundamenttyper for direkte fundamentering

Ved dimensjonering av fundamentets bredde brukes forholdet mellom grunnens bæreevne og den dimensjonerende lasten fundamentet blir utsatt for, N_{Ed} . Grunnens bæreevne kan uttrykkes ved tillatt dimensjonerende grunntrykk, σ_{gd} , i bruddgrensetilstanden. Når fundamentet blir utsatt for en sentrisk last fra konstruksjonen, kan bredden beregnes fra Formel 4.10, Formelen forutsetter at grunntrykket antas jevnt fordelt over bredden (Sørensen, 2010):

$$b \geq \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} \quad 4.10$$

Standard (2004a) anbefaler fundamentarmering dersom fundamentets bredde utenfor søylen er større enn halve fundamentets høyde. Nominell overdekning, avstand fra grunn til armering, skal ifølge

nasjonalt tillegg i være minimum 40 mm ved avrettet grunn. For å unngå skråriss i fundamentet gjelder Formel 4.11:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \quad 4.11$$

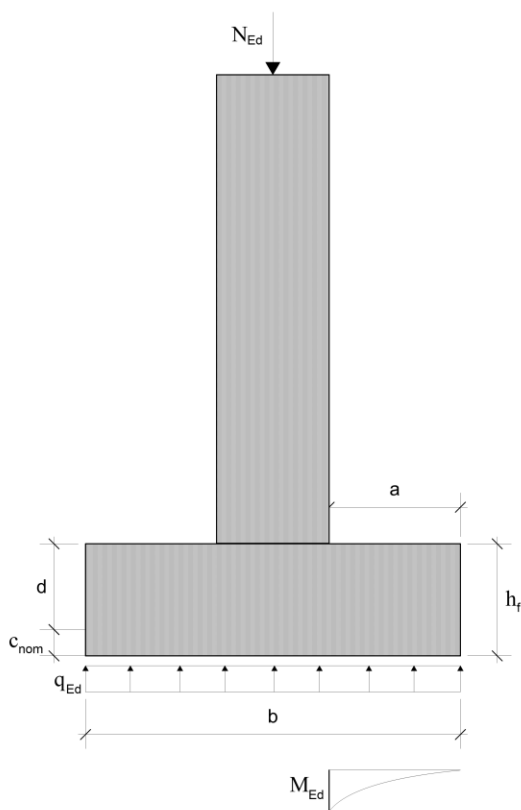
der M_{Rd} er betongtrykksonens momentkapasitet og M_{Ed} er dimensjonerende bøyemoment. Betongtrykksonens momentkapasitet er gitt etter Formel 4.12:

$$M_{Rd} = 0,275 f_{cd} b d^2 \quad 4.12$$

der f_{cd} er den dimensjonerende trykkfastheten for betongen og d er fundamentets høyde fra armering og opp. Grunntrykket, q_{Ed} , som følge av den dimensjonerende trykklasten, kan antas jevnt fordelt over fundamentbredden. Formel 4.13 gir det dimensjonerende bøyemomentet:

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed} a^2}{2} \quad 4.13$$

der a er bredden til fundamentet utenfor søylen, vist i Figur 4.5.



Figur 4.5 Armert søylefundament med dimensjonerende lastvirkninger

4.4.4 Dimensjonering av bjelker

Ved dimensjonering av bjelker skal det kontrolleres om bjelken har tilstrekkelig kapasitet på bøyning og skjær. Normalspenningen σ i et massivt rektangulært tverrsnitt, påkjent av et bøyemoment M om den sterke akse (y-y) og avstand z fra denne akse er gitt ved formel 4.14:

$$\sigma = \frac{M \cdot z}{I_y} \quad 4.14$$

der I_y er andre arealmoment av bjelkens tverrsnitt om y-y akse. Innføres tverrsnittets motstandsmoment W_y , som er forholdet mellom I_y og halve tverrsnittets høyde, kan den maksimale dimensjonerende bøyepening $\sigma_{m,y,d}$ skrives om fra Formel 4.14 til Formel 4.15:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} \quad 4.15$$

Bøyemomentet M for en bjelke innspent i begge ender med jevnt fordelt last som vist i Figur 4.6 er gitt ved Formel 4.16 og 4.17:

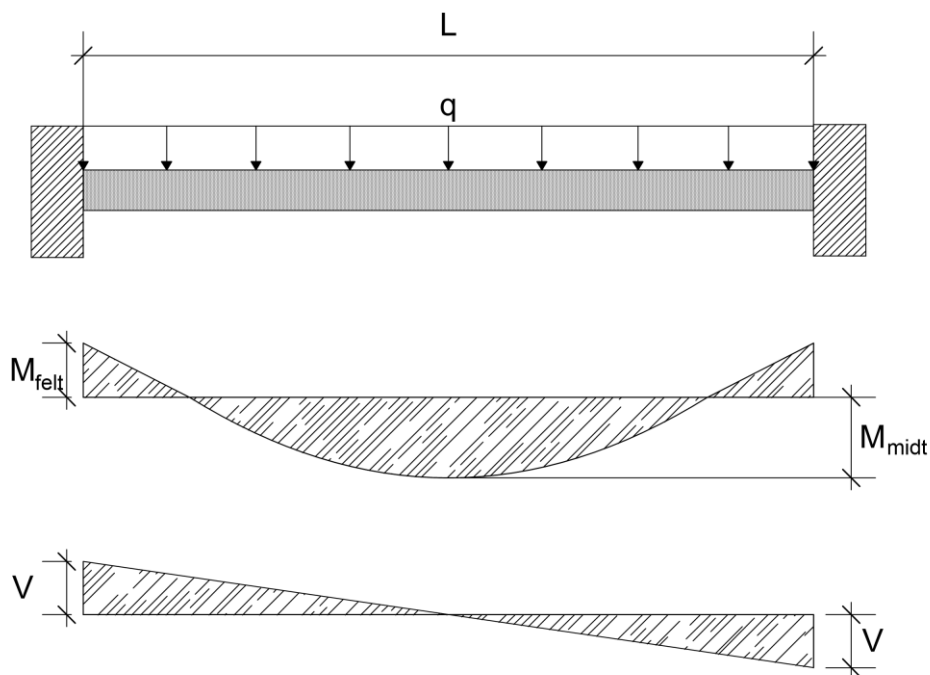
$$M_{maks,ende} = \frac{ql^2}{12} \quad 4.16$$

$$M_{felt,midt} = \frac{ql^2}{24} \quad 4.17$$

Dimensjoneringskriteriet for bøyepening er gitt ved Formel 4.18:

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad 4.18$$

der $f_{m,y,d}$ er dimensjonerende fasthet om tverrsnittets hovedakse, og k_m er en modifikasjonsfaktor som tar hensyn omfordeling av spenninger. k_m settes lik 0,7 for rektangulære tverrsnitt av limtre og konstruksjonstrevirke.



Figur 4.6 Lastbilde, momentdiagram og skjærkraftdiagram av en fast innspent bjelke med en jevnt fordelt last q

Skjærspenninger vil normalt oppstå i en bjelke utsatt for bøyning. Spenningene har størst verdi i tverrsnittets nøytralakse, og maksimal skjærspenning τ er for rektangulære tverrsnitt gitt ved Formel 4.19:

$$\tau = \frac{3V}{2 \cdot b \cdot h} \quad 4.19$$

der V er skjærkraften og b og h er tverrsnittets bredde og høyde. Skjærkraften V_{Rd} i en bjelke innspent i begge ender med jevnt fordelt last er gitt ved Formel 4.20:

$$V_{Rd} = \frac{ql}{2} \quad 4.20$$

På grunn av tørke og svelling i trevirke anbefaler Standard (2004b) at det brukes en effektiv bredde $b_{ef} = k_{cr}b$. I Norge er k_{cr} valgt å settes til 0,8 for limtre. Dimensjoneringskriteriet for skjær er vist i Formel 4.21:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 4.21$$

der τ_d er dimensjonerende skjærspenning og $f_{v,d}$ er dimensjonerende skjærfasthet (Bell et al., 2015).

5 Gjennomføring av et prosjekt

Bakgrunnen for et prosjekt er prinsipielt et problem som krever en løsning. Prosessen et prosjekt gjennomgår fra problem til resultat krever nyskaping. Dersom resultatene aksepteres, implementeres og spres til andre, kan prosessen utgjøre en komplett innovasjonsprosess. En innovasjonsprosess er definert i Kolltveit et al. (2009) som en prosess bestående av nyskaping, adopsjon og diffusjon. Nyskaping er innovasjon, å akseptere og ta i bruk nyheter defineres som adopsjon, og en spredning av nyheter til flere defineres som diffusjon. Denne prosessen er en kompleks og interaktiv samhandling mellom flere aktører med ulik kompetanse (Kolltveit et al., 2009).

5.1 Prosjektfunksjoner

En aktør er et begrep i byggebransjen som vanligvis er knyttet til organisasjoner eller firmaer. Det er en rekke aktører involvert i et byggeprosjekt, og de kan oppfylle flere ulike funksjoner og roller. Rollebegrepet er ofte knyttet til enkeltpersoner, og deres funksjon i prosjektet. En aktør kan derfor påta seg bestemte ansvarsområder i henhold til Plan- og bygningsloven. Dette gir aktøren en rolle knyttet til byggherrens organisering av prosjektet og en rolle knyttet til ansvarsområdet som er påtatt. Kolltveit et al. (2009) deler aktørene inn i fem grupper etter funksjon, institusjonelle funksjoner, byggherrefunksjoner, brukerfunksjoner, rådgiverfunksjoner og utførende funksjoner. De ulike funksjonene er beskrevet under.

1. De institusjonelle funksjonene er definert i byggesaken gjennom lover og forskrifter. Plan- og bygningsloven krever ulike roller for å sikre de forskriftmessige funksjonene i et byggeprosjekt, som utgjør de institusjonelle funksjonene.
2. En byggherre (BH) kan være en offentlig byggherre, et privat firma, en organisasjon eller en privatperson. Byggherren er initiativtaker, tiltakshaver, eier og oppdragsgiver til bygget. Byggherrens organisasjon har flere ulike roller og funksjoner. Prosjektlederens (PL) funksjon er å lede prosjektet slik at prosjektet gjennomføres innenfor de økonomiske, tidsmessige og forskriftsmessige rammer. Prosjektleder prosjektering (PLP) har en funksjon for å avlaste prosjektleder, dersom prosjektets størrelse eller kompleksitet tilsier at det vil være hensiktsmessig. Byggeleder (BL) sin funksjon er å føre tilsyn på byggeplassen for byggherren. Byggelederen kan være en passiv observatør, eller aktivt delta ved å blant annet delta på byggemøter, føre protokoller og formidle kontakt mellom prosjekteringsgruppen, byggherre og entreprenør. Prosjektgruppen sin funksjon er å utrede et plan- eller byggearbeid på vegne av kommunen eller annen byggherre.
3. En bruker, eller brukerrepresentanter, er de som skal ta i bruk bygget. Brukeren bør involveres i planleggings- og byggeprosessen for å bidra med kompetanse om hvordan virksomheten som skal flytte inn i bygget fungerer, og for å sikre eierskap og aksept av bygget hos brukeren. En bruker kan være en offentlig virksomhet, privatperson, organisasjon eller et firma.

4. Rådgiverne har som funksjon å prosjektere bygget. Prosjekteringsgruppeleder (PGL) har som oppgave å koordinere prosjekteringen mellom de ulike rådgiverne og er bindeleddet til byggherren. Arkitekten (ARK) er med i prosjekteringsgruppen, sammen med blant annet rådgivende ingeniør bygg (RIB), VVS (RIV), elektro (RIE), brann (RIBR) og landskapsarkitekt (LARK).
5. De utførende funksjonene har ansvar for den faktiske utførelsen av bygget. Utføringen gjennomføres av ulike entreprenører (ENT). Entreprenørene har sin egen administrasjon på byggeplassen, ledet av en prosjektleder som organiserer utførelsen. Anleggslederen (AL) er den operative lederen på byggeplassen, teknisk koordinator koordinerer utførelsen for de tekniske fagene, HMS-ansvarlig har ansvar for planlegging og gjennomføring av helse, miljø og sikkerhetsarbeidet på byggeplassen og formann (FM) er leder for en eller flere baser. Håndverkerne utfører det fysiske arbeidet på byggeplassen. Ved utførelsen av de tekniske fagene er det ofte behov for å ansette en underentreprenør (UE) som har spisskompetanse på områdene. En leverandør er alle som selger varer og tjenester til prosjektet.

5.2 Prosjektprosesser

Prosjektets organisering er ofte knyttet sammen med de hovedaktivitetene som fører til prosjektets resultat. En formell faseinndeling kan være et viktig redskap i styring og organisering av et prosjekt (Eikland, 1998). Det finnes flere ulike måter å dele opp ethvert prosjekts forløp. Generell prosjektteori deler prosjektet inn i tre faser, oppstartsfasen, gjennomføring/produksjonsfasen og avslutningsfasen. (Kolltveit et al., 2009).

Oppstartsfasen:

I starten av et nytt prosjekt er det mye rom for kreativitet, og prosjektorganisasjonen skal bygges opp. Oppstartsfasen kan beskrives med tre begreper, forming, storming og norming. Forming innebærer å forme prosjektet. Hva er formålet med prosjektet, hvordan skal prosjektet struktureres og hvem skal være med på prosjektet er spørsmål som stilles. Når mål og organisasjonen er satt kan det forekomme storming, en periode med konflikter. Nye medarbeider vil klargjøre sin rolle og posisjon, og kan utfordre alt fra prosjektets mål til dens oppbygging. Det er viktig å skape en effektiv organisasjon, og løse de konfliktene som måtte oppstå på en god måte allerede i oppstartsfasen. For at prosjektorganisasjonen skal fungere må regler og normer opprettes. Denne delen av oppstartsfasen er viktig for å unngå nye konflikter og misforståelser innad i organisasjonen.

Gjennomføringsfasen:

Gjennomføringsfasen er som oftest relativt stabil i forhold til prosjektets organisasjon. Formen er funnet, og normer er etablert. I gjennomføringsfasen er det redusert kreativitet, og organisasjonen må

akseptere at de valgte løsningene er gode nok. Det er stort press på å nå delmål og milepæler, og å holde den satte fremdriftsplanen.

Avslutningsfasen: I avslutningsfasen er hovedmålet nådd, og gjenstående arbeid kan være utfordrende å identifisere. Det gjenstår ulike dokumentasjoner, prosjektet må systematiseres og arkiveres og nøkkelpersonell kan være skiftet ut.

Når byggesakens forløp skal beskrives, er det hensiktsmessig å benytte egne byggeprosjektfaser. Byggeprosessens formelle inndeling i faser har ifølge Eikland (1998) til hensikt å gi en overordnet og helhetlig kontroll på prosjektet. Han deler byggeprosessen inn i tre kjerneprosesser, programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Den første prosessen skal identifisere krav som byggverket skal tilfredsstillende, den andre omhandler utvikling, utforming og beskrivelse og den siste er utførelsen av byggverket. Videre kan fasene deles i ytterligere faser, der Eikland (1998) har tatt utgangspunkt i Statsbygg sin faseinndeling:

Utredning: Formålet og organisasjon- og gjennomføringsform til prosjektet etableres. Det etableres blant annet en fremdriftsplan, et budsjett og en miljøplan.

Rom-og byggeprogram: Utgangspunktet for prosjekteringen dannes, og en kostnadsramme etableres.

Skisseprosjekt: Prosjekteringen begynner på skissenivå. Dette inkluderer blant annet utforming av tegninger, prosjekteringsmøter, brukermøter, valg av løsninger, miljøplan, SHA-plan og kalkyler.

Forprosjekt og detaljprosjekt: Hovedidéen for prosjektet er akseptert, og prosjekteringen fortsetter i detalj med flere prosjekteringsmøter og brukermøter. SHA-plan og miljø-plan blir fulgt opp. Det utføres mengdeberegning og kvalitetssikring, før prosjektet blir sendt ut på anbud. Her velges også entrepriseform.

Kontrahering og bygging: Anbudet blir gjennomgått, avklaringsmøter avholdes, og kontrahering av entreprenør og eventuelt byggeleder foregår. I byggefasen gjennomføres selve utførelsen. Byggeledelsen er satt og igangsettingstillatelser er gitt. Under byggeperioden gjennomføres blant annet verneunder, byggemøter og oppfølging av SHA-plan.

Ferdigstillelse: Bygget er ferdig, og ferdigbefaringer utføres. Eventuelle avvik rettes opp, og all nødvendig dokumentasjon ferdigstilles, blant annet FDV-dokumentasjon. Brukeren tar over bygget.

Avslutning: Her gjennomføres garantibefaringer med eventuelle utbedringer.

Enkelte prosesser går over flere faser. Prosjekteiere, byggherrer og prosjektlederen har som regel sin egen faseinndeling som legges til rette for å sikre en betryggende prosess tilpasset prosjektets størrelse og art. Kjernefasene forekommer naturlig etter hverandre i enhver byggeprosess, men det er ofte en betydelig overlapp mellom dem. Programmeringsfasen kan foregå parallelt med prosjekteringen, og prosjekteringen kan foregå godt ut i produksjonsfasen (Eikland, 1998). Gjennom prosjektering og utførelsen av byggearbeid blir SHA-planen fulgt opp. Begrepet SHA (sikkerhet, helse og arbeidsmiljø) er forankret i forskrift av 2. august 2009 om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplassen (byggherreforskriften). Planen beskriver hvordan byggherren skal ivareta arbeidstakernes sikkerhet, helse og arbeidsmiljø gjennom risikovurderinger og nødvendig informasjon under utførelse (Arbeidstilsynet, 2009). Ved ferdigstillelse utarbeides dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold av byggverk og tekniske installasjoner (FDV-dokumentasjon). FDV-dokumentasjonen er ment å være en brukermanual for brukere i driftsfasen, og skal inneholde all relevant dokumentasjon for utførelse av drift og vedlikehold (Byggtjeneste, 2011).

En prosjektorganisasjon har normalt en prosjektleder. Westhagen og Aarset (1988) beskriver en prosjektleders rolle som å lede en organisasjon av medarbeidere. Dette innebærer organisering av arbeidet, etablering og vedlikehold av ønsket organisasjonsstruktur, målsetting, planlegging og oppfølging, og at prosjektlederen sørger for at prosjektorganisasjonen når sine mål. En viktig del av arbeidet til prosjektlederen er å håndtere ulike gruppeprosesser, blant annet kommunikasjon. Møter er en kjent form for deling av informasjon, men det er ofte lite bevissthet angående formål og opplegg for møter. Boken (Kolltveit et al., 2009) har seks punkter for å gjennomføre effektive møter, planlegg i forveien, start til rett tid med agenda og hensikt for møtet, gjennomfør i henhold til agenda, oppsummer og konkluder, evaluer, send ut referat og følg opp dette.

Det er flere metoder og verktøy som benyttes i prosjektets ulike prosesser. Ved oppstart av et nytt prosjekt skal prosjektet utredes, der formålet og organisasjon- og gjennomføringsform til prosjektet etableres. Briner et al. (1996) beskriver utredningsprosessen for et prosjekt med fem spørsmål: spørsmål om ressurser, effekter, strategi, interessenter og aktiviteter og prosesser. Prosjektorganisasjonen må svare på om de har det som trengs for å gjennomføre prosjektet (ressurser), hva skal skje som resultat av prosjektet (effekter), hva er forretningstanken bak prosjektet (strategi), hva forventer ulike interessenter av prosjektet (interessenter) og hva må prosjektorganisasjonen selv gjøre (aktiviteter og prosesser). Videre følger de neste fasene i byggeprosjektet, med egne verktøy og metoder.

6 Metode

Dagens utfordring med å håndtere overvann under intense nedbørmengder krever en ny og nyskapende løsning. Dersom løsningen viser positive resultater bør den spres videre og implementeres hos andre. Ifølge Kolltveit et al. (2009) vil dette skape en komplett innovasjonsprosess. Forsøksprosjektet i denne oppgaven er oppstarten av en innovasjonsprosess for å finne en løsning for å håndtere overvann lokalt. Kolltveit et al. (2009) har delt fasene for generell prosjektteori inn i tre faser, oppstartsfasen, gjennomføringsfasen og avslutningsfasen. Implementeres prosjektteorien til Kolltveit et al. (2009) i dette prosjektet, er oppstartsfasen utredningen av problemet, skissering av et forsøksprosjekt og etableringen av forsøksprosjektet. Gjennomføringsfasen utfører målinger av forsøksprosjektet, kalibrerer og lager analyser, og avslutningsfasen diskuterer, konkluderer og deler resultatene. Metoden i denne oppgaven tar derfor for seg oppstartsfasen, med etableringen av en forskningsinfrastruktur.

6.1 Prosesser

Eikland (1998) sin formelle inndeling av byggeprosessens faser er delt i tre kjerneprosesser, programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Faseinndelingen blir lagt til rette for å sikre en god prosess, og er noe ulik fra prosjekt til prosjekt. I dette prosjektet ble det naturlig å følge Eikland (1998) sin faseinndeling.

Programmeringsprosessen utredet formål, prosjektet, og skissen av bygget. Under utredningsprosessen ble Briner et al. (1996) sine fem spørsmål om utredning brukt. Nødvendige ressurser for gjennomføringen av forskningsinfrastrukturen var kvalifisert fagpersonell, et regulert forsøksområde og økonomisk støtte. For at prosjektet skulle bli gjennomført, var det behov for at ulike interessenter hadde nytte av prosjektets resultat, og programmeringen og skisseringen ble lagt opp ut fra interessentenes behov. Interessentene i denne sammenheng var samarbeidspartnerne, produsenter, sponsorer, institusjoner og studenter ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), og eventuelt andre interesserte i forsøkets resultater. Strategien ved å etablere forsøket var for produsentene å få testet produkter, og for institusjonene muligheten for å publisere resultatene. Det siste spørsmålet om aktiviteter og prosesser ble avgjort ut fra de foregående spørsmålene, etter hvordan prosjektorganisasjonen utviklet seg og hvilke ressurser som var tilgjengelig.

Under prosjekteringsprosessen ble valg av byggetekniske løsninger tatt, og tegningene ble ferdigstilte. Dette ble gjort av prosjekterende sammen med rådgivende fagpersonell. Fasen innebar også forberedelser til utførelsesfasen, med utarbeiding av SHA-plan med organisasjonskart og fremdriftsplan. Prosessen for utførelsen ble planlagt og koordinert med aktuelle aktører, og utført i produksjonsprosessen.

6.2 Verktøy

For å gjennomføre etableringen av forskningsinfrastrukturen ble det benyttet ulike verktøy gjennom prosessene. I programmeringsfasen var det behov for å opprette kontakt med aktører, som ble gjort via e-post. Det ble lagt fokus på å holde e-postene korte og konkrete, men med nok informasjon til å fange interesse. Dersom e-posten fanget interesse hos brukeren og kontakt var opprettet, kunne mer informasjon deles. Steget etter opprettet kontakt var å avtale et møte. For å unngå ineffektive møter ble hensikten med møtene avklart på forhånd. Før avslutningen av et møte ble møtet oppsummert og en eventuell konklusjon tatt, før videre kommunikasjon ble avtalt. I etterkant av møtet ble et referat sendt ut. Ved å opprette en personlig kontakt ble det lettere å kommunisere og formidle budskap og informasjon effektivt tilpasset hver enkelt person.

Prosjektets tegninger ble tegnet i Vectorworks educational version, et tegneprogram med gratis lisens for studenter. Siste utkast av tegningene er vedlagt som vedlegg 12.2. Hoveddelen av utarbeidelsen av tegninger ble gjort i prosjekteringsprosessen. Tegningene ble brukt som et verktøy for å formidle forsøktakenes mål, oppbygging og byggetekniske detaljer. På hver tegning ble det satt inn en informasjonsboks med beskrivelse, dato, prosjekterende og tegningsnummer. For å illustrere alle mål ble det benyttet snitt-tegninger, der valgt sted for snitt ble vist på tegningen ett nummer før. Tegningene ble distribuert til prosjektets samarbeidsparter, og revidert i henhold til oppståtte endringer. Entreprenørene som utførte grunnarbeidet mottok tegninger for arbeidet som skulle utføres. Flere detaljerte tegninger ble utarbeidet dersom entreprenørene hadde behov for det.

Ved kontrahering av grunnentreprenør ble det forsøkt å opprette kontakt via telefon, før informasjon og tegninger ble delt via e-post. Denne metoden ble brukt for å først finne ut om entreprenøren var kvalifisert for arbeidet før tegningene ble delt. Dersom ønskelig fra entreprenørens side ble det avholdt avklaringsmøte, for å gjennomgå tegningene og se på området.

6.3 Beregningsmetoder

Hensikten med etablering av Bia var å finne ut hvor mye av regnvannet som kunne holdes tilbake med valgt løsning. Dette gjøres empirisk i fase to av prosjektet. Frem til målte verdier er tilgjengelige kan det gjøres teoretiske beregninger. Det finnes ulike beregningsmetoder for tilbakeholdelse av vann, og flere av disse er ganske avanserte. Forenklet versjon av fordrøyd vannmengde og maksimal vannføring fra takene er presentert i dette delkapittelet. Aron og Kiblers metode benyttes for å beregne fordrøyende effekt på forsøktakene. Metoden benytter blokkregn til å beregne massebalansen i et magasin og tar hensyn til et variert utløp.

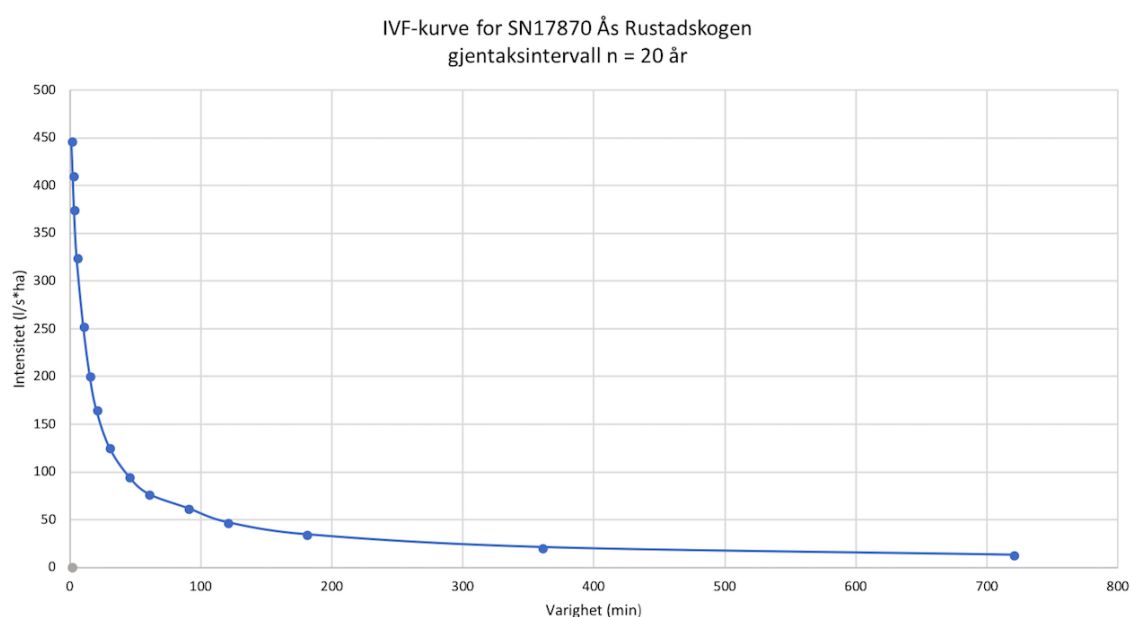
6.3.1 Vannføring inn på taket (Q_{maks})

Beregningene har blitt gjort med dimensjonerende nedbørhendelser fra 1-720 minutter, og følger verdier fra nedbørstasjonen SN17870 Ås – Rustadskogen presentert i Tabell 6.1 og Figur 6.1. Gjentaksintervallet er satt til 20 år i henhold til Oslo Kommunes retningslinjer for overvannshåndtering, som følger Norsk vanns anbefalinger for dimensjonerende gjentaksintervall (Oslo Kommune, 2017).

Ås Kommunes retningslinjer for dimensjonering av overvann er satt til et gjentakintervall på 10 år med en varighet på 20 minutter (Ås Kommune, 2015). Oslo Kommunes retningslinjer ble valgt da dette ble sett på som mer hensiktsmessig enn Ås Kommunes etter kontakt med vann – og avløpsavdelingen hos Norconsult Sandvika.

Tabell 6.1 Dimensjonerende verdier som er benyttet i utregningene. Data er fra værstasjonen SN17870 Ås - Rustadskogen (Norsk klimaservicesenter, 2018a)

	Varighet (minutter)													
Dim. nedbør														
20 år	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	360	720
mm	2,7	4,9	6,8	9,7	15,2	18,1	19,9	22,6	25,7	27,8	33,6	34,3	46,7	58,3
l/s·ha	447	411	375,2	324,7	253,5	201,2	165,5	125,8	95,2	77,2	62,3	47,7	21,6	13,5



Figur 6.1 IVF-kurve for dimensjonerende nedbør i l/s·ha med gjentakintervall 20 år. Verdiene er hentet fra SN17870, Ås -Rustadskogen (Norsk klimaservicesenter, 2018a)

6.3.2 Avrenningskoeffisient (φ)

For det svarte taket er det tatt utgangspunkt i Tabell 4.2, der avrenningskoeffisienten er satt til å være mellom 0,8-0,9. Det ble besluttet å sette avrenningskoeffisienten lik 0,9. Det er få steder hvor regnvannet kan gropmagasineres, da forsøktaket er jevnt tekket og skjøtene går langs med hovedstrømningsveien. Dette vil gi en raskere avrenning. For takene med oppbygning av finknust LECA og sedum settes avrenningskoeffisienten til 1. Dette gjøres på grunnlag av at forsøktakene vil fungere som nedbørfelt og magasin.

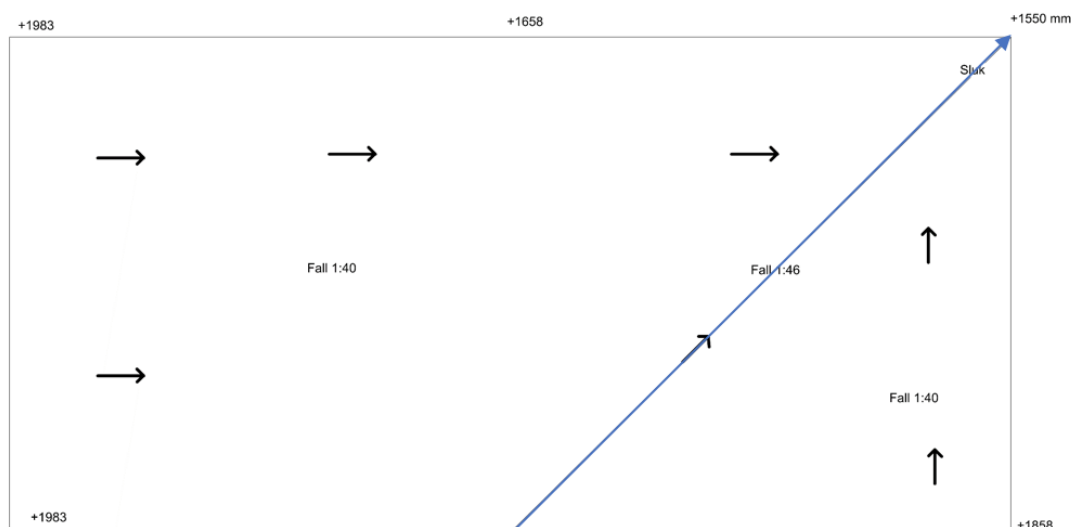
6.3.3 Klimafaktor (K_f)

Det ble benyttet en klimafaktor på 1,4 for dimensjonerende nedbør. Ås Kommune har vedtatt at det skal tas høyde for klimaforandring som tilsvarer en 50 % økning, det vil si en klimafaktor på 1,5 for

sentrumsområdene. Denne skal brukes uavhengig av tidsperioden i all overvannsberegning (Ås Kommune, 2015). Norconsult Sandvika anbefalte å bruke en noe lavere klimafaktor (personlig kommunikasjon, I. Bekkum, Norconsult Sandvika, 23.10.17). En klimafaktor på 1,4 benyttes for dimensjonerende nedbør.

6.3.4 Konsentrasjonstid (t_k)

For forsøktakene er den lengste veien 12,07 m, vist i Figur 6.2. Det vil i midlertid danne seg et strømningsmønster på forsøktakene, der den gjennomsnittlige lengden for en vanddråpe vil være tilnærmet lik 10 m.



Figur 6.2. Lengste vei for en dråpe vann er vist ved den blå linjen

I LECA-materialet vil vann lagres i hulrom mellom kornene og i kornene. Den ytre effektive porøsiteten til materialet er satt til 40-45%. Det er vanskelig å måle partikkeldensiteten til finknust LECA, og dermed estimere hvor mye vann som lagres i hulrommene. Ved å anslå at LECA har en densitet = 550 kg/m³, blir porøsiteten beregnet til 80 %. Grunnet høy usikkerhet knyttet til partikkeldensiteten blir den effektive porøsiteten satt til å være ca. 50 % (personlig kommunikasjon, G. Norden, LECA, 02.05.18). Fra Bergknapp sin produktkatalog opplyses det at et tørt sedumtak veier 25 kg/m² og et vannmettet sedumtak veier 50 kg/m². Vegetasjonen kan derfor lagre 25 liter vann per kvadrat i vegetasjonen (Bergknapp, 2018). Porevolumet for sedummattene settes lik 50 %.

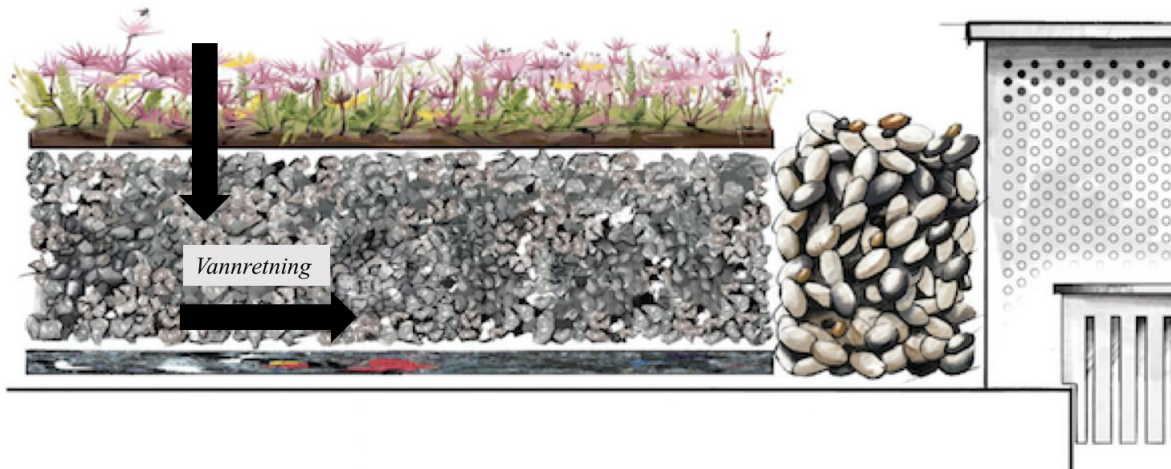
SINTEF har på vegne av LECA også målt den mettede permeabilitetskoeffisienten K for LECA-materialet. For partiet av finknust LECA som benyttes på Bia er $K = 1,4$ cm/s (14 mm/s) (Busklein, 2018). Siden fallet på taket er 1:40 blir den hydrauliske gradienten, I , lik 0,025. Dette vil gi en spesifikk strømningshastighet på 0,7 mm/s for LECA-materialet. Med en gjennomsnittlig vannvei på 10 m vil konsentrasjonstiden bli 238 minutter.

Å sette konsentrasjonstiden lik 238 minutter i Aron og Kiblers metode fører dette til urealistiske vannmengder ut av magasinet, sammenliknet med inn i magasinet. Konsentrasjonstiden for eneboligområder er satt til 10-15 minutter (Lindholm et al., 2012). På grunnlag av dette settes konsentrasjonstiden til 10 minutter for forsøktakene med finknust LECA og sedum. Konsentrasjonstid for det svarte referansetaket ble satt til 5 minutter.

6.3.5 Videreført vannmengde (Q_u)

For det svarte referansetaket vil den maksimale videreførte vannmengden avhenge av kapasiteten på sluket. Sluket som er benyttet har en kapasitet på 3,8 l/s. For å hindre løv og annen forurensing i sluket ble løvrist montert i sluket. Dette førte til at kapasiteten i sluket ble redusert til 1,4 l/s (personlig kommunikasjon, O. Haugerud, Protan, 12.04.18).

For forsøktakene var det flere hensyn å ta ved at nedbøren skulle gjennom ulike medier. Det ble antatt at LECA-materialet og sedummattene er isotropiske, det vil si at det er lik strømming vertikal og horisontalt på forsøktakene, illustrert i Figur 6.3. For å beregne vannføringen ble vannføringshastigheten i materialet multiplisert med tverrsnittsarealet for strømmingen. Det er antatt lik strømningshastighet for finknust LECA og sedum, og vannføringen ble beregnet til 0,33 l/s. Med et overflateareal på 50 m² vil dette gi en hastighet på 0,4 mm/min.



Figur 6.3 Figuren illustrerer strømningsretningene i sedum og LECA-materialet. . Illustrasjon av H. Vatnaland for Bergknapp AS

Kapasiteten til inspeksjonsboksen ble beregnet for å se om denne eventuelt kunne ha vært den begrensede faktoren for videreført vannmengde. Inspeksjonsboksene hadde utløp i bunnen på to av sidene. Utløpet bestod av en rektangulær åpning på 120x10 mm og 4/5 av en sirkel med diameter på 52 mm, som gir et utstrømningsareal på 0,01 m². Maksimal utløpsvannføring ble beregnet til 2,5 l/s, etter Formel 4.5. Denne vannføringen blir kun gjeldene dersom det er frittstående vann rundt inspeksjonsboksen. Singellaget vil redusere vannføringskapasiteten med ca. 70 %, da det er tilnærmet 30 % porevolum i grus. Inspeksjonsboksene vil ha en vannføringskapasitet på 0,75 l/s.

Oppsummert er det dimensjonerende gjentakintervallet satt til 20 år, med en klimafaktor på 1,4. Det er benyttet IVF-verdier fra SN17870 Ås, Rustadskogen. Det er gjort beregninger for et areal på 50 m². Konsentrasjonstid og avrenningskoeffisient ble satt til fem minutter og 0,9 for det svarte referansetaket, og 10 min og 1,0 for de grå-grønne forsøktakene. Maksimalt utløp for referansetaket er satt til 1,4 l/s, og 0,33 l/s for de to andre.

6.4 Maksimal fordrøyd vannmengde

For beregning av maksimal fordrøyd vannmengde ble antall kubikkmeter beregnet for finknust LECA og singel før mengden ble multiplisert med porøsiteten. For sedummattene ble det beregnet at hver kvadratmeter sedum på forsøktaket kunne multipliseres med 25 liter. Det er 49,5 m² med sedum på taket, da det er et seperasjonslag på 500 mm ut fra sluket. Antall kubikk med LECA på taket ble beregnet til å være 7,96. Størrelsen på inspeksjonsboksen er 0,15x0,2x0,2 m, som gir et volum på 0,01 m³.

7 Etableringen av Bia

Konseptet til forskningsinfrastrukturen ble etablert høsten 2017 gjennom møter, mailkorrespondanse og telefonsamtaler med aktuelle aktører. I dette kapitlet beskrives prosessen fra idé til utførelse, og bidragene fra samarbeidspartnerne. I programmeringsprosessen presenteres formålet, konseptet og skissene til takkonstruksjonen og bakgrunnen for dette. Prosjekteringsprosessen beskriver prosjekteringen i detalj og bakgrunnen for valgte løsninger. Selve utførelsen av takene er beskrevet i produksjonsprosessen.

7.1 Programmeringsprosessen

Første fase av et prosjekt omhandler å utforme konseptet til forskningsinfrastrukturen, hva som er formålet med etableringen og hvordan forskningsinfrastrukturen skal se ut. Flere aktører ble kontaktet, hvorav noen av dem ble samarbeidspartnere for prosjektet.

7.1.1 Utredning

For å finne ut behovet for forskning av grønne tak, ble det tatt kontakt med ulike aktører tilknyttet arbeid med grønne tak. Bergknapp AS, som er en produsent av sedum, viste interesse for valg av oppgave og tok initiativ til et møte. Bergknapp ønsket å vite effekten av et grønt tak, og da spesielt hva avrenningskoeffisienten til et sedumtak vil være ved et blokkregn med høy intensitet. Per dags dato er det tallene fra et lite forsøkstak som er de mest dokumenterte resultatene for grønne tak i norsk klima. Etter et møte med Norconsult i Sandvika kom det frem et annet behov, muligheten for å magasinere regnvann på taket. Et prosjekt i Oslo hadde behov for en slik løsning, da det ikke var mulig for magasinering av regnvann under bakkenivå. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) på Særheim ønsket å se på muligheten for nullbalanse for et område, som vil si at det ikke blir ledet noe regnvann inn på avløpsnett. Fra denne utredningen ble det konkludert med at grønne tak er veldig aktuelt som en del av lokal overvannshåndtering i urbane områder. Det ble videre slått fast at en løsning for å magasinere større mengder vann på tak er noe å jobbe mot, da det også i enkelte kommuner er satt restriksjoner for maksimalt påslipp på avløpsnett.

Større magasinering på taket krevde en ny løsning. For å få innblikk i produksjonen av grønne tak ble noen uker av sommeren 2017 tilbrakt på Bergknapp sin produksjonsgård. Det ble lagt frem et forslag fra Bergknapp om å etablere forsøkstak, slik at avrenningskoeffisienten til et sedumtak kunne stadfestes. Det var også av interesse å kombinere sedum med en annen løsning for å øke den fordrøyende effekten ved etablering av grønne tak. Bergknapp hadde ikke egne løsninger for magasinering av større vannmengder på tak, som gjorde at det var behov for å få med flere aktører. Leca Norge AS hadde utviklet et materiale, finknust LECA, som blant annet var designet for fordrøyning av vann på grønne tak. Ved å legge et lag finknust LECA under sedummattene, ville takløsningen få et ekstra magasinerende sjikt. Leca Norge viste interesse for prosjektet, og ønsket å være en samarbeidspartner i forskningsprosjektet. Overvannsløsningen som skulle etableres blir videre omtalt som grå-grønn løsning for tak. For større magasinering av vann på forsøkstakene ville det være et større krav til takmembranen. Protan AS hadde utviklet et vannfordrøyningssystem for tak med en spesiell type membran, som gjorde

at det var naturlig å opprette kontakt. Vannfordøyningsystemet Protan BlueProof er utviklet slik at nedbør, gradvis og kontrollert, vil dreneres ut på avløpsnettet. Systemet er SINTEF-godkjent for både nye og eksisterende tak (Protan As, 2018).

For å måle effekten til den grå-grønne løsningen var det behov for måleinstrumenter. I tillegg til måleinstrumentene som skulle måle avrenning, måtte det etableres en nedbørmåler ved siden av forsøktakene, grunnet store lokale forskjeller i nedbørintensitet. Flere offentlige institusjoner ble kontaktet for å høre om det var av interesse å være med på prosjektet i form av utlån eller sponing av måleinstrumenter. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) var interessert i prosjektet, og hadde nylig opprettet en gruppe som skulle se på overvann i urbane områder. De inviterte til et møte der ulike vilkår ble bestemt før de ble en del av prosjektet.

Etter at prosjektet var etablert med aktuelle samarbeidspartnere, kunne prosjektering av lokasjon for forsøktakene begynne. Eksisterende tak på Universitetsområdet var oppe til vurdering, men etter en utredning av takene og områder ble det valgt å etablere en forskningsinfrastruktur på bakkenivå. Ved å etablere forsøktakene på bakkenivå ville de være lettere å etablere, vedlikeholde og bruke forsøktakene til undervisning ved NMBU. Nord for Planteskolen ved NMBU lå et potensielt forsøksområde, som målte 22x10 m. Området hadde ingen større bygninger i nærmeste omkrets, og var regulert for å benyttes til forsøk. For at det skulle være aktuelt å bygge forskningsinfrastrukturen på universitetsområdet satte NMBU krav til at NMBU måtte stå som eiere. Det mest hensiktsmessig ble at fakultetet for landskap og samfunn (LANDSAM) v/ Norges Landskapslaboratorium NMBU ble eiere av Bia, med forbehold om at fakultet for realfag og teknologi (RealTek) hadde bruksrettigheter.

7.1.2 Prosjektfunksjonene

En byggherre er definert som «enhver fysisk eller juridisk person som får utført et bygge- eller anleggsarbeid» jf. forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (Byggherreforskriften, 2009). Byggherren er eieren av bygget og prosjektet. Byggherren delegerte oppgaver til byggherrens representant, som i dette prosjektet var masterstudentene. Masterstudentene var utpekt koordinatorene, utarbeidet en plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø, og var ansvarlige søkere for søknader eksternt. Byggherren hadde selv ansvar for interne søknader hos NMBU.

Tiltak blir fritatt fra søknadsplikt dersom tiltaket er «andre mindre tiltak som kommunen finner grunn til å fritta fra søknadsplikten» jf. lov av 27. juni 2008 om planlegging og byggesaksbehandling (Plan- og bygningsloven) §20-5 syvende bokstavledd. I Direktoratet for byggkvalitet sin veiviser, Byggkvalitet (2015), blir det beskrevet hva som kan bygges uten å søke. Ifølge veiviseren kan det bygges en garasje på inntil 50 m², med minimum avstand på 1,0 m til huset eller annen bygning på tomten, og maksimal gesimshøyde på 3,0 m. Det ble tatt personlig kontakt med Ås kommune for å avgjøre om forskningsinfrastrukturen var søknadspliktig, Ås kommune informerte om at forsøktakene var fritatt fra søknadsplikten (mailkorrespondanse, I.T. Hågensen, Ås kommune, 16.11.2017 – vedlegg 10.3.4).

Prosjektets prosjekterende, som definert i byggherreforskriften (Arbeidstilsynet, 2011) var masterstudenten med fordypning i byggeteknikk. NVE, Landskapslaboratoriet, Bergknapp og Norconsult Askim har hatt rådgivende funksjoner, henholdsvis som RIB, LARK, RIB og RIB. Utførende entreprenører har vært VG maskin, graveentreprenør, Vartdal Plastindustri, fundamentering og støp, Bergknapp, rammekonstruksjon, Protan, takteking og masterstudentene, anlegg av LECA og sedum. Vartdal Plastindustri har også vært sponsor av frost- og fallisolasjon. Prosjektleder og byggeleder for prosjektet har vært masterstudentene.

7.1.3 Skisseprosjekt

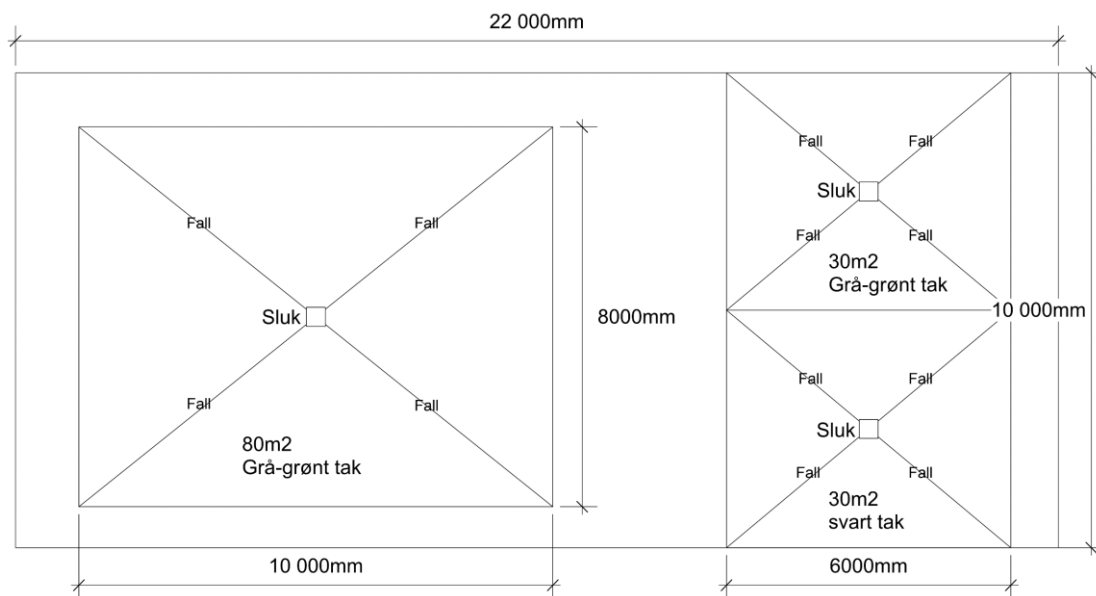
Gjennom utredningen av prosjektet og etableringen av prosjektorganisasjonen ble det lagt frem forslag til forskningsinfrastrukturens plassering, størrelse, form og byggetekniske løsninger. Området forskningsinfrastrukturen ble valgt å etableres på ligger 103 moh, med GPS-koordinatene 59.669987, 10.769532. Det er fem rader med tær på 3-5 m i høyde liggende 8 m sørvest for forsøksområdet, og en allé med trær på henholdsvis 15-20 m i høyde 12 m nordøst. Det er et drivhus 12 m sør for takene, og nærmeste bygning ligger 43 m sør. Figur 7.1 viser situasjonsplanen til forskningsinfrastrukturen.



Figur 7.1 Situasjonsplan av testområdet til forskningsinfrastrukturen

For å oppnå gode målinger var størrelsen på taket avgjørende for å sette i gang et forskningsprosjekt. Det var behov for minimum to tak, et med grå-grønn løsning, og et svart referansetak. Et vanlig tak er mellom 100-400 m², så det var ønskelig med en størrelse som representerte dette. Området taket skulle etableres på målte 22x10 m, som ga en begrensning på takenes størrelse. Et forslag var å etablere et tak på 80 m² og et på 60 m². Taket på 80 m² kunne ha grå-grønn løsning, og taket på 60 m² kunne deles i to, hvor halve taket var med grå-grønn løsning og den andre halvparten var et svart referansetak som illustrert i

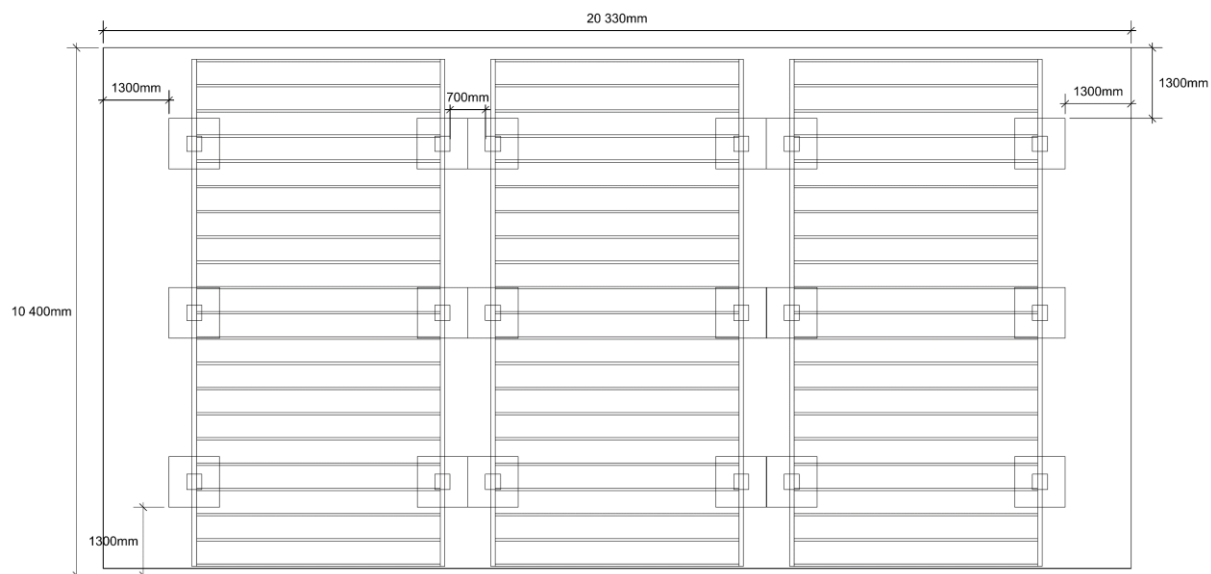
Figur 7.2.



Figur 7.2 Tegningen av forslaget om å etablere et tak på 80 m² og et på 60 m². Den ytterste firkanten illustrerer testområdet tildelt prosjektet

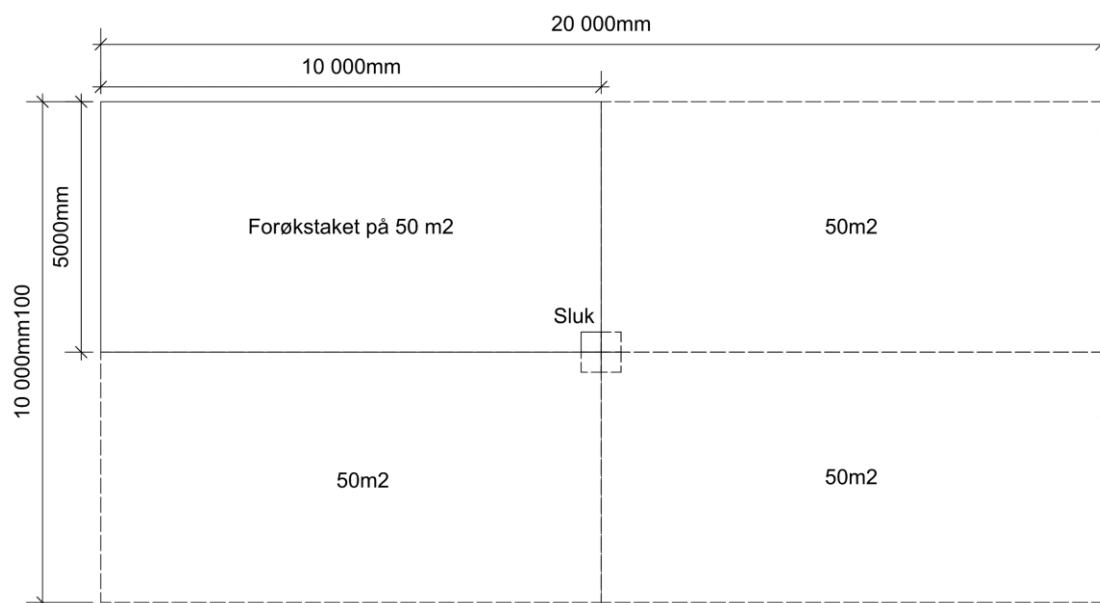
Bakgrunnen for dette forslaget var å få størst mulig størrelse på taket med grå-grønn løsning, uten å måtte bygge et svart tak med tilsvarende størrelse som referanse. Ulempen med en slik løsning var at takene fikk ulik form, og kunne derfor bli vanskelige å sammenligne. Det ble valgt å etablere tak med like forutsetninger, med lik størrelse, form og himmelretning. For å unngå at prosjektet ble søknadspliktig ble det valgt å etablere forsøktakene med en maksimal størrelse på 50 m². Området nord for Planteskolen, der det var blitt valgt å etablere forskningsinfrastrukturen, hadde plass til å etablere tre tak på 10x5 m hver. Dette ga et samlet takareal på 150 m². Plasseringen av takene er vist i Figur 7.3. Med tre tak kunne to av takene ha en grå-grønn løsning, og et tak være et sort referansetak. Fordelen med to grå-grønne tak var at disse kunne kalibreres mot hverandre for å minimere byggetekniske feilkilder. Etter et år med kalibrering av takene kunne et av de grå-grønne takene eventuelt byttes ut med en annen oppbygging.

En forutsetning for å etablere forskningsinfrastrukturen var at alle samarbeidsparter skulle få en nytteverdi av den. Fakultetene LANDSAM og RealTek ønsket å benytte takene til undervisning, som innebar at takene måtte være lett tilgjengelige og ha en sikker adkomst. Krav om rekkverk eller andre vernetiltak er satt til over 2 m, jf. forskrift av 6. desember 2011 om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler (arbeidsplassforskriften), §6-5. Det var ikke ønskelig med tråkk på sedummattene utenom vedlikeholdsarbeid, som krevde at takene ikke kunne ha en høyde som inviterte til tråkk. Det var likevel ønskelig med en høyde som gjorde innsyn på taket mulig. Optimal høyde lå derfor mellom 0,9-2 m. For å måle avrenning ønsket NVE å bruke IBC-containerne, som har en høyde på 1,2 m inkludert en pall som containeren står på. Undersiden av rammekonstruksjonen måtte da være minimum 1,2 m over bakkenivå.



Figur 7.3 Tegning av den endelige størrelsen og formen til takene. Hvert tak har et areal på 50 m². Den ytterste firkanten illustrer testområdet tildelt prosjektet

Et flatt kompakt tak har normalt et innvendig sluk, med takfall mot sluket. Takfallet på et flatt tak er anbefalt i Byggforskserien (2007) å være på 1:40, som tilsvarer 25 mm per meter. For at regnvannet skulle få kortest mulig vei til sluket var det først planlagt å plassere sluket i sentrum av taket, men dette ville gjøre tilsyn til sluket utfordrende. Det ble bestemt å flytte sluket til et av takets hjørner, slik at adkomsten til sluket ble forenklet. På denne måten kunne også taket gjenspeile et tak på 200 m², illustrert i Figur 7.4



Figur 7.4 Forsøktaket på 50 m² med sluk i hjørnet, som kan gjenspeile et tak på 200 m²

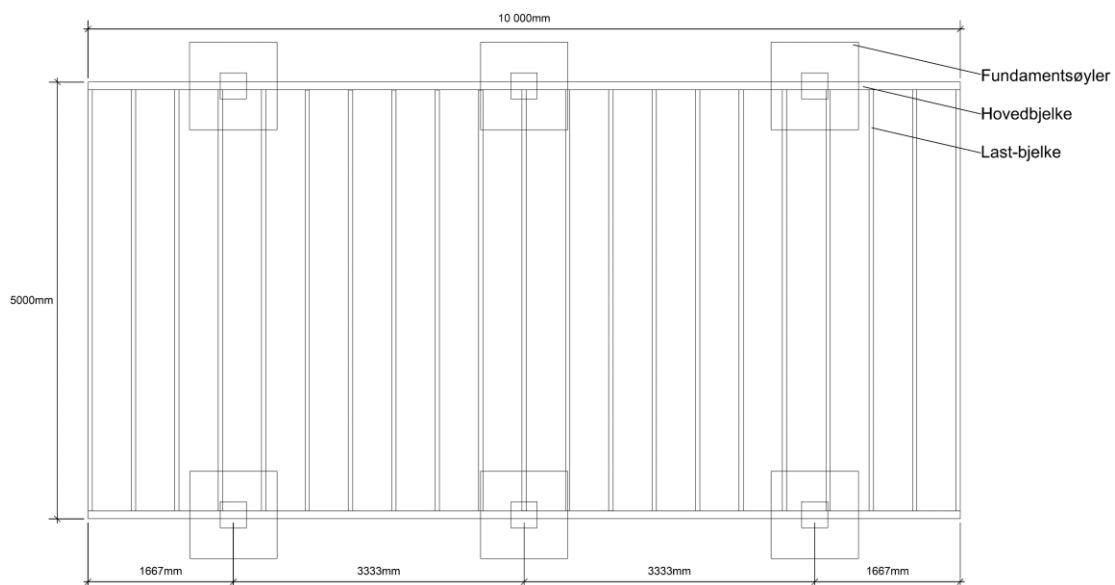
Hovedidéen til prosjektet var per 26. oktober 2017 å etablere tre tak på bakkenivå, hvert tak på 10x5 m. To av takene skulle etableres med grå-grønn løsning, og det tredje skulle være et svart referansetak. Slukets plassering var valgt til hjørnet av takene for å kunne gjenspeile et tak på 200m², og minimumshøyden fra bakkenivå til rammekonstruksjonen måtte være 1,25 m for å få plass til IBC-containerer under slukene.

7.2 Prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsprosessen tok for seg detaljprosjekteringen av forskningsinfrastrukturen, med fokus på smarte og økonomiske løsninger. Takenes estetikk og funksjon var viktig å prioritere for de fremtidige brukerne av takene. Bergknapp sto ansvarlig for den økonomiske og utførende delen av konstruksjonene, og bidro med forenklinger i konstruksjonen og økonomiske besparelser.

7.2.1 Dimensjonering av bærende konstruksjon

Konstruksjonen til forsøktakene ble prosjektert som et kompakt tak, da dette er den vanligste konstruksjonstypen for grønne tak. Kompakte tak består av en bærende konstruksjon, eventuelt toppdekke, dampspærre, isolasjon, eventuelt migreringssperre og takbelegg som illustrert i Figur 3.7. NVE hadde tidligere erfaringer med kvadratiske konstruksjoner for vektmåling av snø, som ble brukt som utgangspunkt for forsøktakenes bærende konstruksjon. Snøvektene hadde en størrelse på 25 m², med bærende last-bjelker av smalt limtre på tvers mellom to hovedbjelker av limtre. Den bærende konstruksjonen sto på fire søylefundament etablert i grunnen, dimensjonert for en punktlast på 5 tonn. For å overføre snøvektens konsept til de grå-grønne forsøktakene ble hovedbjelken forlenget til 10 m, og antall søylefundament ble økt til seks. Figur 7.5 viser konstruksjonen til forsøktaket ovenfra.



Figur 7.5 Forsøktakenes bærende konstruksjon og fundamentsøyler

Ved bruk av søylefundament ville konstruksjonens laster bli overført direkte mot grunnen som et flatetrykk fra fundamentflaten. For å kunne bruke søylefundament ville det kreve normal last og at grunnen hadde en relativt god bæreevne. Området forsøktstakene skulle etableres på var antatt å inneholde jord og pukk som tilfredsstilte dette kravet, og takene kom til å ha en normal last. For å kunne installere veieceller mellom søyle og konstruksjon, slik som på snøvektene, ble det valgt å dimensjonere fundamentsøyler for lik punktlast. En punktlast på 5 tonn multiplisert med gravitasjonsfaktoren $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ gir en karakteristisk trykklast på 50 kN. Produktet av den karakteristiske trykklasten og lastkoeffisienten for egenlast, γ_g , gitt i Standard (2004a), ga en dimensjonerende trykklast $N_{Ed} = 60 \text{ kN}$. For å beregne fundamentets bredde fra Formel 4.10 ble det dimensjonerende grunntrykket σ_{gd} valgt til 100 kN/m^2 tilsvarende fin løst lagret sand til bløt leire. Søylen trengte kun ta opp vertikal last da den bærende konstruksjonen skulle ligge løst på søylene med en veiecelle mellom. På bakgrunn av dette ble det valgt en fundamentbredde på 1 m, og sirkulære søyler med en diameter på 300 mm. Grunnens bæreevne var ukjent under beregning, som er grunnen til valget av dimensjonerende grunntrykk tilsvarende fin løst lagret sand til bløt leire.

Standard (2004a) anbefalte fundamentarmering dersom fundamentets bredde utenfor søylen var større enn halve fundamentets høyde. Det ble valgt en fundament høyde på 300 mm, som følgende ga krav om armering. Fundamentet ble kontrollert for skråriss, der dimensjoneringskriteriet ble gitt ved Formel 4.11:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

Ved å bruke betongkvalitet B30 ga dette en dimensjonerende trykkfasthet $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$. Med nominell overdekning på 40 mm og grunntrykket antatt jevnt fordelt over fundamentbredden, kunne momentkapasiteten M_{Rd} og bøyemomentet M_{Ed} beregnes til henholdsvis 7,9 kNm og 3,68 kNm. Dette tilfredsstiller kravet i Formel 4.11.

En punktlast på 5 tonn per søyle ga en lastkapasitet til taket på 600 kg/m^2 . Last-bjelkene måtte kontrollberegnes for ønsket lastkapasitet. Lastkapasiteten på 600 kg/m^2 tilsvarte $5,9 \text{ kN/m}^2$. Last-bjelkene fikk en avstand på c/c 0,45, som ga hver enkelt last-bjelke en effektiv lastbredde på 0,45 m, og en jevnt fordelt last $q = 2,55 \text{ kN/m}$ langs bjelken. Bøyemomentet om bjelkens sterke akse ble da beregnet ut fra Formel 4.16, som ga et bøyemoment $M_{maks} = 5,15 \text{ kNm}$ med bjelkens lengde på 4,82 m. Formel 4.20 ga en skjærkraft $V_{Rd} = 6,41 \text{ kN}$. Ved kjent bøyemoment og skjærkraft kunne bøyespenningen σ og skjærspenningen τ , som last-bjelkene var utsatt for, beregnes. Last-bjelkenes tverrsnitt var $48 \times 266 \text{ mm}$, og tverrsnittets motstandsmoment om y-y akse ble $W_y = 566048 \text{ mm}^3$. Bøyespenningen $\sigma_{m,d}$ kunne regnes ut fra Formel 4.15 og ga en bøyespenning om y-y akse på $\sigma_{m,y,d} = 9,1 \text{ N/mm}^2$. Dimensjoneringskriteriet for bøyespenning ble gitt ved Formel 4.18:

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

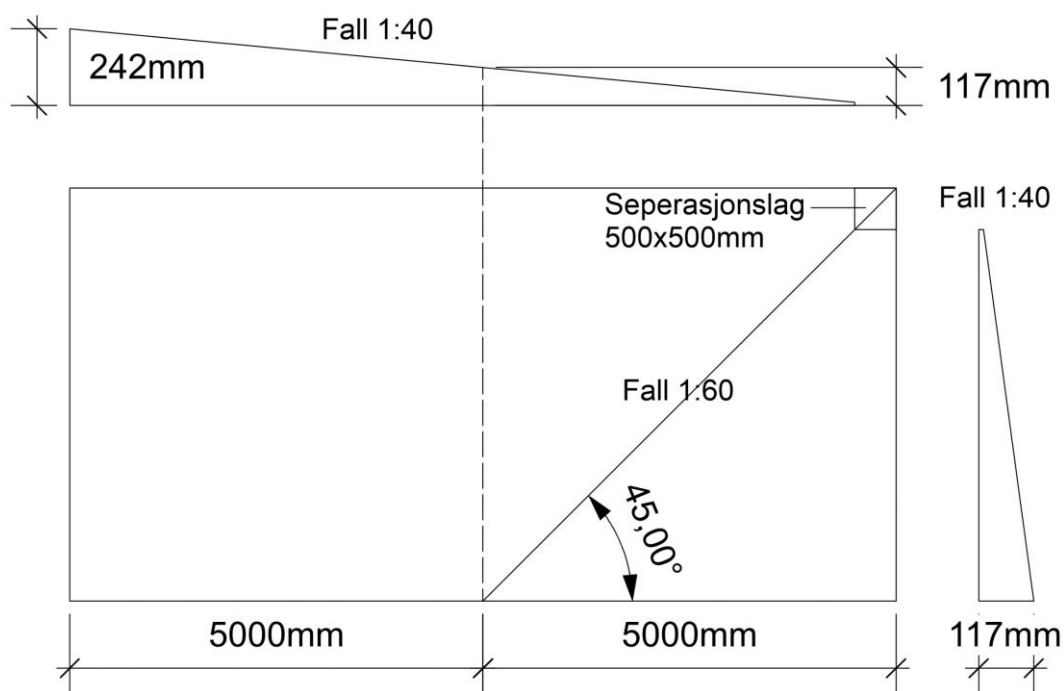
der dimensjonerende fasthet om tverrsnittets hovedakse $f_{m,y,d} = 17,68 \text{ N/mm}^2$ for limtre GL28c med tverrsnitthøyde på 266 mm, og modifikasjonsfaktoren $k_m = 0,7$ for rektangulære tverrsnitt av limtre. Last-bjelkene tilfredsstilte dimensjoneringskriteriet for bøyespenning gitt ved Formel 4.18.

Maksimal skjærspenningen τ til last-bjerkene ble gitt i Formel 4.19. En skjærkraft $V_{Rd} = 6,41$ kN ga da en skjærspenning $\tau = 0,75$ N/mm². Dimensjoneringskriteriet for skjærspenning ble gitt ved Formel 4.21:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

der dimensjonerende skjærfasthet $f_{v,d} = 2,2$ N/m² for limtre GL28c med tverrsnitthøyde på 266 mm. Last-bjerkene tilfredsstilte dimensjoneringskriteriet for skjærspenning gitt ved Formel 4.21.

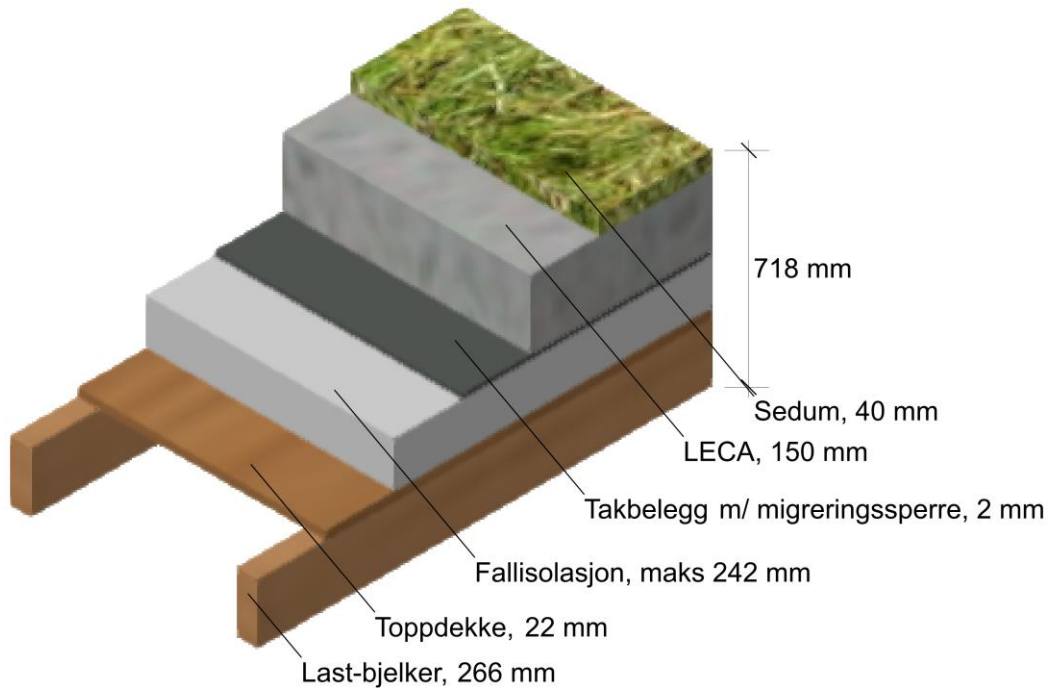
Anbefalt fall på flate kompakte tak kan lages av bærekonstruksjonen eller av fallisolasjon. Det ble valgt å bruke fallisolasjon, da dette ville bli enklere å montere og eventuelt bytte ut ved en senere anledning, dersom det skulle bli ønskelig. På et rektangulært tak vil det oppstå renner når to deler med samme fall men ulik retning møtes, illustrert i Figur 3.6. Forsøktakene hadde en bredde på 5 m og en lengde på 10 m som ga noen alternative falløsninger. Det ble valgt å lage en renne 45° på sluket, fra lengdens midtpunkt. Med denne løsningen gikk høydene på de to ulike delene opp, noe de ikke hadde gjort med en renne fra hjørne til hjørne. Falløsningen som ble valgt er illustrert i Figur 7.6. På et ekstensivt grønt tak er det anbefalt å ha et separasjonslag fra sluk til vegetasjon på 500 mm. Figur 7.6 viser høyden med isolasjon nødvendig for å oppnå takfallet.



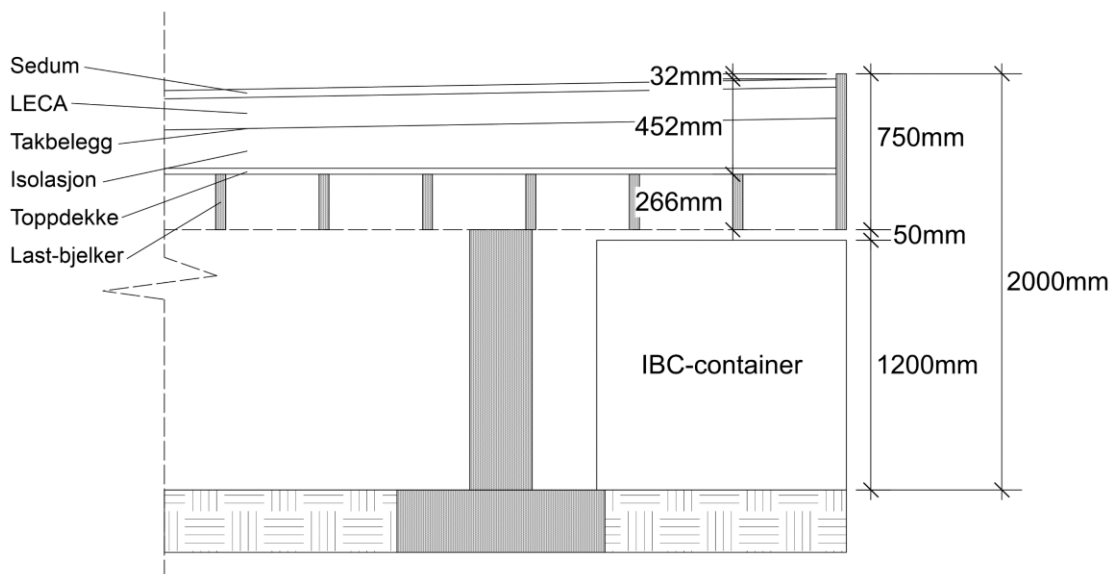
Figur 7.6 Valgt fallretning på forsøktak, med nødvendig høyde på isolasjon

Den sammenlagte høyden av LECA og sedum var 190 mm. Takbelegget hadde en tykkelse på 2 mm, og toppdekke som ble valgt hadde en tykkelse på 22 mm. Med høyeste isolasjonsoppbygging tilsvarte dette en maksimal høyde på 452 mm. Figur 7.7 viser oppbyggingen av takets ulike sjikt. I Standard (2015) anbefales det at avslutningen av vanntett sjikt, i dette tilfellet takbelegget, skal ha en høyde på minst 150 mm over ferdig grønt tak. Dette for å hindre fuktskader i bygningsdelene. Siden forsøktakene skulle ha isolasjon av styropor EPS, og den bærende konstruksjonen skulle være av trykkimpregnert limtre, ble det valgt å ikke følge anbefalingen. Dersom anbefalingen skulle blitt fulgt hadde det vært

behov for en parapet med en høyde på over 0,6 m på grunn av takets oppbygging. I tillegg til den bærende konstruksjonens høyde på 266 mm, ville den totale høyden blitt over 2 m. På bakgrunn av dette ble det valgt en høyde på hovedbjelkene og endebjelkene på 750 mm. Dette ga en minimumshøyde på 30 mm fra vegetasjonen til avslutningen av vanntett sjikt. Den totale høyden til taket fra bakkenivå til parapettopp ble 2 m, illustrert i Figur 7.8.



Figur 7.7 Takets sjiktoppbygging, med maksimal høyde for de ulike sjiktene



Figur 7.8 Nødvendig høyde for forsøktaket, illustrert med IBC-container under taket og maksimal isolasjonshøyde

Lastkapasiteten til forsøksstakene på 5,9 kN/m² måtte kontrolleres for den dimensjonerende egenlasten og nyttelasten til taket. Tabell 7.1 gir en oversikt over mengde og vekt av materialene som skulle benyttes per tak.

Tabell 7.1 Materialer benyttet på hvert av forsøksstakene, med tilhørende mengder og vekt. Det ble gjort en antagelse om at 50 % av LECA-massens areal kunne fylles med vann, som ville gi en ekstra last på 75 kg/m².

Materialer	Beskrivelse	Mengde	Vekt på taket (kg/m ²)
Sedum*	Vegetasjonsdekke	50 m ²	50
LECA 0-6 mm*	Fordrøyningssjikt	8 m ³	80 (+75)
Protan BP og BPX	Takbelegg	60 m ²	2,1
Vartdal styropor XPS	Fallsolasjon	7 m ³	2,4
Forestia gulv ekstra 22 mm	Toppdekke	50 m ²	16,1
Trykkimpregnert limtre	Bærende dekke	3,2 m ³	28

* Gjelder ikke det svarte referansetak.

Egenlasten til forsøksstakene ble 253 kg/m², som tilsvarer en karakteristisk last på 2,5 kN/m². For å ta hensyn til usikkerhet i lastfastsettelsen, ble den karakteristiske lasten multiplisert med en lastkoeffisient γ gitt i Standard (2003). Vanlig for egenlast er $\gamma_g = 1,2$. Fra Formel 4.9 og verdien for snølast i Ås $s_k = 3,5$ kN/m² ble snølasten på forsøksstakene beregnet til 2,8 kN/m². Den dimensjonerende lasten på taket ble da 5,8 kN/m², som er innenfor lastkapasiteten til bærekonstruksjonen og søylefundamentene.

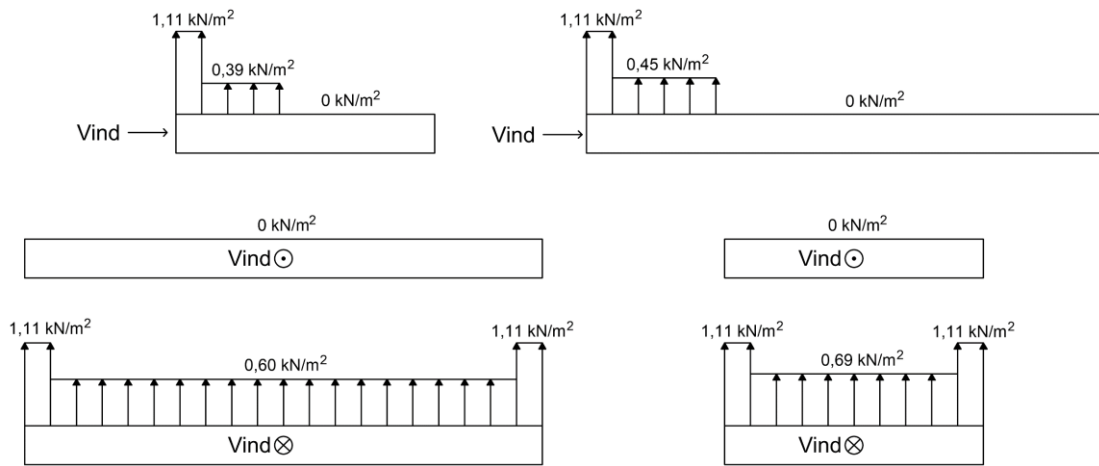
På grunn av den lave vekten til vegetasjonsdekke, måtte taket beregnes for vindsug i rand- og hjørnesone. Dette ble gjort for å kontrollere om det var behov for å etablere eventuelle tiltak mot vindavblåsning. I Ås er grunnverdien av standard vindhastighet $v_{b,0} = 22$ m/s, og taket ligger i terrengkategori 2. For å finne dimensjonerende vindsug w_e ble peak velocity pressure q_p beregnet til 428,4 Pa, og taket ble delt inn i soner som illustrert i Figur 4.2 og Figur 4.3. Vindtrykkkoeffisienten for utvendig trykk C_{pe} ble beregnet ut fra sonens areal og Tabell 4.4 og Tabell 4.5. Tabell 7.2 og Tabell 7.3 viser forsøksstakets C_{pe} og vindsug w_e i de ulike sonene, og Figur 7.9 og Figur 7.10 illustrerer størrelsene av vindtrykket på forsøksstaket.

Tabell 7.2 Forsøksstakets vindsug w_e på taket, beregnet fra vindtrykkkoeffisienten og takets peak velocity pressure $q_p = 428,4$ Pa. Fortegnene i tabellen forteller kraftens retning på konstruksjonen

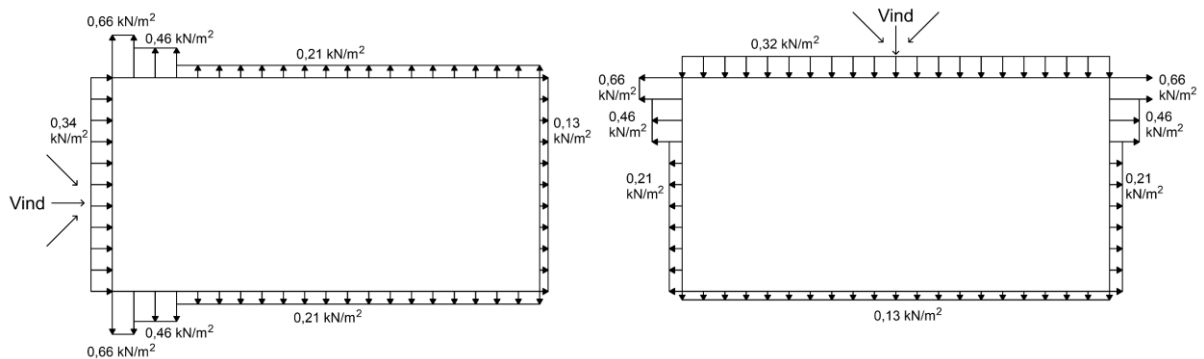
Vindretning 0° på det flate taket					
Sone	F	G	H	I	
Areal (m ²)	0,05	0,95	3,90	45,10	
C_{pe}	-2,60	-1,40	-0,90	+0,20	-0,20
w_e (kN/m ²)	-1,11	-0,60	-0,39	+0,09	-0,09
Vindretning 90° på det flate taket					
Sone	F	G	H	I	
Areal (m ²)	0,05	0,45	1,95	47,55	
C_{pe}	-2,60	-1,60	-1,05	+0,20	-0,20
w_e (kN/m ²)	-1,11	-0,69	-0,45	+0,09	-0,09

Tabell 7.3 Forsøkstakets vindsug w_e på rammene, beregnet fra vindtrykkoeffisienten og takets peak velocity pressure $q_p = 428,4 \text{ Pa}$. Fortegnene i tabellen forteller kraftens retning på konstruksjonen

Vindretning 0° på rammen					
Sone	A	B	C	D	E
Areal (m^2)	0,23	1,13	6,37	3,75	3,75
C_{pe}	-1,53	-1,08	-0,50	+0,80	-0,30
w_e (kN/m^2)	-0,66	-0,46	-0,21	+0,34	-0,13
Vindretning 90° på rammen					
Sone	A	B	C	D	E
Areal (m^2)	0,23	1,13	2,62	7,50	7,50
C_{pe}	-1,53	-1,08	-0,50	+0,74	-0,30
w_e (kN/m^2)	-0,66	-0,46	-0,21	+0,32	-0,13



Figur 7.9 Forsøkstakets vindsug w_e på taket. Sone I hadde vindkraft i begge retninger, der resultatanten ble lik null



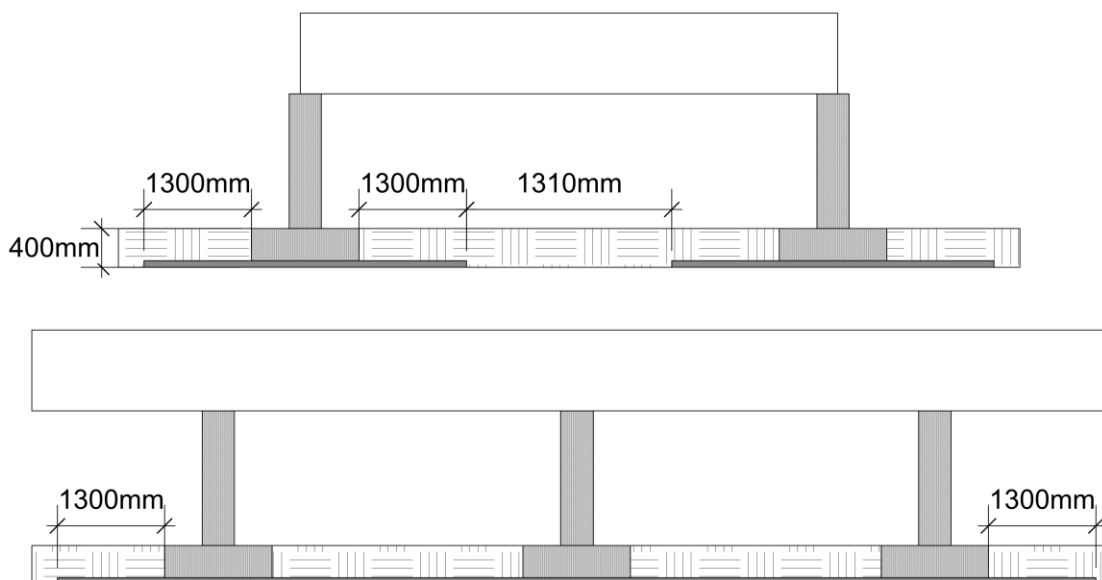
Figur 7.10 Forsøkstakets vindsug w_e på rammene

Ifølge Standard (2015) bør det sikres mot vindavblåsning dersom det dimensjonerende vindsuget i hjørne- og randsoner overstiger $3,75 \text{ kN/m}^2$. Ut fra beregningene som ble gjort ble vindsuget $0,60 \text{ kN/m}^2$ og $0,69 \text{ kN/m}^2$ i randsonene og $1,11 \text{ kN/m}^2$ i hjørnesonene. Det var da ikke behov for å utføre sikringstiltak mot vindavblåsning.

I henhold til NS-EN 13501-5 skal vanlig taktekning være ubrennbar eller tilfredsstillende klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$, med noen unntak. Taktekningen på forsøktaket ble valgt til Protan BP og Protan BPX, også kalt Protan BlueProof. På et underlag av EPS med glassfilt mellom, tilfredsstiller taktekningen brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$. LECA er ubrennbar og sedumdekket tilfredsstiller brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$. Sedumdekket er tilstrekkelig resistent mot gnister og varmestråler, da vekstmediet skal være under 30 mm tykkelse. Det skal være et separasjonslag på 500 mm mellom sluk og vegetasjon, og vedlikehold er planlagt å bli utført slik at vegetasjonen opprettholder sin funksjon.

7.2.2 Valg av løsninger under bærende konstruksjon

Ved tele i bakken vil grunnen utvide og bevege seg. Bevegelser i grunnen kan få kritiske utfall for en konstruksjon. Det var derfor viktig å finne en god løsning for å telesikre grunnen under fundamentene. Det ble valgt å isolere under fundamentene, fremfor å grave ned til frostfri dybde, som er 1,7 m i Ås (Byggforskserien, 2010). Å isolere ville bli enklere, og mer økonomisk lønnsomt. Minimum dybde for å legge isolasjon var i henhold til Byggforskserien (2010) 0,3 m ved telesikring av veggfundamenter, støttemurer og tilsvarende konstruksjoner. Utstikket til isolasjonen ble bestemt ut fra gravedybde og frostfri dybde. Fundamentets høyde på 0,3 m og XPS isolasjon på 0,1 m ga en gravedybde på 0,4 m. Lengden fra fundament til isolasjonskant ble 1,3 m. Utstikkslengden til isolasjonen rundt fundamentene er illustrert i Figur 7.11.



Figur 7.11 Mål på frostisolasjonens utstikk fra fundamentsøylene. Gravedybden og utstikket utgjør lengden for frostfridybde på Ås, som er 1700 mm

I Figur 7.11 kan det ses at på kortsiden til takene ble avstanden fra fundamentenes ende 3,91 m. Dette ga en avstand på 1,31 m mellom isolasjonen der det ikke var nødvendig å isolere. For å forenkle grunnarbeidet ble det likevel valgt å grave ut og isolere hele arealet, da dette også ville gi mer stabilitet. På grunn av testområdet størrelse ble det valgt å plassere takene så nærme hverandre som praktisk mulig. Fundamentene mellom takene ble derfor prosjektert som et større fundament på 1x2 m. Grunnen ble avrettet med pukk før montering av frostisolasjonen.

En mengdeberegning av grunnarbeidet ble utført og er vist i Tabell 7.4.

Tabell 7.4 Total materialmengde benyttet på grunnarbeidet

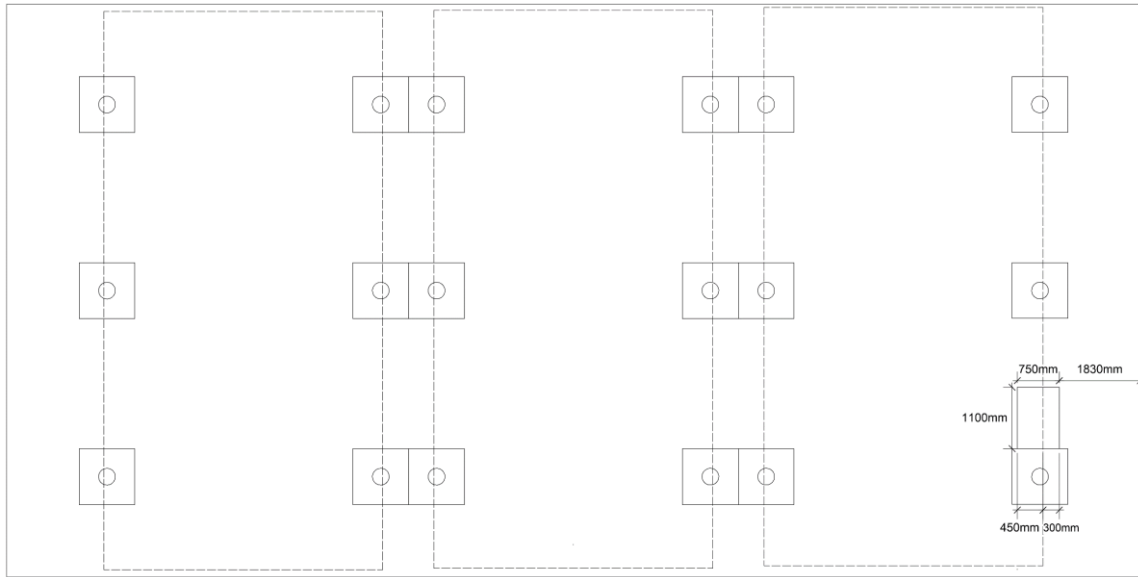
Materiale	Beskrivelse	Mengde
Pukk	Avretting	20,90 m ³
Betong B30	Fundamentsåle	5,40 m ³
Betong B30	Fundamentsøyle	1,59 m ³
Armeringsjern B500C	Armering såle	222,12 kg
Armeringsjern B500C	Armering søyle	75,37 kg
Technicol XPS Carbon	Frostisolasjon	208,59 m ²
Steiner 50-150 mm*	Igjenfylling	38,20 m ³
Pukk	Igjenfylling	19,10 m ³

*Gjenbruk av utgravde masser

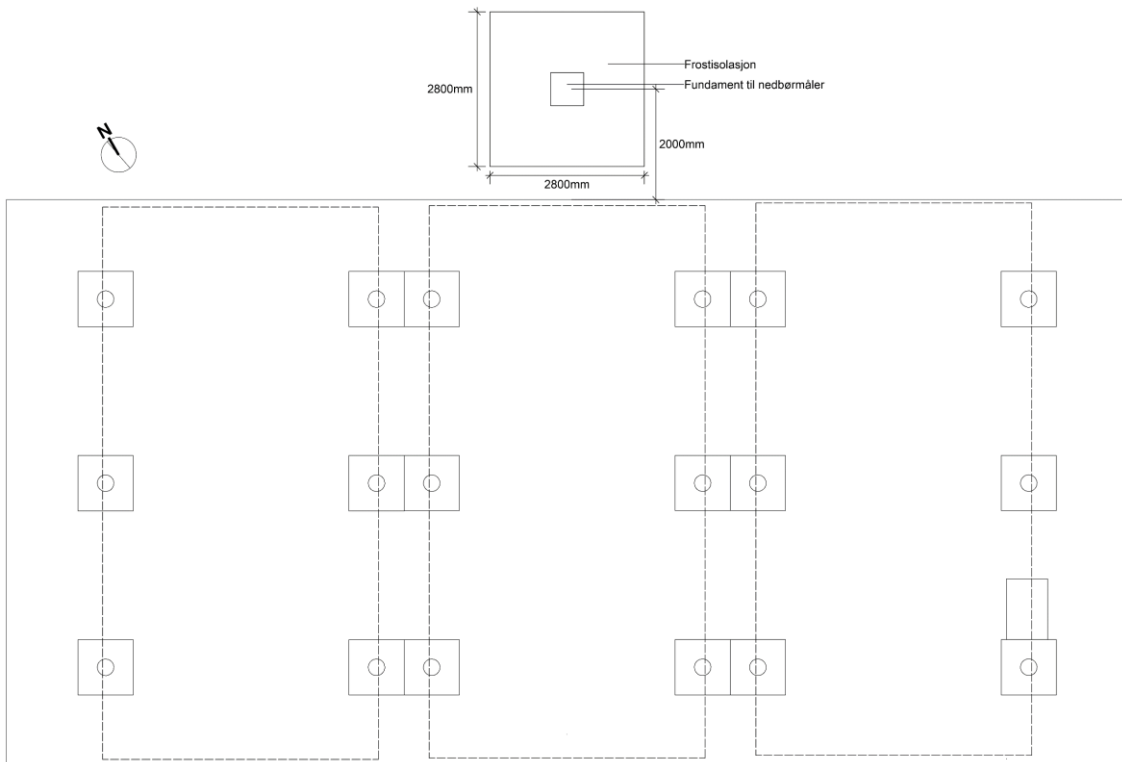
7.2.3 Byggetekniske detaljløsninger

Forsøktakene skulle ha flere måleinstrumenter, forklart i kapittel 7.2.5. Det var derfor behov for å montere et instrumentskap med trekkerør fra aktuelle steder til skapet. Plasseringen til instrumentskapet ble valgt ut fra nærhet til måleinstrumenter og tilgjengelighet ved driftsarbeid. Under skapet skulle det støpes et fundament på 1100x750 mm med en høyde på 200 mm. Toppen av fundamentet ble plassert 100 mm under bakkenivået, slik at ved å heve skapet 200 mm over platen ville det gi god plass til kabler og skapsokkel. Det ble valgt å plassere instrumentskapet 450 mm inn under det sørligste taket som illustrert i Figur 7.12. Det ga lett adkomst til skapet for videre drift.

I tillegg til å måle avrenning fra takene med grå-grønn løsning mot et svart referansetak, skulle det monteres en nedbørmåler. I samråd med Mareile Astrid Wolff, meteorolog ved NMBU, ble plasseringen for nedbørmåleren valgt til 2 m nord for forsøktakene. Figur 7.13 viser plasseringen til nedbørmåleren på forsøksområdet. Meteorologisk institutt (2016/2017) anbefalte en viss avstand fra trær til nedbørmåleren, men siden ønsket var å fange opp den eksakte nedbøren der forsøktakene ble etablert, ville valgte plassering gi like forhold for både takene og nedbørmåleren. Dette ville gjøre nedbørverdiene representative.

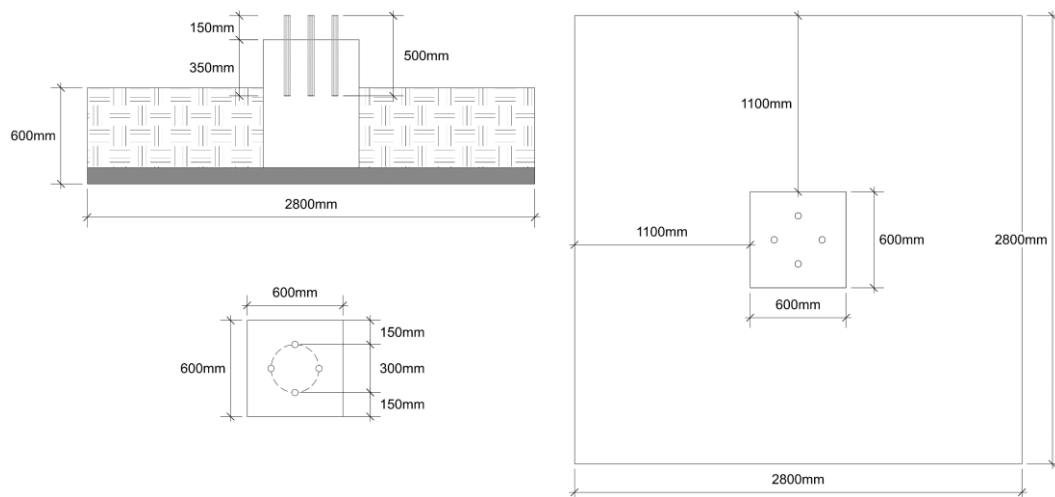


Figur 7.12 Fundamentet til instrumentskapets plassering i forhold til forsøksområdet



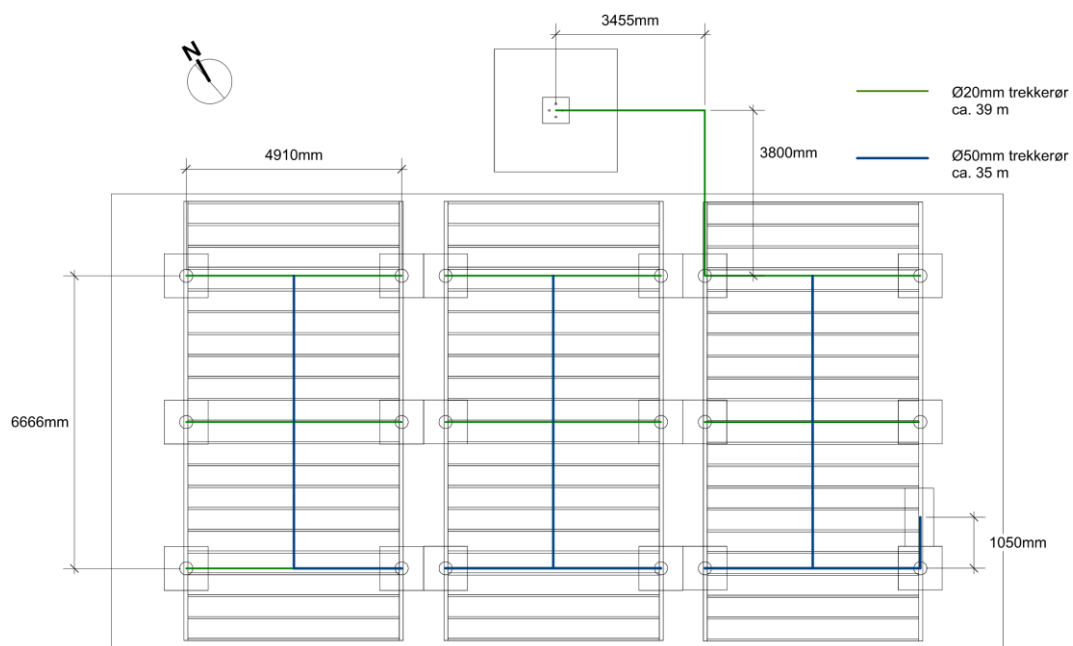
Figur 7.13 Fundamentet til nedbørmålerens plassering i forhold til forsøksområdet

For å sikre stabilitet for nedbørmåleren var det behov for å støpe et fundament som illustrert i Figur 7.14. Mål og krav til fundamentet var beskrevet i GeonorA/S (1996).



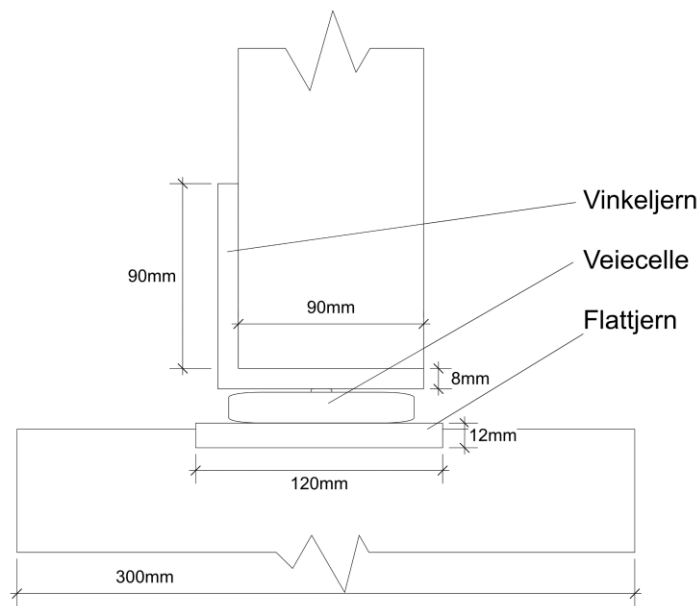
Figur 7.14 Fundament til nedbørmålerens mål. Fire M20 bolter er plassert for forankring av nedbørmåler. Fundamentet har frostisolasjon med utstikk i henhold til frostdybde i Ås

Trekkerørene fra måleinstrumentene kunne plasseres under bakken, eller på undersiden av rammekonstruksjonen. Dersom trekkerør fra veiecellene skulle plasseres under bakken, burde kablene blitt trukket gjennom fundamentsøylen. Dette alternativet krevde beregning av hvor veiecellene skulle ligge i forhold til hvor kablene kom opp. For å unngå problemer ved feilberegning ble det valgt å plassere trekkerørene fra under rammekonstruksjonen, illustrert i Figur 7.15. Slik kunne veiecellene plasseres riktig før montering av trekkerør. Trekkerørene fra nedbørmåleren ble valgt å trekkes under bakken mot nærmeste søyle, for så å koble den på trekkerørene under rammekonstruksjonen.

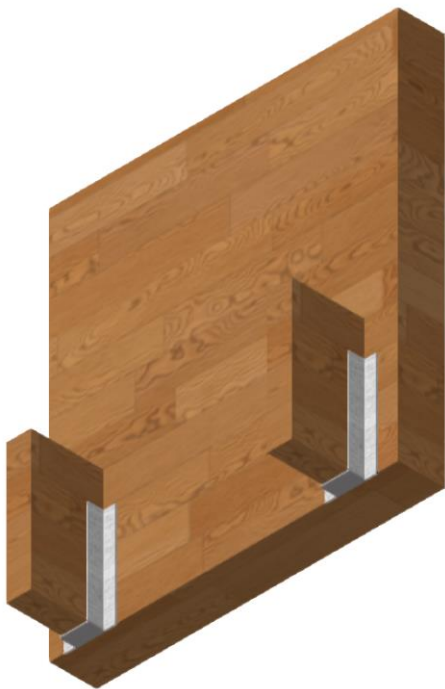


Figur 7.15 Plassering av trekkerør på undersiden av rammekonstruksjonen

Veiecellene ble plassert direkte på fundamentsøylen, under konstruksjonen. På grunn av høy punktlast fra veiecellen til betongsøylen var det behov for å støpe ned et flattjern på minimum 12 mm i toppen av søylen. Et flattjern ville hindre søylen i å brette seg rundt veiecellen. Mellom veiecelle og hovedbjelke ble det valgt å montere et vinkeljern med 8 mm tykkelse, for å unngå samme problem som mellom veiecelle og fundamentsøyle. Vinkeljernet kunne ha en lengde på mellom 300-500 mm. Løsningen er illustrert i Figur 7.16. Fast innspenning av last-bjelkene med bjelkesko ble valgt. Figur 7.17 illustrerer den valgt løsningen.



Figur 7.16 Overgang fra fundamentsøyle til hovedbjelke. Veiecellene er plassert mellom et flattjern støpt i fundamentsøylen og et vinkeljern montert på hovedbjelken

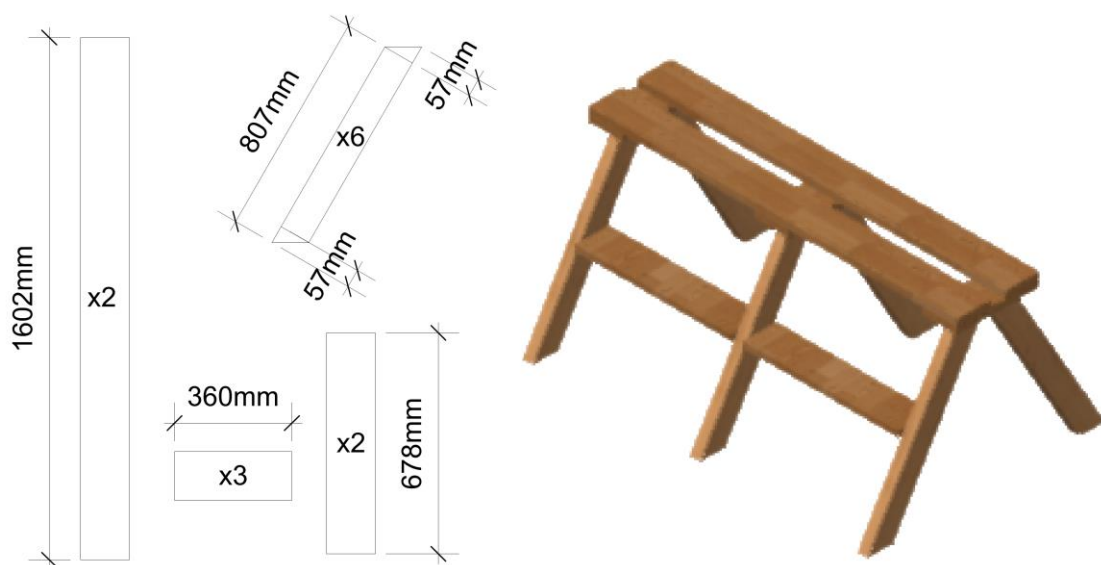


Figur 7.17 Innfestingsmetode med bjelkesko av last-bjelker til hovedbjelke

7.2.4 Estetiske hensyn og driftsløsninger

Etter montering av frostisolasjon og fundamentsøyler ville det bli nødvendig å gjenfylle testområdet. For å unngå utgifter på å kjøre masser til deponi og kjøpe inn nye masser til å fylle igjen, kunne et alternativ være å gjenfylle med utgravde masser. Det var antatt at grunnen bestod av pukkk og jord. Ved igjennfylling med pukkk og jord kunne det derimot fort bli sølete rundt førsøkstakene ved mye tråkk, fuktig vær og snøsmelting. Valget falt derfor på å bruke pukkk som gjenfyllingsmasse, som i tillegg ville ha en drenerende effekt. For å unngå vekst av uønsket vegetasjon på testområde ble det også valgt å legge en filtduk under frostisolasjonen.

Høyden til takene var satt til å bli i underkant av 2 m, som ville gjøre det vanskelig å få innsyn på takene uten noen form for stige eller benk. Det ble derfor prosjektert to krakker til bruk ved inspeksjon av takene. Krakkene skulle ha en høyde på 700 mm, og ville gi en gjennomsnittlig høy person 400-500 mm høyde over parapeten. Slik ville det bli lettere med innsyn, samtidig som høyden på benken ikke inviterer til å gå på taket. En stige vil bli gjort tilgjengelig ved drift- og vedlikeholdsarbeid på taket. Design og mål på benken er vist i Figur 7.18.



Figur 7.18 Mål og dimensjoner på benk til drift- og vedlikeholdsarbeid

7.2.5 Måleutstyr

Dette delkapittelet beskriver kort instrumentene som ble montert i løpet av mai. I Tabell 7.5 er instrumentene presentert med leverandør. Informasjon er hentet fra produsentens produktblader og ved kommunikasjon med NVE (personlig kommunikasjon, K. Møen, NVE, 03.05.18).

Vannmåling

Under hvert sluk ble det plassert en IBC-container med kapasitet på 1000 l. Hver container har en trykksensor som måler vannivået. En millimeter økning i vannivået i containeren tilsvarer omtrent én liter vann. Ved å se på nivåendring hvert minutt er det enkelt å beregne

avrenningen fra takene på minuttbasis. Når containeren begynner å bli full starter kontrolleren en pumpe og containeren tømmes for vann. Pumpa har en kapasitet på ca. 230 l/s. Hvis containeren er helt full av vann vil det da ta 4,3 min å tømme den.

Nedbørmåler	Nedbørmåler av type Pluvio ² ble etablert to meter fra det midterste forsøktaket på nordøstlig side. Pluvio ² er en vektbasert nedbørmåler som måler i all slags type nedbør, slik som regn, sludd, snø og hagl. Parametere som beregnes er blant annet kumulativ nedbør, nedbørintensitet og innhold i bøtten i sanntid (OTT Hydroment, 2017).
Vindmåler	Ved det sørlige taket ble det montert en vindsensor. Det ble etablert en ordinær propellbasert måler. Sensoren kan måle hastigheter fra 0- 100 m/s når temperaturen er mellom -50 og 50 °C (R.M. Young Company, 2018).
Radiometre	Det ble montert et netto radiometer for å måle strålingsbalansen for innkommende og utgående kortbølget stråling, og utgående langbølget stråling. Radiometeret er oppvarmet slik at det vil bli et minimum av dugg, frost og is og snø som kan forstyrre sensorhodet (Apogee instruments, 2018b). Det ble også montert to infrarøde radiometre for å måle temperaturen ved hjelp av infrarød stråling (Apogee instruments, 2018a).
Temperatur og fuktighetsmåler	En lufttemperatur- og luftfuktighetssensor ble montert ved nedbørmåleren. Driftsområdet for temperaturmåleren er fra -40-70 °C, med en nøyaktighet på $\pm 0,3$ °C ved 25 °C. Fuktighetsmåleren har et driftsområde fra 0–100 % når temperaturen er mellom -20-60 °C. Nøyaktigheten er på ± 2 % i intervallet 10-90 % (Campell Scontific, 2016). Temperatur og fuktighet gir sammen en god indikasjon på potensiell fordampning fra forsøktakene.
Veieceller	Mellom hver søyle og hovedbjelkene ble det montert kompresjonslastceller med et tilhørende digitalt grensesnitt. Det er seks veieceller per konstruksjon, og summen av disse fungerer som en punktvekt for hver konstruksjon. Ved å montere veieceller blir det mulig å måle den totale vannbalansen i forsøktakene på forsøktakene til enhver tid. Dette muliggjør presis måling av fordampning, og gir en direkte måling av gjenværende fordrøyningskapasitet.
Temperatursensor	På begge takene med finknust LECA og sedumdekke ble det montert åtte temperatursensorer. Fire ble lagt i bunnen av LECA-laget, og fire ble lagt i sjiktet mellom finknust LECA og sedum. Sensorene er plassert 1,5 m inn fra hvert hjørnepunkt.

Strømningsmåler For fase to av prosjektet er det tenkt at det skal kunne påføres kunstig regn. Dette er for å stresse taket og se hva maksimal fordrøyd vannmengde kan være. For å gjøre dette ble det montert en elektromagnetisk mengdemåler.

Instrumentskap Det ble satt ut et instrumentskap med en datalogger og styringsenhet av typen 9210B. Denne er basert på et Windows CE operativsystem, og er designet for å fjernovervåke og kontrollere systemene. Alle sensordata som logges lokalt overføres til løpende til NVEs hydrologiske database (personlig kommunikasjon, K. Møen, NVE, 03.05.18)

Tabell 7.5 Måleutstyret benyttet på forskningsinfrastrukturen

Antall	Parameter	Type
1	Nedbørmåler	Ott "Pluvio ² "
1	Netto radiometer (lang og kortbølge)	Apogee "SN-500"
2	Infrarødt radiometer (Overflatetemperatur)	Apogee "SI-421"
2	Åttekanals temperaturprofil (jordtemperatur sensor)	Microstep-MIS "Digital Temperature Profiler Probe TPP"
18	Digitalt lastcellegrensesnittkort	Keynes Control "Single Channel Full Bridge Strain Gauge Interface – SDI-12"
18	5 tonns veieceller	PT-Global "LPX-5000kg"
1	Temperatur og relative luftfuktighetsmåler	Campbell "CS-215"
3	Vannivåsensor	Seametrics "Aquistar PT-12"
1	Vindmåler	RM Young "Model 05103"
1	Elektromagnetisk strømningsmåler DN40 (kunstig sprinklersystem)	Krohne "Optiflux 2050C"
1	Controller og datalogger	Sutron "9210B"
3	Sump pumpe	GrundfosUnilift KP 350 240VAC/700W 14 m ³ /h
3	Avløpsakkumuleringstank	IBC 1000 litre

7.2.6 SHA-Plan

Det ble utarbeidet en plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø jf. byggherreforskriften 2011, kapittel 2 Byggherrens plikter §7 og §8. Planen inneholder et organisasjonskart, Figur 7.19, en fremdriftsplan, Figur 7.20, og en beskrivelse av risikoforholdene i prosjektet og hvordan de skal håndteres, Tabell 7.6. Mal for planen er hentet fra Difi (2017). Planen er lagt ved på neste side.

SHA-PLAN

Prosjekt/arbeid:	Forsøgstak NMBU
Byggeplassadresse:	Åsbakken 10, 1430 Ås

SHA-organisasjon

Roller	Firma, kontaktperson, tlf.nr.:
Byggherre:	NMBU
Prosjektleder:	Astri Sommer Øyre, 458 52 906
SHA-koordinator prosjektering (KP):	Astri Sommer Øyre, 458 52 906
SHA-koordinator utførelse (KU):	Julie Trommald, 483 68 212

Generelt

Planen for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø er utarbeidet for ivareta §7 i Arbeidstilsynet (2011). Planen skal sikre et fullt forsvarlig arbeidsmiljø, og inneholder prosjektets organisasjonskart, fremdriftsplan for utførelse og risikoforhold.

Kort beskrivelse av arbeidene

Graving: Et område på 80 m³ skal graves ut.

Støp: 18 stk. søylefundamenter skal forskales og støpes.

Gjenfylling: Et område på 55 m³ skal gjenfylles.

Montering av rammer og toppdekke: 3 stk. rammer skal monteres og løftes på plass med kran.

Montering av isolasjon: Fallisolasjon skal monteres på 3 stk. Tak.

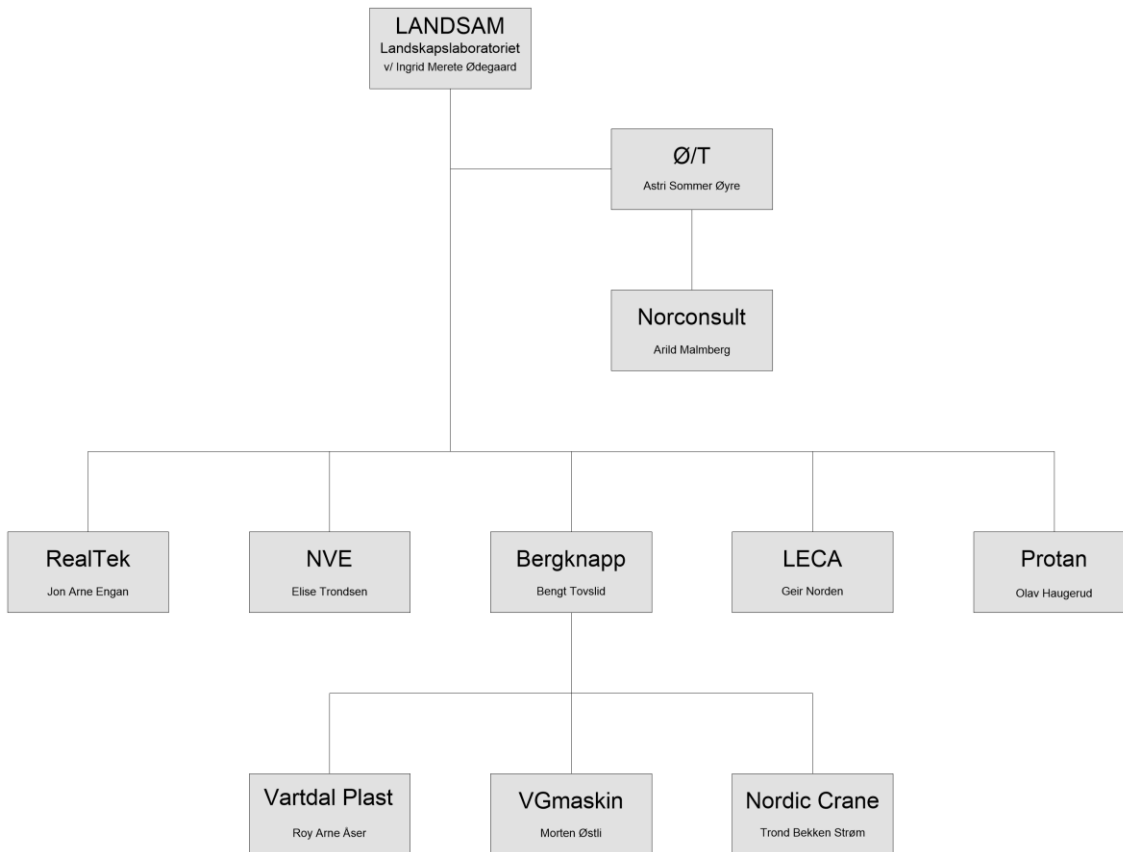
Taktekking: 3 stk. tak skal tekkes.

Legging av LECA: 16 m³ finknust LECA skal løftes med kran fordelt på 2 stk. tak

Legging av sedummatter: 100 m² sedummatter skal løftes med kran og anlegges på 2 stk. tak

Montering av måleinstrumenter.

Organisasjonskart



Figur 7.19 Organisasjonskart til forskningsinfrastrukturen

Fremdriftsplan

Fremdriftsplan Bygging av forsøksstak på NMBU		Entreprenør Bergknapp					Protan NVE					LECA									
		man	tir	ons	tor	fre	man	tirs	ons	tor	fre	man	tirs	ons	tor	fre	man	tirs	ons	tor	fre
Nr.	Aktivitet	19.03	20.03	21.03	22.03	23.03	26.03	27.03	28.03	29.03	30.03	02.04	03.04	04.04	05.04	06.04	09.04	10.04	11.04	12.04	13.04
1	Graving																				
2	Utlegging isolasjon																				
3	Støp av fundamenter og søyler																				
4	Plassering av IBC-containere																				
5	Montering av nedbørsmåler																				
6	Plassering av veieceller																				
7	Montering av rammer*																				
8	Montering av trekkerør																				
9	Legging av fallisolasjon**																				
10	Montering mast til målere																				
11	Taktekking inkl. sluk**																				
12	Legging av Leca**																				
13	Legging av sedum**																				

* Her blir også montering av trekkerør på underside av konstruksjon utført av NVE
 ** NVE er med under prosessen og monterer måleinstrumenter mellom lagene på tak

Figur 7.20 Fremdriftsplan for utførelsen av forskningsinfrastrukturen

Handlingsplan for sikker gjennomføring av bygget

Ved enhver tid på byggeplassen skal hjelm, vernesko og arbeidshansker benyttes. Nedenfor følger en liste over ekstra tiltak for risikominimering.

Tabell 7.6 Risikoområder for utførelsen av prosjektet med avtalte tiltak for risikominimering

Pkt	Særlige risikoområder for utførelse av dette prosjektet er:	Følgende tiltak er avtalt for å redusere risiko ved farlige arbeider	Ansvar
1	Fallende gjenstander ved bruk av kran	Ingen andre arbeider på gang samtidig som kran benyttes	KU
2	Montering av tunge elementer	Elementer over 30 kg løftes av to arbeidere	KU
3	Eksposering for støv ved legging av finknust LECA	Påbudt bruk av støvmasker	KU

7.3 Produksjonsprosessen

Produksjonsprosessen tok for seg kontraheringen av grunntrepreneur, og selve utførelsen av forskningsinfrastrukturen. Graving og støp ble utført av en grunntrepreneur, konstruksjonsrammen ble utført av Bergknapp, tekking ble utført av Protan og legging av isolasjon, LECA og sedum ble utført av masterstudentene.

7.3.1 Kontrahering av grunntrepreneur

Grunnarbeidet til prosjektet måtte bli utført av en entreprenør, og omhandlet utgraving av området, avretting av området med pukk, montering av frostisolasjon, støp av fundamentsøyler og gjenfylling av testområdet. Det ble valgt å ikke legge arbeidet ut på anbud, men ta personlig kontakt med aktuelle entreprenører. For å innhente tilbud ble entreprenøren først forsøkt kontaktet på telefon, deretter ble en e-post utsendt med detaljert informasjon og tegninger av arbeidet. Totalt ble det tatt kontakt med seks entreprenører for hele grunnarbeidet, og tre entreprenører for graving. Tre entreprenører kom med tilbud for hele arbeidet, og en entreprenør kom med tilbud for graving.

I januar var det kun blitt kontaktet to entreprenører, hvorav den ene hadde gitt tilbud. Tilbudet var i overkant av hva som var forventet, som gjorde at det ble tatt kontakt med fire nye entreprenører i februar. En av entreprenørene, entreprenør X, ga et tilbud. En annen entreprenør, entreprenør Y, hadde vist interesse om å komme med et tilbud, og ble kontaktet før arbeidet ble bekreftet med entreprenør X. Det tok tid å avklare detaljer for utføring av grunnarbeidet, innhente sponsorer av ulike materialer for å spare inn midler og å få godkjenning fra betalende part. For å få forsøksstakene etablert innen april var det derfor ønskelig å starte så fort det var mulig å få til. Entreprenør Y kom med tilnærmet likt tilbud som entreprenør X, så entreprenøren ble valgt etter når arbeidet kunne ferdigstilles.

Da gravingen skulle begynne var det estimert frost rundt 0,4 m ned i grunnen (BIOKLIM, 2018). Da kuldegradene kom i november 2017 var det et snøfall som hadde blitt liggende hele vinteren til mars. Det var derfor veldig usikkert på hvor langt ned frosten gikk. Entreprenør Y hadde ikke gravemaskin til

å grave i frost, så graveentreprenører i Follo-området måtte bli kontaktet for utføring av graving. En av graveentreprenørene kom med et tilbud, og kunne utføre arbeidet dagen etter.

7.3.2 Utførelse

Utførelsen av forskningsinfrastrukturen begynte med graving 21. mars 2018, og konstruksjonen sto ferdig 15. april 2018. Måleinstrumenter og trekkerør ble montert i mai 2018. Fremdriftsplanen for utføring er vist i SHA-plan i kapittel 7.2.6. Utførelsen blir i dette delkapittelet presentert ved bilder med tilhørende beskrivende tekst.

Testområdet ble målt og stukket ut for å kunne se hvor takene passet best å bli plassert. Det ble valgt å legge området nærmere mot sørvest med radene med trær, enn nordøst der hovedveien går. Grunnen til dette var høyden til taket, og trærne med en høyde på 3-5 m sørvest ville ikke påvirke lysforholdene i like stor grad som trærne ved veien på 15-20 m.

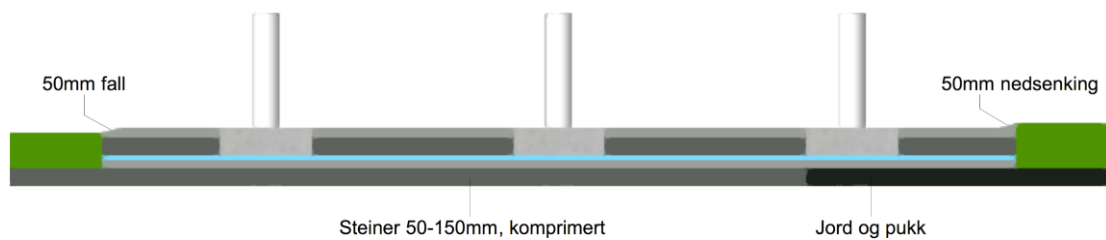


Figur 7.21 Utstikking av forsøksområdet



Figur 7.22 Forsøksområdet ferdig oppmålt og målt

Bakken på testområde hadde en forskjell i terreng fra punkt 1 til punkt 3 på ca. 100 mm. Grunnen ble avrettet med pukk slik at toppen av fundamentene som lå på bakkenivå ville ligge litt lavere enn terrenget på østsiden, og litt høyere enn terrenget på vestsiden illustrert i Figur 7.23. Tilbakefyllingen av massene skaper da en liten nedsenking fra terreng til testområde på østsiden, og et fall fra testområde til terreng på vestsiden.



Figur 7.23 Terrengforskjell fra nordøstsiden av testområdet til sørvestsiden

Området er tidligere brukt til ulike forsøk. De øverste 100 mm av bakken på testområdet bestod av jord og leire. I bakken på østsiden av testområdet lå en 1,5-2 m bred stripe med jord og småstein, adskilt fra resten av testområde under jorden og leiren bestod av steiner på 50-150 mm i bredde. Jord og småsteiner ble dumpet på et område 60 m nord for testområdet. Massene med de større steinene ble lagt til siden for å bli brukt som deler av gjenfyllingsmassen senere i byggeprosessen.



Figur 7.25 Grunnmassene på forsøksområdet



Figur 7.24 Steinmassene i grunnen

Grunnen med steiner på testområdet ble trykkbehandlet og det ble lagt en fiberduk over stripen med jordmasser for å unngå uønsket vegetasjonsvekst på bakken av testområde. Testområdet ble avrettet med pukk, som på grunn av høydeforskjell i terrenget ble fordelt utover med en variasjon i tykkelsen mellom 15-100 mm.



Figur 7.27 Grunnmassene som blir komprimert



Figur 7.26 Testområdet avrettet med pukk

Isolasjon av typen Technicol XPS Carbon ble lagt utover testområde i plater på 1180x580mm. Isolasjonen er laget av ekstrudert skummet polystyren og er trykkfast. Isolerte forskalinger på 1000x1000x300 mm til 18 stk. fundamenter ble plassert på testområde. Armering til sålen ble lagt i kryss i sålens underkant, med søylearmering stukket gjennom sølearmering og den isolerte forskalingen.



Figur 7.29 Frostisolasjonen



Figur 7.28 Forskalinger til søylefundamentet

Betong av typen B30 ble fylt i forskalingene, og støperør til søylene ble plassert i den våte betongen. 24 timer etter fylling av forskalingene ble støperørene fylt med betong, og et flattjern plassert i toppen av hver søyle til plassering av veieceller. Området ble fylt igjen med et lag på 200 mm av grunnmassene som ble gravd ut, og et lag på 100 mm med pukk.



Figur 7.31 Forskalingene som fylles med betong



Figur 7.30 Området gjenfylt og fundamentsøylene på plass

Bjelkesko ble montert på hovedbjelkene med fem spiker på hver side. Last-bjelmene på endekanten ble festet med vinkeljern og spiker i hjørnene. Det ble montert en bjelke med tverrsnitt 48x98 mm langs endebjelmene, for montering av toppdekket.



Figur 7.33 Bjelkesko for innfesting av last-bjelmene

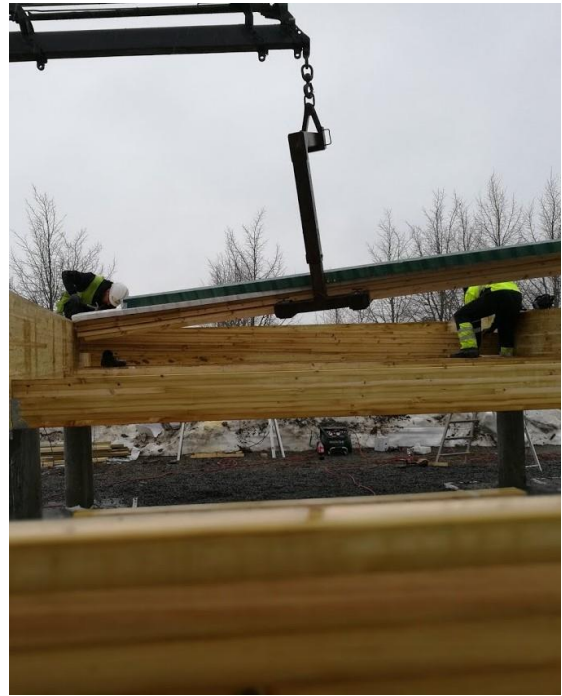


Figur 7.32 Vinkeljern for innfesting av endebjelmene, og bjelke for montering av toppdekke

Hovedbjelmene ble løftet på høykant, og fem last-bjelker ble montert med jevne mellomrom i bjelkeskoene. Deretter ble det foreløpige rammesystemet løftet med kran på søylene. Resterende last-bjelker ble plassert i bjelkesko, og festet med fire spiker på hver side av bjelkeskoen.



Figur 7.35 Hovedbjelkene løftes på fundamentsøylene



Figur 7.34 Last-bjelker monteres på rammekonstruksjonen

Mellom søylen og hovedbjelken ble det plassert veieceller. Veiecellene ble plassert på flattjernet i fundamentsøyler, og et vinkeljern med tykkelse 8 mm ble montert på hovedbjelken. Forestia gulv ekstra 22x620x2420 ble montert tvers på last-bjelkene med sponlim og skruer.



Figur 7.37 Veiecellen plassert mellom fundamentsøylen og hovedbjelken



Figur 7.36 Sponplatene brukt som toppdekke

For å oppnå ønsket fall på taket ble det valgt å bruke fallisolasjon. Isolasjonen er av typen Styropor EPS byggisolasjon og ble levert i tre forskjellige mål, hvorav to var med fall. For å bygge opp fallet ble det brukt isolasjonsplater på 60x600x1200 mm. Fallplatene var på 1200x1200 mm med fall fra 80-50 mm og 50-20 mm. Isolasjonsplatene ble kuttet for å tilpasse rennen mot sluket.



Figur 7.39 Isolasjonsplater for falloppbygging



Figur 7.38 Fallplatene tilpasset takets form

Taket ble tekket med Protan sitt tekkesystem BlueProof. Tekkesystemet består av to typer takbelegg, Protan BP og BPX. Protan BP krever separat migreringssperre mot underlag av polystyren, og ble lagt på takflaten. Protan BPX ble brukt til parapeten. Takbelegget ble rullet utover langsgående banekant, og festet i isolasjonen. Rullkantene ble overlappet med hverandre, og skjøttet sammen med varmluft. Ved tekking av parapeten ble det benyttet en stålskinne langs overgangen av mellom takflate og parapet. Et Jual taksluk med 75 mm diameter og 250 mm lengde ble sveiset inn med takbelegget. Lister med tverrsnitt 30x150 mm ble spikret fast på toppen av parapeten for å legge takbelegget over kanten i klem.



Figur 7.40 Overlappene ble skjøtet sammen med varmluft

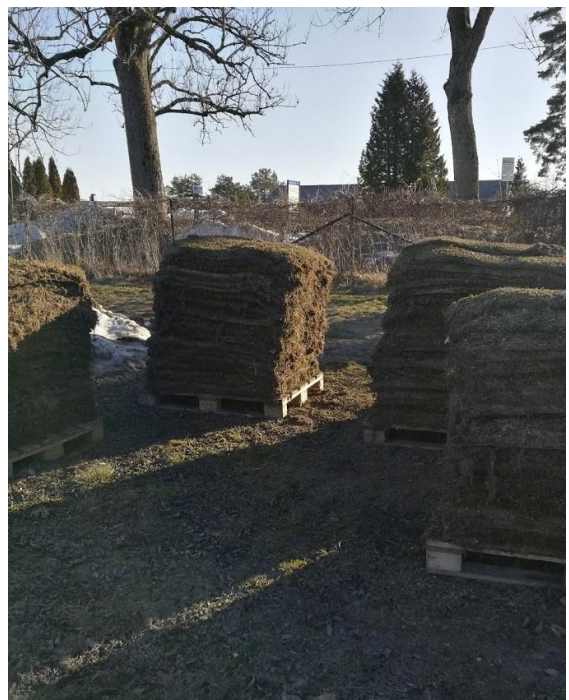


Figur 7.41 Taksluket

To av takene skulle ha en kombinasjon av LECA og sedum, og det tredje taket skulle være et svart referansetak. Knust LECA ble levert i 17 sekker à 1 m³, og sedummattene ble levert på paller.



Figur 7.42 Finknust LECA levert i sekker à 1 m³



Figur 7.43 Sedummatter levert på paller

Sekkene med LECA ble heist opp på takene ved hjelp av en kran, stukket hull på og fordelt utover takflaten. Taket skulle ha 150 mm knust LECA jevnt fordelt. Det ble brukt i underkant av 8 m³ på hvert av takene. LECA-materialet ble fordelt ved hjelp av raker og en planke dratt over massene. To paller med sedum og en rull med filtduk ble deretter heist opp på takene. Da LECA-materialet fungerte som et beskyttelsessjikt mellom takbelegget og pallen med sedum var det ikke behov for å legge noe under pallen under utførelsen. For å minimere tidsbruken med kranføreren ble denne prosessen utført på begge takene før utleggingen av sedum.



Figur 7.44 LECA-materialet ble fordelt utover taket



Figur 7.45 Sedum og filt løftet på taket

Filt ble rullet utover, og matter med sedum ble lagt over. Filt og sedum ble lagt med et separasjonslag på 500 mm fra sluket. En slukboks ble plassert rundt sluket, og separasjonslaget på 500 mm ble fylt med singel. Sedummattene ble gjødslet for å få ordentlig grofeste.



*Figur 7.46 Filt og sedum rullet utover finknust
LECA*

7.3.3 FDV-dokumentasjon

Dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold av byggverk og tekniske installasjoner (FDV-dokumentasjon) ble utarbeidet for å fungere som en brukermanual ved drift- og vedlikeholdsarbeid av forsøktakene. Dokumentasjonen inneholder produktbeskrivelse, anvisninger for drift og vedlikehold og eventuelt teknisk service for materialene benyttet over rammekonstruksjonen. Dokumentasjon for måleinstrumenter på forsøktaket er ikke med i utarbeidet FDV-dokumentasjon, da drift- og vedlikehold av disse blir utført av leverandøren, NVE. FDV-dokumentasjonen ble sendt ut til brukere av forsøktaket etter endt utførelse, og ligger vedlagt som vedlegg 12.3.

8 Resultat

8.1 Forskningsinfrastrukturen

Under følger bilder av den ferdige forskningsinfrastrukturen.



Figur 8.1 Bia sett ovenfra. Takenes navn fra venstre er Pollen, Per og Nektar. Foto: S. Nyborg



Figur 8.2 Bia sett mot veterinærbygget. Foto: S. Nyborg



Figur 8.3 Bia sett fra nord. Foto: S. Nyborg



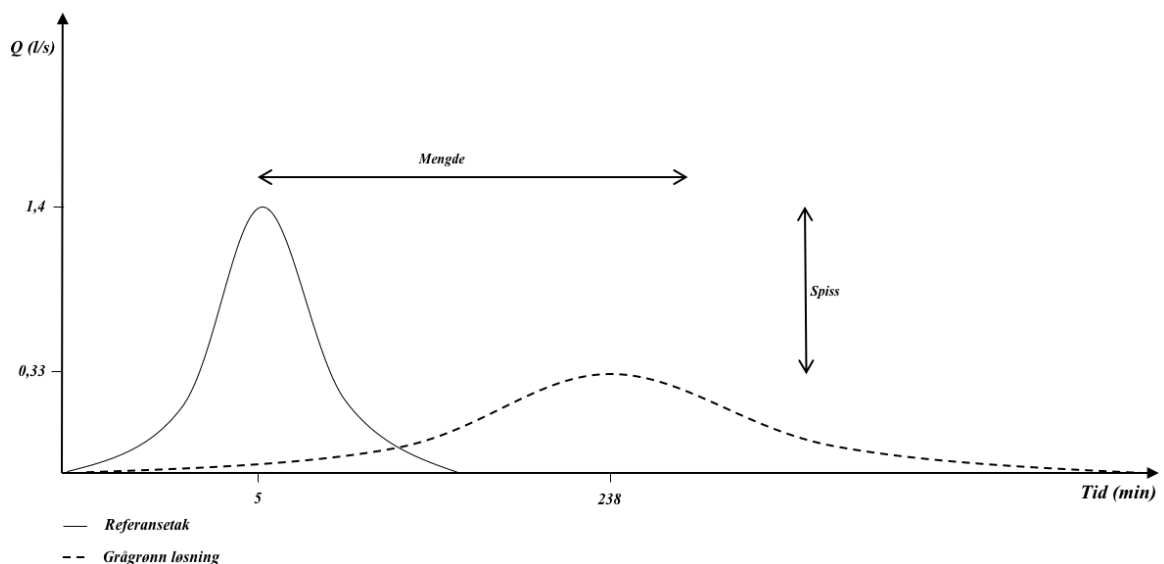
Figur 8.4 Bia sett fra øst. Foto: S. Nyborg



Figur 8.5 Pollen sett ovenfra. Foto: S. Nyborg

8.2 Beregningsmetoder

For å kunne benytte Aron og Kiblers metode måtte konsentrasjonstid og videreført vannmengde beregnes for takene. Figur 8.6 illustrer at det vil være forsinket maksimalavrenning med 238 minutter fra takene med grå-grønn løsning, og en avrenningsintensitet på 0,33 l/s. Det er beregnet en avrenningsintensitet på 1,4 l/s for referansetak.



Figur 8.6. Figuren illustrerer at det vil være reduksjon i avrenningsintensitet ved bruk av den grå-grønne løsningen.

Med konsentrasjonstid lik 10 minutter blir magasinert volum i de grå-grønne løsningene slik som presentert i Tabell 8.1.

Tabell 8.1 Fordrøyningskapasitet på takene med grå-grønn løsning

Varighet (min)	Dim nedbør, (l/s*ha)	Q _{maks inn} (l/s)	V _{inn} (l)	V _{ut} (l)	V _{fordrøyning} (l)	V _{fordrøyning} (m ³)	Vannstand (mm)
1	447	3,1	188	110	78	0,08	2
2	411	2,9	345	120	226	0,23	5
3	375	2,6	473	130	343	0,34	7
5	325	2,3	682	150	532	0,53	11
10	254	1,8	1065	200	865	0,87	17
15	201	1,4	1268	249	1018	1,02	20
20	166	1,2	1390	299	1091	1,09	22
30	126	0,9	1585	399	1186	1,19	24
45	95	0,7	1799	549	1251	1,25	25
60	77	0,5	1945	698	1247	1,25	25
90	62	0,4	2355	998	1357	1,36	27
120	48	0,3	2404	1297	1107	1,11	22
180	35	0,2	2646	1895	751	0,75	15
360	22	0,2	3266	3691	-425	-0,42	-8
720	14	0,1	4082	7282	-3199	-3,20	-64

Ved antakelse om at det den grå-grønne løsningen er isotropisk vil vannføringen ut fra forsøktakene være slik som presentert i Tabell 8.2.

Tabell 8.2 Vannføring fra takene med grå-grønn løsning. Vannføringen er gitt i millimeter.

Tid (min)	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720
Nedbør (mm)	4	6	8	12	18	24	36	48	72	144	288

Den maksimale vannlagringskapasiteten for forsøktakene er presentert i Tabell 8.3. Materialene er oppgitt i kubikkmeter og multiplisert med porevolumet.

Tabell 8.3: Maksimal fordrøyd vannmengde på taket er 4,97 m³.

	Mengde (m ³)	Porevolum	Sum
LECA	7,96	50 %	3,98
Sedum	1,98	50 %	0,99
Singel	0,03	30 %	0,01
Fordrøyd vannmengde (m ³)			4,97

9 Diskusjon

9.1 Etableringen av Bia

I kapittel 7, Etableringen av Bia, ble prosessen ved etableringen forklart i form av ulike faser, og forsøktakenes byggetekniske løsninger ble presentert og begrunnet. Dette delkapittelet diskuterer bakgrunnen til de ulike valgene som ble tatt i prosessene, som var avgjørende for forsøktakenes prosjektstruktur utseende og funksjon. Delkapittelet tar også for seg mulige alternativer til valgte løsninger med konsekvenser og problemer som oppsto under utførelsesfasen.

9.1.1 Programmeringen

Da temaet for oppgaven var valgt ble det sendt ut flere e-poster til ulike aktører som hadde tilknytning til grønne tak. En overveldende del av aktørene svarte positivt, viste interesse for valg av tema, men hadde ikke mulighet til å være samarbeidspartner. Til gjengjeld ville de gjerne bidra med informasjon om temaet, og opplyse om utfordringer knyttet til grønne tak og overvannshåndtering. Det ble avholdt flere møter der innspill på viktige momenter som var viktig å ta hensyn til, og hva som var ønskelig å vite innenfor valgt tema. Det ble avholdt flere møter der innspill på hva som var viktig å ta hensyn til ble gitt, og hva som var ønskelig å vite innenfor valgt tema. For å kunne gjennomføre prosjektet var det behov for finansiering. Finansiering kunne skaffes gjennom stipend eller ved å få med flere aktører på et samarbeid. Noen aktører virket interesserte i å etablere et samarbeid, men trakk seg senere.

Bergknapp var en av de første som viste interesse som samarbeidspartner, og kunne tilby sommerjobb for å få et nærmere innblikk i produksjonen av grønne tak. Å jobbe på produksjonsgården ga et innblikk i fagfeltet og utfordringene knyttet til overvann, samtidig som oppgavens problemstilling kunne utformes. Det var nyttig å lære seg håndverket ved å legge et sedumtak, i tillegg til skjøtsel av takene. Gjennom jobben i Bergknapp ble det knyttet kontakt med andre aktører innen overvannshåndtering. Blant annet ble første kontakt med Protan etablert på «Bygg reis deg» messen i Lillestrøm, gjennom jobben i Bergknapp.

Gjennom flere møter ble takene utformet, og tegningene ble kontinuerlig endret og tilpasset nye ønsker. Tegningene ble deretter sendt ut på e-post til samtlige samarbeidspartnere for kommentarer. For å få klarhet i spesifikke detaljproblemer ble det tatt personlig kontakt. Møtene som ble avholdt ga gode tilbakemeldinger, og flere avklaringsmøter kunne vært hensiktsmessig for å utforme tegningene best mulig.

Prosjektet Bia var et samarbeidsprosjekt mellom flere aktører, med flere interne budsjett. Tilbud måtte derfor noen ganger godkjennes av flere parter, som kunne ta noe tid. For å unngå forsinkelser på utførelsen kunne det vært lurt å lage et felles budsjett for prosjektet, og på forhånd avklart grensesnittet for plassering av kostnader. Slik ville det vært lettere å forholde seg til tilbud, og godkjenningprosessen ville vært mindre tidskrevende.

9.1.2 Prosjekteringen

Da arbeidet begynte med å etablere et forsøkstak var tanken først å etablere det på et allerede eksisterende tak. Ved å etablere det på et eksisterende tak ville kostnadene kun dreie seg om produksjon av LECA og sedum, og eventuelt noen byggetekniske endringer. Kombinasjonen av LECA og sedum kunne derimot gi flere byggetekniske krav enn først antatt. Tilleggslasten på taket ville blitt høyere og en eventuell forsterkning av bærende konstruksjon nødvendig, takbelegget blitt byttet ut, parapeten ville blitt for lav og en sikker adkomst til taket måtte ha blitt etablert. Konstruksjonsendringene på et eksisterende bygg kunne fort bli krevende, og kostnadene høye. Da LANDSAM presenterte et område ved Planteskolen, regulert til forsøk, virket det å bygge en takkonstruksjon på bakkenivå betydelig mindre komplisert enn å etablere den grå-grønne løsningen på et eksisterende tak. Tanken var allikevel å bygge takene så likt et vanlig tak som mulig, for at målingene skulle bli reelle.

Området var stort nok til å kunne etablere tre stk. tak på rekke, og ville gi alle takene like forhold. Da det var ønskelig med et så stort areal på takene som mulig, men samtidig et behov for å ha minimum to tak, kom løsningen med sluket i hjørnet. Denne løsningen var fordelaktig på flere måter ved at sluket og containerne ble lett tilgjengelig, og taket kunne speiles. Løsningens ulempe var at siden forsøkstakene skulle ha et fall på 1:40 mot sluket måtte kanten lengst fra sluket bygges opp i en viss høyde. Dette førte til problemet med maksimal høyde og ønske om IBC-containerer, forklart under.

Tidlig i prosessen ble det valgt at forsøkstakenes høyde ikke skulle overstige 2 m, for å unngå tidsbruken og kostnadene knyttet til personsikring ved arbeid på tak. IBC-containeren som skulle stå under slukene var den avgjørende faktoren for at takene måtte ha en høyde opp under 2 m. Alternativet var å bruke oljetønner som var 0,3 m lavere enn containerne, men NVE så på IBC-containerne som så fordelaktig fremfor oljetønnene at dersom høyden ble et problem kunne containerne graves ned. Ved nedgraving av ville det derimot blitt vanskeligere å nå bunnventilen for tømning av containerne. Nedgraving ga et behov for ekstra frostisolasjon rundt containerne, med utstikk som tilfredsstilte forholdet mellom frostfri dybde og gravedybde. For å unngå å grave ned IBC-containeren måtte forsøkstakenes høyde bli 2 m, og avstanden mellom topp av container og bunn av konstruksjonen ble 50 mm. Selv om det ikke er krav til rekkverk på tak under 2 m, kan det allikevel oppstå skader ved et eventuelt fall fra takene. Det er ikke nødvendig å gå på takene for vedlikehold og drift, da sluk kan nås fra benken. Dersom det blir behov for å måtte gå på taket kan en sikringsline monteres, og fallsele brukes.

Konstruksjonsoppbyggingen til forsøkstakene skulle bygges slik et normalt grønt tak blir bygd opp. Et flatt kompakt tak er den vanligste oppbyggingen under et grønt dekke, så det var naturlig å følge denne oppbyggingen. På det første møtet med NVE ble det delt erfaringer om noen pågående forsøk for måling av snø. Disse konstruksjonene hadde en plattform på 25 m², bygd opp av to hovedbjelker og last-bjelker med c/c 0,45. Plattformene skulle tåle en last på 800 kg/m² fordelt på fire fundamentsøyler. Ved å utvide plattformen til dobbel størrelse, og antall fundamentsøyler til seks, ville konstruksjonen bli 50 m² og fortsatt tåle en last på 600 kg/m². Dette ble da utgangspunktet for forsøkstakenes bærende konstruksjon. Dersom bærekonstruksjonen ble bygd med samme materialer og tverrsnitt ville det spare mye dimensjoneringsarbeid ved at kun en kontrollberegning ville være nødvendig, og konstruksjonen ville være kvalitetssikret ved at de allerede var testet ut i forbindelse med måling av snø.

Søylefundamentene på forsøktaket måtte være noe høyere enn de på snøvektene, og ble valgt å bygges i betong. Siden takene skulle ha en veiecelle mellom søyle og konstruksjon ville søylene kun bli påvirket av én trykklast. Betong har en høy trykkapasitet, og passet derfor godt som søyler til forsøktaket. Forsøktakene ville få en høyere last enn snøvektene på grunn av egenlasten av den grå-grønne løsningen i tillegg til dimensjonerende snølast, og måtte kontrolleres for dette. Kontrollberegningen viste at takets egenvekt og snølasten ville gi en total last rett under $5,9 \text{ kN/m}^2$, som takene var kontrollberegnet for. Med større og mer intense regnbyger, kan det forekomme større snøbyger enn normalt, og 100 N/m^2 ved påsketider kan være kun 30 mm snø. På den andre siden resulterte kontrollberegningen for den bærende konstruksjonen at lastkapasiteten tilfredsstilte kravene med god margin for en dimensjonerende last på $5,9 \text{ kN/m}^2$. Kontrollberegning av fundamentsålens bredde ga også god margin, og som nevnt tidligere har betongsøyler høy trykkapasitet. Veiecellene som ble montert derimot har en maksimal kapasitet på 5 tonn, og vil være det kritiske elementet ved dette problemet. Det er derfor skrevet i FDV-dokumentasjonen til forsøktakene at dersom snøhøyden overstiger 1 m, bør måking vurderes.

Siden forsøktakene skulle ha veieceller måtte takene ligge «løst» over søylene. Dette var for at eventuelle innfestninger mellom fundamentsøyle og konstruksjonen kunne påvirke vekten på forsøktaket. En beregning av vindkrefter ble gjort for å forsikre om at det ikke ville oppstå forskyvninger av takene. På grunn av konstruksjonens høyde, altså høyden fra underside av konstruksjon og til topp av parapet, er 0,75 m er det lite overflateareal vinden kan ta tak i. Beregningene viste at i forhold til takets totale egenvekt på nesten 13 tonn ville ikke vind i utgangspunktet kunne påvirke takets plassering. Det kan vurderes å sikre mot ekstremvind ved å montere en form for avstivning, for eksempel en wire som kan ta opp strekkrefter fra last-bjelker til søylefundament.

Under prosjekteringen ble det tatt hensyn til, så langt det gikk, anbefalinger fra Norsk Standard og byggforsksblader fra Direktoratet for byggkvalitet, i tillegg til at lover og forskrifter ble fulgt. Det var viktig å prosjektere mest mulig likt et normalt grønt tak. En anbefaling fra Standard (2015) om grønne tak var at avslutning på vannsperrende sjikt, i prosjektets tilfelle takbelegget, skulle ligge 150 mm over vegetasjonshøyde. På grunn av isolasjonens høyde lengst fra sluket, og ønsket om at taket ikke skulle overstige 2 m måtte ble ikke denne anbefalingen fulgt. Bakgrunnen for en høyde på 150 mm var for å unngå fuktskader, som ikke ble sett på som et problem på forsøktakene. I byggforsksbladet om kompakte taks oppbygging, Byggforskserien (2007), er det anbefalt å legge en dampsperre mellom bærende konstruksjon og isolasjon. Denne dampsperran ble sløffet på forsøktakene, da isolasjonen var av typen EPS som ikke ville ta skade av fuktighet.

9.1.3 Måleutstyr

IBC-containeren som samler opp avrent vann fra takene har en kapasitet på 1 m^3 . Pumpen som tømmer containeren har en kapasitet på ca. 230 l/min, som gjør at det vil ta omtrent 4 minutter og 15 sekunder å tømme beholderen. Under tømning vil det ikke være mulig å logge avrenning, og tømning av container må skje når det ikke er avrenning fra takene. Dette kan være utfordrende i nedbørrike perioder, og kan føre til avvik i målingene. Dette må tas hensyn til i beregninger av avrenning. Ved utlegging av LECA

ble det observert ulik kornstørrelse på finknust LECA i storekkene. En av storekkene som ble fordelt utover Nektar inneholdt mye finstoff. Dersom blir avvik mellom målt avrenning fra takene kan dette være en mulig feilkilde. Ved plassering av nedbørmåleren ble ikke retningslinjene til Meteorologisk institutt fulgt. Nedbørmåleren ble plassert 2 m unna takene slik at takene og nedbørmåleren fikk samme forhold. Verdiene fra denne nedbørmåleren er derfor ikke fullt representative for Ås sitt klima.

9.1.4 Produksjonen

Grunnarbeidet til forsøksstakene måtte utføres av en entreprenør, da ingen av samarbeidspartene hadde kompetanse til dette arbeidet. I første omgang ble det tatt kontakt med en potensiell entreprenør, som etter flere telefonsamtaler fant ut at arbeidet ikke passet dem. Bergknapp, som sto økonomisk ansvarlig for grunnarbeidet holdt til i Sandnes og kjente ikke til entreprenører på Østlandet. Et forslag om å bruke entreprenøren NMBU hadde rammeavtale med ble gitt, og entreprenøren ble kontaktet. Et tilbud for grunnarbeidet som var langt over hva Bergknapp hadde budsjettert med ble gitt. Enten måtte oppbyggingen av forsøksstakene løses på en mer økonomisk måte, eller måtte flere tilbud bli innhentet. Da det var vanskelig å løse oppbyggingen til taket på en mer økonomisk måte, ble det sendt ut flere forespørsler til entreprenører. Dette førte til at innblikket i hva markedsprisen på grunnarbeidet faktisk var ble bedre, og tilbudene kunne vurderes mer kritisk. Å legge ut et anbud på arbeidet er noe som burde blitt vurdert ved et tidligere stadium. På denne måten kunne det blitt spart inn mye tid, og det ville vært lettere å finne den faktiske markedsprisen.

Utførelsen begynte med utgraving av området. Det var antatt at grunnen på testområdet bestod av pukk og jord, og at dette kunne brukes som gjenfyllingsmasser for å unngå kostnader av nye masser. Resterende masser kunne også dumpes på et område 60 m nord for testområdet. Da gravingen begynte var det derimot jord og pukk de øverste 100 mm av grunnen, etterfulgt av relativt store steiner på 50-150 mm i størrelse. Det var kun en 1 m bred stripe med pukk og jord nordøst i graveområdet. Steinmassene kunne ikke dumpes på området, men måtte eventuelt bli transportert til deponi. Da det ikke var ønskelig med steinmassene som underlag rundt takene ble valgt å kun bruke noe av steinmassene til gjenfylling for å slippe å transportere alt til deponi, for så å fylle opp med pukk. Kostnadene for utgraving og gjenfylling ble derfor noe høyere enn først antatt, men fordelen med underlag av stein og pukk fremfor jord og pukk er bedre drenering og ingen søle rundt takene.

Terrenget på testområdet hadde noe helning. Ved utgraving ble det funnet ut at terreng høyden nordøst for takene var 100 mm høyere enn terreng høyden sørvest for takene. Det måtte derfor graves lengre ned på nordsiden, og det vill bli et fall på 50 mm fra testområde til terreng på sørsiden. Dette ble derimot brukt som en fordel ved at IBC-containerne ble plassert på sørsiden, og tilgangen til bunnventilen ble lettere. Underlaget av steinmasser på sørsiden ville også gi god drenering for når containerne har behov for å tømmes.

LECA-materialet ble levert i sekker på 1 m³, som ble løftet på taket med en kran. For å vite høyden materialet skulle ha på taket ble det benyttet kritt for å markere 150 mm rundt hele parapeten. LECA-materialet ble deretter spredt utover ved bruk av raker og spader. Denne metoden gjorde det vanskelig

å få et lag med LECA jevnt over hele taket. Det endte med at det ble brukt en middels lang planke, som ble dratt over for å jevne ut underlaget. En annen metode som kunne blitt brukt var å montere midlertidig planker eller skinner langs sidene og senter av taket, for så å bruke en planke til avretting. For å legge filt og sedum over LECA-materialet var det behov for å gå over den avrettede LECA-materialet, som lagde fordypninger i materialet. For å minimere fordypninger ble det brukt en lengre planke til å tråkke på da filtrullen ble rullet ut.

9.2 Beregningsmetoder/Beregninger

9.2.1 Antakelser og forutsetninger

Dimensjonerende nedbør for beregningene ble valgt til 20 år. Dette er etter Norsk vanns anbefaling for blant annet et bysentrum. For områder med stort skadepotensialet er gjentakintervall 30 år. Det kunne vært mer hensiktsmessig å bruke et gjentakintervall på 30 år i beregningene grunnet høyere befolkningstetthet. Klimafaktoren som er satt til grunn kan være noe høy og gi urealistiske nedbørverdier. Forslaget til klimafaktor fra Statens vegvesen er 1,3 for et gjentakintervall på 10 år, og 1,4 for 100 år. Osloområdet har de mest hyppige og kraftige nedbørhendelsene, så det ble derfor riktig å velge en klimafaktor på 1,4. Å beregne med en høy klimafaktor gjør den dimensjonerende nedbørverdien større, og kan føre til unødvendige ved utbygging av overvannsløsninger.

Selv om det ble beregnet en konsentrasjonstid på 238 minutter ble det valgt å sette konsentrasjonstiden på 10 minutter. Aron og Kiblers metode forutsetter at vann renner inn i et magasin fra et nedbørfelt. Kombinasjonsløsning på taket vil fungere både som et nedbørfelt og magasin. Dette gir grunnlaget for valg av avrenningskoeffisient.

Det ble antatt at den grå-grønne løsningen er isotopisk. For å beregne konsentrasjonstid ble det antatt at det danner seg et strømningsbilde hvor strømningslengden er tilnærmet 10 m. Lengste avstand for en regndråpe er satt til 12,07 m, men grunnet helning fra to sider på forsøktaket vil det være mer hensiktsmessig å sette strømningslengde til 10 m. Det er videre antatt at all nedbør som faller på taket vil infiltrere til bunns i den grå-grønne løsningen, før den renne mot sluket. I realiteten vil det være strømningslinjer både ovenfra og fra siden.

9.2.2 Beregninger

Forsøktakene Pollen og Nektar har et magasinerende sjikt på 190 mm med et porevolum på 50%. Det betyr at det kan lagres 95 mm nedbør i sjiktet. Fra Tabell 8.1 er den høyeste vannstanden beregnet til å være 27 mm for en regnvarighet på 90 minutter. Dette betyr at Pollen og Nektar vil kunne fordrøye og redusere alle regnhendelsene det er gjort beregninger for. Maksimal magasineringen for nedbørhendelser med gjentakintervall 20 år er for regnhendelser på 90 minutter og et magasineringsbehov på 1,36 m³.

Forsøktakene Pollen og Nektar vil kunne redusere intensitetstoppen med 1,07 l/s, illustrert i Figur 8.6. Avrenningshastigheten til Pollen og Nektar ble beregnet til å være 0,4 mm/min, som tilsvarer en

avrenning på 4 mm hvert tiende minutt, illustrert i Tabell 8.2. Den beregnede volumavrenningen fra takene vil være større enn ved målte verdier, da vannopptaket i sedumplantene avhenger av innstråling, temperatur og vind. Dette er parametere som vil kunne stadfestes ved måling på forsøktakene.

Dersom laget med LECA og sedumdekket blir vannmettet, vil vannet renne på vegetasjonen, og samle seg ved sluket. Vannføring ut av takene vil bli høyere enn den beregnede utløpskapasiteten, grunnet høyere vannstand. Normalt monteres det nødoverløp på takets høyepunkt. Dette vil gi en vannstand med fritt vannspeil på 242 mm. Det ble ikke montert nødoverløp på Pollen og Nektar. Ved store nedbørmengder og høy vannstand over sedummattene i lengre tid, bør lokkene på inspeksjonsboksene fjernes. Sedumartene tåler ikke å stå i vann. Ved å fjerne lokkene vil derimot ikke de loggede dataene for avrenning bli korrekte.

Den maksimale vannlagringskapasiteten til forsøktakene ble beregnet til $4,72 \text{ m}^3$, illustrert i Tabell 8.3. Som nevnt tidligere er takene dimensjonert slik at de kan speiles og illustrere et tak på 200 m^3 . Vannlagringskapasiteten på et 200 m^3 tak blir $20,9 \text{ m}^3$ (20 900 liter). Denne verdien er noe usikker, da det ikke er mulig å anslå partikkeldensiteten til finknust LECA. Det vil være noe vann lagret i LECA-materialet til enhver tid, og den beregnede maksimale vannlagringskapasiteten vil kun være gjeldene for en kombinasjonsløsning som er helt tørr. Hvor mye vann som er lagret i LECA-materialet kan måles ved hjelp av veiecellene som er installert på forsøktakene.

Utfordringer knyttet til Aron og Kiblers metode er hvis det kommer flere nedbørhendelser tett opptil hverandre, slik at ikke magasinet rekker å tømmes mellom hver nedbørhendelse. Dette vil være en utfordring for nedbørrike perioder.

9.2.3 Overvannshåndtering

Med forutsetningene som er lagt til grunn for beregningene vil den grå-grønne løsningen kunne infiltrere små regnhendelser i henhold til treleddsstrategien. Vegetasjonen vil ta opp den første nedbøren, og noe vil renne ned vekstmediet. Dersom det kommer mer nedbør vil denne renne ned i LECA-laget, og lagres i den porøse strukturen. Men konsentrasjonstid lik 238 minutter, som er en økning på 233 minutter i forhold til det svarte referansetak, anses løsningen som godt egnet for ledd to. Ved at det ikke er tatt hensyn til en reduksjon i volum via evapotranspirasjon og fordampning, vil kan løsningen være bedre enn det som er beregnet.

10 Konklusjon

Problemstillingen oppgaven besvarte er:

Hvordan etablere forskningsinfrastruktur for verifisering av overvannsberegninger i tilknytning til grønne tak, med hovedvekt på redusert og forsinket maksimal avrenning?

Problemstillingen ble besvart gjennom tre delpunkter:

1. Etablere forskningsinfrastrukturen og beskrive denne som et grunnlag for minimum 5 års forsøk
2. Beskrive prosessen, det prosjektadministrative og konstruksjonstekniske ved etableringen av forskningsinfrastrukturen
3. Etablering av forventet funksjon for det grønne taket med dagens tilgjengelige beregningsgrunnlag

1. Etablere forskningsinfrastrukturen og beskrive denne som et grunnlag for minimum 5 års forsøk

Bia sto ferdig 15. april 201, og måleinstrumenter ble ferdigmontert i mai 2018. Prosjektgruppen til forskningsinfrastrukturen inkluderte tre produsenter, en myndighet og et forskningsmiljø som skal drifte Bia.

2. Beskrive prosessen, det prosjektadministrative og konstruksjonstekniske ved etableringen av forskningsinfrastrukturen

Proessen ved etableringen av forskningsinfrastrukturen Bia ble delt inn i tre faser, programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Programmeringsprosessen tok for seg etableringen av prosjektgruppen, prosjekteringsprosessen tok for seg det konstruksjonstekniske og produksjonsprosessen var selve utførelsen av Bia.

3. Etablering av forventet funksjon for det grønne taket med dagens tilgjengelige beregningsgrunnlag

Med beregningsgrunnlaget som er lagt til grunn vil den valgte grå-grønne løsningen være en god løsning for å håndtere fremtidig nedbør. Ved at store mengder vann kan lagres på taket, og at taket har lang konsentrasjonstid, vil det ta 238 minutter før hele taket bidrar til avrenning i sluket. På denne måten vil eventuelle krav fra stat og kommune kunne imøtekommes.

10.1 Veien videre

Første del av prosjekt Bia er besvart i denne oppgaven. Bia vil logge kontinuerlig data fra de ulike måleinstrumentene som er blitt montert, og andre del vil være å utføre målinger på takene. Listen over monterte måleutstyr er vist i Tabell 7.5, og dataen er tilgjengelig for alle fra NVEs database. Det første året skal takene med LECA og sedum kalibreres mot hverandre, og etter ett år kan et av takene endre oppbygging eller funksjon etter ønske fra NMBU. Dette delkapittelet tar for seg videre arbeid på takene med den grå-grønne løsningen og monterte måleutstyr. Nedenfor følger forslag til problemstillinger som kan studeres ved bruk av Bia.

10.1.1 Evapotranspirasjon

Ved å kjenne vekten til konstruksjonene kan vanninnholdet på takene bestemmes. Instrumenter som måler vind, fuktighet og lufttemperatur gir mulighet for å studere fordampingsgraden, og sette denne opp mot netto stråling på forsøktakene. Under følger spørsmål knyttet til dette.

- Vil dager med høy nettostråling gi mindre avrenning på grunn av høyere evapotranspirasjon?
- Hvor stor er reduksjonen i volumavrenning? Avhenger dette av varighet og intensitet på nedbørhendelsen?
- Hvor mye kan kombinasjonsløsningen redusere avrenning i vannmettet tilstand?
- Påvirker LECA-materialet vegetasjonen?
- Hvor mye vann er det på taket når avrenningen stopper?
- Hvor stor vannmengde behøver taket før sedumplantene når sin visningsgrad?
- Hvilke andre arter kan etableres som ekstensivt tak?

10.1.2 Nedbør og avrenning

Når nedbør- og avrenningsmengdene er kjent kan tilbakeholdelseeffekten ved kombinasjonsløsningen studeres. Det er ønskelig å finne reduksjonseffekten av avrenning til grønne tak, og en løsning for å magasinere større nedbørmengder.

- Hva er maksimal fordrøyningskapasitet på Pollen og Nektar?
- Kan det lages en formel for avrenning som tar hensyn til reduksjon i volum- og intensitetsavrenning?
- Kan det lages en formel hvor konsentrasjonstiden til et sedumtak kan beregnes, som tar hensyn til ulik høyde i vekstsubstratet?
- Er det store verdiforskjeller fra nedbørmåleren på Bia og nedbørmåleren på Rustadskogen med tanke på nærliggende trær rundt Bia?

10.1.3 Isolasjonseffekt

Det er lite forskning på den isolerende effekten til ekstensive tak. Ved bruk av temperatursensorene og strålingssensorene kan varmekonduktiviteten til sedum og LECA studeres.

- Hvor stor er temperaturforskjellen i luften og i de ulike mediene?
- Er det mulig å beregne en U-verdi for finknust LECA, og for sedummattene?
- Kan en grå-grønn løsning på taket bidra til etableringen av passivhus?

11 Litteratur og kilder

- Apogee instruments, I. (2018a). Infrared radiometer: Models SI-411, SI-421, SI-431 and SI4H1 (including SS models).
- Apogee instruments, I. (2018b). Net Radiometer Model SN-500. *Owner's manual*.
- Arbeidstilsynet. (2009). Forskjellen på HMS og SHA.
- Arbeidstilsynet. (2011). *Forskrift om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler (arbeidsplassforskriften)*. Arbeidstilsynet.
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/arbeidsplassforskriften/>: Arbeidstilsynet.
- Bell, K., Liven, H. & Norske limtreprodusenters, f. (2015). *Limtreboka*. Design of glulam structures. Bergen: John Grieg Norske limtreprodusenters forening.
- Bergknapp. (2018). *Produktkatalog 2018*, 2018: www.bergknapp.no.
- BIOKLIM. (2018). Metrologiske data for Ås - BIOKLIM.
- Braskerud, B. C. (2014). Grønne tak og styrtregn.
- Braskerud, B. C. & Ødegård, I. M. (2014). Grønne vegetasjonsdekkede tak for flomdemping. 1.
- Briner, W., Hastings, C. & Geddes, M. (1996). *Project leadership*. 2nd ed. utg. Aldershot: Gower.
- Busklein, J. O. (2018). *Water detention and hydraulic conductivity*: SINTEF. Upublisert manuskript.
- Byggforskserien. (2007). 525.101 Isolerte skrå tretak med lufting mellom vindsperre og undertak.
- Byggforskserien. (2010). 521.811 Telesikring av uoppvarmede bygninger og konstruksjoner.
- Byggforskserien. (2012). 514.114 Løsninger for lokal håndtering av overvann i bebygde områder.
- Byggforskserien. (2013). 544.823 Sedumtak.
- Byggforskserien. (2018). 525.002 Takformer, taktyper og oppbygning.
- Byggkvalitet, D. f. (2015). Bygg garasje uten å søke.
- Byggjeneste. (2011). Om FDV-dokumentasjon, en kort innføring om dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold av byggverk og tekniske installasjoner.
- Campell Scientific, I. (2016). CS215 Temperature and Relative Humidity Probe. 4.
- Chin, D. A. (2013). *Water-Resources Engineering*. Pearson Education Limited 2013, b. Third edition, international dition.
- Dannevig, P. & Harstveit, K. (2018). Luftfuktighet.
- Difi. (2017). SHA-maler.
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2017). Byggteknisk forskrift (TEK17). § 15-8.
- Eikland, P. (1998). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Rapport i forskningsprosjektet Samspillet i byggeprosessen. Trondheim: NTNU.
- Endresen, S. (2009). 92 Overflateinfiltrasjon. *Stiftelsen VA/Miljøblad*.
- FLL. (2008). *Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing*. 2008 utg.: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.v. (FLL-guiden).
- Førland, E., Mamen, J., Dyrddal, A. V., Grinde, L. & Steinar, M. (2015). Dimensjonerende korttidsnedbør. *Naturfare - ifrastruktur - flom - skred, Norges vassdrags - og energidirektorat, Jernbaneverket, Statens vegvesen, Norges meteorologiske institutt*, 134.
- GeonorA/S. (1996). *Geonor T-200B series precipitation gauge - Manual for 600-mm, 1000-mm & 1500-mm capacity options*. A/S, G. (red.). <https://geonor.no/nedborsmaler/>: Geonor A/S.
- Hamouz, V., Lohne, J., Wood, J. R. & Muthanna, T. M. (2018). Hydrological Performance of LECA-Based Roofs in Cold Climates.
- Hanslin, H. M. & Johannessen, B. G. (2015). Erfaringer med grønne tak i 7 norske byer i perioden 2014 - 2015. *Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)*, 1/40/2015.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandbø, A. B., Sorteberg, A., et al. (2015). Klima i Norge 2100. *Klimadepartementet, NCCS report 2/2015*.
- Hassel, C. & Coombes, B. (2007). *Green roofs - CBSE Knowledge Series: KS11*.
- Jon Wiley & Sons, L. (2016). *Green Roof Retrofit - Building Urban Resilience*, b. 1: Wiley Blackwell.
- Klimaarkivet. (2018). *Hva er klima?* Tilgjengelig fra: <http://www.klimaarkivet.no/content/hva-er-klima-0> (lest 23.04).
- Kolltveit, B. J., Lereim, J. & Reve, T. (2009). *Prosjekt : strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*. 3. utg. utg. Oslo: Universitetsforl.

- Kommunal - og moderniseringsdepartementet & Miljøverndepartementet. (2013). Faglig råd for bærekraftig byutvikling. 12.
- Kommunal - og moderniseringsdepartementet. (2015). *Bedre bymiljø*: Kommunal - og moderniseringsdepartementet,. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/by--og-stedsutvikling/framtidensbyer/bedre-bymiljo/id661292/> (lest 21. mars).
- LECA. (2018a). *HVA ER LECA?* Tilgjengelig fra: <https://www.leca.no/om-leca/hva-er-leca/> (lest 27.04).
- LECA. (2018b). LECA - Overvannshåndtering.
- Li, Y. & Babcock, R. W. (2014). Green roof hydrologic performance and modeling: a review. *Water Science and Technology*, 69 (4): 727-738.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S. T., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). *R162 Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk Vann.
- Lindholm, O., Endresen, S., Smith, B. T. & Thorolfsson, S. T. (2012). 193 Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportssystem. *Norsk Vann Rapport*, 193:2012.
- Lindholm, O. (2014). *Vann- og avløpsteknikk*. 2. utg. utg. VA-teknikk. Hamar: Norsk Vann.
- Lindholm, O. G. (2015). 69 Overvannsdammer - Beregning av volum. *Stiftelsen VA/Miljøblad*, Meteorologisk institutt. (2016/2017). Værstasjoner i norske kommuner.
- Miljødirektoratet. (2016). Vegetasjon til grønne tak. *M-627*, Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
- Mæhlum, L. (2018). Isotropi. *Store norske leksikon*.
- Noreng, K. (2012). *Grønne tak : resultater fra et kunnskapsinnhentesprosjekt*, b. 104. Oslo: SINTEF akademisk forl.
- Noreng, K. (2013). TPF informerer nr. 10.
- Norsk klimaservicesenter. (2018a). *Nedbørintensitet*. norskklimaservicesenter.no. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> (lest 17.04).
- Norsk klimaservicesenter. (2018b). *Nedbørintensitet*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> (lest 16.04.18).
- Oslo Kommune. (2017). Overvannshåndtering - En veileder for utbygger. 1.3.
- OTT Hydroment. (2017). *OTT Pluvio² - Weighing Rain Gauge*. Tilgjengelig fra: <http://www.ott.com/en-us/products/accessories-109/ott-pluvio2-weighing-rain-gauge-963/>.
- Paus, K. H., Førland, E. J., Fleig, A., Lindholm, O. & Åstebøl, S. O. (2014). Metoder for beregning av klimafaktorer for fremtidig nedbørintensitet. *Miljødirektoratet*, M-292|2015.
- Paus, K. H. (2018). Vurdering av grønt tak for fordrøyning. *Asplan Viak* (Hausmannsgate 28 AS).
- Protan As. (2018). *Protan BlueProof*. Tilgjengelig fra: <http://www.protan.no/tak-og-membraner/losninger/blueproof/> (lest 29.04).
- R.M. Young Company. (2018). Instructions - Wind monitor model 05103.
- SINTEF Byggforsk. (2012). Grønne tak reduserer overvannet.
- Standard, N. (2003). *NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008*. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allmenne laster - Snølaster: Standard Norge.
- Standard, N. (2004a). *NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008*. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger: Standard Norge.
- Standard, N. (2004b). *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010*. Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger: Standard Norge.
- Standard, N. (2005). *NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009*. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster: Standard Norge.
- Standard, N. (2015). *NS 3840:2015*. Grønne tak - Planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift - Ekstensive tak: Standard Norge.
- Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N200 - Vegbygging*: Vegdirektoratet.
- Stiftelsen VA/Miljøblad. (2015). Overvannsdammer - Beregning av volum *Miljøblad*, 69 | 2015.
- Suttom, R. K. (2015). *Green Roof Ecosystems*, b. 223: Springer International Publishing Switzerland.
- Sørensen, S. I. (2010). *Betongkonstruksjoner : beregning og dimensjonering etter Eurocode 2*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Thorolfsson, S. T. (2014). *Vann- og avløpsteknikk*. 2. utg. utg. VA-teknikk. Hamar: Norsk Vann.
- TPF. (2017). TPF informerer nr. 6.
- Weiler, S. K. & Scholz-Barth, K. (2009). *Green Roof Systems*: Jogn Wiley & Sons, Inc.

- Westhagen, H. & Aarset, S. (1988). *Prosjektarbeid : styring, organisering, ledelse*. 2. utg. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ødegård, I. M., Clewing, C. S. & Thorén, K. H. (2013). Urban overflatevannhåndtering. Erfaringen fra Institutt for landskapsplanlegging.
- Ås Kommune. (2015). Norm for overvannshåndtering.
- Ås kommune. (2016). Overvann - Kunnsbasgrunnlag for planlegging av Ås sentrum. *Mengistu, Demmelash.*
- Buhler, Lars.*

12 Vedlegg

12.1 Byggetillatelse uten søknad

12.1.1 Ås Kommune

Fra Julie Trommald

Til: Inger Toril Hågersen

Kopi: Astri Sommer Øyre

Hei,

Referer til telefonsamtale tidligere i dag om vi trenger å søke Ås Kommune for tillatelse til bygging av tre forsøktak á 50 m² hver.

Masteroppgaven går ut på å se på nye løsninger for overvannshåndtering, og det skal derfor bygges tre stk forsøktak. Det er snakk om enkle konstruksjoner hvor det bygges en ramme som skal fungere som tak. For å få helning på taket skal det benyttes isolasjon.

- Takene skal etableres på Planteskolen på NMBU (Åsbakken 10). Se vedlegg for kart.
- Området vi har fått fra NMBU er på 220m².
- Det skal etableres tre stk tak à 50 m² hver innen for disse 220m². Brekke 5 m og lengde 10 m.
- Hvert tak skal stå på enten 4 eller 6 fundamenter. Fundamentene er støpt 1,6 m ned i grunnen. Avstanden mellom hvert fundament er ikke bestemt enda, men de vil mest sannsynlig ikke stå på enden av av takene.
- Varighet i første omgang er 5 år. Mulig det skrives ny kontrakt med samarbeidspartene etter denne perioden.

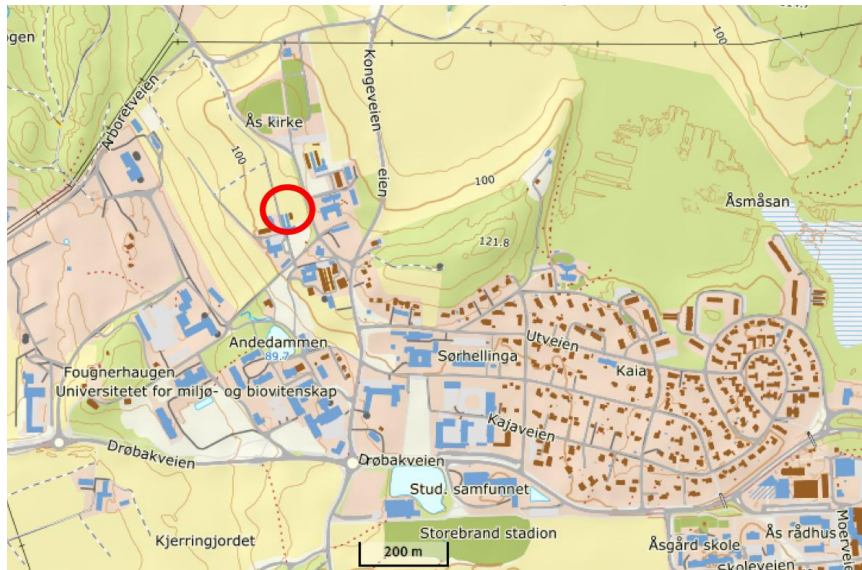
Ha en fin dag!

Vennlig hilsen

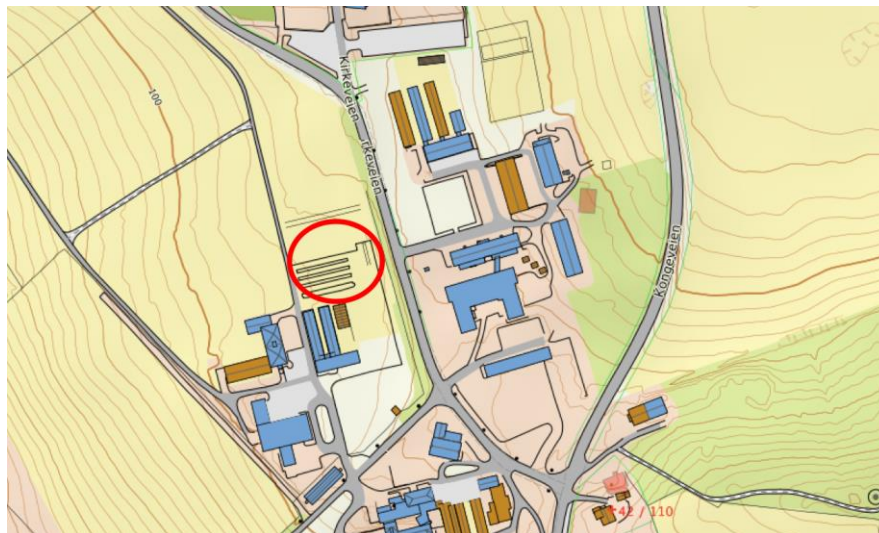
Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

458 52 906 / 483 68 212

Vedlegg 1 til Ås kommune



Vedlegg 2 til Ås kommune



Fra: Inger Torild Hågensen, 16.11.2017

Til: Julie Trommald

Til Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

Vi viser til innsendt kart og redegjørelse.

Utifra disse opplysningene vurderer vi at tiltaket ikke er søknadspliktig, jf. plan- og bygningsloven § 20-5.g): «mindre tiltak som *kommunen* finner grunn til å frita fra søknadsplikten»

Med hilsen

Inger

Enhet for byggesak og geodata

Telefon: 64 96 24 36

E-post: inger.torild.hagensen@as.kommune.no

Torild

Hågensen

12.2 Tegninger av forskningsinfrastrukturen

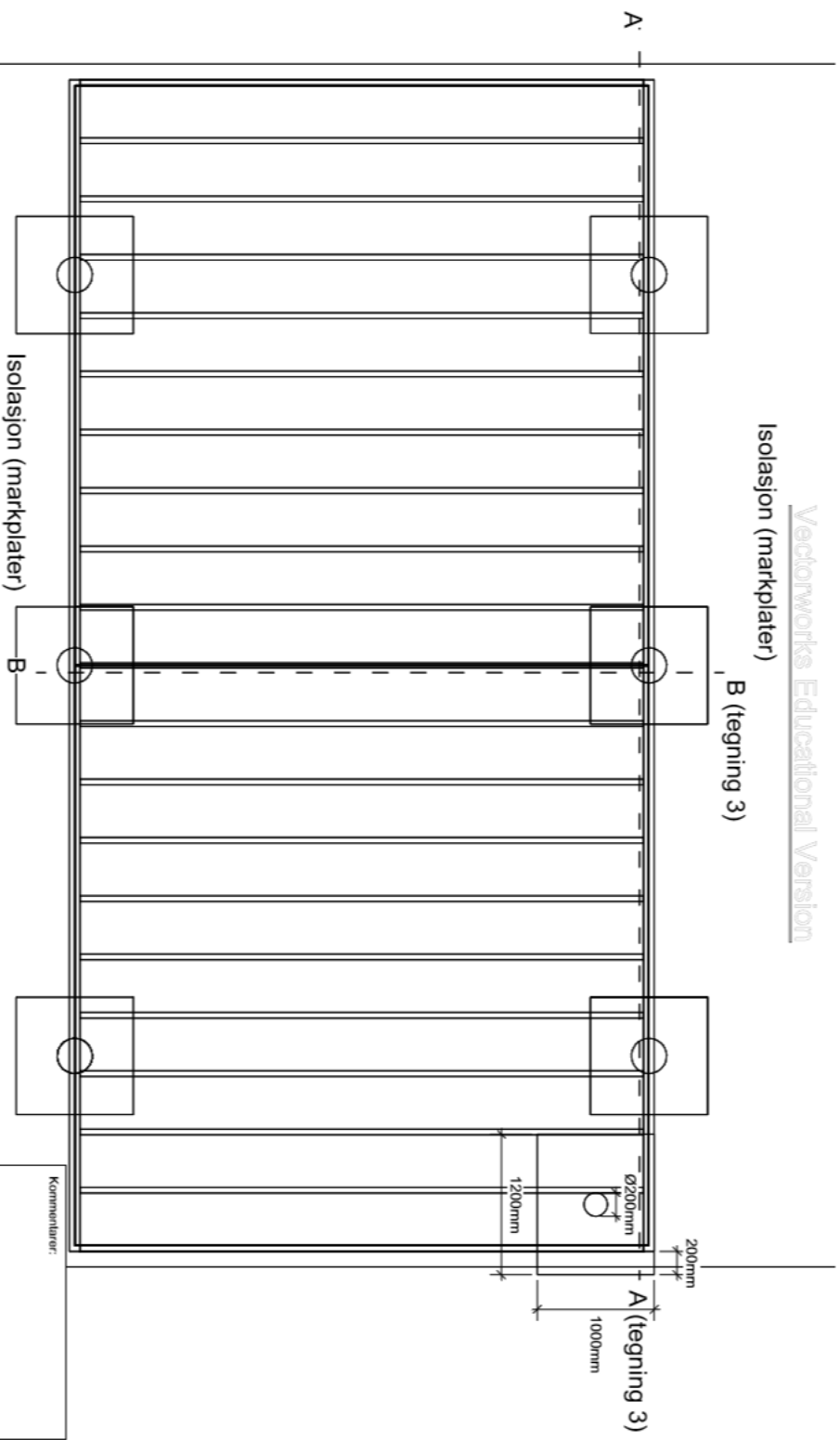
Tegningene ble laget i Vectorworks educational version, og har derfor et vannmerke. Utskriftsformatet til tegningene er opprinnelig i A3, og målestokken vist i dette vedlegget er ikke korrekt. For å unngå at noen av tegningene ble kuttet under utskriften ble de plassert i oppgaven som bilder. Det er totalt 10 tegninger.



Kommentarer:	
Tegninger testet ved NIMBU	
Høyeste punkt: 1783mm	
Utskriftsformat A3, liggende	
Tegning:	Dato:
Visning av tak	08.01.18
Målestokk:	1:40
Prosjektleder:	Tegningnr.:
Astrid Sommer Øyre	1

Isolasjon (markplater)

B (tegning 3)



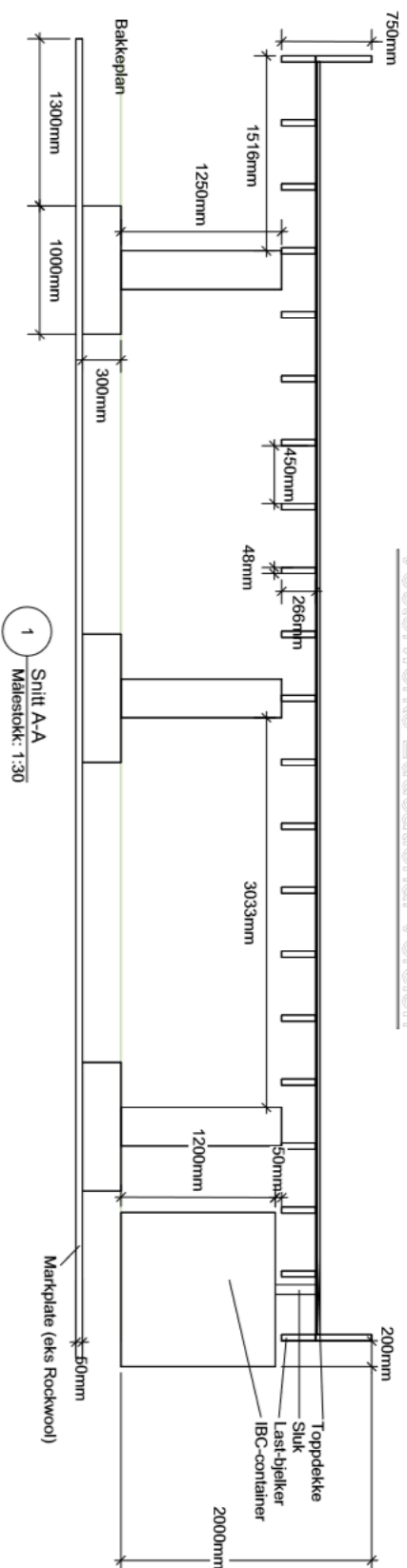
Isolasjon (markplater)

1 Konstruksjonen overfra
Målestokk: 1:30

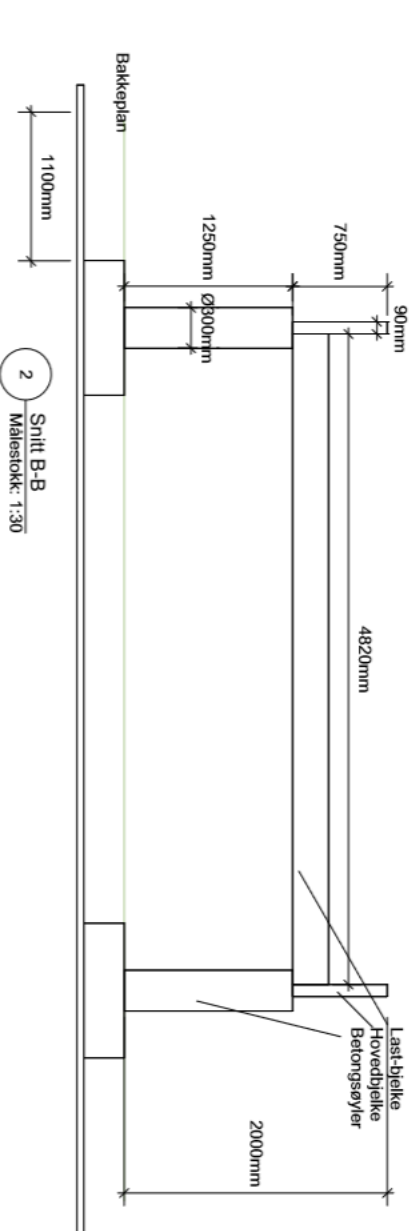
0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4

2 Målestokk (m)
Målestokk: 1:30

Kommentarer:	
Tegning: Taket's konstruksjon overfra	
Dato: 08.01.18	
Målestokk: 1:30	
Prosjektleder: Asst Sommer Øyre	Tegningnr.: 2



1 Snitt A-A
Målestokk: 1:30

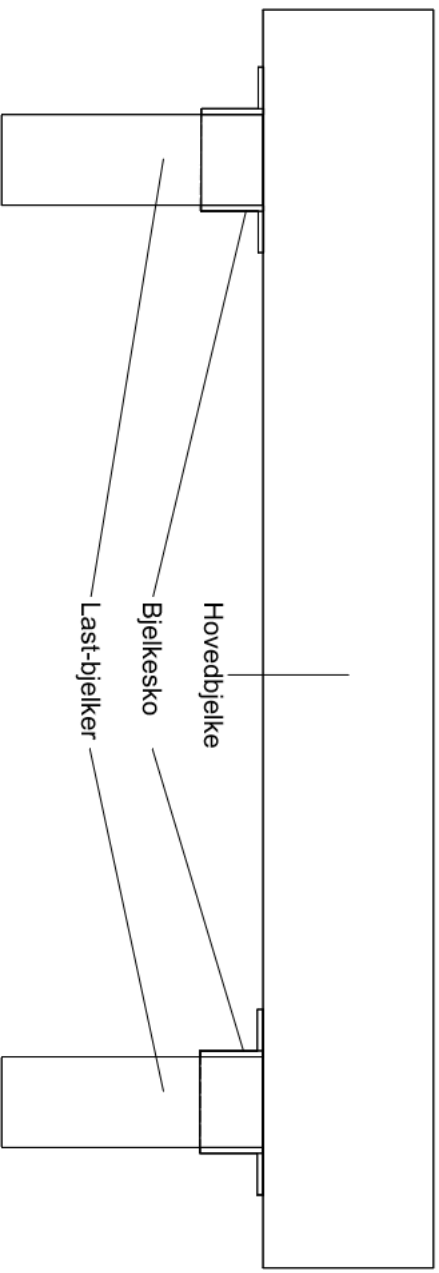


2 Snitt B-B
Målestokk: 1:30



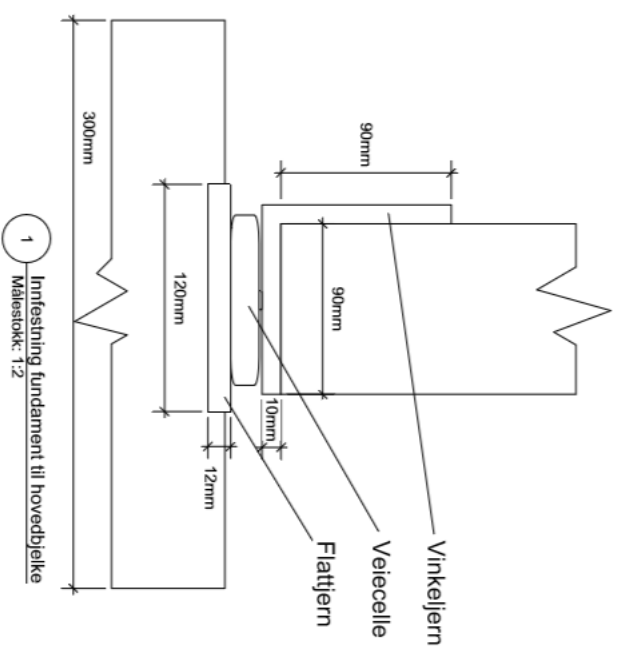
3 Målestokk (m)
Målestokk: 1:30

<p>Kommentarer: Hovedbjelker: Limte 90x750x10000 Lastbjelker: Limte 48x266x4820 Betongsøyler: Ø3000x1250 Betongvulltet: B35</p>	
<p>Ved innfesting av lastbjelker til hovedbjelker brukes bjelkesko</p>	
<p>Isolasjon (markplater) legges 1300mm ut fra fundament.</p>	
<p>Konstruksjonens høyde er 2m</p>	
Tegning:	Dato: 08.01.18
Snitt A-A og B-B av takkonstruksjon	Målestokk: 1:30
Prosjektleder:	Tegningnr.: 3
Astri Sommer Øyre	

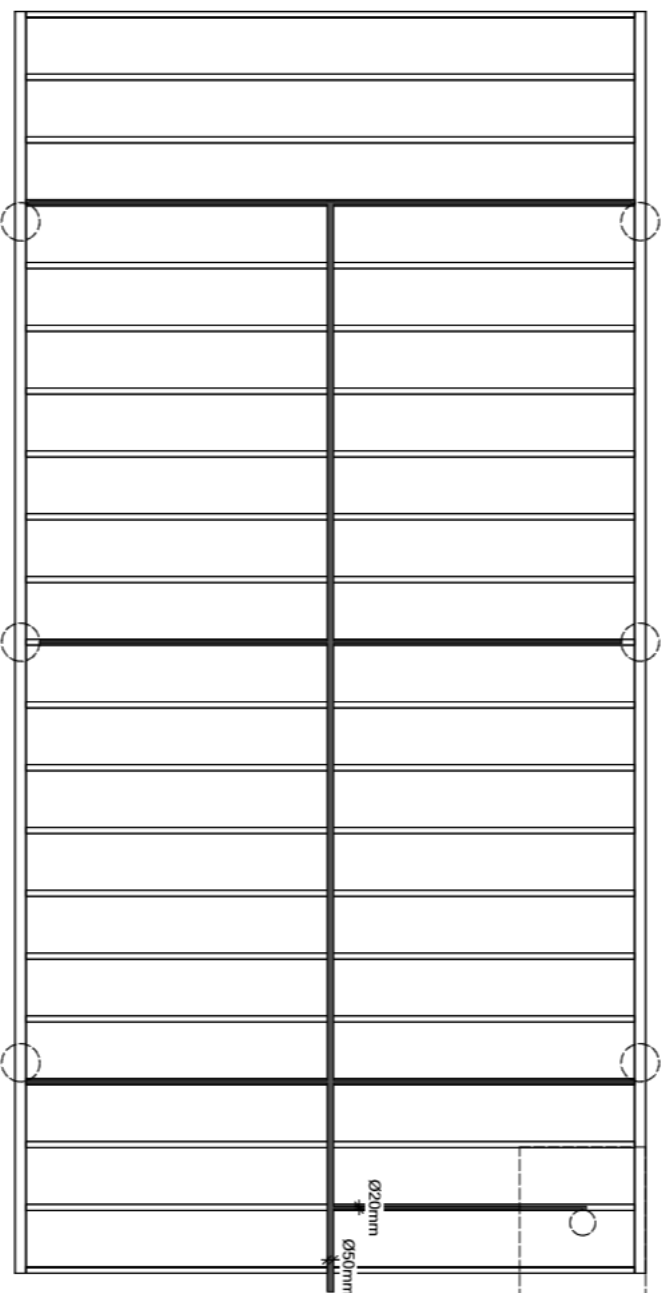


1 Innfestning
Målestokk: 1:2

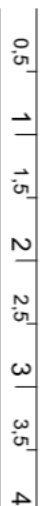
Kommentarer: Ved innfestning av last-bjelker til hovedbjelker brukes bjelkesko	
Tegning:	Dato: 08.01.18
Innfesting av last-bjelke sett ovenfra	Målestokk: 1:2
Prosjektleder: Asfri Sommer Øyre	Tegningsnr.: 4



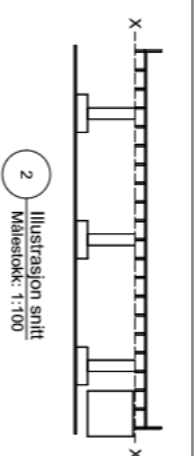
Kommentarer: Flattjern (12x120x120) slappes inn i betong søyle. Vee-celler legges på Flattjern Vinkeljern (10x80x500) festes i hovedbjelken for å fordreie vekten på bjelken	
Tegning:	Dato: 08.01.18
Innfesting søyle mot konstruksjon	Målestokk: 1:2
Prosjektleder: Asnir Sommer Øyre	Tegningnr.: 5



1 Underside konstruksjon
Målestokk: 1:30

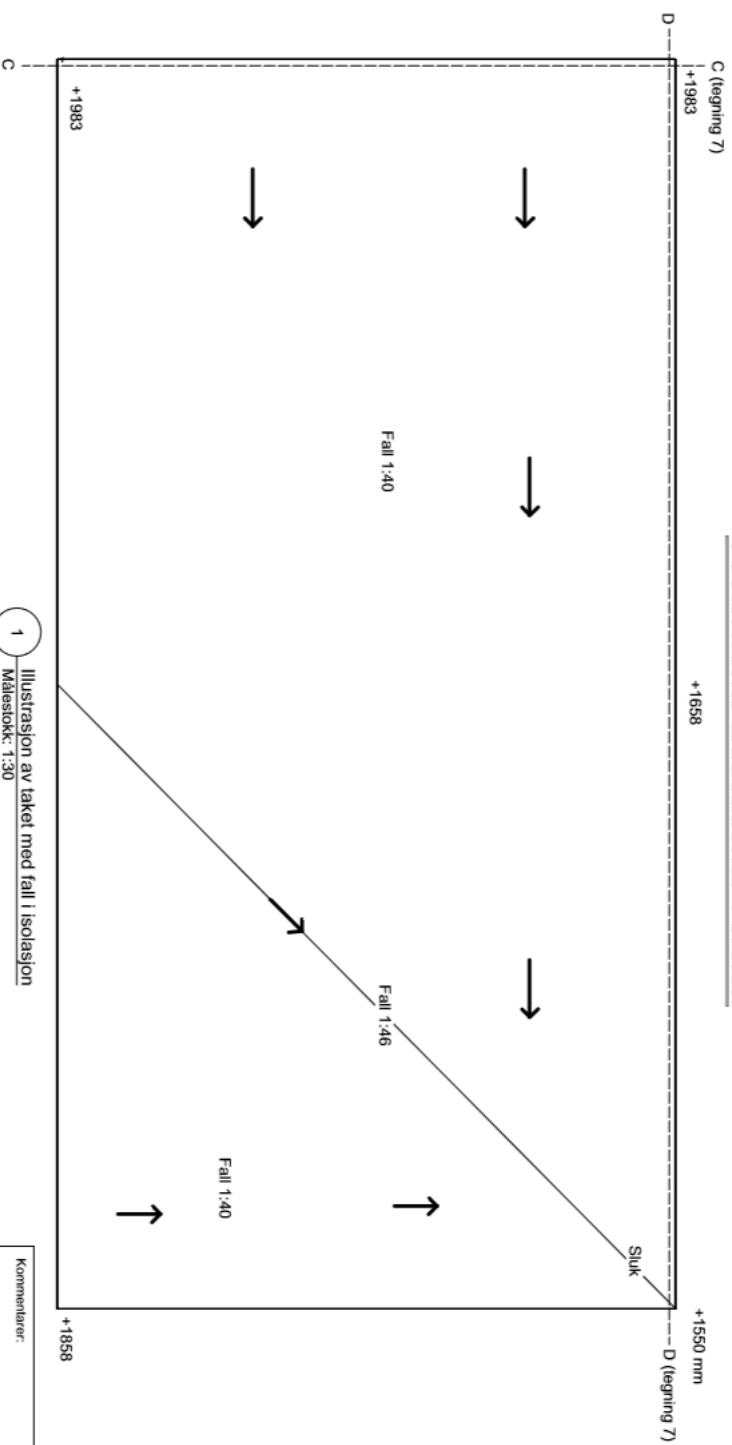


3 Målestokk (m)
Målestokk: 1:30

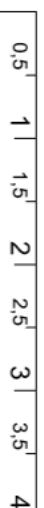


2 Illustrasjon snitt
Målestokk: 1:100

<p>Kommentarer:</p> <p>Trekkerer festes på undersiden av konstruksjonen. Trekkerer fra velleceller og IBC-containere er Ø20mm, trekkerer midten er Ø50mm.</p>	
<p>Tegning:</p> <p>Plassering av trekkerer</p>	<p>Dato:</p> <p>08.01.18</p>
<p>Prosjekterende:</p> <p>Astrid Sommer Øyre</p>	<p>Målestokk:</p> <p>1:30</p>
	<p>Tegningnr.:</p> <p>6</p>

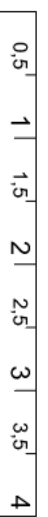
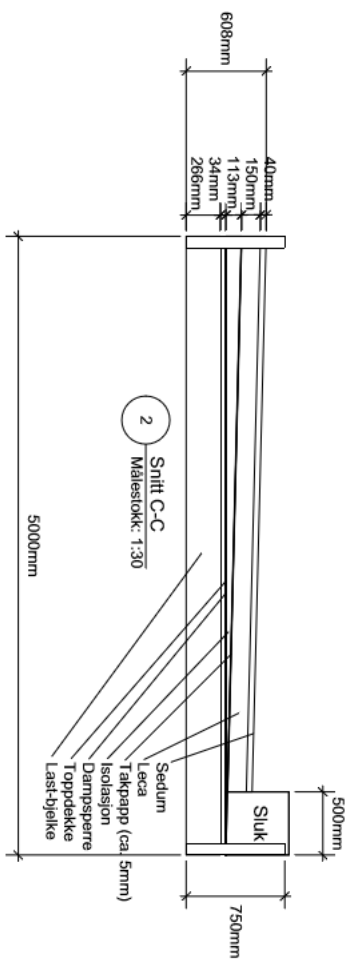
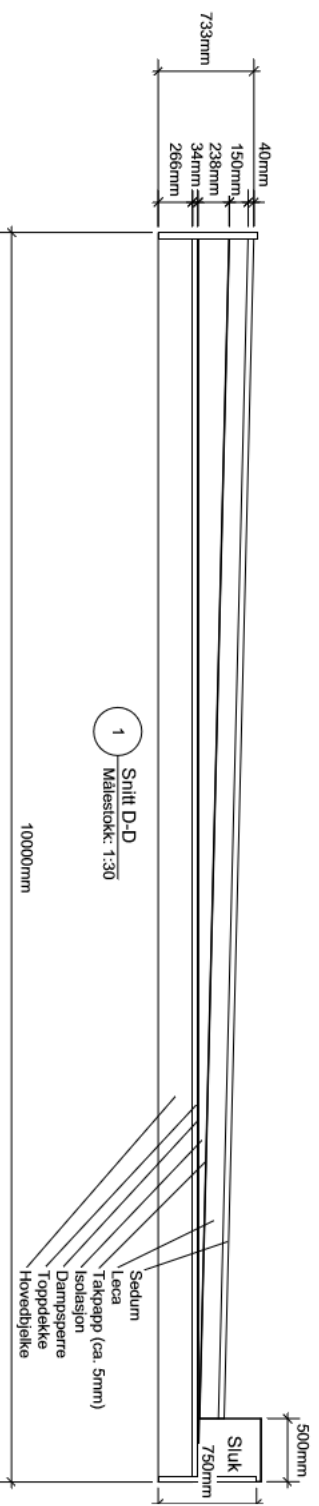


1 Illustrasjon av taket med fall i isolasjon
Målestokk: 1:30



2 Målestokk (m)
Målestokk: 1:30

Kommentarer:	
Høyder viser høyden fra bakkenivå til topp av sedurnmatter	
Sluk plasseres i hjørnet for at hvert tak kan ses på som 1/4 av et større tak (for måltinger for tak på 200m2)	
Fall i isolasjon er 1:40. Fall i fallrenne er 1:46.	
Tegning:	Date:
Takets fall sett ovenfra	08.01.18
Prosjektleder:	Målestokk:
Astrid Sommer Øyre	1:30
	Tegningsnr.:
	7



<p>Kommentarer: Oppbygging av tak (fra snitt illustrert på forrige side) Sort tak (referansetak) skal ha bjelke - takpapp Make høyde konstruksjon: 750mm</p>	
<p>Tegning: Snitt C-C og D-D av takets oppbygging</p>	<p>Dato: 08.01.18</p>
<p>Prosjektleder: Asstl Sommer Øyre</p>	<p>Målestokk: 1:30</p>
<p>Tegningsnr.: 8</p>	



Kommentarer:

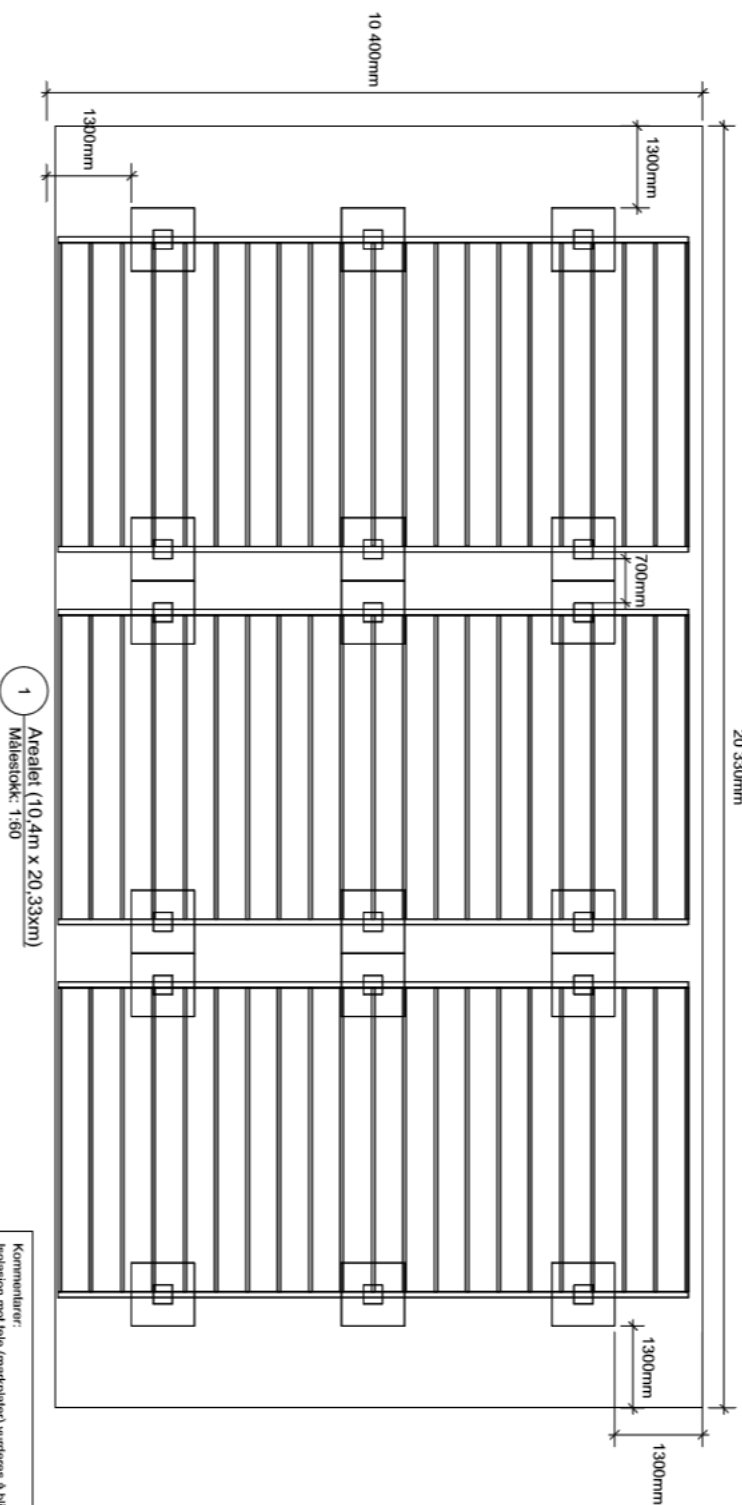
Areallet er på 10m x 20m (220m²)

GPS-koordinater punkt A:
59.66983611111111, 10.76980833333333

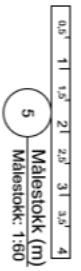
Adresse: Asbakken 10, 1430 As

Tagning:	Date:
Situasjonsplan	08.01.18
Målestokk:	1:870
Prosjektleder:	Teigingsnr.:
Astrid Sommer Øyre	9

20 330mm



1 Areal (10,4m x 20,33m)
Målestokk: 1:60



<p>Kommentarer: Isolasjon med hele (mattpåler) vurderes å bli lagt over hele arealet. Isolasjonen ligger minimum 1300mm ut fra fundamentet.</p> <p>Fundamenter til tak 2 kan bli støpt sammen med fundamenter til tak 1 og 3. Minimum avstand mellom tak blir 700mm.</p>	
Tegning:	Dato: 08.01.18
Utnyttelse av areal	Målestokk: 1:60
Prosjektetende: Asst Sommer Øyre	Tegningnr.: 10

12.3 FDV-dokumentasjon

FDV-Dokumentasjon

Dokumentasjon for
forvaltning, drift og
vedlikehold av Bia ved NMBU

Utarbeidet 25.04.2018 av Astri Sommer Øyre

Innhold

Generelt.....	s.2
Snø.....	s.2
Slukboks.....	s.2
Frostsikring trykkceller.....	s.3
Vedlikehold av pumper, unilift KP.....	s.4
FDV sedum til flate tak.....	s.6
FDV LECA lettklinker.....	s.10
FDV Protan takbelegg.....	s.12
Produktdatablad rustfrie taksluk.....	s.14
FDV EPS Isolasjon S80/S80 m/fals.....	s.16
Produktdatablad EPS Isolasjon S80/S80 m/fals.....	s.18
FDV Forestia gulv ekstra.....	s.21

Generelt

Tre forsøktak ble etablert ved Planteskolen v/Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2018. Takene er et forskningsprosjekt mellom LANDSAM og RealTek ved NMBU, Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE), Bergknapp AS, LECA NORGE AS og Protan AS. Takene eies av LANDSAM. Ansvar for drift og vedlikehold av Bia er avtalt i kontrakt mellom samarbeidspartene.

Snø

Ved snømengder over 1 m bør forsøktakene med grå-grønn løsning måkes. Denne mengden snø ved mars-april måned kan føre til at forsøktakene overstiger vektkapasiteten til veiecellene på 5 tonn. Ved snømåking av tak med sedum er det viktig å la 100 mm ligge igjen for å beskytte sedum mot mekaniske skader og vinterskader.

Slukboks

Ved store nedbørmengder der vegetasjonen står i vann, kan lokket til slukboksen tas av. Målingene som blir logget for avrenning i den perioden lokket er av vil ikke være riktige.

Frostsikring av trykkceller

Trykkcellene skal ikke bli utsatt for frost. Dette kan gjøres på to måter:

1. IBC-containerne tømmes om vinteren og bunnventilen blir stående åpen. Pumper og trykkceller løftes opp, og røret fra sluket til containeren frakobles for å unngå at vann renner ned i containeren
2. En selvregulerende varmekabel blir lagt i bunn av containeren og gjennom rørene fra sluk til container. Alternativ til varmekabel er Nexans «defrost water kit»

8. Maintenance

Under normal operating conditions, the pump is maintenance-free.

If the pump has been used for liquids other than clean water, flush it through with clean water immediately after use.

Warning

For safety reasons the inlet strainer must always be fitted to the pump during operation.



Never dismantle the pump unless the power supply has been switched off.

Be careful during dismantling as you will get access to sharp edges, etc., which may cause cuts. Wear protective gloves.

8.1 Cleaning the pump

Warning



Before starting any work on the product, make sure that the power supply has been switched off and that it cannot be accidentally switched on.

If the pump delivers too little water due to deposits or the like, dismantle and clean the pump:

1. Disconnect the power supply.
2. Drain the pump.
3. Remove the inlet strainer.
 - Press a screwdriver in between the pump sleeve and the strainer and press hard. Do the same in several places along the strainer until it is pried loose and can be removed. See fig. 10.



Fig. 10 How to remove the inlet strainer

4. Clean the inlet strainer and fit it.

If the pump still delivers too little water, dismantle the pump further.

1. Disconnect the power supply.
2. Remove the inlet strainer. See point 3 above.
3. Turn the pump housing 90 ° counter-clockwise using a screwdriver. See the arrow on the pump housing.
4. Pull off the pump housing. See fig. 11.

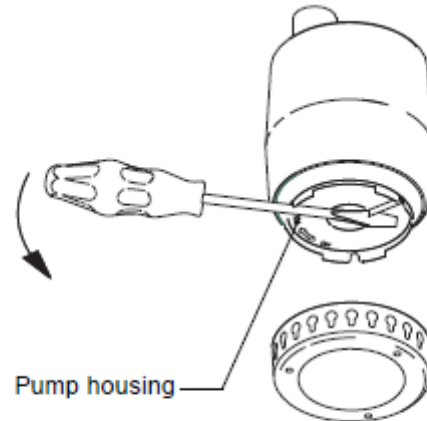


Fig. 11 How to remove the pump housing

5. Clean and flush the inside of the pump to remove possible impurities between motor and pump sleeve.
6. Clean the impeller. See fig. 12.

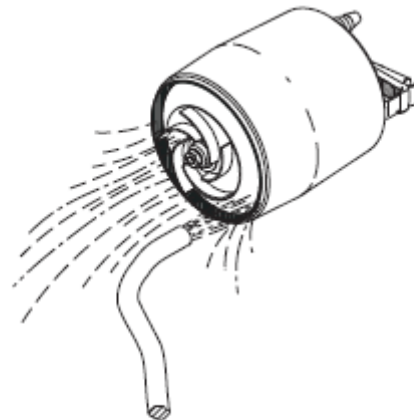


Fig. 12 How to flush the pump

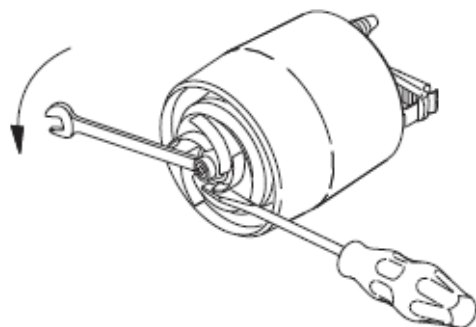
7. Check that the impeller can rotate freely. If not, remove the impeller. See point 6.

TM03 1167 1205

TM03 1169 1205

TM03 1168 1205

8. Unscrew the nut (cross width 13 mm) from the motor shaft. Use a screwdriver to prevent the impeller from turning. See fig. 13.



TM03 1170 1205

Fig. 13 How to remove the impeller

9. Clean the impeller and clean around the shaft.
 10. Check the impeller, the pump housing and the sealing part. If necessary, replace defective parts.
 11. Assemble the pump in the reverse order of the dismantling.

Caution

Before and during the mounting of the pump housing, check that the sealing part is fitted correctly. See fig. 14.

Moisten the sealing part with water to ease the fitting.

8.2 Service

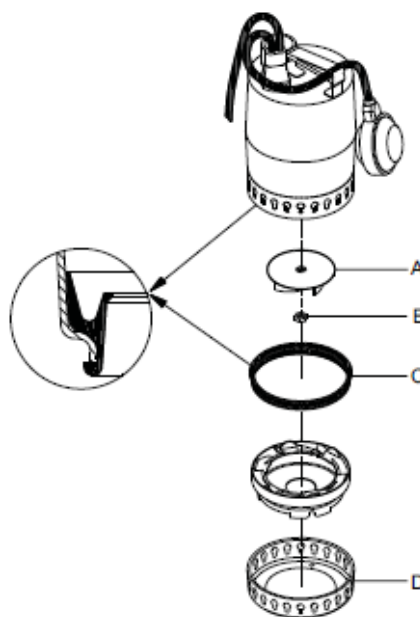
The impeller, the inlet strainer and the non-return valve are replaceable.

Order numbers for the ordering of service kits and contents of service kits appear from the tables below and fig. 14.

Pump type	Part number
Impeller kit	
Unilift KP 150	015778
Unilift KP 250	015779
Unilift KP 350	015787
Inlet strainer	
Unilift KP 150	96548064
Unilift KP 250	96548064
Unilift KP 350	96548066
Non-return valve	
Unilift KP 150	15220
Unilift KP 250	15220
Unilift KP 350	15220

Service kits	Pos.	Designation	Quantity
Impeller kit	A	Impeller	1
	B	Nut	1
	C	Sealing part	1
Inlet strainer	D	Inlet strainer	1

If other pump components are damaged or defective, contact the pump supplier.



TM03 1166 1205

Fig. 14 Service parts

Note

The cable and level switch must be replaced by an authorised Grundfos service workshop.

FDV

For

SEDUM TIL FLATE TAK 0-7 °

Etter oppdragsgivers beskrivelse:

Gjelder for: Bragernes Kvartal

Dato: 23.04.18

1. BRUKERVEILEDNING

Denne brukerveiledningen er satt sammen for å gi svar på hvordan man vedlikeholder, og hvordan man skal ivareta sedumdekke for å beholde god kvalitet i hele byggets levetid.

2. MATERIAL LEVERANDØRER

Underleverandører for materialer

Drensmatte: Isola DE 20/1

Filtduk: Mila 800g/m²

Produksjonsmatte: TeMa MAT H1 L35

3. PROSJEKTBEKRIVELSE

Det er lagt en dreneringsmatte på underliggende membran av typen Isola DE 25. Funksjonen er å sikre god drenering av overskuddsvannet til avløp samt å holde på vann.

Over dreneringsmatten ligger det en filtduk fra Mila, dette er en vannholdig duk på 800g/m² bestående av resirkulert tekstilfiber med min 95% syntetisk innhold.

Øverste er det lagt pre kultiverte sedummatter av typen Bergknapp sedummix

Sedummattene er bygget opp på følgende måte:

Stammen er av type TeMa MAT H1 L35 som er fylt med vekstmasse (lavasand blandet med organisk og uorganisk materiale (ihht Norsk Standard). Denne er sådd med sedumfrø i blanding, 6 – 8 arter/varianter. Dette sikrer at det alltid vil være noen varianter som tilpasser seg det lokale miljøet/klima.

Mattene er høstet og lagt ut på taket.

Vekten på ferdig utlagt sedumsystem er ca. 50kg/m² vannmettet.

Elvesingel legges i vannrenner og rundt sluk for å sikre god drenering.

4. BERGKNAPP SEDUMMIKS

Matten består av 4 til 6 ulike typer sedum/m² med blomstring i hvitt, gult og rosa,

Bitterbergknapp (*Sedum acre*), gule blomster

Broddbergknapp (*Sedum Ruprestre/Reflexum*), gule blomster

Kvitbergknapp (*Sedum Album*), Hvite blomster

Gullbergknapp (*Sedum Kamtschaticum*), store gule blomster

Lydisk bergknapp (*Sedum Lydium*), rosa- hvite blomster

Kantbergknapp (*Sedum Sexangulare*), gule blomster

Gråbergknapp (*Sedum Hispanicum*), hvit-rosa blomster

Minimum 95 % av mattene er dekket ved levering.

Vekt tørr: ca. 15 kg/m².

Vekt vannmettet: ca. 20 kg/m².

Tykkelse: 2 - 4 cm.

Standard størrelse: 120 cm x 100 cm.

5. OVERTAKELSE OG VEDLIKEHOLD

OVERTAKELSE

De første ukene etter at sedumtaket er lagt er det i tørt og varmt vær svært viktig at taket vannes godt, slik at sedumplantene får etablert seg.

VEDLIKEHOLD

Taket skal gjødsles to gang pr år første gang tidlig i vekstsesongen, andre gang i juni – august.

Det er viktig å ikke gjødsle på høsten slik at plantene har for mye næring inn mot vinteren. Derfor bør siste gjødsling skje senest i August. Generelt tåler Sedumplantene ikke tråkk og ferdsel, vedlikehold 2 ganger per år er nødvendig.

Anbefalt mengde gjødsel, minimum 50gr pr m2 pr år.

50% type Scotts Osmocote Flora (virkningstid 8 mnd) eller tilsvarende og 50% fullgjødsel

Ugressbekjempelse i sedum skjer ved lusing for hånd. Utføres etter behov. Vær klar over at de fleste ugressartene vil gå ut over tid på grunna av skrinne voksevilkår og tørkestress, men fjern flerårig rotugress, da dette kan klare å etablere seg.

NB: I år med mye regn hele vekstsesongen vil ugress kunne etablere seg, dette skal fjernes etter hvert, ellers vil taket bli overgrodd.

Merk.

Sedumtak med filtløsning trenger mer vann og næring enn andre løsninger som har oppbygning med substrat under sedummatten. Når filt benyttes på skråtak i sørhelling, bør sedum-taket vannes ved langvarig tørke.

Det er viktig at flate tak uten fall har god avrenning og sluk ikke er tette, slik at sedumrøttene ikke blir stående i vann. Det kan medføre at platene dør.

Generelt tåler Sedum ikke tråkk, særlig ikke vinterstid.

Sjekkliste for årlig vedlikehold

Mars – Juni (avhengig av hvor i landet):

Dekning og frodighet kontrolleres.

Tiltak: Gjødsle sedumbelegget. Dersom en har uønskede vekster bør disse lukes bort.

Sjekke sluker og eventuelt fjerne løv og annet fra slukristene.

Juni - August (avhengig av hvor i landet):

Dekning og frodighet kontrolleres.

Tiltak: Gjødsle sedumbelegget.

Sjekke sluker og eventuelt fjerne løv og annet fra slukristene.

FDV-dokumentasjon

Leca Lettklinker



Produkt

Produktbeskrivelse	<p>Leca Lettklinker er et rent naturprodukt produsert av ekspandert leire. Det er et tilnærmet kuleformet granulat med et tett keramisk skall omkring en porøs kjerne. Leca inneholder ingen gasser eller aggressive stoffer og er fullstendig nøytralt. Materialets bestandighet mot kjemikalier kan sammenlignes med hardbrent tegl og glass, det er både frostsikkert og ubrennbar.</p> <p>Varianten Leca Iso 10-20 coates ved opplasting på bil. Coatingen er med på både å redusere kapillærsuget og støvvingen ved blåsing. Coatingen inneholder ikke stoffer som står på SFT sin OBS-liste.</p>
--------------------	--

Anvisninger for drift og vedlikehold

Utlegging	<p>Ved utlegging ivaretas materialets egenskaper best hvis den legges separat fra omkringliggende masser, være seg stedlige eller tilbakeførte. Dette gjøres best med fiberduk sideveis, over og/ eller under.</p> <p>Ved utlegging med blåsebil på steder med dårlig ventilasjon kan evt støvmasker og briller være hensiktsmessig beskyttelse. Ved denne type levering er det Leca Iso 10-20 som benyttes. Støvving minimaliseres som resultat av coatingen den er innsatt med, se produktbeskrivelsen.</p>
-----------	---

Behandling av avfall

Avfallskode og avfallsstoffnummer	<p>17 01 03 keramikk</p> <p>Materialet er imidlertid av en slik art at det i ren form kan gjenbrukes med sine gode egenskaper tilnærmet uendelig.</p>
-----------------------------------	---

Dokumentasjon: Datablad/Brosjyrer/veiledninger på de benyttede produkter finnes på www.weber-norge.no
Produktene er merkepliktige. Sikkerhetsdatablad finnes på www.weber-norge.no



Saint-Gobain Byggevarer as

Brobekkveien 84 • NO-0582 Oslo • P.O.Box 216 Alnabru • NO-0614 Oslo • Norway • Tel +47 22 88 77 00 • Fax +47 22 64 54 54

FDV-dokumentasjon

Leca Lettklinker



Entreprenør / utførende:	Astri Sommer Øyre/Julie Trommald
Prosjekt / adresse:	Testtak Ås - Åsbakken 10, 1430 Ås
Tegningsnummer/revisjon:	-

Benyttede materialer

Leca Lettklinker	
0-32 mm	<input type="checkbox"/>
Iso 10-20	<input type="checkbox"/>
20 mm	<input type="checkbox"/> 10-
4-10 mm	<input type="checkbox"/>
2-4 mm	<input type="checkbox"/>
0-4 mm	<input checked="" type="checkbox"/>

Utførelse

Blåst ut	<input type="checkbox"/>
Komprimert	<input type="checkbox"/>
Sjikt under Leca Lettklinker	x
Sjikt på toppen av Leca Lettklinker	x
Annet	



Saint-Gobain Byggevarer as

Protan AS

Dok.nr: 3.2121

Utg. 4

Oppdatert: 05.12.2011

Protan Tak- og membraner

Utfylt av: Olav Haugerud

>

Dato: 25.04.2018

1. PROSJEKT

Prosjekt/ adresse: NMBU, ÅS
Bruksområde/ bygningsdel: Vannfordrøyning. 3 testtak på bakkenivå
Taketreprenør/ utførende: Protan Entreprenør v/Einar Høgseth >
Hovedentreprenør: NMBU v/Astri Sommer Øyre og Julie Trommald
Byggherre: NMBU v/Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

2. ANVISNINGER FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLDForeligger serviceavtale? Nei Ja Hvis ja, firma:**Generelt**

Protan takbelegg trenger intet vedlikehold, kun normalt ettersyn.

Forholdsregler

Normal gangtrafikk medfører ingen fare for perforering av takbelegget.
Ved bruk av stige på taket anvendes avlastningsplate.

Renhold

Slukristene skal kontrolleres med jevne mellomrom for å forhindre tilstopping av løv, is, o.l. Tekkingen kan vaskes med vann. Varmt vann tilsatt såpe gir best resultat. (Protan anbefaler Aqua-break PX fra Wilhelmsen Ships Service).
Høytrykkspylere kan brukes med forsiktighet.

Normal aktsomhet skal utvises ved snømåking. Fjern aldri all snøen helt, la det ligge igjen ca. 10 cm snø for å beskytte takbelegget mot skader under snømåkingen.

Skader

Reparasjon av Protan takbelegg, i forbindelse med ombygging, utføres av Protan-autorisert takentreprenør. Permanente reparasjoner skal utføres med varmluftsveising. Skader skal lappes og utbedres med Protan takbelegg. Det kan benyttes ferdigstansede lapper eller tilpassede lapper av takfolie på rull. Midlertidig tetting kan utføres med fugemasse basert på MS*, SMP** eller PU (Polyuretan)-teknologi. Lim eller fugemasser som inneholder bitumen (asfalt) må aldri benyttes i direkte kontakt med Protan takbelegg. Kfr. Protan i Drammen vedr. godkjente typer.

Løpende ettersyn

Rense alle sluk to ganger per. år. På eksponerte, ikke ballasterte tak, fjernes humus og evt. organiske vekster en gang pr. år. Protan Tak AS kan tilby ettersynsavtale.

Periodisk vedlikehold

Intet

Evt. vedlegg [SINTEF Teknisk Godkjenning](#)

MS = Modifisert Silan

3. DRIFTSTEKNISKE OPPLYSNINGER**Antatt teknisk levetid/ brukstid uten utskiftninger**

Antatt levetid/ brukstid er ca 30 år forutsatt normal bruk og slitasje samt at anvisninger for ettersyn, drift og vedlikehold følges

Renholdsvennlighet

Se ovenstående punkt 2.

Protan AS

Dok.nr: 3.2121 Utg. 4 Oppdatert: 05.12.2011

Protan Tak- og membraner

4. HMS-REFERANSER**Sikkerhetsdatablad**

Ref. eget sikkerhetsdatablad for Protan Takbelegg

5. MILJØPÅVIRKNING**Miljømerking**

Ref. 3. parts miljødeklarasjon www.epd-norge.no / <http://www.epd-norge.no/category.php?categoryID=460>
Protans takbelegg/- membraner inneholder ingen stoffer på miljøvernmyndighetenes prioriteringsliste eller Kandidatlisten i REACH

6. BEHANDLINGSMÅTE FOR AVFALL IHT. NS 9431

Avfallstype: Annet
Avfallshåndtering: Deponering
Opprinnelse – Næring: Bygg og anlegg
Kode for avfallsbehandling: 1619 | 0700 | 0600 | _ _ _ _ _
Produktet kan resirkuleres eller deponeres

7. PRODUKTBESKRIVELSE

Type takbelegg (kvalitet, farge, etc.): **Protan BPX**
Andre leverandører - produkt: **Vartdal – EPS med 1:40 fall.**
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -
Andre leverandører - produkt: -

8. BESKRIVELSE AV TEKKEUTFØRELSE

Mekanisk festet med skruer, skiver og skinner langs parapet. Montert ProJual 75 mm taksluk

9. TEKNISK SERVICE

Produsent: Protan AS
Organisasjonsnr.: 983 599 060
Postadresse: Baches vei 1
Postnr. og poststed: 3002 Drammen
Telefon: 32 22 16 00
E-post: protan@protan.no
Internettadresse: www.protan.no

Protan AS

Dok.nr: 3.2121

Utg. 4

Oppdatert: 05.12.2011

Protan Tak- og membraner

Utfylt av: Olav Haugerud

>

Dato: 25.04.2018

1. PROSJEKT

Prosjekt/ adresse: NMBU, ÅS

Bruksområde/ bygningsdel: Vannfordrøyning. 3 testtak på bakkenivå

Taketreprenør/ utførende: Protan Entreprenør v/Einar Høgseth

Hovedentreprenør: NMBU v/Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

Byggherre: NMBU v/Astri Sommer Øyre og Julie Trommald

2. ANVISNINGER FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLDForeligger serviceavtale? Nei Ja Hvis ja, firma:**Generelt**

Protan takbelegg trenger intet vedlikehold, kun normalt ettersyn.

Forholdsregler

Normal gangtrafikk medfører ingen fare for perforering av takbelegget.

Ved bruk av stige på taket anvendes avlastningsplate.

Renhold

Slukristene skal kontrolleres med jevne mellomrom for å forhindre tilstopping av løv, is, o.l. Tekkingen kan vaskes med vann. Varmt vann tilsatt såpe gir best resultat. (Protan anbefaler Aqua-break PX fra Wilhelmsen Ships Service).

Høytrykkspylere kan brukes med forsiktighet.

Normal aktsomhet skal utvises ved snømåking. Fjern aldri all snøen helt, la det ligge igjen ca. 10 cm snø for å beskytte takbelegget mot skader under snømåkingen.

Skader

Reparasjon av Protan takbelegg, i forbindelse med ombygging, utføres av Protan-autorisert takentreprenør. Permanente reparasjoner skal utføres med varmluftsveising. Skader skal lappes og utbedres med Protan takbelegg. Det kan benyttes ferdigstansede lapper eller tilpassede lapper av takfolie på rull. Midlertidig tetting kan utføres med fugemasse basert på MS*, SMP** eller PU (Polyuretan)-teknologi. Lim eller fugemasser som inneholder bitumen (asfalt) må aldri benyttes i direkte kontakt med Protan takbelegg. Kfr. Protan i Drammen vedr. godkjente typer.

Løpende ettersyn

Rense alle sluk to ganger per. år. På eksponerte, ikke ballasterte tak, fjernes humus og evt. organiske vekster en gang pr. år. Protan Tak AS kan tilby ettersynsavtale.

Periodisk vedlikehold

Intet

Evt. vedlegg [SINTEF Teknisk Godkjenning](#)

MS = Modifisert Silan

3. DRIFTSTEKNISKE OPPLYSNINGER**Antatt teknisk levetid/ brukstid uten utskiftninger***Antatt levetid/ brukstid er ca 30 år forutsatt normal bruk og slitasje samt at anvisninger for ettersyn, drift og vedlikehold følges***Renholdsvennlighet**

Se ovenstående punkt 2.

Protan AS

Dok.nr: 3.2121

Utg. 4

Oppdatert: 05.12.2011

Protan Tak- og membraner

4. HMS-REFERANSER**Sikkerhetsdatablad**

Ref. eget sikkerhetsdatablad for Protan Takbelegg

5. MILJØPÅVIRKNING**Miljømerking**Ref. 3. parts miljødeklarasjon www.epd-norge.no / <http://www.epd-norge.no/category.php?categoryID=460>

Protans takbelegg/- membraner inneholder ingen stoffer på miljøvernmyndighetenes prioriteringsliste eller Kandidatlisten i REACH

6. BEHANDLINGSMÅTE FOR AVFALL IHT. NS 9431

Avfallstype: Annet

Avfallshåndtering: Deponering

Opprinnelse – Næring: Bygg og anlegg

Kode for avfallsbehandling: 1619 | 0700 | 0600 | _ _ _ _ _

*Produktet kan resirkuleres eller deponeres***7. PRODUKTBESKRIVELSE**Type takbelegg (kvalitet, farge, etc.): **Protan BPX**Andre leverandører - produkt: **Vartdal – EPS med 1:40 fall.**

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

Andre leverandører - produkt: -

8. BESKRIVELSE AV TEKKEUTFØRELSE

Mekanisk festet med skruer, skiver og skinner langs parapet. Montert ProJual 75 mm taksluk

9. TEKNISK SERVICE

Produsent: Protan AS
Organisasjonsnr.: 983 599 060
Postadresse: Baches vei 1
Postnr. og poststed: 3002 Drammen
Telefon: 32 22 16 00
E-post: protan@protan.no
Internettadresse: www.protan.no

Vartdal Plastindustri AS

Isolasjon og byggfolie

1030

EPS Isolasjon S80/S80 m/fals

NOBB modulnr. 51173043*

FDV-m51173043

1. PROSJEKT

Entreprenør / utførende: _____

Prosjekt / adresse: _____

Bruksområde / bygningsdel: _____

2. PRODUKTBESKRIVELSE

Vartdal Plastindustri AS sitt produktnavn på EPS er Styropor.

Ved produksjon av Styropor "blåser" en opp polystyrenen til lette kuler.

Disse kulene er like de en finner inne i Saccosekker.

Fordi kulene har evne til å sette seg sammen når de blir trykt sammen under oppvarming, kan de formes til store blokker.

Disse blokkene blir så skjært opp i de tykkelsene produsenten har i sitt varesortiment.

Styropor har lavt fuktoptak. Produktet blir ikke påvirket av sopp og råte og gir ikke grobunn for mikroorganismer.

All Styropor er hvit.

Produktidentifisering:

Varenr. / produkt / dim.: _____

Fargekode: _____

Kvalitet / sortering / klasse: _____

Overflatebehandling: _____

Vedlegg / dokumentasjon: _____

3. ANVISNINGER FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Foreligger serviceavtale? NEI JA Hvis ja, firma: _____

Rengjøring og rengjøringsmetoder

Ingen rutiner. Materialet er beregnet til innbygging i konstruksjonen.

Ettersyn/kontroll

EPS bør ikke komme i kontakt med løsemidler da dette kan løse opp materialet over tid. Ubehandlet flate som kan bli utsatt for UV-stråling, vil over tid bli nedbrutt.

Styropor har god bestandighet mot saltsyre 35 %, vann, salpetersyre 50 %, saltvann, svovelsyre 95 %, natron- og kaliut, asfalt alkoholer, humussyrer, amoniakkvann, kald asfalteremulsjon og kalkvann.

Begrenset bestandig mot vegetabiliske oljer, animalske oljer og dieseloiljer.

Ikke bestandig mot tjære, bensin og aceton.

Materialet er ikke selvantennelig. Dersom en varmekilde uten åpen flamme varmer polystyrenet opp til 450-500 °C kan lettflyktige gasser bli blandet med luft og selvantenne. Blir polystyrenet oppvarmet til 230-250 °C med åpen flamme er det nok til antennelse.

Vedlikeholdsinstruks og -intervall

Materialet er beregnet til innbygging i konstruksjonen, eventuelt tildekkes av fyllmasse. Normalt ingen driftsrutiner.

Platene kan males med vannbasert maling og pusses. Det blir anbefalt å pusse i to sjikt med mellomliggende armeringsduk i glassfiber.

Vartdal Plastindustri AS

Isolasjon og byggfolie

1030

EPS Isolasjon S80/S80 m/fals

NOBB modulnr. 51173043*

FDV-m51173043

4. DRIFTSTEKNISKE OPPLYSNINGER

Antatt teknisk levetid/brukstid uten utskiftninger

Antatt levetid/brukstid: > 50 år.

Garanti

—

Fuktbestandighet

Fuktopptak, neddykket <5 vol % (standard NS-EN 12087).

Fuktopptak, diffusjon <15 vol % (standard NS-EN 12088).

Renholdsvennlighet

—

5. MILJØPÅVIRKNING

Ressursutnyttelse

Produktet består av ikke fornybare, rikelige ressurser.

Anbefalt utluftingstid / Inneklimarelevant tidsverdi

Foreligger ikke.

Emisjon

Ikke angitt.

6. HMS-REFERANSER

Se HMS-FAKTA angående henvisninger til Arbeidstilsynets publikasjoner.

Spesielle tiltak ved brannslukking, temperatur- og/eller fuktendringer etc.

Se HMS-FAKTA.

7. BEHANDLINGSMÅTE FOR AVFALL IHT. NS 9431

Avfallstype: EPS, annen.

Avfallshåndtering: Materialgjenvinning.

Opprinnelse - Næring: Bygg og anlegg.

Kode for avfallsbehandling: 1732 | 1000 | 0600 | _ _ _ _

Øvrige opplysninger

—

8. TEKNISK SERVICE

Produsent/importør Vartdal Plastindustri AS

Organisasjonsnr. NO 970 890 513 MVA

Postadresse

Postnr. og poststed 6170 Vartdal

Telefon 70 04 83 00

E-post astrid@vartdalplast.no

Internettadresse www.vartdalplast.no

*Informasjonen gjelder for følgende NOBB moduler: 27622711 og 27622844.

1. PRODUKTBESKRIVELSE, BRUKSOMRÅDE

Beskrivelse

Vartdal Plastindustri AS sitt produktnavn på EPS er Styropor.
Ved produksjon av Styropor "blåser" en opp polystyren til lette kuler.
Disse kulene er like de en finner inne i Saccosekker.
Fordi kulene har evne til å sette seg sammen når de blir trykt sammen under oppvarming, kan de formes til store blokker.
Disse blokkene blir så skjært opp i de tykkelsene produsenten har i sitt varesortiment.
Styropor har lavt fuktopptak. Produktet blir ikke påvirket av sopp og råte og gir ikke grobunn for mikroorganismer.
All Styropor er hvit.

Bruksområde

Isolasjon og telesikring. Styropor 80 blir brukt bl.a. til isolering under boliger.
Et annet innarbeidet navn er 20-kilos.

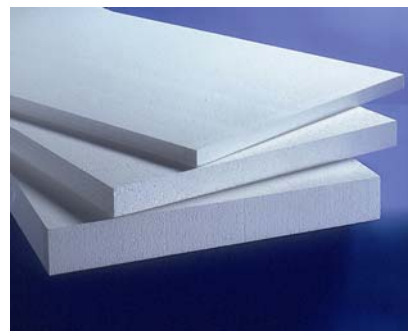
Farger

Hvit.

Overflatebehandling

Tilbehørsprodukter

—



S80



S80 m/fals

2. MÅLANGIVELSER / TEKNISKE DATA

Egenskaper	S80	S80 m/fals
Tykkelser	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 150, 180 og 200mm	40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 150mm
Platestørrelser	600 x 1200mm og 1200 x 2100mm.	585 x 1185mm
Fuktoptak, neddykket	<5 vol % (standard NS-EN 12087)	<5 vol % (standard NS-EN 12087)
Fuktoptak, diffusjon	<15 vol % (standard NS-EN 12088)	<15 vol % (standard NS-EN 12088)

Produktet tåler en kortidslast på 80kN/m² og en langtidslast på 24 kN/m².

Grunnlag for beregning av bygningers energi- og effektbehov

Deklarert varmekonduktivitet etter standard NS-EN 13163 for Styropor S80 er 38 W/(mK).

3. MONTERING/UTFØRELSE

NS 3420-kode for utførelse

S12 Isolasjon av cellematerialer av gummi, plast eller glass.

S12.2 Isolasjon av cellematerialer i gulv.

S12.5 Isolasjon av cellematerialer for konstruksjoner i grunnen.

L11.4 Forskaling av vegg.

NS 3451-kode for bygningsdel

214 Direkte fundamentering.

221 Gulv på grunn.

Referanse til NBI byggdetaljer

521.112 Golv på grunnen med ringmur. Varmeisolering, frostsikring og beregning av varmetap.

522.111 Betonggolv på grunnen.

521.811 Telesikring av uoppvarmede bygninger og konstruksjoner.

451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring.

Øvrige henvisninger

Produktet kan være brannfarlig ved feil bruk eller installering. Ved installasjon skal forskrifter eller instruksjoner følges.

Sages med håndsag eller sirkelsag.

Se egen monteringsanvisning.

Transport og lagring

Produktet lagres på et godt ventilert sted, vekk fra antenneskilder og organiske løsningsmidler.

Ved lagring over lang tid bør produktet beskyttes mot UV-stråler.

4. AVFALLSBEHANDLING IHT. NS 9431 / EMBALLASJE

Kode for avfallsbehandling

1732 | 1000 | 0600 | _ _ _ _

Type emballasje

Plast.

5. HMS-REFERANSER

Se HMS-FAKTA angående henvisninger til Arbeidstilsynets publikasjoner.

Karakterer i henhold til miljødatabasen ECOproduct

Ikke beregnet.

Spesielle tiltak ved brannslukking, temperatur- og/eller fuktendringer etc.

Se HMS-FAKTA.

6. PRODUKTDOKUMENTASJONER OG OFFENTLIGE KRAV

Produktgodkjenninger utstedt av akkrediterte kontrollorganer

Det foreligger ingen produktdokumentasjon utstedt av akkrediterte kontrollorganer for dette produktet.

Europeisk standard (grunnlag for CE-merking)

Styropor er CE-merket, i henhold til standard nr. NS-EN 13163.

System for samsvarstestering (AoC)

Bruksområde(r):	Grupper/Klasser:	Samsvarssystem nr.:
–		

Øvrige nasjonale/internasjonale kontrollordninger, sertifikater, bransjenormer etc.

-

7. ANSVARLIG FIRMA

Produsent/importør Vartdal Plastindustri AS

Organisasjonsnr. NO 970 890 513 MVA

Adresse

Postnr. og poststed 6170 Vartdal

Telefon 70 04 83 00

Telefaks 70 04 83 01

E-post astrid@vartdalplast.no

Internettadresse www.vartdalplast.no

*Informasjonen gjelder for følgende NOBB moduler: 27622711 og 27622844.

FDV DOKUMENTASJON fra FORESTIA AS

Produkt: Forestia Gulv Standard og Ekstra, Forestia Slissegulv og Forestia Prosjektgulv	Januar 2017
Leverandør	FORESTIA AS
Adresse	N-2435 Braskereidfoss
Telefon	+47 38 13 71 00
Mail	Forestia.kundesenter@byggma.no
Kontaktperson	Vegard Grønnerud

	Dimensjon	NOBBnr.	Plater pr pall stk	Nettoareal pr plate m ²	Vekt pr pall kg
Standard kval.	22x620x2420	10910982	31	1,44	727
Standard kval. *	18x620x1820	23614258	35	1,08	492
Standard kval.	22x620x1820	10397875	31	1,08	548
Ekstra kval.	22x620x1820	46418922	31	1,08	548
Ekstra kval.	22x620x2420	10910990	31	1,44	720
Ekstra kval. *	18x620x1820	23614266	37	1,08	520
Slissegulv	22x620x2420	21602925	31	1,44	690
Prosjektgulv **	22x1220xL				

* Forutsetter stivt overgulv ** Bestillingsvare

Kvalitetssikring: Forestia`s sponplatefabrikker er sertifisert iht NS-EN ISO 9001. Produktet er CE-merket. Til sammen sikrer dette høy og jevn kvalitet.

Produktbeskrivelse	18 og 22mm tykk ubehandlet sponplate med not/fjær på 4 sider. Prosjektgulv har not/fjær på langsider og rettkant på kortsider.
Bruksområde	Gulvplater til bruk under tørre forhold (std. kvalitet/klimaklasse 1) eller som plattform-gulv hvor platene må påregnes å bli utsatt for vær og vind over en tidsbegrenset periode (ekstra kval./klimaklasse 2). Som bærende undergulv på bjelkelag/tilfarere og som undergulv på annet bærende undergulv.
Bestanddeler	Ca. 84 % trevirke, ca. 9 % UF-lim med cas.nr 9011-11-6, ca. 7 % vann. Ekstra (fukt-bestendig) kval. MUF-lim med cas.nr. 25036-13-9.
Renhold/vedlikehold	Platen vil alltid bli dekket/bygget inn av annet materiale/gulvoverflate

Mekaniske egenskaper (gjelder både standard og ekstra kvalitet):

Platene er produsert iht. NS EN 312 P5/6

	22mm	18mm
Bøøyfasthet:	16 MPa	18 MPa
Tverrestrekkfasthet:	0,4 MPa	0,5 MPa
E-modul (lengderetn.):	2550 MPa	3000 MPa

Produktegenskaper	
Densitet	Ca. 700 kg/m ³
Varmeledningsevne	λ _p = 0,12 W/Mk
Brannklasse	D _{FL-s1} Det er mulig å bygge etasjeskillere i tre med dokumentert brannmotstand B30 og B60 med dette/disse produkter. Kfr. www.byggma.no
Fukt	Bruksområde = Klimaklasse 1= std.kval. (NS-EN 1995 -1-1, Eurocode 5). Klimaklasse 2= ekstra kval.
Formaldehydinnhold	Klasse E1, platen inneholder mindre enn 8 mg pr 100g sponplate.
Holdbarhet	Hele byggets levetid.
Miljø	Er laget av jomfruelig trevirke fritt for PCB. Formaldehydemisjon iht. strengeste klasse i gjeldende Europa-standard. Produsert på fabrikk sertifisert iht. NS-EN ISO 14001 / PEFC / FSC® (FSC-C124500). Det er utarbeidet miljødeklarasjon for Forestia Gulv Ekstra.
Lagring på byggeplass	Lagres fortrinnsvis tørt, innendørs. Kfr. monteringsveiledningen.
Henvisninger	Monteringsveiledninger og brosjyrer. NBI Tekn. Godkjenning nr. 2201, Forestia etasjeskillere av tre. NBI Tekn. Godkjenning nr. 2280, 22mm Forestia Gulv.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway