

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Urban matproduksjon på vertikale flater i et nordisk klima. Casestudie Skagerak arena.

Urban food production on vertical surfaces in a Nordic climate.
Case study Skagerak arena.

Knut Feilberg
Byggeteknikk og arkitektur

Bibliotekside

Tittel

Urban matproduksjon på vertikale flater i et nordisk klima. Casestudie Skagerak arena.

Title

Urban food production on vertical surfaces in a Nordic climate. Case study Skagerak arena.

Forfatter

Knut Feilberg

Veileder

Leif Daniel Houck

Førsteamanuensis i byggeteknikk og arkitektur,

Fakultet for realfag og teknologi, NMBU

Sidetall

72 + 40 vedlegg = 112

Opplag

5 stk.

Emneord

Grønne vegger, Skagerak arena, urban dyrking, matproduksjon, grønne modulvegger, nordisk klima, plantebokser, svalganger, plantetårn, gjenvinning av gråvann, overføringsverdi,

Keywords

Green walls, Skagerak arena, urban farming, food production, green module walls, Nordic climate, plant crates, galleries, plant towers, vertical greenhouses, greywater recycling, transferability

Forord

Denne masteroppgaven avslutter en 2-årig masterutdanning på Byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), våren 2017. Oppgaven utgjør totalt 30 studiepoeng, og er skrevet ved Institutt for Matematiske realfag og Teknologi (IMT).

Temaet for oppgaven er dyrking av mat på vertikale flater på Skagerak arena i Skien, og utfordringene det nordiske klimaet utgjør. Det har vært en spennende reise fra dag én, og har hele tiden følt at dette prosjektet er så unikt at det vil bidra til flere spennende prosjekter i Norge med grønne modulvegger.

Jeg vil rette en stor takk til alle de som har hatt noe å si for min oppgave:

Min veileder, Leif Daniel Houck, for god veiledning til ulike løsninger ved utforming av bygget, utallige forslag og interessante diskusjoner. Han fikk meg til å se prosjektet fra flere vinkler, og i en større skala.

Arvid Ekle har vært den viktigste enkeltpersonen i dette prosjektet, og har kommet med viktige råd for å forstå grønne modulvegger. Han har gitt meg innsyn i sin viktige praktiske erfaring på mail og gjennom utallige samtaler. Gjennom Ekle har det også kommet frem kunnskap fra den grønne pioneren Mark Laurences erfaringer.

Arve Heistad har bidratt til en interessant delproblemstilling som omhandler gjenvinning av gråvann, som anleggsgartner Anders Garnes i Bergen fullførte ved å vise det i praksis med sin grønne modulvegg. Garnes har også bidratt med mye kunnskap om grønne modulvegger.

Takk til Arne Smedsvig og Frode Brurberg for bilder og kunnskap om referanseprosjektene i Norge. Takk til Rolf Broeløkken for fine bilder av Skagerak arena. Vil for øvrig rette en takk til Thomas Kringelbotn Thiis og Anders Bjørnfot for viktig teknisk støtte mot slutten.

Landskapsarkitekt Malin Hjerpaasen med sin masteroppgave ved NMBU i 2014 har betydd svært mye for oppgavens utforming. Jeg vil takke min familie, og spesielt min far, bror og svigersøster. Til slutt vil jeg takke min kollega; landskapsarkitektstudent Halvdan Rosted, som alltid har vært en god samtalepartner, en kunnskapsbank og illustratør, og som ga oppgaven viktig informasjon for å bli besvart.

Ås, 29. september 2017



Knut Feilberg

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Sammendrag

Mennesker påvirker miljøet ved urbanisering, og med sterkt økende befolkning. Dette påvirker reduksjon i det biologiske mangfoldet. Flere mennesker på jorda krever omfattende tilpasninger med hensyn til større byer og fortetting. I fremtiden vil arealet av grønne områder reduseres sterkt, fordi menneskelig aktivitet beslaglegger og ødelegger sårbare naturområder. For å bidra til å løse disse problemene, har det i løpet av flere år kommet flere innovative løsninger, hvor et av dem er å prosjektere grønne vertikale flater, som er en av mange faktorer mot den globale oppvarmingen.

Vigdis Saga Kjørholt ved Langøya hovedgård er prosjektleder for *Grønn stadion*, et mulighetsstudie på Skagerak arena, som skal utforske om vertikal matproduksjon på stadion er mulig, og hvilke muligheter man har med en grå betongkoloss. Mulighetsstudiet blir utført av masterstudentene; byggingeniørstudent Knut Feilberg og landskapsarkitektstudent Halvdan Rosted som sammen skal finne grønne løsninger. De grønne flatene skal prosjekteres på sør- og vesttribunen, som hovedsakelig består av betongflater og gittervegger og rekkverk. De har god tilgang på lys gjennom vekstsesongen, og har store takflater som samler opp nok regnvann.

Det er i litteraturen funnet flere gode løsninger. Man skiller mellom levende vegger og grønne fasader, hvor levende vegger er det mest interessante. Her kan man nevne hydroponiske vegger, som er best tilpasset forholdene i Norge. Slike løsninger gjør veggen lettere, og reduserer bruken av vann. Viridiwall fra Mark Laurence (som den norske pioneren Arvid Ekle bruker) har størst verdi for prosjektet gjennom bruk av tre som ikke får fuktproblemer. Bruk av tre er bærekraftig, i motsetning til bruk av stål og betong. Viridiwall bruker veldig lite vann, og er den kommer best ut i mulighetsstudiet.

Grønn stadion-prosjektet er foreløpig å anse som et miljøeksperiment. Oppgaven har sett på 4 alternativer, og fra drøftingen i prosjektet fremgår det at flere mål bør tilstrebes utover matproduksjon. Dette skyldes at volumet av mat er begrenset med et dyrkbart areal på under ett mål, samt at kostnaden og daglig drift gjennom varierende årstider kan gi utfordringer. Etablering av svalganger vil gi muligheter til samdrift av de grønne modulveggene og planteboksene, og styrke prosjektet fordi driften av bare et av alternativene ikke gir tilstrekkelige driftsbetingelser. Uten svalganger, som vist i alternativ 2, blir vedlikeholdet kostbart på grunn av dårlig tilgjengelighet som krever hyppig liftbruk. Arbeidet må utføres profesjonelt som fører til høye driftskostnader. Dette er derfor ikke et anbefalt alternativ alene. Svalgangene gir god tilgjengelighet til de grønne veggene, men også grønne parseller, som folk kan ta eierskap i, og som kan gi inntekter. Den foreslåtte løsningen i alternativ 3 muliggjør utleie av lokaler for daglig drift av café. Alternativ 4 som legger til plantetårn i drivhus på vesttribunen, kan brukes for å oppnå inntekter fra matproduksjon og salg hele året. Plantetårn kan imidlertid ikke bygges fullt ut pga. plassmangel på bakkenivå. Grønne vertikale flater på Skagerak arena kan driftes basert på frivillighet, men med basis i faglig kompetanse for å minimalisere feil og problemer. Fagfolk må også ha enkelte befaringer i året for å se til det tekniske anlegget. Skagerak arena vil med alternativ 4 kunne bli en lokal attraksjon, læringsarena og en sosial møteplass, hele året rundt.

Konklusjonen er at prosjektet med alle alternativer er mulig å gjennomføre, hvis vi kun ser på det tekniske og sosiale. Dette mulighetsstudiet kan imidlertid ikke svare på i hvilken grad løsningene er bærekraftige, eller ikke. Grunnen er at det ikke er sett på økonomi for daglig drift og vedlikehold under eventuelle reparasjoner. Det er likevel funnet at etablering av grønne vertikale flater er teknisk mulig, og løsningene har overføringsverdi til liknende situasjoner i urbane strøk. Sør- og

vesttribunen på Skagerak arena er fra før lite påkostet. I det videre bør økonomiske og sosiale konsekvenser belyses. Siden prosjektet er teknisk mulig å gjennomføre, kan det gi en overføringsverdi til andre bygg som kjøpesentre og parkeringshus ved å skape et attraktivt, miljøvennlig og sosialt element i fremtidens bygg.

Abstract

People have made a huge impact on the environment by urbanization, and with a strong population growth. This affects the reduction of biodiversity. More people on earth require extensive adaptations meaning larger cities and densification. In the future, green areas will be substantially reduced because human activity seizes and destroys vulnerable natural areas. In order to solve these problems, several innovative solutions are initiated, where one is to project green vertical surfaces, which are among many factors against global warming.

Vigdis Saga Kjørholt at Langøya hovedgård is the project manager for *Grønn stadion*, an investigation at Skagerak arena, which will explore if vertical food production on the stadium is possible, and what possibilities you have with a gray concrete block. The investigation is a collaboration between the students; construction engineer student Knut Feilberg and landscape architect student Halvdan Rosted that will study green solutions. The green vertical surfaces are to be established on the south and west stands, consisting mainly of concrete surfaces with lattice walls and railings. They have good access to sun light through the growing season, and have large roof surfaces that collect rainwater.

A literature study yields many interesting and good solutions. One distinguishes between living walls and green facades, where living walls are the most interesting. Within the living walls, the hydroponic walls are best suited for Norwegian conditions. Such solutions makes the wall lighter, and reduces the use of water. Viridiwall from Mark Laurence (which the Norwegian pioneer Arvid Ekle uses) has the greatest value for the project relying on wood that does not cause moisture problems. Use of wood is sustainable, as opposed to the use of steel and concrete. Viridiwall has a minimum use of water, and is the most useful living wall.

The *Grønn stadion*-project is currently an environmental experiment. This project have focused on 4 alternative, and from the discussion it is found that multiple alternatives should be strived in addition to food production, because the amount of food is just below 0,1 hectare, and varying seasons with operating costs are a challenge. Alternative 2 are not sufficient in terms of maintenance with frequent lift operations when operating the module walls that are inaccessible. The work needs professionals and leads to large costs. With alternative 3, building external galleries will coordinate the green module walls and plant crates, which will strengthen the project. The external galleries provide patches with income. People can rent premises to operate a café, for further income. With alternative 4, this will be alongside plant towers in a greenhouse on the west stand that produce food all year round. Lack of space at the ground level prevents more plant towers, on both the south and west stand. The vision of green vertical surfaces on Skagerak arena can be operated through volunteerism, after the installation. Professionals need some annual inspections to the technical facilities. Skagerak arena can with alternative 4 be a local attraction and a social meeting point, all year round.

The conclusion is that the project with all alternatives is possible to implement, if we only consider the technical and social factors. This report cannot answer to what extent the alternatives will be sustainable, since the project does not focus on operation and maintenance costs. Regardless, creation of green vertical surfaces are possible technically, and the alternatives have transferability to similar cases in urban areas. The development of the south and west stands at Skagerak arena are currently not prioritized. Further economic and social consequences should be investigated. Since the project is possible technically, it has transferability to other buildings like shopping malls and car parks by creating an attractive, environmental and social element in future building industry.

Innhold

| | | | |
|--|----|--|----|
| Bibliotekside..... | I | 3.6.1 Planter uten bæring – grønne fasader | 22 |
| Forord..... | I | 3.6.2 Svalganger i limtre..... | 24 |
| Sammendrag | II | 3.6.3 Levende veggssystem med plantebokser..... | 24 |
| Abstract | II | 3.6.4 Hydroponikk og aeroponikk | 25 |
| 1.0 Innledning | 6 | 3.6.5 Grodan modulsystem | 26 |
| 1.1 Bakgrunn | 6 | 3.6.6 Filtsystem (Mur Végétal) | 28 |
| 1.2 Formål..... | 6 | 3.6.7 Skjøtsel og vedlikehold..... | 29 |
| 1.3 Problemstilling | 7 | 3.6.8 Kostnad ved installasjon..... | 29 |
| 1.4 Omfang | 7 | 3.7 Levende vegger i Norge | 30 |
| 1.5 Begrensninger | 7 | 3.8 Løsninger for nordisk klima | 33 |
| 1.6 Motivasjon og mål | 8 | 3.8.1 Vanningsanlegg | 33 |
| 2.0 Metode | 8 | 3.8.2 Vindlast og snølast..... | 35 |
| 2.1 Metode | 8 | 3.8.3 Lys..... | 35 |
| 2.2 Begrepsliste..... | 9 | 4.0 Case | 37 |
| 3.0 Teori | 10 | 4.1 Skien og byens grønne fremtid..... | 37 |
| 3.1 Grønne flaters historie | 10 | 4.2 Kort historie | 38 |
| 3.2 Urban dyrking | 12 | 4.3 Kommuneplan..... | 38 |
| 3.3 Stadionbygg og supporterkultur | 14 | 4.4 Utbyggingsplaner..... | 38 |
| 3.4 Grønne flater, vertikale drivhus og andre konstruksjoner | 15 | 4.5 Grønn struktur | 39 |
| 3.5 Fordeler ved bruk av grønne flater | 17 | 4.6 Funksjoner | 39 |
| 3.5.1 Biodiversitet..... | 17 | 5.0 Analyse | 43 |
| 3.5.2 Svevestøv | 17 | 5.1 Solforhold..... | 43 |
| 3.5.3 Renseeffekt på luft..... | 18 | 5.2 Temperatur og nedbør | 45 |
| 3.5.4 Reduksjon av varmeøy-effekt..... | 18 | 5.3 Vind- og snøforhold | 46 |
| 3.5.5 Psykisk effekt..... | 18 | 5.4 Høydeforhold..... | 47 |
| 3.5.6 Støydempende..... | 19 | 5.5 Fra analysen | 48 |
| 3.5.7 Gjenvinning av gråvann..... | 19 | 6.0 Mulighetsstudiet | 49 |
| 3.5.8 UV-stråling, sur nedbør og varmefluks | 20 | 6.1 Prosjekt "Grønn stadion"..... | 49 |
| 3.5.9 Forebygging av konduksjon, konveksjon og stråling | 21 | 6.2 Alternativene | 50 |
| 3.6 Levende vegger og grønne fasader | 22 | 6.2.1 Alternativ 1 - Plantebokser..... | 50 |
| | | 6.2.2 Alternativ 2 - Modulvegger og vanningsystem..... | 52 |
| | | 6.2.3 Alternativ 3 – Svalganger..... | 55 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2.4 Alternativ 4 - Drivhus med plantetårn | 59 |
| 6.2.5 Matmengder | 61 |
| 7.0 Diskusjon og anbefalinger | 62 |
| 7.1 Fordeler og ulemper med alternativene | 62 |
| 7.2 Problemstillingen | 63 |
| 7.3 Fremtidige FoU-behov..... | 65 |
| 8.0 Konklusjon | 65 |
| Bildeliste..... | 69 |
| Figurliste..... | 70 |
| Referansepersoner..... | 71 |
| Vedlegg | 72 |

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

Ifølge FN's klimapanel vil verdens gjennomsnittlige temperatur sannsynligvis øke med over 2 grader innenfor dette århundret, og dette vil gi store utfordringer for samfunnet og det fremtidige bysamfunn generelt. Utformingen av bygninger må tilpasses til de utfordringene som økende temperaturer og nedbørmengder gir. Mennesker påvirker miljøet blant annet ved økt urbanisering, reduksjon i det biologiske mangfoldet og sterkt økende befolkning. Flere mennesker på jorda krever omfattende tilpasninger med hensyn til større byer og fortetting. Ifølge FN bor over halvparten av verdens befolkning i byer, og nesten all fremtidig befolkningsvekst er beregnet for urbane områder (FN-Sambandet, 2016). I fremtiden vil arealet av grønne områder reduseres sterkt, fordi menneskelig aktivitet beslaglegger og ødelegger sårbare naturområder (FN-Sambandet, 2016).

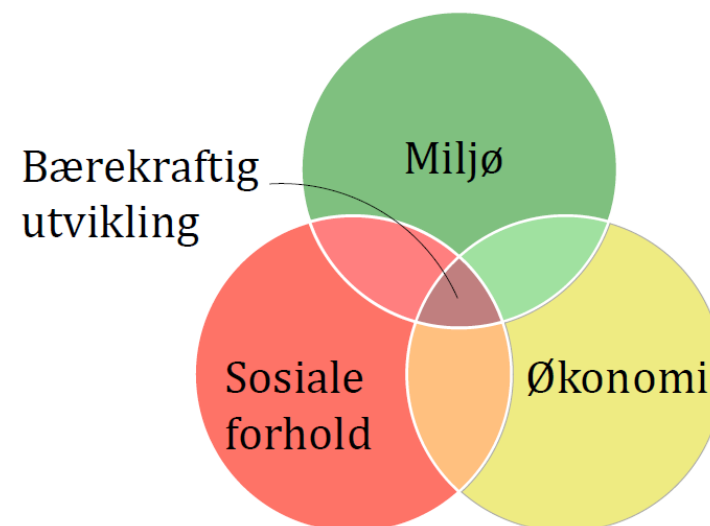
For å bidra til å løse disse problemene, har det i løpet av flere år kommet flere innovative løsninger. M. Ottelé *et al.* (2011) konkluderer med at å prosjektere grønne flater, kan på sikt ha en god effekt mot den globale oppvarmingen. Med dette aspektet må man se på bærekraftig utvikling (S. Sheweka *et al.*, 2011).

Ifølge F. H. M. Farid *et al.* (2016) er det tre aspekter man må tenke på for å skape bærekraftig utvikling

- Økonomi (installering, driftskostnader og vedlikehold)
- Økologi (bærekraftighet – læren om interaksjonen mellom organismer og miljø)
- Sosiale forhold (barn, samfunn, skole, kunnskap)

I 1983 opprettet FN

Brundtlandkommisjonen, som skulle se på problemene rettet mot fattigdom og miljøproblemer. Tanken med å jobbe med tre forskjellige områder miljø, sosiale forhold og økonomi, er å se de i sammenheng og skape bærekraftig utvikling (figur 1.1). Med figuren ser man at man ikke bare skal fokusere på ett område. Bærekraftig utvikling er (...) en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov (World Commission on Environment and Development, 1987). Et U-land som forbedrer sin økonomi og sosiale forhold, skal ikke gå på bekostning av miljøet. Et stort



Figur 1.1 - Videreutviklet figur basert på (World Commission on Environment and Development, 1987).

byggeprosjekt som retter fokuset på økonomi og miljø med et stort signalbygg, skal ikke glemme hvor viktig det er med sosiale forhold, hvor folk kan være. Uten disse samlet til ett vil man ikke få en bærekraftig utvikling.

Det er mange grå bygg i Norge og ellers i verden som kunne ha hatt godt av et ansiktsløft. Som overføringsverdi vil denne oppgaven gi muligheten til grønne flater på de fleste bygg, hovedsakelig bygd i betong. I stedet for å rivning, kan man bare på enkle måter med planter friske opp veggen, som dermed liver opp områdene rundt. Det er da man også kan få folk til å oppsøke områdene, og sette pris på bevaring med enkle midler, enn å bruke store ressurser på å bygge nytt. Med grønne flater vil man kunne oppnå små miljømessige løft på området bygget ligger i, samt legge til rette for sosiale forhold.

Store byggverk som fotballstadion, parkeringshus, kjøpesentre, bunkere fra krigen eller gamle industribygg vil kunne ha nytte av grønne flater hvis rivning ikke er et alternativ. Se eksempelvis bilde 1.1-1.3. Prosjektet i denne oppgaven er overførbart hvis man kan tilpasse det til eksisterende forhold. Skal grønne tiltak gi en miljømessig gevinst, bør det prosjekteres i urbane strøk, hvor man kan få større påvirkninger på miljøet. Oppgaven skal gi en inspirasjon til å tenke nytt blant arkitektmiljøer, av hva et bygg kan være.



Bilde 1.1 – Ibsenhuset i Skien. Foto: ukjent

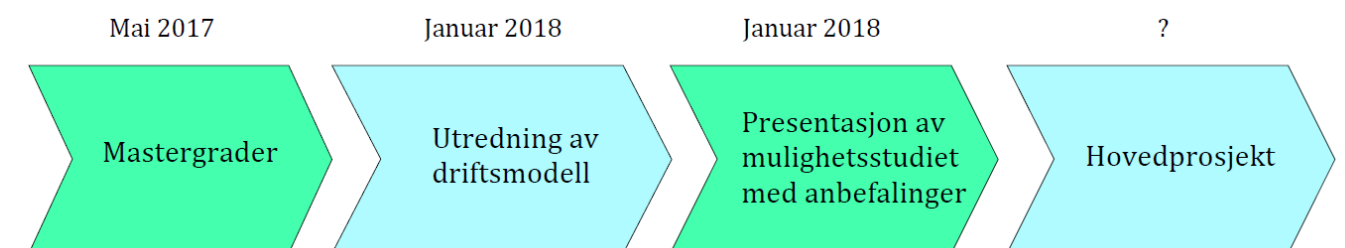


Bilde 1.2 – Ubåtbunkeren Bruno på Laksevåg. Foto: Olav Sundvor



Bilde 1.3 - Parkeringshus i Trondheim. Foto: Stefan Kaliski og Mikkel Marhaug.

1.2 Formål



Figur 1.2 - Faseovergangene i "Grønn stadion"-prosjektet. Figur: Knut Feilberg, basert på Vigdis Saga Kjørholts figur.

Einar Håndlykken er tidligere leder for Natur og Ungdom og tidligere medlem i miljøorganisasjonen ZERO som jobber for å promotere nullutslippsløsninger. Han er nå daglig leder i Odds Ballklubb. Han har en visjon om å lede Norges mest miljøvennlige klubb, og videre bli verdensledende på dette. Sammen med prosjektleder Vigdis Saga Kjørholt og hennes partner Tom

Erik Økland, som sammen driver Langøya Hovedgård i Langesund, har de dannet en grønn profil og en strategi for å skape en mer bærekraftig fremtid. Langøya Hovedgård er for øvrig senter for matauk. Et av deres siste stunt er satsing på dyrking og prosjektet *Grønn stadion*. Denne satsingen vil føre til at de vil bli den første fotballklubben i Europa med både grønn stadion og landbruk. Nå er arenaen for det meste bare en grå koloss. De har mottatt en pengestøtte fra Oslofjordfondet og Fylkesmannen i Telemark.

Det er ønskelig å gjøre deres hjemmebane Skagerak arena om til et sted flere enn bare supportere kan bruke, og gjøre den om til et samlingssted for hele Skien by, på miljømessige, sosiale og økonomiske prinsipper. Det er flere aspekter som settes opp. Med et forstudium vil de kartlegge planmessige og teknologiske løsninger for matproduksjon på det eksisterende stadionanlegget, og kartlegge forskning og utviklingsarbeid-behov (FoU). De vil være innovative på nye løsninger som innebærer dyrking på store idrettsanlegg, kjøpesentre og parkeringshus, med grønne vegger i bildet. Med disse tankene kan man skape noe, ikke bare før og etter kamp, men også flere dager i uken. Utfordringene knyttet til denne oppgaven er å se på dyrking av matplanter på vertikale flater i et nordisk klima, og hvordan det kan driftes (F. J. Granados, 6/6/2016).

Denne masteroppgaven er en del av et mulighetsstudie i *Grønn stadion*-prosjektet (se figur 1.2) ledet av Vigdis Saga Kjørholt, driver av Langøya hovedgård i Langesund, på vegne av Odds Ballklubb i Skien. Mulighetsstudiet består av to masteroppgaver fra NMBU, hvor denne er fra Fakultet for realfag og teknologi. Den andre er fra Fakultet for landskap og samfunn.

Helheten i prosjektet skal ferdigstilles 14. januar 2018 på en konferanse, etter at Vigdis Kjørholt har utredet sin driftsmodell. Dette mulighetsstudiet belyser og kartlegger hva som går an av tekniske og sosiale løsninger med tanke på bruk av grønne vertikale flater på store urbane bygningsflater, spesifikt på Skagerak arena i Skien, Odds Ballklubbs hjemmebane.

1.3 Problemstilling

Problemstillingen blir lagt frem ved hjelp av et hovedmål, som er lagt sammen av forskjellige delspørsmål fra prosjektleder Vigdis Kjørholt. Denne oppgaven er skrevet i sammenheng med oppgaven *Grønn stadion – et mulighetsstudie for urban matproduksjon på Skagerak arena* av landskapsarkitektstudent Halvdan Rosted.

Hovedmål: Gjennomføre en mulighetsstudie om matproduksjon på store, urbane bygningsflater i et nordisk klima, herunder en vurdering av eksisterende FoU-behov.

Denne masteroppgaven har følgende problemstilling:

Hvordan utnytte betongfasader på Skagerak arena til matproduksjon, ved å se på ulike alternativer?

Denne problemstillingen er mest interessant, og belyser oppgaven mest i sin helhet.

Oppgaven blir lagt fram i ulike deler:

Del 1: Innledning

- Bakgrunn for prosjektet.

Del 2: Metode

- Gjennomgang av litteraturstudie, referanseprosjekter, digitale verktøy og befaringer.

Del 3: Teori

- Tilegning av kunnskap fra relevant litteratur om planteveggers historie, urban dyrking og fotballstadioner, plantemodulvegger med deres fordeler og ulemper, trekonstruksjoner, samt andre konstruksjoner.
- Referanseprosjekter fra Norge og utlandet, med erfaringer fra nøkkelpersoner.

Del 4: Case

- Tilegning av kunnskap om Skagerak arena generelt. Vurdering av snitt og fasader.

Del 5: Analyse

- Utforskning av hva som finnes av rekreasjonsområder, butikker og kulturelle tilbud, med diverse reguleringsplaner. Det skal kartlegges hvor mye nedbør, sol og vind det er, samt hvor lett tilgang folk har til området.

Del 6: Mulighetsstudiet

- Beregninger og prosjektering av fire alternativer på sør- og vesttribunen på Skagerak arena; plantebokser, modulvegger, svalganger, og drivhus med plantetårn. Det blir også vurdert kombinasjoner av alternativene.

Del 7: Diskusjon og anbefalinger

- Besvarelse av oppgaven. Diskusjon av ulike løsninger, samt anbefalinger til prosjektet.

1.4 Omfang

Denne rapporten er en komplett besvarelse av masteroppgaven i emnet M30-BA Masteroppgave, Byggeteknikk og arkitektur. Besvarelsen utgjør det fullstendige karaktergrunnlaget. Masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng, og skal utføres i tidsrommet 9. januar til 29. september.

1.5 Begrensninger

I dette mulighetsstudiet er det flere utfordringer man kan se på, men det er ikke hensiktsmessig å vurdere alle. Denne oppgaven går i dybden på punktene som har størst påvirkning for problemstillingen, og for at disse punktene skal bli lagt rede for best mulig, er det valgt å se bort i fra andre faktorer som grønne horisontale flater (grønne tak), plantebruk og økonomi under

daglig drift og vedlikehold under eventuelle reparasjoner. Plantebruk vil indirekte bli med i prosjektet, fordi prosjektet blir utført i samarbeid med landskapsarkitektstudent Halvdan Rosted ved NMBU. De fleste tegninger blir delt med hverandre, og er hovedsakelig ment som skisser. Bærekraftighet er et mye brukt begrep i dette mulighetsstudiet, som er vanskelig å belyse for bare én part. Denne oppgaven vil ikke bruke begrepet aktivt, men kun se på de tekniske spørsmål om prosjektet er mulig å realisere.

1.6 Motivasjon og mål

Da dette prosjektet kom opp første gang, ble jeg nysgjerrig på hvordan vertikal dyrking så ut, og fikk se at grønne vertikale flater var noe nytt og ekstraordinært. Som en byggingeniørstudent ble det videre fascinasjon av hvordan man kunne bygge slike konstruksjoner. Å skape noe nytt og bidra til en bedre verden ved å rehabilitere eller bygge nytt er både spennende og læringsrikt. Er det noe det er ønskelig å vise, så er det å visualisere, og gi liv til et mulighetsstudie. Målet er å finne ut om det er mulig å prosjektere grønne flater i et nordisk klima, og skape å interesse av temaet. Fort ble det merket at grønne vegger er nytt for folk flest i Norge, noe som ikke er tilfelle i andre land. Det å se en grønn vegg er ny opplevelse, spesielt på befaring av Athenaeum hotel i London. En skog som vokser ut av en vegg er ikke hverdagskost.

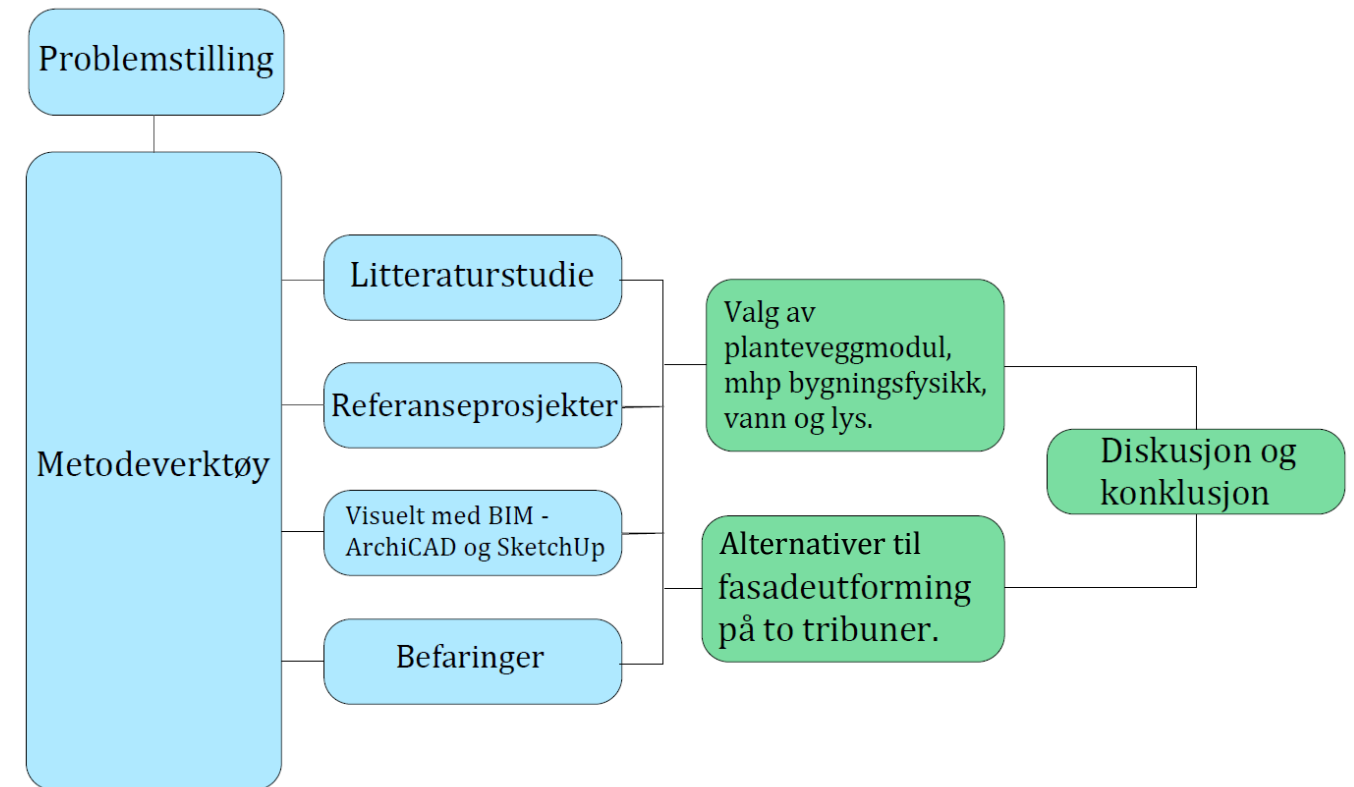


Knut Feilberg (til venstre) og Halvdan Rosted på befaring hos TAG arkitekter i Bergen (mars 2017).

2.0 Metode

2.1 Metode

For å svare på oppgavens problemstilling er det valgt ut følgende modell som inkluderer litteraturstudie, intervjuer med nøkkelpersoner, finne stoff om referanseprosjekter og deres studier på teoridelen. På analyse- og mulighetsstudiet skal løsninger illustreres ved bruk av Bygnings Informasjons Modellering (BIM). Dette blir belyst videre i oppgaven. På bakgrunn av dette skal det være mulig å komme med videre diskusjoner og endelig konklusjon.



Figur 2.1 - Oppgavens fremgangsmetode

Litteraturstudie

For å kunne svare på problemstillingen, og selv tilegne meg god kunnskap om temaet er det brukt mye tid på litteraturstudiet. Det er sett på forskningsrapporter, bøker, samt vitenskapelige artikler. Det er knapt med norske forskningsrapporter, så mye kunnskap er oppnådd ved å se på utenlandske studier. De norske kildene er mest sekundære kilder som bygger på utenlandske forskningsrapporter. Dermed gjelder det å ha et kritisk blikk i hvor relevant forskningen er, og hvor godt tilpasset den er til nordiske forhold.

- Søkemotoren som er brukt er Scencedirect.com som gir tilgang til vitenskapelige, tekniske og medisinske forskningsrapporter fra hele verden.
- Bøker er lånt fra NMBU Universitetsbiblioteket via Brage.
- Masteroppgaver fra NMBU har vært hjelpelige.
- Der det er for vanskelig å få tak i primærkildene, er det i stedet brukt sekundærkilder, for å vise mangfold. Det er viktig å forholde seg så kritisk som mulig til påstander fra disse, ved å understøtte påstandene fra mulige primærkilder.

Referanseprosjekter

Det er brukt referanseprosjekter fra hele verden for at oppgaven skal gi et godt nok innblikk i hvilke løsninger mulighetsstudiet har, da det finnes få norske studier om temaet. Det er per 2017 i alt 5 ulike referanseprosjekter i Norge. Det har vært viktig å se på hvilke prosjekter som har fungert og ikke. Informasjon ble skaffet via mailkorrespondanser med referansepersoner,

telefonsamtaler og google-søk. Det har vært kontakt med innovatører, arkitekter og anleggsgartnere, hvor alle hadde hatt noe å gjøre med enten installasjons- eller designarbeidet.

Visuelt med BIM

- **ArchiCAD**

ArchiCAD er et ledende simuleringsprogram for arkitekter og ingeniører innen Bygnings Informasjons Modelling (BIM), som ble etablert på 90-tallet. Det følger også Norsk Standard (NS). Det er i dag et kjært verktøy på kontor og anleggsplass, ved hjelp av mobile digitale verktøy, og er svært økonomisk med tanke på oppdateringer av et byggeprosjekt. Med denne programvaren skal det illustreres med 2D-tegninger (detaljtegninger, snitt, fasade og plantegninger) og en 3D-modell viser hvordan Skagerak arena kan bli seende ut ved oppgradering til grønne vegger, samt vise hvordan bygget fremstår med et drivhus.



Figur 2.2 ArchiCADs prinsipp. Figur: Latorreinteriors

- **Sketchup med LayOut**

Sketchup (etablert i 2000) er i likhet med ArchiCAD et simuleringsprogram som produserer 3D-modeller av forskjellig art. Det skiller seg fra ArchiCAD ved at det blir mer brukt i oppstartsfasen på et byggeprosjekt, og essensen er å finne ut av former på et nybygg ved bruk av enkle geometriske former. Videre bruker man ArchiCAD for å skape arbeidstegninger.

LayOut er en utvidelse av Sketchup som er fin å bruke til 2D-visualiseringer. Det kan også lage et oppsett av tegninger. Man kan for eksempel lage diagrammer, tankekart, samt være et hjelpemiddel til markere områder i en reguleringsplan.

- **VELUX Daylight Visualizer**

For å kunne måle soleksponeringen Skagerak arena vil få, blir det gjort solsimulering på modellen av stadion. Målingene gir oss antall lux hver flate får. Simuleringsprogrammet VELUX, Programmet kommer fra VELUX-gruppen i Hørsholm i Danmark, er mye brukt til solanalyser på bygg. VELUX-gruppen ble stiftet i 1941, og har lang fartstid i bransjen.

Befaringer

Det har blitt utført en liten befaring til den grønne vertikale veggen på Athenaeum hotel i London, Miljødirektoratet i Trondheim og en større til Jekteviken bossnetterminal i Bergen, som har gitt mye god informasjon for oppgaven. Det ble oppfattet som om aktørene ville lære av sine feil, prøve og feile hele tiden, slik at hvert prosjekt var et forsøk på å få ny kunnskap til fagfeltet. Mange formidlet oppturer og nedturer og var ærlige på hva de tenkte om prosjektets fremtid.

2.2 Begrepsliste

Bærekraftig utvikling

(...) en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstille sine behov. (World Commission on Environment and Development, 1987).

Urban varmeøy-effekt

Oppsamling av solenergi fra harde flater i tettbygde strøk som frigjøres som varme og øker lufttemperaturen (M. Hjerpaasen, 2014).

Urban dyrking

Dyrking av mat, frukt og grønnsaker i urbane områder (H. Akbari *et al.*, 2001).

Levende vegger

Grønn vegg med vertikalt rotsystem, festet i veggen eller i en struktur med et luftsjikt mellom (M. Ottelé *et al.*, 2011). Naturlig avrenning eller teknologiske vanningsystemer sørger for vann og næring til plantene, i motsetning til grønne fasader som får det fra bakken (M. Ottelé *et al.*, 2011).

Grønne fasader

Grønne fasader er den enkleste, billigste og eldste formen for vertikal beplantning, hvor røttene er på bakkenivå (Köhler, 2008; M. Ottelé *et al.*, 2011). Det er tre kategorier av grønne fasader; espalier, modulbaserte espalier og vaier- og rutenettsystem (M. Hjerpaasen, 2014).

Espalier

Vaiere eller kabler, festet til en struktur. Klatreplantene skaper en plantevegg ved å klatre opp strukturen. Bærekonstruksjonen kan være frittstående eller festes til en fasade (M. Hjerpaasen, 2014).

Hydroponikk

Dyrkningsteknikk uten bruk av vekstjord, hvor planterøttene får næring fra en flytende næringsløsning (M. Hjerpaasen, 2014). Kan brukes i forbindelse med Grodan.

Grodan

En form for steinull, er tykkere enn vanlig Glava, og er laget av behandlet basalt. Kan brukes i hydroponikk. (M. F. Dowgert, 2016).

Gråvann

Vann fra dusj, kjøkkenvask, vaske- og oppvaskmaskin etc. (A. Heistad, 2017).

Limtre

Et bearbeidet treprodukt. Ved å benytte fingerskjøtte lameller av styrkesortert virke kan det produseres bjelker av varierende form og størrelse. Limtre har liten vekt, og likevel god styrke og stivhet, egenskaper som er markant bedre enn stål (Moelven Limtre AS, 2015).

3.0 Teori

Bilde 3.1 - Miljødirektoratet i Trondheim. Foto: Knut Feilberg



Bilde 3.2 - Miljødirektoratet i Trondheim. Foto: Knut Feilberg

3.0 Teori

3.1 Grønne flaters historie

I flere generasjoner har mennesket prøvd å gjøre byene grønnere. Vi har i tusener av år prøvd å flytte et naturlig habitat til andre områder. Den første skildringen vi kan nevne er Babylons hengende hager i Midtøsten, fra oldtidens syv underverker (bilde 3.3). Det var et gigantisk, firkantet hageanlegg med søyler. Anlegget ble anlagt av kong Nebukadnesar II (600 år f. Kr.) for å trøste sin hustru og dronning Amytis, som savnet sitt frodige hjemland. Imidlertid er det i dag veldig få kilder som vitner om dens eksistens. Til og med uttrykket "hengende hager" kom fra en feiltolkning av greske tekster, og er i dag sett på som grønne tak (M. Hjerpaasen, 2014). Uansett om det har eksistert eller ikke; bygget har inspirert mennesker til å forstå hagekunst som en forening av arkitektur og natur; derav planter, terreng, bygninger og blomster til en estetisk enhet. De hengende hagene er i dag et forbilde for dagens takhager (L. H. Aardal, 2015). Fra Skandinavia til Japan, og forskjellige sivilisasjoner gjennom tidene har etter Babylons tid brukt klatreplanter til dekke bygninger (M. Hjerpaasen, 2014).



Bilde 3.3 - Babylons hengende hager. Bilde: Innogames GMBH



Bilde 3.4 - Prinsippskisse torvtak. Tegning: Eugen Ulmer (2008)

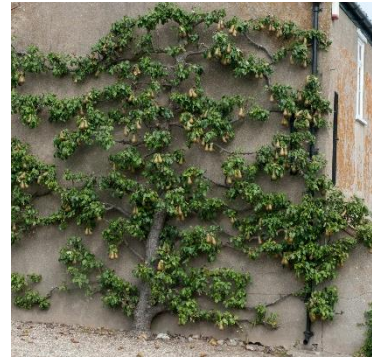


Bilde 3.5 - Montering av torvtak. Foto: Roald Renmælmo

I Norge og Norden har torvtak vært det nærmeste vi kommer til en grønn flate, som i dag hovedsakelig er kjennetegnet for eldre og tradisjonsrike hytter. En tidlig utgave av slike bygg dukket først opp i Vikingtiden rundt 800-1000 e. Kr. (F. H. M. Farid *et al.*, 2016).

Takene har en god egenskap at de «kamouflerer» seg i landskapet, mer enn andre bygg. Deres prinsipp med torv (eller noen ganger tang) i taket var den beste måten å isolere på, hvor torven isolerte, mens bjørkenever var det vanntette laget innerst, som sto imot vind og regn (se bilde 3.4). På varme dager skal fukten fra torvtaket isolere, slik at det ikke blir for varmt inne, og motsatt på vinterstid. Det var egentlig bare bjørkeneveren som var ment som tak, mens torvmaterialet bare skulle holde neveren på plass, slik at det ikke krøllet seg. Derfor var det bare bruk av torv på tak, og ikke i vegger, da man ikke hadde kunnskap om festemontering. Likevel brukte man mose, lett tilgjengelig fra naturen, mellom laftelagene i husveggene. Metoden gikk ut på at man enkelte steder kokte mosen for å drepe insekter, som så ble lagt ut i våt forfatning mellom laftehoggene. Stokkene over komprimerer mosen, og den får en hygroskopisk evne til å absorbere fuktighet, og unngå råte. Enkelte tømrere mener til og med at mineralull er dårligere til å absorbere fuktighet (J. B. Godal *et al.*, 2015).

Det var i Sentral-Europa, under Romerriket og fra renessansen for ca. 500 år siden at man satte opp klatreplanter og vinranker på borger, i landsbyer, og i trange smug (bilde 3.6). De hadde den egenskapen at de skyggela og kjølte ned fasaden, samtidig som at det hadde en økonomisk verdi på frukt dyrkingen på veggen. Alle matplantene ble kjølt ned, og kunne høstes, til forskjell fra et vanlig tre, som ikke kunne få le fra solen på alle steder. Frukttrær og klatreroser ble også populære som ornamenter (M. Hjerpaasen, 2014). Det var mote i rurale områder å ha vertikal dekorasjon av sommerblomster, som balkongvarianten i Bayern (bilde 3.7). Under industrialiseringen i Europa på 1700-tallet ble det utstrakt bruk av gitter på terrasser som klatreplanter festet seg i (M. Köhler, 2008).



Bilde 3.6 - Klatreplante i Sentral-Europa. Foto: Naomi Schillinger



Bilde 3.7 - Balkong i Tegernsee, Bayern. Foto: Paradeofgardens.com

Utover industrialiseringen på 1800-tallet i Norge begynte hustak å bli dekket med bord eller spon, skifer i høyfjellet, eller bly, spesielt da takvinkelen var for bratt for torv. Det ble allmenn kjent at faren for brann var større ved bruk av torvtak. På denne måten fjernet man seg sakte men sikkert fra det biologiske mangfoldet i naturen, da betong, tegl og mineralull som byggemateriale mer og mer ble brukt (J. B. Godal *et al.*, 2015).

Nå kom det en motreaksjon på industrialismen. Kalleklev (2016) beskriver The Arts and Crafts-bevegelsen som oppsto på 1860-70-årene i England. Bevegelsen ville videreføre kvalitetene til kunsthåndverk, og skape sjel til produkter, i motsetning til det sjelløse fabrikklagde.

På 1800-tallet begynte for øvrig en ny epoke. Jugendstilen som dyrket naturen som billedkunst, håndtverk og arkitektur, brakte med seg klatreplanter for å skape en flytende overgang fra hage til hus. I England begynte arkitektene William Robinson og Gertrude Jekyll å designe vegetasjon på steinvegger utendørs, noe som man kan se i Griftpark i Utrecht, Nederland. Veggene ble brukt til å avskjerming og til avgrensing av hager (M. L. Séguin, 2017). Det ble også vanlig i europeiske og nord-amerikanske byer å ha klatreplanter for å dekke over simple og kjedelige fasader (M. Köhler, 2008).

Utover 1900-tallet begynte arkitektene; franskmannen Le Corbusier (1887-1965) og amerikaneren Frank Lloyd Wright (1867-1959) å designe takhager og terrasser til sine prosjekter. De var opptatt av bygningens helhet, at det skal passe med omgivelsene, og at det ikke bare skal handle om den isolerte bygningen. Forholdene til områdene er viktigere enn byggestilen (F. H. M. Farid *et al.*, 2016).

Dermed kom det flere variasjoner av grønne vegger og tak i flere land og kulturer (bilde 3.8 og 9). Grønne fasader blir da den naturlige utvidelsen av dette. Plutselig skjedde det noe med bruken av planter. Populariteten dalte på 30-tallet til tross for nye byggeteknikker. Folk var bekymret for veggstabiliteten grunnet bruk av større grønne vegger. (M. L. Séguin, 2017; N. Dunnet *et al.* 2008)



Bilde 3.8 - Engelsk eføy på eldre Yorkshire-hus. Foto: Helaine Chardon



Bilde 3.9 - Klatreplanter Singsaker barnehage, Trondheim (30-tallet). Foto: ukjent. Fra NTNU Universitetsbiblioteket.

Hvis vi skal trekke frem en som følte at verdens vegetasjon minsket betraktelig ettersom verden bevegede seg vekk fra naturen, kan vi nevne den amerikanske landskapsarkitekten Stanley Hart White (1891-1979) ved University of Illinois. Han var den første som tok patent på grønne vegger i 1938, med sin idé om vegetasjon som en del av et byggverk. Likevel er det i nyere tid den franske botanikeren Patrick Blanc som har fått hovedæren for å virkelig bruke grønne flater på byggverk, og regnes som den moderne oppfinneren av grønne flater, og inspirert flere med sine idéer.

På 1980-tallet oppsto det en ny bevegelse; *The green roof movement* i Sentral-Europa, og de så ikke bare på grønne tak, men også på muligheter for å få byene grønnere og mer miljøvennlige, og ikke bare på landsbygda (M. Hjerpaasen, 2014). Spesielt tyske byer dro frem de gamle klatreplantene på fasader og i bakhager, samtidig som at de utnyttet at leietakerne deres driftet anlegget deres intensivt og gratis (M. Köhler, 2008). Det ble nå forsket mye på grønne fasaders evne til å fange opp svevestøv, deres isolasjonseffekt, og deres evne til å bli et habitat for urbant dyreliv, derav fugler, insekter og edderkopper (M. Köhler, 2008). De tyske forskningsrapportene rundt grønne fasader ble dog bare estimert og ikke kvantifisert (M. Ottelé *et al.*, 2011). Det ble også opprettet et program for fremme grønne fasader, noe som resulterte i et par hundre tusen kubikkmeter med grønne vegger. Dette varte frem til slutten av 90-tallet (Hjerpaasen, 2014).

3.2 Urban dyrking

I 2050 vil 75 prosent av jordas befolkning bo i byer. Det vil da være 9 milliarder av oss, og det blir derfor ekstremt viktig å dyrke kortreist mat, og ikke mat som er dyrket milevis unna. Mennesker flytter fra rurale områder, fra gårdsbruk og områder man dyrker mat, slik at det blir ansett som en god idé å dyrke mat som korn, frukt og grønnsaker i urbane områder. Ifølge SSB, er det i Norge hele 80 % av befolkningen som bor i byer (SSB, 2015a). Flere byer i Norge og verden har i flere år dyrket mat i urbane områder, men flere må til. Ifølge H. Akbari *et al.* (2001) har temperaturen i urbane områder økt med 0,5 - 3°C siden 1940. Pga. temperaturøkningen vil energibehovet øke med 2-4 prosent. Hvis man da kan innføre mer vegetasjon i urbane områder, ville man kunne redusere USAs nasjonale energiforbruk med hele 20 %, og spare 10 milliarder dollar (H. Akbari, *et al.* 2001).

Siden Norge ligger langt nord, vil de fleste kanskje tro at vi ikke ligger i den sonen det egner seg å dyrke mat. Imidlertid er det en studie fra NMBU; Anna Holand *et al.* (2016) som siterer planteentusiast og havforsker S. Barstow (2014) som mener at Norge er i et område som tilbyr de beste forholdene for matproduksjon på hele kloden. Grunnen er at det kjølige klimaet gjør at sykdommer ikke er like aggressive, og vinteren tar knekken på uønskede bakterier i jordsmonnet. Den langsomme veksten forårsaket av den lave temperaturen gir ekstra mye smak til vekstene.

De første kolonihagene i Norge dukket opp i Halden i 1896 (E. Bratberg, 2017). De første kolonihager i Oslo kom i 1907, da den gamle søppelfyllingen på Rodeløkka i Kristiania ble utparsellert av kommunen. Det meldte seg interessenter ut ifra en tildeling basert på en sosial profil, for å lettere nå de familiene med dårligst økonomi. På denne måten kunne de dyrke jord som tilskudd til deres egen matforsyning (K. Trosvik, 2007).

Det å eie en kolonihage er også en kjempefin måte å komme i kontakt med andre, og kan brukes til integrering av innvandrere som sliter med å finne sin plass i samfunnet. Det er nemlig en betydelig andel innvandrere blant Oslos parselldyrkere. De dyrker grønnsaker, gir bort en del, mens resten går til familien. Mange innvandrere oppgir at de aldri hadde dyrket sin egen hage i hjemlandet før de kom til en parsellhage i Norge. Folk som lever sammen og bokstavelig talt dyrker samme hobby, opplever dette som viktig, for å glemme det daglige hverdagslivet (K. Trosvik, 2007).

En annen mulighet for matdyrking er hageparseller, som er et jordstykke/tomt (D. Gundersen, 2009). Den eldste eksisterende parsellhagen ble anlagt på Ekebergsløkka i Oslo i 1917 (K. Trosvik, 2007). Forskjellen mellom en kolonihage og parsellhage er at kolonihagene har hytter på hver parsell, samt på diverse fellesarealer. Kolonihagene er i tillegg en tomt regulert for dens hensikt, og har lange leiekontrakter med kommunen (K. Trosvik, 2007). Parsellhagene derimot er uten hytter og fellestomter, med mindre parseller (ofte gratis), og har korte og ustabile kontrakter (K. Trosvik, 2007).

Trondheim kommune vil legge til rette for mer dyrking av maten i byen. De mener at det ikke bare er positivt for klima og miljø, men er også overbevist om at det kan øke innbyggernes livskvalitet i lokalsamfunnet (Trondheim kommune, 2017b). Det er våren 2015 etablert en urban felleshage på Bakklandet i Trondheim, med opp mot 40 medlemmer, som i fellesskap høster inn alle mulige

grønnsaker. Kneiken felleshage på Bakklandet og Parsellkameratene på Rotvoll er også gode etablerte urbane felleshager. Fellesnevneren til alle ildsjelene er at de ønsker å ha et mål om å dyrke økologisk. Drift av urban virksomhet skal gjøres på en bærekraftig måte. De forteller at det trengs en initiativdeltaker som kan inspirere andre i nabolaget. Familier med barn er dermed et godt utgangspunkt for et sosialt og aktivt møtested. Der det ikke er nok kunnskap er det bare å arrangere kurs (T. Helle, 2015).



Bilde 3.10 - Luftetårnene på Herligheten. Foto: Marte Bjørklund



Bilde 3.11 - Områdene Herligheten dekker. Foto: Bjørvika Utvikling

Herligheten i Bjørvika er den første parsellhagen i Norge som kom opp med det første større dyrkeprosjektet i 2012, en 250 m² stor øy midt i smørøyet mellom luftetårnene på Sørenga, (bilde 3.10 og 3.11). Den befinner seg i et av de mest trafikkerte veistrekningene i Oslo (K. Ullaland, 2015).

Kunstnerkollektivet *Future Farmers* med Amy Franceschini var ildsjelene som delte ut 100 gratis parselltomter, hvor hele 4000 håpefulle sendte inn søknader (K. B. Gilje, 2016). Det dyrkes i dag mat og korn til brødbaking, og som forener kunst, jordbruk og matproduksjon med sosial omgang. I tillegg skal dette bli en seter for beitedyr. De ville ta tilbake fortiden til bydelen som frem til tidlig 1900-tall dyrket mat til Kristianias befolkning (S. Sigurjonsdottir, 2015). Initiativdeltakerne hadde fått inspirasjon fra storbyene New York, Boston og San Francisco, hvor parsellhager er en stor suksess. Felles for alle er at de er parsellhager som beboere i området drifter selv. De har forsket på hvordan urban matproduksjon blir påvirket av luftforurensning. Gjennom prøver er det funnet at matjorda er like god 5 år etter. Den har heller ikke blitt forurenset av trafikken. Videre vil de fortsette å utvikle kriterier for god matproduksjon. Sjakktrekket for god grobunn i urbane strøk, er å bruke ublandet, næringsrik jord fra markkompost, som er bedre enn næringsfattig jord utvunnet fra myrer. Enkelte stater i USA har nå markert markjord som gjødsel. Selv etter 5 år, flere vintre og elendige somre, lyser avlingen grønn i asfaltørkenen. Dermed tror de dette fungerer fint året rundt (K. B. Gilje, 2016).

Med koloni- og parsellhagene i minnet, er det av klimatiske årsaker ikke så mange aktører i Norge som tør å dyrke mat året rundt. Dette grunnet usikkerhet rundt det nordiske klimaet, siden det ikke er grobunn for dyrking på vinterstid. Flere er også engstelige for at dyrkingen skal bli utsatt for hærværk og stjeling av planter. Gjennom flere intervjuer Helene Gallies gjorde rundt omkring på hageparseller i Skandinavia, viser det seg at flere imidlertid har respekt for disse hagene, selv om de ligger tett opp mot urbane omgivelser (K. Ullaland, 2015). Mange i Norge ønsker å leve som de såkalte asfaltbøndene eller de urbane småbøndene i London, Berlin og San Francisco året rundt,

hvor det dyrkes på små jordflekker i bakgårder, på rivningstomter og i offentlige rom. Mange aktører kjemper for å få dette til å ikke bli en trend som oppstår og forsvinner med tiden, men at det skal vare og bestå som et evig alternativ til rural dyrking. Det som er felles mellom koloni- og parsellhager er at de fremhever samme utsagn, at gleden ved å spise vekster man har dyrket helt selv, er en stor drivkraft. Dernest kommer det sosiale aspektet og deling av kunnskap i sentrum. Man har noe felles å prate om, uansett hvilken etnisk, sosial eller økonomisk gruppe man tilhører. Dette foregår også på sosiale medier. Man kommer i kontakt med de som har samme interesse, hvor man kan drive en kunnskapsbank. Slike ting bidrar til å gjøre det normalt og trendy å drive med urban dyrking (K. B. Gilje, 2016).

Erez Galonska (bilde 3.12) er medstifter og administrerende direktør av Infarm (etablert 2013), et Berlin-basert firma som en dag håper på å dyrke mat på restauranter, supermarkeder, hoteller, kontorer og til og med i egne hjem. Galonska er lei av at størsteparten av maten fra butikken kommer langveisfra, og som han påpeker forbruker store mengder ressurser før den når forbrukeren. Han konkluderer med at dette ikke er bærekraftig, hvis vi skal håndtere den raskt stigende befolkningsveksten. Med dette vil Infarm få i gang en selvforsyning for urbane strøk, gjøre dem fleksible og sunnere. De mener at dette er den eneste måten å løse ineffektiviteten i dagens konsumeringsamfunn. I sin egen fabrikk bruker de hydroponikk (se 2.2 Begrepsliste) for å dyrke salat, matsopper og urter. Berlin vil med deres firma bli verdens første storby som går over til en slik skala av urban dyrking (Ink, 2017).

The Green Bronx Machine i New York er et kreativt og innovativt påfunn av skolelæreren Stephen Ritz (bilde 3.13). Han bruker vertikale hager (tower gardens) i klasserom på barneskolenivå, som skaper svært positive utfall for Bronx school, som fra før slet med lav deltagelse av elever som skulket skolen med høye drop outs. Mange av barna kom fra familier som var hjemløse og som misbrukte stoffer. Ritz brukte nyhets- og barnekanaler til å fortelle verden at barn er fremtiden og er verdt å investere på, pluss at de trenger sunn mat til å fungere på skolebenken, sitt eget liv og videre karriere. I skoletimen lærer Ritz bort kunnskap om dyrking, og inkluderer alle elevene sine. På denne måten fikk barnas familier en måte å kommunisere med andre familier på. Ritz lagde selskap med tema, *salat på krukke*, hvor barna kunne komme med sin favorittrett laget av mat fra klasserommet. Ritz sine vertikale hager bidro til mer sosial omgang og kommunikasjon på tvers av familier, ved å gjøre sunn ernæring spennende og morsomt (Varkey Foundation - Global Teacher Prize, 5/7/2016).



Bilde 3.12 - Erez Galonska i Infarm. Foto: Jan Zappner



Bilde 3.13 - Stephen Ritz med sine tower gardens. Foto: stephenritz.com

En annen aktør er *Incredible Edible* i Todmorden i England, med Pam Warhurst som leder. De ville for omtrent 8 år siden starte en revolusjon og dra urban dyrking litt lenger, hvor alle ubrukte byområder blir brukt til dyrking. De gikk bare i gang, uten å spørre kommunen. Små positive endringer kan gjøre mye for et menneske, ifølge Warhurst. Det å bry seg om hverandre og klimaet betyr mye for folk flest. De benyttet seg av et ubrukt hjørne av en bilpark, og lagde grønnsaksbed for alle til å ta en del av, helt gratis. De satte opp frukttrær, busker, urter og grønnsaker utenfor sykehus, politi-, brann- og togstasjon (se bilde 3.14). Senere har det bare eksplodert til å gjelde hele byen. Å benytte ubrukte flater i byrommet har vist seg å være en suksess, og bidrar ikke bare til kortreist mat, men også til en sosial faktor, uansett hvilken etnisk eller sosial gruppe man tilhører. Hele byen er med på det, og til og med utenlandske turister må dra dit for å se engasjementet. Warhurst ville gi dem noe mer og lagde, uten å si ifra; *The Incredible Edible green route*, en sti som tar deg med rundt i byen, via småbutikker, kaféer og markeder. Plantene blir dyrket som følge av frivillige i byen, hvor det samtidig oppstår en læringsarena for skolesektoren, nærmere bestemt high school-studenter. De designer bygg til plantebruk og vannkultur som hydroponikk. Det har gått så langt at de dyrker fisk, grønnsaker og frukthager. Barna og ungdommen er lederne på urban dyrking i byen, noe som gjør at byen går fremover på innovasjon, og tenker nytt. Næringslivet bet seg merke i byens lokale dyrkingsprosess, og byen fikk inntekter av å selge produkter med slagord som *Every egg matters*, som leverte egg til tilfeldige innbyggere, som gjorde at de som ikke fikk begynte å spørre dagligvarehandelen om disse eggene, som så gjorde at større eggprodusenter begynte å selge Todmorden-egg. Hele byens lokale økonomi reiste seg betydelig. Det gjelder å tenke nytt på tvers av byråkrati (P. Warhurst, 2012).



Bilde 3.14 - Plantebed utenfor politistasjonen. Foto: locality.org.uk

3.3 Stadionbygg og supporterkultur

A. Hjelseth (2006) ved UiB mener at fascinasjonen for fotballen ligger utenfor spillet selv. Gjennom engasjement, historisitet, geografisk tilhørighet og solidaritet skaper man en arena som inkluderer alle. Det rituelle skal være et viktig aspekt i fotball. Det styrker fellesskapet om kampen, laget eller arenaen. På denne måten kan man betrakte fotballen som en religion (Hjelseth, 2006). Ritualet som går igjen er å ikke se seg et betydningsfullt antrekk for anledningen, stikke innom den lokale puben før og etter kampen, eller at arrangementet på og utenfor stadion er gjenkjennbart. Dermed kan man skape interaksjon med andre fremmede. Når man får noe felles å prate om, blir fremmedfrykten og beskjedenheten hvasket ut (A. Hjelseth, 2006). Fotballen kan altså representere, og sette i scene de dype følelsene av å høre til et sted, å være en del av noe, som forfatteren Kjartan Fløgstad har sagt det. Klubbens eget fotballstadion blir deres egen «kirke», og er det viktigste innen stedsidentitet (E. Aase, 2005). Stadion er supporterernes hellige sted, der klubbemblemet er funksjonen, dermed kan en fotballstadion brukes til å fremme andre aspekter og aktiviteter, som kan gagne flere.

A. Hjelseth (2006) mener at fotballen kan være en samfunnsarena hvor politiske bevegelser kan møtes, gjennom eksisterende eller konstruerte motsetninger symbolisert på fotballbanen. Fotballen var før en arbeiderklasseidrett, som viste frem den fremvoksende ungdomskulturen med sine innovative egenskaper, som forsvant hen på 60-tallet, med fremveksten av supporterkulturen. Den ble så utfordret av kommersialismen og pengebruken i fotballen etter 1990. Dermed føler enkelte supportere at fotballens nye publikum som kjøpesterke grupper, kan ekskludere andre supportere og utgjøre en trussel mot atmosfæren som de helhjerta supporterne skaper, hvor deres måte til å uttrykke seg som supporter er en annen. Flere mener at fotballens trekning mot familier er negative virkninger for tribunekulturen, mens andre er stikk motsatte, og vil inkludere alle. Dermed er det opp til hver enkel klubb å engasjere sine supportergrupper.

Dartwood Football Club i Kent, England er en klubb med en mengde miljømessige kjennetegn. På deres nye stadion (se bilde 3.15); Princes Park fra 2006 bruker de bærekraftige materialer, ekstra isolasjon, solpaneler som ordner varmtvann, og de samler opp overvann, som går til to kunstige innsjøer som er to meter dype, på til sammen 1300 m². De bruker limtre som bærer de grønne takene på klubbhuset og på tribunen. Med dette går stadion inn i parkomgivelsene, men er samtidig særegen i landskapet. De bruker lite energi på belysning, og har undergulvsvarme for å få mer effekt av romoppvarmingen. Omtrent alle bygg er delvis gravd inn i bakken for å minske gravearbeid på landskapet. På kampdag tar alle supportere buss inn til stadion, slik at ingen trenger å bekymre seg for hvor man skal finne parkering (Sustainability in sports, 2017).



Bilde 3.15 - Dartwood Football Clubs grønne stadion, Princes Park bygd i 2006. Bilde: Sustainabilityinsports.com

I Guadalajara i Mexico har de tøyd strikken lenger, da de sommeren 2010 ferdigstilte den vulkanformede Estadio Omnilife til fotballklubben Chivas de Guadalejara (se bilde 3.16). Over arenaen som har en kapasitet på drøyt 50.000 tilskuere, er taket som skal forestille skyer svevende over vulkanen. De franske arkitektene Mazaud og Pouzet prosjekterte en stadion for overvannshåndtering, og fører vannet gjennom våtmarker til vanning av banen. All belysning er energieffektivt og garasjen med kapasitet på 8500 har naturlig ventilasjon (C. Scott, 2011).



Bilde 3.16 - Estadio Omnilife. Foto: Trafico ZMG



Figur 3.1 - Snitt av Estadio Omnilife. Figur: Massaud

3.4 Grønne flater, vertikale drivhus og andre konstruksjoner

En annen ting er vertikale bygningsflater. Det kan være noe så enkelt som blomsterkasser på rekke, eller festet i et stativ eller reol. Her er det mye å spore hos private. Såkalte grønne vegger krever god bygningsteknisk forståelse, og her kommer bygningingeniøren inn i bildet.

Rundt årtusenskiftet begynte aktører i Frankrike og England å bygge grønne vegger. Den amerikanske professoren Stanley Hart White (1891-1979) for landskapsarkitektur ved University of Illinois var den første som tok patent på grønne vegger i 1938, med sin idé om vegetasjon som en del av et byggverk (M. Hjerpaasen, 2014; S. White, 1938). Likevel er det den franske botanikeren Patrick Blanc som har fått hovedæren for å modernisere grønne flater på byggverk, og har inspirert flere med sine idéer fra begynnelsen av 1990-tallet. Han har laget flere spektakulære kreasjoner; blant annet Le Nouvel-skyskraperen i Kuala Lumpur i Malaysia fra 2015, Athenaeum hotel i London fra 2009 og Caixa forum i Madrid fra 2007 (P. Blanc, 2017). Paris har for øvrig vedtatt en lov fra oktober 2016 som tillater alle innbyggerne å plante urbane hager med blomster, grønnsaker og frukter overalt, vertikalt og horisontalt, for å legge til rette for mer grønne flater i byen. Målet er innen 2020 å anlegge 1 million m² levende vegger og grønne tak, hvorav 1/3 skal være jordbruksrelatert. Alt skal også være bærekraftig, ifølge (L. Cooke, 2016).



Bilde 3.17 - Le Nouvel, Kuala Lumpur, med Patrick Blanc. Foto: Verticalgardenpatrickblanc.com



Bilde 3.18 - Athenaeum hotel, London. Foto: Knut Feilberg



Bilde 3.19 - Caixa forum, Madrid. Foto: Verticalgardenpatrickblanc.com

Den som har fått størst oppslutning av hans tilhengere er den svenske landskapsarkitekten Michael Hellgren. Siden tidlig 2000-tall har han prosjektert grønne vegger, og driver firmaet Vertical Garden Design (M. Hellgren, 2016). Han har hele verden som arbeidsplass, og har prosjektert vegger på hoteller, restauranter, kontorer og fasader bl.a. i Beijing, Barcelona, Dubai, Abu Dhabi, Johannesburg, Natura Towers i Lisboa fra 2009 (bilde 3.20), bl.a. 15 meter høye vegger på Kungsträdgården



Bilde 3.20 - Natura Towers, Lisboa. Foto: Michael Hellgren

hotell i Stockholm (bilde 3.21), og en på Oslo lufthavn, installert i 2012 i samarbeid med arkitektkontoret Snøhetta (bilde 3.22) samt på et annet hotell samme by. Deres filosofi for å få til en god vegg er faktorer som lag, tekstur, kontrast, farge og blomstring, samt det å velge riktige planter som virker naturlige for sine omgivelser, er svært viktig for å få langvarig vegg. (M. Hellgren, 2016) mener at selv i de tetteste urbane strøk kan man skape en følelse av å være i naturen.



Bilde 3.21 - Kungsträdgården. Foto: Fredrik Persson/TT

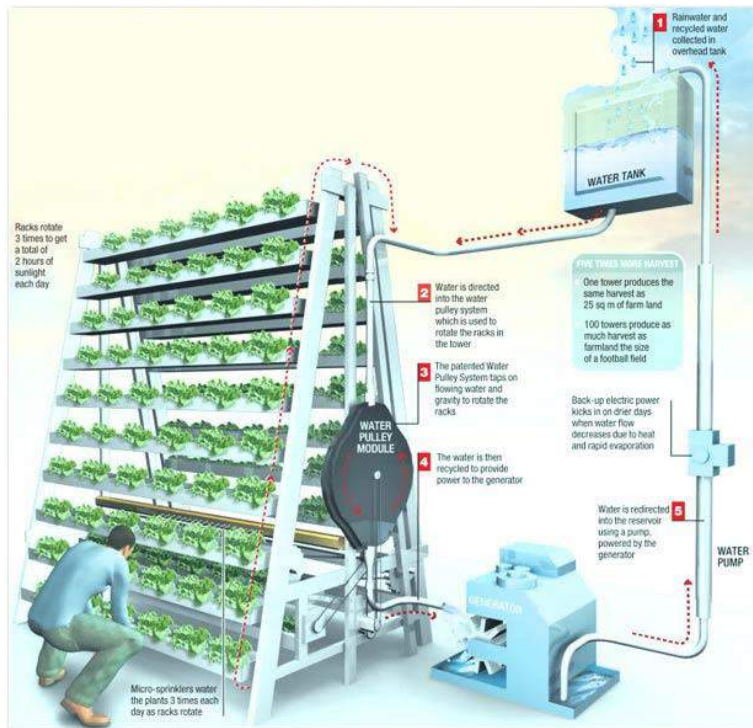
Flere aktører har kommet på banen med andre nye idéer til matdyrking i urbane strøk. Sky greens i Singapore (bilde 3.23) er en av verdens første vertikale hager som er hydraulisk drevet, ved hjelp av enorme plantetårn som inneholder mengder med plantebokser. Ved å bruke minimalt av areal, vann og energiresurser, har de klart å lage tonnevis med smakfulle grønnsaker og urter. Gjennom videre innovasjon vil de stå i spissen for forbedret jordbruk med minimal påvirkning på landskap, vann og energiresurser, hjelpe byer med matforsyning og utfordre vår alles oppfatning av hvordan vi kan oppnå lavutslipp av matproduksjon til vår urbane livsstil (Sky greens, 2014). Vann med næringsstoffer er det eneste plantene trenger (hydroponikk blir nevnt senere), og ett vannhjul i bunnen av hvert plantetårn trenger bare energi tilsvarende en pære for at hvert plantetårn skal klare å rotere planteboksene opp og rundt tårnene. Hensikten er at de skal passere sirkulerende vann på veien, og alle plantene får lik mengde med vann de trenger (figur 3.2). Systemet sikrer at vannet ikke skal bli sløst, og krever lite vedlikehold (CNNMoney, 2012).



Bilde 3.22 - Oslo lufthavn. Foto: Oliver Heinemann



Bilde 3.23 - Sky greens, Singapore. Foto: Skygreens.com

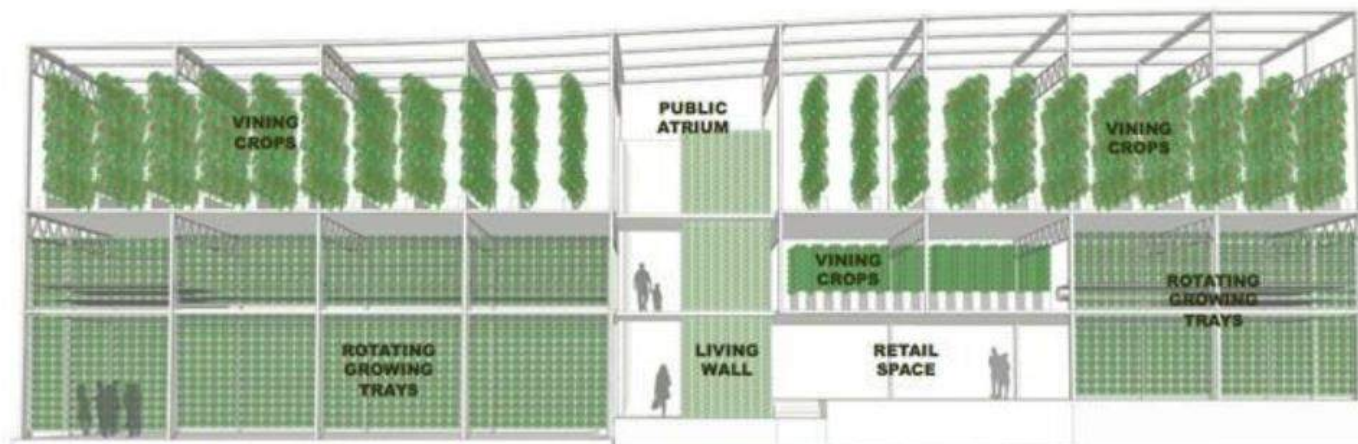


Figur 3.2 - Sky greens Singapores system. Figur: Skygreens



Bilde 3.24 - Vertical Harvest sitt vertikale drivhus i Jackson i Wyoming, USA. Foto: Vertical Harvest

Nyoppstartede Vertical Harvest i USA (bilde 3.24) har bygget et vertikalt drivhus på sørsiden utenpå et gammel kontorbygg i Jackson, Wyoming, som er eid i fellesskap med hele byen. De bruker ikke vekstjord, men hydroponikk, som vi skal se nærmere på. De har klart å skape engasjement og en kultur for lokal mat og arbeidsplasser. Planen er at byen skal bli selvforsynt, og ikke importere varer fra Mexico og California, men de selger unna mer mat enn de kan produsere til restauranter, matbutikker og sykehus. Plantene går på et transportbånd, noe som gjør at hver plante vil få lik mengde sollys, som sparer kunstig belysning. Hver plante vil også få lik mengde næringsstoffer. Plantene kan også gå vertikalt, og kan lett nåes av en arbeider som kan høste inn planten, hvor arbeiderne gjerne kan ha intellektuelle eller psykiske handikap (A. Peters, 2015).



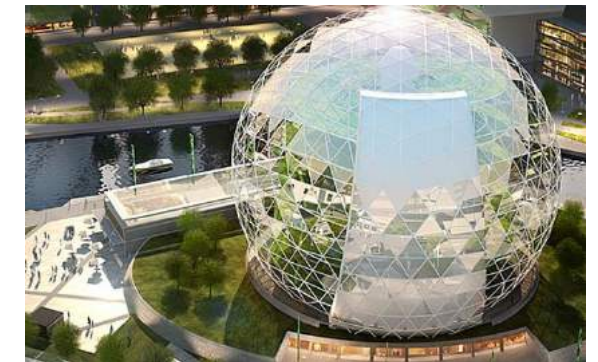
Figur 3.3 - Vertical Harvest sitt vertikale drivhus i Jackson i Wyoming, USA. Figur: Vertical Harvest

Agora Tower (fra 2016) i Taiwans hovedstad Taipei er også et eksempel på store vertikale hager, designet av Vincent Callebaut Architecture (bilde 3.25). Det er to tårn som er vridd rundt hverandre, for å forestille en DNA-struktur. De skal bestå av frukthager, en grønnsakshage, gi rom for aromatiske og medisinske planter, kompost og de skal samle opp regnvann. De skal ha 40 luksuriøse leiligheter hver på 540 m². Solstråler blir ledet gjennom en lystrakt for å varme opp kjelleren, og bygget får energi fra solceller (Vincent Callebaut Architectures, 2017).



Bilde 3.25 - Agora Tower. Figur: Vincent Callebaut architects

Plantagon er et amerikansk-svensk firma som har prosjektert flere drivhus på verdensbasis. En idé (som enda ikke er bygd) kalles en plantscraper og er like høy som en skyskraper. Bygget skal dyrke matplanter vertikalt, og skal få navnet International Centre of Excellence for Urban Agriculture (bilde 3.26), og skal bli et forskingssenter for ny teknologi med sikte på urban dyrking (M. Cotter, 2012). CEO-direktør Hans Hassle forteller at de skal dyrke grønnsaker i en spiral som går oppover hele bygget, med minimale vann-, energi- og gjødselmengder. De skal bruke hydroponikk (mer om dette senere) og torv som metoder for å dyrke planter, for å få god smak. Med bare hydroponikk, ville de ikke smakt like godt, ifølge Hassle. De mener som mange andre, at når 80 % av verdens befolkning vil leve i byer innen 2050, er det en vesentlig å snakke om innovative, kostnadseffektive og miljøvennlige måter å levere mat til byer på. Maten blir da levert rett til forbrukeren (Link TV, 2012).



Bilde 3.26 - Plantagons prosjekterte drivhus. Enda ikke bygd. Figur: Plantagon

Paignton Zoo i England (bilde 3.27) har også et vertikalt drivhus som bruker hydroponikk, det første i Europa, som sier de kan produsere mer enn 800 salathoder i uka, ved å bruke 20 % mindre vann enn ved vanlig dyrking, samt at det brukte vannet blir beholdt og resirkulert. Systemet bruker også svært lite strøm. Mye av den lokale maten gir de til dyrene sine. Plantene er festet lagvis oppover i et tårn. De øverste plantene får mest sol, mens de under får minst. Det fikses ved å rotere systemet, slik at forskjellige solvinkler når de nederste vekstene (C. Mortimer, 2010), noe som blir bekreftet av (The Telegraph, 2009).



Bilde 3.27 - De vertikale dyrkningstårnene i Paignton Zoo. Foto: Valcent Products Inc.

Mange ergrer seg over at balkonger er gråe og tomme størsteparten av året. Arkitektkontoret A-LAB med Cathrine Barth i spissen holder på med prosjektet Hengende hager med prototypen Balkong 2.0, som siden 2015 har forsket på innovative løsninger til balkonger som grønne oppholdsrom. Deres drøm er å revolusjonere synet på balkongbruk, hvor de mener at en balkong burde ha blitt møblert som en båt og begrodd som en hage (A-LAB, 2015). Gjennom forskningsmidler fra Designrevet Innovasjonsprogram (DIP) kan man med tre utfordringer endre bybalkongen;

infrastruktur, beplantning og møblering. De har intervjuet en mengde med bransjeaktører og balkongbrukere. Det ble sagt at det i Oslo hvert år skal bygges 30.000 m² med betongbalkonger som tilsvarer en mengde parkareal, og kan da få store miljøgevinster hvis man prosjekterer grønne balkonger. Med en grønn balkong vil man få økt bokvalitet, og det blir plutselig noe man har til felles med naboen (A-LAB, 2015).

Plantebokser (figur 3.4) vil som grønne vegger gi effektiv skyggelegging på varme sommerdager (M. Ottelé *et al.*, 2011). Et bygg i Taiwans hovedstad; Taipei Nangang High-tech District Office Tower, designet av arkitektkontoret Aedas i Beijing (G. König, 2017), bruker denne løsningen i stedet for grønne vegger. Planteboksene vil absorbere sol, vind og høye temperaturer i svalgangene, ifølge kilden.



Figur 3.4 - Planteboksene får vanntilførsel fra irrigasjonsledninger festet på bæresystemet. Figur: Aedas arkitektkontor



Figur 3.28 - Svalganger med plantebokser på utsiden. Bilde: Aedas arkitektkontor

3.5 Fordeler ved bruk av grønne flater

Grønne flater kan ha flere positive effekter for miljøet. Det er i løpet av flere år blitt forsket på hva grønne flater gjør for mennesker og miljø.

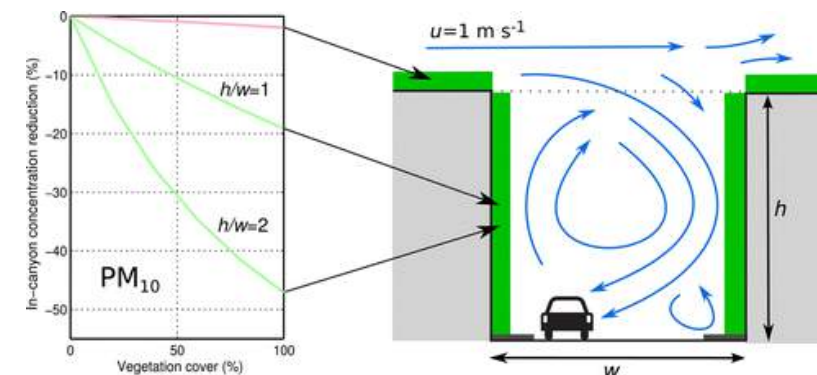
3.5.1 Biodiversitet

Økt biodiversitet, gjør at det biologiske mangfoldet blir større. De negative effektene av økt urbanisering, reduseres av de grønne veggene, ved å opprettholde en stor variasjon av plantevekster som igjen kan gi plass til bestøvere og virvelløse dyr (humler og insekter) i et eget habitat, selv midt i en storby. Det biologiske mangfoldet blir dermed også et yndet sted for hekkende fugler. Kort sagt, det blir mer liv med en grønn vegg (Greenroofs.org, 2017; M. Ottelé *et al.*, 2011).

3.5.2 Svevestøv

Astma og allergier har økt betydelig de siste 30-årene, og årsaken er en kombinasjon av ulike miljøbelastninger som er sykdomsutløsende (T. A. M. Pugh *et al.*, 2012). Kilden mener at bygninger kan gjøre mennesker syke. Det er nå kommet et nytt forskningsområde som ser på det komplekse samspillet mellom byggematerialer, planter og mikrobiologiske forhold (O. P. Galaasen, 2015). Det er gjort flere caseforsøk som bekrefter at grønne vegger reduserer luftforurensning, som fremmer allergier. En grønn vegg skal kunne skape et bedre inne- og utemiljø (T. A. M. Pugh *et al.*, 2012). Dette skjer ved nedkjøling av fasadeveggen på svært varme sommerdager gjennom fotosyntese. Ifølge sistnevnte kilde driver plantene fangst av partikler, svevestøv (PM), CO₂ og hele 40 % NO₂, noe A. Ekle (23/10/2014) og Storm Aqua (2017) refererer til. Videre viser T. A. M. Pugh *et al.* (2012) at grønne vegger i urbane strøk kan filtrere konsentrasjonen på svevestøv med hele 60 %, som lover godt for både inne- og uteklima (se figur 3.5). Arvid Ekle forteller av erfaring at man ofte må spyle en grønn vegg på grunn av dens sterke tiltrekningskraft (absorpsjon) på svevestøv, for at den ikke skal forbli grå og stygg (J. Seehusen, 2011).

Et annet prosjekt er gjort av NASA. For å ta vare på helsen til astronautene blir det brukt subtropiske (eviggrønne) planter på romstasjonen, for produksjon av ren luft (L. Meggs, 2010).



Figur 3.5 - Fremstilling av grønne veggers fangst av svevestøv. Figur: (T. A. M. Pugh, 2012)

3.5.3 Renseeffekt på luft

I Granåsveien 15 i Trondheim (bilde 3.29) har Arvid Ekles Biowall prosjektert en grønn vegg innendørs med ikke mindre enn 8600 subtropiske planter. 85 % av tilført vann fordampes fra bladene, og gir god renseeffekt, påstår A. Ekle (2016), som blir bekreftet av Greenroofs.org (2017). I Granåsveien regnet de seg frem til at hele 126 liter vann blir avgitt til omgivelsene per døgn (S. Blakstad, 2013). De påstår det gir god luftfuktighet, og de mener grønne vegger er spesielt godt egnet til et arktisk klima med tørr inneluft (O. P. Galaasen, 2015). Disse påstandene er ikke forsket mye på, men T. A. M. Pugh *et al.* (2012), har funnet at når plantene produserer oksygen fra fotosyntesen, tar de i tillegg opp volatile og helseskadelige, organiske kjemikalier (VOC) fra lufta, som bygningsmaterialer og elektriske utstyr slipper ut. Disse stoffene omdannes til næring for plantene. Dette blir det godt inne- og uteklima av, ifølge studien. Se figur 3.6 for bruksområde.



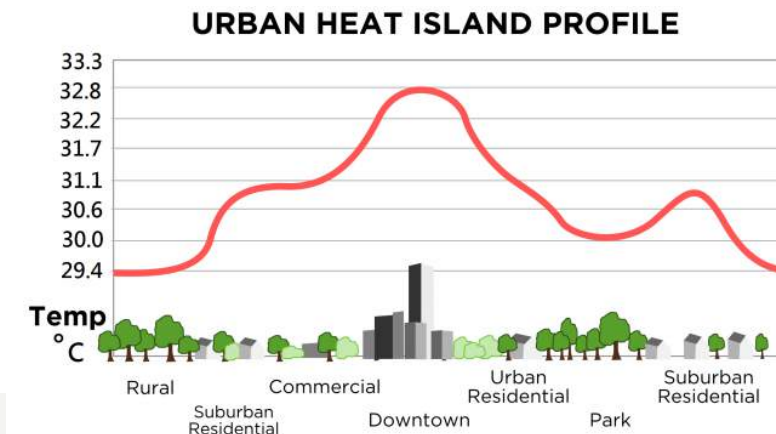
Bilde 3.29 - Arvid Ekles levende vegg i Granåsveien 15. Foto: Arvid Ekle

3.5.4 Reduksjon av varmeøy-effekt

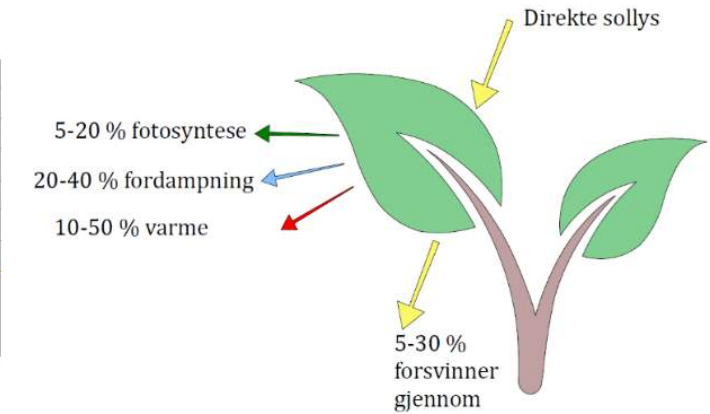
Grønne vegger gir reduksjon av varmeøy-effekten, eller Urban Heat Island-effekten (UHI), som handler om flaters forskjellige refleksjon av solstråler (M. Ottelé *et al.*, 2011; S. Sheweka *et al.*, 2011). Samme kilde sier denne effekten er størst i urbane områder fordi frigjøring/reflektering av varme fra solenergi har størst effekt på harde flater fra bygninger. Dette viser figur 3.7 tydelig. Dermed er grønne vegger godt egnet i områder med stor befolkning, i kontorbygg og blokkbebyggelse og langs hovedveier (S. Sheweka *et al.*, 2011). Den viser en økning av varme nær bykjerner, næringsarealer og forsteder, og en minking når man nærmer seg naturområder. Mengden solenergi som frigjøres i tette bykjerner er langt høyere enn vannfordampning fra vegetasjon (M. Ottelé *et al.*, 2011). Innføring av vegetasjon i urbane områder vil fremme forekomsten av naturlige kjøleprosesser, ved hjelp av planters absorpsjon av solstråling, fotosyntese og fordampning (M. Hjerpaasen, 2014). Uten CO₂ vil ikke plantene klare å produsere ren luft (og karbohydrater) gjennom fotosyntesen, så jo mer vegetasjon i urbane områder, jo mer kan man redusere karbonutslippet (M. Hjerpaasen, 2014). Det er også påvist at med riktig plassering av grønne vegger på fasader, kan plantene gi nok turbulens til å bryte vertikale luftstrømmer, og dette kan senke ned farten og kjøle ned vinden (Greenroofs.org, 2017). Man har gjort forsøk som viser at fasader som er beskyttet for solstråling med vegetasjon, vil få en redusert overflatetemperatur som er svært merkbar (M. Köhler, 2008). Målinger utført helt inn på grønne

Figur 3.6 - Fasadefilter på Taipei Nangang High-tech District Office Tower. Figur: Aedas arkitektkontor

fasaden viser en temperaturforskjell på hele 6 °C, mellom vegetasjonen og den nakne veggen (M. Ottelé *et al.*, 2011). I tillegg får man skyggeeffekten (Ekle, 2012). Se figur 3.8.



Figur 3.7 - Varmeøy-effekten. Figur: Geography.name



Figur 3.8 - Egenskapene til planter. Videreutviklet figur basert på Hjerpaasen (2014)

3.5.5 Psykisk effekt

Det er funnet at grønne vegger gir positiv psykisk effekt innendørs (M. Holmgren *et al.*, 2016). Studien sammenlignet vanlige rom med grønne rom. Forskjellen er svært merkbar. Man merker at de personer med grønn vegg har mindre sykefravær, og jobber mer effektivt, enn rommet uten, ifølge Greenroofs.org (2017) og Ingemann Kværnsnes, planteekspert hos Anlegg & Utemiljø AS i Trondheim, hvor Arvid Ekle er daglig leder (J. Seehusen, 2011). Det er gjort en visitt for å se den levende veggen hos Miljødirektoratet i Trondheim (bildesamling 3.30). Veggen er prosjektert av Arvid Ekles Biowall.

Levende vegger styrker også konsentrasjonsevnen, samt stimulerer kreativiteten og humøret (Greenroofs.org, 2017). Det nyåpnede Plantoteket i Oslo deler til og med ut planter til byens befolkning på «grønn resept» (S. Blakstad, 2015). Kunst i offentlige rom (KORO, 2015) mener at ved hjelp av miljøpsykologiske gevinster kan grønne vegger også fungere som kunst, hvor plantene lager et eget mønster bestående av forskjellige farger og størrelser. De mener at kunsten i seg selv kan appellere til sansene og få oss til å reflektere rundt miljøspørsmål, biologiske prosesser og teknologiutvikling. For å skape et kunstnerisk uttrykk og god signaleffekt i veggen, mener Arvid Ekle fra (O. P.



Bildesamling 3.30 - Levende vegg på Miljødirektoratet, Trondheim. Bilder: Knut Feilberg (2017).



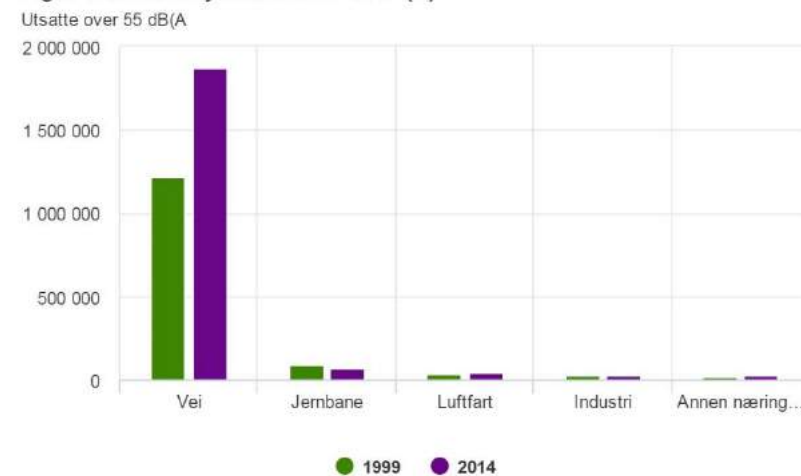
Galaasen, 2015) og (A. Ekle, 2012) at det er viktig at arkitektene forstår hvilke planter som trives godt sammen, og må da tilpasse plantefarger etter dette. Han sier at man aldri bør overstyres av en arkitekt, men heller bruke den tekniske kunnskapen man har, for at veggen skal vare. Det er tross alt byggherrene og byggeierne som er kundene (A. Ekle, 23/10/2014).

3.5.6 Støydempende

Vegger med vegetasjon kan virke støydempende (A. Ekle, 2016; Storm Aqua, 2017). Planter kan med sin overflate lett absorbere høyfrekvente lydbølger (Z. Azkorra *et al.*, 2014; Ronny Klæboe *et al.*, 2014; Storm Aqua, 2017). Førstnevnte kilde sier også at en grønn vegg med vekstjord kan blokkere lavfrekvente basslyder, hvis den er konstruert med et støttende dyrkingssubstrat. Det er nå populært for arkitekter og ingeniører å bruke grønne vegger til klangdemping i bygg, forteller landskapsarkitekt Arne Smedsvig (A. G. Digernes, 2016) og via mailkorrespondanser. Smedsvig har for øvrig stått for oppføring av den første offentlige grønne veggen på Danmarks plass i Bergen. Det kommer mer om denne veggen senere i teoridelen. Store lokaler som kjøpesentere, restauranter og offentlige bygg ønsker svært gjerne å sette opp slike vegger for å gi en klangdempende effekt, forteller Arvid Ekle, daglig leder i Biowall i Trondheim (A. Sandberg *et al.*, 2015). Figur 3.9 fra SSB viser at flest sliter med støy fra veitrafikk.

Grønne vegger kan også gi god akustikk (Z. Azkorra *et al.*, 2014). Biowall har med Statsbygg nylig prosjektert en grønn vegg på 80 m² i det nye teknologibygget til NTNU på Kalvskinnets i Trondheim (bilde 3.31), og hensikten er å forstå den grønne veggens egenskaper innen klangdemping og akustikk. De vil med forskningsorganisasjonen SINTEF foreta målinger til å gi veggen en lydabsorpsjonsfaktor. Målet var å få slike vegger ISO-sertifisert, noe arkitekter har etterspurt dokumentasjon om lenge, ifølge Ekle fra mailkorrespondanser og O. P. Galaasen (2015). Veggene har per februar 2017 blitt ISO-sertifisert, forteller Ekle.

Figur 1. Antall støutsatte over 55 dB(A)



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 3.9 - Støydata fra SSB, 02.12. 2016

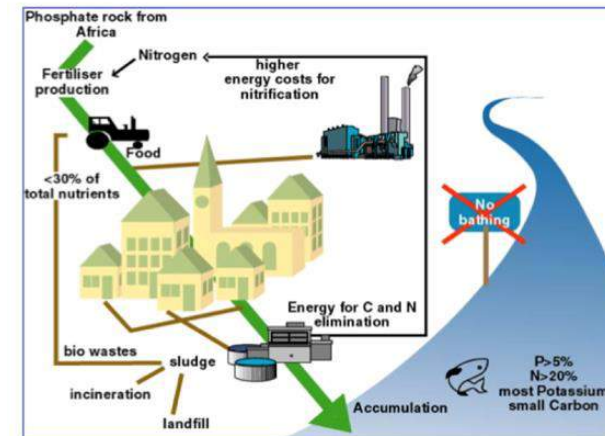


Bilde 3.31 - Grønn vegg på NTNU, Kalvskinnets. Foto: Arvid Ekle

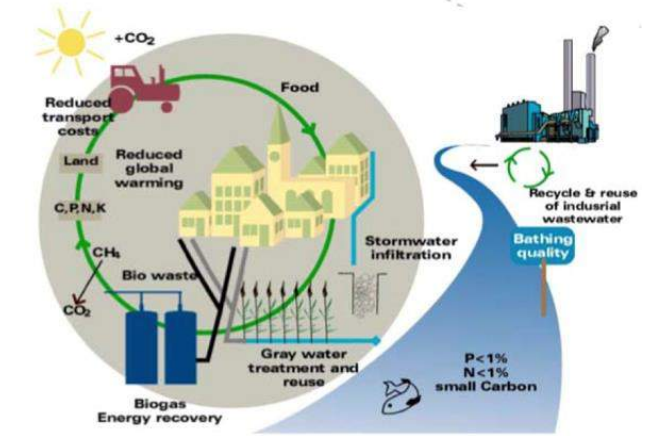
3.5.7 Gjenvinning av gråvann

I dagens verdenssamfunn er det økende knapphet på ferskvann og håndtering av regnvann (overvann), og hvordan dette på enkleste måte kan samles opp, omdirigeres, renses og resirkuleres (B. Braskerud, 2014). Det kommer mer ekstremvær pga. klimaendringer, og for Norges del handler det om mer nedbør som fører til mer overvann. Dagens avløpssystem i Norge består av over hundre år gamle rør, som har diverse lekkasjer (A. Heistad, 2017). Med dette kan man til stadighet oppleve at drikkevannet lekker ut av sprekker i rørene, går inn som grunnvann, og i enkelte situasjoner blander seg med avløpsvannet. I Oslo kommune har man opplevd gang etter gang at avløpsnettene ikke kan ta unna større nedbørsmengder. Vannrensaneanlegg har blitt oversvømt, elver renner over, og dette fører til at kloakk blir sluppet ut i Oslofjorden samt presses opp av toaletter. Dette utgjør en stor økonomisk belastning, ifølge Arve Heistad ved NMBU.

Førsteamanuensis Arve Heistad ved NMBU forsker på muligheten til å la private husstander koble seg fra det kommunale vannettet, og i stedet lage sitt eget drikkevann ved filtrering gjennom planter på grønne fasader og levende vegger. Han vil gå fra et sentralisert (end-of-pipe-system) som er kommunalt til et desentralisert (closed-loop-system), som er lokalt. Et pilotprosjekt med gråvannrensing i Malaysia har gitt suksess (A. Heistad, 2017).



Figur 3.10 - End of pipe-system. Figur: UNEP 2002. Slide fra (A. Heistad, 2017)



Figur 3.11 - Closed-loop-system. Figur: UNEP 2002. Slide fra (A. Heistad, 2017)

I tillegg er det en stor mulighet til å bruke denne tankegangen til å lage egen mat ved gjenvinning av gråvann gjennom filtrering av planter (V. Prodanovic *et al.*, 2017). Heistad forteller at små mengder urin i matplantenes vannforsyning (samt andre næringsstoffer) i gråvannet er viktig næring for dem og gir god dyrkeeffekt. Urin inneholder nitrogen som er svært viktig for plantevekst. Til sammenligning er overvann, altså oppsamlet regn, lite næringsrikt da det kan sammenlignes med destillert vann, med for lav pH. Denne metoden kan gi et system som er svært kostnadsbesparende med tanke på gjenvinning, frivillighet, samt inntekter fra matproduksjon. Miljøet trenger gjenvinning, og Heistad tenker seg en fremtid hvor de fleste husstander har sitt eget vannreservoar, med egenproduksjon av mat. Dette spiller en stor rolle for å møte klimautfordringene og overbefolkning. NIBIO opplyser om at for at du skal få god matdyrking, kan

urin kan blandes med vann i forholdet 1:10, samt et par skjeer aske. Urin virker forsurende på jorda, mens aske virker motsatt (NIBIO, 2016).

L. E. Svete (2012) utførte i 2012 en masteroppgave ved NMBU om planters evne til å gjenvinne gråvann. Svete utførte tester på en plantevegg som rensesystem. Etter et par måneder ble resultatet at vegger med vegetasjon lettere rensset gråvannet bedre enn vegger uten. Imidlertid var konklusjonen at vannet oppholdte seg og ble fordrøyd lengre i planteveggsystemet enn i andre vegger, og ikke fordi plantene hadde en rensende effekt i seg selv.

På bilde 3.32 ses forsøket Fasil Eregno med Arve Heistad og Melesse Moges har utført ved bruk av plantebokser på vegg (F. Eregno *et al.*, 2017). De har testet forskjellige verdier av næringsstoffer i vann, som er basert på hydroponikk, altså uten bruk av vekstjord. Vannet vil i stedet tilføre plantene næring. Næringsverdiene er størst fra planteboksen til venstre, og minker mot høyre. Det er lett å se at plantene til venstre, som fikk tilført flest næringsstoffer, har blomstret mer, enn de i midten og til høyre. Dette forsøket bekrefter langt på vei teorien om at planter kan filtrere og gjenvinne gråvann, samtidig som de får den næringen den trenger for å leve.



Bilde 3.32 – Heistad og Eregnos grønne hydroponiske salatproduksjon med plantebokser på NMBU. Foto: Fasil Eregno (F. Eregno *et al.*, 2017)

Greenroofs.org (2017) legger også frem muligheten av å bruke grønne vegger som et rensesystem. Et system pumper gråvann gjennom en grønn vegg, hvor det passerer enten gjennom filtre, grus eller marine planter (figur 3.12 fra Heistad forklarer dette godt). Ifølge F. A. Memon *et al.* (2007) vil det behandlede vannet da sendes til en gråvannstank i et hushold, eller slippe gjennom det kommunale vannettet, som omtalte Arve Heistad forsker på. Noen av disse systemene vil også fange overvann, som blir filtrert for bruk i husstander eller i et irrigasjonssystem. V. Prodanovic *et al.* (2017) sier at grønne vegger er store forbrukere av vann og at de derfor ikke bør brukes i tørre strøk. Hvis de skal gjenvinne gråvann vil det bli kostbart og mer utbredt. Kilden påpeker at det likevel må forskes mere på.

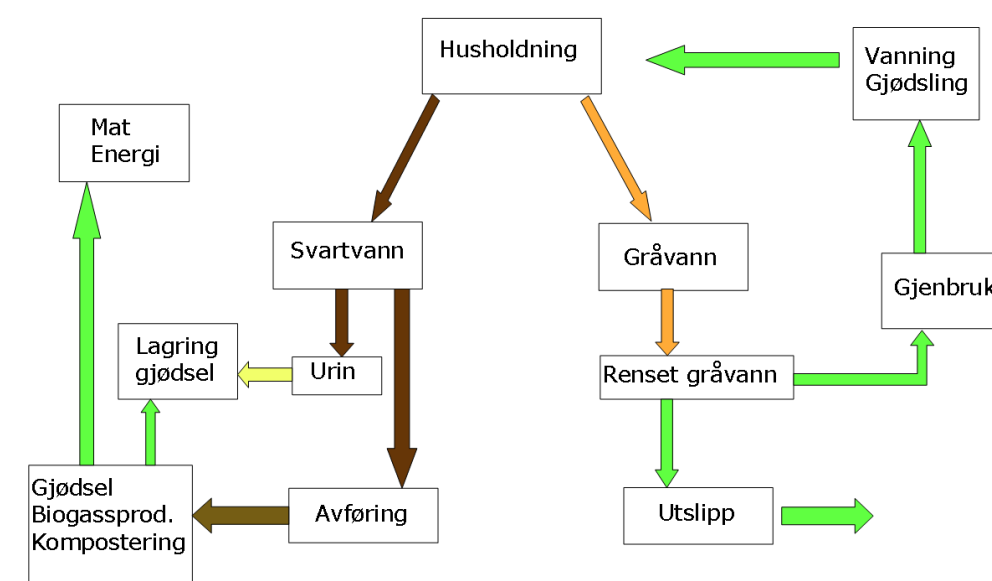
Enkelte kommuner i Norge som sliter med dårlig kapasitet på avløpsnett, har nå innført lokal overvannsdistribusjon (LOD), hvor man frakobler taknedløp fra avløpsnett. Lokale løsninger finnes i regnbed, infiltrasjonsgrøfter og dammer (J. O. Busklein *et al.*, 2012). I tillegg kan man benytte seg av metoder som gir en fordrøynings-effekt. Ovennevnte kilde sier at den mest vanlige er grønne tak, som med sedumtak kan redusere vannavrenningen med 20 %, mens torvtak kan redusere med hele 90 %. En leverandør av komplette systemer for overvannsdistribusjon, Storm Aqua (2017), sier at den andre metoden er å bruke grønne vegger, som kan infiltrere overvann, samt bidra til et bedre miljø lokalt. De mener at vegetasjon fra vertikale vegger også kan fordrøye nedbør og bli en del av overvannshåndteringen. Grønne vegger får mest overvann fra tak.

Det er mange prosjekter som bruker takvann til veggplanter. Athenaeum hotel i Westminster, London bruker takvann til vanning av den levende veggen. Vannet blir samlet i en systerne, en beholder, som så blir fordelt ut på veggen med tyngdekraft (K. Andrews, 2013).

3.5.8 UV-stråling, sur nedbør og varmekraft

Det er funnet at grønne vegger beskytter bygninger mot UV-stråling (T. Lock, 2013), og sur nedbør (Greenovergrey.com, 2009) slik at levetiden til bygget blir forlenget. I tillegg vil varmemestrømmen (fluksen) gjennom veggen fra ut- til innside (og omvendt) forhindres gjennom klimaskjermen som blir forbedret gjennom bruk av grønne vegger (M. Manso *et al.*, 2016). Samme kilde oppgir at rundt Middelhavsområdene vil levende vegger (planter i modulsystem) redusere en innkommende varmekraft mot 75 %, og den utgående fluksen mot 60 %. Dette er det samme som god isolasjon. Dette kan dempe bruken av luftkjøleanlegg, sier studiet.

Grønne vegger møter klimautfordringene som gir mer nedbør (Storm Aqua, 2017; T. Lock, 2013). Dette gjør det billigere driftsmessig over tid ved behandling av diverse bygningskader fra korrosjon og eventuelle brudd og oppsprekninger av belegg, maling, murpuss og betong (T. Lock, 2013; Greenovergrey.com, 2009; M. Ottelé *et al.*, 2011). I tillegg har mange grønne vegger et bakpanel som vedlikeholder stivheten, impregneringen og sikkerheten (T. Lock, 2013). Mellom klimaskjermen (veggen i seg selv) og den grønne veggen er det et luftsikt, som hjelper bygget med å «puste», altså for å unngå fuktskader (Greenovergrey.com, 2009). Dette er veldig likt med dampåpne pussbelegg, som holder fasaden tørr, samtidig som at den lar fukt slippe ut (R. Åserud, 2012; Greenovergrey.com, 2009).



Figur 3.12 – Videreutvikling av Arve Heistads Avløp i kretsløp som viser hvordan man kan gjenvinne svart- og gråvann (A. Heistad, 2017).

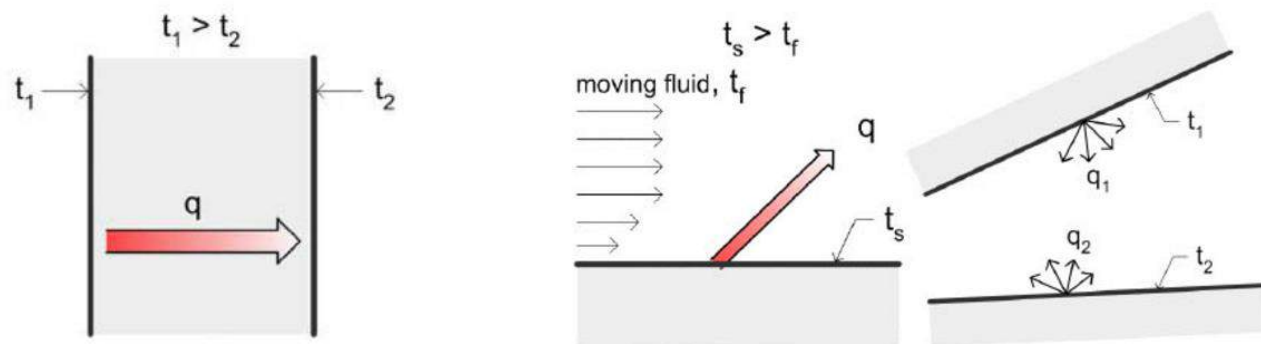
3.5.9 Forebygging av konduksjon, konveksjon og stråling

Å legge til rette for termisk komfort i bygninger uten bruk av større kostnader som oppvarming, er et svært viktig element. I dag kan man se betongbygg overalt. Man kan merke at spesielt disse veggflatene føles kalde. Dette kan forklares av konduksjon, konveksjon og varmestråling (J. Straube, 2011). Varmeoverføring skjer i alle dimensjoner, men er enklest å illustrere i en dimensjon.

Konduksjon er den viktigste varmeoverføreren (se figur 3.13). Det er varmeoverføring via faste stoffer, hvor molekylene er i direkte kontakt med hverandre. En varm gjenstand (en kokeplate) føles varm når den overfører sin energi til en annen med lavere temperatur (bar hud). En kald gjenstand (en is) føles kald når vi overfører energi til den. Varmetapet føles kaldt på huden (J. Straube, 2011).

Konveksjon er varmeoverføring via en strøm av molekyler i en gass eller væske, med en temperaturforskjell. Dette er en viktig varmeoverfører mellom væske/gass til et fast stoff (se figur 3.14).

Varmestråling er varmeoverføring via elektromagnetiske bølger gjennom en gass eller et vakuum. Det skal da være et åpent rom mellom overflatene. Denne varmeoverføringen er vanlig mellom faste stoffer, og spesielt mellom porøse stoffer som betong.



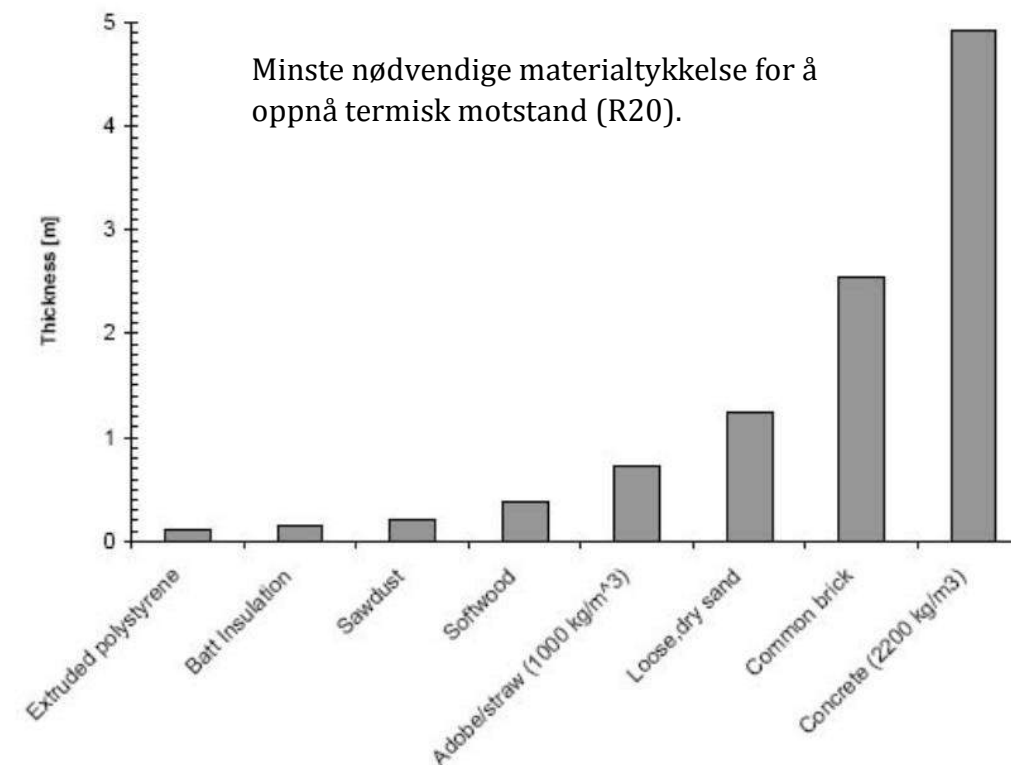
Figur 3.13 - Konduksjon av varme gjennom et fast stoff. Figur 3.14 - Konveksjon og varmestråling. Figur: John Straube
Figur: John Straube

Gjennom bygninger vil overføring av varme skje ved bruk av disse tre nevnte faktorene. Sola varmer opp en betongfasade, som absorberer energien. Denne energien vil via konduksjon overføres til hele fasaden og til hele bygget, hvis det består av bare et bygningsmateriale som betong. Via konveksjon vil varmeenergien i ytterveggen overføres til innsiden av bygget gjennom innelufta. Innelufta overfører energien til overflater innendørs via varmestråling (J. Straube, 2011).

Materialer med lav densitet (glassfibervatt, steinull og skumplast) er mest brukt i bygninger for isolasjon. Andre materialer som utgjør konstruksjonen i byggverk som betong og stål, har høy densitet og styrke, og er svært konduktive, som overfører varme svært godt gjennom seg selv (J. Straube, 2011). Skal man ha god isolasjon, må man derfor gå for tykke vegger. Med dette er store

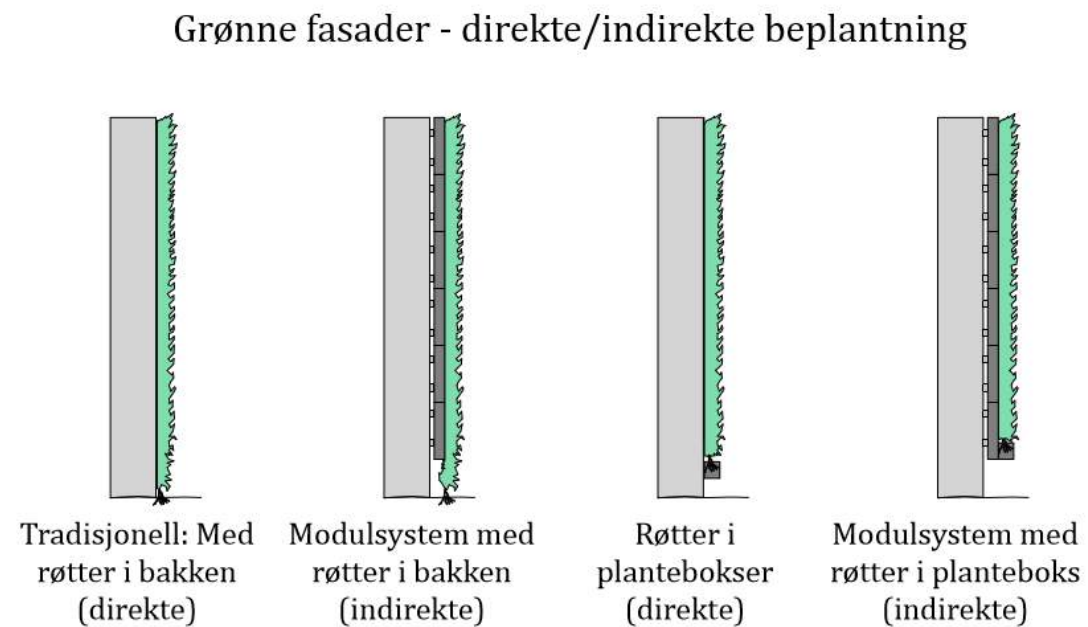
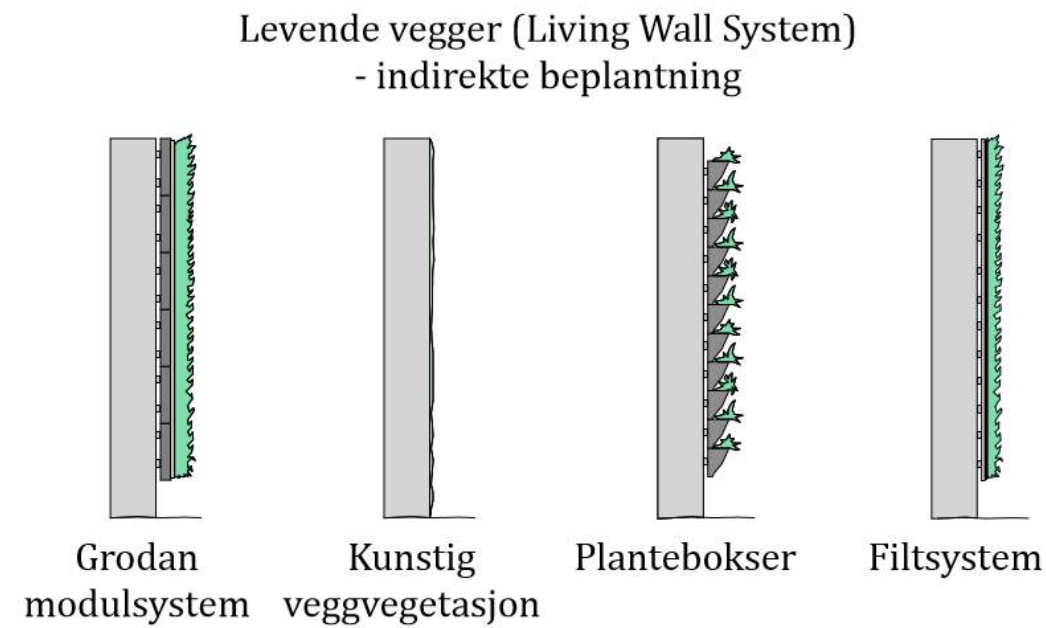
byggverk som fotballstadioner i betong svært utsatt for varmeoverføringer. Ifølge figur 3.15 ser man hvor tykke vegger man må ha av et materiale for at varmemotstanden skal kunne utgjøre 20 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) (R20). Jo større densitet materialet har, jo tykkere vegger må man ha. Betong kommer dårligst ut.

Den spanske studien F. Olivieri *et al.* (2016) har forsket på hvordan en grønn vegg vil virke isolerende. Resultatene deres sier at grønne vertikale flater virker som passive kjølesystem i varme strøk, også når fasaden bare er middels isolert, opp til en isolasjonstykkelse på 9 cm. Over dette vil planteisolasjonen bli for overflødig og ineffektivt. Det er tydeligvis ikke forsket på grønne veggers isolerende evne vinterstid, når det meste av vegetasjonen er borte. Likevel er det sannsynlig at en grønn vegg vinterstid ikke er særlig effektiv, noe vi får se tydelige bevis på senere i teoridel 3.8.



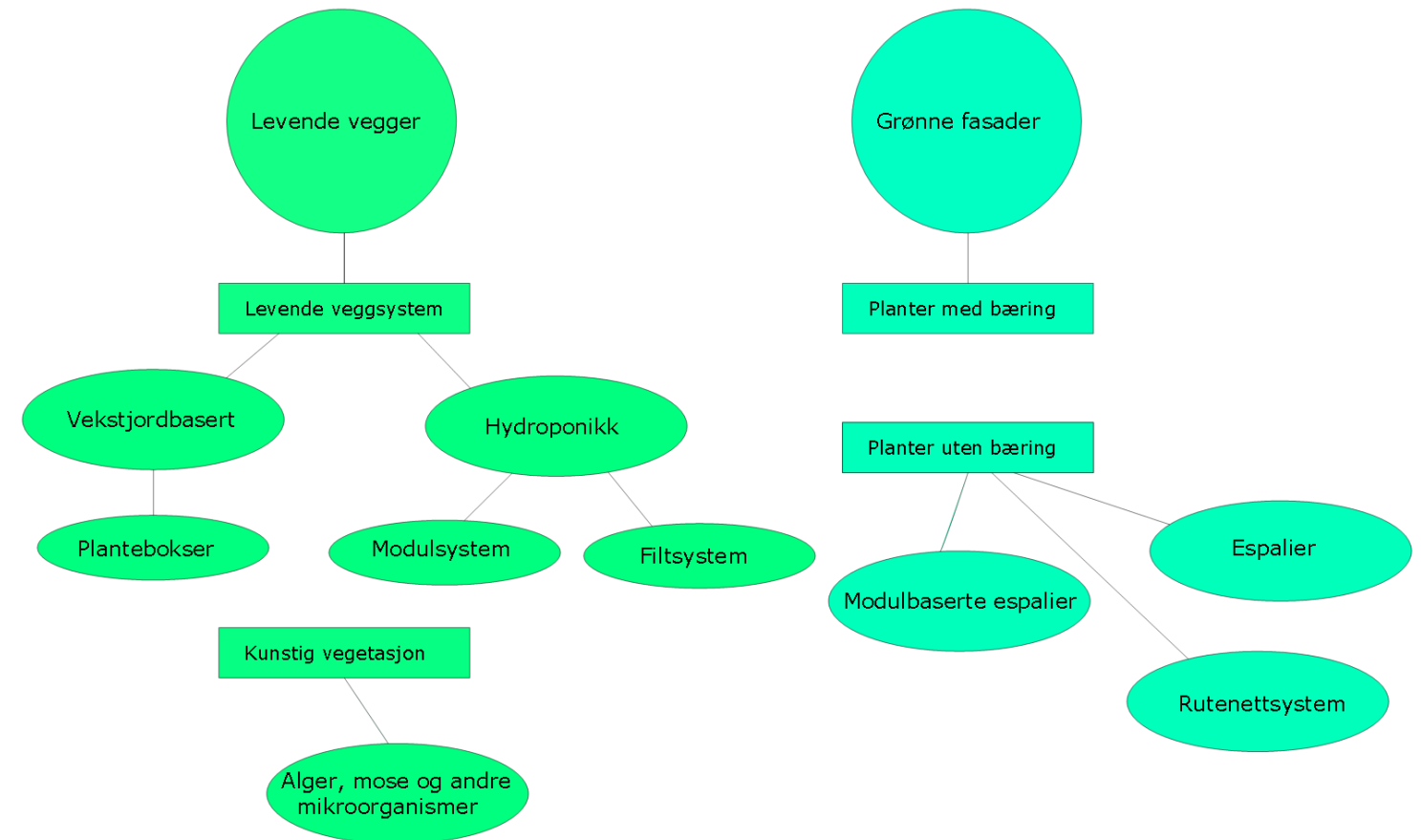
Figur 3.15 - Comparison of the thickness of various materials required to achieve R20. Kilde: (J. Straube, 2011)

3.6 Levende vegger og grønne fasader



Figur 3.16 - Levende vegger og grønne fasader, videreutviklet fra Hjerpaasen (2014)

Hovedforskjellen mellom levende vegger og grønne fasader (se figur 3.16 og 17) er at førstnevnte har et vertikalt rotsystem, festet i veggen eller i en struktur med et luftsjikt imellom (M. Ottelé *et al.*, 2011). Naturlig avrenning eller teknologiske vanningsystemer sørger for vann og næring til plantene, i motsetning til grønne fasader som får det fra bakken. Denne oppgaven fokuserer bare de veggene som har potensiale for oppgavens problemstilling.



Figur 3.17 - Levende vegger og grønne fasader. Videreutviklet figur basert på Hjerpaasen (2014)

3.6.1 Planter uten bæring – grønne fasader

Grønne fasader er den enkleste, billigste og eldste formen for vertikal beplantning (M. Köhler, 2008). Slike fasader tar lite plass, koster lite å sette opp, være habitat for ulike arter, og kan rense luft med påfølgende økologiske fordeler.

Ifølge M. Köhler (2008) har den tidligere interessen for grønne fasader avtatt med årene, da folk føler det blir for mye jobb med vedlikehold. Dermed er det vesentlig å velge riktig plantesort eller fasade. Det er flere begrensende faktorer med slike fasader; man må ha god nok plass til røttene på bakkenivå. Makshøyden på slike klatreplanter er maks 25 meter. Ofte tar det flere år før plantene effektivt dekker veggen (M. Ottelé *et al.*, 2011). Hvis man vil over 25 meter, kan man installere plantebokser i øvrige etasjer, og eventuelt kombinere dette med nedhengende planter, sier kilden.

Forskjellen fra tradisjonelt bruk til moderne løsninger er at man før brukte selvklatrende planter som festet seg til husveggen (bilde 3.33), mens man i dag installerer en bærekonstruksjon, for å holde veggen fri plantene. Det er vesentlig bedre, med hensyn til fremtidige fasadearbeid og vedlikehold (M. Hjerpaasen, 2014). Det er tre kategorier av grønne fasader; espalier, modulbaserte espalier og vaier- rutenettsystem.



Bilde 3.33 Tradisjonell, direkte plantevegg i Paris. Foto: (Cooke, 2016)

Espalier består av vaiere eller kabler, festet til en struktur, som Consorcio, et bygg i Santiago i Chile bruker (bilde 3.35). Klatreplantene skaper en plantevegg ved å klatre opp strukturen. Bærekonstruksjonen kan være frittstående eller festes til en fasade (M. Hjerpaasen, 2014).



Bilde 3.34 - En grønn vegg med espalier på Sihl City i Zürich, Sveits. Foto: dustygedge.co.uk



Bilde 3.35 - Consorcio - Santiago. Foto: Khrisztian (Flickr.com)

Modulbaserte espalier (bilde 3.36 og 37) er bygget opp av tredimensjonale moduler av sveiset stål. Den holder plantene unna fasaden, og plantene er i et «fanget» vekstmiljø. Slike moduler kan enten stables eller festes sammen i spenn mellom forskjellige strukturer (M. Hjerpaasen, 2014).



Bilde 3.36 - Frittstående modul. Foto: mcnichols.com



Bilde 3.37 - Modulvegg i Toronto, Canada. Foto: Tamara Urben-Imbeault

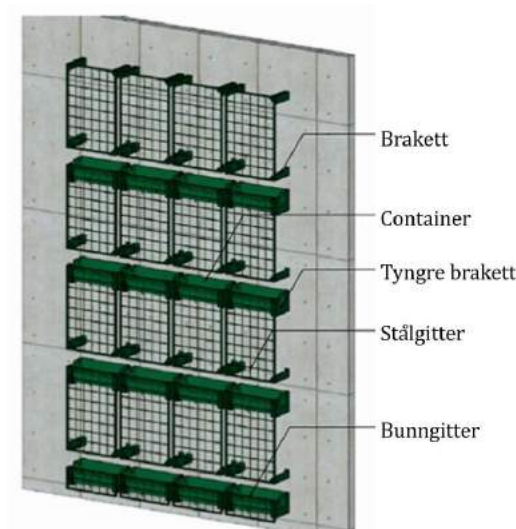
Vaier- og rutenettsystem består av vaiere med eller uten rutenett. Rasktvoksende klatreplanter kan nøye seg med bare sterke vaiere med god trekkstyrke, mens saktevoksende klatrevekster som trenger mer veggstøtte, kan bruke rutenett som har tettere mellomrom (M. Hjerpaasen, 2014). Her kan man lage flere forskjellige mønstre, enn ved bruk av vanlige espalier.



Bilde 3.38 - Ex Ducati i Rimini, Italia bruker et rutenettsystem. Foto: Archdaily.com



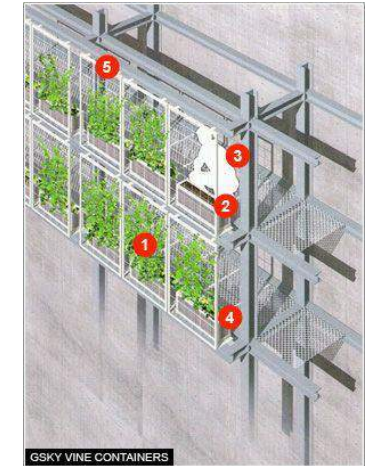
Bilde 3.39 - Klatreplanter med vaiere. Foto: ukjent



Figur 3.18 - Videreutviklet fra Gskys Basic Wall for indirekte grønne fasader.

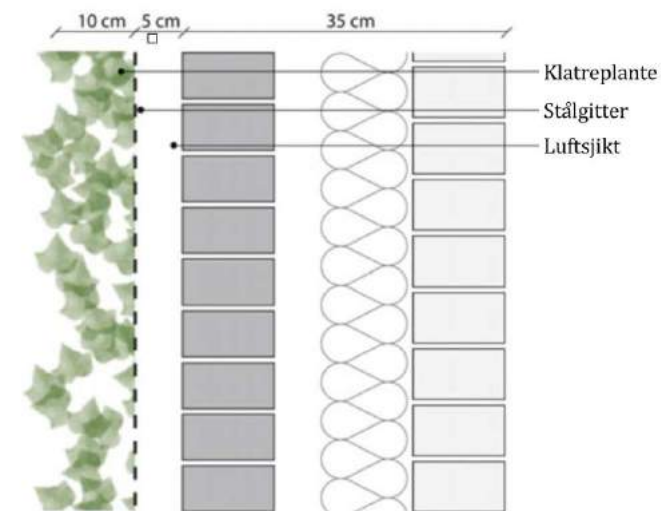


Bilde 3.40 - Garasjeanlegg med Gskys Basic Wall. Foto: Gsky



Figur 3.19 - Gskys plantecontainere

Amerikanske Gsky er en stor aktør innen grønne fasader og levende vegger. Deres Basic Wall, består av modulbaserte espalier med irrigasjon, som på dette garasjeanlegget (figur 3.18 og bilde 3.40). De leverer også løsninger med avsatser, som gjør det lettere å nå plantene (figur 3.19).



Figur 3.20 - Videreutviklet fra M. Ottelé et al. (2011). Detalj av indirekte beplantning, grønn fasade.

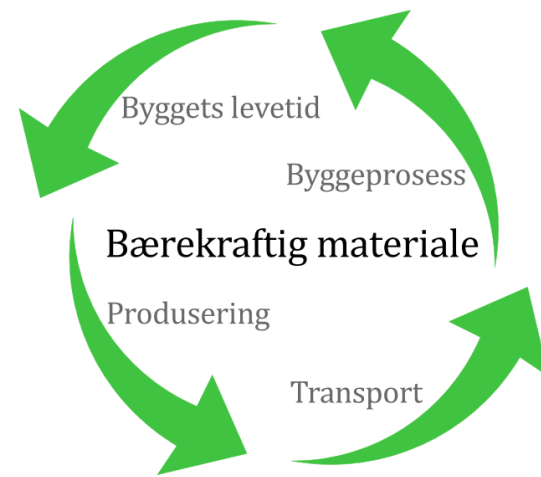


Som nevnt fra 3.4 har Paris nylig vedtatt en lov som sikrer en grønn by, der innbyggerne blir bedt om å anlegge grønne vegger, uansett bygg. I byen har Edouard Francois prosjektert og bygd et 50 meter høyt tårn; M6B2 Tower of Biodiversity med stålnetting som fungerer som klatreramme for plantene, som vokser i rør (se bilde 3.41). Denne løsningen krever svært lite vedlikehold, og er lettere å bruke på høyere bygg, og kan fungere sammen med GSkys løsning for plantecontainere (figur 3.19). Frø fra plantene skal føres med vinden rundt om i hele byen, for å skape plantevekst i urbane strøk (Gibson, 2016).

Bilde 3.41 - Tårnets eksteriør med stålnett. Foto: Pierre L'Excellent

3.6.2 Svalganger i limtre

Siden de fleste bygg er oppført i betong, er det bærekraftig å gå for tre som byggemateriale, og spesielt limtre, som gir den nødvendige styrken til eneboliger til fleretasjes bygg, haller, sportsarenaer og bruer (Moelven Limtre AS, 2015). Limtre er et element hvor tverrsnittet er bygd opp av minst fire lameller med forskjellige fiberretninger. Ved hjelp av lim har de fullt statisk samvirke. Hvis vi bruker trevirke som konstruksjonsmateriale gir det et svært minimalt CO₂-avtrykk; under produksjonen, under transporten, under byggeprosessen, og gjennom alle årene anlegget vil bestå, og er dermed et bærekraftig alternativ (Michael H. Ramage *et al.*, 2017). Figur 3.21 illustrerer dette. Limtre har et godt utseende, høy styrke i forhold til egenvekten, høy formstabilitet, like god brannmotstand som betong og bedre enn stål, og er varmeisolerende (Moelven Limtre AS, 2015).



Figur 3.21 - Tre som bærekraftig materiale i byggets levetid. Figur: Knut Feilberg

Svalganger (bilde 3.42) er tenkt brukt til bæring av grønne fasader i dette prosjektet. Bergene Holm (2017) har en egen oppskrift på hvordan man kan lage sin egen terrasse, som kommer godt med til prosjektering av svalganger i limtre. De bruker ikke limtre i seg selv, men hvordan de gjør det er viktigere. Dimensjoner for dragere, bjelker og søyler kan man finne i figur 3.22, med fastsatt spennvidde. De er i tillegg dimensjonert for en snølast på 4,5 kN/m², noe som vil øke ved bruk av limtre.



Bilde 3.42 - Svalgang fra byggetalj 526.301

| Bjelkedimensjon (mm) | Spennvidde (m) | | | |
|----------------------|----------------|---------|---------|---------|
| | c/c 400 | c/c 600 | c/c 750 | c/c 900 |
| 48 x 98 C24 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| 48 x 123 C24 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,6 |
| 48 x 148 C24 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 1,9 |
| 48 x 173 C24 | 3,2 | 2,7 | 2,5 | 2,2 |
| 48 x 198 C24 | 3,6 | 3,1 | 2,8 | 2,6 |
| 48 x 223 C24 | 4,1 | 3,5 | 3,2 | 2,9 |

Figur 3.22 - Bjelkedimensjoner for fastsatt spennvidde.

3.6.3 Levende veggssystem med plantebokser

Utviklet av Green Living Technologies International (GLTi) i New York, grunnlagt av George Irwin. Det er et veggssystem med plantebokser med vekstjord. Originalt satset de på grønne tak med helning, men de gikk over til å omfatte vertikale flater i 2014. Systemet bruker plantebokser av aluminium eller rustfritt stål, for å unngå ekspansjon og sammentrekning av planteboksene (G. Irwin, 2016). De kommer i forskjellige størrelser og dybder, med minimum toårsgaranti, som kan strekkes opp mot 15. (G. Irwin, 2008; G. Irwin, 2016)

Hver modul har et sett med bokser/celler, som er lett å sette opp uansett bruk, pluss at kundene kan bestemme sitt eget design for best fleksibilitet (G. Irwin, 2016). De fylles med et vekstmedium, og beplantes. Det er små hull i celleveggene som gjør det enklere for plantene å få godt rotfeste og volum, da de kan vokse fra en celle til den neste (G. Irwin, 2008). Bakveggen på modulen er vanntett, og beskytter den eksisterende veggen mot fukt, samt hindrer rotvekst. Ingen vannmengder som blir påført systemet blir sløst bort (G. Irwin, 2016). Hver modul er festet til en bærekonstruksjon, som er festet til bygningsfasaden. Hver modul er omtrent 10-15 cm tykke, og kan derfor gro planter med større røtter som grønnsaker og gress.

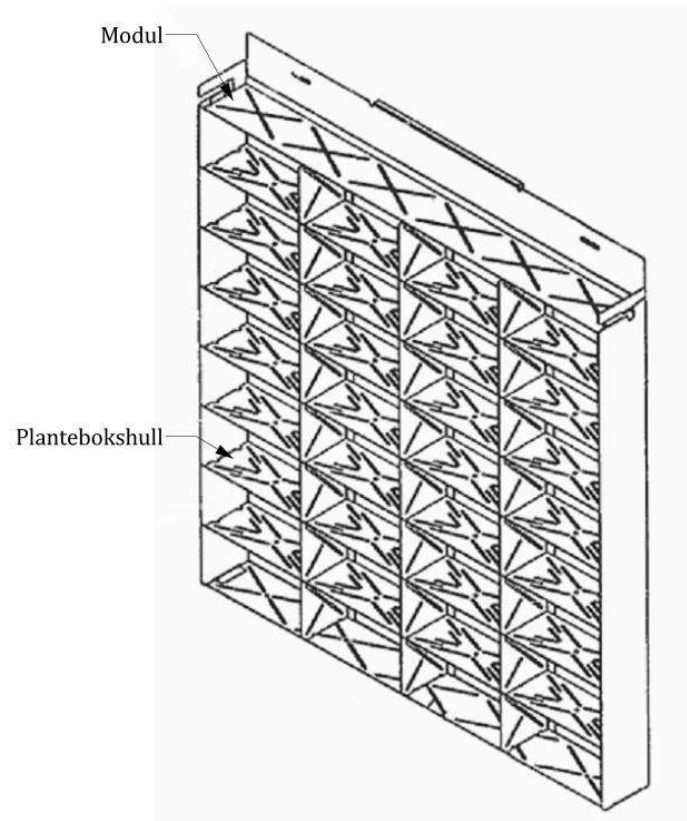
GLTi har sitt eget vekstmedium; *GLT™ bioSoil*. Dette mediumet er spesifikt beregnet for deres egen modul (GLTi, 2016). Blandingen inneholder ulike bakterier som er gunstige for planter.

Denne 221 m² store veggen ble installert i 2009 og befinner seg i Pittsburgh, USA (bilde 3.43-44). Ved hjelp av ekspertisen til GLTi, samt flere andre aktører og arkitekter, fikk Kari Katzander i *Mingo Design* virkeliggjort sin design (G. Irwin, 2008).

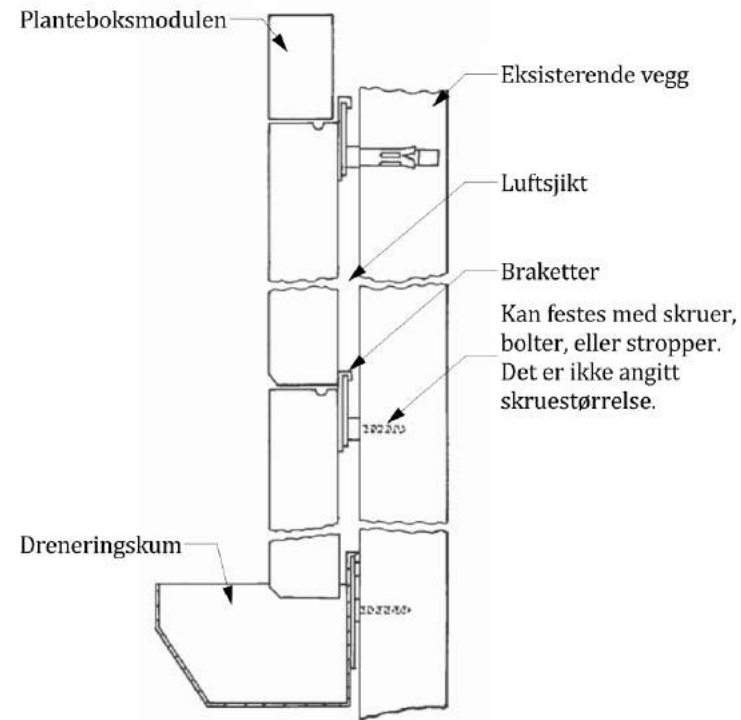
Veggen er basert på vekstjord, med 602 moduler, og er direkte forankret i en forsterket betongvegg på byggets sørvegg. Et interessant aspekt med veggen er at den tidligere granittfasaden måtte fjernes, fordi hele planteveggen på 21,7 tonn kunne bare bæres av betong (G. Irwin, 2008).



Bilde 3.43-44 -Veggen på sommer- og vinterstid. Foto: Greenroofs.com

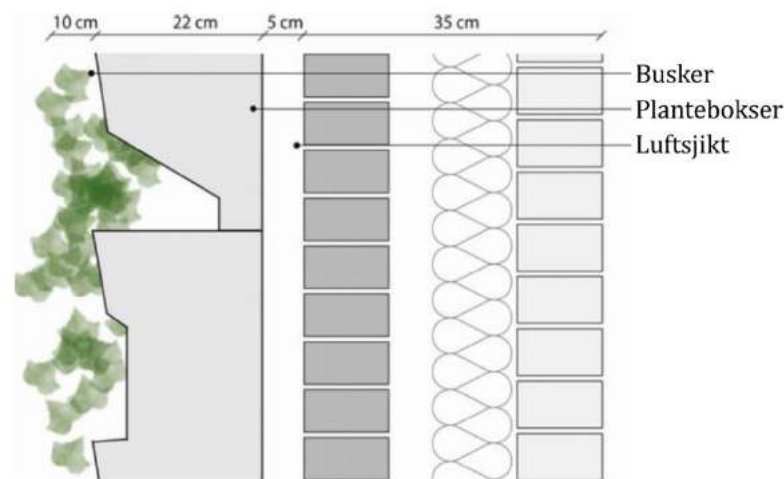


Figur 3.23 - Videreutviklet fra George Irwins patenterte modulsystem



Figur 3.24 - Videreutviklet fra George Irwins patenterte modulsystem

Veggens vanningsystem er enkelt. Sensorer overvåker plantene, og vet nøyaktig hvilke mengder hver enkelt plante trenger. Ifølge Irwin fungerer vegg enda som planlagt (GLTi, 2016). Figur 3.23-24 viser konstruksjonen.



Figur 3.25 - Videreutviklet detaljtegning av plantebokser fra M. Ottelé et al. (2011)



Bilde 3.45 - Et slags plantebokssystem. Foto: gspacedesign (Philadelphia, USA)

3.6.4 Hydroponikk og aeroponikk

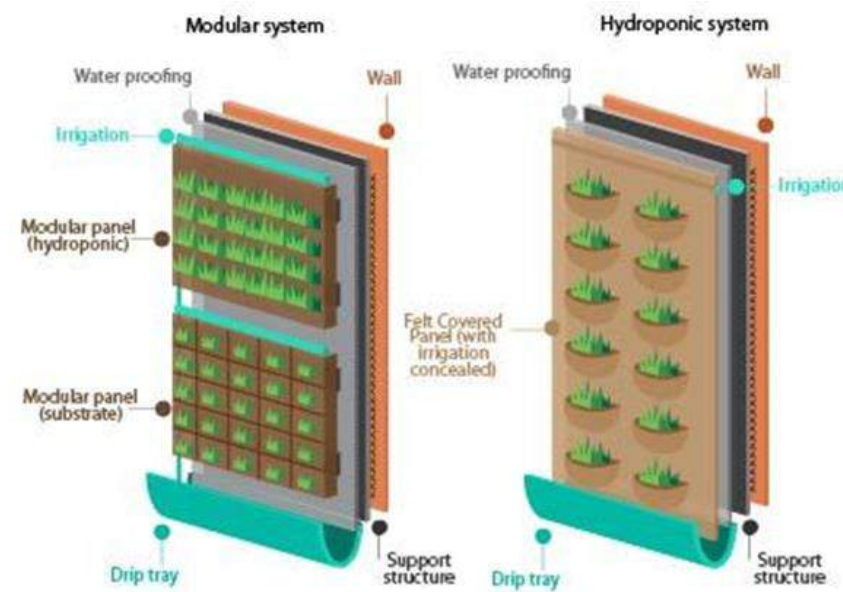
Det finnes flere teknikker å dyrke mat på, og Institutt for biovitenskap ved Universitet i Oslo forteller om mange, hvor hydroponikk er den mest vanlige. Det er en dyrkningsteknikk uten bruk av vekstjord, hvor planterøttene får næring fra en flytende næringsløsning. Teknikken går ut på at planter ikke krever vekstjord for å vokse, men bruker det kun som mekanisk rotstøtte (M. Hjerpaasen, 2014). Løsningen inneholder alle de nødvendige grunnstoffene plantene trenger for å vokse, når de i tillegg blir eksponert for karbondioksid og lys. Alt dette er viktig plantenes fotosyntese. Denne teknikken blir brukt i veksthusnæringen til dyrking av blant annet agurker, salat og tomater (UiO, 2015).

Man skiller mellom aktivt og passivt hydroponisk system. I et aktivt system benytter man seg av mekaniske pumper til å føre vann med næring til plantene. I et passivt system skal vannet med næring føres til plantene gjennom et stoff eller via et uorganisk medium. Et aktivt system er det mest vanlige (G. Irwin, 2013).

På grunn av tyngdekraften er det utfordrende å fordele vannet likt utover den grønne vegg (se figur 3.26). Veggssystemet vil bli tørrere på toppen enn i bunnen, hvor alt vannet har samlet seg, noe som fører til overvanning. Hvis man i stedet kan vanne i soner, kan man få bedre kontroll på vannvolumet og frekvensen planteveggen trenger. Veggens størrelse vil gi antall soner (G. Irwin, 2013). Systemet som passer veldig godt til sonevanning er Biotectures Mark Laurences veggssystem Grodan. Dette skal vi se nærmere på.

Vannet må komme fra et sted, og det er da man kan benytte seg av reservoarer av overvann eller gråvann. I et reservoar er vannet ferdig gjødslet, og blir gjenbrukt i et sirkuleringssystem (G. Irwin, 2013).

Næringsløsningen i hydroponikk må ha kontrollbar pH på 5-5,5 (A. Ekle, 2017), ledningsevne, riktig mengde med oksygentilførsel, og rett innhold av mikro- og makronæringsstoffer, for man skal kunne unngå mangelsymptomer på plantene (G. Irwin, 2013; UiO, 2015).



Figur 3.26 - Forskjellen mellom modulsystem og filtsystem ved bruk av hydroponisk system. Figur: farmhydroponics.com

Fordeler og ulemper med hydroponikk

| Fordeler | Ulemper |
|---|---|
| Utsettes ikke for jordbaserte sykdommer og skadedyr (G. Irwin, 2008). | Rotråte pga. anaerobe forhold pga. oksygenmangel -Økt skjøtselbehov (G. Irwin, 2008) |
| Bruker mindre vann(G. Irwin, 2008). | Filtvegg gir ikke god vannfordeling, da man pga. tyngdekraften får mer vann på bunnen enn i toppen. (G. Irwin, 2008) |
| Økt plantevekst(G. Irwin, 2008). | Høyere installasjonskostnader (M. Laurence, 2016) |
| Planteveggen veier mindre da vannet står for størstedelen av vekten. Vi kan nevne den tunge veggen i Pittsburgh, USA, som bruker vekstjord. Veggen måtte kun bæres av betong som konstruksjonsmateriale (bilde 3.43-44) (G. Irwin, 2008). | |
| Uansett hvor plantene er i veggen, vil alle få lik mengde vann, hvis vi følger rett system. Dette kan ses i kapittel 3.8.1 (Biotecture, 2017). | |
| Mindre driftskostnader etter ferdiginstallert vegg. Vannmengden styres av et automatisert vanningsystem (Biotecture, 2017). | |

Figur 3.27 - Fordeler og ulemper med hydroponikk. Figur: Knut Feilberg

Aeroponikk er en annen teknikk. Den kalles også tåkeponikk. I denne metoden befinner røttene seg i luft. De blir med jevne mellomrom sprayet med aerosol eller tåkedråper med riktig næringsløsning for planter. Flere teknikker gjør at planter kan dyrkes i glassmineralull, perlitt, leirkuler, kokosnøttfiber, osv. (UiO, 2015).

Flo-fjæreteknikk er metode som hever og senker røttene i vann med en næringsløsning, eller motsatt at næringsløsningen hever og senker seg. Løsningen blir pumpet fra tanker inn til et lukket dyrkningsbed til et bestemt nivå, og så pumpet tilbake igjen. Andre måter å fordele næring på er ved bruk av kapillarmatter som fordeler vann over større arealer, i renner eller hyller (UiO, 2015).

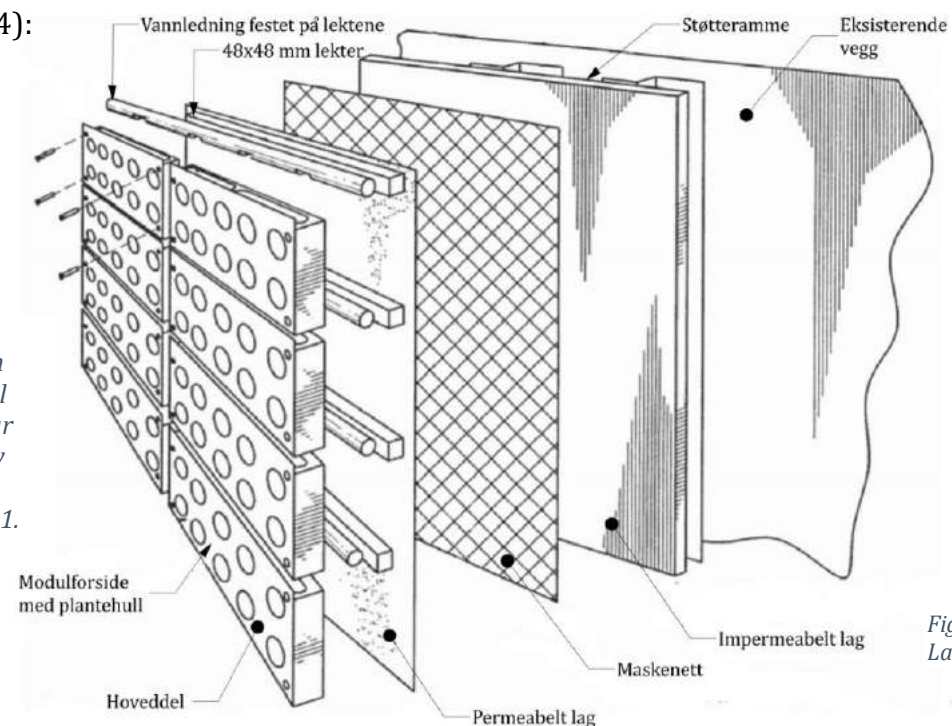


Bilde 3.46 - Vannreservoaret til George Irwin. Foto: George Irwin

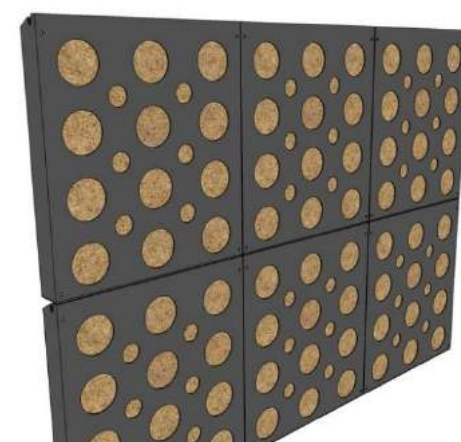
3.6.5 Grodan modulsystem

Grodan, utviklet av det tyske firmaet Grodan Group, og brukt av det britiske firmaet Biotecture (etablert 2007), er en form for steinull, er tykkere enn vanlig Glava, og er laget av behandlet basalt. Grodan er bevist å være et bra gromateriale verden over (M. F. Dowgert, 2016). Grodan består av hele 95 % luft, som kan holde på hele 80 % fuktighet (M. F. Dowgert, 2016). Den bruker svært lite vann og har lav vekt. Det vil oppstå et strukturelt forfall etter 20 år, og materialet må da byttes ut, ifølge Mark Laurence i Biotecture (fra korrespondanse). Stoffet i seg selv er ikke gjenvinnbart, og går til fjernvarme, ifølge Ekle. Dette systemet bruker hydroponikk. Senere har Laurence droppet ut av Biotecture og videreutviklet veggmodulens irrigasjonssystem med det nyetablerte firmaet Vertology Living Walls med Viridiwall™ system. Da fulgte Arvid Ekle i Biowall med, og fortsatte samarbeidet med Laurence. Sistnevnte og Sabin eier fremdeles patentet av Biotecture. Arvid Ekle forteller at en god grunn til å gå for Viridiwall er at vanningsystemet monteres i panelene, og ikke på en trelekt mellom panelene, da trelekter lett råtner over tid. Denne monteringen er også tidsbesparende. Da blir det mindre fuktbelastning, ifølge samtale med A. Ekle (februar, 2017). Grodanen har også fått mindre densitet, som gir mer avrenning, og derfor en lettere plantevegg.

I Biotecture bruker man hovedsakelig et modulsystem på 45 x 60 cm (selv om man kan endre modulstørrelsen til eget ønske), og det er plass til 75 planter per m². For å sikre at plantene vil få og forankring i vekstmediet og dermed trives og blomstre, blir de plantet i modulene før installasjonen, etter å ha vært 5 uker i drivhus (samtale med A. Ekle, 2017). I hvert hull puttes det inn Grodan, som skal overføre næringsstoffene til plantene hydroponisk (M. Hjerpaasen, 2014). Amerikanske Gsky og britiske Biotecture har nesten like plantemodulsystemer, hvor mange komponenter er felles. Videre beskrivelser er basert på M. Laurence (2011) og M. Hjerpaasen (2014):

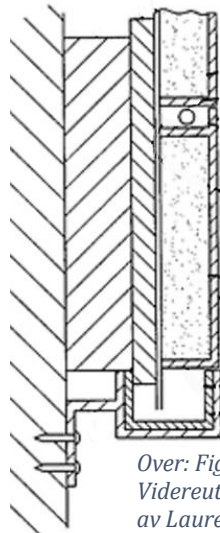
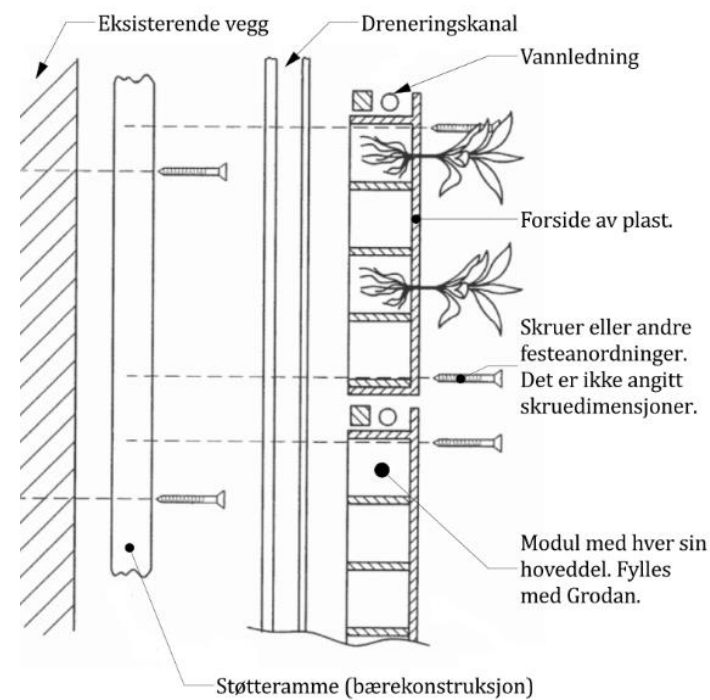


Figur 3.28 - Planteveggmodulen Vertology Viridiwall Hydroponic Modular System patentert av Mark Laurence og Richard Sabin i 2011.

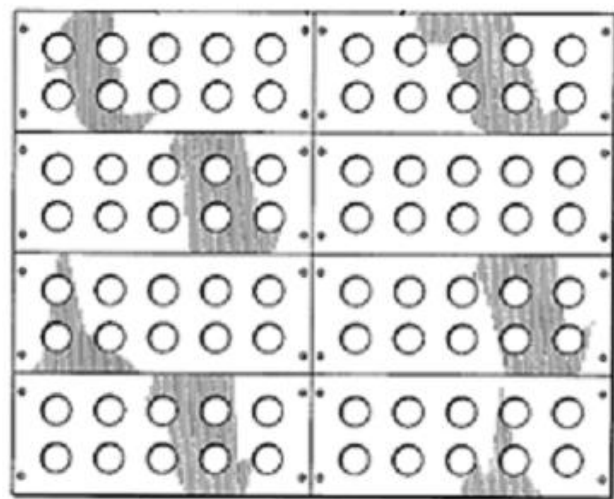


Figur 3.29 - Viridiwall modulsystem. Figur: Mark Laurence

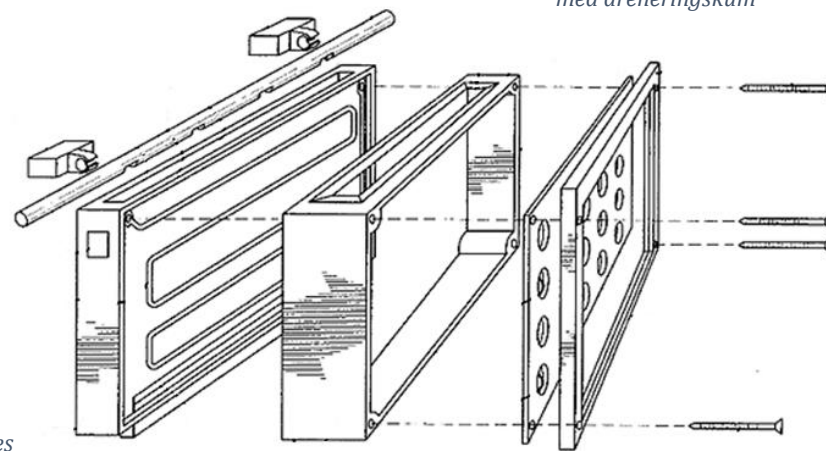
- For hver modul har man en hul hoveddel (sone). Denne fylles med vekstmediumet Grodan, hvis man følger Mark Laurence sin hydroponikk.
- Hver modul har en forside med plantehull, som kan dimensjoneres til plantenes størrelse (M. Laurence, 2011). Forsiden kan bestå av en polymer, plast eller en kompositt.
- Topplokket i hver hoveddel har to åpninger for å slippe inn vann og næring, grunnet den rektangulære formen.
- Hver underdel er lukket.
- Baksiden av hver hoveddel er åpen, for å slippe ut overflødig vann. Dette vannet vil da bli ført videre i en dreneringskanal i et sirkuleringssystem. Dreneringskanalen er sammensatt av et permeabelt lag og et maskenett. Bak dette er det et impermeabelt lag som hindrer vann og fukt i å nå støtterammen (eller stålskinnene) og den faktiske veggen.
- Støtterammen av kryssfinér er bindemiddelet planteveggen har til den faktiske veggen, og er derfra festet i braketter. Denne platen skal ikke bli fuktig da det impermeable laget er lagt over. Hvis man ikke bruker en støtteramme, kan man gå for direkte innfesting ved bruk av stålskinner. På denne måten påvirker man ikke vanningsystemet hvis det skal gjøres endringer i modulen. Da kan man lett løsne bare skruene i hvert hjørne på hver modul.



Over: Figur 3.30 og 3.31 - Videreutviklet detaljtegning av Laurences modulvegg med dreneringskum

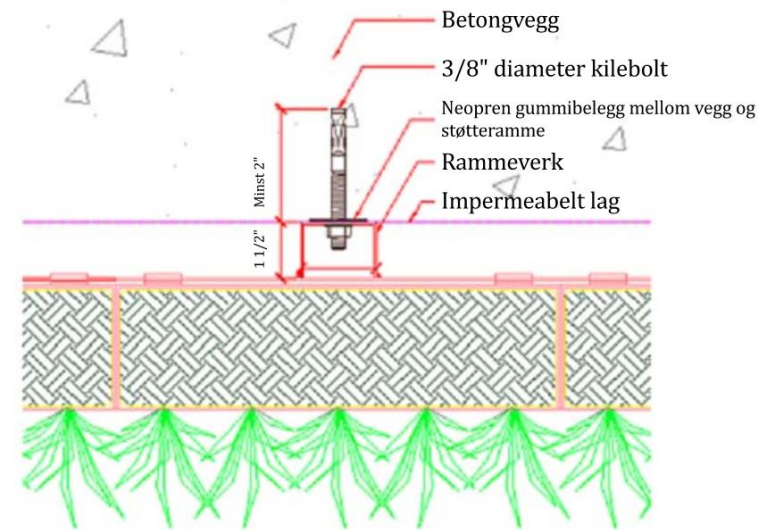


Figur 3.32 og 3.33 - Videreutviklede detaljtegninger for Laurences modulplater. Det var ingen informasjon om boltestørrelser.



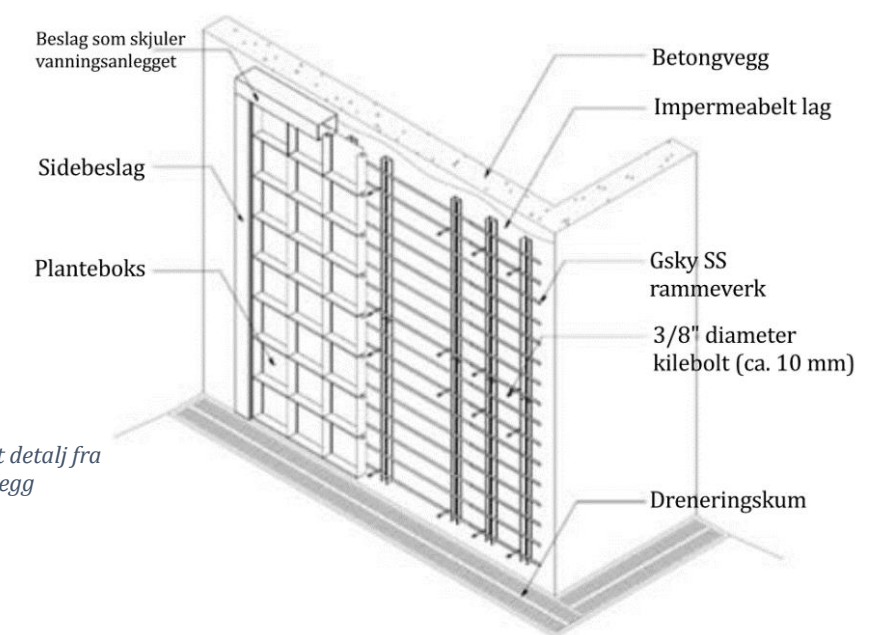
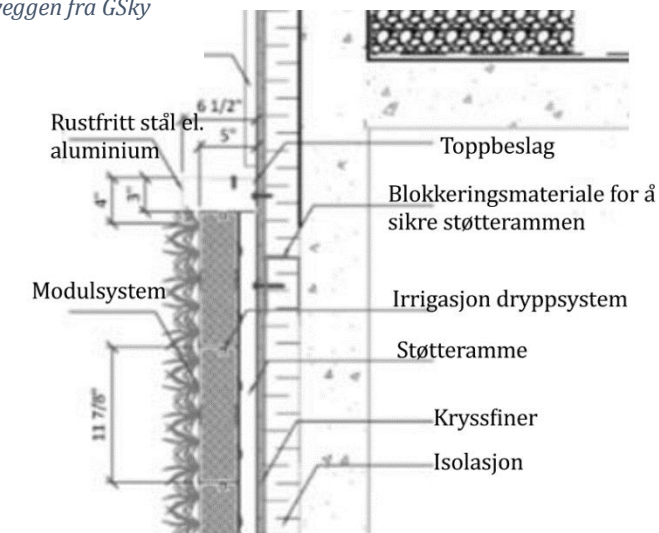
Mellom hver plantemodul er det et lite hulrom. Dette skal sikre plass til vannledningene. Vannledningene er selv festet i 48x48 mm lekter. Lektene og vannledningene vil ikke synes siden modulene skjuler ledningene i frontpartiet (M. Laurence, 2011).

Biotecture benytter et dryppvanningssystem, som gir plantene det de trenger. En pumpe bygger opp et trykk i vannledningen slik at ventilene kan åpne seg. De regulerer vanntrykk og vannmengde, til hver enkel plante (Biotecture, 2017). Det blir mer om vanningsystemet fra 3.8.1. Vannet kommer gjennom topplokket på hver hoveddel, og blir absorbert av vekstmediet Grodan. Overskuddsvannet rennet ut dreneringskanalen, og renner nedover uten at det påvirker de andre underliggende modulene, noe som forhindrer overvanning. Under modulveggen blir det plassert en renne, som samler opp vannet. Rennen går over til et reservoar. Dermed kan vannet bli gjenbrukt, eller resirkulert før det går tilbake til vanningsystemet. Dette vil igjen redusere vannforbruket, og gjør systemet effektivt (M. Laurence, 2011). Det er av Arvid Ekle nevnt at en sirkulering av vannet vil føre til en oppsamling av partikler og salter, som kan gi sykdomsspredning. For å unngå dette må man alltid kontrollere vannets næringsinnhold, samt filtrere og behandle det før det går inn i systemet igjen.

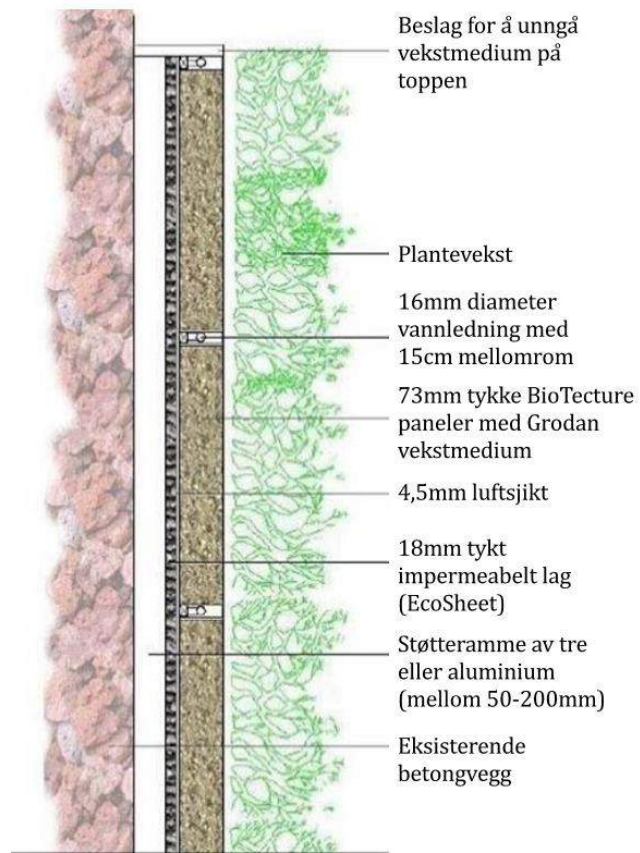


Figur 3.34 - Videreutviklet konstruksjonsdetalj fra Gskys veggmodul

Figur 3.35 - Videreutviklet detaljtegning for modulveggen fra GSKy



Figur 3.36 - Videreutviklet detalj fra Gskys modulvegg



Figur 3.37 - Videreutviklet veggdetalj for Biotectures modulvegg i Edgware Road undergrunnsstasjon. Figur: Biotecture



Bilde 3.48 - GSkys levende vegg på Vancouver airport vinterstid. Foto: GSKy



Bilde 3.49 - Edgware Road undergrunnsstasjon i London med Biotectures modulvegg (2011). Foto: Biotecture.uk.com

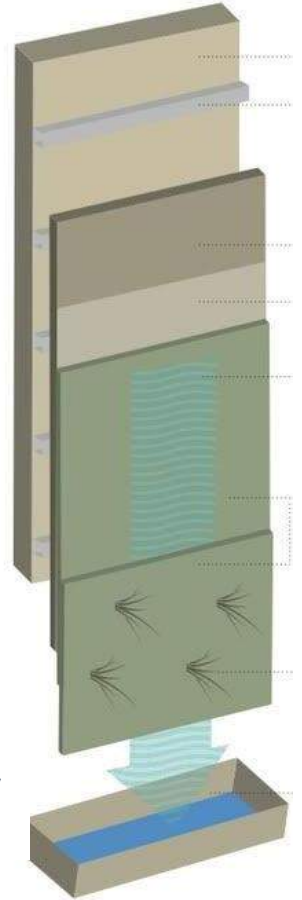
3.6.6 Filtsystem (Mur Végétal)

Dette er systemet Patrick Blanc bruker. Han er for å bruke resirkulert vann; altså gråvann og overvann. Denne metoden kan brukes på de fleste vegger, da systemet bare har en vekt på 30 kg/m² (M. Hjerpaasen, 2014).

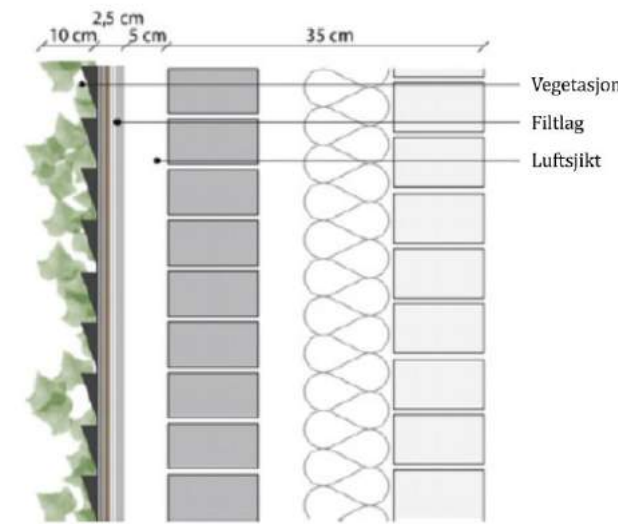
Systemet består av tre deler; en metallramme, et PVC-lag (1 cm) som beskytter veggen mot fuktighet, og to lag syntetisk filt. Dette systemet er da motstandsdyktig mot råte, og har stor evne til å holde på vann, gjennom jevn vandndistribusjon (M. Hjerpaasen, 2014). I det ytterste filtlaget skjærer man ut hull til hver enkel plante.

Man kan velge om man vil plante et frø, stiklinger eller en voksen plante. Vanningssystemet er festet på toppen av veggen, og vannet må injiseres med næring hvis det er rent springvann. Likevel mener Blanc at det er best å bruke gråvann og overvann (M. Hjerpaasen, 2014).

Ifølge Biotecture og M. Ottelé *et al.* (2011) er bruken av filtsystem lite miljøvennlig (se figur 3.38-39). I perioder uten vann er filten sårbar, fordi den vil tørke ut, og miste sin strukturelle form (G. Irwin, 2008). Vekstmediet har så godt som ingen oppbevaringsevne. Systemet bruker også opptil 8 ganger mer vann enn Biotectures Grodansystem, ifølge (M. Laurence, 2016). Samtidig opplyser M. Ottelé *et al.* (2011) at filtmaterialiet og bæresystemet er miljøskadelig, i sin livssyklusanalyse, der han ser på forskjeller mellom grønne fasader og levende vegger. De store grunnene til det, er at man må bytte panelene hele 5 ganger i et serviceliv på 50 år, som gir store mengder avfall.



Figur 3.38 - Blancs filtvegg. Figur: College of Architecture and Urban Planning, University of Washington



Figur 3.39 - Videreutviklet detaljtegning fra M. Ottelé *et al.* (2011)



Bilde 3.50-51 - Konstruksjonsdetaljer. Foto: (BBC, 2007)

Mark Laurence med Biotecture lagde en levende vegg på Edgware Road undergrunnsstasjon i London i 2011 (bilde 3.49). Veggen ble installert for å teste plantenes evne til å samle svevestøv, noe den har klart bra. Veggen har blitt Londons mest ikoniske levende vegg (M. Laurence, 2015).

Ifølge Laurence bruker denne veggmodulen minst vann av alle dagens modulsystemer, da hver m² bare trenger 1 liter vann per dag i sommerhalvåret. Det enkle regnestykket blir $200 \text{ m}^2 \times 1 \text{ liter} \times 365 \text{ dager} = 73 \text{ m}^3$ med vann hvert år (M. Laurence, 2015).

En 4 bar trykkpumpe opp mot 0,8 kW er det som trengs for å frakte vann til veggen. I sommerhalvåret operer hver irrigasjonsone (vanningsanlegg) 9 minutter hver dag. Gjennom vinteren vil dette bli redusert til 1 minutt per dag, grunnet plantenes dvale. Et gjennomsnitt blir da 4 minutter for hver sone hver dag. Regnestykket blir:

$$4 \text{ min} \times 3 \text{ soner} \times 365 \text{ dager} = 4380 \text{ min av pumpebruk i året.}$$

Dette resulterer i 73 pumpetimer hvert år (M. Laurence, 2015).

$73 \text{ t} \times 0,8 \text{ kW} \approx 60 \text{ kWt}$, altså litt mer enn det vi bruker på en støvsuger i Norge (Hafslund, 2017).

Bygninger som bruker filtsystemet er nevnt tidligere; Le Nouvel-skyskraperen i Kuala Lumpur i Malaysia fra 2015, Athenaeum hotel i London fra 2009 og Caixa forum i Madrid fra 2007 (P. Blanc, 2017). Et annet prosjekt er Quai Branly Museum i Paris, installert i 2005 i samarbeid med museets arkitekt Jean Nouvel (bilde 3.53). Veggene er nordvendte og blir påvirket av luftstrømmer fra Seinen. Den er 800 m² stor, og inneholder 15.000 planter fra Nord-Amerika, Europa, og store deler av Asia (M. Hjerpaasen, 2014).



Bilde 3.52 – Blancs filtvegg som viser irrigasjonssystemet. Foto: Patrick Blanc



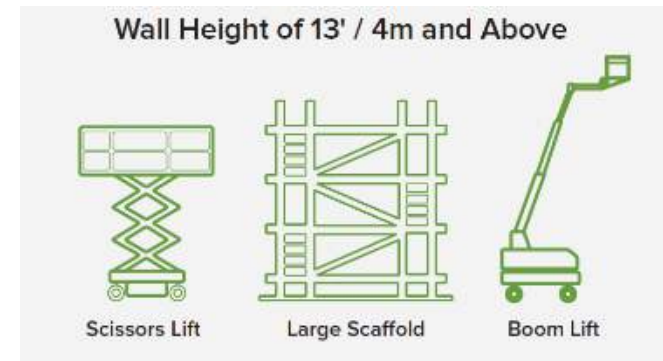
Bilde 3.53 - Quai Branly Museum i Paris. Foto: Verticalgardenpatrickblanc.com

3.6.7 Skjøtsel og vedlikehold

For å opprettholde en grønn vegg best mulig er det viktig å tenke gjennom hvordan man skal vedlikeholde den. Det er avhengig av hvilket plantemodulsystem man velger, samt tilgangen til den. T. Lock (2013) sier at dette aspektet kan bli det mest kostbare på lengre sikt, og det vesentlig å trekke frem kostnaden tidlig i prosessen. Skjøtselbehovet inkluderer beskjæring, fjerning av ugress, undersøkning av sykdomsutbrudd, næringstilførsel, samt plateutskifting, og spyling på grunn av plantenes effekt på svevestøv (T. Lock, 2013).

På grønne fasader må plantene beskjæres sporadisk slik at de ikke vokser vilt inn i takrenner eller vinduer. Hvis man planlegger bæresystem og beplantning nøye, vil man kunne greie seg med et lavt skjøtselbehov (M. Ottelé *et al.*, 2011).

Et levende veggssystem består av mange forskjellige plantearter, og krever en større skjøtsemengde. Noen ganger må næringsinnholdet reguleres. Vanningsystemet må tømmes om vinteren, slik at rørene ikke får frostskafer og sprenge. Plantene må beskjæres etter behov, og døde planter byttes ut. Det som er fint med moduler er at man kan bytte ut større mengder planter på kortere tid, ved å simpelthen bare skru ut hver modul. Dermed får man et grønt resultat med en gang etter montering (M. Ottelé *et al.*, 2011). Hver vår og sommer skal det dessuten utføres et større skjøtselarbeid (A. Ekle, 23/10/2014). Ekle anbefaler ingen høststell, da veggene vil virke «stygg» om vinteren. Vekstsesongen skal i Norge vare fra april-oktober, og dette vil gjøre veggene fine på vinterstid.



Figur 3.40 – Gskys anbefalinger ved skjøtsel og vedlikehold, hvor det er nødvendig med lift etter 4 meter. Figur: GSKy

3.6.8 Kostnad ved installasjon

Skal man installere grønne fasader eller levende vegger er det kostnadskrevenende, hvor levende vegger er klart dyrest. Grunnen er større frihet til design, lengre varighet, raskere resultat, og er mer komplekse med sine irrigasjonssystemer, flere materialer og bærekonstruksjoner som trenger mer vedlikehold (M. Ottelé *et al.*, 2011). Tabellen er en estimert oversikt over kostnaden til hvert enkelt system, videreført fra M. Ottelé *et al.* (2011). Den inkluderer ikke vedlikehold og skjøtsel, ettersom hvert enkelt prosjekt må lage sin egen vedlikeholdsplan. Ut ifra tabellen ser man at levende vegger blir opptil 10 ganger dyrere enn grønne fasader, og da må man vurdere hvorvidt man trenger slike løsninger, og om det er verdt å satse langsiktig, noe samfunnet gjør hele tiden.

| Veggssystem | Pris (NOK/m ²) per 2014 |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Klatreplanter i vegg | 250-360 |
| Klatreplanter i bærekonstruksjon | 360-670 |
| Grodan modulsystem | 3500-7100 |
| Plantebokser | 3500-5350 |
| Filtsystem | 3050-6650 |

Figur 3.41 - Prisoverslag for hver veggtype, videreutviklet fra M. Hjerpaasen (2014) og M. Ottelé *et al.* (2011)

Litteraturstudiet i denne teoridelen har sett på følgende fordeler og ulemper mellom levende vegger (Living Wall System) og grønne fasader. Ved å se på figur 3.42 kan man få et inntrykk av at levende vegger er miljøvennlige, og har flere gode aspekter enn grønne fasader.

Figur 3.42 - Forskjeller mellom levende vegger og grønne fasader

| Effekt | Levende vegger (LWS) | Grønne fasader |
|-----------|--|--|
| Isolasjon | Svært god kjøle- og isolasjonsevne (M. Ottelé <i>et al.</i> , 2011). - Stort vanninnhold - Større tykkelse - Stillestående luftlag (mulige lufthull mellom sjikt) | Grei kjøling og isolasjonsevne (lettere isolasjonseffekt) (M. Ottelé <i>et al.</i> , 2011). - Mindre tykkelse |

| | | |
|-------------|---|---|
| Isolasjon | Skaper en kjøleeffekt gjennom transpirasjon (fordamping av vann fra blader), (M. Ottelé et al., 2011). | Mindre fordamping – mindre kjøleeffekt. |
| Isolasjon | På vinterstid: tett bladverk reduserer vinden på fasaden – motvirker nedkjøling av fasaden (M. Ottelé et al., 2011). | På vinterstid: mer spredt bladverk – mindre forskjell. |
| Isolasjon | Vind minker energieffektiviteten med hele 50 %. Plantene fungerer som en blokkering for at vinden skal gå langs fasaden (M. Ottelé et al., 2011). | Vind minker energieffektiviteten med hele 50 %. Plantene fungerer som en liten blokkering for at vinden skal gå langs fasaden (M. Ottelé et al., 2011). |
| Isolasjon | Lavere varmestrøm i veggkonstruksjonen.  ker med tettheten i bladverket. Varmen slipper ikke gjennom og på vinterstid slipper ikke varmen på innsiden ut (M. Manso et al., 2016). | Større varmestrøm i veggkonstruksjonen enn ved bruk av levende vegger. Varmen slipper lettere gjennom og på vinterstid slipper varmen på innsiden lettere ut. |
| Isolasjon | Mindre varmestrøm pga. større materialbruk og substrater (vekstmedium), (M. Manso et al., 2016). | Større varmestrøm pga. mindre materialbruk enn LWS og mindre substrater. |
| Isolasjon | Størst påvirkning i varmere strøk, opp mot hele 11,6  C i nedkjøling på fasaden, riktignok på en vegg i HortPark, Singapore (N. H. Wong et al., 2009). Målinger utført helt inn på en grønn fasade i Berlin viser en temperaturforskjell på hele 6  C, mellom vegetasjonen og den nakne veggen (M. Köhler, 2008). | Mindre påvirkning enn LWS i varmere strøk, men gir en gjennomsnittlig reduksjon på 2,5  C i intern veggtemperatur ved bruk av 10 cm tykk klatreplante (i England), (E. Cuce, 2016). |
| Isolasjon | Le Nouvel-skyskraperen i Kuala Lumpur (Patrick Blanc) har en god klimaskjerm. Den levende veggen f r en reduksjon i overflatetemperatur på 2,7  C, (F. H. M. Farid et al., 2016). | Le Nouvel-skyskraperen i Kuala Lumpur (Patrick Blanc) har en god klimaskjerm. Den grønne fasaden f r en reduksjon i overflatetemperatur på 1,2  C, (F. H. M. Farid et al., 2016). |
| Energi | Fototropisk effekt (direkte sollys gjør at stengelen bøyer seg mot lyset), og gjør veggen mer energieffektiv (M. Ottelé et al., 2011). Se figur 3.7. For hver reduksjon på 0,5  C, vil det redusere bruk av aircondition opp mot 8 % (M. Ottelé et al., 2011). | Fototropisk effekt (direkte sollys gjør at stengelen bøyer seg mot lyset), og gjør veggen mer energieffektiv (M. Ottelé et al., 2011). Se figur 3.7. |
| Forurensing | Større kilde til forurensing og global oppvarming ved feil materialbruk ved mye bruk av stål, transport og avfall (M. Ottelé et al., 2011). Målingene er basert på bruk av filtsystem og plantebokser som er vekstjordbasert. | Mindre påvirkning på global oppvarming, da det hovedsakelig bare brukes små mengder med st lkabler eller et rutenettsystem med espalier i et miljøvennlig materiale (M. Ottelé et al., 2011). |

| | | |
|------------|--|--|
|  konomi | Levende vegger er 10 ganger dyrere enn grønne fasader og har lengre installasjonstid (M. Ottelé et al., 2011). | Levende vegger er 10 ganger dyrere enn grønne fasader. Billig løsning (M. Ottelé et al., 2011). |
|  konomi | Billigst over tid (M. Ottelé et al., 2011). | Dyrere over tid (M. Ottelé et al., 2011). Dyrt med skader og vedlikehold. |
|  konomi | Vanskelig å anerkjenne kostnadene og implikasjoner, samt komme med betingelser knyttet til levende vegger. Det kan ikke sees på som en vegg, men som et system (B. Riley, 2016). | Et mindre system, som krever mindre forståelse. |
| Arkitektur | Bra for arkitektur og miljø, og gir mer verdi til en eiendom (F. H. M. Farid et al., 2016). | Bra for arkitektur og miljø (F. H. M. Farid et al., 2016). |
| Arkitektur | Pre-fabrikerte og fullt utvokste planter i et modulsystem. Veggen er i full blomstring rett etter installering. Kan brukes til alle typer bygninger, som ikke er verneverdige arkitektonisk (M. Ottelé et al., 2011). | Kan vokse maks 25 meter, som tar flere år, avhengig av lokalklimaet. Ikke anbefalt på høye bygninger (M. Ottelé et al., 2011). |
| Lyd | Mer lydabsorberende enn grønne fasader. Jo tykkere vegetasjon, jo bedre (N. H. Wong et al., 2009). | Mindre lydabsorberende enn levende vegger (N. H. Wong et al., 2009). |
| Vekt | Vanligvis tyngre enn grønne fasader, spesielt hvis man benytter seg av vekstjordbasert system (M. Ottelé et al., 2011). | Lettere å sette opp på veggen, og veggen bærer mindre (M. Ottelé et al., 2011). |
| Generelt | Levende veggers spredning i konstruksjonsmarkedet er enda svak. Dens fordeler mot grønne fasader er avgjørende, men dens begrensinger må løses. Mangler i europeiske og nasjonale standarder og reguleringer (S. Tedesco et al., 2016) | |

Figur 3.42 - Forskjeller mellom levende vegger og grønne fasader. Basert på observasjoner i akademiske forskningsrapporter. Figur: Knut Feilberg

3.7 Levende vegger i Norge

I Norge har det i flere år vært stor skepsis til levende vegger, mens klatreplanter på vegger har vært mer brukt. Vi befinner oss tross alt på samme breddegrad som Alaska, Grønland og Sibir, og forskjellen er Golfstrømmen som gjør det komfortabelt å leve her. Selv om arkitektene har elsket dem fra første stund, har entreprenører og byggherrer stilt spørsmål rundt det nordiske klimaet, driftskostnadene, levetiden, dårlige mengder med sollys på vinterstid, mengder av planter



Bilde 3.54 - Norsk medisinaldepot, Oslo. Foto: Biowall.no

innendørs, fuktlekkasjer, og reist spørsmål om plantenes levetid med påfølgende dyrking av nye planter (O. P. Galaasen, 2015). Mannen som banet vei for grønne vegger i Norge er Arvid Ekle, som startet Biowall i samarbeid med Anlegg & Utemiljø i Trondheim i 2008. De spurte seg selv om det var mulig å gjennomføre slike planer i Norge, og i samarbeid med Biotecture Ltd i England, tegnet de en leveringskontrakt i 2010 (A. Ekle, 23/10/2014). Dermed var de i gang med Norges første grønne vegg; i kantinen på Norsk Medisinaldepot i Oslo, i samarbeid med Niels Torp arkitekter (bilde 3.54). Siden har det kommet flere norske prosjekter; Fornebu senter, Mære Landbruksskole, Miljødirektoratet, Granåsveien 15, og på Q-Free i Trondheim. Det blir nå fokus på Norges 5 levende vegger utendørs.

Arvid Ekle har satt opp en privat testvegg hos seg selv i Trondheim fra 2012. Veggene er på 9 m², og er vendt mot vest, noe som gir stor påvirkning fra sol, vær og vind. Målet er å finne ut hvilke planter Biowall skal satse på i et nordisk klima. Navnene på plantene blir ikke vurdert i denne oppgaven. Veggene bruker veggssystemet med Grodan vekstmedium, utviklet av Biotecture. Veggssystemet er forklart tidligere. Til vanning bruker veggene et dryppvanningsystem, som gir plantene det de trenger. Dette må ikke bli skrudd av analogt i vintersesongen. Det blir mer om vanningssystemet fra 2.9.1. De første vintrene mistet veggene hele 40 % av plantene, men Ekle har med større kunnskap klart å gå ned til 15 % tap forrige vinter (februar 2017). Teknikken bak det var å skru av vannet i desember. Ekle mener det ikke er vanningsmengden og teknikken som er problemet, men at det er plantene som ikke tåler frost og tining-problematikken. Vannet bør derfor være avslått på vinteren (A. Ekle, 2017). Norge er heller ikke verst på klima, og Ekle trekker frem at prosjekter i Chicago er kaldere enn Norge på høsten.



Bilde 3.55 - Testveggen i Trondheim. Foto: Arvid Ekle

Landskapsarkitekt Arne Smedsvig som startet Smedsvig Landskapsarkitekter AS, har sammen med prosjektleder Anders Garnes i Wikholm bygget Norges første offentlige grønne modulvegg på 50 m² utendørs på fasaden til det nye Distriktpsykiatriske senteret (DPS) ved Danmarks plass i Bergen fra 2013 (bilde 3.56). Veggene består av 3500 planter, med fem ulike stauder med noen klatreplanter, og er svært kjærkomment i den delen av Bergen med dårligst luftkvalitet (A. G. Digernes, 2016). De har brukt vekstmediet Grow Tek VM 20 (M. Hjerpaasen, 2014). De er festet til moduler med et vanntett lag over seg. Modulene er festet til et stålgitter. For å få mest mulig ut av plantene ble de puttet i modulene på forhånd og satt i et veksthus, slik at de fikk et godt rotfeste, ifølge Arne Smedsvig. Omgivelsene er preget av mye trafikk, spesielt fra bybanen, samt en videregående skole. Målet er å skape et bedre byliv for innbyggere med signaleffekten den skaper, samt virke støydempende og gi en god psykisk effekt (Smedsvig arkitekter, 2013). På vinterstid med frost funkete veggene dårligere (2014), og mange planter måtte byttes ut (A. G. Digernes, 2016). Veggene er i tillegg satt opp mot vest, som gjør at den er svært vindutsatt.

I januar 2017 fortalte Smedsvig at det har gått verre med veggene. Vanningsanlegget var på hele vinteren 2015, noe som gjorde at mange planter råtnet i roten. Påfølgende vinter

frøs vannrørene, og vanningsanlegget kom helt ut av drift. Plantene tørket dermed ut, noe bilde 3.57 forteller. Veggene er per mars 2017 fjernet for godt av driftspersonalet, etter en befaring.



Bilde 3.56 - Veggene sommerstid (2013). Foto: Smedsvig landskapsarkitekter

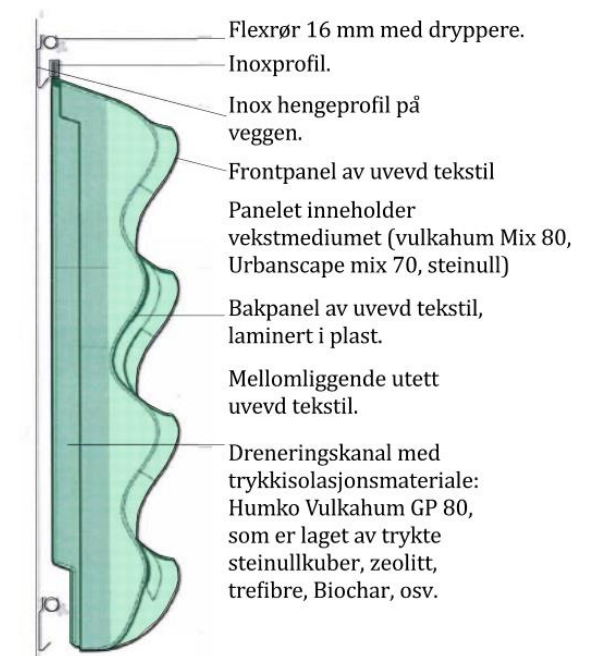


Bilde 3.57 - Veggene, våren 2016. Foto: Arne Smedsvig

I Bergen har de nå fått enda en vegg på BIRs «bossnetterminal» i Jekteviken fra august 2015, utarbeidet av Wikholm med prosjektleder Anders Garnes (B. L. S. Flatekvål, 2015). Dette er nå Norges største grønne vegg, på rundt 340 m², med hele 17.000 stauder. I tillegg til dette har de også et sedumtak på 1200 m², som samler vann til plantene gjennom eget vanningssystem som gjenbraker gjødslingsvannet. Det har tidsstyrt vanning, med justering for himmelretning og årstid. Forskjellen mellom denne vegg og andre er at plantene vokser ut fra plantebokser i 45 graders vinkel, og er fra den slovenske produsenten Wall Green. Garnes mener at planter som vokser fra vertikale vegger får flere komplikasjoner; som at de blåste eller falt ut. Med 45 grader vil ingen planter falle ut, og får bedre vekstforhold i en mer naturlig vinkel. Likevel forsikrer han seg med å si at det ikke finnes en fasit for hva som skal til for å få vellykket plantevegg, og at man må tørre å feile litt. Videre bygger Wikholm fra sommeren 2016 en ny vegg i et borettslag på 60 m² (B. L. S. Flatekvål, 2015; park & anlegg, 2016). Plantene er satt i et patentert Humko Soft Shell-panel fra Slovenia av plast eller polyester som bruker et vekstjord-aktig materiale, bestående av

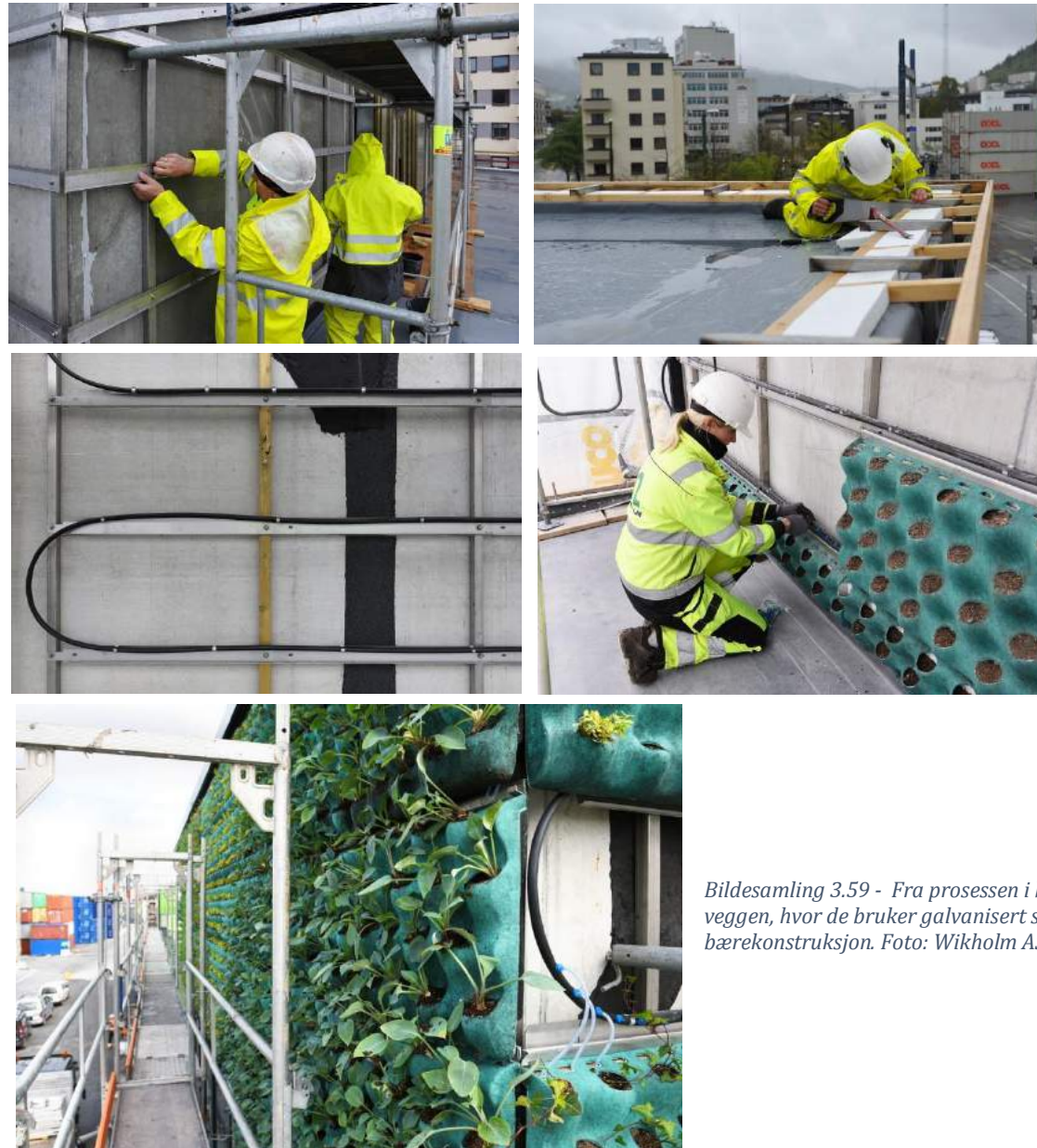


Bilde 3.58 - BIRs bossnetterminal østveggen sommeren 2016. Foto: Wikholm AS

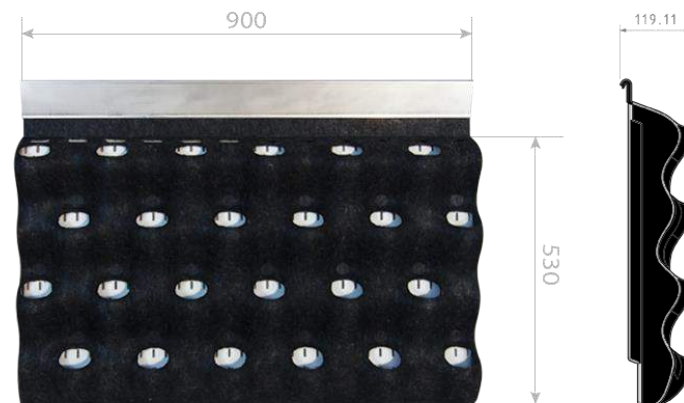


Figur 3.43 - Videreutviklet detaljtegning av Humkos grønne vegg. Det er mange likheter til Biotectures modul.

pimpstein, leka, steinull og kompost. Det ytterste laget er vanntett, og panelet er fotoelektrisk, som kan skape strøm.



Bildesamling 3.59 - Fra prosessen i byggingen av veggen, hvor de bruker galvanisert stål som bærekonstruksjon. Foto: Wikholm AS



Figur 3.44 - Planteveggmodulen, enten av plast eller polymer fra Humko. I vanntettet tilstand med planter veier modulen 24 kg, mens i tørr tilstand veier 6 kg. Hver modul har 14-16 dryppere som gir modulen vann. Figur: Green walls



Den første grønne utendørsveggen (på 40 m²) i samarbeid med Biowall og Biotecture, ble laget hos Landskapsentreprenørene AS i Rigidalen i Kristiansand i 2012, og inneholder 4000 planter og 2900 ute (M. Hjerpaasen, 2014). Den starter først innendørs og slutter utendørs (bilde 3.60). De ville skape en illusjon av at veggen går kontinuerlig innenifra. Veggen er vendt mot sørvest, som skaper god varme om sommeren. Da må de 4000 plantene imidlertid ha ekstra godt med vann, og er prosjektert på samme måte som med Arvid Ekles testvegg i Trondheim. Veggen blir avlagt et besøk av Biowall hver åttende uke, for å se om det tekniske systemet fungerer optimalt (M. Hjerpaasen, 2014). Veggen har opplevd et tilbakefall vinterstid, men ikke så mye som i Trondheim, da temperaturforholdene i Agder er mye bedre. Man kan se at veggen har greid å lage et spennende uttrykk også vinterstid.



Bilde 3.60 - Veggen i Rigidalen. Foto: Arvid Ekle

Bilde 3.61 - Veggen på vinterstid. Foto: Arvid Ekle

I Stavanger er det i samarbeid med anleggsgartner Bergknapp AS i 2013 bygget en firesidet planteboks på bygget til BARK Arkitekter AS, grunnet at de ville skape en god relasjon til parken like ved. Ifølge arkitekt Frode Brurberg er veggen laget av 50x50 cm store moduler festet til en stålprofil. Ulikt Biowalls veggtype, bruker de komprimerte vattputer som vekstmedium, samt en vanntett plate bak. Vann og næring blir tilført via perforerte vannledninger. Plantene fikk (i likhet med Bergen-eksemplet) samme behandling på forhånd for å få et godt rotfeste, ifølge Brurberg. Boksen ble anerkjent og BARK Arkitekter fikk Stavanger kommunes byggeskikkpris for 2014 (NRK, 22/10/2014). Denne veggen er vendt mot alle himmelretningene, og sørveggen klarte seg dårligst gjennom vinteren.



Bilde 3.62 - Boksen sommerstid. Foto: Frode Brurberg



Bilde 3.63 - Boksen tidlig i mars. Foto: Frode Brurberg

Per januar 2017 fortalte arkitekt Frode Brurberg at veggen har klart seg godt, samt at ingen av de få, døde plantene har blitt byttet ut, fordi den lokale gartneren ønsket å ta stiklinger (lage en ny plante med deler fra en annen) av de plantene som liker seg godt. Hvis man venter noen sesonger, vil stiklingene vokse seg større, og erstatte de døde.

3.8 Løsninger for nordisk klima

Det er stort sett få erfaringer rundt et nordisk vinterklima. Det er svært viktig å se på den mest ekstreme vær-situasjonen i det lokale klimaet i Skien, enn bare ved bruk av gjennomsnittstemperaturen. Anleggsgartner Ekle i Biowall mener at med fagmessig skjøtsel, med et godt vanningsystem og vanningskontroll, vil man kunne klare å ta vare på veggene utendørs. Det handler om å tenke ut plantenes behov, deres opprinnelse og bruke planter som trives i det klimaet veggen skal prosjekteres, og tenke ut dens vintersituasjon (A. Ekle, 23/10/2014). Fjellområder med enten høy luftfuktighet og mye vann, samt regnskoger er de typiske områdene for de beste plantene, ellers i verden (M. Hellgren, 2016). Her i Skandinavia er bruk av stauder et soleklart valg, som er en fellesbetegnelse på uteplanter. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) forsker på hvilke planter på grønne vegger som er hardføre nok i Skåne, og hvilke teknikker som passer best (L. M. Mårtensson *et al.*, 2014). En av veggene de ser på er i Helsingborg, som har bygget Sveriges første offentlige grønne vegg utendørs. I tillegg har Trondheim skillet seg godt ut, som det nordligste eksemplet. Som nevnt tidligere har grønne vegger god effekt på klimaet, ved å senke varmeøy-effekten. Ikke nok med at de senker temperaturen på varme sommerdager, men de virker også isolerende i Norges vinterkulde (A. Ekle, 2016).

3.8.1 Vanningsanlegg

Den største utfordringen er Norges varierte vinter, med store variasjoner i utetemperatur. Plantene veksler med å fryse og tine, der det før var sammenhengende frost hele vinteren. Det er det første scenarioet man må se etter i fremtidens klima, grunnet global oppvarming. Konseptet med frost, tining, vanning kontinuerlig er utfordrende (A. Ekle, 23/10/2014). Plantene vil gå i dvale gjennom vinteren, som på høsten forbereder seg på å avslutte veksten. Hvis det da oppstår plussgrader vinterstid, vil planterøttene på mikroskopisk nivå prøve å ta til seg vann (A. Ekle, 23/10/2014). Akkurat i disse periodene er det livsviktig å tilføre vann til plantene, før frosten setter inn igjen, som medfører visne og døde planter (M. Hjerpaasen, 2014). Likevel mener Ekle at plantene må få lov til å gå i dvale uten vanntilførsel, i perioden oktober-april.

Testveggen til Ekle i Trondheim og Norsk Medisinaldepot bruker veggssystemet med Grodan vekstmedium, utviklet av Biotecture. Til vanning bruker veggene et dryppvanningsystem, som gir plantene det de trenger. Dette må ikke skrues av analogt i tilfelle frost. Den levende veggen i Granåsveien 15 i Trondheim bruker 2 dl vann per m²

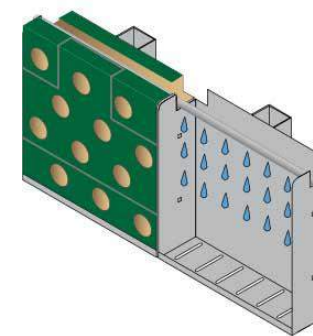
i døgnet, ifølge Ekle. Han forteller at det gir den levende veggen en vannmengde på 156 liter i døgnet i gjennomsnitt.

Ved minusgrader: vannet utvider seg når det blir kaldere. Dette skaper et trykk i vannledningene, som gjør at ventilene åpner seg og slipper ut vannet.

Ved plussgrader bruker man et digitalt system patentert av Biotecture og utviklet i Israel, ifølge Ekle. Systemet starter opp vanningen automatisk. Vanningsanleggets signaler (*remote sensing controller* på figur 3.46) sendes til så til en server i Israel med firmaet *Galcon* i spissen, som kan sende en SMS til en driftsansvarlig hvis noe skulle gå galt med veggen. Denne metoden vil redusere antall ettersyn, og reduserer kostnader ved skjøtsel (A. Ekle, 2012). Ifølge ham (07.02.2017) bruker de nå en app for å kommunisere. Appen er laget i samarbeid med Mark Laurence som lagde Grodan modulsystemet, omtalt over.

Dryppvanningsystemet (bilde 3.64) bak planteveggen består av svetteslanger med vanningshull hver 15 cm. Sensorer er plassert i veggen som måler fukt i rørsystemet. Ventiler regulerer vanntrykk og vannmengde. Plantene vannes 4 ganger i døgnet, 3 minutter hver. Dermed får plantene lik mengde og fordeling av vann, uansett hvor i veggen plantene er festet, og man trenger langt mindre vann enn det tradisjonelle vegger trenger. Plantene trenger hverken for mye eller for lite vann (M. Laurence, 2015). Denne påstanden er ikke det endelige svaret på hvordan man drifter en grønn vegg best mulig, ifølge Ekle. Man må ta hensyn til hvert enkelt prosjekt.

En levende vegg med irrigasjonssystem trenger et teknisk rom med ventilasjon på 3-4 m², ifølge Ekle. Det skal ha sluk i gulvet med egen 16-amperekurs. Anlegget kobles direkte til vannreservoaret med egne sisterner. Hvis vannreservoaret inneholder næringsfattig overvann, er det en egen tank med næringsstoffer (*nutrients* på figur 3.46) som skal blandes i rette mengder med overvannet. Pumpesystemet i seg selv gir for lite trykk for en vegg på 20 meter. Dermed må man sette inn et ekstra vanntrykk per 10 meter høyde, som gjør at man totalt sett må ha 6 kilo vanntrykk på en 20 meter høy vegg (A. Ekle, 2017). Ekles Biowall tenker nå å skifte ut anlegget for å få 10 kilo trykk, noe som er dyrere, men nødvendig i det lange løp.



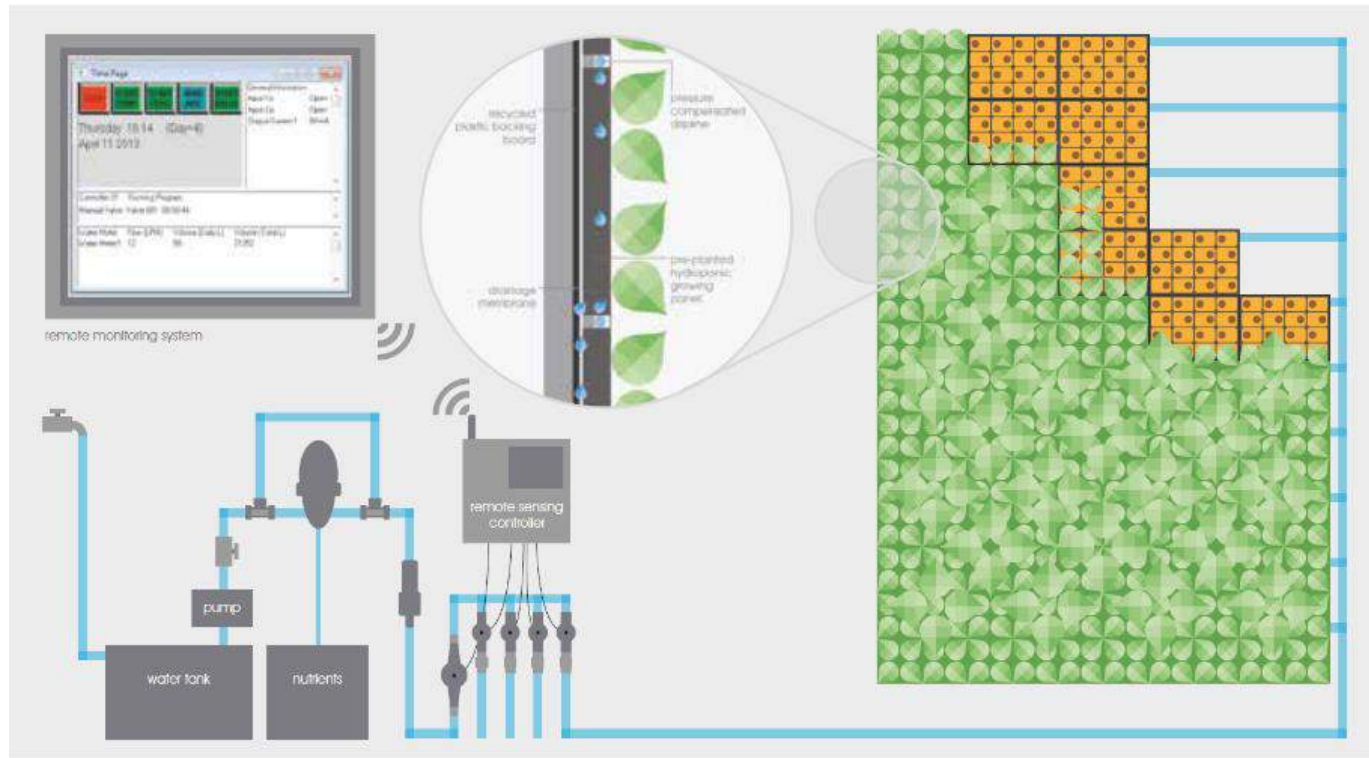
Figur 3.45 - Dryppvanningsystemet som forklart av amerikanske GSKy



Bilde 3.64 - Dryppvanningsystemet. Foto: Joachim Seehusen



Bilde 3.65 - Monteringen av grønn vegg hos Norsk medisinaldepot. Foto: Arvid Ekle (2011)

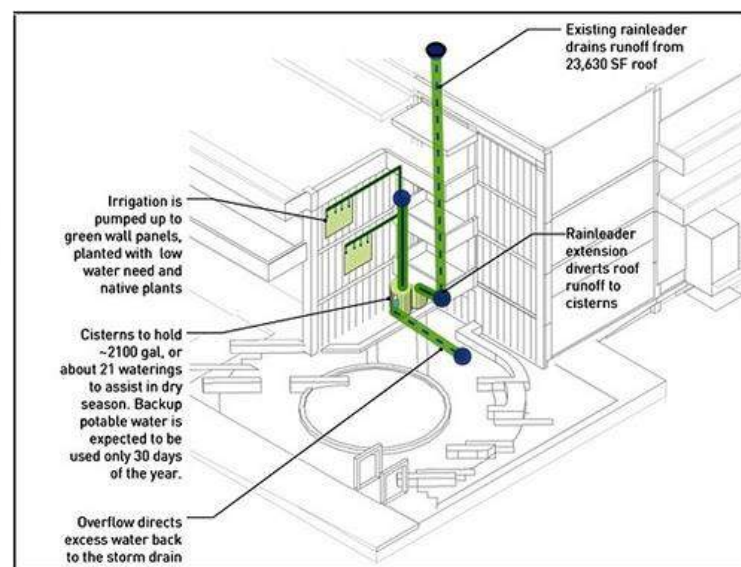


Figur 3.46 - Dryppvanningsystemet fra Biotecture, hentet fra firmabrosjyren i 2016.

Enkelte aktører har benyttet seg av overvann fra tak. Gould Halls vegg på *University of Washington College of Built Environment* har i 2012 utarbeidet et system som fanger overvann fra taket med takrenner, som så blir ledet ned til en cisterne som kan holde på drøyt 2840 liter vann. Overflødig vann vil bli ledet tilbake til kummen, men mesteparten blir pumpet opp til planteveggmodulene i den mengden plantene trenger, som kan ligne på Gsky og Biotectures vegger med hydroponisk system. Planteveggmodulene kan lett vedlikeholdes ved hjelp av et manuelt trinsesystem, som sender veggene til nærmeste balkong (K. Benfield, 2012).



Figur 3.47 - Overvannssystemet til Gould Hall. Figur: Leann Andrews



Figur 3.48 - Overvannssystemet til Gould Hall. Figur: David Tomlinson/Katie Hunt

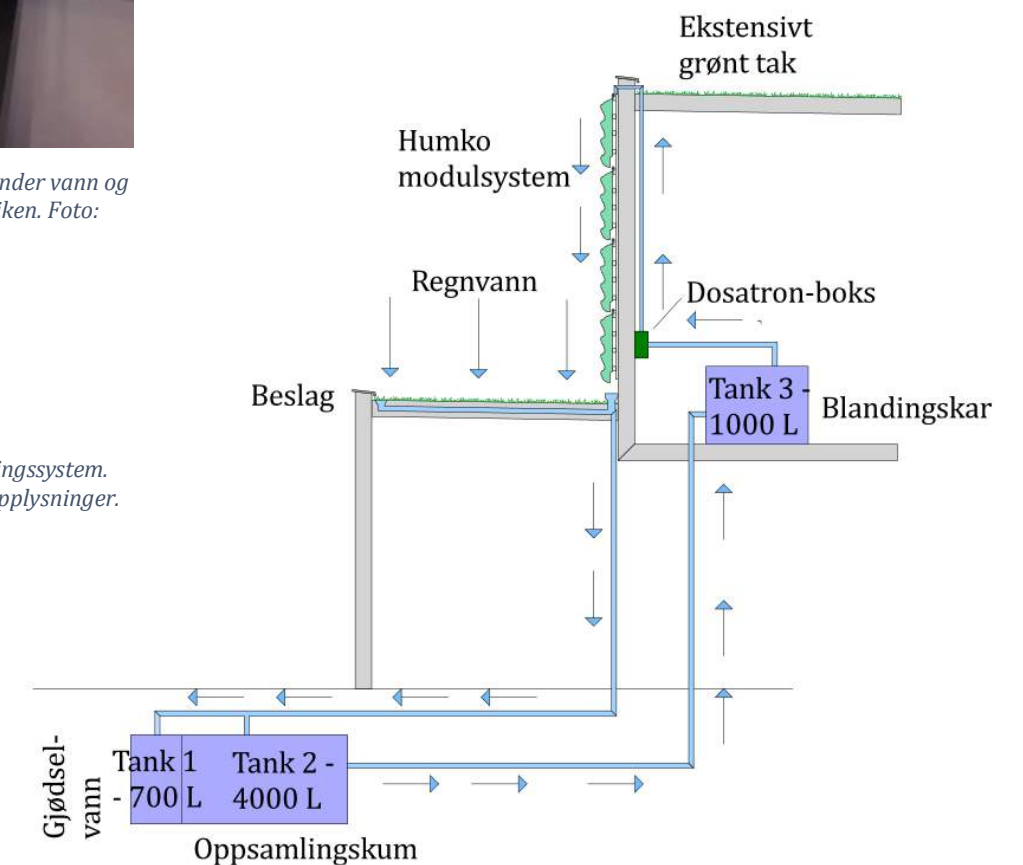
Vanningsystemet til de grønne veggene på Jekteviken bossnetterminal i Bergen (omtalt tidligere), prosjektert av Wikholm, er interessant (figur 3.49). På en befaring ble det observert at de har tre typer tanker; oppsamling av gjødselvann fra de grønne veggene i en tank under bakken (tank 1 - 700 liter) som ikke er i bruk enda, oppsamlingskum for takvann under bakken (tank 2 - 4000 liter), som etter rensing blir sendt til et blandingskar innendørs (tank 3 - 1000 liter) for tilsetning av næringsstoffer fra den grønne Dosatron-boksen på bilde 3.66. Fra denne tanken blir vannet med næringsstoffer pumpet videre til veggene utendørs, og blir fordelt på hver modul fra oversiden og ned. Er det lite regn en periode, kan det brukes springvann, som blir tilsatt på undersiden av dagtanken.



Bilde 3.66 - Dagtanken på 1000 liter som blander vann og næringsstoffer til de grønne veggene i Jekteviken. Foto: Halvdan Rosted (2017)



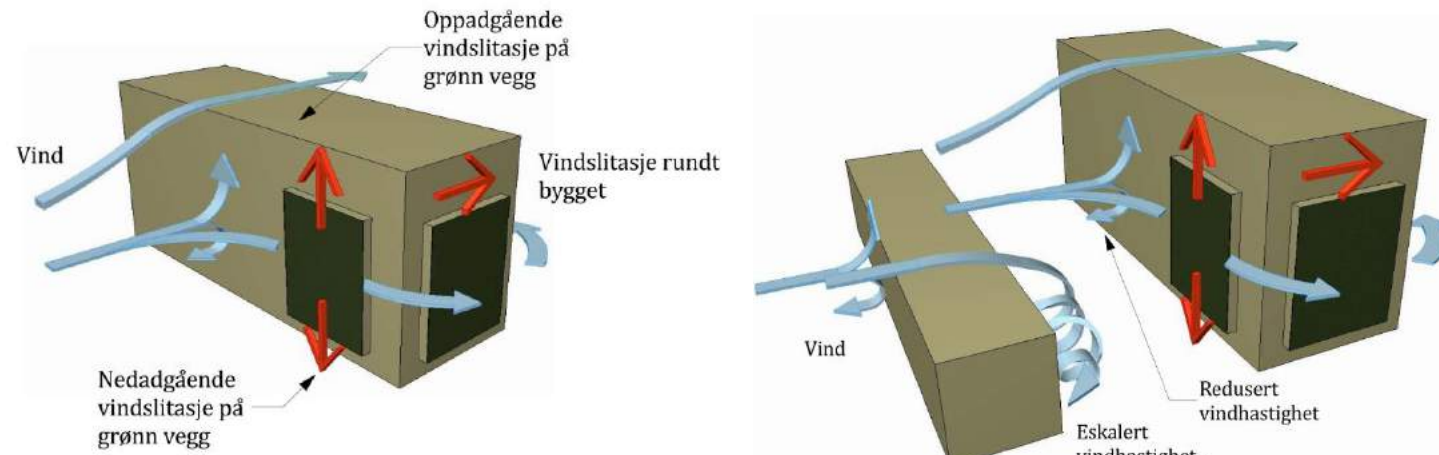
Bilde 3.67 - De blå vannledningene som tilfører næring til hvert plantehull. På befaring til Jekteviken i Bergen (2017). Foto: Knut Feilberg



Figur 3.49 - Wikholms vanningsystem. Figur: Knut Feilberg, etter opplysninger.

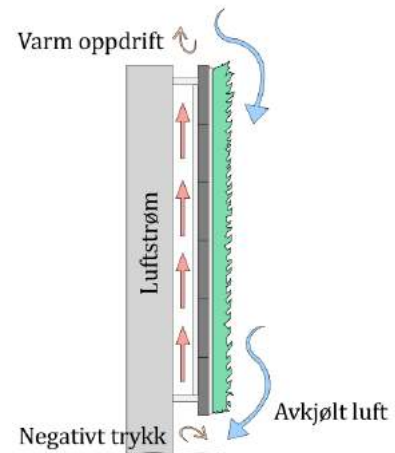
3.8.2 Vindlast og snølast

I urbane områder er det to måter vinden vil oppføre seg på, og det er ved å se på enkeltstående bygninger og bygninger i gatemiljø. Begge tilfeller er relevant for dette prosjektet med Skagerak arena. Mer om dette i analysen. Vinden øker i hastighet jo høyere opp den kommer, samt når den endrer kurs. Et eksempel på det er vindens komprimering rundt bygningshjørnet. Vinden påvirker plantenes vekstforhold, dens struktur, og man må derfor vurdere hvor på betongveggen det er best å installere plantemodulene. For mye vind kan også tørke dem ut (M. Hjerpaasen, 2014).



Figur 3.50 Enkeltstående bygg. Videreutviklet figur basert på M. Hjerpaasen (2014).

Figur 3.51 - Bygning i gatemiljø. Videreutviklet figur basert på M. Hjerpaasen (2014).



Figur 3.52 - Vindtrykk på grønn vegg. Videreutviklet figur basert på M. Hjerpaasen (2014)

Faktorer som fordamping, vannbehov og plantevalg har mye å si for plasseringen av en levende vegg. Jo større avstand en grønn vegg har til eksisterende vegg, jo større vil vindtrykket i luftstrømmen bli. Jo høyere plassering av den levende veggen på fasaden, jo mer vindutsatt og soleksponert blir den, og veggen unngår skygger fra omkringliggende bygg (M. Hjerpaasen, 2014). For å få bukt mot snølast, kan man installere beslag rundt den grønne veggen som bærer snølasten, eller som med riktig fall sørger for at snøen sklir av, ifølge Anders Garnes i Wikholm.

3.8.3 Lys

Lys er veldig viktig (K. J. Bergstrand, 2015). Himmelretningen veggen er festet mot er svært viktig med tanke på den levende veggens ytelse. Grønne vegger skal installeres på Skagerak arenas sør- og vestfasade, dermed blir det bare sett på disse himmelretningene.

Sørsiden er svært soleksponert, også i Norge. I varmere land kreves det varmekjære planter, og hvis ekstreme værtilstander oppstår (noe det for øvrig blir flere av med global oppvarming) kreves det at sørfasaden skal kunne takle størst variasjon mellom ulike værtyper. Arvid Ekle mener faktisk at sørfasaden er den mest uegnede plasseringen av en grønn vegg (M. Hjerpaasen, 2014). Likevel vil en vegg montert mot sør bidra til en sterk reduksjon av energibruken til kjøling sommerstid, og oppvarming vinterstid (M. Hjerpaasen, 2014).

Vestsiden er i motsetning til sørfasaden svært utsatt for vær og vind. Likevel vil ettermiddagssolen gi god varme, og den bidrar i likhet med sørsiden til en sterk reduksjon av energibruken til kjøling og oppvarming (M. Hjerpaasen, 2014). En grønn vegg vendt mot sør eller vest vil også ha behov for mer vann/m² enn en vegg mot nord eller øst, ifølge Arvid Ekle (april, 2017).

Lux er ifølge Hofstad (2017) en SI-enhet og betegnelse for belysningsstyrke, og forteller hvor mye en opplyst flate er, altså 1 lumen/m². Ifølge svenske Michael Hellgren i anerkjente Vertical Garden Design må plantene ha tilgang til minst 1000 lux fra dagslys for å kunne fotosyntetisere. Denne påstanden blir støttet av J. Bullock (2016) fra Lux Magazine, som også sier at lux-verdier fra 2500 er å anbefale. 1000 lux er også et vanlig nivå for jobben arkitekter, mekanikere og kirurger gjør, hvor vanlig lysmengde for normale aktiviteter er mellom 500-1000 lux (National Optical Astronomy Observatory, 2017). Samme kilde opplyser at overskyede dager tilsvarer 1075 lux. Hvis planter virkelig kan tåle 1000 lux, skal de altså tåle overskyede dager greit. Denne mengden må ifølge Hellgren tilføres 12 timer hver dag, og det er da vanlig å benytte seg av vekstlys. Dette anbefaler også naturfaglærer Jørn Hammer (fortid fra NMBU). Bruken av vekstlys kan stimulere til plantevekst ved å sende ut elektromagnetisk spektrum tilsvarende for fotosyntese. Arvid Ekle sier at han bruker lys (800-1000 lux) fra Glamox lysrør som han mener kun bruker 8 kWh med strøm i året, til forskjell fra den levende veggen i Edgware Road i London som han vet kun bruker 600-700 lux utendørs, altså mindre lys jo lenger sørover man kommer.

Lysspekteret det menneskelige øyet kan se ligger mellom 380-740 nanometer (10⁻⁹ meter), og oppfattes som hvitt lys. Spekteret en plante kan bruke ligger mellom 400-700 nm, og kalles PAR (Photosynthetically Active Radiation) (J. Hammer, 2017). Alle stråler, enten de kommer fra sola eller en kunstig lampe, som ligger innenfor PAR, kan gi grobunn til planter. Likevel, i dette spekteret er det spesielt grønt lys som plantene ikke kan benytte seg av til fotosyntesen, hvor bølgelengden ligger mellom 500-565 nm, noe som blir forspilt energi.

De lyskildene planter trives aller best i er blått og rødt lys. Blått lys (bølgelengde 430-450 nm) gir tettavstand mellom bladfestene, som gir en lav og kompakt plante. Rødt lys (bølgelengde 650-670 nm) gir lang avstand mellom bladene, som gir en høy og glissen plante. Dermed, med en kombinasjon med disse gir det god plantevekst (J. Hammer, 2017).

K. J. Bergstrand (2015) ved Sveriges Lantbruksuniversitet, sier derimot at et komplett lysspektrum vil gi bedre fotosyntese og vekst enn bare rødt og blått lys. Han trekker frem at et ideelt vekstlys består av 5-10 % blått lys, 5-10 % grønt lys, og hele 70-80 % prosent rødt lys, med noe mørkerødt lys (730 nm).



Bilde 3.68 - Belysning på grønn vegg. Foto: Minigarden Danmark

Bilde 3.69 - Nattrendring av Gould Halls to grønne vegger med LED-lamper. Bilde: Leann Andrews

3.8.4 Materialbruk

M. Ottelé et al. (2011) utførte en livssyklusanalyse for å evaluere potensielle miljøaspekter grønne fasader og levende vegger (LWS) assosiert med konstruksjon, vedlikehold og avhending av 1 m² fasade, utgjør. De kom frem til at grønne fasader (med og uten bæring) utgjør en mindre påvirkning på global oppvarming og ferskvannsforgiftning, enn påvirkningen fra levende vegger. Grunnen er at levende vegger krever større bruk av materialer. Det er bæresystemet bestående av rustfritt stål, som bidrar til den negative virkningen på miljøet (se figur 3.53). Hvis vi da kunne ha brukt et bæresystem bestående av tre, hadde levende vegger blitt mer miljøvennlig (se figur 3.53).

| Planteveggsystem | | Innvirkning på miljøet | Bærekraftig? |
|---|-------|------------------------|--------------|
| Klatreplanter direkte på fasaden | | Liten | Ja |
| Klatreplanter med bærekonstruksjon i rustfritt stål | Stor | Nei | |
| Levende vegger med plantebokser | Liten | Ja | |
| Levende vegger filtbasert | Stor | Nei | |

Figur 3.53 – Tabell fra M. Hjerpaasen (2014) om livssyklusanalysen om grønne vegger (M. Ottelé et al., 2011).

Kebony er en norsk treprodusent som utvikler trematerialer med gode forutsetninger (Kebony, 2017). De fremstiller sine produkter med furutrær. Et kortreist, miljøvennlig og eksklusivt treverk, som er anbefalt av de fleste arkitekter. De oppgraderer egenskapene og endrer cellestrukturen til bærekraftig fremstilt trevirke (Vig, 2017). De gjør myke tresorter til harde, varige og verdifulle materialer, som kan holde i 30 år (Vig, 2017). Teknologien bak materialet er en patentert prosess for behandling av trevirke utviklet i Norge. Det er bærekraftig, holdbart og krever null vedlikehold, kun vanlig rengjøring. Kebonys produkter er av CNBC Business listet opp som én av 50 bedrifter som kan forandre verden (Vig, 2017). Over tid vil treet utvikle en s lvgr  farge, som kler fasader. Det er brukt både til fasadekledning og terrasser. Nye Moholt studentby (Moholt 50/50) i Trondheim er bygd i massivtre og det største massivtre-prosjektet i Europa, og bruker Kebonys produkter til fasadekledning (bilde 3.70). Kebony produseres over hele landet, og hovedkontoret i Telemark, Buskerud og Vestfold er plassert i Skien, dermed er det et kortreist materiale vi snakker om (Kebony, 2017). Samtidig er produsenten sponsor til Odds Ballklubb.

Det er anbefalt å bruke så lite tre som mulig da det vil oppstå fare for fukt, da en grønn modulvegg er konstant våt. Likevel, som sagt i kapittel 3.6.5 har Mark Laurence i nyetablerte Viridiwall klart å bruke mest mulig trevirke ved å trekke ut trelektene fra vanningsystemet til modulveggen, slik at

fukt ikke kommer til. Dermed blir det ingen råtne trelekter over tid. Denne monteringen er også tidsbesparende. Med dette kam man fint bruke impregnert tremateriale fra Kebony.



Bilde 3.70 - Moholt studentby (Moholt 50/50). Foto: MDH Arkitekter

Til slutt kan vi oppsummere med 7 suksesskriterier for god vegg, hvor 6 av dem er gitt av (A. Ekle, 23/10/2014), mens 4. Materialvalg er gitt av M. Ottelé et al. (2011):

1. Integreert design
2. Plantevalg
3. Vanningssystem
4. Materialvalg
5. Lys
6. Vedlikehold
7. Lokalklima



Bilde 4.1 Skagerak arena. Foto: Odds Ballklubbs hjemmeside



Bilde 4.2 - Sørtribunen. Foto: Knut Feilberg

4.0 Case

4.0 Case

4.1 Skien og byens grønne fremtid

I en sending fra VardenTV trekker flere frem at Skagerak arena og Ibsenhuset har hatt mye å si for byen, samt at Ap-topp Rolf Erling Andersen kom med uttalelsen om at «hvis vi skulle flyttet Herkules (kjøpesentre) inn i Skien sentrum ville vi rasert alt som er her» (E. Haugen, 2017a). Nyhetsanker i NRK og patriot Jarle Roheim Håkonsen ble intervjuet i 2016, og traff flere med sine nedsettende kommentarer om Skien sentrum, der han trakk frem forfallet og tomme butikklokaler i sentrum fra gågaten ved Arkaden og videre opp mot Kverndalen, og trakk frem ord som «spøkelsesby». I 2017 mener han at å gi skattelette til småbutikker kan få flere til å etablere seg i sentrum og gjøre de konkurransedyktige, hvis man følger Frankrikes eksempel (E. Haugen, 2017b).

Skien By er et nytt markedsføringsprosjekt for å fremme Skien sentrum, og de aktivitetene som er knyttet til byen. De ønsker å fokusere på god handel, og legge til rette for gode virksomheter som kan leve godt i byen. De vil fokusere på kompetansen til gode drivere, godt vertskap og unike konsepter, og med fremstille Skien som *Den lille storbyen*. De vil at folk skal kunne bruke byen; handle i sentrum og ikke på store kjøpesentre som *Herkules* utenfor (over Hjellevannet), spise i sentrum, dra på konserter, bruke parkene og være sosiale (Skien By, 2017).

Skien 2020 er et handlingsprogram for Skien som ble startet opp i 2011, samt vedtatt i bystyret i 2013. De arrangerer workshop for en fremtidsplan for Skien kommune. Med kartlegginger, analyser, samtaler og høringer. Deres mål er å få flere til å bo, jobbe, handle og ha gode opplevelser i sentrumsområdet. Både store og små tiltak er viktige for å følge den røde tråden i handlingsprogrammet. Dermed jobber kommunen med alle aktører i sentrum for å løfte helheten (M. Gundersen, 2016).



Bilde 4.3 - Skien By. Foto: Skien By

Bilde 4.4 - Handlingsprogram Forside: Skien kommune.



Figur 4.1 - Framtidens byer

Skien har også medvirket i samarbeidet *Framtidens byer* som varte fra 2008 til 2014. I dette prosjektet ble det inngått et samarbeid mellom staten, næringslivet og de 13 største byene i Norge. Målet var å redusere klimagassutslipp, utvikle metoder og strategier for komme klimaendringene i møte, samt skape et sunnere bymiljø. Disse satsningsområdene er to av fem områder samarbeidet så på, hvor de andre er energibruk i bygg, forbruk og avfall, samt klimatilpasning. Det siste punktet

handler om tilpasning til klimaendringene, hvor de fire første er tiltak for å redusere nåværende utslipp (L. Karoliussen, 2014).

På grunn av den korte avstanden mellom Skien og Porsgrunn må man se på disse byene som en helhet. Alle reguleringer, transportløsninger må ses på i fellesskap. En felles plan for disse 13 byene er at innbyggere, næringsliv og det offentlige må bidra sammen.

4.2 Kort historie

Skien er fylkeshovedstad i Telemark på 53.000 innbyggere, og er landets 11. største by med sine 37 km² (SSB, 2015b). Dette inkluderer by- bolig- og industriområder. Byen stammer fra 1000-tallet, og er ikke grunnlagt av noen konge (T. W. Gundersen, 2000). Det var gjennom trelast- og sagbruksindustrien på 1500-tallet at Skien vokste til å bli en av Norges viktigste og kulturelle sentre frem til 1800-tallet. Hele middelalderbyen er utslettet etter flere bybranner på 1600-1700-tallet. Den største bybrannen skjedde for øvrig i 1886, da hele sentrum ble ødelagt. Etter dette ble byen gjenoppbygd gjennom 1890-tallet, og det ble innført murtvang (som i flere norske byer) for hindre flere bybranner. Norske Skog Union ble grunnlagt her i 1873 som videre grunnla Skotfoss papirbruk i 1891 (bilde 4.5), og bygde Skandinavias første elektriske jernbane i 1892. De produserte 240.000 tonn avis- og bokpapir årlig inntil nedleggelsen i 2005 (T. K. Gardåsen, 2000).



Bilde 4.5 - Skotfoss papirfabrikk. Foto: "Bokhandler Nilsen". Ukjent år. Bilde 4.6 - Torvet i Skien rundt 1910. Foto: Gammelt postkort

Byen fikk egen jernbane i 1882, som ble utvidet til Bratsbergbanen i 1920, som NSB i dag benytter mellom Notodden og Porsgrunn. Norges første elektrisitetsverk, Laugstol bruk, ble startet opp i Skien i 1885. De er de første som leverer strøm til abonnenter (T. K. Gardåsen, 2000).

Byen ble under krigen okkupert av tyskerne frem til 1945. Gamle Skien kommune ble i 1964 sammenslått med herredene Solum, Gjerpen og Valebø. Utover 1970-tallet ble det bygd to store blokkbebyggelser på Gulset og Klyve (T. K. Gardåsen, 2000).

Industrien i Skien har i dag gått litt ned, men er fortsatt fylkets viktigste handels- og administrasjonsby. Det er etablert nye næringsområder i byen, blant annet på Kjorbekk og Rødemyr, samt et havneanlegg i Voldsfjorden (S. Lundbo, 2017). Skien er for øvrig stolt av å være fødested til dramatiker Henrik Ibsen og polfarer Hjalmar Johansen. Sistnevnte grunnla også byens fotballag Odds Ballklubb i 1894 (T. K. Gardåsen, 2000).

4.3 Kommuneplan

Den 16. juni 2016 vedtok bystyret en kommuneplan som skal gjelde frem til 2026. De ønsker at størstedelen av fremtidig utbygging skal skje innenfor byområdet mellom Skien og Porsgrunn. Det skal bli høyere boligtetthet i bysentrum, lokalsentrene og områdene langs elveleiene. Med høyere utnyttelse av arealene innenfor byområdet skaper større grunnlag for kollektivtrafikken. Da kan flere gå og sykle til arbeid (H. Nymoen, 2016b).

4.4 Utbyggingsplaner

Det er bestemt at en del av den gamle nordtribunen (markert i lilla på figur 4.2) på Skagerak arena skal rives til fordel for ny næring, og som skal gi mer plass til Toppidretts gymnaset i Telemark. Det blir mer om dette. Kjøpesenteret nordvest for stadion og parkeringsplassen utenfor (markert i brunt) er satt av til sentrumsformål (H. Nymoen, 2016a).

Høsten 2015 ble det vedtatt reguleringsplan for *Nye Stevneplassen*, som ligger vis á vis med Skagerak arena (bilde 4.7). Senest i mai 2017 ble det imidlertid lagt fram en ny plan for området kalt *Naturpark og Urbanpark*. Naturparken viser en mer organisk og grønnere profil, mens den urbane parken blant annet viser en ny veiløsning, som vil gi en tettere kobling til Skagerak arena, og nabolaget nord for Stevneplassen. De ble prosjektert etter en undersøkelse, hvor befolkningens behov kom frem gjennom intervjuer med nøkkelpersoner. Det er 4 aspekter; åpen, sosial, idrett og attraksjon. Det er ønskelig at plassen skal være åpen for hele befolkningen og gi muligheter for flerbruk, tilgjengelighet, belysning og med gode koblinger til omgivelsene. Det er ønskelig å ha et sosialt sted med café, servering og tjenester, samt offentlige plasser som kan bidra til egenaktivitet. Alle skal få muligheten til å bruke banene på områdene for bredde- og toppidrett. Det er ønskelig med flere idrettstilbud og større arrangementer, altså alt innenfor sport, kultur og kunst. Som attraksjon skal Stevneplassen være et sted for liv og røre med arrangementer, konserter og festivaler (Skien kommune, 2017a).



Figur 4.2 - Reguleringsplaner rundt Skagerak arena. Figur: Knut Feilberg



Bilde 4.7 - Prosjektering av Nye Stevneplassen. Bilde: Skien kommune

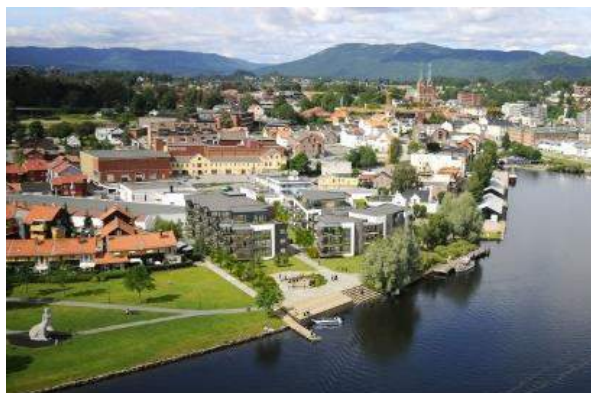
4.5 Grønn struktur

De verneverdige landskapene i sentrumsområdene er den lange grønne stripen vest for sentrum (se bilde 4.8). Dette er Lundedalen parkanlegg. Her det store rekreasjonsmuligheter; fotball, sandvolleyball, håndball og basketball, samt skateboardramper under brua som går over parken. Det er i dette området man også finner Betanien hospital, samt flere barnehager, en barneskole og en ungdomsskole. Dette turområdet strekker seg fra Gamlegrensa nær området Lekeland (to kvartaler nord for Nordre gravlund), og helt ned til bydelen Bakken, en av Skiens grønne perler. Bakkestranda (bilde 4.9) langs Hjellevannet og Farelva er stort friområde med badeplass, og er et område med meget stor landskapsverdi (Skien kommune, 2016). Rett ved Bakkestranda finner en store områder med gamle rehabiliterte trehus. Det er dette området som tidligere var arbeiderklassestrøket, og beliggenheten gjorde at de ikke ble rammet av de store bybrannene i 1777 og 1886, men har som oftest blitt rammet av flommer (T. K. Gardåsen, 2000). Helt i bunnen av parkområdet kan man finne hjemmebanen til fotballklubben Skiens Grane, som har sterke røtter til stedet. Skogområdene langs Falkumelva har store naturverdier, samt jordbruksområdene nord for Gamlegrensa. Det også små parker som Bryggeparken, Ibsenparken og en ved siden av Ibsenhuset. I vest ved Falkumvannet finner man Falkum kolonihage, som er en av tre kolonihager i Skien, sammen Brekke (nordøst for sentrum) og Vestre Gulset lengre nord.



Bilde 4.8 - Oversiktskart som viser områder med viktig rekreasjonsverdi og store naturverdier. Bilde: Knut Feilberg

Bilde 4.9 – Bakkestranda. Foto: boligfordeg.com



4.6 Funksjoner

Skagerak arena befinner seg nordvest for Skien sentrum i bydelen Falkum (se bilde 4.10). Det har blitt gjennomført et besøk på arenaen og i området rundt, hvor man kan finne det meste. Østtribunen huser Toppidrettsgymnaset i Telemark, Voksenopplæringen i Skien, Idrettens Hus, Telemark fotballkrets, Villa mat, Norges skiforbund og Pasient- og brukerombudet. I nordtribunen finner man treningssenteret Elixia, Telemark klubbsservice, en kjøreskole og frisør, samt en Kiwi-butikk med Falkum postkontor. I området rundt Skagerak arena er det flere butikker på vestsida; Rema 1000, Europris og bakeriet Tinholt AS, markert i lilla. På hjørnet på motsatt side av veien finner man Rudolf kiosk. Mellom sør- og vesttribunen kan man også finne Stadionsvingen borettslag som ble innviet i 2015. Ved vesttribunen finner man Stadion terrasse.

Nord for stadion er Stevneplassen på 58.000 m² med de gamle bevaringsverdige tyskerbrakkene fra 2. verdenskrig som tyskerne brukte til forlegning, markert i gult. Dette drives i dag av Telemark messesenter. Det største bygget er den gamle ridehallen, som i dag brukes som utstillingshall. Den nederste tyskerbrakken Fort Falkum huser i dag supporterklubben til Odds Ballklubb.

Nordre gravlund kapell er markert i oransje. På østsida ligger nedlagte Skien sykehjem, og lenger sør for denne ligger Betanien hospital, begge i rødt. Villa Fløyen (i gult) mellom byggene er et arrangementslokale. Lundedalen barnehage i rosa ligger ytterst mot øst. Skien kirke ligger i sentrum, markert i blått, mens Ibsenhuset under er markert i grønt.



Bilde 4.10 - Signalbygg ved Skagerak arena. Bilde: Knut Feilberg



Figur 4.3 - Avstand til andre severdigheter og signalbygg. Figur: Knut Feilberg

4.7 Skagerak arena

Skagerak Arena (bilde 4.13-14) finner man i Fridtjof Nansens gt. 21-23 i bydelen Falkum, og er hjemmebanen til Odds Ballklubb (tidligere Odd Grenland). Navnet kommer av at Skagerak Energi har kjøpt opp rettighetene som generalsponsor. Arenaen erstattet den tidligere Odd stadion på samme sted som hadde sitte- og ståtribuner i voller (se bilde 4.11-12). Hovedtribunen fra 1920 hadde 3200 sitteplasser, og er fortsatt i bruk, hvor det er avgitt plass til bortesupportere samt storskjerm og TV-studio. En ny idé til fotballstadion kom i 2005, og til tross for nabomotstand høsten 2006 ble demonteringen påbegynt og den nye arenaen ble offisielt åpnet i 2011 med kunstgress. I det sørvestlige hjørnet ble det bygget et leilighetskompleks, og det er også planer om å tette igjen de andre hjørnene i nær fremtid. Det ble sommeren 2016 vedtatt nye byggeplaner for nordøstre hjørne, som skal disponeres av Toppidrettsgymnaset i Telemark. Stadion har i dag en tilskuerkapasitet på 11.767 sitteplasser (Odds Ballklubb, 2017).

Ikke nok med at Skagerak arena er hjemmebane for Odds Ballklubb, men stadion er også et viktig samlingspunkt for næringsdrivende i Telemark. Byggets konferansedel har kapasitet fra 10-500 personer, med flere arrangementer som konferanser og selskap. VIP-området har sin egen restaurant, og brukes under fotballkamper (Odds Ballklubb, 2017).



Bilde 4.11 - Gamle Odd stadion. Foto: Telemark museum



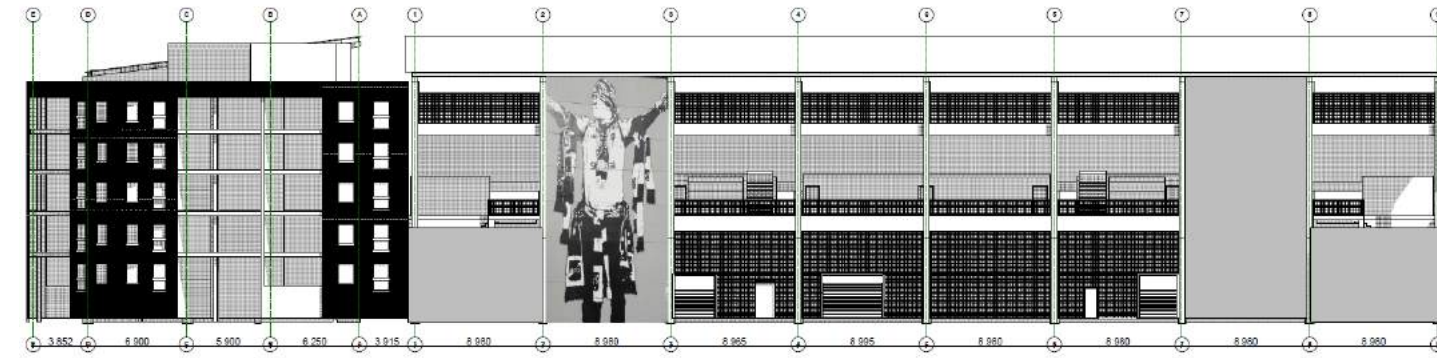
Bilde 4.12 - Gamle Odd stadion med hovedtribunen som enda står i 2017. Foto: Bitjungle



Bilde 4.13 - Stadion fra nordvest med Stadion terrasse bak vesttribunen. Foto: Rolf Broløkken

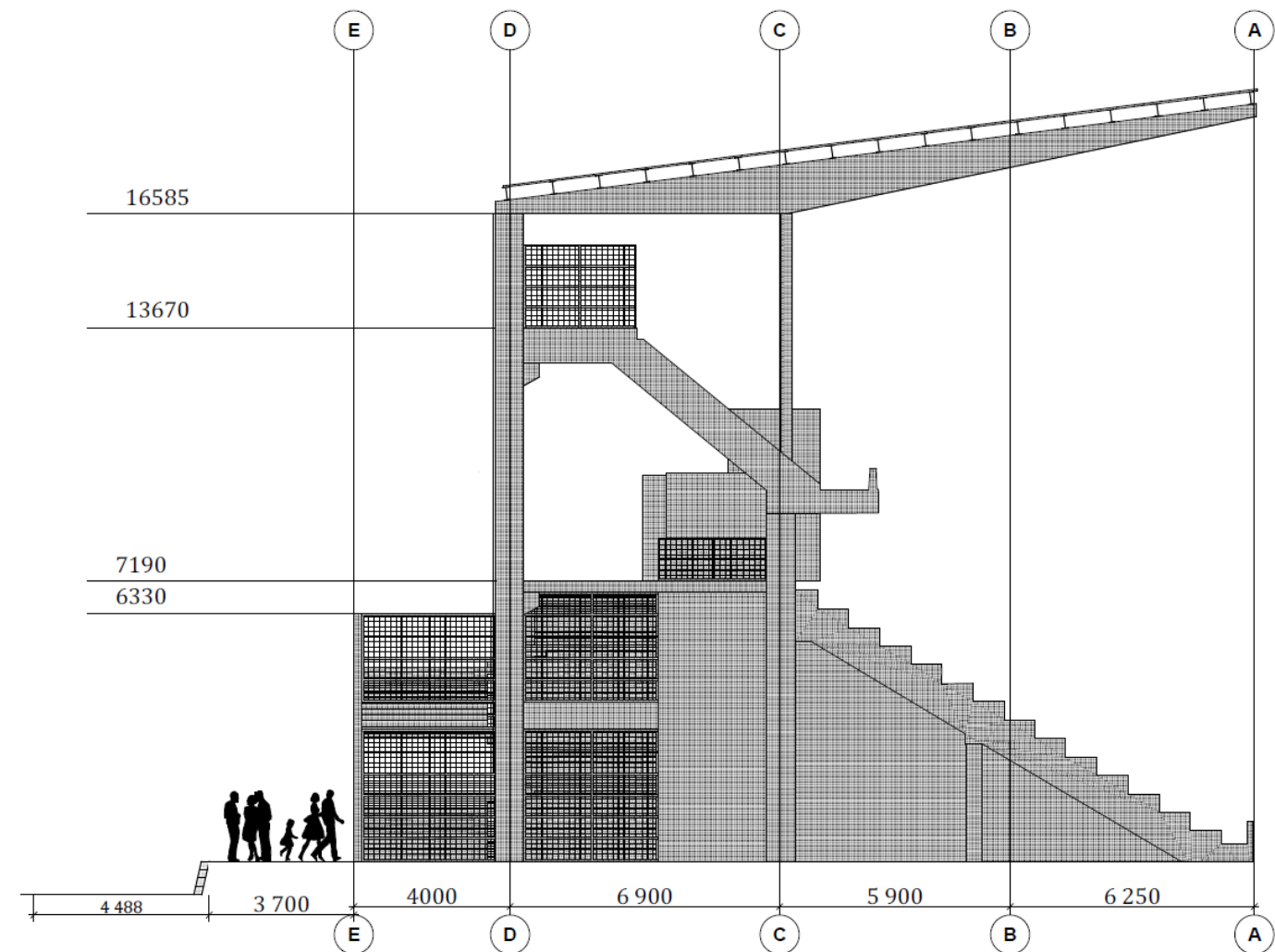


Bilde 4.14 - Stadion fra sørøst. Foto: Rolf Broløkken



Figur 4.16 - Dagens sørfasade på sørtribunen, med Odd-supporteren. Figur fra ArchiCAD: Knut Feilberg

Man kan se at sør- og vesttribunen er identiske, hvor bare lengden er forskjellig. Det gir rom for like løsninger i mulighetsstudiet. Tribunene er delt opp i like moduler langs fasaden, noe som gjør det enklere å beregne mengder til prosjektering.



Figur 4.17 - Snitt av dagens sørtribune fra øst. Figur: Knut Feilberg

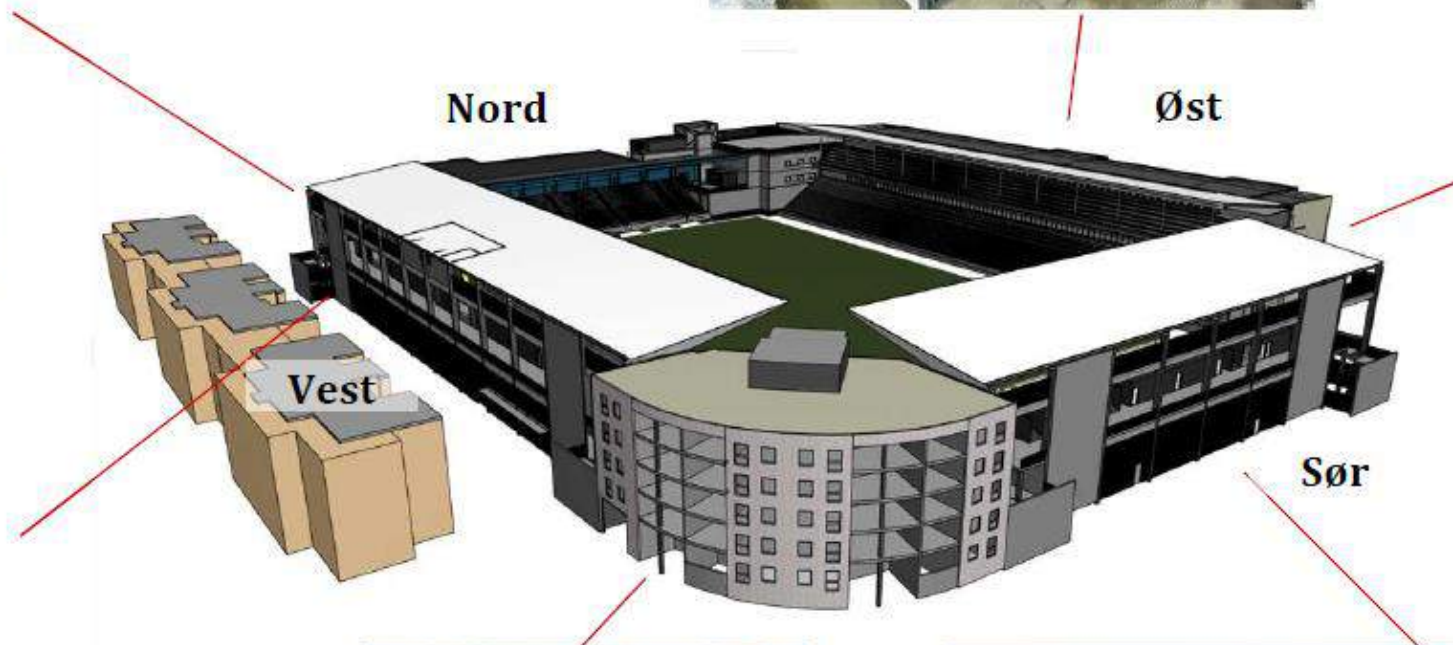


En av de to betongveggene på vestfasaden. Foto: Halvdan Rosted



Gittermodulene på vesttribunen, lik gittermodulene på sørtribunen. Foto: Halvdan Rosted

I midten ser vi det eksisterende anlegget av Skagerak arena, med det nye Stadionsvingen borettslag i midten mellom sør og vesttribunen. Stadion terrasse danner gateløpet i vest. Dette er en delvis egen modell fra ArchiCAD, hvor sør- og vestbygget er tegnet av Knut Feilberg, mens øst og nordbygget er tegnet av arkitektkontoret tegn_3 i Trondheim.



Østtribunen. Foto: Rolf Broeløkken



Sørtribunen fra øst. Foto: Halvdan Rosted

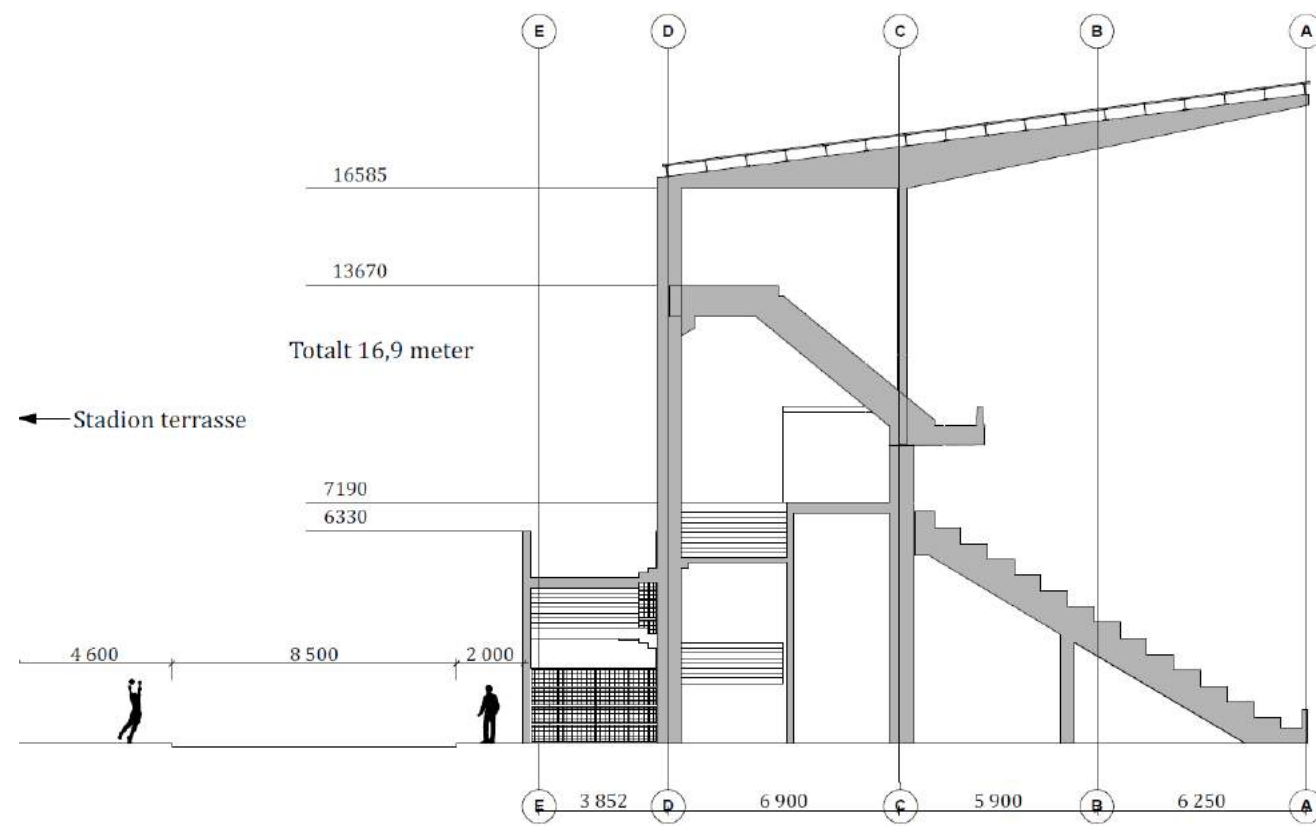


Stadionsvingen borettslag i hjørnet mellom vest- og sørtribunen. Foto: Halvdan Rosted

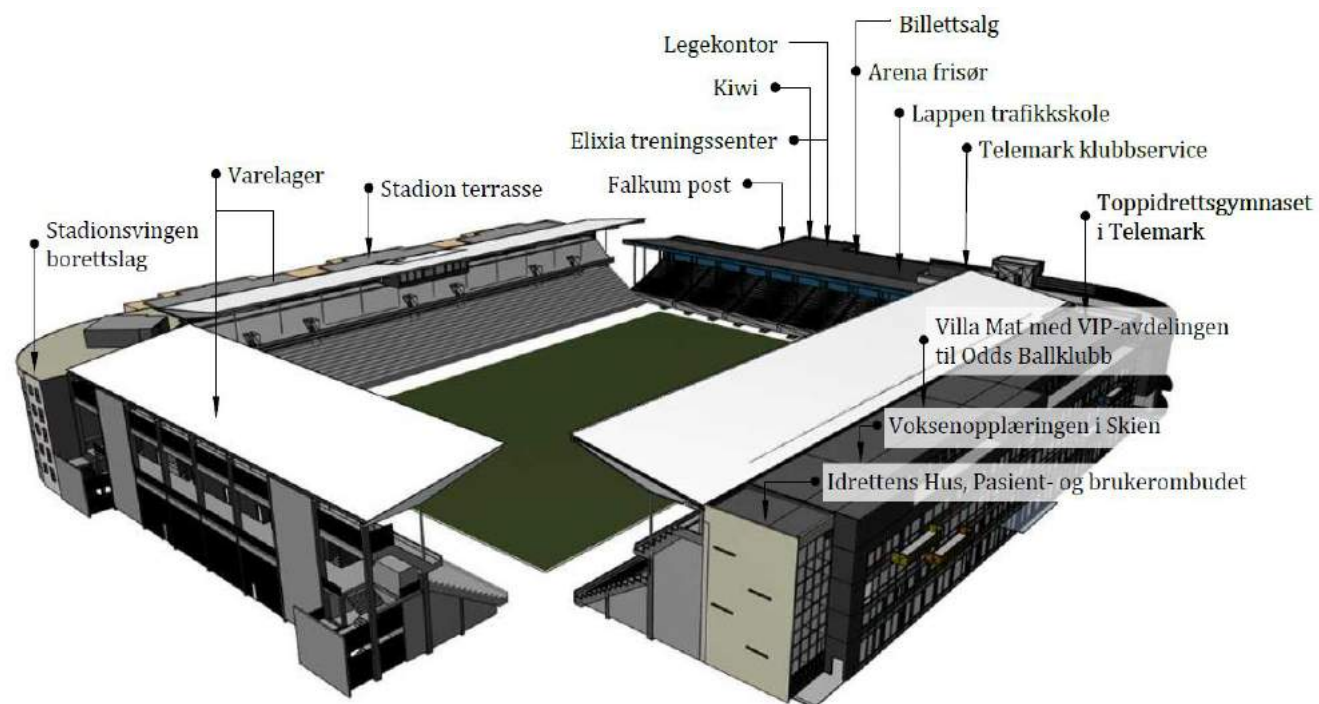


Sørtribunen med Stadionsvingen borettslag til venstre. Foto: Halvdan Rosted

Figur 4.18 - Skagerak arena. Figur: Knut Feilberg



Figur 4.19 - Snitt av dagens vesttribune sett fra sør. Figur: Knut Feilberg

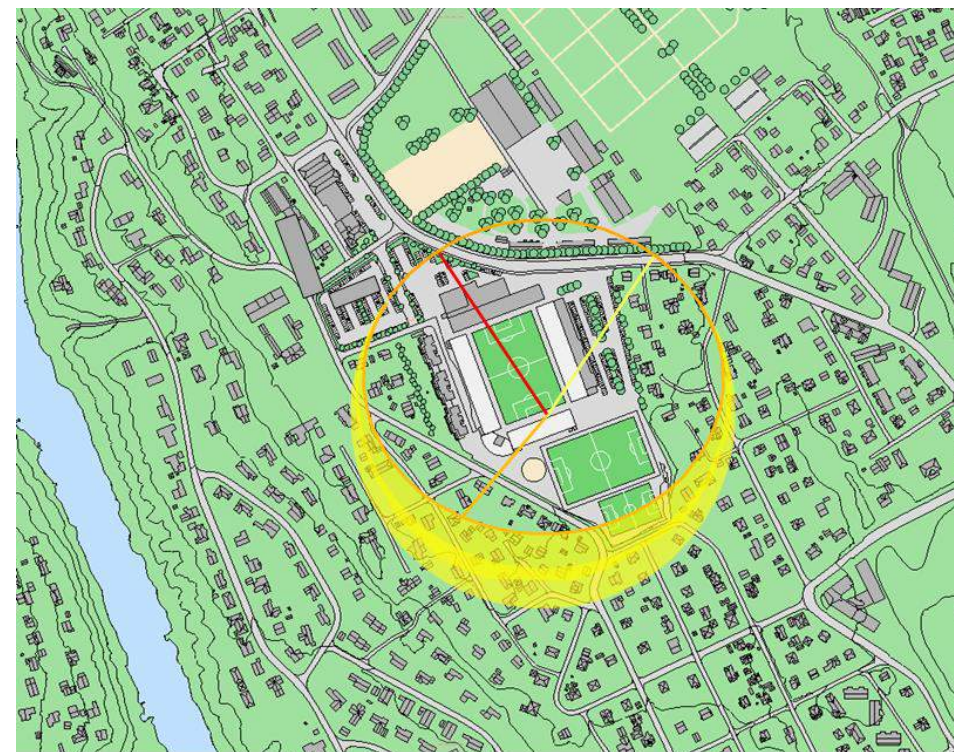


Figur 4.20 - Funksjonskart av Skagerak arena av arkitektkontoret tegn_3 og Knut Feilberg. Man ser tydelig at trengs noe mer på sør- og vesttribunen for å skape engasjement, da øst og nord er nærmest bilveien, og som allerede har skapt en signaleffekt med påbyggene. Dermed har man størst potensiale til å prosjektere grønne vegger på de førstnevnte tribunen, enn på de andre.

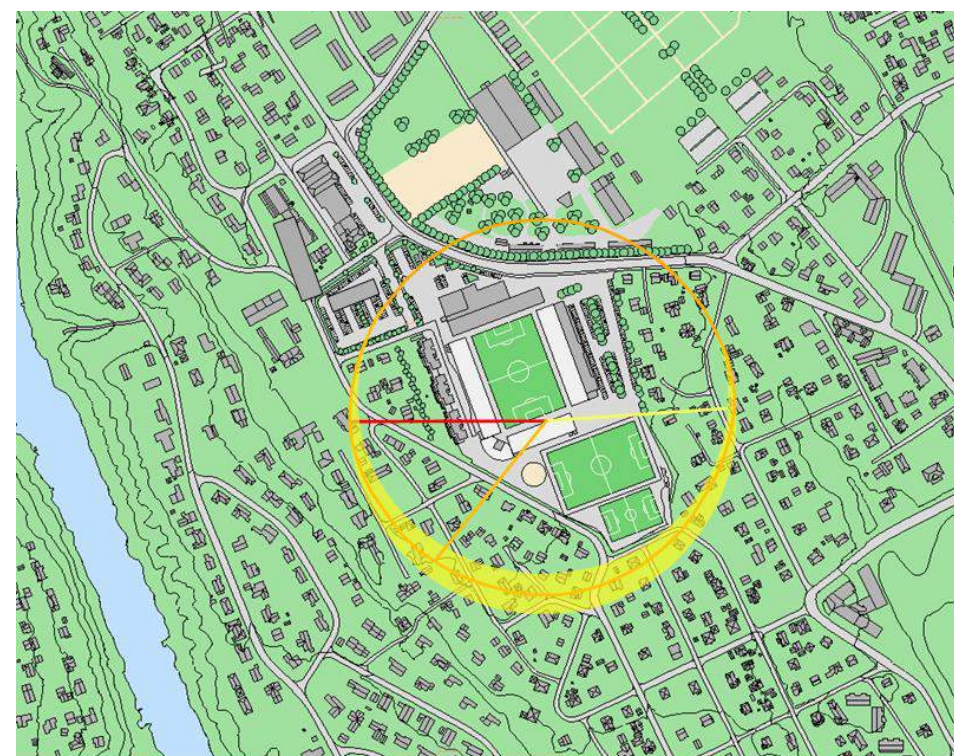
5.0 Analyse

5.0 Analyse

5.1 Solforhold



Figur 5.1 - Solposisjon sommersolverv 20. juni. Figur: Knut Feilberg



Figur 5.2 - Solposisjon vårjevndøgn/høstjevndøgn 20. mars. Figur: Knut Feilberg

Sommertid (figur 5.1) starter fra vårjevndøgn rundt den 26. mars, og varer i 31 uker altså rundt 217 dager. Dette varierer selvsagt fra år til år. Sommersolverv starter omtrent 20. juni, og normaltid fra 29. oktober. Sola står opp i firetiden (04.00), og går ned kvart på 11 (22.45) i denne perioden.

Vårjevndøgn (figur 5.2) den 20. mars og høstjevndøgn den 20. september har samme solposisjon, derfor er det bare tatt med solskive for sommersolverv og vårjevndøgn. Man ser at sørfasaden alltid får sol, uansett når på året. Sola vil skinne på hele vestfasaden om sommeren, men vil gå ned halvveis i vintersesongen. Sola vil også virke dårligere med leilighetskomplekset imellom, som skaper skygger på vesttribunen. Den tribunen skal vi gå nærmere inn på.



Bilde 5.3 - Vesttribunen 21. juni kl. 9. Felles modell fra ArchiCAD/Infraworks (Knut Feilberg/tegn_3/Halvdan Rosted).



Bilde 5.4 - Vesttribunen 21. juni kl. 12.



Bilde 5.7 - Skagerak arena 21. juni kl. 9. Felles modell fra ArchiCAD/Infraworks (Knut Feilberg/tegn_3/Halvdan Rosted).



Bilde 5.8 - Skagerak arena 21. juni kl. 12.

Disse bildene illustrerer kun solforholdene på sommeren, da det er mest hensiktsmessig for plantenes blomstringssesong. På morgenen er hele vesttribunen i skygge, noe som varer frem til midt på dagen. Utover dette er hele veggen eksponert for sol på ettermiddagen og til sola går ned rundt 21. Da passer det å ha planter på hele veggen, da veggen i stor grad ikke lider av å være i et trangt gateparti med fire etasjers høye blokker på andre siden, som forårsaker store skyggelegginger. Vesttribunen er også den siden som er mest utsatt for vær og vind, og selv om boligblokkene i Stadion terrasse på andre siden vil skjerme litt, vil det også oppstå vindturbulens, som illustrert på figur 3.51. Likevel er det best med modulvegger i bunn, da de kan brukes til noe annet enn matproduksjon, som for eksempel kunst, eller skape en signaleffekt mens man går nedover gaten. Dette er ikke en vegg som kan ses på større avstander, da blokkene er i veien. Dermed må man skape noe ut av de grønne veggene som fenger, på stedet. Over modulveggene kan man lett gå for matproduksjon.

På morgenen får hele stadion tilgang på sol, og sørtribunen er den som får størst soleksponering. Det kreves at sørtribunen er den som mest skal kunne takle størst variasjon mellom ulike værtyper, under ekstreme værtilstander. Rundt 15 og utover blir sola svakere på sørfasaden, og det er da vesttribunen får sin soleksponering. Fra 18 og utover er sola bare i vest. Plantene i sør får størst tilgang på sol, og kan være mer varmekjære, enn de på vesttribunen. Sørtribunen er også den som kan gi størst signaleffekt fra større avstander, hvor man kan benytte seg av både modulvegger og/eller matproduksjon på hele veggen.



Bilde 5.5 - Vesttribunen 21. juni kl. 15



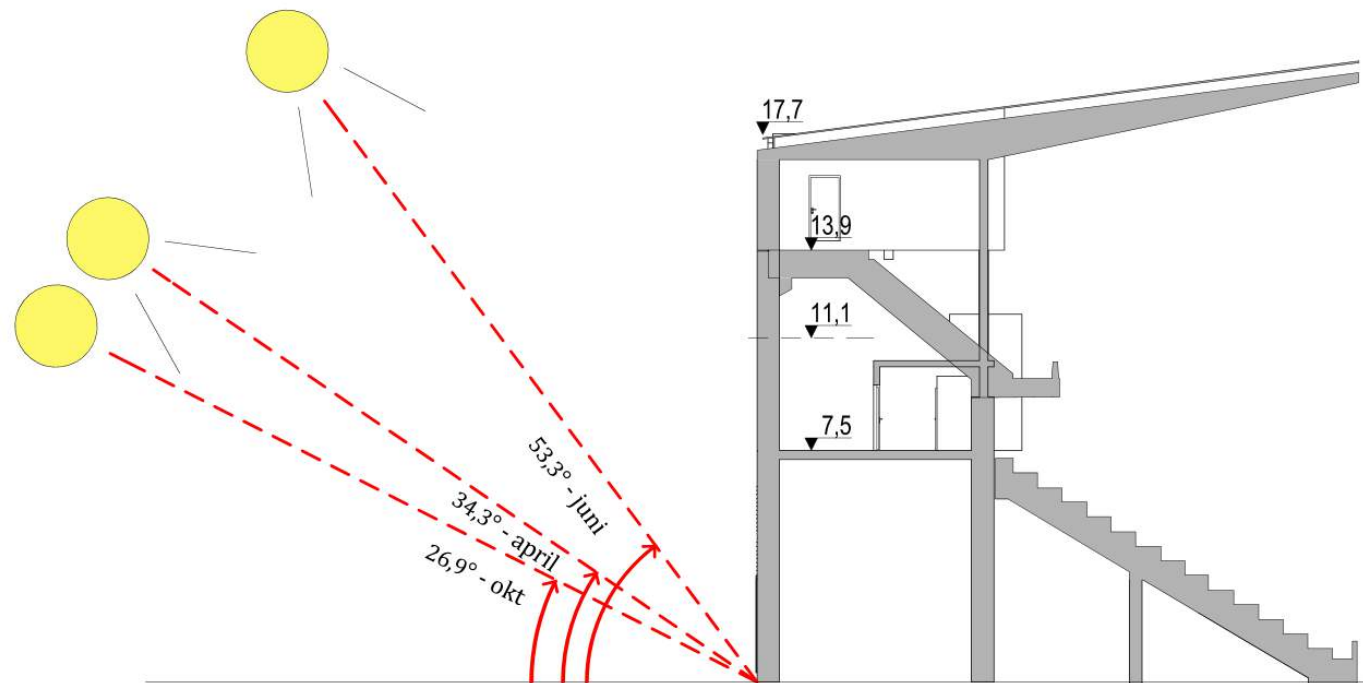
Bilde 5.6 - Vesttribunen 21. juni kl. 18



Bilde 5.9 - Skagerak arena 21. juni kl. 15.



Bilde 5.10 - Skagerak arena 21. juni kl. 18.



Figur 5.3 - Solvinkler på Skagerak arena. Figur: Knut Feilberg

Arenaen befinner seg 37 meter over havet, hvor solas posisjon på himmelen i vekstsesongen april-oktober går fra 34,3° i april til 53,3° den 21. juni til 26,9° den 1. oktober (figur 5.3). Dette gir en pekepinn på hvordan man skal kunne bygge modulveggene med svalganger. Dette er viktig med tanke på effekten matproduksjon skal kunne ha for prosjektet. Plantene som er valgt for prosjektet trenger riktig mengde sollys, og er noe av det viktigste som legges vekt på.

Vedlegg VI tar for seg en overskyet solsimulering (med minimale lysforhold) fra programmet *Velux Daylight Visualizer* med antall soltimer for sør- og vesttribunen. Beregningene er målt i lux. Som vi vet fra kapittel 3.8.3 trenger planter minst 1000 lux gjennom dagen for å kunne vokse og blomstre på vanlig måte (figur 5.4). Simuleringene fra dette programmet bør tas med en klype salt, da skygger fra leilighetene i Stadion terrasse ikke er like fremtredende som på solsimuleringene fra programmet *Infraworks*.

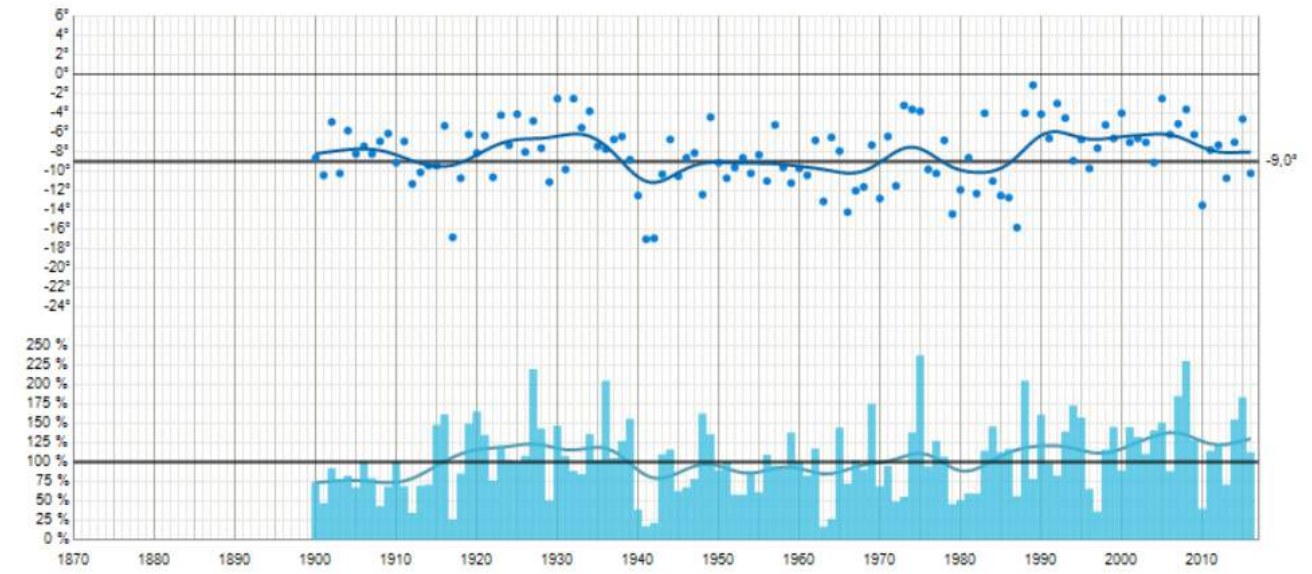
Antall soltimer over 1000 lux

| | Sørtribunen | Vesttribunen |
|-------------|-------------|--------------|
| 21. mars | 7,5 | 6,5 |
| 21. juni | 14 | 13,5 |
| 21. oktober | 7,5 | 6,5 |

Figur 5.4 - Antall soltimer over 1000 lux

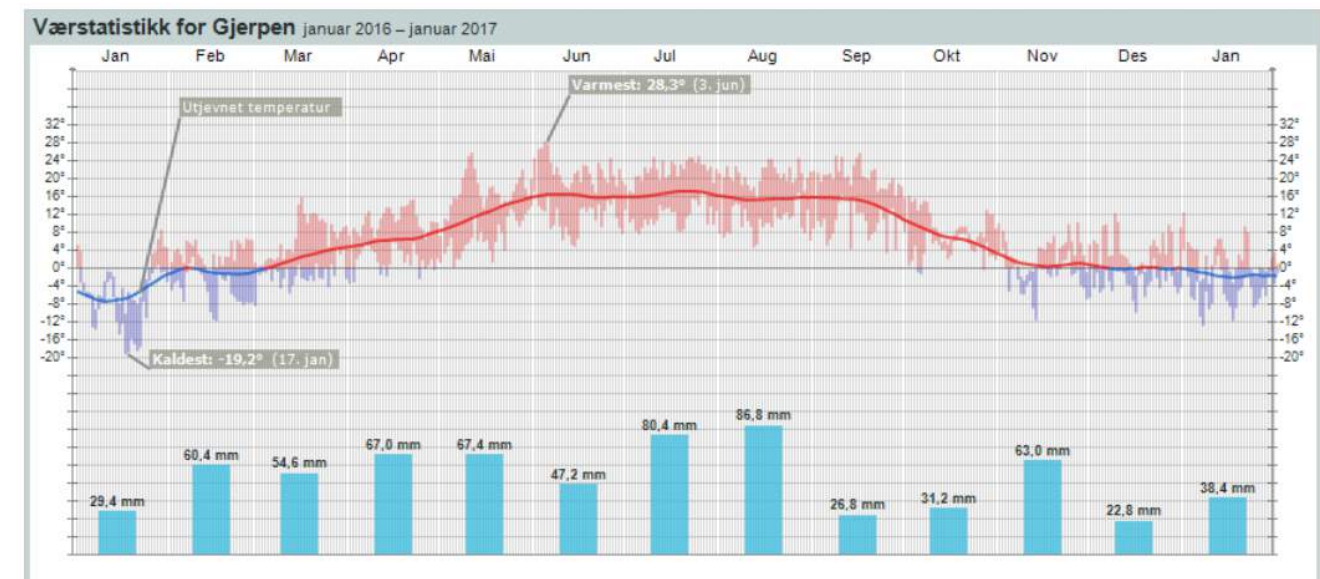
Altså er det sannsynlig at plantene får nok lys gjennom vekstsesongen.

5.2 Temperatur og nedbør



Figur 5.5 - Temperaturmåling over og nedbørsmengder under. Figur: yr.no

Temperaturen i Skien har minket med ca. 2 grader siden 2006 (figur 5.5). Det var varmest i 1932 og 1991-92, og kaldest under krigen. Nedbøren i Skiensområdet har økt jevnt og trutt siden 1980-tallet, men har likevel ikke økt noe særlig siden starten av 2000-tallet, hvor 2006 var det våteste, på rundt 40 % høyere nedbør enn normalen, som har sammenheng med den høye temperaturen det året. Normal nedbørsmengde har det derimot ikke vært siden perioden 1940-70. Gjennomsnittet på en 10-årsperiode, mellom 2007-17 er at det har falt 122,8 % mer nedbør enn normalen, noe som er lavere enn prosentandelen på nedbørsmengden i 2016, så nedbørsmengden øker betraktelig (figur 5.6).

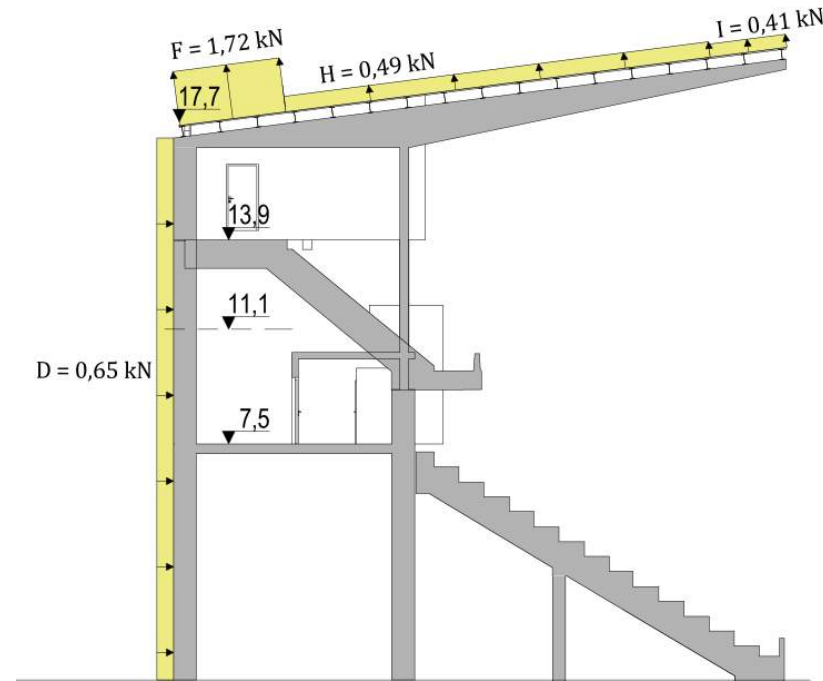


Figur 5.6 - Værstatistikk for Gjerpen målestasjon (Skien). Figur: yr.no

Hvis man ser de ustabile temperaturene og vannmengdene under ett, er det den økende nedbøren man bør frykte, som har hatt en relativt jevn stigning siden 1980-tallet. Det er med andre ord god grunn til å anlegge grønne tak og vegger, som kan håndtere overvann best i byer. Fra 2016 til i dag ser vi at den kaldeste temperaturen ble målt 17. januar på $-19,2^{\circ}\text{C}$ i 2016, mens den varmeste på $28,3^{\circ}\text{C}$ ble målt i juni (fig. 3.10). Temperaturene er ikke verre enn de som finnes oppe i Trondheim hvor Arvid Ekle har hatt sin private sommervegg. Så lenge man skrur av vanningsystemet i perioden april-oktober, kan man få en frisk vegg under skjøttingsarbeidet på våren. I fjorårets vekstsesong fra april til oktober kom det totalt **406,8 mm**, som var det tørreste sommeråret siden 2010, og som er god å bruke til gjennomsnittlig nedbørsmengde. Denne mengden er omtrent lik Trondheims nedbørsmengde, som hadde 416,4 mm i vekstsesongen 2016.

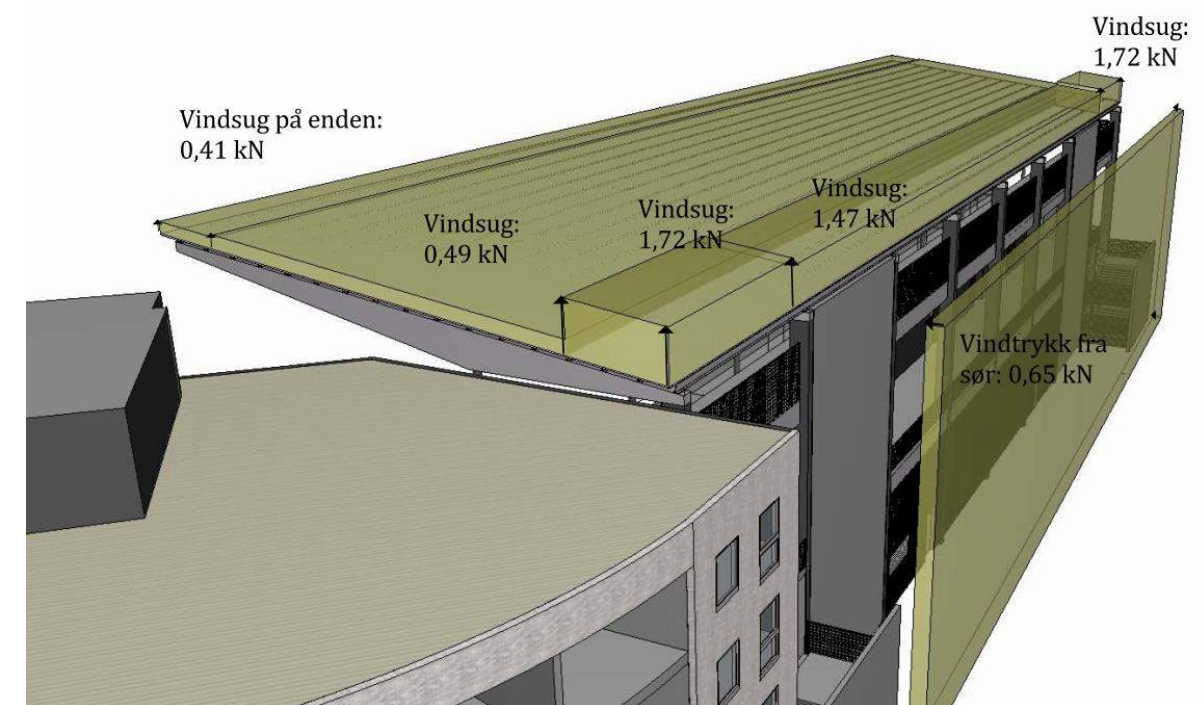
samme skala. På sommerstid er det sterkeste vind fra nordøst og sørøst, som er laber til frisk bris. Det kan også oppstå enkelte vindkast fra sør og nord i samme skala. Det er ikke mye. Dermed kan man si at det ikke er noen større fare for at planteveggen skal lide under vind.

| Måneder | Temperatur | | | | Nedbør | | |
|----------|--------------|--------|---------------|----------------|---------|--------|------------------|
| | Gjennomsnitt | Normal | Varmest | Kaldest | Totalt | Normal | Mest på ett døgn |
| jan 2017 | -1,9° | | 9,4° 20. jan | -12,9° 6. jan | 38,4 mm | | 11,6 mm 12. jan |
| des 2016 | 0,5° | | 12,5° 31. des | -10,0° 15. des | 22,8 mm | | 10,0 mm 8. des |
| nov 2016 | 0,4° | | 10,3° 26. nov | -11,6° 12. nov | 63,0 mm | | 15,6 mm 18. nov |
| okt 2016 | 6,9° | | 16,2° 1. okt | -1,3° 5. okt | 31,2 mm | | 9,8 mm 18. okt |
| sep 2016 | 15,0° | | 25,8° 15. sep | 3,4° 24. sep | 26,8 mm | | 9,0 mm 28. sep |
| aug 2016 | 15,4° | | 24,6° 26. aug | 4,6° 11. aug | 86,8 mm | | 12,6 mm 26. aug |
| jul 2016 | 16,7° | | 25,0° 24. jul | 7,6° 4. jul | 80,4 mm | | 21,8 mm 3. jul |
| jun 2016 | 16,6° | | 28,3° 3. jun | 4,8° 13. jun | 47,2 mm | | 16,6 mm 21. jun |
| mai 2016 | 12,8° | | 25,9° 10. mai | 0,1° 4. mai | 67,4 mm | | 37,0 mm 23. mai |
| apr 2016 | 6,1° | | 15,4° 21. apr | -3,1° 1. apr | 67,0 mm | | 21,0 mm 30. apr |
| mar 2016 | 2,5° | | 15,9° 15. mar | -5,6° 11. mar | 54,6 mm | | 18,0 mm 29. mar |
| feb 2016 | -0,9° | | 6,6° 26. feb | -11,8° 16. feb | 60,4 mm | | 16,2 mm 9. feb |
| jan 2016 | -5,4° | | 8,6° 29. jan | -19,2° 17. jan | 29,4 mm | | 9,8 mm 1. jan |



Figur 5.10 - Vindkrefter på Skagerak arena. Figur: Knut Feilberg

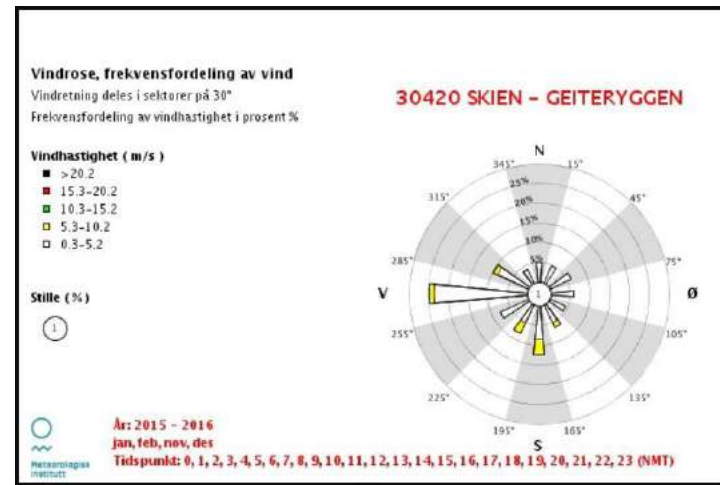
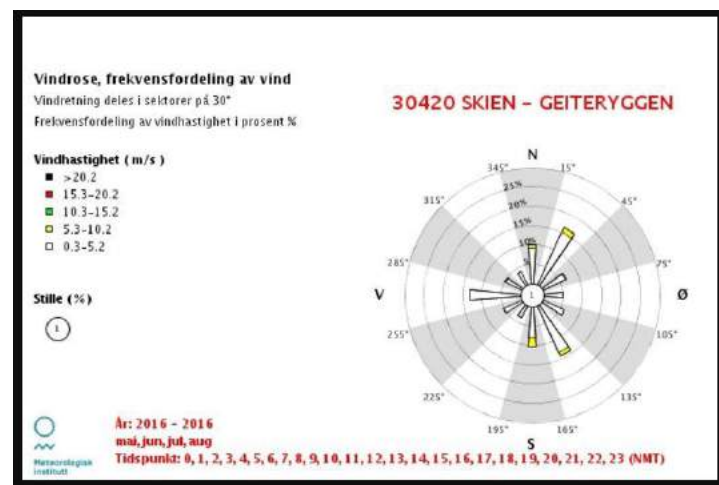
Største vindhastighet i Skien er 22 m/s. Vinden på Skagerak arena vil bli størst fra øst ved kanten av taket, som resulterer i et vindsug på 1,72 kN (se figur 5.10 og 11). Denne verdien er viktig å få med for å velge riktige bolter til de grønne modulveggene. Det er 175,4 kg/m². Fra sør vil det komme et vindtrykk på 0,65 kN, eller 66,3 kg/m². Vedlegg VII inneholder vindberegningene.



Figur 5.11 - Vindkrefter på Skagerak arena. Figur: Knut Feilberg

5.3 Vind- og snøforhold

Under ser man vindroser for vinterstid og sommerstid. På vinterstid er det hyppige vinder fra vest på det sterkeste mellom 5-10 m/s, som er laber til frisk bris. Det kan også oppstå vind fra sør i



Figur 5.8 - Vindrose sommerstid. Figur: Meteorologisk institutt.

Figur 5.9 - Vindrose vinterstid. Figur: Meteorologisk institutt.

Den karakteristiske snølasten på mark $S_{k,0}$ i Skiensområdet er $4,0 \text{ kN/m}^2$ ifølge Tabell 3 – Grunnlag for beregning av dimensjonerende snølast, fra NS 3491-3, under. Det lover godt for svalganger i limtre fra kapittel 3.6.2. Skagerak arena ligger på rundt 38 meter, under høydegrensen (H_g) på 150 m. Arenaen er ansett å være i pålitelighetsklasse 3, som omhandler tribuner og offentlige bygninger der konsekvensene av brudd er store. Konsekvensene kan være i tap av menneskeliv, eller som kan gi svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige påkjenninger, ifølge Tabell B1 - Definisjon av konsekvensklasser, fra NS-EN 1990.

Tabell 3 forts.

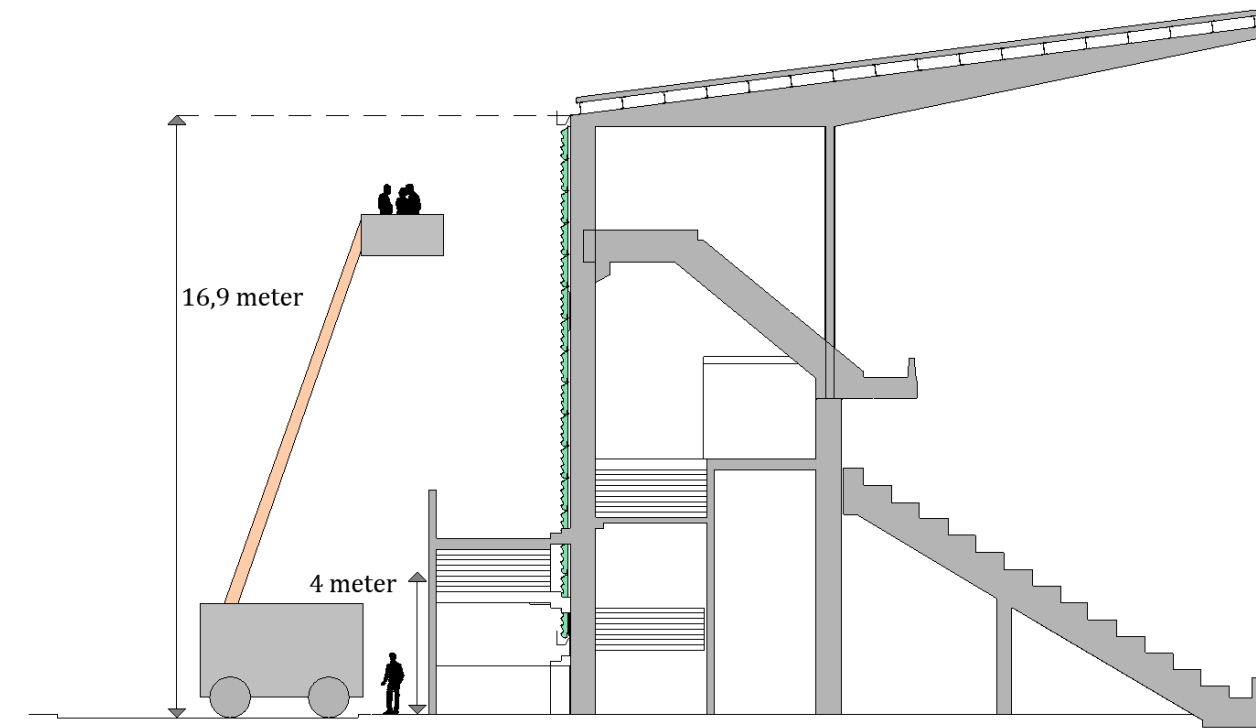
| Kommune | $S_{k,0}$ kN/m ² | H_u m | H_g m | ΔS_k kN/m ² | $S_{k,maks}$ kN/m ² |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Svelvik | 4,0 | – | 150 | 0,5 | – |
| Tjøme | 3,0 | – | 150 | 0,5 | – |
| Tønsberg | 4,0 | – | 150 | 0,5 | – |
| Våle (Re) | 4,5 | – | 150 | 0,5 | – |
| Telemark | | | | | |
| Bamble | 4,0 | – | 150 | 1,0 | – |
| Bø | 4,0 | 67 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Drangedal | 4,5 | 72 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Fyresdal | 4,5 | 252 | 350 | 1,0 | 6,5 |
| Hjartdal | 4,5 | 80 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Kragerø | 4,5 | – | 150 | 1,0 | – |
| Kviteseid | 4,5 | 72 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Nissedal | 4,5 | 247 | 350 | 1,0 | 6,5 |
| Nome | 4,0 | 20 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Notodden | 4,0 | 25 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Porsgrunn | 4,0 | – | 150 | 1,0 | – |
| Sauherad | 4,0 | 75 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Seljord | 4,5 | 116 | 250 | 1,0 | 6,5 |
| Siljan | 5,0 | 107 | 250 | 1,0 | 6,5 |
| Skien | 4,0 | – | 150 | 1,0 | – |
| Tinn | 4,5 | 293 | 350 | 1,0 | 6,5 |
| Tokke | 4,5 | 72 | 150 | 1,0 | 6,5 |
| Vinje | 5,0 | 470 | 550 | 1,0 | 6,5 |
| – nær Rogaland/ Hordaland | 5,0 | 470 | 550 | 1,0 | 7,5 |

Figur 5.12 – Byggforsk NS 3491-3. Tabell 3 - Grunnlag for beregning av dimensjonerende snølast.

5.4 Høydeforhold

Vest- og sørtribunen er helt identiske sett bort fra lengden. De har begge to høye betongvegger som rager 16,9 meter over bakken og er 145 m^2 store, samt to lavere betongvegger på $60,2 \text{ m}^2$ meter som er tilsluttet et trapperom (se figur 5.13).

Sørtribunen kan bli sett langveisfra, til og med over Hjellevannet, og er best å bruke som en signalvegg hvor kunsten skal fenge, og få folk til å ønske å komme til stadion for å se. I midten er det tenkt å prosjektere tre etasjer med svalganger i samspill med et drivhus, som skal holde planter og urter utenfor vekstsesongen.



Figur 5.13 - Høydeproblematikk ved vedlikehold. Figur: Knut Feilberg

Vesttribunen er helt lik bortsett fra lengden (ca. 108 m mot 72 m). Forskjellen er at den er «innestengt» av Stadion terrasse i vest, og kan forvente vindturbulens som figur 3.51 viser. Dette kan skape dårligere vekst- og solforhold. Denne veggen kan prosjekteres annerledes, men utifra analysen skal det gå fint å prosjektere likt på sør- og vesttribunen.

5.5 Fra analysen

Det vi kan trekke ut fra analysen er at Skagerak arena er et naturlig midtpunkt i Skien. Byen har ikke vært spesielt miljøbevisst, men vil stadig bli bedre, og de vil tilrettelegge for at flere bruker bysentrum. Dermed er sjansene store for at *Grønn stadion*-prosjektet vil fenge, også for fotballsupporterne. Det er viktig å skape et sted hvor folk vil møtes utenom helgene, snakke sammen, tilegne seg kunnskap og opplevelser og ikke bare bruke bygget til fotball.

Den grønne strukturen rundt Skagerak arena med Lundedalen, Falkumelva, Bakkestranda, Nordre gravlund og Gamlegrensa sørger for at stadion kan bli et grønt midtpunkt. Solforholdene er gode i og med at det er et høyt bygg, og nedbøren er ansett som høy nok til å drive et vanningsanlegg med det grønne anlegget. Det som imidlertid kan bli avgjørende for hvordan prosjektet tar seg ut, er høyden, og faren for snø og vind.

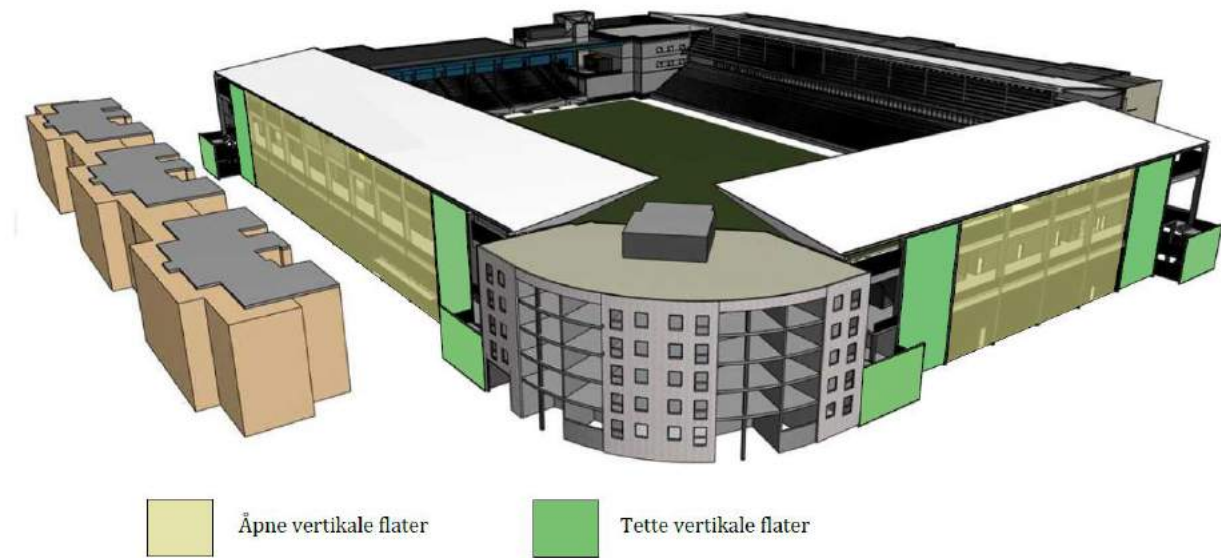
Mulighetsstudiets formulering:

Hovedmål: Gjennomføre en mulighetsstudie om matproduksjon på store, urbane bygningsflater i et nordisk klima, herunder en vurdering av eksisterende FoU-behov.

Denne masteroppgaven har følgende problemstilling:

Hvordan utnytte betongfasader på Skagerak arena til matproduksjon, ved å se på ulike alternativer?

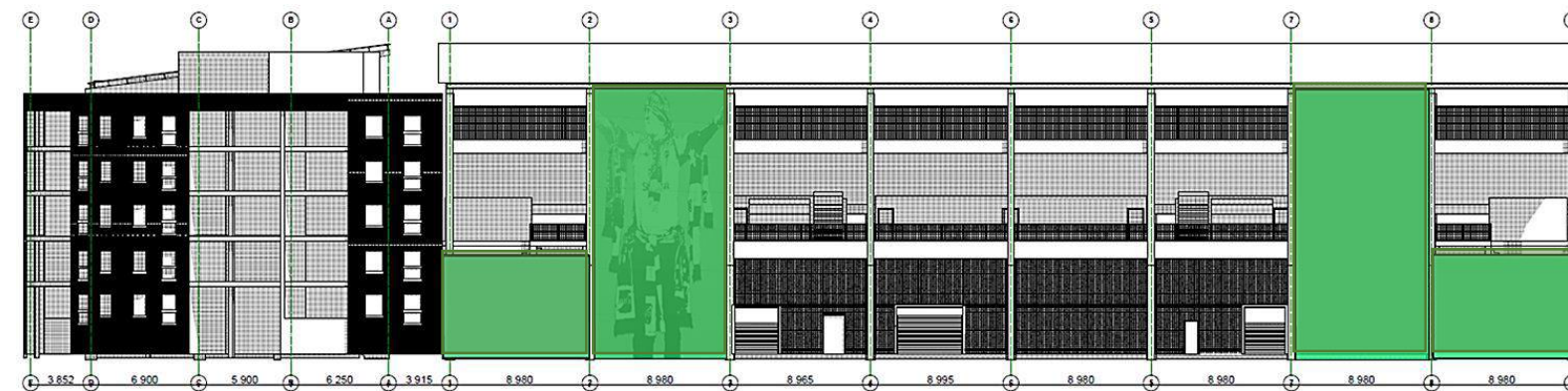
5.6 Lokalisering av grønne flater



Figur 5.14 – Lokalisering av grønne vertikale flater. Figur: fra ArchiCAD av Knut Feilberg og tegn_3

1. Hvilke arealer på Skagerak arena egner seg for matproduksjon?

Dette prosjektet har størst fokus på sør- og vesttribunen som er minst påkostet fra før, mens østtribunen allerede er fullt utbygd. Nordtribunen er eldst, og får et nybygg i nordøst. Den er ikke vurdert.



Figur 5.15 - Flatene som er tenkt å inneholde planteveggmoduler. Man må ta hensyn til leilighetsblokkene i vest. Figur: fra ArchiCAD av Knut Feilberg.

NB! I etterkant av arbeidet ble det bestemt at åpningene på sørtribunen skal bygges inn.

Dette prosjektet har derfor valgt å se bort fra dette aspektet.

Bilde 6.1 - Snitt av sørtribunen med svalganger. Rendret av Knut Feilberg og Halvdan Rosted (ArchiCAD/ Photoshop).



6.0 Mulighetsstudiet



Bilde 6.2 - Sørtribunen med modulvegger og svalganger. Rendret av Knut Feilberg og Halvdan Rosted (ArchiCAD/ Photoshop).

6.0 Mulighetsstudiet

6.1 Prosjekt "Grønn stadion"

Tidligere medlem i miljøorganisasjonen ZERO; Einar Håndlykken er nå daglig leder i Odds Ballklubb i Skien. Han har en visjon om å lede Norges mest miljøvennlige klubb. Sammen med prosjektleder Vigdis Saga Kjørholt og hennes partner Tom Erik Økland, som sammen driver Langøya Hovedgård i Langesund, vil de skape en mer bærekraftig fremtid. Langøya Hovedgård er senter for matauk, og de ønsker nå en større satsing på dyrking og prosjektet *Grønn stadion*. Dette vil føre til at de vil bli den første fotballklubben i Europa med både grønn stadion og landbruk.

Deres mål er å Skagerak arena om til et sted for alle, og gjøre arenaen om til et storstue for hele byen, mest på miljømessige og sosiale gevinster. Det er flere aspekter som settes opp. Med et forstudium vil de kartlegge biologiske, planmessige og teknologiske bærekraftige løsninger for matproduksjon på det eksisterende stadionanlegget, og kartlegge forskning og utviklingsarbeid-behov (FoU). De vil være innovative på nye løsninger som innebærer å dyrking på store idrettsanlegg, kjøpesentre og parkeringshus, og det er ikke nok med dyrking på tak, her det også med vegger i bildet. Med disse tankene kan man skape noe spesielt før og etter kamp, men også på hverdager.

Driftsmodellen er tenkt til henvise seg til nærmiljøet. Det kan være inkluderende, hvor alle kan bidra til skjøtling og høsting (F. J. Granados, 6/6/2016).

Ikke bare vil de ha en grønn stadion, for videre skal Skagerak Energi snart i gang med å få stadion til å produsere egen strøm fra solceller på tribunetakene, og gjøre arenaen til landets største solcellekraftverk, som kan produsere 1,3 gigawattimer, og gi strøm til 20 eneboliger (J. Fossing, 2017).



Bilde 6.3 - Einar Håndlykken, Tom Erik Økland og Vigdis Saga Kjørholt ved vesttribunen på Skagerak arena. Bilde: Telemarksavisa

6.2 Alternativene

6.2.1 Alternativ 1 - Plantebokser

I midten av hver tribune, mellom betongveggene, må man finne på noe annet. Her er det åpne rom med gittervegger og rekkverk. Modulvegger krever god bæring, og det får man ikke av vanlige gitterveggmoduler. De må man klare å disponere på andre måter. Det er i utgangspunktet ikke ønskelig å bruke gittermodulene til festing av modulvegger, men lett vegetasjon er mulig. Man kan bruke gittermodulene som rammeverk for at planter skal kunne klatre oppover.

Brukbarhet

Første alternativ er å installere plantebokser på bakkeplan og oppover fasadene (se figur 6.3 og 6.4). Denne løsningen er lettest, en god investering og er ment for dugnadsånden, da hensikten er å snekre kassene selv, og montere dem på gitterveggene som allerede eksisterer på stadion. Dette vil inkludere barn og unge gjennom den kulturelle skolesekken, samt at flyktninger og arbeidsløse kan få et tilbud. Dette kan inkludere alle som vil bidra (se figur 6.1).

Dette alternativet er fint å bruke for å skape sosiale forhold, og kan hjelpe Skagerak arena til å bli et produkt for byen sin. Bruken av plantebokser er det enkleste, og trenger ingen spesielle kunnskaper, annet enn engasjement. Arbeidskraft fra frivillige kan være med på skjøtsel og høsting. Flere av kassene skal være lett tilgjengelige; fra bakkeplan eller ved rekkverket. De i midten av veggen må man ta med stige, men siden det er så få av dem, skal det gå i lengden.

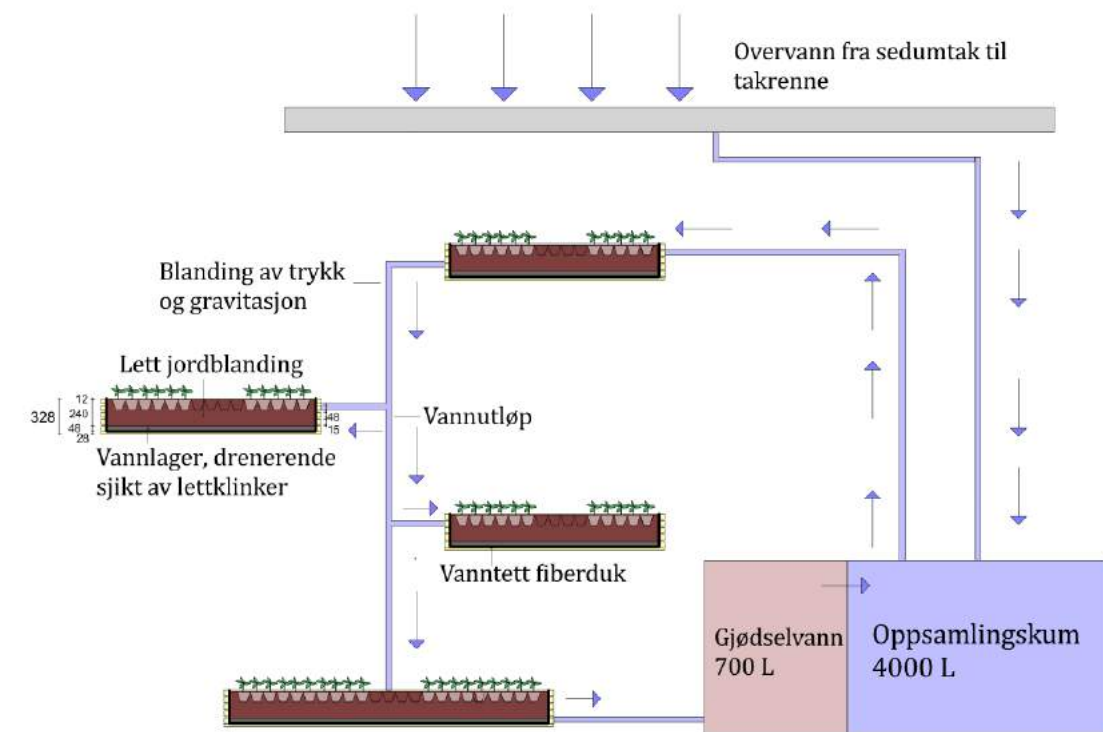
Brukbarheten er høy da Halvdan Rosted foreslår at kassene blir fylt med lettvektsjord som brukes på grønne tak, som til tross for sin lave densitet gir plantene gode vekstforhold. Blandingen består av grove materialer av sand, knust tegl, pimpstein og lettklinker i bunn, som gir porevolum til oksygen og vann. Da lettklinker holder dårlig på vann, skal kunst tegl og pimpstein gjøre dette. 20 % av dette skal videre blandes i organisk materiale, som kompost (J. O. Busklein, 2012). Dette gjør planteboksene lette å håndtere.

Investeringen er derfor minimal, og det trengs bare planker og skruer, bolter som festes i en trelekt på 48x48 mm, samt 12 mm vannledninger.

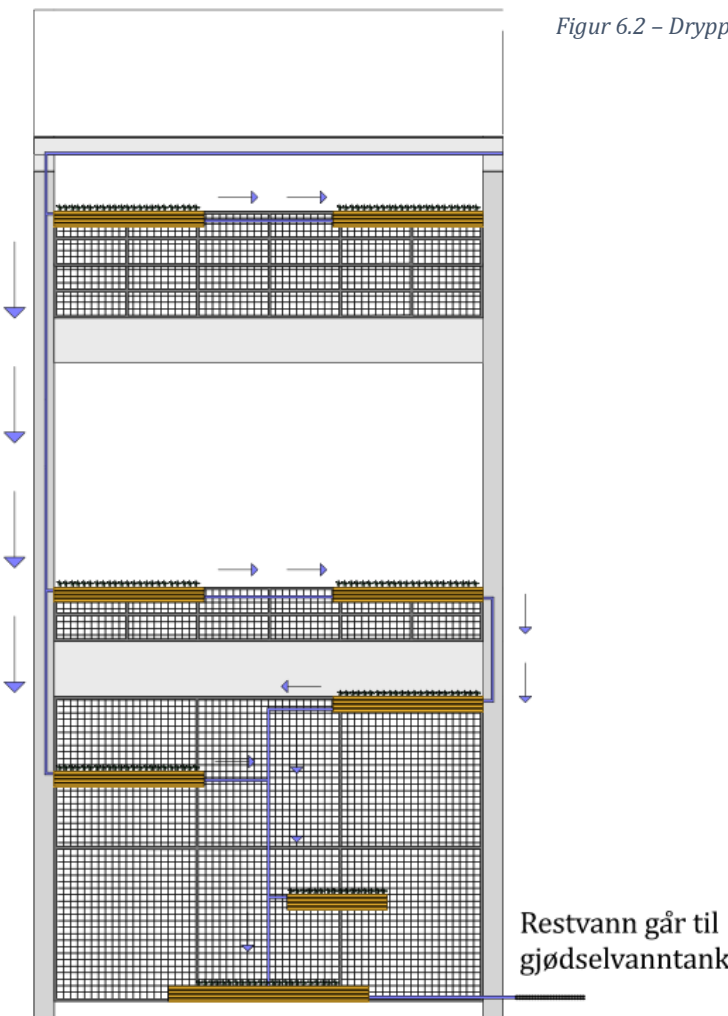
| Parametre for plantebokser | | |
|----------------------------|--------------|-------------------------|
| Drift | Profesjonell | Frivillige og medlemmer |
| Sosialt | Image | Fellesskap/eierskap |
| Teknikk | High tech | Low tech |
| Forretningsidé | Overførbart | Engangstilfelle |

Figur 6.1 - Parametre for plantebokser. Figur: Knut Feilberg

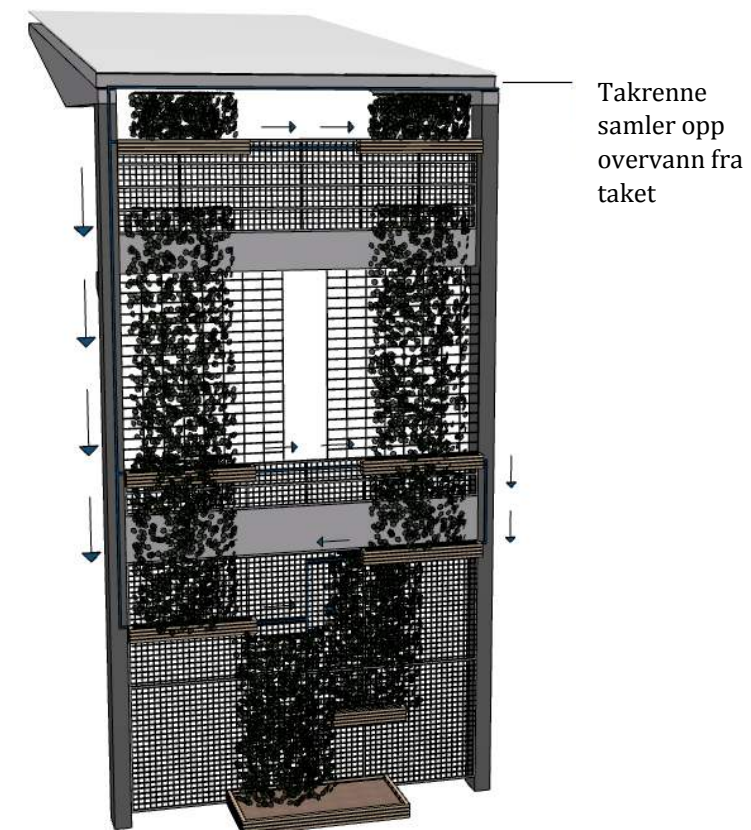
Teknikk og vanningsystem



Figur 6.2 - Dryppvanningsystemet (se vedlegg IX). Figur: Knut Feilberg



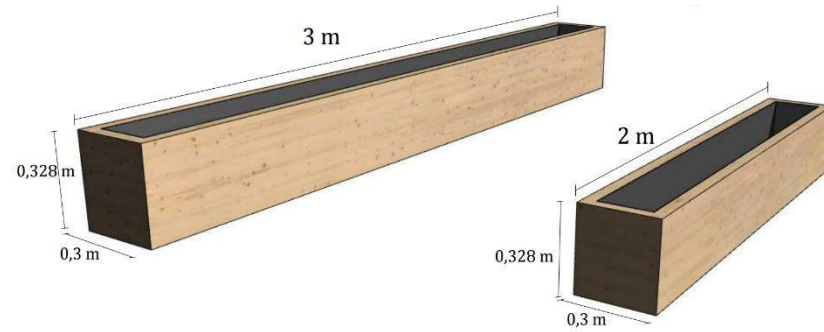
Figur 6.3 - 2D-fremstilling av planteboksenes vannsystem. Figur: Knut Feilberg



Bilde 6.4 - 3D-fremstilling av planteboksenes vannsystem. Bilde: Knut Feilberg



Bilde 6.5 – Sydvendt gran behandlet med jernvitriol som vil bli brun over tid. Bilde: Pål Berg



Figur 6.4 - Planteboksene som skal henges opp på gittervegger og rekkverk. Figur: Knut Feilberg

Boksene er dekket med en fiberduk for å skåne trevirket. For å beregne vekten på planteboksene er det valgt å bruke gran, pga. dens lave densitet på 363 kg/m³. Densiteten til lettvektsjorda, som blir brukt som takjord er 1000 kg/m³ (Veg Tech, 2017). Med jord er boksene ganske tunge, men de er lette med bare trevirke. Hvis man fester treboksen først, kan man fylle jord senere. Dette er enklere ved bruk av rekkverk i svalganger, da man lettere kommer til. Beregninger kan ses i vedlegg VIII. Kassene skal bygges av behandlet gran (bilde 6.5) for å tåle fukt over tid.

| Størrelser på boksene | Lengde (m) | Bredde (m) | Høyde (m) | Totalvekt i kg (jord + trevirke) |
|----------------------------------|------------|------------|-----------|----------------------------------|
| Boks 1 (på bakken) | 4 | 2 | 0,328 | 2134 + 178 = 2312 |
| Boks 2 | 3 | 0,3 | 0,328 | 167,1 + 46,5 = 213,6 |
| Boks 3 (mellom garasjeinnganger) | 2 | 0,3 | 0,328 | 109,4 + 31,9 = 141,3 |

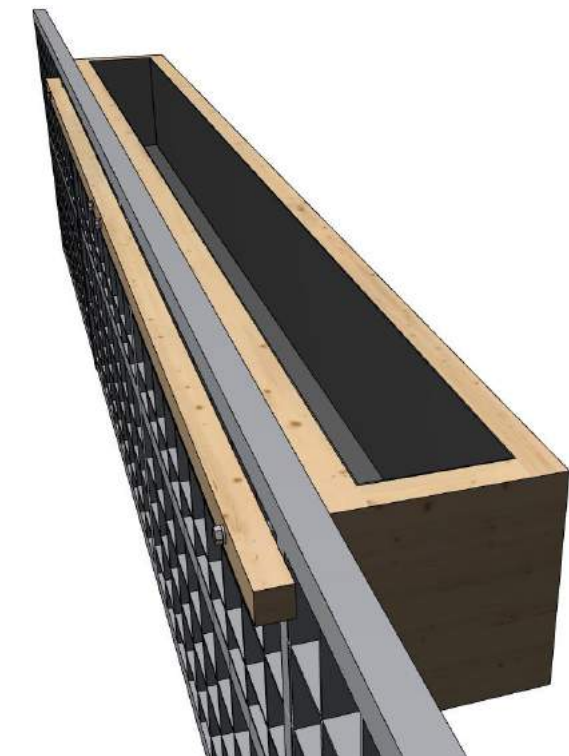
Figur 6.5 - Størrelser på boksene. Figur: Knut Feilberg

Innfesting i gitterveggene

Hver boks skal festes med 12 mm kilebolter. Det skal kiles fast (klemmes fast) en 48x48 mm lekt som strammes av boltene. Det rekkverket som skal holde den tyngste planteboksen (boks 2). På sørtribunen får alle tilstrekkelig med soltimer, mens vesttribunen vil få færre bokser under nederste etasje pga. garasjeinngangene og skygge, gjennom hele vekstsesongen. Dermed vil resten av boksene høyere på gitterveggene få gode vekstforhold, opp mot 13,5 soltimer på sommeren (se vedlegg VI).



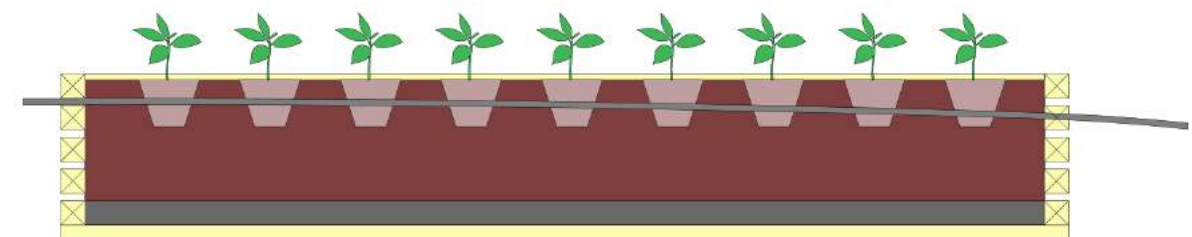
Bilde 6.6 - Boks 2 på stålgitter. Figur: Knut Feilberg



Bilde 6.7 - Boks 3 på stålgitter. Figur: Knut Feilberg



Figur 6.6 - Sørtribunen med plantebokser. Figur: Knut Feilberg



Figur 6.7 - Dryppvanningssystemet i planteboksene med 12 mm vannledning. Figur: Knut Feilberg

Vannledningene skal installeres høyest der vannet kommer inn, og lavest der vannet kommer ut. Man må bore et hull for at vannslangene med kabelbeskyttelse kan gå gjennom. Vanntilførsel foregår med dryppvanning, altså samme prinsipp som med modulveggene (se figur 3.46).



Bilde 6.8 - Sørtribunen fra sør med dryppvanningsanlegget. Bilde: Knut Feilberg

Disse boksene skal få vann fra tribunetaket gjennom vannledninger på 12 mm (figur 6.2). Vannforbruket per tribune blir beregnet med en vannhøyde på 130 mm. Vi regner med 1 liter/m² jord, og med 0,13 m jordhøyde blir det 7,69 liter/m³. Se beregninger i vedlegg VIII og figur 6.8-9..

| Boks med x m ³ vann | Antall | Liter vann/dag |
|--------------------------------|-----------|----------------|
| Boks 1 med 0,963 | 1 | 16,4 |
| Boks 2 med 0,076 | 24 | 30,8 |
| Boks 3 med 0,050 | 4 | 3,4 |
| Sum | 29 | 50,6 |

Figur 6.8 – Vannforbruket til sørtribunen. Figur: Knut Feilberg

| Boks med x m ³ jord | Antall | Liter vann/dag |
|--------------------------------|-----------|----------------|
| Boks 1 med 0,963 | 2 | 32,8 |
| Boks 2 med 0,076 | 44 | 56,5 |
| Boks 3 med 0,050 | 4 | 3,4 |
| Sum | 50 | 92,62 |

Figur 6.9 – Vannforbruket til vesttribunen. Figur: Knut Feilberg

Dette er et svært lite vannforbruk, og blir dermed ikke et problem.

6.2.2 Alternativ 2 - Modulvegger og vanningsystem



Bilde 6.9 - De grønne modulveggene på sørtribunen. Bilde: Knut Feilberg

| | Biotope | Soft shell | GLTi (plantebokser) | Mur Végétal | Viridiwall m. Laurence |
|--|-------------------|------------------------|---------------------|--------------|------------------------|
| Størrelse modul m² | 45 x 60 cm = 0,27 | 0,53 x 0,90 cm = 0,477 | 0,37 | Ingen modul | 50 x 60 cm = 0,30 |
| Antall moduler på vegg | 537,04 | 303,98 | 391,89 | Ingen modul | 483,33 |
| Vekt per modul (kg) | - | 24 | 33,33 | Ingen modul | - |
| Vekt på Skagerak arenas betongvegger (145 m²) (kg) | 9425 | 7295,60 | 13061,69 | 4350 | 7540 |
| Vekt per m² (kg/m²) | 65 | 50,3 | 98,1 | 30 | 52 |
| Vannforbruk utendørs (l/m²/dag). | 1,00 | 2 L/time per drypper | - | 5,00 | 1,00 |
| Hovedmateriale | Trelekker og stål | Stål og tekstil | Stål og plast | Filt og stål | Trelekker |

Figur 6.10 - Sammenligning av levende modulvegger. Figur: Knut Feilberg

Når det kommer til funksjon er det helt tydelig at hydroponiske vegger som ikke bruker vekstjord, er best å bruke med tanke på vekt. Plantebokser fra GLTi som bruker vekstjord er langt tyngre enn hydroponiske vegger. Særlig når modulveggene skal bli hele 17 meter, er det fornuftig å velge bort planteboksløsningen (se figur 6.10).

Patrick Blancs Mur Végétal er den letteste av alle de modulveggene vi har sett på (4350 kg). Den bruker hydroponikk, men den blir likevel uaktuell med tanke på at vannfordelingen i veggen blir veldig ubalansert. Når veggen bare bruker tyngdekraften, blir det minst vann i toppen, og mest vann i bunn, noe som fører til forråtnelse og uttørking i veggen, noe figur 3.38 viser et tydelig eksempel på.

Mark Laurence i Viridiwall har forbedret tettheten til Grodan som gjør den lettere, og mindre vannholdig. Der den før var 65 kg/m² i vannmettet tilstand, har den nå kommet ned til 52 kg/m², noe som kan gjøre den konkurransedyktig mot Humkos veggssystem.

Etter en befaring til Bergen (mars, 2017) ble det tydelig at Humko bruker mer vann enn Viridiwall. Ingen kommer til å få problemer med snølast, da man bare kan montere på beslag rundt hele veggen, som holder av snømassene. Begge bruker hydroponikk, hvor det er mulig Biotecture er bedre, med mindre vannsløsing.

Hver tribune (sør og vest) har like mange og like store betongflater. Vekstsesongen i Norge er fra april til oktober, omtrent 31 uker (217 dager). Vannet skal da skrus av til neste sesong.

Vannforbruk for hver tribune blir da:

2 høye betongvegger (16,9 m x 8,58 m), hver på 145 m² +

2 lave betongvegger (6,4 m x 9,4 m), hver på 60,2 m²

$((145 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vegger}) + (60,2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vegger}) \times 1 \text{ liter per dag} \times 217 \text{ dager i vekstsesongen} = 89,1 \text{ m}^3 \text{ vann per år eller } \underline{\underline{89056,8 \text{ liter per år}}}$. Dette er svært lite.

Hver dag blir det brukt like mange liter per vegg som antall m² de dekker, som er 410,4 m². Det er da 410,4 liter vann som går med hver dag per tribune. Som vi har lært fra Arvid Ekle, skal plantene vannes 4 ganger i døgnet, 3 minutter hver. Dette kan imidlertid variere fra prosjekt til prosjekt.

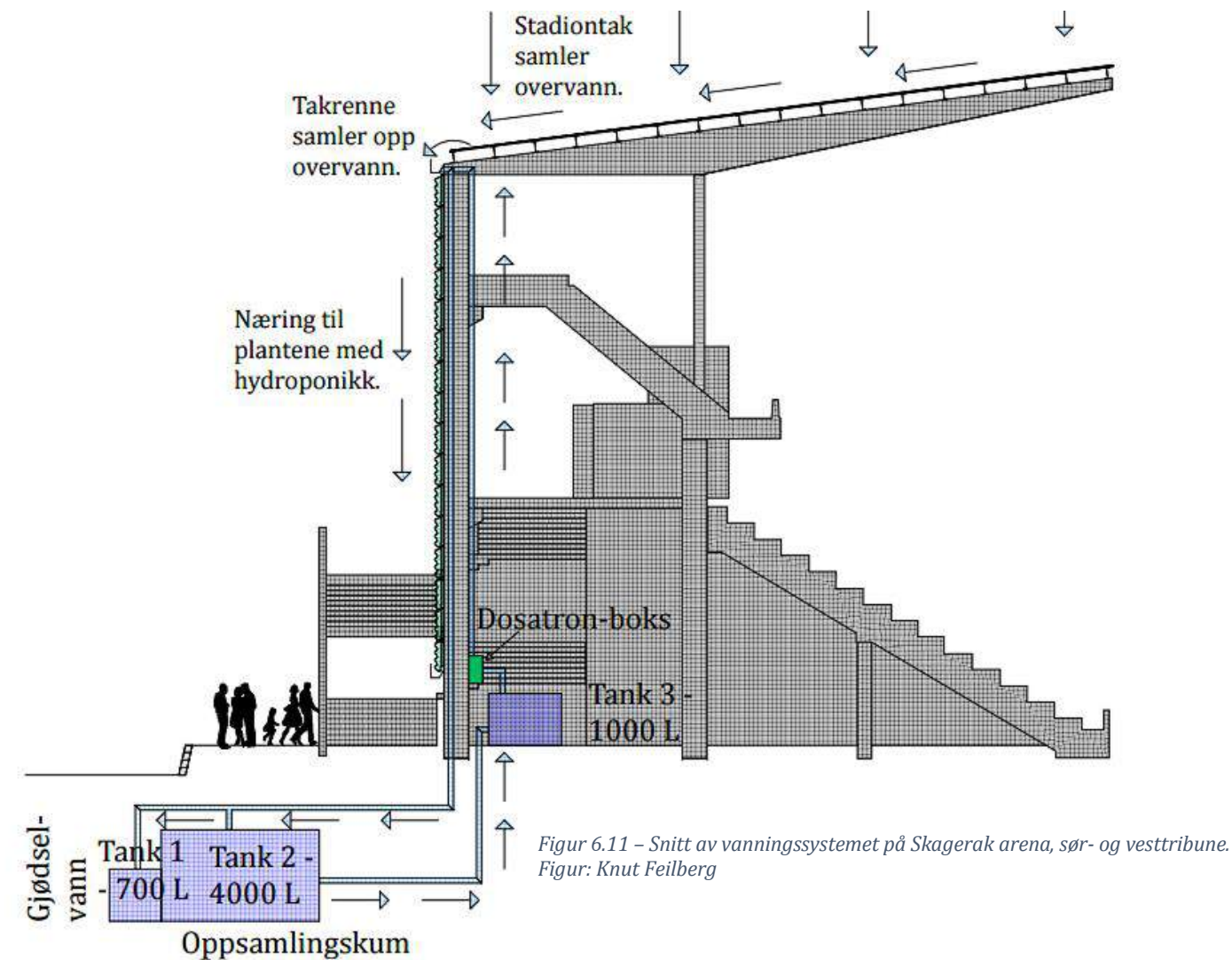
$410,4 \text{ liter vann} / 4 \text{ ganger} = 102,6 \text{ liter per vanning}$.

På en uke er det 2872,8 liter, noe tankstørrelsen fra Wikholm har kapasitet til å holde.

NB! Denne vannmengden er bare beregnet ved bruk av bare modulveggene som løsning.

Det beste vanningsystemet for de grønne veggene på Skagerak arena er tilsvarende det samme systemet på BIRs bossnetterminal i Jekteviken i Bergen. Dette systemet er veldig innovativt og trenger å brukes i flere kommende prosjekter med grønne vegger, hvis man ønsker å gjenvinne gråvann. Figur 6.11 til høyre over viser det tenkte vanningsystemet i sin helhet, til bruk på både sør- og vesttribunen. Objektene har ingen eksakt størrelsesforhold til hverandre, der spesielt modulsystemet er mye mindre. Heller ikke dybden tankene er gravd ned til er helt korrekt. Systemet fungerer følgende etter at nedbør fanges opp av taket:

1. En takrenne samler opp overflødig vann.
2. Vannet ledes i rør ned til Tank 1 (700 L) under bakken som sa mler opp gjødselvann fra planteveggen, og renser det. Tank 2 (4000 L) rett ved, samler opp overvannet fra taket og renser det. Vannet fra Tank 1 og 2 blir videre sendt til et blandingskar innendørs (1000 L).



Figur 6.11 - Snitt av vanningsystemet på Skagerak arena, sør- og vesttribune.
Figur: Knut Feilberg

3. Det er her det skjer en sedimenteringsprosess da gråvann fra dusj og vask blir blandet med det rensede gjødsel- og overvannet. Blandingsvannet blir rensert til ønsket næringsmengde. Videre blir blandingen tilsatt næringsstoffer fra den grønne Dosatron-boksen. Her kan man være innovativ og bruke urin (litt svartvann) fra pisseoarene fra bygget. Et lite minus med det er at det ikke er behov for de store mengdene, da plantene kun trenger det som en liten tilsetning. Det er også for hygienens skyld at mengden forholder seg liten.
4. Er det lite regn en periode, kan det brukes springvann, som blir tilsatt på undersiden av Tank 3.
5. Etter tilsetning av næringsstoffer pumper en generator vannet opp den nødvendige vannmengden til de grønne modulveggene. Etter regnestykket tidligere skal det 4 ganger daglig pumpes opp 102,6 liter vann på hver tribune.

Vannmengder for hvert tak

Taket på sørtribunen er $19,45 \text{ m} \times 73,24 \text{ m} = 1424,52 \text{ m}^2$. I 2016 var nedbørsmengden $406,8 \text{ mm}$ i vekstsesongen. Antall liter vann som blir tatt opp av taket blir da $1424,52 \text{ m}^2 \times 0,4068 \text{ m} = 579,5 \text{ m}^3$, som er **579494,7 liter vann**.

Taket på vesttribunen er $19,45 \text{ m} \times 109,71 \text{ m} = 2133,82 \text{ m}^2$. Antall liter vann som blir tatt opp av taket blir da $2133,82 \text{ m}^2 \times 0,4068 \text{ m} = 868,0 \text{ m}^3$, som tilsvarer **868038,2 liter vann**.

Disse størrelsene er langt over av hva som trengs av vannmengder. Vanningsystemet trenger kun **89056,8 liter** per vekstsesong.

Valg av modulvegg

På bakgrunn av disse observasjonene er det Viridiwall som kommer best ut, når vi ser på materialbruken og vannforbruket. Mer bruk av impregnerte trelekter i Viridiwall gjør den svært aktuell som modulvegg på Skagerak arena. Treprodusenten Kebony sitt hovedkontor i Telemark er som sagt i Skien. Bruk av tre gir et svært minimalt utslipp av CO_2 ; under produksjonen, under transporten, under byggeprosessen, og gjennom alle årene anlegget vil bestå (Michael H. Ramage, 2017).

Vannforbruket til Humko-modulene er $2 \text{ L/time/drypper} \times 16 \text{ dryppere} = 32 \text{ L vann per m}^2/\text{time}$, noe som er altfor mye, sammenlignet med Viridiwall, som har $1 \text{ liter/m}^2/\text{dag}$. Men uansett er det plasseringen til modulveggene som spiller inn på vannforbruket. Har man plassert veggene i sør og vest, gir det større vannforbruk enn i øst og nord, da sola står høyest på himmelen og gir mer varme. Dermed er det opp til hvert prosjekt å vurdere hvor mye vann en vegg trenger, for at den skal kunne bestå og trives over lengre tid.

Snø- og vindlast på Viridiwall-modulene

Det er et evig problem med snø- is og vindlast i Norge. På vinterstid har det blitt vanligere at det fryser, tiner, fryser, tiner; hele tiden. Som et enkelt regnestykke gir en $5 \text{ cm snølast på } 1 \text{ m}^2$ en ekstra vekt på 5 kg :

$$0,05 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2 = 0,05 \text{ m}^3 = 50 \text{ mm}^3.$$

$$50 \text{ mm}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg} - \text{ hvor densiteten til snø er } 100 \text{ kg/m}^3.$$

Når snøen tiner og fryser til is vil vekten bli:

$$50 \text{ mm}^3 \times 917 \text{ kg/m}^3 = 45,85 \text{ kg} - \text{ hvor densiteten til is er } 917 \text{ kg/m}^3.$$

For å unngå dette er det ikke hensiktsmessig å installere et varmeanlegg i modulene, fordi plantene på vinterstid trenger å være i dvale vinterstid, og ikke bli påvirket av diverse temperaturhopp. Det vil heller være hensiktsmessig å gå for sterkere ekspansjonsbolter til modulveggene.

Vekt av hver modul

Viridiwalls moduler veier som sagt i vannmettet tilstand 52 kg/m^2 . Vedlegg VII tar for seg beregning av største vindlast på den grønne modulveggen. Den er maks $1,72 \text{ kN/m}^2$ som er $175,4 \text{ kg/m}^2$.

| Laster på hver modul | Vekt (kg/m^2) |
|----------------------|--|
| Egenlast | 52 |
| Snø og is | 45,85 |
| Vind (horisontalt) | 175,4 |
| Sum | 273,25 \approx 2,68 kN |

Figur 6.12 - Worst case scenario: Totalvekt per modul. Figur: Knut Feilberg

Totalvekt med is- og vindlast blir da: $(52 + 45,85 + 175,4) \text{ kg/m}^2 = 273,25 \text{ kg/m}^2$, ganget med modulens størrelse ($50 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}^2$) = $81,98 \text{ kg/modul}$ eller $0,8 \text{ kN/modul}$. Hver modul har 4 skruer, som hver skal ta 200 N.

Utlekking

Veggen må i tillegg lektes ut vertikalt og horisontalt for at den skal luftes naturlig. Antall vertikale lekter på $48 \times 48 \text{ mm}$ er 15 stk. Letteste densitet på trevirke har gran på 363 kg/m^3 . Vekten av hver lekt blir:

Volum: $(0,048 \text{ m} \times 0,048 \text{ m}) \times 16,9 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^3$. **Vekt:** $0,04 \text{ m}^3 \times 363 \text{ kg/m}^3 = 14,13 \text{ kg}$. 15 stk. lekter veier da **212 kg**. Hver vertikale lekt skal bære en kolonne på 33 moduler (se figur 6.14): $33 \text{ moduler} \times 81,98 \text{ kg/modul} = 2705,34 \text{ kg} = 26,5 \text{ kN}$.

Antall horisontale lekter er 17 ved å halvere mengden nedover.

Volum: $(0,048 \times 0,048) \text{ m} \times 8,4 \text{ m} = 0,019 \text{ m}^3$. **Vekt:** $0,019 \text{ m}^3 \times 363 \text{ kg/m}^3 = 6,9 \text{ kg}$. 33 stk. lekter veier da **227,7 kg**. Hver horisontale lekt skal bære en rad på 14 moduler (se figur 6.14): $14 \text{ moduler} \times 81,98 \text{ kg/modul} = 1147,72 \text{ kg} = 11,3 \text{ kN}$.

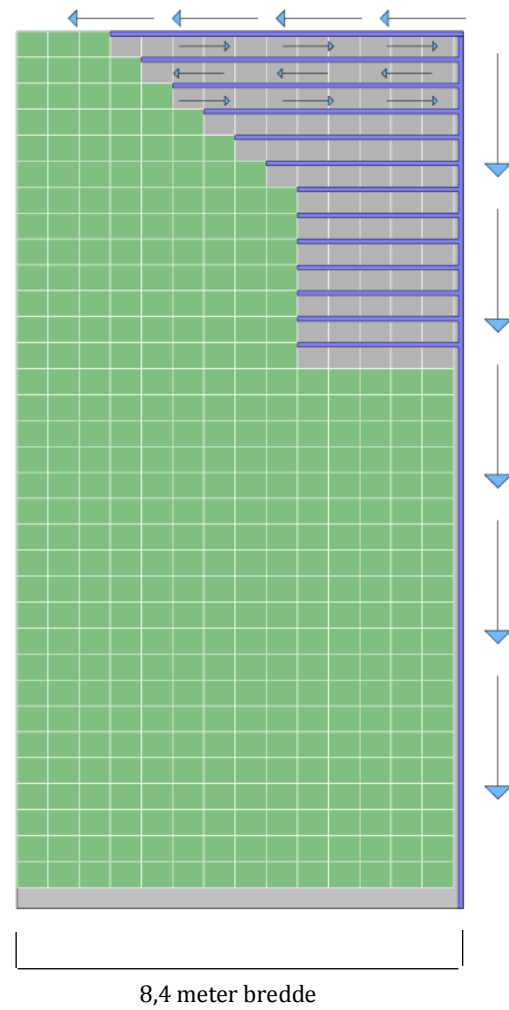
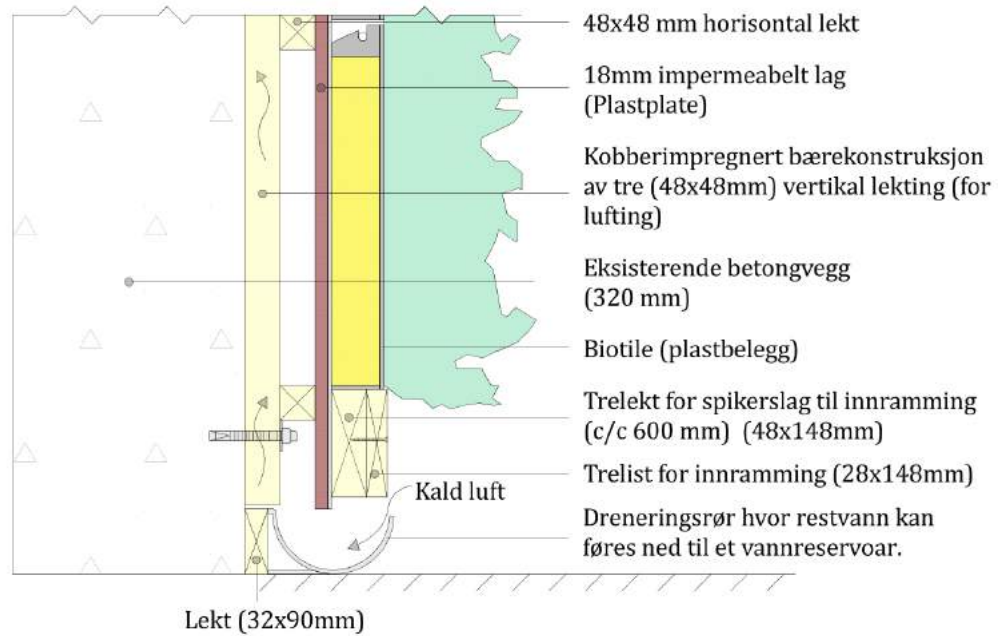
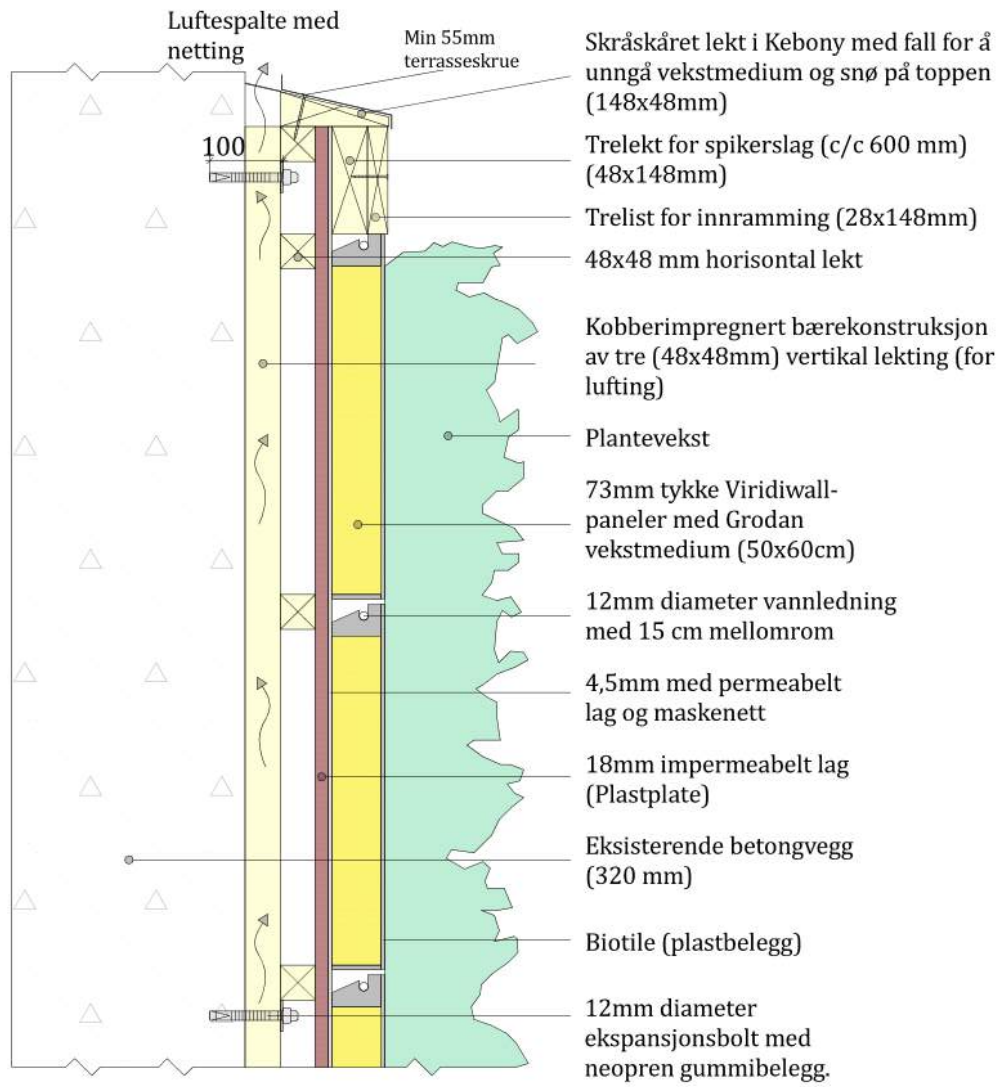
Gskys modulvegger bruker bolter med nominell diameter på $3/8$ tommer, som tilsvarer rundt 10 mm . I Norge hvor vi har islast er det ifølge Tabell 6.1 - Kapasitet av skruer fra heftet *Stålkonstruksjoner - profiler og formler* (2003) nok med en 12 mm bolt som har minste avskjæringskapasitet på $32,3 \text{ kN}$, da hver vertikale lekt er boltet fast i annenhver horisontale lekt nedover veggen, se figur 6.13.

Total vekt

Med 483 moduler vil hele vekten av den grønne modulveggen med is- og vindlast bli:

$(483 \text{ moduler} \times 81,98 \text{ kg/modul}) + (212 + 227,7 \text{ kg lekter}) \approx 40036 \text{ kg}$. Hele betongveggen veier $(0,32 \text{ m tykk} \times 8,58 \text{ m bredde} \times 16,9 \text{ m høyde}) \text{ m} \times \text{ca. } 2200 \text{ kg/m}^3 \text{ densitet} = 102081,4 \text{ kg}$.

Veggen skal altså bære rundt 40 % av sin egen vekt.



Figur 6.14 - Modulene på den største betongveggen (145 m²). Figur: Knut Feilberg

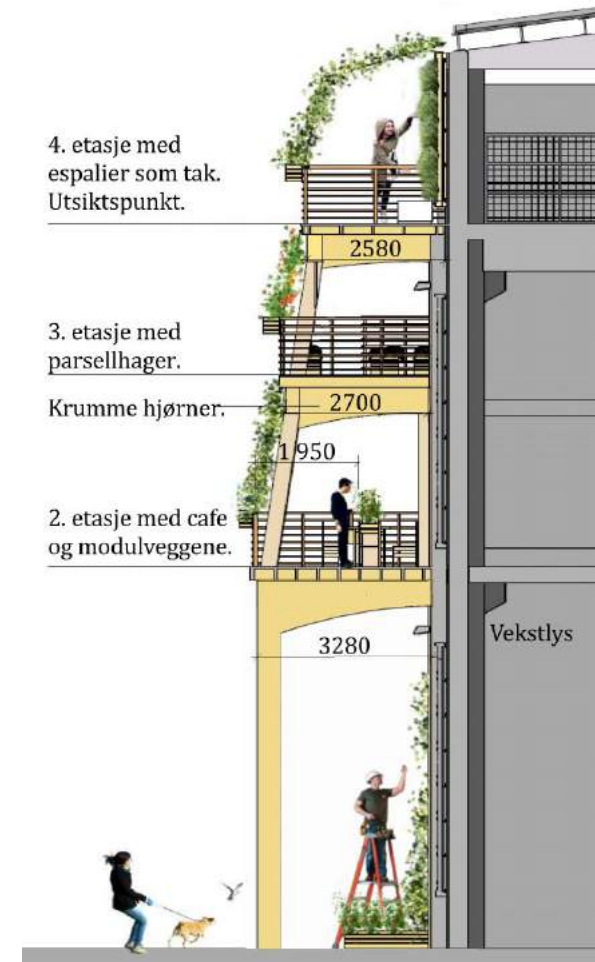
6.2.3 Alternativ 3 – Svalganger



Bilde 6.10 - Sørtribunen med svalganger, moduler og plantebokser. Bilde: Knut Feilberg/Halvdan Rosted.

Med de grønne modulveggene har det i diskusjon med landskapsarkitektstudent Halvdan Rosted blitt enighet om at det ikke lønner seg å gro matplanter på dem hvis man skal kunne gå for full høyde på veggen, da de simpelthen er vanskelige å nå med sine 17 meter over bakken, og må ha en lift (som de for øvrig har på stadion) eller annen finurlig løsning for å nå. Ifølge Gsky har de en anbefalt maksimumsgrense på 4 meter, før man kan legge vekk gardintrappen og begynne å bruke lift (figur 3.40). Ved bruk av lift trenger man en utdannet person som må være der hver gang det skal gjøres vedlikehold, og da blir frivilligheten på skjøtsling vanskelig, grunnet at HMS (Helse, Miljø og Sikkerhet) står sterkt.

Fra kapittel 3.6.1 så vi et eksempel på bruk av klatreplanter i M6B2 Tower of Biodiversity i Paris med stålnetting som fungerer som klatreramme for plantene. Hvordan kan man kombinere det med Gskys planteveggcontainere? For å få det mest mulig miljøvennlig, er det besluttet å gå for svalganger i limtre (figur 6.15).



Figur 6.15 - Snitt av svalgangene. Figur: Knut Feilberg/Halvdan Rosted.

Figur 6.13 - Viridiwalls modulvegg med ramme av impregnert treverk på betongveggen. Vanningsystemet er inne i modulen, og ikke i bærekonstruksjonen. Denne er utarbeidet gjennom samtaler med Arvid Ekle og Mark Laurence. Se vedlegg XIII og XI. Figur: Knut Feilberg

Investering og brukbarhet

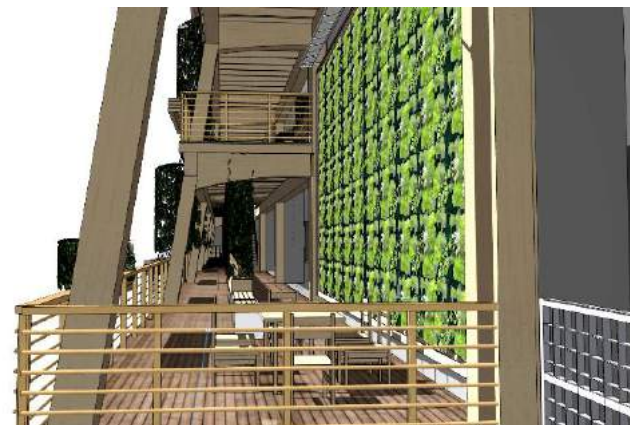
Svalganger i limtre er en meget stor investering, men skal kunne åpne og myke opp stadion, og gjør det mulig å kombinere modulvegger og plantebokser som en løsning. Tatt i betraktning at kuldestrålingen fra betongflatene gjør stadion mindre isolert, vil et innslag av tre og planter medføre bedre isolasjon, og tilført varme fra sola vil bli absorbert bedre.

Med svalgangene kommer mulighetene til å fjerne flere metallrekkverk og gitre, og åpne opp de tomme flatene som ikke er bebygde. Man får større boltreplass, og folk på fotballkamp kan gå ut på svalgangene under pausen, for å nyte utsikten, ta en kaffe på nærmeste utecafé, og gå inn i en visningshage med planter i plantebokser som klatrer i espalier. Espaliene skjermer i en viss grad for vær og vind. 2. etasjen har en plantekasse som går langs midten, og på hver side er det plass til snusirkel, altså 1,5 meter. I hver ende er det også lagt opp bord, stoler og benkegrupper. Svalgangene introduserer også grønne parseller i 3. etasje. Denne etasjen kan imidlertid bare nå via en trapp i svalgangen, da etasjen er den eneste som ikke har fast gulvforbindelse fra stadion. Her er det plass til plantebokser som kan bli delt opp i flere seksjoner hvor hver interessent eier sin del. Folk kan ta eierskap i og betale andeler for disse planteboksene, og som kan gi inntekter til klubben. Odds Ballklubb vil da å få mulighet til å dyrke sin egen mat på modulveggene, i planteboksene og på parsellene i svalgangene, samt ha inntekter fra besøkende, og leieinntekter fra parsellene.

Videre kan man se på de grønne modulveggene som åpenbarer seg i hver etasje. Disse modulveggene er nå avkuttet i høyden slik at alt vedlikehold er gjort mindre kostbart og tidkrevende. De høyeste er ikke mer enn litt over seks meter, like mye som hos Miljødirektoratet i Trondheim. Man kan bruke en lett stige eller enkel rappellering, mens de laveste er lett tilgjengelig fra gardintrapp.



Bildeserie 6.11 - Etasjene i svalgangene på sørtribunen, henholdsvis utsikten i 4., parsellene i 3., cafévirksomheten i 2. samt bakkenivå. Bilder: Knut Feilberg fra ArchiCAD

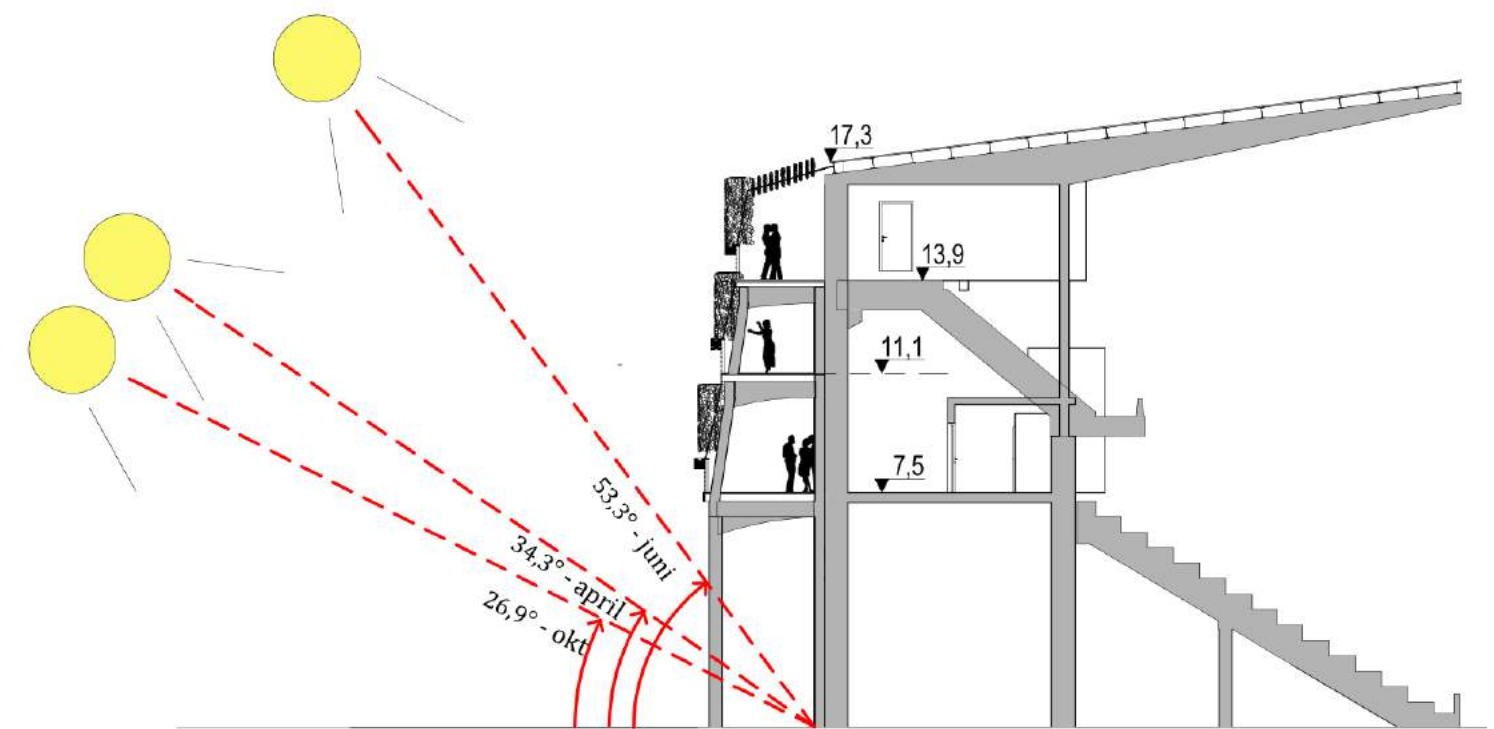


Det er nå blitt litt mer skygge på modulene og planteboksene med svalgangkonstruksjonen, og vedlegg XXX tar for seg en ny solsimulering. Alle svalgangene får nok lys (se figur 6.16). Bortsett fra vegg på innsiden. Dette fikses ved å velge ha planter på rekkverk eller på etasjeplanet, og gå for skyggetålende arter der det trengs. Samtidig kan man installere vekstlys over hver modulvegg hvor de nederste kan bli delvis skyggelagt. Man kunne ha pakket inn svalgangene i en glassfasade, men det er nokså mye trafikk på bakkenivå, med avlesning av varer innenfor de mange garasjeportene. Dette vises i på fasadene i vedleggene. Funksjonshemmede har tilgang på heis (1505x1730 mm) fra sør- og vesttribunen, med heisstol som er tilpasset byggforsks dimensjoner for minste rullestolheis med målene 1,1 x 1,4 m (byggdetalj 324.501 – Personheiser, tabell 321). Disse vil kun gå opp til nest øverste etasje, grunnet for smal planløsning i 4. etasjen.

På sør- og vesttribunen kan man skape en læringsarena for andre klubber eller interessenter som kan tilegne seg kunnskap fra disse veggene; hvilket modulsystem og hvilke planter som brukes, matproduksjon, daglig drift/vedlikehold, vannforbruk osv. På denne måten kan Odds Ballklubb bli en aktør innenfor grønne løsninger. De kan lage sine egne grønnsaker og urter, bruke og gjenvinne sitt eget drikkevann, skape sin egen, lille lokale matbod, samt lage et sted hvor folk kan være utenom kampdager. Det kan dermed bli en åpen fotballklubb som engasjerer; ikke bare sine egne supportere men hele Skien by.

Konstruksjon og teknikk

Ifølge byggdetalj 526.301 – Svalganger og altanganger i boligbygninger fra Byggforskserien skal alle svalganger være mest mulig åpne mot det fri, pga. branntekniske hensyn. Dette betyr også at de er svært utsatt for nedbør, og det må velges materialer og overflater som tåler fukt over tid, dermed kan man bruke Kebony terrassebord med limtrekonstruksjonen. Golv i svalganger skal ha et fall på 1:100 ut fra vegg, for god vannavrenning. Det er ikke behov for dører mot svalgangene, i og med at det er et stadionbygg.

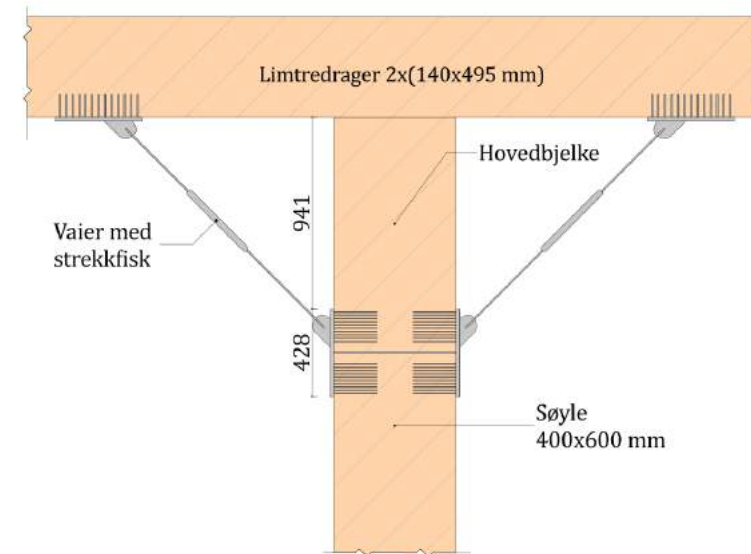


Figur 6.16 - Solvinkelen på sør- og vesttribunen gjennom vekstsesongen gir formen på svalgangene. Figur: Knut Feilberg

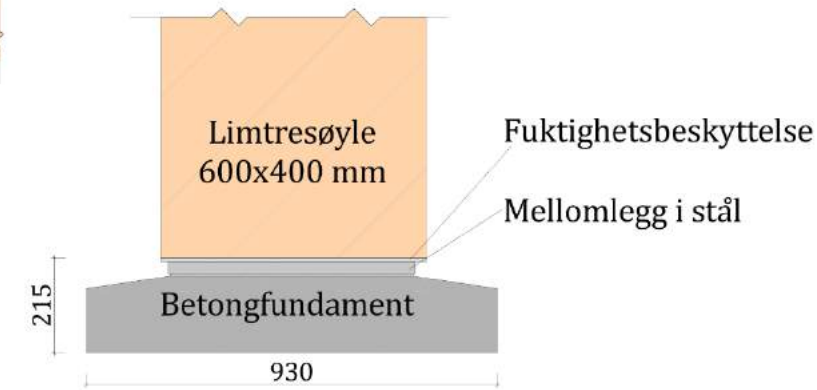
Anbefalt svalgangsbredde er 1,2 m fri bredde, men svalgangene er bredere enn dette, så de skal dermed ha et eget bæresystem; to søyler i svalgangsbredden. Svalgangene må utføres med materialer og konstruksjoner som begrenser en eventuell brannspredning, samt ivaretar krav til sikker rømning. Spalten mellom dekke og betongsøyle/betonggulv må ha ubrennbart materiale slik at brannmotstanden opprettholdes. Svalgangskonstruksjonen er i tillegg boltet fast til betongsøylene for ekstra avstivning (se vedlegg XXI og XXII).

Søyler og bjelker skal dimensjoneres i limtre, mens gulvet skal bestå av bjelkelag spesielt beregnet og designet for hver svalgangsetasje. Det vil bli prosjektert tre etasjer, hvor den nederste flukter med betongflatene i trappeoppgangene på hver side. De to øvre vil bli inntrukket for å skape god varmfordeling fra sola, slik at minimalt med skygge fra øvre svalganger vil oppstå (se figur 6.16).

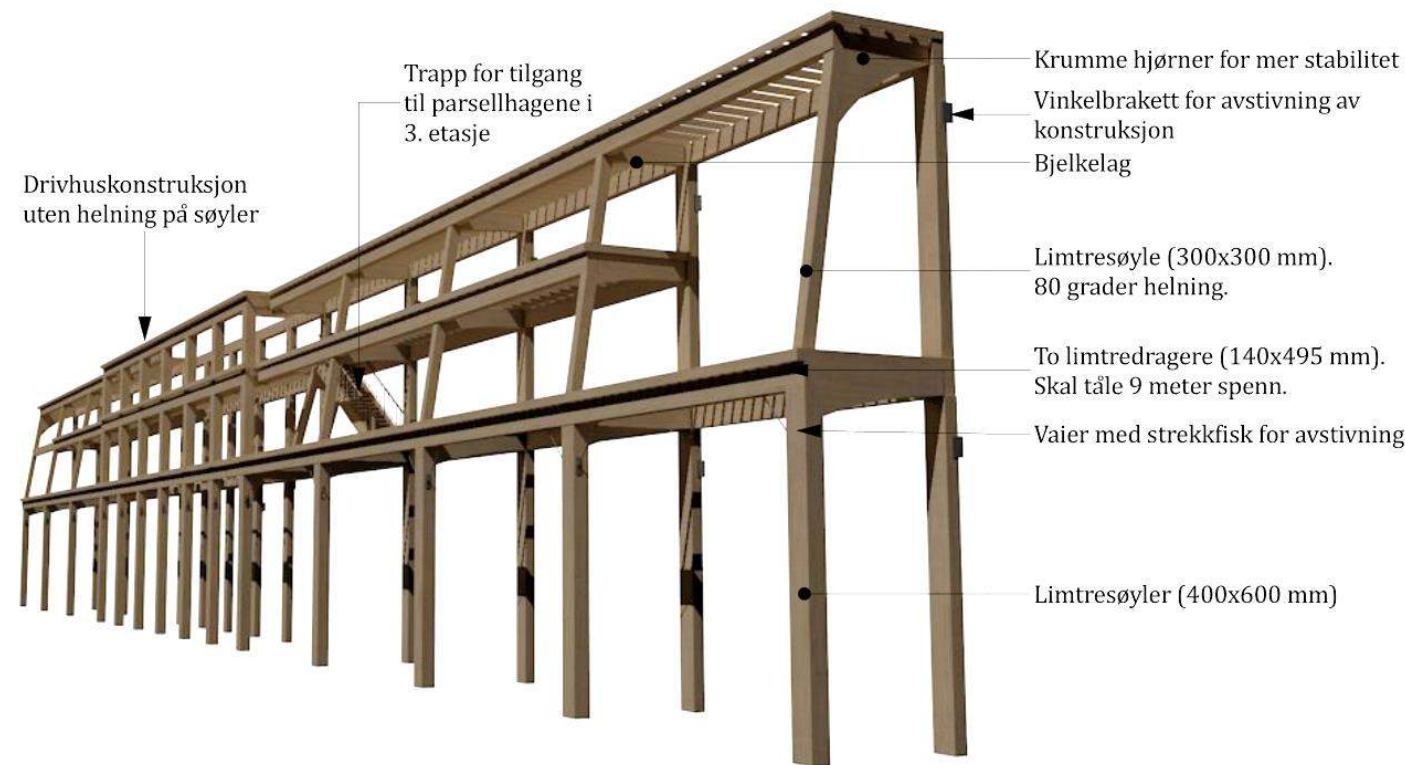
Hver etasje er beregnet til å tåle en snølast på 4,5 kN/m², altså dimensjonert for større snølast enn for karakteristisk snølast for Skien (4,0 kN/m²). Hver limtre drager skal tåle et spenn på 9 meter mellom hver søyle. Hver bjelke over dragerne skal tåle spennet svalgangen er utkraget, (se vedlegg XVI med tabeller). De fleste søylene har krumme hjørner som gjør at de lettere tåler lasten de skal holde. De nederste søylene med dimensjon 400x600 mm er 6,44 m høye og kan betraktes som slanke. (Moelven Limtre AS, 2015) med Limtreboka, opererer med et anbefalt forholdstall på 0,85 med den formen figur 6.19 viser. Da får søylen en knekkklengde på 5,47 meter. Dermed må de bli avstivet av en vaier med strekkfisk (figur 6.17), en strammeanordning som skal sørge for at bjelken ikke skyves sideveis på søyla hvis det oppstår usymmetrisk last ovenpå. De nederste søylene, nærmest betongveggen skal imidlertid strammes opp med en vinkelbrakett (se vedlegg XXI og XXII).



Figur 6.17 - Forsterking av søyle. Figur: Utarbeidet fra (Moelven Limtre AS, 2015). Figur: Knut Feilberg



Figur 6.18 - Fundamentering av søylen. Figur: Utarbeidet fra (Moelven Limtre AS, 2015). Figur: Knut Feilberg



Bilde 6.12 - Svalgangskonstruksjonen med drivhus på vesttribunen. Bilde: Knut Feilberg



Figur 6.19 - Knekkform på søylen. Figur: (Moelven Limtre AS, 2015)

3. etasje

Bjelker (48x173 mm) med c/c 600 mm
Kubbing i enden (c/c 600 mm)
Terrassebord (28x198 mm)
Limtre drager (140x495 mm)



2. etasje

Bjelker (48x198 mm) med c/c 600 mm
Kubbing i enden (c/c 600 mm)
Terrassebord (28x198 mm)
Limtre drager (140x495 mm)



1. etasje

Bjelker (48x223 mm) med c/c 400 mm
Kubbing i enden (c/c 400 mm)
Terrassebord (28x223 mm)
Limtre drager (140x495 mm)



Bilde 6.13 - Limtrekonstruksjon av hver svalgangsetasje. Bilde: Knut Feilberg

Hver svalgang har et rekkverk i limtre som skal kunne tåle planteboksene fra alternativ 1 (se vedlegg VIII med beregninger). De 3 meter lange planteboksene skal ha 4 stk. 12 mm bolter, og de andre 3. Som før skal de kiles fast (klemmes fast) en 48x48 mm lekt som strammes av boltene (figur 6.14-15).



Bilde 6.14 - Boks 2 på limtrekkverk. Figur: Knut Feilberg Bilde 6.15 - Boks 3 på limtrekkverk. Figur: Knut Feilberg

Den nye modulveggens totale vekt



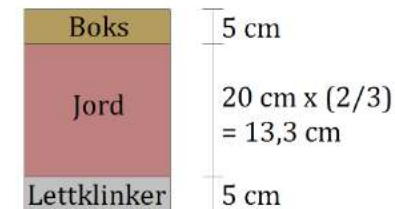
Figur 6.20 - Plantebokser, moduler (i grått) og svalganger på sørtribunen. Figur: Knut Feilberg

Siden svalgangene blir bygd, blir det plass til færre moduler (figur 6.20). Fra de største betongveggene blir det fjernet 98 moduler, ved å se på fasaden. Med 385 moduler igjen vil hele vekten av den grønne modulveggen med is- og vindlast bli:

$(385 \text{ moduler} \times 81,98 \text{ kg/modul}) + (212 + 117 \text{ kg lekter}) \approx 31891,3 \text{ kg}$. Med betongveggenes vekt på 102081,4 kg. Veggen skal nå bare bære omtrent 31 % av sin egen vekt.

Planteboksene og modulenes vannforbruk på sørtribunen per dag

Her velges en vannmengde lik 2/3 av jordinnholdet.



Figur 6.21 - Vannfordeling i lettvektsjorda. Figur: Knut Feilberg

Vi regner med 1 liter/m² jord, og med 0,13 m jordhøyde blir det 7,69 liter/m³

Vann i boks 1: 2,13 m³ x 7,69 l/m³ x 1 stk. = 16,38 L

Vann i boks 2: 0,167 m³ x 7,69 l/m³ x 23 stk. = 29,54 L

Vann i boks 3: 0,109 m³ x 7,69 l/m³ x 4 stk. = 3,35 L

Vann til de 2 største modulveggene på 385 moduler:

2 x 385 moduler x 0,3 m² x 1 liter/m² = 231 liter

Vann til de 2 minste modulveggene på 180 moduler:

2 x 180 moduler x 0,3 m² x 1 liter/m² = 108 liter

Totalt: 388,3 liter per dag, ikke langt fra det et vanlig badekar rommer. Altså er det snakk om svært lite vann.

På en vekstsesong går det med 388,3 liter x 217 dager = 84254,6 liter, altså redusert vannforbruk på 4802,2 liter i året. Grunnen er at antallet plantebokser tar opp mindre areal enn det arealet de fjernede modulene opptok. Da blir svalganger en god løsning.

Planteboksene og modulenes vannforbruk på vesttribunen per dag

Vann i boks 1: 2,13 m³ x 7,69 l/m³ x 2 stk. = 32,76 L

Vann i boks 2: 0,167 m³ x 7,69 l/m³ x 39 stk. = 50,09 L

Vann i boks 3: 0,109 m³ x 7,69 l/m³ x 4 stk. = 3,35 L

Modulveggene på vesttribunen er like store som på sør: 339 liter

Totalt: 425,2 liter per dag

På en vekstsesong går det med 255,7 liter x 217 dager = 92268,4 liter

Denne vannmengden er litt større enn før, grunnet en god del flere plantebokser. Dermed kunne man gått for alternativ 4 på neste side.

Sammenligning av parametre

| Parametre for modulvegger | | |
|---------------------------|--------------|-------------------------|
| Drift | Profesjonell | Frivillige og medlemmer |
| Sosialt | Image | Fellesskap/eierskap |
| Teknikk | High tech | Low tech |
| Forretningsidé | Overførbar | Engangstilfelle |

Figur 6.22 - Parametre for modulvegger. Figur: Knut Feilberg

| Parametre for svalganger | | |
|--------------------------|--------------|-------------------------|
| Drift | Profesjonell | Frivillige og medlemmer |
| Sosialt | Image | Fellesskap/eierskap |
| Teknikk | High tech | Low tech |
| Forretningsidé | Overførbar | Engangstilfelle |

Figur 6.23 - Parametre for svalganger. Figur: Knut Feilberg

Det er mye som skjer når vi innfører svalgangene, se figur 6.22-23. Der vi bare hadde modulvegger, var det svært vanskelig og kostbart å vedlikeholde flere vegger på 17 meter. Løsningen med svalganger forener frivillige og medlemmer av Odds Ballklubb til et felles prosjekt, som er avhengig av alle parter for å lykkes. Løsningen gir både et fellesskap/eierskap til planteboksene og parsellene, mens imaget ligger i modulveggene. Det gir rom for selvpromotering for Odds Ballklubb, som samtidig promoterer seg med sitt publikum, barn/unge og mannen i gata. Løsningen er lett å vedlikeholde, hvor planteboksene er hovedidéen for at det skal vare. Modulveggene er forholdsvis mye lettere å vedlikeholde nå, da én modulvegg er blitt til tre mindre per betongvegg, med en makshøyde på 6,4 meter. På de høyeste må man gå for stige eller rappellere, men det er uansett mye bedre enn å ikke klare å vedlikeholde i det hele tatt.

6.2.4 Alternativ 4 - Drivhus med plantetårn



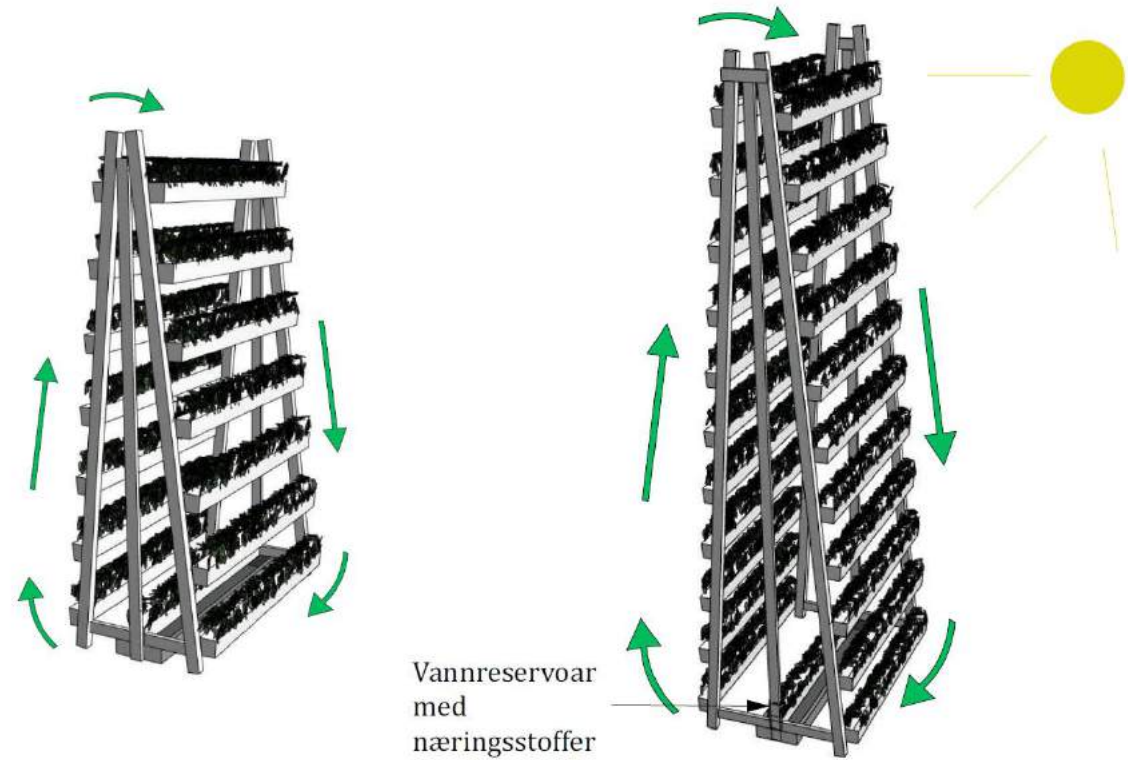
Bilde 6.16 - Drivhus på vesttribunen. Dette er visningshagen av plantetårnene i 4. etasje. Rullestolbrukere får plass. Bilde: Knut Feilberg

Skal man først være innovativ, kan man legge til plantetårn i drivhus på vesttribunen. Med dette anlegget kan man ha matproduksjon hele året rundt. Som inspirasjon til plantetårnene er det valgt å bruke de samme patenterte konstruksjonene fra Sky Greens Vertical Farming System i Singapore, som går på hydraulikk og er et hydroponisk system. Hvordan drivhuset skal se ut, har hentet inspirasjon til Vertical Harvest i Wyoming, USA (bilde 6.16). Konstruksjonen i limtre skal bære drivhuset som en påhengsfasade med stag på en halv meter (se forslag i vedlegg XXVIII), hvor sistnevnte skal overføre vindlast og egenvekt til den bærende konstruksjonen. Drivhuset skal bruke deler av svalgangene på vesttribunen som bærekonstruksjon. Plantetårnene skal stå på bakken der det ikke kommer i konflikt med garasjeinngangene på stadion. Da drivhuset ikke får plass på sørfasaden pga. mange garasjeinnganger, er det litt bedre plass i vest. I sør er det også et for smalt gateløp til at det blir forsvarlig å ha et drivhus der. Anlegget fungerer også best på vesttribunen da det er en del skygge på bakkenivå. Drivhusene fungerer nemlig i skygge.

Drivhuset skal bruke eksisterende konstruksjon fra svalgangene, da det er larest, med tanke på tre som materiale, og at det er tungvint å anlegge en stålkonstruksjon, som det opprinnelig var tenkt. Da gjelder det å anlegge svalgangene først, og legge drivhuset som et skall oppå. Det er for drivhusets høye vegger lurt å prosjektere svalgangene med lik bredde som 2. etasjen, for at stagen (XXVIII) ikke skal ha for langt spenn og ta for mye trykk. Vi får da mer bruksareal. Det skal være avtrekksmuligheter gjennom en luke i drivhustaket, hvor det med naturlig ventilasjon går varm luft fra bunn til topp av drivhuset mellom konstruksjonen og påhengsfasaden. Vedlegg XXVI.

Et plantetårn er laget av robust stål og aluminium, og er det samme som et 25 m² stort jordbruksareal, hvor det høyeste tårnet er 9 meter høyt, vekt på 1,7 tonn, og med en boltreplass på kun (3x2 m) = 6 m². Plantekarene roterer rundt på tannhjul 3 ganger om dagen, slik at hver plante får lik mengde sollys, næring og vanning. Man trenger derfor ikke kunstig belysning (se figur 6.24).

Hvert plantekar passerer et vannkar hvor alle plantene får i seg lik vannmengde, på grunn av at et Grodan-lignende stoff suger til seg vannet. Rotasjonen går på hydraulisk kraft, noe som bare trenger 40 W (like mye som en lyspære). Bare 0,5 liter vann trengs per dag for å få plantene til å rotere, hvor vannet skal komme fra et vannreservoar i bygget.



Figur 6.24 - Størrelsesforhold mellom de to plantetårnene. Figur: Knut Feilberg

Anlegget har plass til 6 store plantetårn som står på bakkenivå, og som ikke trenger å bæres. Disse 9 meter høye tårnene når opp til midten av 1. etasje på svalgangskonstruksjonen, og det må legges et hull i gulvet, slik at tårnene kan stikke opp. Videre fra 3. etasjen og opp er det plass til 4 små plantetårn med høyde på 5,6 meter. Disse tårnene er med enkel forholdsregning anslått å veie rundt 1064 kilo, litt over 1 tonn. Dermed må vi anlegge ekstra limtresøyler fra bunn og opp til 2. etasjen, for å stive av de to dragerne i svalgangene, som hver akkurat tar 10,4 kN.

Antall jordbruksareal totalt er 212,6 m² (se figur 6.25). Noe som er litt over halvparten av en basketballbane. Dette kan bli en grei investering.

| Plantetårn | Vekt per tårn (kg) | Jordbruksareal (m ²) |
|------------|---|----------------------------------|
| 4 små | 1064 | 15,64 |
| 6 store | 1700 - Ikke noe å si for bæreevnen til konstruksjonen | 25 |
| Sum | 4254 | 212,6 |

Figur 6.25 - Mengde jordbruksareal. Figur: Knut Feilberg

De som skal drifte tårnene kan også inkludere rullestolbrukere som har tilgang på heis på både sør- og vesttribunen, og kan sanke mat og oppleve visningshage i alle etasjer. Heisen på sør går imidlertid kun opp til nest øverste etasje grunnet for smal planløsning i 4. etasje. Som amerikanske

Vertical Harvest sine grunnprinsipper, skal man personifisere arbeidsgiver og arbeidstaker slik at begge dekker sine behov. Man kartlegger styrkene, svakhetene og interessene til de som søker på jobben. Dermed blir dette en av flere jobber som er inkluderende. Folk som jobber i slike anlegg føler at de passer inn, og som videre kan drifte anlegget med den lokaldyrkede maten (bilde 6.19).



Bilde 6.19 - Oversikt over drivhusets etasjer. Bilde: Knut Feilberg

Dette anlegget kan virke komplisert å drifte, noe det ikke skal være. Likevel må det være månedlige tilsyn fra fagfolk for å se til at anlegget fungerer (bilde 6.20). Frivillige og medlemmer kan være med å drifte i et fellesskap, og eie egen parsell. Tårnene vil i tillegg være en attraksjon. Det blir noe annet med vedlikehold av tårnene, noe som er opp til fagfolk, da hydraulikk er mer komplisert. Dette kan likevel være et overførbart alternativ på store urbane bygg (figur 6.26).



Bilde 6.20 - På bakkenivå kan man sanke inn matplantene. Bilde: Knut Feilberg

Parametre for plantetårn i drivhus

| | | |
|-----------------------|--------------|-------------------------|
| Drift | Profesjonell | Frivillige og medlemmer |
| Sosialt | Image | Fellesskap/eierskap |
| Teknikk | High tech | Low tech |
| Forretningsidé | Overførbart | Engangstilfelle |

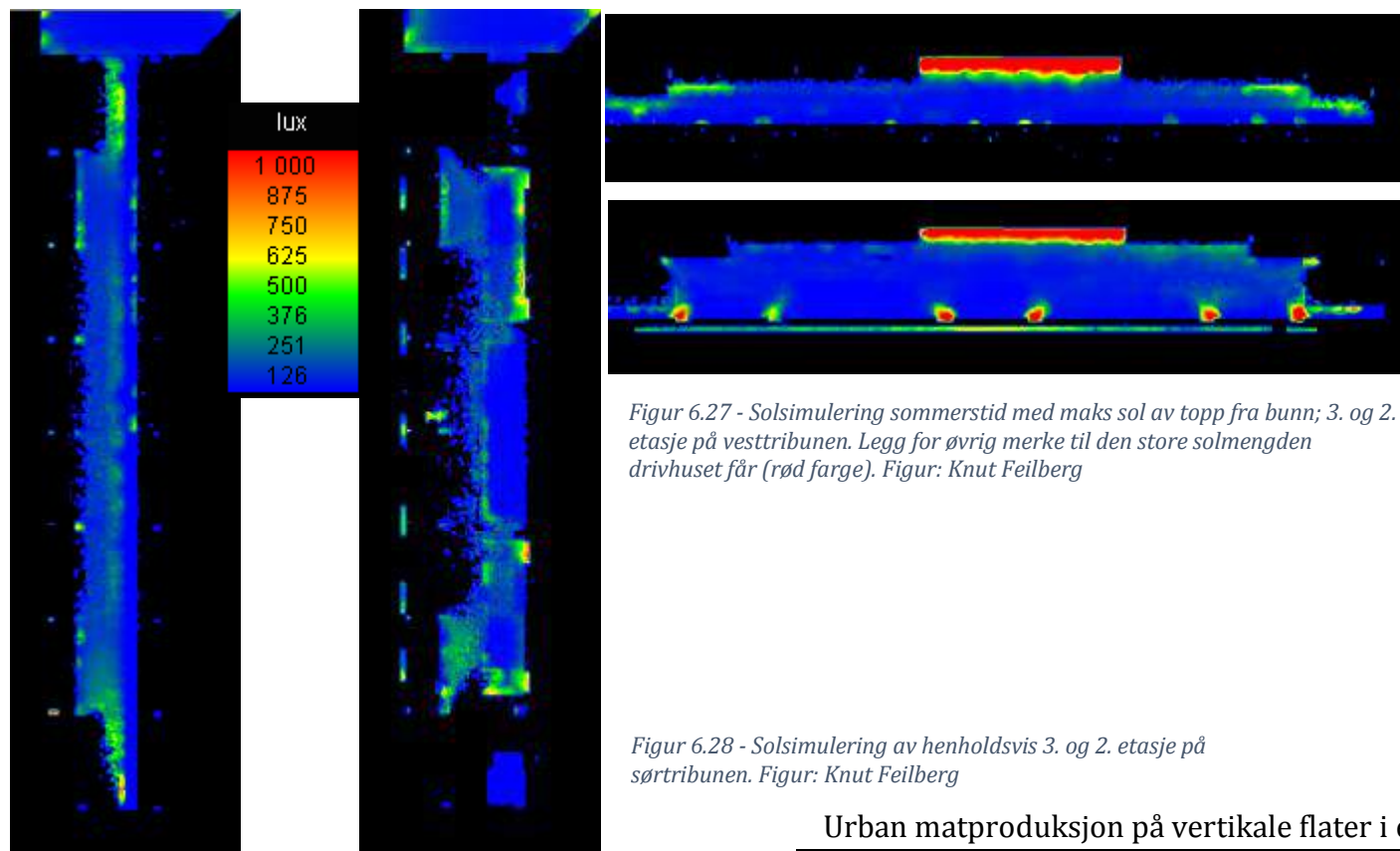
Figur 6.26 - Parametre for plantetårn i drivhus. Figur: Knut Feilberg

Planløsning

For at det skal være mulig å få funksjonshemmede opp til øverste etasje (4. etasje med svalganger) hvor det ikke finnes trappeforbindelser, kan man anlegge en ekstra heis (1505x1730 mm) med sjakt lengst nord i drivhuset. Det blir god nok plass for rullestolbrukere, men sjakten kommer i konflikt med det bakerste bjelkelaget, som gjør at en del av svalgangskonstruksjonen må krages ut fra eksisterende betongkonstruksjon. Dette er den eneste fornuftige løsningen, hvor en løfteplattform er for risikabelt, og går ikke høyt nok fra 3. til 4. etasje som er omtrent 6,5 meter. Det er ikke mulig å fortsette den eksisterende heisen opp til 4. etasje, fordi den ender opp i et tribunefelt, som ikke anbefales. Med en heis helt opp, kan funksjonshemmede få like muligheter til å beskue alt det drivhuset og svalgangene kan tilby, og være med på vedlikehold. Opp til parselhagen i 3. etasje (både sør- og vesttribunen) er det bare en tretrapp som gjør den tilgjengelig. Hvis det er noen rullestolbrukere som har kjøpt en parsell i denne etasjen, kan man også installere en trappeheis. Dette blir imidlertid ikke prosjektert på tegninger.

Grunn til å velge drivhus

Det er lettere å dyrke mat på vesttribunen da det er funnet med en solsimulering (vedlegg XXX) at soltilgangen i 3. etasjen (svalgang) med parselhagene er minimal. Sollysmengden er under 1000 lux, som må til for at planter skal vokse. Likevel skal man ikke tolke denne simuleringen bokstavelig, da man kan oppnå greie lysforhold ved å ha færre klatreplanter på gelenderet. Man bør uansett installere vekstlys i etasjen. Takhøyden kan ikke endres til noe bedre, da det går utover høyden på svalgangsetasjen under. Figur 6.27 og 6.28 viser en solsimulering av både 3. og 2. etasjen i juni, midt på dagen, av både sør- og vesttribunen. De ser veldig like ut, og selv om takhøyden på 2. etasjen (3,6 m) er mye høyere enn 3. (2,86 m), er det grunn til å tro at det er plantemengden som skygger for sola, og ikke takhøyden. Dermed er det ingen grunn til å endre takhøyden på 3. etasjen.



Figur 6.27 - Solsimulering sommerstid med maks sol av topp fra bunn; 3. og 2. etasje på vesttribunen. Legg for øvrig merke til den store solmengden drivhuset får (rød farge). Figur: Knut Feilberg

Figur 6.28 - Solsimulering av henholdsvis 3. og 2. etasje på sørtribunen. Figur: Knut Feilberg

6.2.5 Matmengder

| Antall m ² vekstflate i hvert alternativ (sør- + vesttribune) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| Plantebokser | 22,85 + 41,86 = 64,71 m² | 64,71 | 19,95 + 34,32 = 54,27 m² | 19,95 + 11,4 = 31,35 m² |
| Modulsystem | - | 410,4 m ² x 2 tribuner = 820,8 m² | 339 m ² x 2 tribuner = 678 m² | 339 m ² x 2 tribuner = 678 m² |
| Svalganger | - | - | Parselhager: 7 + 15 = 22 m² | Mindre parselhager utenom drivhus: 7 + 12,2 = 19,2 m² |
| Plantetårn i drivhus (vesttribunen) | - | - | - | 212,6 m² |
| Sum | 64,71 m² | 885,51 m² | 732,27 m² | 941,15 m² |

Figur 6.29 - Matmengder for hvert alternativ. Figur: Knut Feilberg

Hovedfokus på dette prosjektet var å dyrke mat, men mengden er ikke så stor som man skulle trodd. Fra figur 6.29 ser vi at Alternativ 2 og 4 gir mest matproduksjon, likevel må vi ta hensyn til at alternativ 2 er veldig dyrt å drifte. Dette er fordi de største modulveggene blir for høye, 17 m, noe som gjør de lite tilgjengelige. Hele modulveggen kan ikke stå for matdyrking, men her setter vi opp potensialet til anlegget. Det blir heller ikke den store matmengden på parselhagene på sør- og vesttribunen (19,2 m²), men er mer sosialt. Drivhuset er å regne som en egen parsell, hvor man kan eie sitt eget plantetårn.

Med dette får alternativ 2 og 4 henholdsvis 885,51 m² og 941,15 m² dyrkbar jord. En håndballbane er omtrent 800 m², så vi kan ane hvor stor matproduksjonen blir. Beregningene kan ses i vedlegg XXXI. Det er tatt hensyn til solsimuleringene hvor det blir minimalt med sollys på den opprinnelige fasaden bak svalgangene. Likevel kan man praktisk talt oppnå mer matmengder, hvis man benytter seg av planter som tåler lite sollys.

Denne dyrkbare mengden er under et mål, men det dyrkes der hvor folk møtes, og er i et attraktivt område. Siden Skien ikke er en så stor by (litt over 50.000 innbyggere), kan dette være et bra prosjekt for å samle så mange som mulig. Fotballen kan forsterke denne muligheten som (Hjelseth, 2006) fortalte om. Som en by kan dette prosjektet slå positivt ut, da man i urbane områder lettere legger merke til vertikalt landbruk på bygninger enn i rurale områder.

Man kan ha større potensiale i å dyrke mer mat ved å prosjektere grønne tak på stadiontakene, men denne oppgaven tar ikke stilling til det.

Bilde 7.1 – Øverste svalgang med drivhus i vest.
Bilde: Knut Feilberg



7.0 Diskusjon og anbefalinger

7.0 Diskusjon og anbefalinger

7.1 Fordeler og ulemper med alternativene

| Alternativ | Fordeler | Ulemper |
|--------------|---|--|
| Plantebokser | <ul style="list-style-type: none"> • Lettest • Bra for dugnadsånden med snekring av kassene • Inkludering • Barn og unge bidrar med den kulturelle skolesekken • Minimalt med vedlikehold og vannbruk • Billig | <ul style="list-style-type: none"> • Små mengder mat. • Enkelte bokser kan bli for utilgjengelige og vanskelige å vedlikeholde • Lite avkastning • Komplisert vanningsanlegg • For mye jobb å vanne planteboksene manuelt |
| Modulsystem | <ul style="list-style-type: none"> • Mulig attraksjon • Gir miljøgevinst • Minimalt vannbruk • Kan skape en læringsarena for andre aktører • Myker opp betongklossen av en arena • Gir grønne fordeler: <ul style="list-style-type: none"> ○ God biodiversitet ○ God psykisk helse ○ Samler svevestøv ○ Gir grei isolasjon og støydemping osv. | <ul style="list-style-type: none"> • Komplekst vanningsystem • Stor byggekostnad • Vanskelig å vedlikeholde alene. Lite tilgjengelighet – for høye og komplekse (17 m) • For mye bruk av ressurser og økonomi på lite avkastning (mat og daglig drift) • Ingen isolasjon vinterstid • Lite mat |
| Svalganger | <ul style="list-style-type: none"> • Gir tilgjengelighet og lettere vedlikehold av de grønne modulveggene og planteboksene. <ul style="list-style-type: none"> ○ Korter ned høyden på modulveggene ○ Mindre vekt på betongveggene • Åpner opp stadion og blir mer inkluderende | <ul style="list-style-type: none"> • Ikke helårsdrift • Stor etableringskostnad |

Bilde 7.2 – Drivhus på vesttribunen Bilde: Knut Feilberg



| | | |
|-----------------------------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Bruk av limtre: gjør byggeprosessen bærekraftig • Et sted hvor folk i Skien kan være utenom kampdager. Kan holdes åpent hele uken. • Café • Private og åpne parseller med dyrkningsmuligheter • Bruk av trevirke kan myke og varme opp arenaen • Bruk av planter (fra plantebokser) i espalier på rekkverket kan verne mot snø, vær og vind • Kan bli overførbart til andre bygg • Kan minke vannforbruket på sørtribunen, i forhold til bare bruk av modulvegger. | |
| Plantetårn i drivhus | <ul style="list-style-type: none"> • Lett tilgjengelig – det er heis til 3. etasje på sør- og til 4. på vesttribunen • Mulig attraksjon • Helårsdrift • Sosialt og inkluderende. Alle kan drifte anlegget da jobben ikke krever mye etter opplæring • Også folk med intellektuelle og fysiske handikap kan drifte anlegget på en måte hvor alle parter dekker sine behov, hvis vi følger amerikanske Vertical Harvest sitt eksempel (kap. 3.4). • Avlaster plassbruk i miljøet og erstatter vanlig jordbruk • Bruker deler av eksisterende svalgangskonstruksjon som rammeverk. Bidrar til god materialbruk. • Innovativt • Minimalt vannbruk | <ul style="list-style-type: none"> • Tar mye plass i høyden • Stor etableringskostnad • Kan bli for teknisk og lite overførbart. Det gjelder å teste det ut. • Trenger tid for etablere seg som en god investering i Norge. • Enkelte steder i drivhuset kan ha litt smale passasjer for rullestolbrukere til å få plass til en 1,5 m snusirkel. Likevel er det på hver side av drivhuset bredere enn 1,5 m. • Kan ikke bygges fullt ut på både sør- og vesttribunen; må ta hensyn til dører og garasjeporter. |

Fra figur 7.1 er det tydelig at prosjektet kan få en verdi jo flere alternativer og muligheter man introduserer til prosjektet, og spesielt når svalganger blir introdusert. Dette gjelder imidlertid bare hvis vi ser på det tekniske og sosiale, og ikke tar med økonomiske hensyn. Når det gjelder plantetårn i drivhus er det flere fordeler enn ulemper hvis man skulle klare å drifte det basert på frivillige. Uthevede kommentarer fra figur 7.1 har størst betydning. Avkastning på daglig drift er mulig, men det vil koste en del år. Prosjektet kan på en måte tilegne seg god bestandighet, jo lettere man kan vedlikeholde det, men samtidig vil byggekostnadene og vedlikehold være vanskelig å forholde seg til. Da må man ha et mål med prosjektet, og tørre å satse.

Forskjellige fordeler:

- Plantebokser kan ifølge teoridel 3.2 og 3.3 ha en effekt på sosiale forhold og frivillighet. Ikke driftbart året rundt.
- Planteveggmoduler gir fra teoridel 3.5.1-3.5.9 best utslag på grønne fordeler som biodiversitet, svevestøv, luftrensing, reduksjon av varmeøy-effekt, psykisk effekt, støydemping og gråvannsrensing, lokal overvannsdiskonering (LOD), reduksjon av UV-stråling, sur nedbør, varmefluks, samt reduksjon av konduksjon, konveksjon og varmestråling. På vinterstid vil disse fordelene imidlertid bli mindre merkbare.
- Drivhus vil gi størst matmengder gjennom året, og bidra på sosiale forhold med frivillighet, ifølge teoridel 3.4.

Dermed vil alle disse mulighetene bidra til at prosjektet vil få en sosial og miljøvennlig funksjon. Ingen av alternativene er da for overflødige, men viktige i helheten.

7.2 Problemstillingen

Hvordan utnytte betongfasader på Skagerak arena til matproduksjon, ved å se på ulike alternativer?

Arealene på Skagerak arena som best egner seg til grønne vertikale flater er sør- og vesttribunen da de ikke har så mye å by på utseendemessig. De er store betongklosser som trenger et ansiktsløft. De har begge god tilgang på sol gjennom vekstsesongen, og de store betongveggene kan lett holde tunge modulvegger, ifølge 6.2.2. Østtribunen er ny og det er bare taket det egner seg å anlegge grønne strukturer. Nordtribunen er også mulig, men det er lite soltilgang i nord, og det er usikkert om de grønne vertikale flatene hadde overlevd lite soltilførsel. Alle tribunenene er utsatt for vind. Sørtribunen blir mest utsatt for det, og vesttribunen kan oppleve vindturbulens forårsaket av gateløpet med Stadion terrasse på motsatt side. Se figur 3.51.

De tekniske forutsetningene er gode for å anlegge grønne vegger, da bygget er oppført i betong, som gir god stivhet til andre konstruksjoner i tre. Fra 5.3 tåler bygget snø- og vindlast, og får gode lysforhold, selv på overskyede dager, ifølge vedlegg VI og XXX. Høye vegger og modulsystemet bidrar til store muligheter til å forme nye konstruksjoner som er enkle i form. Betong og stål i bygget har god hold, og tåler solide innfestinger av plantebokser, modulvegger, svalganger og drivhus. I teorien er betongbygg i seg

Figur 7.1 – Fordeler og ulemper med alternativene. Figur: Knut Feilberg

selv et kaldt sted å oppholde seg i med tanke på konduksjon, konveksjon og varmestråling, ifølge teoridel 3.5.9. Samme kapittel og figur 3.42 nevner at det oppleves som isolerende å få prosjektert grønne vegger.

Takfallet på tribunene kan gi vanntilførsel til de grønne modulveggene, hvor sistnevnte kan håndtere overvann gjennom plantenes absorpsjon, ifølge teoridel 3.5.8. Springvann fra anlegget vil bli brukt hvis det er tørre perioder. Gråvann kan gjenvinnes til drikkevann gjennom de mange tankene i anlegget (se figur 6.11). Med de grønne veggene kan man bidra til mindre vannforbruk, hvis Skagerak arena kan bruke sitt eget drikkevann, gjenvunnet fra gråvann fra dusj og vask. Forskjellige tanker sørger for riktig næringstilførsel til vannet.

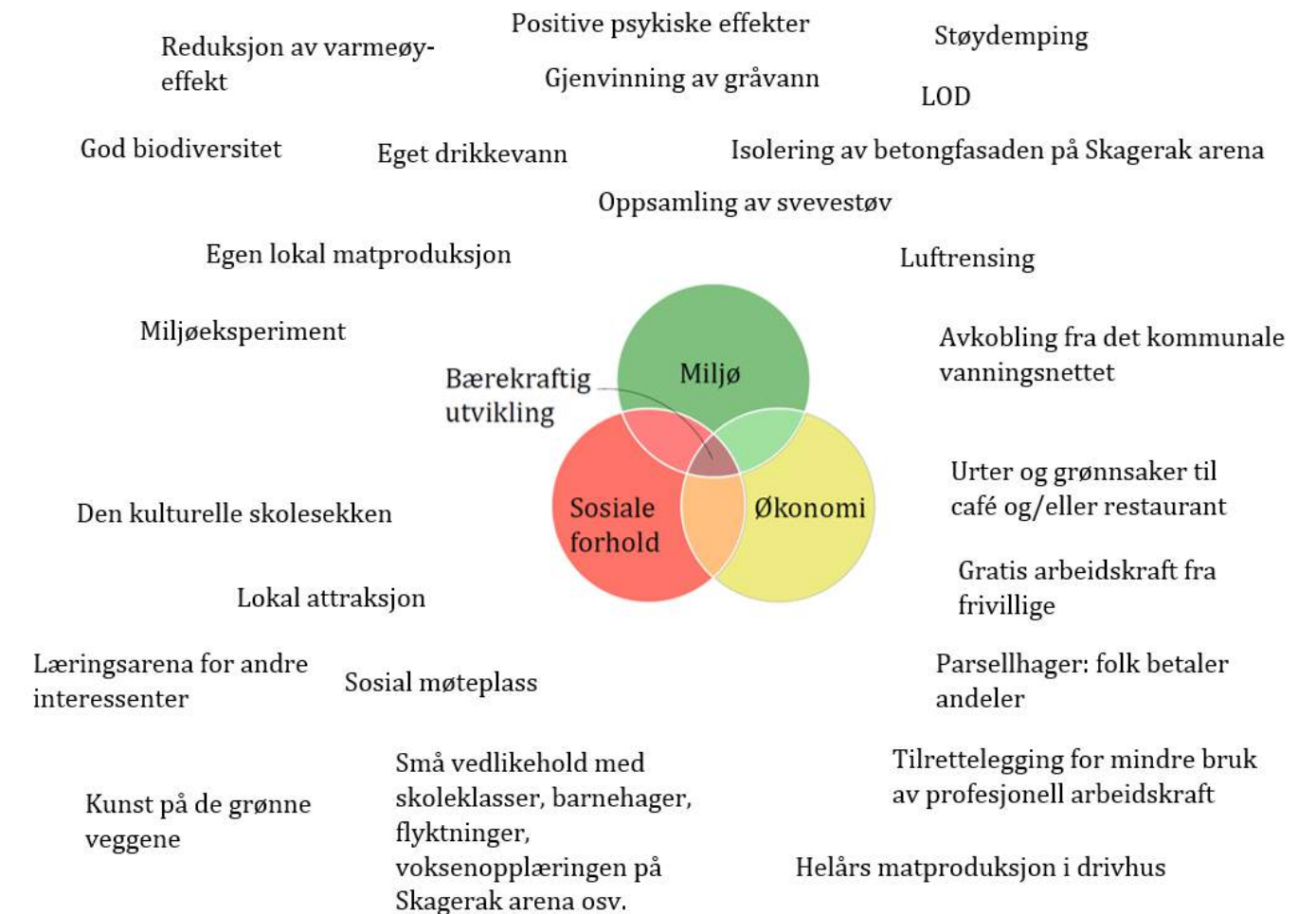
Det er ikke problem med for lite sollys på arenaen, ifølge vedlegg VI og XXX. Fra solsimuleringer på overskyede dager er det bevist at får plantene nok lys (over 1000 lux) gjennom vekstsesongen. Likevel må plantene ha tilgang på vekstlys fra overhengende Glamox lysrør (foretrukket av Arvid Ekle) i rødt og blått lys på dager uten sol (Bergstrand, 2016). Ved plussgrader bruker man et digitalt system på vanningsanlegget som sender signaler til en server hos firmaet *Galcon* i Israel, som skrur på anlegget automatisk, via en app. På vinteren og i kalde måneder ellers, er det anbefalt av Ekle å la plantene gå i dvale, og det er ikke hensiktsmessig med varmeanlegg i modulene. Plantene trenger ingen varme i seg selv, der gode plantevalg skal tåle det norske klimaet. Da er det bedre at plantene bli vant til forholdene. Tribunebyggene er tross alt åpne i friluft, og planteboksene og modulveggene skal være det samme, selv om vi er i et nordisk klima. Blir det for kaldt er drivhuset med plantetårnene løsningen. Da kan man drive matproduksjon året rundt.

Matproduksjon på Skagerak arena kan gi et ekstra tilskudd til supportere på kamp, men det er lite sannsynlig at de kan gi en god inntektskilde, når det bare er drivhuset som gir mat hele året rundt. Nøkkelen til god daglig drift og matproduksjon er inkludering av alle til dugnader, tilgjengelighet og bestandighet på planteboksene, de grønne modulveggene og plantetårnene i drivhuset. Nøkkelpersoner bør stadig vekk være til stede på stadion. Det må være en som styrer og reparerer vanningsanlegget til hvert anlegg, hvis noe skulle skje. En gartner må alltid være til stede under vedlikehold. Alle som vil bidra har mulighet til det, og det inkluderer skoleklasser og funksjonshemmede. De kan etter tur få mulighet til å være med å snekre, vedlikeholde og høste inn planter fra planteboksene, de grønne modulveggene og plantetårnene.

Supportere og innbyggere i Skien kan betale andeler til forskjellige parseller i svalgangene, og det kan bli mulig å drive med café i 2. og 4. etasje. Det kan bli mulig å besøke stadion utenom kamp, som skaper en sosial møteplass hvor alle kan være, og ikke bare supportere. Med mange frivillige kan prosjektet bli mulig. Svalgangskonstruksjonen er en vesentlig forutsetning for god tilgjengelighet og vedlikehold av de grønne modulveggene. Svalganger gjør det mulig å drifte modulvegger og plantebokser. Sør- og vesttribunene på Skagerak arena kan være åpne alle dager, og ikke bare på kampdager.

Prosjektet er mulig å gjennomføre, hvis vi kun ser på det tekniske. Dette mulighetsstudiet kan imidlertid ikke svare på i hvilken grad løsningene er bærekraftige, eller ikke, noe figur 7.2 påpeker. Grunnen er at det ikke er sett på økonomi for daglig drift og vedlikehold, kun det tekniske og

sosiale. Det er likevel funnet at etablering av grønne vertikale flater er teknisk mulig, og løsningene har overføringsverdi til liknende situasjoner i urbane strøk.



Figur 7.2 – Forslag til videre arbeid med Vigdis Kjørholts sosiale driftsmodell, med utgangspunkt i definisjonen av bærekraftighet fra 1.1 Innledning. Figur: Knut Feilberg

Driftsmodell vil bli etter Langøya hovedgårds filosofi som er driftet av prosjektleder Vigdis Kjørholt. Modellen består av frivillig arbeidskraft fra alle områder, som f.eks foreninger, barnehager, barneskoler, ungdomsskoler, lokale aktører, jobbsøkere på NAV, flyktninger osv. Alle kan bidra med vedlikehold, skjøtsel og høsting. En læringsarena for andre aktører og fotballklubber sørger for visse inntekter. Eierskap til grønne parseller i svalgangene for beboere rundt gir inntekt.

Folk må kunne tørre å prosjektere og tenke stort i Norge, for klimaforholdene i landet er ikke nødvendigvis vanskelige å dyrke mat i. Som nevnt på side 11 siteres forskeren og planteentusiasten Barstow (2014) på at Norges klimatiske beliggenhet er den mest optimale på verdensbasis når det kommer til matproduksjon.



Figur 7.3 - Forutsetninger for Grønn stadion.
Figur: Knut Feilberg

Alle disse faktorene fra figur 7.3 over kan sikre god bestandighet til prosjektet.

- Frivillighet står i fokus, ikke økonomien.
- Uten estetisk verdi er det få som får noe positivt forhold til utbyggingen. Grønne vegger gir mer eiendomsverdi (F. H. M. Farid *et al.*, 2016).
- Dårlige tekniske løsninger kan gjøre at anlegget må rehabiliteres etter få år.
- Det sosiale er viktig. Uten at folk har noe å forholde seg til vil ikke anlegget bli brukt, og vil stå tomt.
- Man skal lett klare å komme til ved vedlikehold uten hjelp av altfor tekniske utstyr.
- Fra kapittel 6.2.5 ser vi at prosjektet ikke har kapasitet til å produsere nok mat fra plantebokser, modulvegger og drivhus til sammen. Skal man få god avkastning må man legge opp til bruken av markeds plasser; parseller og café. At dette kan bli en mulig attraksjon kan tjene inn ekstra. Dette skjer sommerstid. På vinterstid er det drivhuset som gir litt inntekt.

7.3 Fremtidige FoU-behov

Denne masteroppgaven er en del av et større forskningsprosjekt om hva som er mulig for å kunne oppnå matproduksjon på Skagerak arena. Etter levert masteroppgave, vil prosjektet ferdigstilles den 14. januar 2018. Etervirkningene av dette prosjektet og Halvdan Rosteds mulighetsstudie vil bli tatt med videre av prosjektgruppen for *Grønn stadion*. Ferdigstillingen den 14. januar 2018 vil inkludere en evaluering og utarbeiding av en felles sluttrapport som skal overleveres fylkesmannen i Telemark i søknad om hovedprosjekt.

I denne sammenheng er det derfor nødvendig at dette prosjektet kan motta økonomiske midler til gjennomføring, da flere aspekter har store innovasjoner. Disse har FoU-behov. For *Grønn stadion*-

prosjektet vil et pilotprosjekt være nødvendig for å endelig bekrefte mulighetene lagt frem i dette studiet. Det er et stort behov for slike prosjekter kan få fritt spillerom for å skape utvikling og skape fremtidsrettede løsninger. Da prosjektet har blitt svært omfattende, kan den potensielle gevinsten i fremtiden likevel være god.

8.0 Konklusjon

Grønn stadion-prosjektet er foreløpig å anse som et miljøeksperiment. Oppgaven har sett på 4 alternativer, og fra drøftingen i prosjektet fremgår det at flere mål bør tilstrebes utover matproduksjon. Dette skyldes at volumet av mat er begrenset med et dyrkbart areal på under ett mål, samt at kostnaden og daglig drift gjennom varierende årstider kan gi utfordringer. Etablering av svalganger vil gi muligheter til samdrift av de grønne modulveggene og planteboksene, og styrke prosjektet fordi driften av bare et av alternativene ikke gir tilstrekkelige driftsbetingelser. Uten svalganger, som vist i alternativ 2, blir vedlikeholdet kostbart på grunn av dårlig tilgjengelighet som krever hyppig liftbruk. Arbeidet må utføres profesjonelt som fører til høye driftskostnader. Dette er derfor ikke et anbefalt alternativ alene. Svalgangene gir god tilgjengelighet til de grønne veggene, men også grønne parseller, som folk kan ta eierskap i, og som kan gi inntekter. Den foreslåtte løsningen i alternativ 3 muliggjør utleie av lokaler for daglig drift av café. Alternativ 4 som legger til plantetårn i drivhus på vesttribunen, kan brukes for å oppnå inntekter fra matproduksjon og salg hele året. Plantetårn kan imidlertid ikke bygges fullt ut pga. plassmangel på bakkenivå. Grønne vertikale flater på Skagerak arena kan driftes basert på frivillighet, men med basis i faglig kompetanse for å minimalisere feil og problemer. Fagfolk må også ha enkelte befaringer i året for å se til det tekniske anlegget. Skagerak arena vil med alternativ 4 kunne bli en lokal attraksjon, læringsarena og en sosial møteplass, hele året rundt.

Konklusjonen er at prosjektet med alle alternativer er mulig å gjennomføre, hvis vi kun ser på det tekniske og sosiale. Dette mulighetsstudiet kan imidlertid ikke svare på i hvilken grad løsningene er bærekraftige, eller ikke. Grunnen er at det ikke er sett på økonomi for daglig drift og vedlikehold under eventuelle reparasjoner. Det er likevel funnet at etablering av grønne vertikale flater er teknisk mulig, og løsningene har overføringsverdi til liknende situasjoner i urbane strøk. Sør- og vesttribunen på Skagerak arena er fra før lite påkostet. I det videre bør økonomiske og sosiale konsekvenser belyses. Siden prosjektet er teknisk mulig å gjennomføre, kan det gi en overføringsverdi til andre bygg som kjøpesentre og parkeringshus ved å skape et attraktivt, miljøvennlig og sosialt element i fremtidens bygg.



Bilde 7.4 - Alle alternativer (alternativ 4) på Skagerak arena; plantebokser, modulvegger, svalganger og plantetårn i drivhus. Figur: Knut Feilberg

Bibliografi

- Aardal, L. H. (2015). *Miljøeffekter av grønne tak og vegger*. Hovedoppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet. 90 s.
- Aase, E. (2005). *Den hellige treenighet - stedsidentitet i Vålerenga bydel*. Trondheim: Geografisk institutt; Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet.
- A-LAB. (2015). *Forskningsmidler til innovasjon av balkonger*. Tilgjengelig fra: <http://a-lab.no/forskningsmidler-til-innovasjon-av-balkonger/#1> (lest 30.03.2017).
- Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H.. (2001). *Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas*. Solar Energy, 70(3): 295-310.
- Andrews, K. (2013). Dezeen.com. *London's largest living wall will combat flooding*. Tilgjengelig fra: <https://www.dezeen.com/2013/08/21/londons-largest-living-wall-will-combat-flooding/> (lest 31.04.2017).
- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Bures, S., Álvaro, J. E., Erkoreka, A., Urrestarazu, M. (2014). *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*. Applied Acoustics, 89: 46-56.
- Barstow, S. (2014). *Around the World in 80 Plants: An Edible Perennial Vegetable Adventure in Temperate Climates*. Trondheim: Permanent publications. 304 s.
- BBC. (2007). *Patrick Blanc, Vertical Garden interview in Paris*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=63D2UkkTtBQ> (lest 21.02.2017).
- Benfield, K. (2012). *The Coolest Green Infrastructure You Are Likely to See*. Tilgjengelig fra: <http://www.sustainablecitiescollective.com/kaidbenfield/94881/coolest-green-infrastructure-you-are-likely-see> (lest 05.03.2017).
- Bergene Holm AS. (2017). *Slik gjør du det - bygge terrasse på søyle*. Tilgjengelig fra: <https://www.bergeneholm.no/byggeguider/bygge-terrasse> (lest 31.04.2017).
- Bergstrand, K. J. (2015). *Modern växthusbelysning - ett kompendium om växthusbelysning*, Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. 35s.
- Bergstrand, K. J. (2016). *LED-lyskilder, en interessant teknologi (?)*. Tilgjengelig fra: http://195.189.254.42/bilder/40%20LEDlys%20teknologi%20Karl%20Johan%20Bergstrand_150541.pdf (lest 15.02.2017).
- Biotecture. (2017). *About us*. Tilgjengelig fra: <http://www.biotecture.uk.com/about/> (lest 15.03.2017).
- Blakstad, S. (2013). Bygg.no. *Trondheims første levende vegger*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/85112> (lest 14.01.2017).
- Blakstad, S. (2015). Bygg.no. *Anbefaler planter på grønn resept*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/hage/article/1248005> (lest 22.01.2017).
- Blanc, P. (2017). *Vertical Garden Patrick Blanc*. Tilgjengelig fra: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/> (lest 23.01.2017).
- Braskerud, B. C. (2014). *Grønne tak og styrtregn*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014:65
- Bratberg, E. (2017). Store Norske Leksikon. *Kolonihager*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kolonihager>
- Bullock, J. (2016). Luxreview.com. *Two-minute explainer: Lighting for living walls*. Tilgjengelig fra: <http://luxreview.com/article/2016/07/two-minute-explainer-lighting-for-living-walls> (lest 03.05.2017).
- Busklein, J. O., Kvalvik, M., Noreng, K., Thodesen, B. (2012). *Grønne tak reduserer overvannet*. Rapport SINTEF Byggforsk, 2012:10.
- CNNMoney. (2012). *Vertical farms solve land problem*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=cY7O5YNxKuI> (lest 02.21.2017).
- Cooke, L. (2016). Inhabitat. *Paris allows anyone to plant an urban garden*. Tilgjengelig fra: <http://inhabitat.com/paris-allows-anyone-to-plant-an-urban-garden-anywhere/> (lest 02.21.2017).
- Cotter, M. (2012). Inhabitat. *Plantagon Breaks Ground on its First 'Plantscraper' Vertical Farm in Sweden!*. Tilgjengelig fra: <http://inhabitat.com/plantagon-breaks-ground-on-its-first-plantscraper-vertical-farm-in-sweden/> (lest 16.01.2017).
- Cuce, E. (2016). Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation. *Applied Energy*, 194: 247-254.
- Digernes, A. G. (2016). Vårt land. *Hage i høgda*. Tilgjengelig fra: <http://www.vl.no/edenshage/hage-i-hogda-1.671976?paywall=true> (lest 20.01.2017)
- Dowgert, M. F. (2016). *Stone Wool as a growing substrate for hydroponic systems*. Tilgjengelig fra: <http://grodan101.com/knowledge-center/rockwool-growing-substrate-hydroponic-systems> (lest 21.07.2017).
- Dunnet, N., Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland, Or.: Timber Press. 328 s.
- Ekle, A. (2012). *Grønne levende vegger*. Tilgjengelig fra: https://www.viherymparisto.fi/media/artikkelikuvat/arvid_gr_nne_levende_vegger_agraff.pdf (lest 22.03.2017).
- Ekle, A. (2016). *Biowall.no*. Tilgjengelig fra: <http://biowall.no/forskning-og-kunnskap/> (lest 15.01.2017).
- Ekle, A. (23/10/2014). *Arvid Ekle Biowall*. Tilgjengelig fra: <http://www.slideshare.net/Vertikaltradgard2014/arvid-ekle-biowall> (lest 19.01.2017).
- Eregno, F. E.; Moges, M. E.; Heistad, A. (2017). *Treated Greywater Reuse for Hydroponic Lettuce Production in a Green Wall System - Quantitative Health Risk Assessment*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet. *Water*. 9(7): 454.
- Farid, F. H. M., Ahmad, S. S., Raub, A. B. A., Shaari, M. F. (2016). *Green "Breathing Facades" for Occupants' Improved Quality of Life*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. (Universiti Teknologi MARA, Malaysia). 234: 173-184.
- Flatekvål, B.-L. S. (2015). *Terminal Jekteviken er helt unikt: Har 17.000 planter på veggen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ba.no/nyheter/natur-og-miljo/bergen-sentrum/terminal-jekteviken-er-helt-unikt-har-17-000-planter-pa-veggen/s/5-8-117755> (lest 14.02.2017).
- FN-Sambandet. (2016). *Verdens befolkning*. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Tema/Befolkning/Verdens-befolkning> (lest 12.01.2017).
- Fossing, J. (2017). *Pakker stadion inn i solceller*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/telemark/pakker-stadion-inn-i-solceller-1.13440068> (lest 22.03.2017).
- Galaasen, O. P. (2015). *Fremtidens bygg. Plantevegger gir positive helseeffekter*. Tilgjengelig fra: <http://fremtidensbygg.no/radgivning/plantevegger-gir-positive-helseeffekter/> (lest 15.01.2017).

- Gardåsen, T. K. (2000). *Summa Summarum - Skien i 1000 år*. Skien: Forlaget Grenland.
- Gibson, E. (2016). *Edouard François creates plant-covered housing block to disperse seeds across Paris*. Tilgjengelig fra: <https://www.dezeen.com/2016/11/17/m6b2-tower-biodiversity-maison-edouard-francois-plant-covered-housing-block-paris-france/> (lest 05.03.2017).
- Gilje, K. B. (2016). Aftenposten. *I høst kommer den første jordbruksmeldingen for Oslo*. Tilgjengelig fra: <http://www.aftenposten.no/osloby/i-host-kommer-den-forste-jordbruksmeldingen-for-Oslo-32169b.html> (lest 16.01.2017).
- Global Teacher Prize - Varkey Foundation. (5/7/2016). *Stephen Ritz, Founder of the Green Bronx Machine: His Story*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=9Dt0odlFzmQ> (lest 14.01.2017).
- GLTi. (2016). *Agreenroof.com*. Tilgjengelig fra: <http://www.agreenroof.com/biосоil/> (lest 29.01.2017).
- Godal, J. B., Olstad, H., Moldal, S. (2015). *Om det å lafte. (Band 1. Handverk, logikk og prosess)*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Granados, F. J. (6/6/2016). *Dyrkingsprosjekt inn i Telemarks storstue*. Tilgjengelig fra: <https://www.fylkesmannen.no/Telemark/Landbruk-og-mat/Nyheter-innen-Fylkesmannens-landbruksavdeling/Dyrkingsprosjekt-inn-i-Telemarks-storstue/> (lest 13.01.2017).
- Green over grey. (2009). *Greenovergrey.com*. Tilgjengelig fra: <http://www.greenovergrey.com/green-wall-benefits/building-protection.php> (lest 31.01.2017).
- Greenroofs.org. (2017). *Green Wall Benefits*. Tilgjengelig fra: <https://www.greenroofs.org/about-green-walls/> (lest 11.04.2017).
- Gundersen, D. (2009). Store Norske Leksikon. *Parsell*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/parsell>
- Gundersen, M. (2016). *Hva er Skien 2020?*. Tilgjengelig fra: <http://www.skien.kommune.no/Byen-var/Byutvikling/Skien-sentrum-2020/Hva-er-Skien-2020/> (lest 27.02.2017).
- Gundersen, T. W. (2000). *Skiens historie - en kort versjon*. Tilgjengelig fra: <http://www.skiensatlas.org/content/download/2156/12143/file/SKIENS+HISTORIE+kortversjon.pdf> (lest 21.03.2017).
- Hafslund. (2017). *Dette bruker vi strømmen til*. Tilgjengelig fra: <https://www.hafslund.no/strom/privat/stromforbruk/2025> (lest 15.02.2017).
- Hammer, J. (2017). *Den lille gartner*. Tilgjengelig fra: <https://denlillegartner.no/web/side/80> (lest 01.02.2017).
- Haugen, E. (2017). – *Hvis vi skulle flyttet Herkules inn i Skien sentrum ville vi rasert alt som er her*. Tilgjengelig fra: <http://www.varden.no/nyheter/hvis-vi-skulle-flyttet-herkules-inn-i-skien-sentrum-ville-vi-rasert-alt-som-er-her-1.1619368> (lest 28.02.2017).
- Haugen, E. (2017). *Skattelette til småbutikker kan få flere til å etablere seg i sentrum*. Tilgjengelig fra: <http://www.varden.no/nyheter/skattelette-til-smabutikker-kan-fa-flere-til-a-etablere-seg-i-sentrum-1.1725716> (lest 28.02.2017).
- Heistad, A. (2017). *Naturlig vannkvalitet, forurensningskilder, utslipp og virkning*. Powerpoint. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet.
- Helle, T. (2015). *BYFOLK VIL DYRKE GRØNNSAKENE SELV I TRONDHEIM*. Tilgjengelig fra: <http://trondheim2030.no/2015/11/02/byfolk-vil-dyrke-gronnsaker-selv-i-trondheim/> (lest 14.01.2017).
- Hellgren, M. (2016). *Vertical Garden Design*. Tilgjengelig fra: <http://www.verticalgardendesign.com/about> (lest 19.01.2017).
- Hjelseth, A. (2006). *Mellom børs, katedral og karneval - Norske supportereres forhandlinger om kommersialisering av fotball*. Trondheim: Universitetet i Bergen.
- Hjerpaasen, M. (2014). *Vertikal beplantning/grønne vegger - en kunnskapsbank for videre utvikling i Norge*. Hovedoppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet. 95 s.
- Hofstad, K. (2017). Store Norske Leksikon. *Lux*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lux> (lest 03.04.2017).
- Holand A., Sagen P. (2016). *Stedsutvikling på Kjeller flyplass basert på prinsipper for økologisk demokrati*. Hovedoppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet.
- Holmes, S., Sandberg, A. (2015). *Fædrelandsvennen. Hva med din egen grønne vegg i stuen, på balkongen eller i hagen?*. Tilgjengelig fra: <http://www.fvn.no/bolig/Hva-med-din-egen-gronne-vegg-i-stuen-pa-balkongen-eller-i-hagen-7806b.html> (lest 14.01.2017).
- Holmgren, M., Kabanshi, A., Sörqvist, P. (2016). *Occupant perception of "green" buildings: Distinguishing physical and psychological factors*. Building and Environment, 114: 140-147.
- Ink. (2017). *The Urban farmer*. N, 57(9): 44-45.
- Irwin, G. (2008). http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm. Tilgjengelig fra: http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm (lest 03.02.2017).
- Irwin, G. (2013). *Greenroofs.com*. Tilgjengelig fra: <http://www.greenroofs.com/content/Hydroponic-Living-Walls-Irrigation.htm#WJMyn1PNyUk> (lest 02.02.2017).
- Irwin, G. (2016). *Wall-mounted Green Living Walls*. Tilgjengelig fra: <http://www.agreenroof.com/green-walls/wall-mounted-systems/> (lest 02.02.2017).
- Kalleklev, K. (2016). Store Norske Leksikon. *The Arts and Crafts Movement*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/The Arts and Crafts Movement> (lest 15.01.2017).
- Karoliussen, L. (2014). Skien kommune. *Fremtidens byer*. Tilgjengelig fra: <http://www.skien.kommune.no/Naring-og-miljo/Miljo-og-miljosatsing/Framtidsrettet-miljotiltak/Om-prosjektet/> (lest 25.02.2017).
- Kebony (2017). *Kebony*. Tilgjengelig fra: <http://kebony.com/no/content/fordeler-med-kebony/> (lest 16.01.2017).
- Klæboe, R., TØI, Amundsen, A. (2014). Tiltakskatalog. *Støyreduksjon ved hjelp av grønne fasader*. Tilgjengelig fra: <http://www.tiltakskatalog.no/e-1-6.htm> (lest 15.01.2017).
- KORO (2015). *Utlysning: Invitasjon til kunstprosjekt ved Høgskolen i Sør-Trøndelag*. Tilgjengelig fra: <http://koro.no/aktuelt/invitasjon-kunstprosjekt-ved-hogskolen-i-sor-trondelag/> (lest 21.01.2017).
- Köhler, M. (2008). *Green facades - a view back and some visions*. Urban Ecosystems. 11(4): 423-426.

- König, G. (2017). *Impressive Modern Office Tower by Aedas*. Tilgjengelig fra: <http://designed-to-sell-homestaging.blogspot.no/2013/11/impressive-modern-office-tower-by-aedas.html> (lest 30.03.2017).
- Laurence, M. (2015). *Living Walls*. Tilgjengelig fra: <http://www.marklaurence.com/wp/tag/edgware-road/> (lest 15.02.2017).
- Laurence, M. (2016). *Marklaurence.com*. Tilgjengelig fra: http://www.marklaurence.com/living_walls/green_wall_systems.html (lest 03.02.2017).
- Laurence, M., Sabin, R. A. (2011). *Plant Wall and Modules For Growing Plants - US 20110107667 A1*. Tilgjengelig fra: <https://www.google.com/patents/US20110107667> (lest 02.02.2017).
- Link TV. (2012). *Plantagon: The Future of Urban Food*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=0ur-FRb6Gis> (lest 13.01.2017).
- Lundbo, S. (2017). Store Norske Leksikon. *Skien*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Skien> (lest 18.04.2017).
- Manso, M., Castro-Gomes, J. P. (2016). *Thermal analysis of a new modular system for green walls*. Journal of Building Engineering, 7: 1-388.
- NIBIO (2016). Matportalen. *Kjøkkenhagen: Dyrk selv*. Tilgjengelig fra: http://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/gronnsaker/frukt_og_bar/dyrk_selv (lest 15.02.2017).
- Meggs, L. (2010). NASA. *Growing plants and Vegetables in a Space Garden*. Tilgjengelig fra: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/10-074.html (lest 16.03.2017).
- Memon, F. A., Zheng, Z., Butler, D., Shirley-Smith, C., Lui, S., Makropoulos, C., Avery, L. (2007). *Life Cycle Impact Assessment of Greywater Recycling Technologies for New Developments*. Environ Monitoring Assess, 129(1-3), s. 27-35.
- Moelven Limtre AS. (2015). *Limtreboka*. 2. utg., s. 2-3, 20, 66,72. Norge: Norske Limtreprodusenters forening.
- Mortimer, C. (2010). *Paignton Zoo's Vertical Farm*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=EURY89IH0oY> (lest 21.02.2017).
- Mårtensson, L.-M., Wuolo, A., Fransson, A.-M., Emilsson, T. (2014). *Plant performance in living wall systems in the Scandinavian climate*. Ecological Engineering, 71: 610-614.
- National Optical Astronomy Observatory. (2017). *Recommended Light Levels*. Tilgjengelig fra: https://www.noao.edu/education/OLTkit/ACTIVITY_Documents/Safety/LightLevels_outdoor+indoor.pdf (lest 05.05.2017).
- Noreng, K., Kvalvik, M., Busklein, J. O., Ødegård, I. M., Clewing, C. S., French, H. K. (2012). *Grønne tak - resultat fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt*. Rapport SINTEF Byggforsk, 2012:104.
- NRK (22/10/2014). *Oransjeriet får byggeskikkpris*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/rogaland/oransjeriet-far-byggeskikkpris-1.12000609> (lest 29.01.2017).
- Nymoen, H. (2016). Skien kommune. *Kommuneplanens arealdel 2014 - 2026*. Tilgjengelig fra: <http://www.skien.kommune.no/Planer-/Kommunale-planer-2/Kommuneplanens-arealdel/> (lest 22.02.2017).
- Odds Ballklubb (2017). *Skagerak arena*. Tilgjengelig fra: <http://www.odd.no/om-stadion/Skagerak-Arena> (lest 27.03.2017).
- Olivieri, F., Cocci Grifoni, R., Redondas, D., Sánchez-Reséndiz, J. A., Tascini, S. (2016). *An experimental method to quantitatively analyse the effect of thermal insulation thickness on the summer performance of a vertical green wall*. Energy and Buildings, 150: 132-148.
- Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., Raiteri, R. (2011). *Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems*. Energy and buildings, 43: 3419-3429.
- Park & anlegg AS. (2016). *Hvordan lykkes med en grønn vegg?*. Tilgjengelig fra: <https://parkoganlegg.no/uncategorized/skjotsel-norges-storste-gronne-vegg/> (lest 14.02.2017).
- Peters, A. (2015). *A Vacant Lot In Wyoming Will Become One Of The World's First Vertical Farms*. Tilgjengelig fra: <https://www.fastcoexist.com/3042610/a-vacant-lot-in-wyoming-will-become-one-of-the-worlds-first-vertical-farms> (lest 22.02.2017).
- Prodanovic, V., Hatt, B., McCarthy, D., Zhang, K., Deletic, A. (2017). *Green walls for greywater reuse: Understanding the role of media on pollutant removal*. Ecological engineering, 102: 625-635.
- Pugh, T. A. M., MacKenzie, A. R., Duncan Whyatt, J., Nicholas Hewitt, C. (2012). *Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons*. Lancaster: Lancaster University. American Chemical Society, 46(14): 7692-7699.
- Ramage M. H., Burrridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D.U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D., Allwood, J., Dupree, P., Linden, P. F., Scherman, O. (2017). *The wood from the trees: The use of timber in construction*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68: 333-359.
- Riley, B. (2016). *The state of the art of living walls: Lessons learned*. Building and Environment, 114: 219-232.
- Schreiner, R. (2011). Lokal-avisen. *De hengende hager i Babylon*. Tilgjengelig fra: http://www.lokal-avisen.no/files/products/b3a689a_66.pdf (lest 15.01.2017).
- Scott, C. (2011). *Mexico Unveils Gigantic Green Roofed Volcano Soccer Stadium*. Tilgjengelig fra: <http://inhabitat.com/mexico-unveils-gigantic-green-roofed-volcano-soccer-stadium/> (lest 14.02.2017).
- Seehusen, J. (2011). Teknisk ukeblad. *Levende vegger gir godt miljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/levende-vegger-gir-godt-miljo/247459> (lest 22.02.2017).
- Séguin, M. L. (2017). *Landscape architects network*. Tilgjengelig fra: <http://landarchs.com/vertical/> (lest 19.01.2017).
- Sheweka, S., Magdy, N. (2011). *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment*. Energy Procedia, 6: 592-599.
- Sigurjonsdottir, S. (2015). Aftenposten. *Nå skal det bli seter og kornåker midt i Bjørvika*. Tilgjengelig fra: <http://www.aftenposten.no/osloby/Na-skal-det-bli-seter-og-kornaker-midt-i-Bjorvika-42746b.html> (lest 14.01.2017).
- Tedesco, S., Giordano, R., Montacchia, E. (2016). *How to measure the green façade sustainability? A proposal of a technical standard*. Energy Procedia, 96: 560-567.
- Skien by. (2017). *Skien by*. Tilgjengelig fra: <http://www.skienby.no/om-skien-by/> (lest 19.02.2017).
- Skien kommune (2016). *Kommuneplanens arealdel 2014-2026*. Tilgjengelig fra: <https://www.skien.kommune.no/globalassets/sentraladm/planer-og-rapporter/kommuneplanens-arealdel--bestemmelser-og-retningslinjer.pdf> (lest 21.03.2017).
- Skien kommune. (2016). *Temakart 1a: Landskap*. Tilgjengelig fra: <http://www.skien.kommune.no/Documents/Viktig%20for%20innbyggerne/Kommunale%20planer/Kommuneplan/Arealdelen/t>

[emakart%201a-landskap.pdf](#)
(lest 19.02.2017).

Skien kommune. (2017). *Hva skal nye stevneplassen bli?*

Tilgjengelig fra: <https://www.skien.kommune.no/aktuelt/hva-skal-stevneplassen-bli3/>
(lest 09.05.2017).

Sky greens. (2014). *Sky greens*.

Tilgjengelig fra: <https://www.skygreens.com/about-skygreens/>
(lest 13.01.2017).

Smedsvig arkitekter. (2013). *Den første grønne veggen i et offentlig miljø*.

Tilgjengelig fra: <http://www.smedsvig-landskap.no/?p=3138>
(lest 15.01.2017).

SSB. (2015). *Befolkning og areal i tettsteder, 01.01.2014*.

Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/befteft/aar/2015-04-09>
(lest 13.01.2017).

SSB. (2015). *Folkemengde og befolkningsendring, 3. kvartal 2015*.

Tilgjengelig fra: <http://ssb.no/befolkning/statistikker/folkendrkv/kvartal/2015-11-13?fane=tabell&sort=nummer&tabell=245914>
(lest 28.02.2017).

Storm Aqua. (2017). *Hva er grønne vegger?*

Tilgjengelig fra: <http://www.stormaqua.no/stormaqua/document.aspx?docid=10618>
(lest 21.03.2017).

Straube, J. (2011). *BSD-011: Thermal Control in Buildings*.

Tilgjengelig fra: <https://buildingscience.com/documents/digests/bsd-011-thermal-control-in-buildings>

Sustainability in sports. (2017). *Dartwood Football Club*.

Tilgjengelig fra: <http://www.sustainabilityinsport.com/case-studies/dartford-football-club>
(lest 24.02.2017).

Svete, L. E. (2012). *Vegetated greywater treatment walls : design modifications for intermittent media filters*. Hovedoppgave.

Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet. 46 s.

T. Lock. (2013). *UK Guide to Green walls*.

Tilgjengelig fra: http://media.wix.com/ugd/c0a820_877fc4a9e779472c53296c58fdb8d20.pdf
(lest 25.01.2017).

The Telegraph. (2009). *Vertical gardening provides zoo with food for animals*.

Tilgjengelig fra: <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/earthnews/6226557/Vertical-gardening-provides-zoo-with-food-for-animals.html>
(lest 22.02.2017).

Trondheim kommune. (2017). *Urban dyrking*.

Tilgjengelig fra: <https://www.trondheim.kommune.no/content/1117748830/Urban-dyrking>
(lest 12.01.2017).

Trosvik, K. (2007). Nettavisen. *Blomstrende parselhager*.

Tilgjengelig fra: <http://www.nettavisen.no/dittoslo/blomstrende-parselhager/3422979125.html>
(lest 13.01.2017).

UiO. (2015). Universitet i Oslo. *Hydroponikk*.

Tilgjengelig fra: <http://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/h/hydroponikk.html>
(lest 19.01.2017).

Ullaland, K. (2015). Grønare Kvardag. *Dyrk byen*.

Tilgjengelig fra: <https://gronarekvardag.no/oppskrifter/dyrk-byen/>
(lest 17.01.2017).

Veg Tech. (2017). Veg Tech. *Lettvektsjord*

Tilgjengelig fra: <http://www.vegtech.no/gronne-tak--lokk-og-gardsrom/gronne-gardsrom/lettvektsjord/>
(lest 21.04.2017).

Vig, (2017). *Kezony : Teknologi-pionerene*.

Tilgjengelig fra: <http://www.vig.no/velg-grenland/aktuelt/nyhetsarkiv/kezony>
(lest 02.21.2017).

Vincent Callebaut Architectures. (2017). *Tao Zhu Yin Yuan Tower*.

Tilgjengelig fra: http://vincent.callebaut.org/object/110130_taipei/taipei/projects
(lest 15.07.2017).

Warhurst, P. (2012). TED. *How we can eat our landscapes*.

Tilgjengelig fra: https://www.ted.com/talks/pam_warhurst_how_we_can_eat_our_landscapes#t-85092
(lest 15.01.2017).

White, S. H. (1938). *Vegetation-bearing architectonic structure and system*.

Tilgjengelig fra: <https://www.google.com/patents/US2113523>
(lest 04.02.2017).

Wong, N. H., Yong Kwang Tan, A., Yok Tan, P., Chiang, K., Chung Wong, N. (2009). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Building and Environment, 45(2): 411-420.

World Commission on Environment and Development. (1987): *Vår felles framtid*. Oslo: Tiden Norsk forlag. 257 s.

Åserud, R. (2012). Huseierne. *Har du problemer med grunnmuren? Dårlig drenering er ofte årsaken, men feil maling kan også forårsake unødvendig mye vedlikeholdsarbeid*.

Tilgjengelig fra: <http://www.huseierne.no/hus-bolig/tema/vedlikehold/grunnmuren-velg-riktig-maling/>
(lest 31.01.2017).

Bideliste

Del 1 - Innledning

Bilde 1.1 - Tilgjengelig fra: <http://static.panoramio.com/photos/large/8285903.jpg>, (lokalisert 02.05.2017)

Bilde 1.2 - Tilgjengelig fra: <https://www.ba.no/nyheter/bruno-far-gitter/s/1-41-5857917>, (lokalisert 04.04.2017)

Bilde 1.3 - Tilgjengelig fra: <https://obskurarkitektur.wordpress.com/2016/01/18/bilen-bak-brutal-betong> (lokalisert 02.05.2017)

Del 3 - Teori

Bilde 3.3 - Tilgjengelig fra: http://sylladys.com/system/uploads/page_file/source/412/394/394412/101223.jpg, (lokalisert 08.01.2017)

Bilde 3.4 - Tilgjengelig fra: *Planting Green Roofs and Living Walls* (N. Dunnet et al., 2008), s. 14.

Bilde 3.5 - Tilgjengelig fra: <https://i.ytimg.com/vi/zyH11fqaYYo/maxresdefault.jpg>, (lokalisert 09.01.2017)

Bilde 3.6 - Tilgjengelig fra: <https://outofmyshed.files.wordpress.com/2012/09/espalier-pear-tree-in-bimham-2.jpg>, (lokalisert 06.04.2017)

Bilde 3.7 - Tilgjengelig fra: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/9f/a0/c9/9fa0c9af357327de8399b3319963c066.jpg>, (lokalisert 20.01.2017)

Bilde 3.8 - Tilgjengelig fra <http://architectureimg.com/fountains-abbey-house-yorkshire-house-yorkshire-ivy-old-hd-desktop>, (lokalisert 28.01.2017)

Bilde 3.9 - Tilgjengelig fra: <https://ntnu.tind.io/api/multimedia/image/v2/record:104174/full/500/0/default.png>, (lokalisert 16.01.2017)

Bilde 3.10 - Tilgjengelig fra: <http://bt.mnocdn.no/images/8c3c2acc-b80b-4653-88b7-fc6b229f5173?fit=crop&q=80&w=1440>, (lokalisert 16.01.2017)

Bilde 3.11 – Tilgjengelig fra: <http://www.bjorvikautvikling.no/kunst/herligheten>, (lokalisert 17.01.2017)

Bilde 3.12 – Tilgjengelig fra: <http://janzappner.de/portfolio/portrait-erez-galonska/>, (lokalisert 03.03.2017)

Bilde 3.13 – Tilgjengelig fra: <https://stephenritz.com/wp-content/uploads/2016/06/Stephen-Ritz-Tower-Garden-Cover-Image.jpg>, (lokalisert 02.02.2017)

Bilde 3.69 – Tilgjengelig fra: <http://www.washington.edu/news/2012/06/05/vertical-sustainability-moveable-green-walls-coming-to-gould-hall/>, (lokalisert 02.04.2017)

Bilde 3.70 – Tilgjengelig fra: [http://www.at.no/incoming/f0x0a4-Kebony-Character-Moholt-Student-Housing-c-MDH-Arkitekter-7.jpg/ALTERNATES/WIDE_1080/Kebony%20Character-Moholt%20Student%20Housing-\(c\)%20MDH%20Arkitekter%20\(7\).jpg](http://www.at.no/incoming/f0x0a4-Kebony-Character-Moholt-Student-Housing-c-MDH-Arkitekter-7.jpg/ALTERNATES/WIDE_1080/Kebony%20Character-Moholt%20Student%20Housing-(c)%20MDH%20Arkitekter%20(7).jpg), (lokalisert 03.30.2017)

Del 4 – Case

Bilde 4.1 – Tilgjengelig fra: https://vignette3.wikia.nocookie.net/the-football-database/images/a/aa/Skagerak_Arena.jpg/revision/latest?cb=20131201120304, (lokalisert 05.05.2017)

Bilde 4.3 – Tilgjengelig fra: http://www.mediateam.no/wp-content/uploads/2014/10/skien_by_splash.jpg, (lokalisert 04.04.2017)

Bilde 4.4 – Tilgjengelig fra: https://www.skien.kommune.no/imagevault/publishedmedia/5uqwhwnbqap2hfy4stuu/handlingsprogrammet_2020_nett_1side.jpg, (lokalisert 04.04.2017)

Bilde 4.5 – Tilgjengelig fra: <https://i.pinimg.com/originals/e5/81/77/e581773b3f39dd82835f54090bb26a10.jpg>, (lokalisert 06.03.2017)

Bilde 4.6 – Tilgjengelig fra: <https://kjellemann.files.wordpress.com/2008/03/handelstorget-i-skien-1910.jpg?w=549>, (lokalisert 07.04.2017)

Bilde 4.7 – Tilgjengelig fra: <https://www.skien.kommune.no/globalassets/bdk/byutvikling/stevneplassen/presentasjon-parkkonseptene-03052017.pdf>, (lokalisert 02.05.2017)

Bilde 4.9 – Tilgjengelig fra: http://boligfordeg.no/var/boligfordeg/storage/images/bolig-til-salgs/leiligheter/floetningen-park-brl/bilde-1/8785-1-nor-NO/bilde-1_popup.jpg, (lokalisert 21.04.2017)

Bilde 4.11 – Tilgjengelig fra: <https://dms-cf-07.dimu.org/image/012wX1WdvY6j?dimension=1200x1200>, (lokalisert 05.04.2017)

Bilde 4.12 – Tilgjengelig fra: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/Odd_stadion.jpg/1200px-Odd_stadion.jpg, (lokalisert 05.04.2017)

Del 6 – Mulighetsstudiet

Bilde 6.3 – Tilgjengelig fra: https://g.acdn.no/obscura/API/dynamic/r1/ece5/tr_1080_717_1f/0000/teav/2016/3/15/22/1458076119735.jpg?chk=D66AFA, (lokalisert 03.05.2017)

Bilde 6.5 – Tilgjengelig fra: <http://www.hyttomag.no/nyttig/treverk-aldrer-med-verdighet>, (lokalisert 03.05.2017)

Figurliste

Del 1 – Innledning

Figur 1.1 - Videreutviklet figur basert på World Commission on Environment and Development (1987)

Figur 1.2 - Faseovergangene i "Grønn stadion"-prosjektet. Figur: Knut Feilberg, basert på Vigdis Saga Kjørholts figur.

Del 2 – Metode

Figur 2.1 - Figur: Knut Feilberg.

Figur 2.2 - Tilgjengelig fra: <http://cadarena.in/wp-content/uploads/2016/11/archicad.jpg>, (lokalisert 15.01.2017)

Del 3 - Teori

Figur 3.1 – Tilgjengelig fra: <http://inhabitat.com/mexico-unveils-gigantic-green-roofed-volcano-soccer-stadium/>, (lokalisert 03.03.2017)

Figur 3.2 – Tilgjengelig fra: http://www.permaculturenews.org/images/Vertical_Farming_VF_illustration.jpg, (lokalisert 04.03.2017)

Bilde 3.3 – Tilgjengelig fra: <https://www.fastcoexist.com/3042610/a-vacant-lot-in-wyoming-will-become-one-of-the-worlds-first-vertical-farms>, (lokalisert 05.03.2017)

Figur 3.4 - Tilgjengelig fra <http://www.hauteresidence.com/taipei-nangang-high-tech-district-office-tower/>, (lokalisert 05.03.2017)

Figur 3.5 - Tilgjengelig fra: "The effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons" – (T. A. M. Pugh *et al.*, 2012)

Figur 3.6 – Tilgjengelig fra <http://designed-to-sell-homestaging.blogspot.no/2013/11/impressive-modern-office-tower-by-aedas.html>, (lokalisert 06.03.2017)

Figur 3.7 - Tilgjengelig fra http://geography.name/wp-content/uploads/2016/02/Urban_heat_island_Celsius.png, (lokalisert 14.01.2017)

Figur 3.8 - Videreutviklet figur basert på figur 2.3 (M. Hjerpaasen, 2014)

Figur 3.9 – Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/flere-nordmenn-utsatt-for-stoy>, (lokalisert 21.01.2017)

Figur 3.10 og 11 – Tilgjengelig fra: *Naturlig vannkvalitet, forurensningskilder, Utslipp og virkning*. Arve Heistad. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet, (lokalisert 23.01.2017)

Figur 3.12 – Videreutvikling av Arve Heistads diagram. Tilgjengelig fra: *Naturlig vannkvalitet, forurensningskilder, Utslipp og virkning* (2017). Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet (lokalisert 18.01.2017)

Figur 3.13-15 – Tilgjengelig fra: <https://buildingscience.com/documents/digests/bsd-011-thermal-control-in-buildings>, (lokalisert 02.05.2017)

Figur 3.16 - Videreutviklet figur basert på figur 1.5 s. 18 og figur 1.14 s. 24 (M. Hjerpaasen, 2014)

Figur 3.17 - Videreutviklet figur basert på figur 1.4 s. 17 (M. Hjerpaasen, 2014)

Figur 3.18 - Videreutviklet fra Gskys Basic Wall. Tilgjengelig fra: <https://gskv.com/basic-cad/>, (lokalisert 02.02.2017).

Figur 3.19 - Tilgjengelig fra: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/32/b1/0b/32b10b9af44eabcc3f78f7fb23344419.jpg>, (lokalisert 02.02.2017)

Figur 3.20 – Videreutviklet fra figur 3 s. 3421 (M. Ottelé *et al.*, 2011).

Figur 3.21 - Figur: Knut Feilberg.

Figur 3.22 - Tilgjengelig fra: <https://www.bergeneholm.no/byggeguider/bygge-terrasse>, (lokalisert 14.04.2017)

Figur 3.23-24 - Videreutviklet fra George Irwins modulsystem. Tilgjengelig fra: <https://www.google.com/patents/US7921599>, februar 2017.

Figur 3.25 – Videreutviklet fra figur 4 s. 3421 (M. Ottelé *et al.*, 2011).

Figur 3.26 - Tilgjengelig fra: http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/04/Figure-22-wall_types.jpg, (lokalisert 07.02.2017)

Figur 3.27 - Figur: Knut Feilberg.

Figur 3.28, 30-33 - Tilgjengelig fra: <http://www.google.tl/patents/US20110107667>. (lokalisert 09.02.2017)

Figur 3.29 - Tilgjengelig fra: http://www.vertology.uk.com/images/viridiwall/Viridiwall_Living_Wall_System.jpg. (lokalisert 05.03.2017)

Figur 3.34 - Tilgjengelig fra: <https://www.gsky.com/pro-wall/design/>. (lokalisert 08.02.2017)

Figur 3.35 - Videreutviklet detaljtegning fra GSky. Tilgjengelig fra: <https://www.gsky.com/pro-wall/design/>. (lokalisert 08.02.2017)

Figur 3.36 - Videreutviklet detalj fra Gskys modulvegg. Tilgjengelig fra: <https://www.gsky.com/pro-wall-cad/>. (lokalisert 09.02.2017)

Figur 3.37 - Tilgjengelig fra: [https://www.architectsjournal.co.uk/pictures/980x653fitpad\[31\]/5/3/0/1305530_CROSS-SECTION-GREEN-WALL-nueva.jpg](https://www.architectsjournal.co.uk/pictures/980x653fitpad[31]/5/3/0/1305530_CROSS-SECTION-GREEN-WALL-nueva.jpg). (lokalisert 08.03.2017)

Figur 3.38 - Tilgjengelig fra: <http://www.treehugger.com/interior-design/living-walls-go-mainstream-hit-the-homes-sections.html>. (lokalisert 05.02.2017)

Figur 3.39 - Videreutviklet fra figur 5 s. 3422 (M. Ottelé *et al.*, 2011)

Figur 3.40 - Tilgjengelig fra: <https://www.gsky.com/pro-wall/maintain/>. (lokalisert 09.03.2017)

Figur 3.41 - Videreutviklet fra figur 1.26 s. 40 i M. Hjerpaasen (2014) basert på M. Ottelé *et al.* (2011).

Figur 3.42 - Figur: Knut Feilberg

Figur 3.43 - Hentet fra powerpoint på befaring hos Wikholm AS i Bergen, (lokalisert 29.03.2017).

Figur 3.44 - Tilgjengelig fra: <http://www.greenwalls.si/soft-shell> (lokalisert 20.03.2017)

Figur 3.45 - Tilgjengelig fra: <http://gsky.com/wp-content/uploads/2015/12/water-graphic.jpg>. (lokalisert 10.02.2017)

Figur 3.46 - Tilgjengelig fra firmabrosjyren til Biotecture (2016).

Figur 3.47 - Tilgjengelig fra: http://www.washington.edu/news/files/2012/06/GreenWall_labeled_use.jpg. (lokalisert 10.03.2017)

Figur 3.48 - Tilgjengelig fra: http://www.washington.edu/news/files/2012/06/cisternCombo_use.jpg. (lokalisert 10.03.2017)

Figur 3.50 - Videreutviklet figur basert på figur 1.22 s. 37 i M. Hjerpaasen (2014)

Figur 3.51 - Videreutviklet figur basert på figur 1.23 s. 37 i M. Hjerpaasen (2014)

Figur 3.52 - Videreutviklet figur basert på figur 1.24 s. 38 i M. Hjerpaasen (2014)

Figur 3.53 - Basert på M. Hjerpaasen (2014)'s tabell 2.12 s. 60 om M. Ottelé *et al.* (2011)'s livssyklusanalyse om grønne vegger.

Del 5 - Analyse

Figur 5.5 - Temperaturmåling over og nedbørmengder under. Hentet fra yr.no. (lokalisert 17.03.2017)

Figur 5.6 - Værstatistikk for Gjerpen målestasjon (Skien). Hentet fra yr.no. (lokalisert 17.03.2017)

Figur 5.7 - Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned. Hentet fra yr.no. (lokalisert 17.03.2017)

Figur 5.8 - Vindrose vinterstid fra meteorologisk institutt. (lokalisert 18.03.2017)

Figur 5.9 - Vindrose sommerstid fra meteorologisk institutt. (lokalisert 18.03.2017)

Figur 5.12 - Tilgjengelig fra Byggforsk NS 3491-3. *Tabell 3 - Grunnlag for beregning av dimensjonerende snølast*

Referansepersoner

Arvid Ekle (Skype-møte 7. februar 2017 med Halvdan Rosted, og utallige mailkorrespondanser)

Anleggsgartner og daglig leder for Anlegg & Utemiljø AS samt Biowall i Trondheim. Har stor kunnskap om grønne vertikale flater, både innendørs og utendørs. Han har bidratt i læreboka *Anleggsteknikk for anleggsgartnere* (2013), som brukes av videregående elever på idrettsanleggssag, samt boka *Bruk og stell av planter i grøntanlegg* (2009).

Arve Heistad (møte 18. januar 2017)

Førsteamanuensis i Ingeniørvitenskap - vann, Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet.

Michael Hellgren i Vertical Garden Design

Svensk landskapsarkitekt LAR/MSA som startet Vertical Garden Design i 2004. Hans firma prosjekterer grønne vertikale flater over hele verden.

Anders Garnes (befaring med Halvdan Rosted til Jekteviken bossnetterminal i Bergen 29. mars 2017)

Anleggsgartner i Wikholm anleggsgartnermester siden 2011. Ansvarlig for prosjektering av Humkos grønne vegg-løsning i Jekteviken.

Arne Smedsvig

Landskapsarkitekt og daglig leder i Smedsvig landskapsarkitekter AS i Bergen

Frode Brurberg

Sivilarkitekt MNAL og daglig leder i sitt eget arkitektkontor i Stavanger; Bark Arkitekter

Thomas Kringlebotn Thiis (møte 19. april 2017)

Professor ved Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet.

Vedlegg

Dagens bygg

- I - Situasjonsplan
- II - Snitt dagens sørtribune øst
- III - Snitt dagens vesttribune sør
- IV - Dagens fasade sør
- V - Dagens fasade vest
- VI - Overskyet solsimulering
- VII - Beregning av vind på Skagerak arena

Plantebokser

- VIII - Beregninger av plantebokser
- IX - Vanningssystemet
- X - Plantebokser sørtribune

Grønne modulvegger

- XI - Modulveggene på tribunen
- XII - Vanningssystemet
- XIII - Detaljtegning Viridiwall
- XIV - Detalj drenering Viridiwall

Svalganger

- XV - Plantegning sørtribune 2. etg
- XVI - Plantegning sørtribune 3. og 4. etg
- XVII - Svalgang sørtribune
- XVIII - Snitt av svalgang sør og vest
- XIX - Beregninger svalganger
- XX - Forsterking av søyle

XXI - Svalgang 2. og 3. etasje

XXII - Svalgang 4. etasje

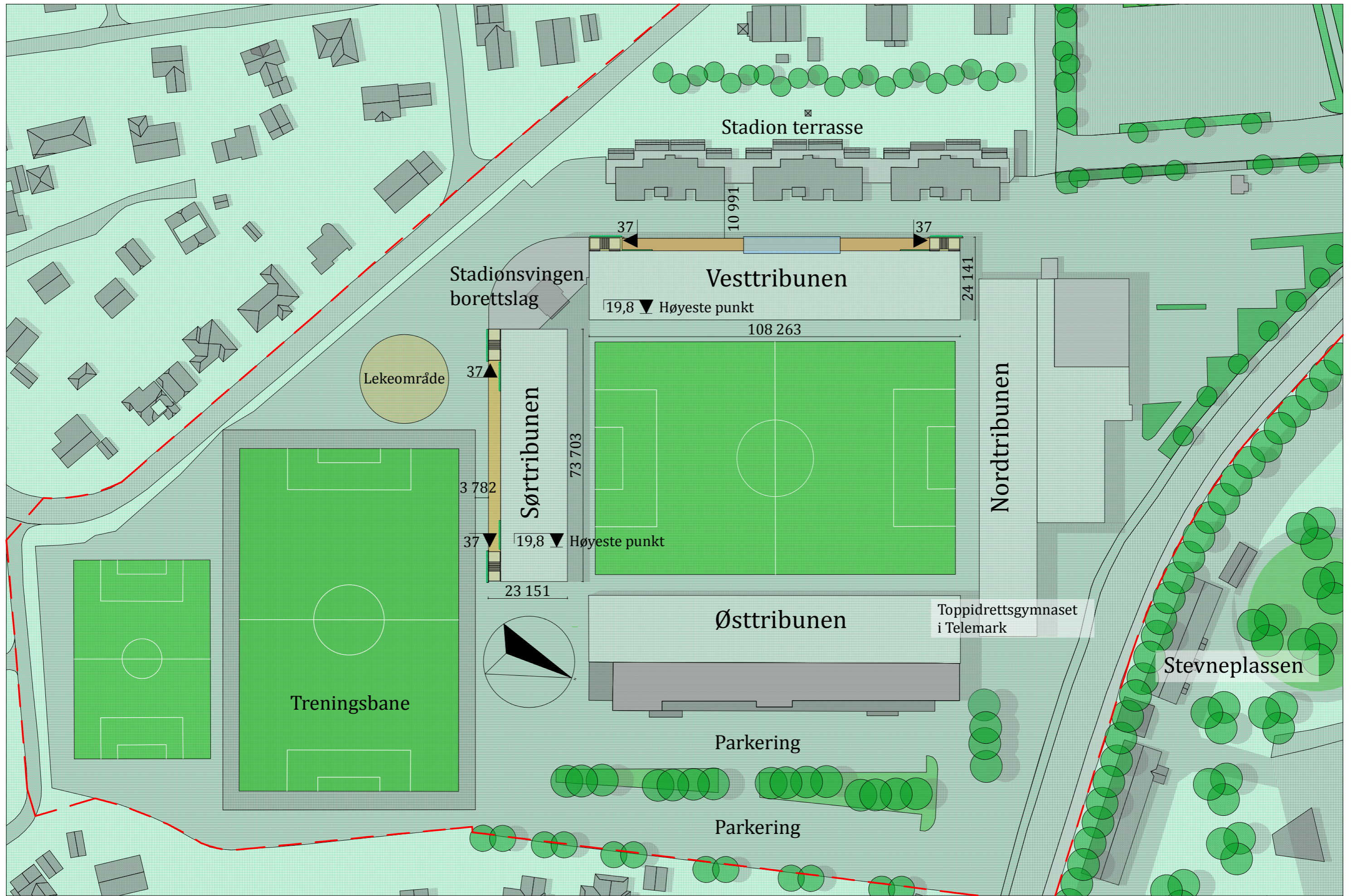
Plantetårn i drivhus

- XXIII - Plantegning vesttribune - 1. og 2. etg
- XXIV - Plantegning vesttribune - 3. og 4. etg
- XXV - Drivhus vesttribune
- XXVI - Snitt av drivhus (sett fra sør)
- XXVII - Fundamentering drivhus/svalgang
- XXVIII - Drivhusfasade horisontal
- XXIX - Plantetårn og drivhus med annet

Øvrige tegninger

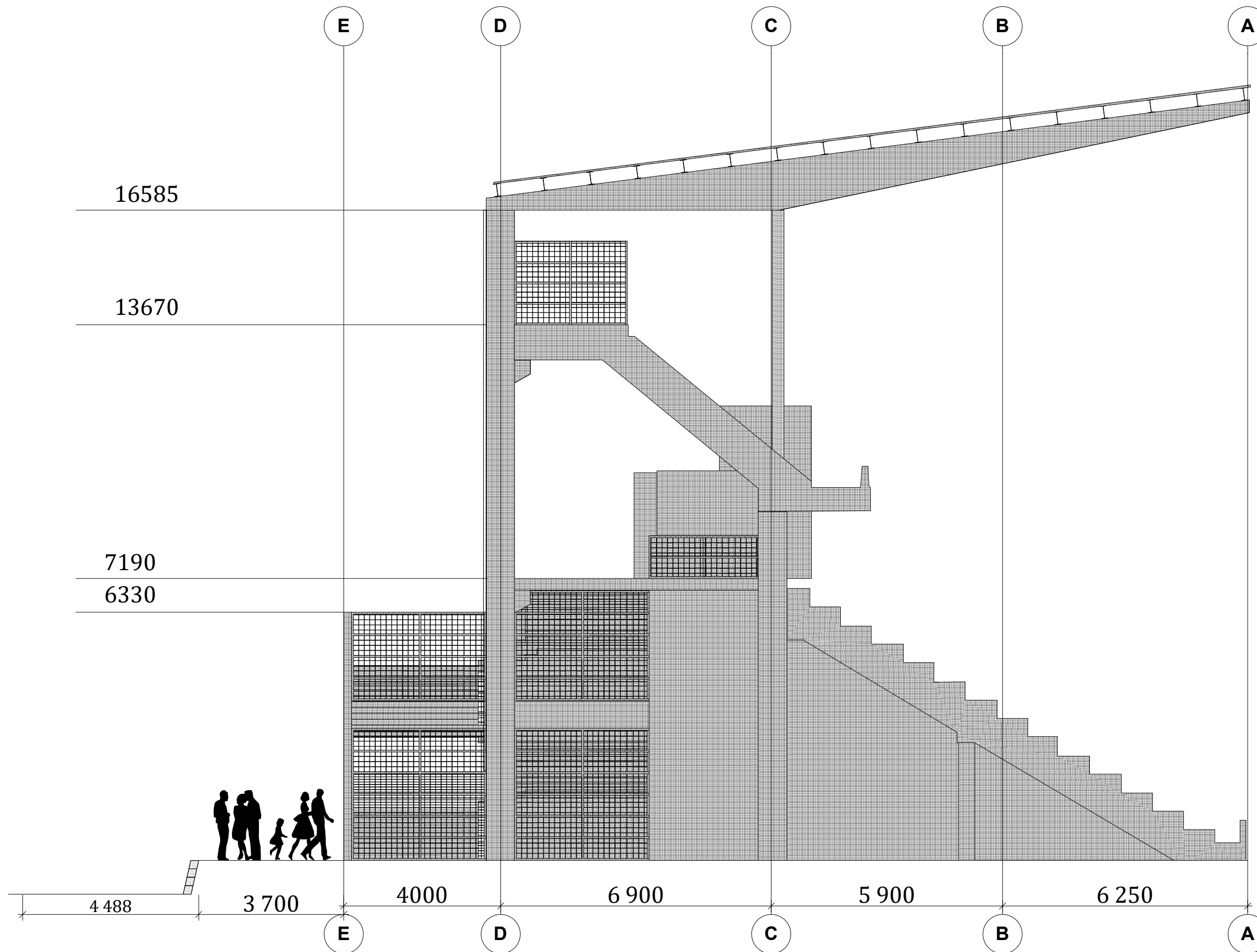
- XXX - Overskyet solsimulering etter endringer
- XXXI - Beregning av matmengder

Siden det ikke er endret noe i eksisterende bygg, kun fjerning av gittervegger for å gi tilgang til svalganger og drivhus, er det ikke laget fullstendige snittegninger av sør- og vesttribunen, kun av svalgangene og drivhuset.

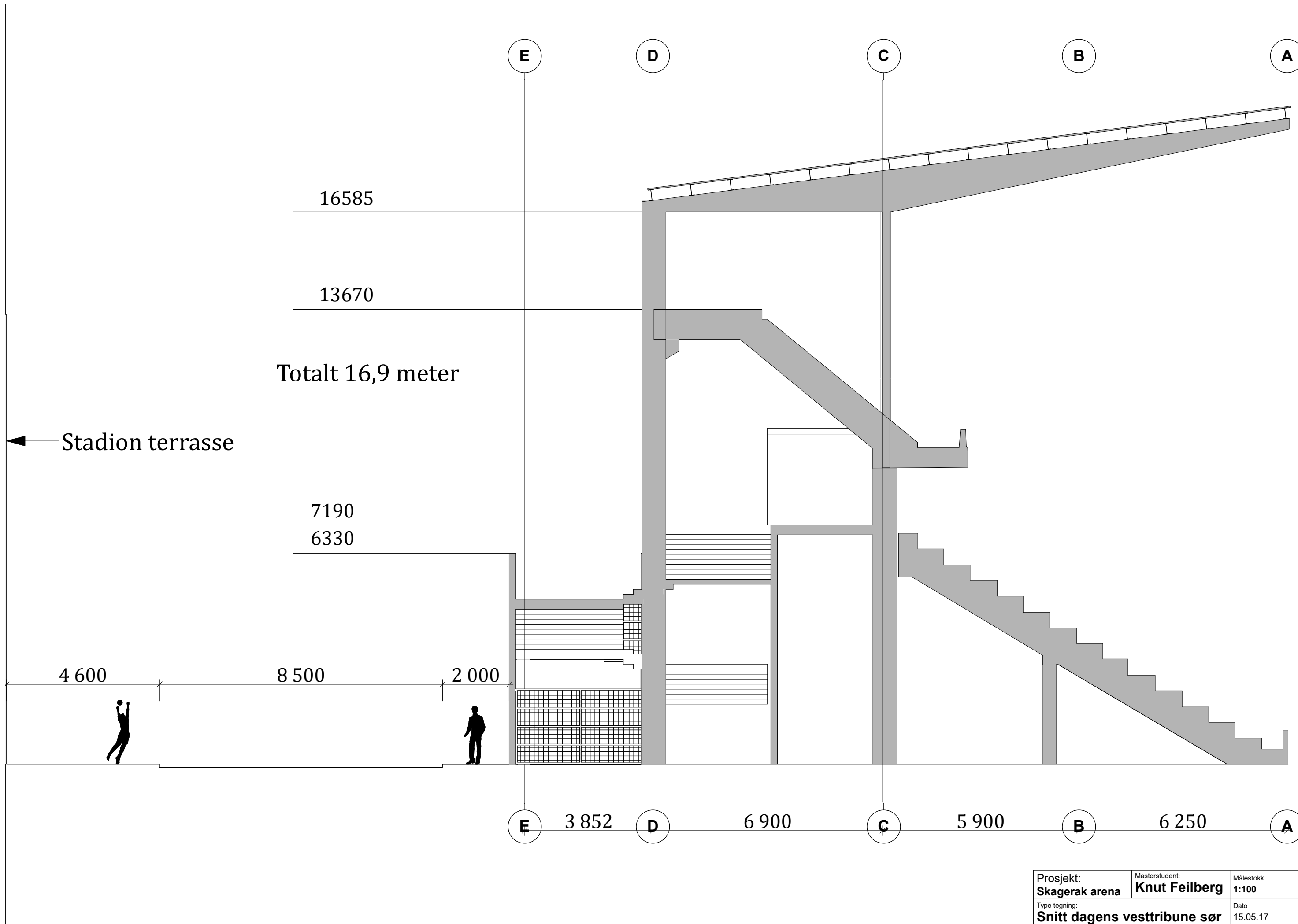


- Grønne modulvegger
- Svalganger
- Drivhus
- Trappeinnganger

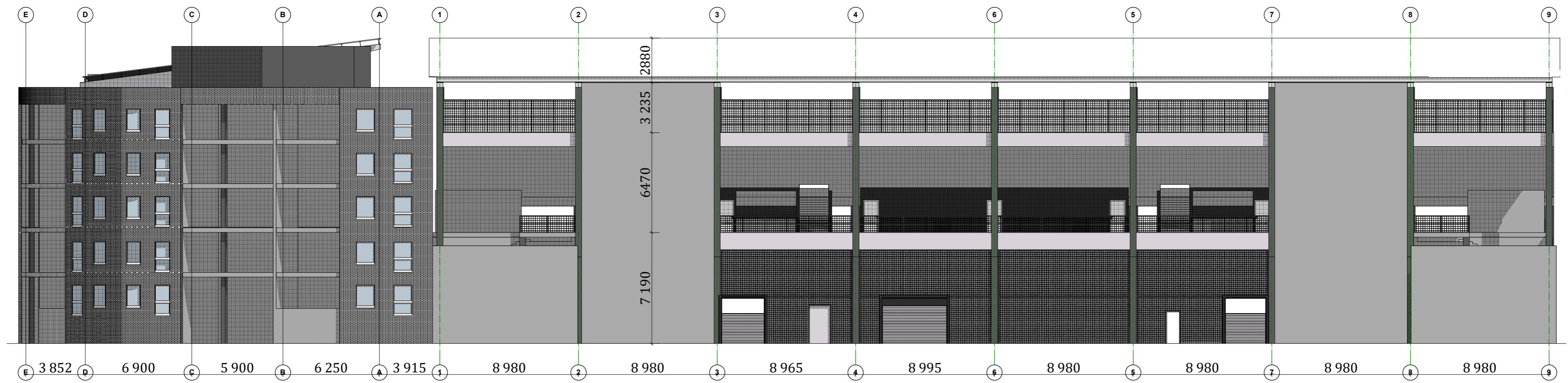
| | | |
|--|--|-----------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:1000 |
| Type tegning: Situasjonsplan | | Dato: 29.09.17 |



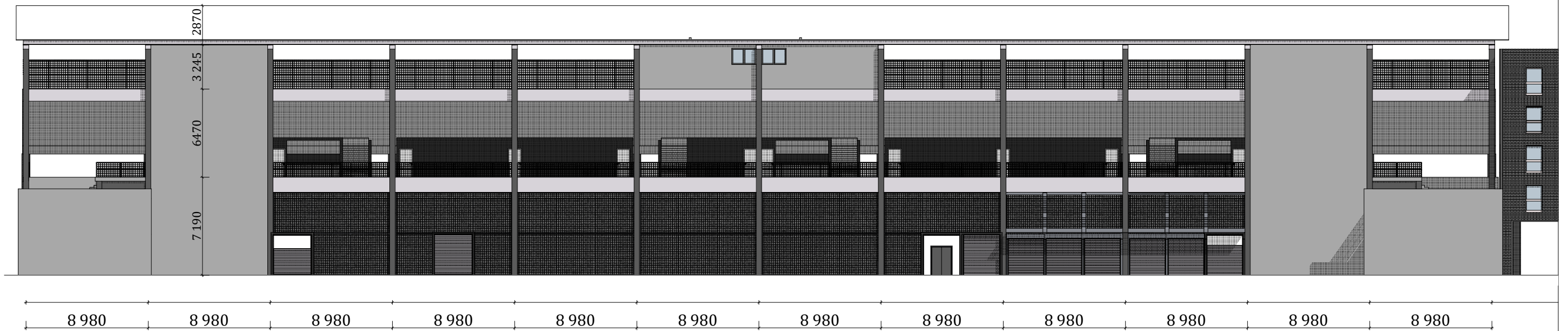
| | | |
|---|--|---------------------------|
| Prosjekt: Skagerak arena | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:100 |
| Type tegning: Snitt dagens sørtribune øst | Dato 15.05.17 | |



| | | |
|--|--|----------------------------|
| Prosjekt: Skagerak arena | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:100 |
| Type tegning: Snitt dagens vesttribune sør | Dato: 15.05.17 | |



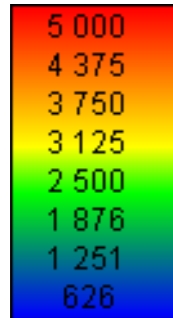
| | | |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Prosjektnr.: Skagerak arena | Tegningsnr.: Knut Feilberg | Målestokk: 1:200 |
| Type tegning: Dagens fasade sør | Dato: 15.05.17 | |



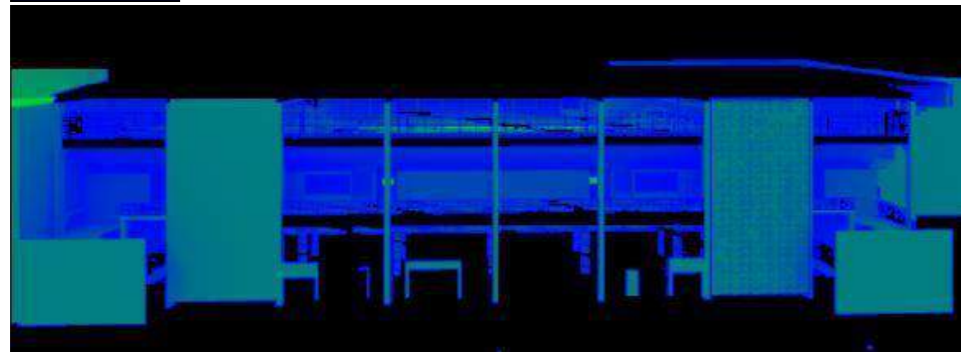
| | | |
|--|--|----------------------------|
| Prosjekt: Skagerak arena | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:300 |
| Type tegning: Dagens fasade vest | Dato: 15.05.17 | |

Vedlegg VI - Overskyet solsimulering – Grønn Stadion

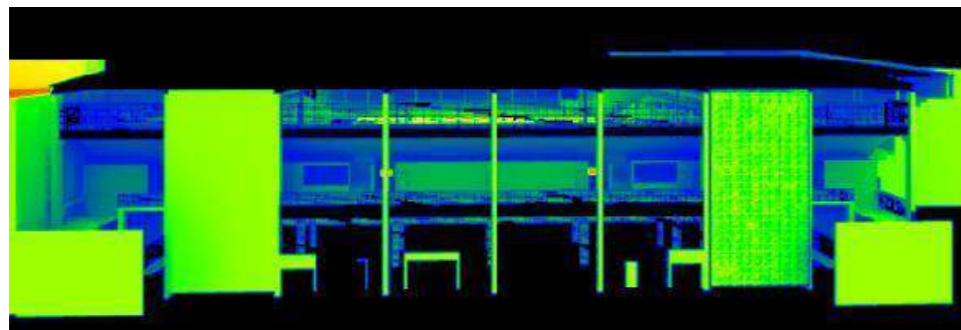
Sørtribunen 21. mars (kl. 8,12, og 15.30)



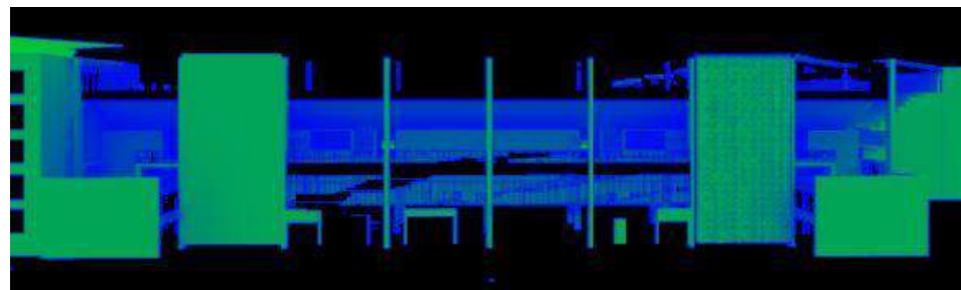
Fargespektret til venstre viser antall flux. Plantene må ha minst 1000 lux hver dag for å klare seg.



Bilde 1 – Solsimulering sørtribunen 21. mars kl. 8



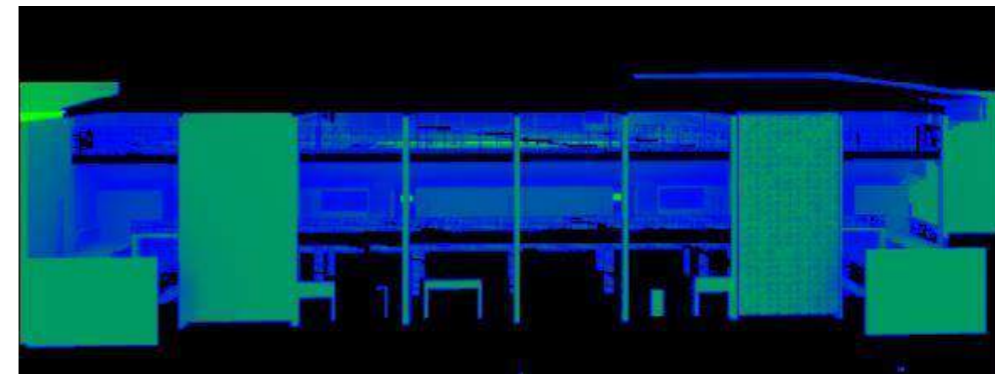
Bilde 2 – Solsimulering sørtribunen 21. mars kl. 12



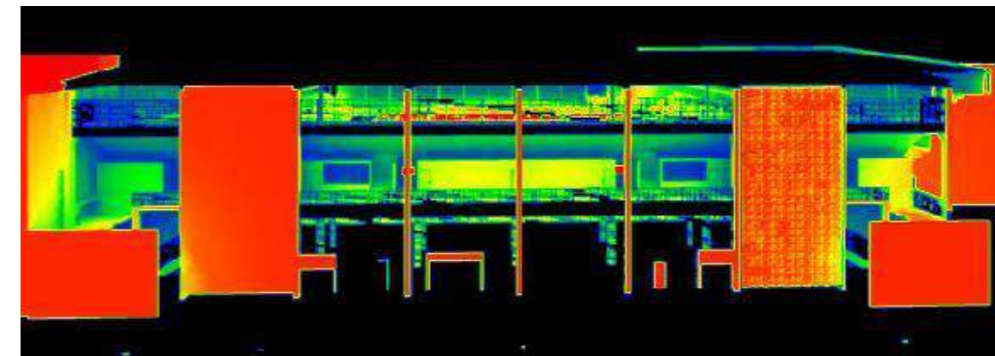
Bilde 3 – Solsimulering sørtribunen 21. mars kl. 15.30

Det blir omtrent 7,5 soltimer

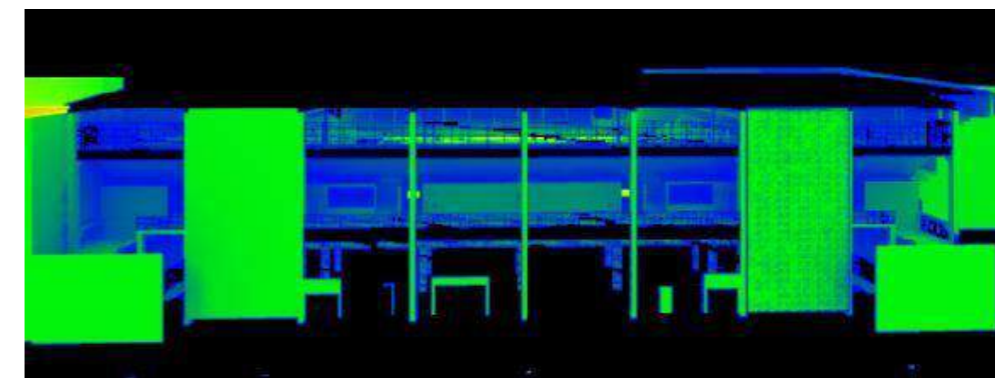
21. juni (kl. 5,12, 18 og 19)



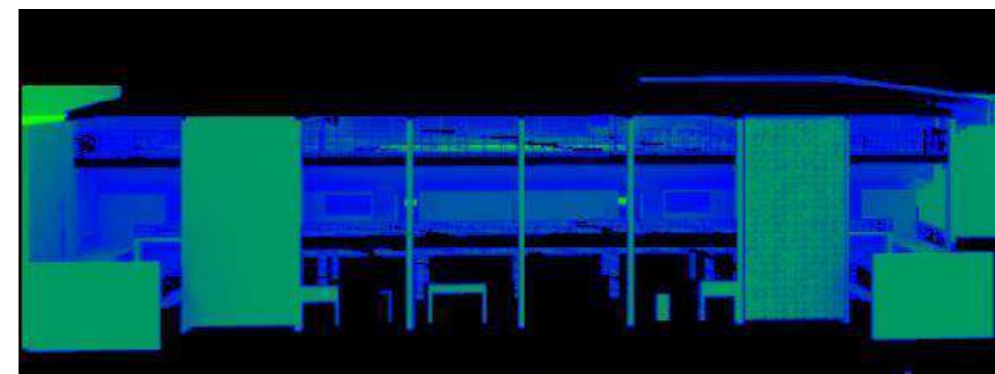
Bilde 4 – Solsimulering sørtribunen 21. juni kl. 5



Bilde 5 – Solsimulering sørtribunen 21. juni kl. 12



Bilde 6 – Solsimulering sørtribunen 21. juni kl. 18

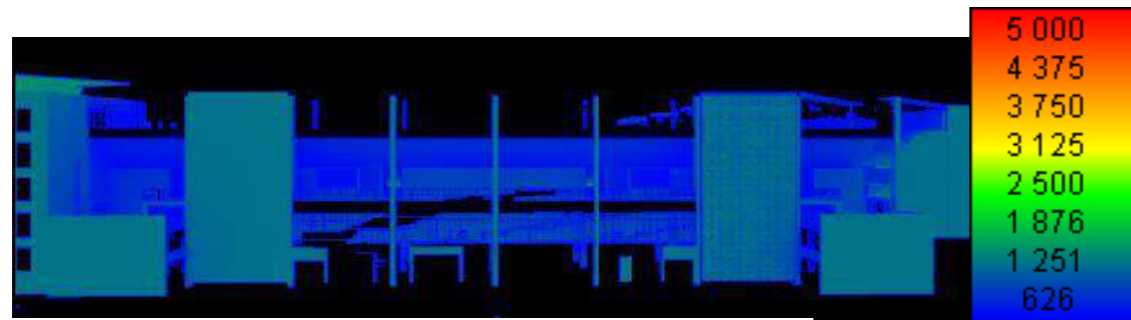


Bilde 7 – Solsimulering sørtribunen 21. juni kl. 19

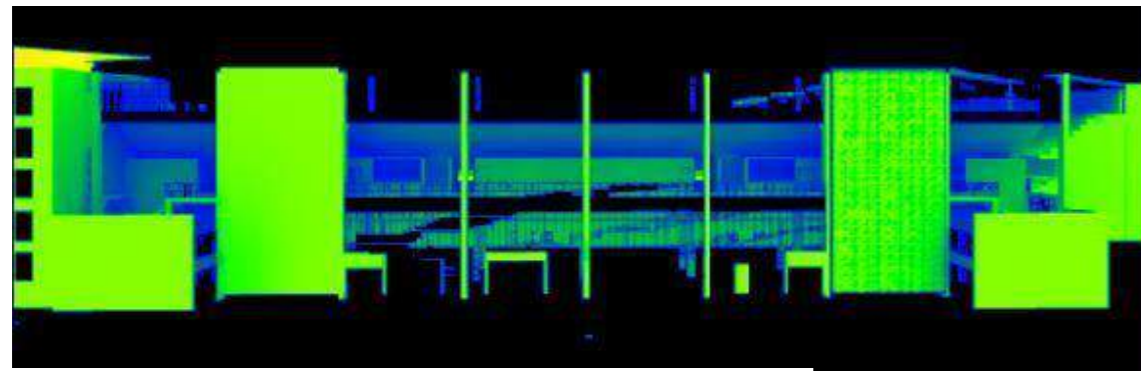
Det blir omtrent 14 soltimer

Vedlegg VI - Overskyet solsimulering – Grønn Stadion

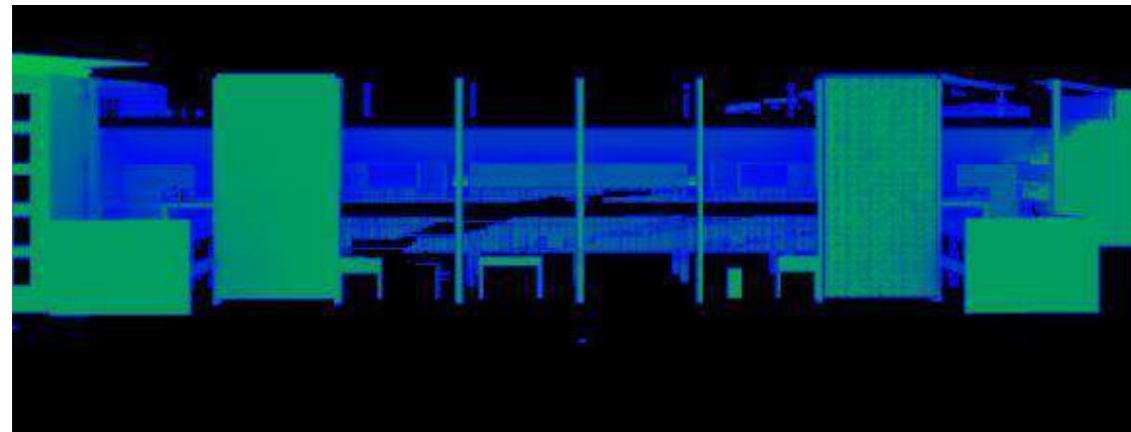
21. oktober (kl. 8,12, og 15.30)



Bilde 8 – Solsimulering sørtribunen 21. oktober kl. 8



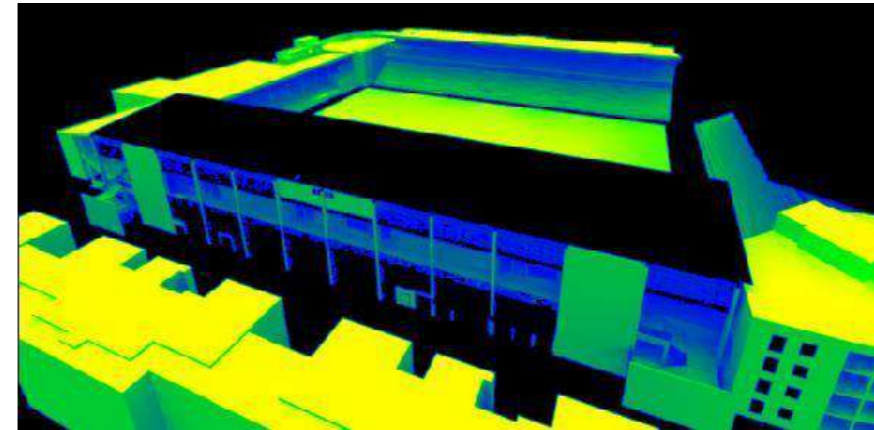
Bilde 9 – Solsimulering sørtribunen 21. oktober kl. 12



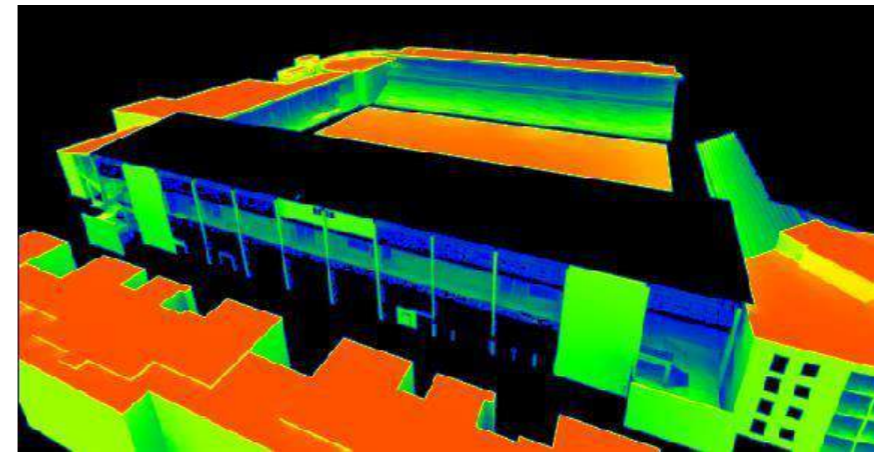
Bilde 10 – Solsimulering sørtribunen 21. oktober kl. 15.30

Det blir omtrent 7,5 soltimer

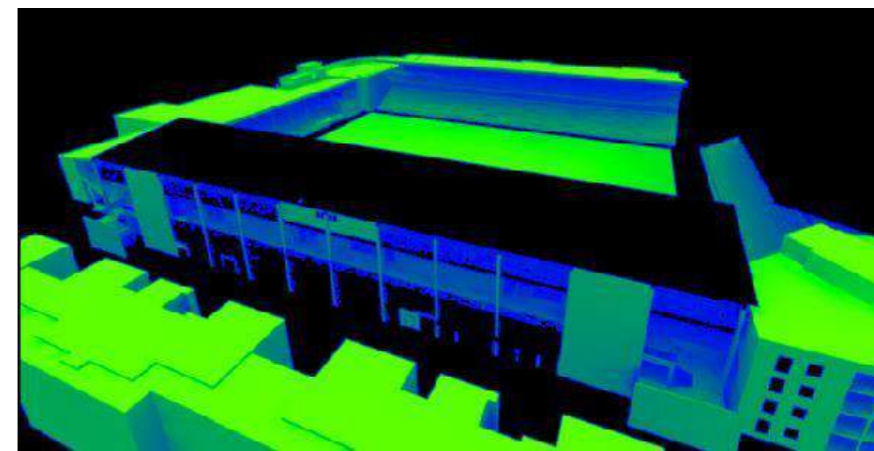
Vesttribunen 21. mars (kl. 9,12 og 15.30)



Bilde 11 – Solsimulering vesttribunen 21. mars kl. 9



Bilde 12 – Solsimulering vesttribunen 21. mars kl. 12

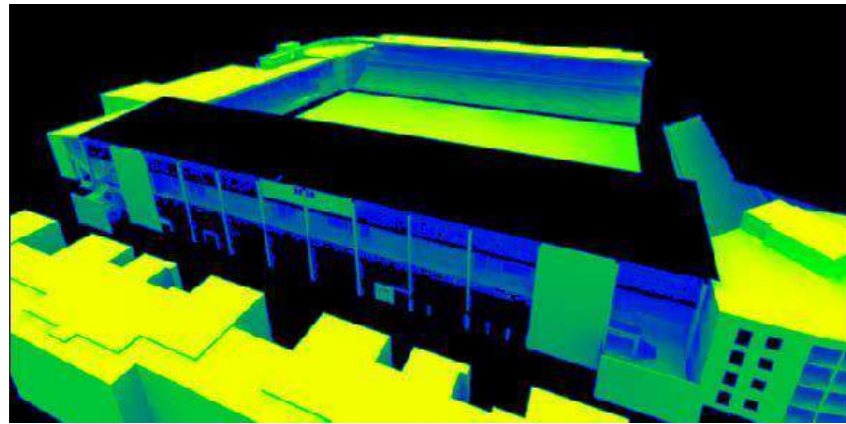


Bilde 13 – Solsimulering vesttribunen 21. mars kl. 15.30

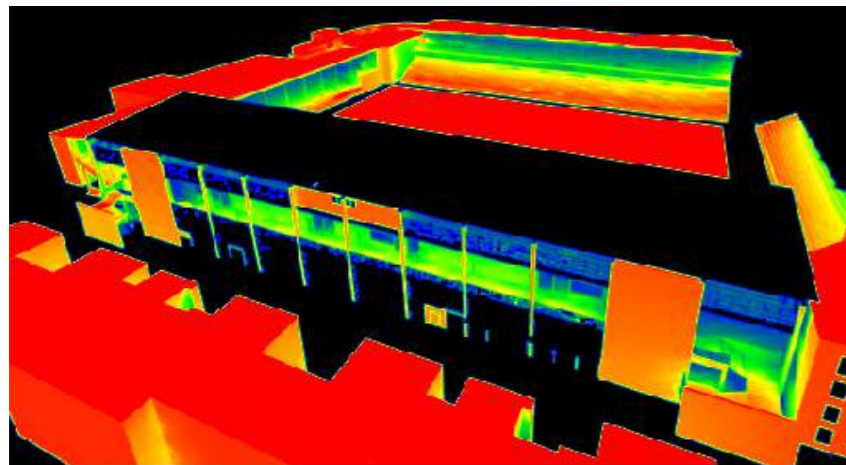
Det blir omtrent 6,5 soltimer

Vedlegg VI - Overskyet solsimulering – Grønn Stadion

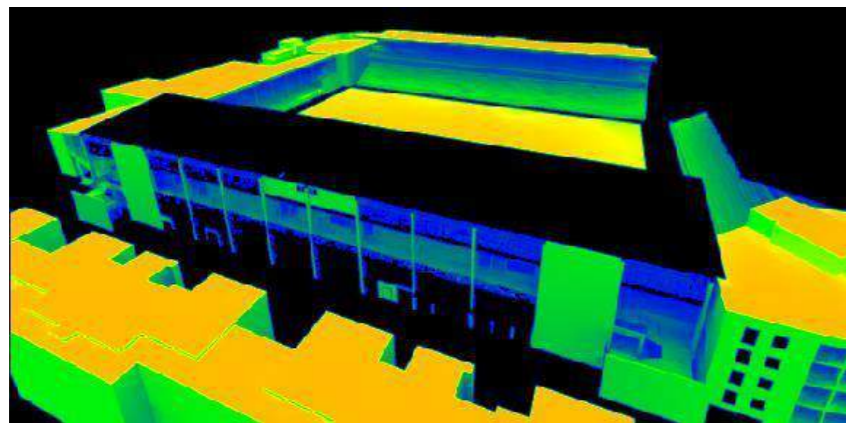
21. juni (kl. 5.30, 12, 18 og 19)



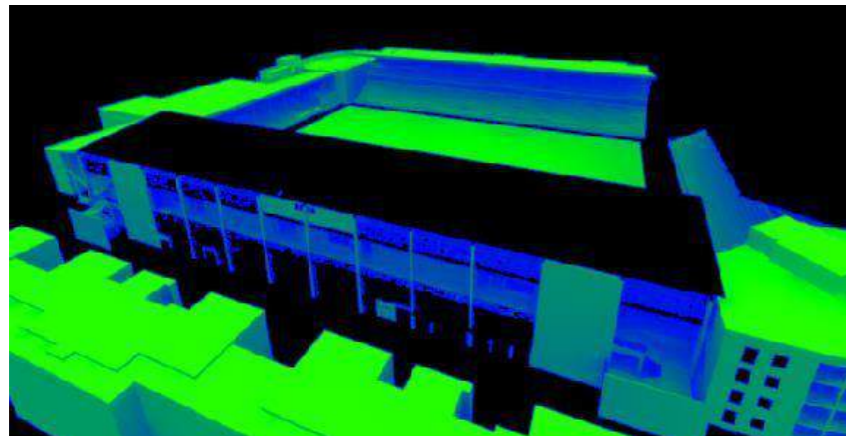
Bilde 14 – Solsimulering
vesttribunen 21. juni kl. 5.30



Bilde 15 – Solsimulering
vesttribunen 21. juni kl. 12

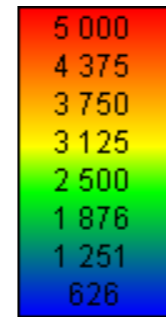


Bilde 16 – Solsimulering
vesttribunen 21. juni kl. 18

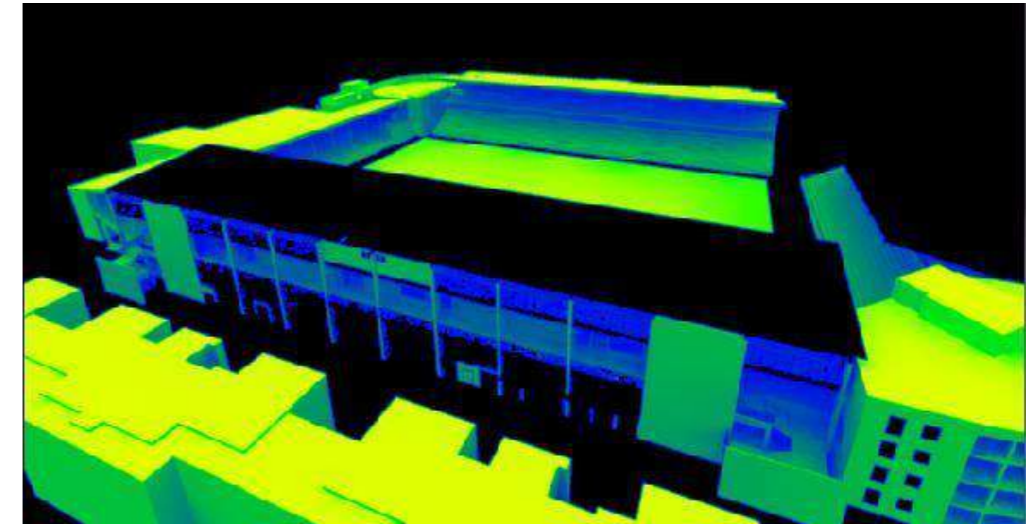


Bilde 17 – Solsimulering
vesttribunen 21. juni kl. 19

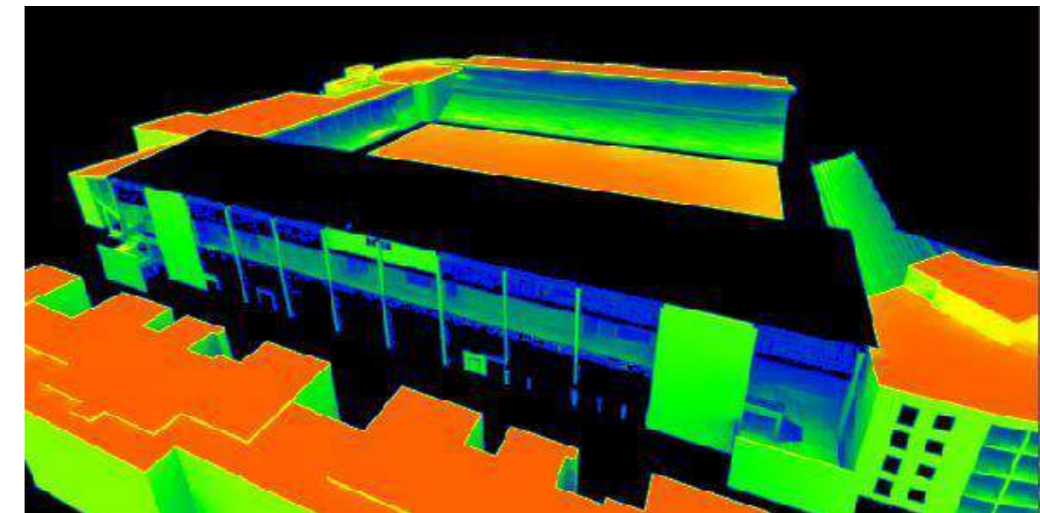
Det blir omtrent 13,5 soltimer.



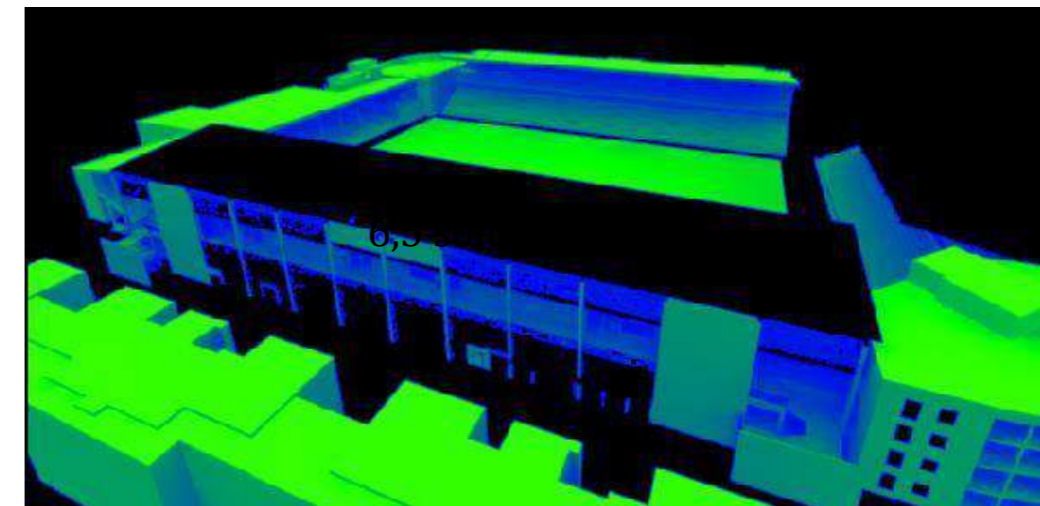
21. oktober (kl. 9, 12, og 15.30)



Bilde 18 –
Solsimulering
vesttribunen 21.
oktober kl. 9



Bilde 19 –
Solsimulering
vesttribunen 21.
oktober kl. 12



Bilde 20 –
Solsimulering
vesttribunen 21.
oktober kl. 15.30

Det blir omtrent 6,5 soltimer.

Beregning av vind på Skagerak arena

Beregningene er gjort i henhold til EN 1991-1-4:2005 – Wind actions (Vindlaster på bygninger)

Det er 8 punkter man må gå gjennom for beregning av vindlast:

1. Geografisk vindhastighet $V_{b,0}$ for Skien er 22 m/s, og ligger under høydegrensen.
2. Enkel vindhastighet $V_b = v_b = C_{dur} \times C_{season} \times V_{b,0} = 1 \times 1 \times 22 \text{ m/s} = 22 \text{ m/s}$.
3. Enkelt vindtrykk $q_b = \frac{z_0}{z_{0,l}} \rho v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22^2 = 302,5 \text{ N/m}^2$
4. Terrengfaktor $K_t = 0,19 \frac{z_0^{0,07}}{z_{0,l}} = 0,019 \times (\frac{2}{0,05})^{0,07} = 0,19$

5. Ruhetsfaktor $C_r(z)$ – hvor $z_{min} = 2$ og $z_{max} = 200 \text{ m}$, $z = h = 17 \text{ m}$ (som er høyden på betongveggen)

$$C_r(17 \text{ m}) = k_t \times \ln \frac{z_0}{z_0} = 0,19 \times \ln(\frac{17}{0,05}) = 1,107$$

6. Orografisk verdi $C_0(z) = 1$ (anbefalt verdi)
7. Turbulensfaktor $k_1 = 1$ (anbefalt verdi)
8. Høyeste dynamiske trykk (peak velocity pressure - $q_p(z)$)

$$2 \text{ m} \leq 17 \text{ m vegg} \leq 200 \text{ m}$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_0(z) \times \ln(\frac{z}{z_0})}$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \frac{1}{2} \rho \times v_m^2(z) \quad - \text{ hvor turbulensintensiteten } I_v(z) = \frac{1}{1 \times \ln(\frac{17}{0,05})} = 0,172$$

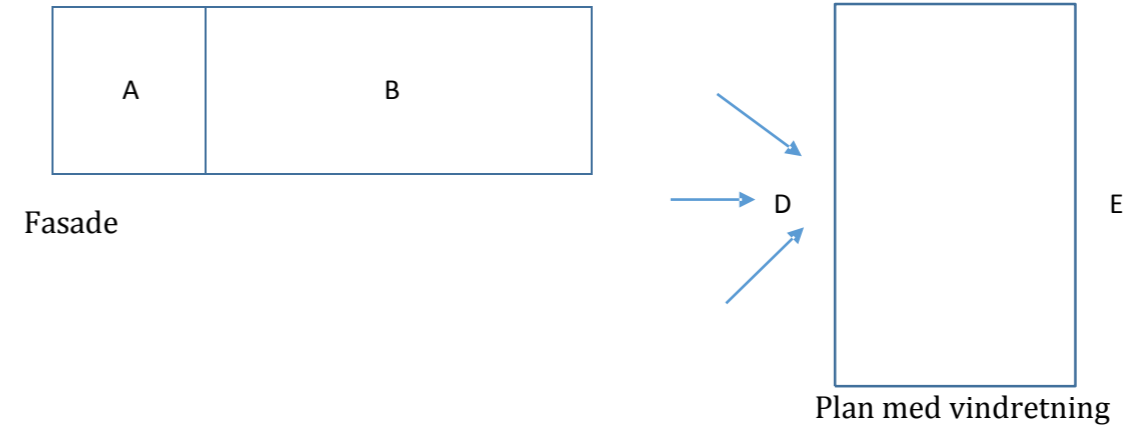
$$\text{Gjennomsnittlig vindhastighet: } v_m(z) = C_r(z) \times C_0(z) \times v_b = 1,107 \times 1 \times 22 \text{ m/s} = 24,35 \text{ m/s}$$

$$\text{Høyeste dynamiske trykk } q_p(z) = (1 + 7 \times 0,172) \frac{1}{2} \times 1,25 \times 24,35^2 = 816,75 \text{ Pa} = \underline{\underline{0,817 \text{ kPa}}}$$

Neste steg er å regne ut den eksterne trykkoeffisienten C_{pe} , både for vertikale vegger og et tilnærmet flatt tak.

For Skagerak arena er forholdet mellom høyden og bredden (h/d) lik

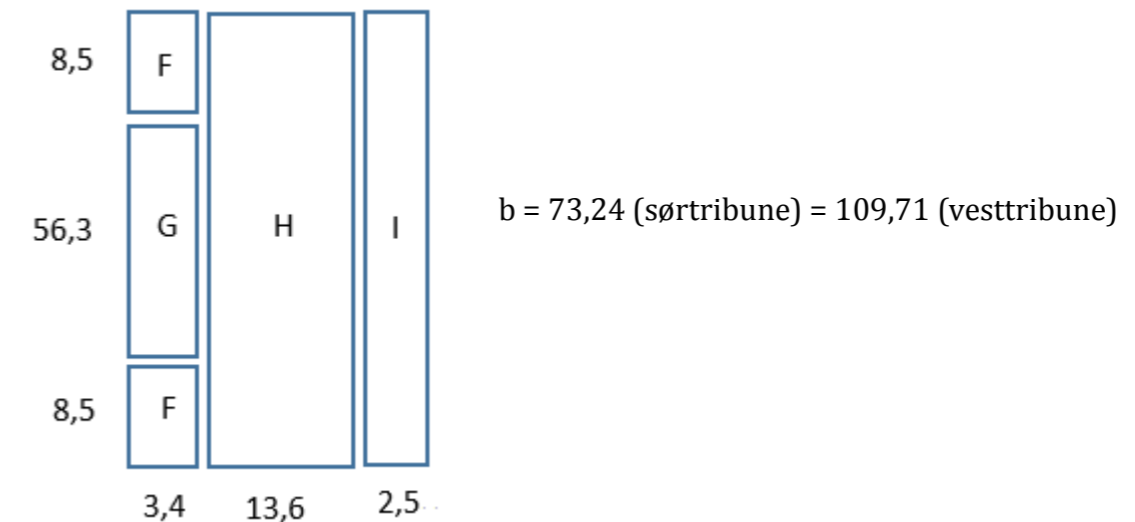
$$\frac{17 \text{ meter høye vegger}}{72 \text{ meter i fasadebredde}} = 2,125$$



| Sone | A | B | D | E |
|--------------------------|------|------|------|------|
| C_{pe,10} | -1,2 | -0,8 | +0,8 | -0,7 |

Alle arealene er større 10 m² som da gir faktor C_{pe,10}

Under ser vi taket i plan, delt opp i seksjoner hvor hver del har sitt eget vindtrykk.



| Sone | F | G | H | I |
|--------------------------|------|------|------|------|
| C_{pe,10} | -1,7 | -1,2 | -0,6 | -0,5 |

Alle arealene er større 10 m² som da gir faktor C_{pe,10}

Dermed regner vi ut den eksterne vindkraften (W_e):

$W_e = q_p(z_e) \times C_{pe}$ – hvor $q_p(z_e) = 0,817$ kPa

For vertikale vegger:

| Sone | A | B | D | E |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| W_e (kPa) | -0,98 | -0,65 | +0,65 | -0,57 |

Tilnærmet flatt tak på sør- og vesttribunen, $\alpha = \text{ca. } 7^\circ$ og høyden $z_e = 17$ m:

| Sone | F | G | H | I |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| W_e (kPa) | -1,39 | -0,98 | -0,49 | -0,41 |

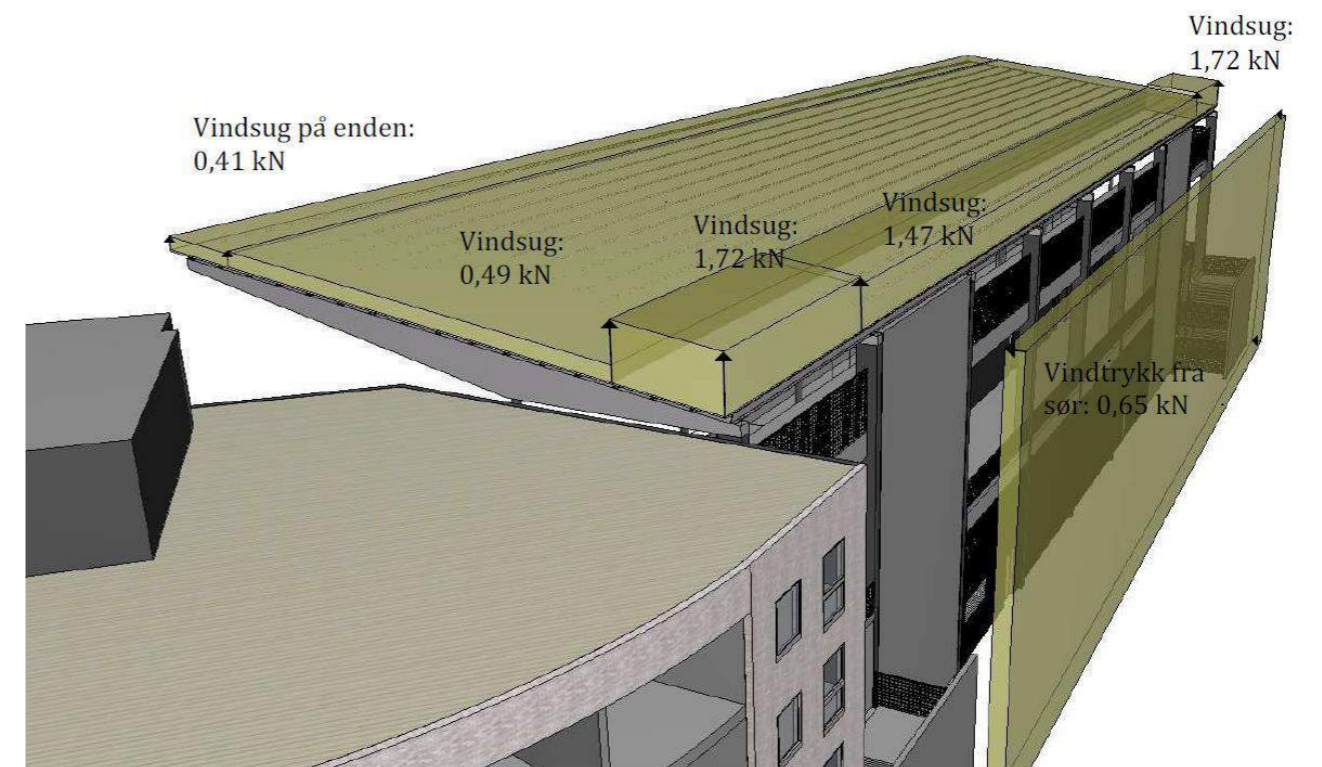
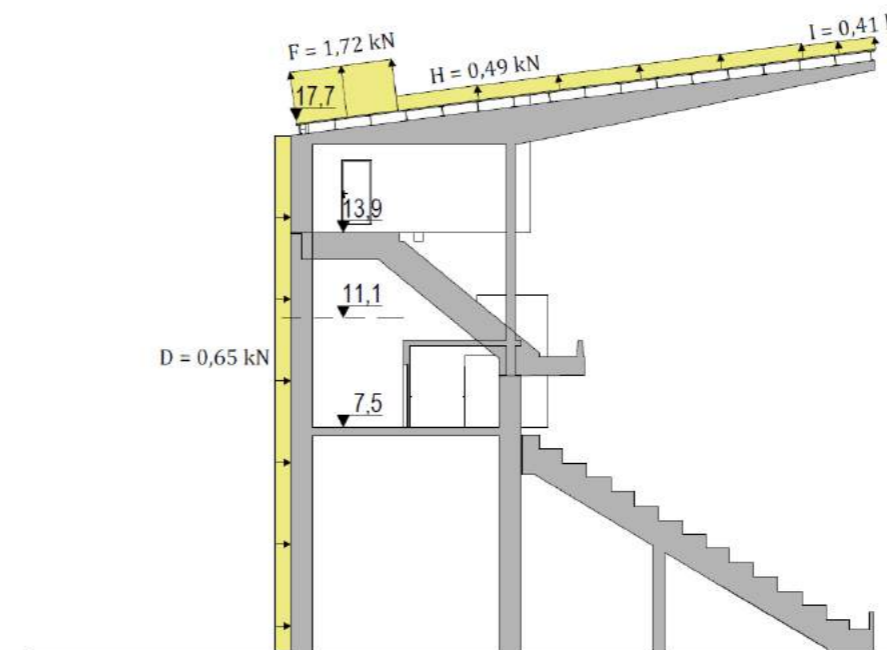
For vind $\theta = 90^\circ$ og $\alpha = \text{ca. } 7^\circ$

| Sone | F _{ned} | F _{opp} | G | H | I |
|-------------|------------------|------------------|------|------|------|
| $C_{pe,10}$ | -2,1 | -2,1 | -1,8 | -0,6 | -0,5 |

For flatt tak

| Sone | F _{ned} | F _{opp} | G | H | I |
|-------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|
| W_e (kPa) | -1,72 | -1,72 | -1,47 | -0,49 | -0,41 |

Vindresultat

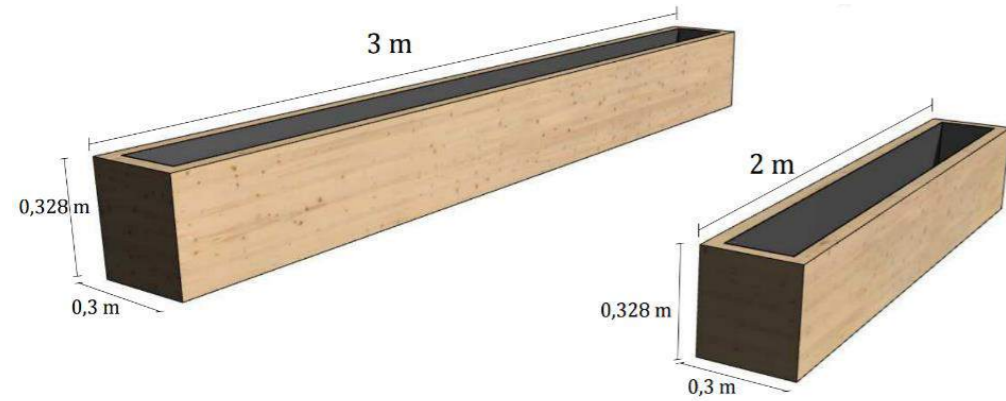


Vedlegg VIII – Beregninger av plantebokser

Plantebokser dimensjon

Densitet lettvekstjord – 1000 kg/m³

Densitet gran- 363 kg/m³



Boks 1 – på bakkenivå

Kubikkmeter planteboks: 4 m x 2 m x 0,328 = 2,62 m³

Jord: 3,9 x 1,9 x 0,288 = 2,13 m³

- Densitet jord: 1000 kg/m³ = 2134 kg

Trevirke: (2,62-2,13) m³ = 0,49 m³ x 363 kg/m³ = 177,9 kg

Totalt: (2134 + 178) kg = 2312 kg

Boks 2

Kubikkmeter planteboks: 3 x 0,3 x 0,328 = 0,295 m³

Jord: 2,9 x 0,2 x 0,288 = 0,167 m³, ganget med 1000 kg/m³ = 167,1 kg

Trevirke: 0,295 m³ – 0,167 m³ = 0,128 m³, ganget med 363 kg/m³ = 46,5 kg

Totalt: 167,1 + 46,5 kg = 213,6 kg

Boks 3

Kubikkmeter planteboks: 2 x 0,3 x 0,328 = 0,197 m³

Jord: (1,9 x 0,2 x 0,288) m = 0,109 m³, ganget med 1000 kg/m³ = 109,4 kg

Trevirke: 0,197 m³ – 0,109 m³ = 0,09 m³, ganget med 363 kg/m³ = 31,9 kg

Totalt: 109,4 + 31,9 kg = 141,3 kg

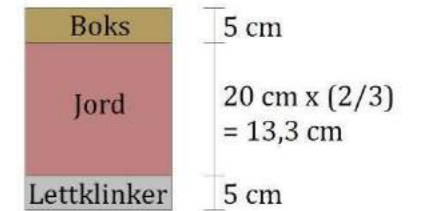
Planteboksenes vanninnhold

Her velges en vannmengde lik 2/3 av jordinnholdet.

Boks 1: (3,9 x 1,9 x 0,13) meter vann = 0,963 m³

Boks 2: (2,9 x 0,2 x 0,13) meter vann = 0,076 m³

Boks 3: (1,9 x 0,2 x 0,13) meter vann = 0,050 m³



Planteboksenes vannforbruk på sørtribunen

Vann i boks 1: 0,963 m³ x 1 stk.

Vann i boks 2: 0,076 m³ x 24 stk.

Vann i boks 3: 0,050 m³ x 4 stk.

Boks 1: 0,963 m³ = 963 dm³ = 963 liter

Boks 2: 1,824 m³ = 1824 dm³ = 1824 liter

Boks 3: 0,200 m³ = 200 dm³ = 200 liter

Totalt: 2987 liter

Planteboksenes vannforbruk på vesttribunen

Vann i boks 1: 0,963 m³ x 2 stk.

Vann i boks 2: 0,076 m³ x 44 stk.

Vann i boks 3: 0,050 m³ x 4 stk.

Boks 1: 1,926 m³ = 1926 dm³ = 1926 liter

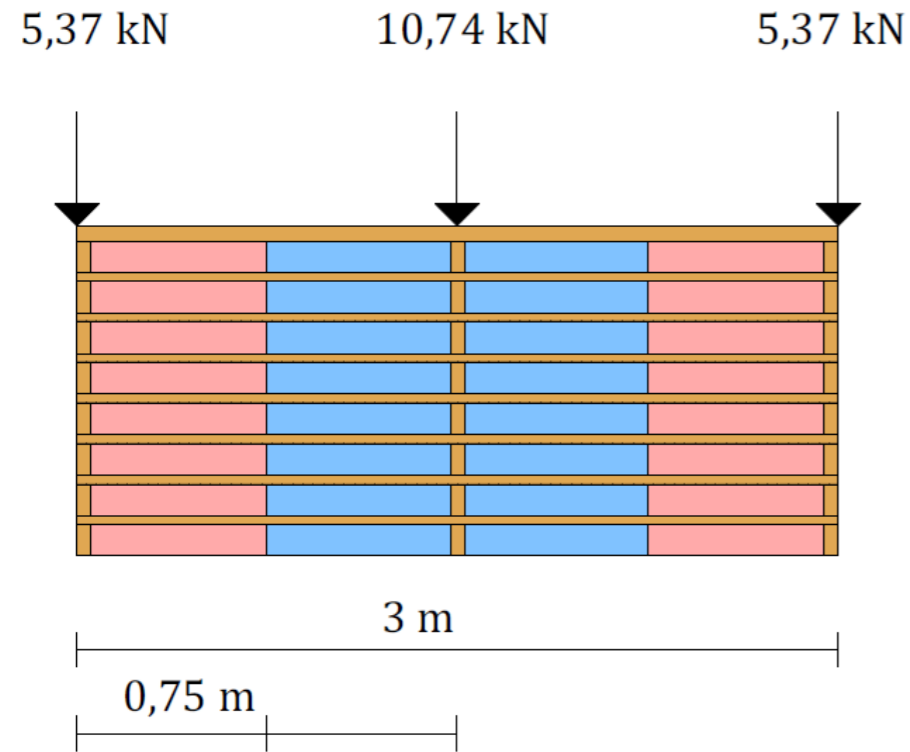
Boks 2: 3,344 m³ = 3344 dm³ = 3344 liter

Boks 3: 0,200 m³ = 200 dm³ = 200 liter

Totalt: 5470 liter

Vedlegg VIII – Beregninger av plantebokser

Styrkeberegning på rekkverket – hva det må holde



a

Total vekt: 213,6 kg = 2,1 kN, noe som tilsvarer 524 kN per stolpe

Vi legger til:

- Nyttelast på 200 kg (1962 N)
- Snølast på 4500 N

Endene får en last på:

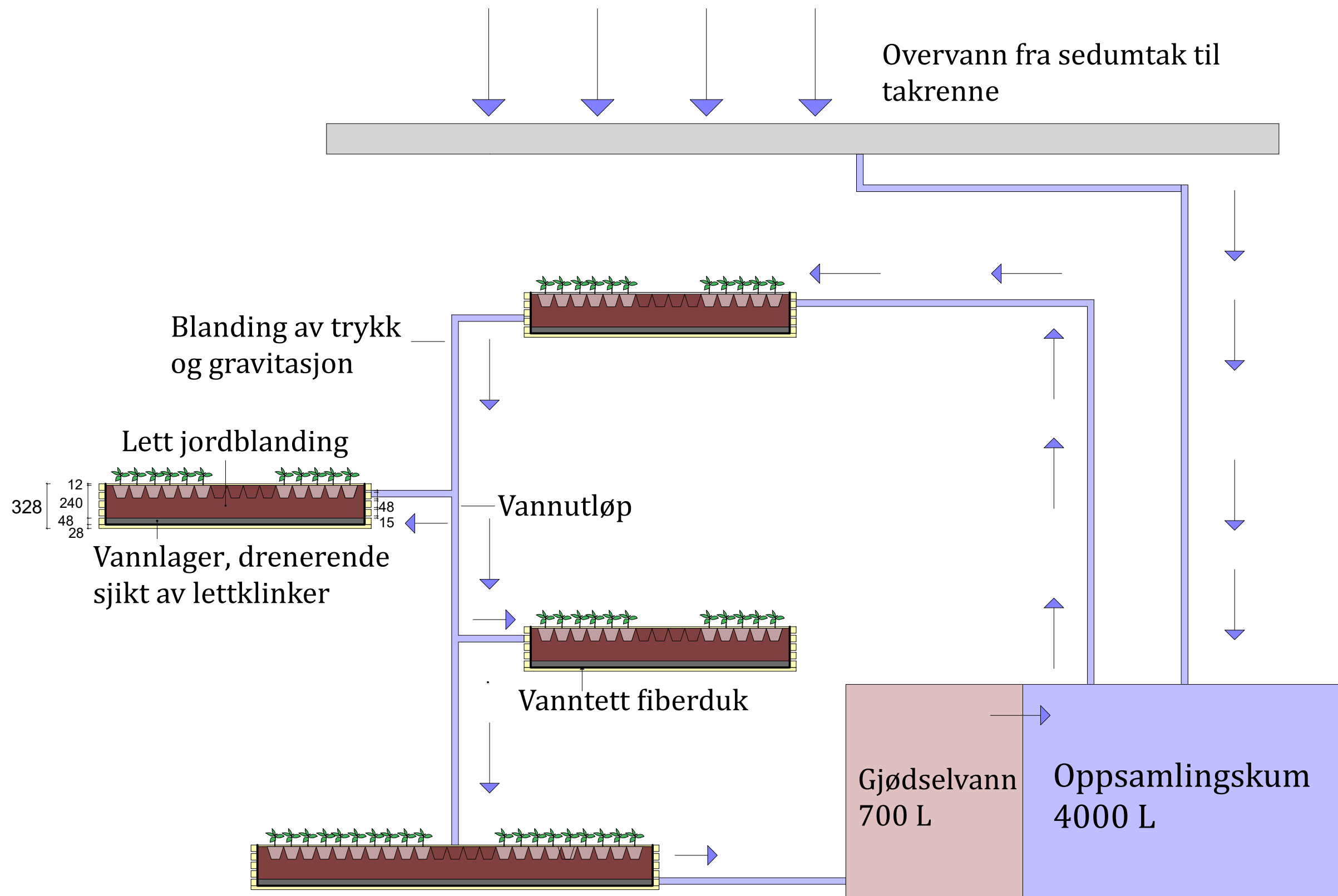
$$524 \text{ N} \times (1962 \text{ N} \times 0,75 \text{ m}) + (4500 \times 0,75 \text{ m}) = 5,37 \text{ kN}$$

Midten får en last på:

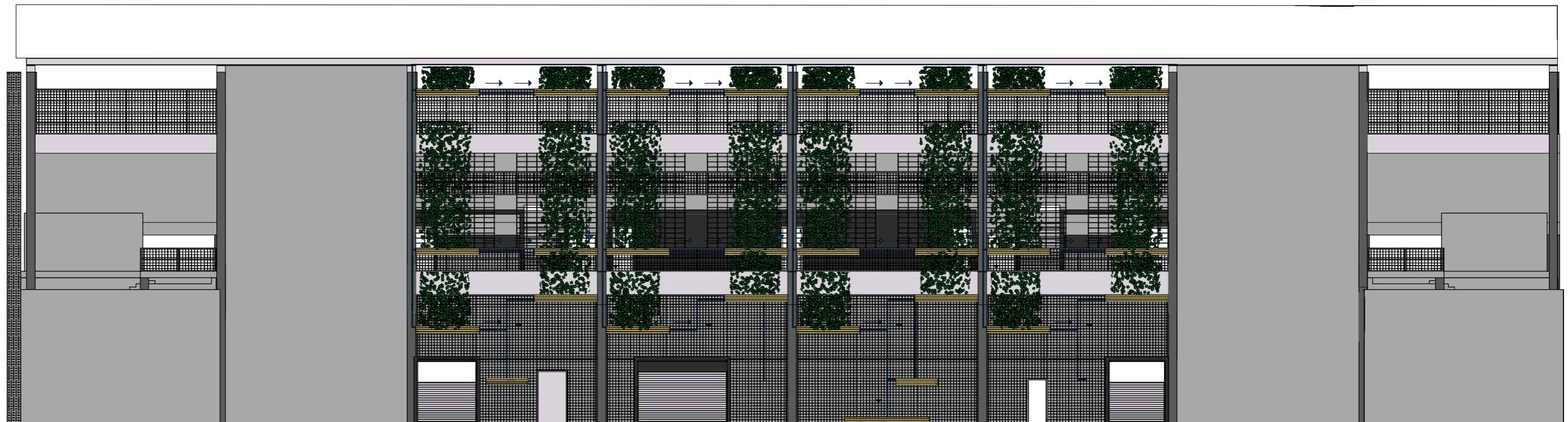
$$(524 \text{ N} \times 2) + (1962 \text{ N} \times 1,5 \text{ m}) + (4500 \times 1,5 \text{ m}) = 10,74$$

Ifølge Tabell 21a i byggdetalj 520.233 – Søyler av tre dimensjonering fra byggforskserien er tydelig at vi må velge dimensjon 48x73 mm, med en rekkverkshøyde opp mot 1,2 m.

| Dimensjon mm x mm | Akse | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 |
| 36 x 73 | Z | 35,8 | 33,7 | 30,6 | 25,3 |
| | Y | 33,7 | 24,9 | 13,9 | 8,3 |
| 36 x 98 | Z | 48,6 | 46,8 | 44,5 | 41,2 |
| | Y | 45,2 | 33,5 | 18,7 | 11,1 |
| 36 x 123 | Z | 61,5 | 59,7 | 57,7 | 55,2 |
| | Y | 56,7 | 42,0 | 23,5 | 14,0 |
| 36 x 148 | Z | 74,3 | 72,6 | 70,7 | 68,5 |
| | Y | 68,3 | 50,5 | 28,2 | 16,8 |
| 36 x 173 | Z | 87,2 | 85,4 | 83,6 | 81,6 |
| | Y | 79,8 | 59,1 | 33,0 | 19,7 |
| 48 x 48 | Z | 30,5 | 26,7 | 19,0 | 12,2 |
| | Y | 30,5 | 26,7 | 19,0 | 12,2 |
| 48 x 73 | Z | 47,7 | 45,0 | 40,8 | 33,7 |
| | Y | 46,4 | 40,5 | 29,0 | 18,6 |

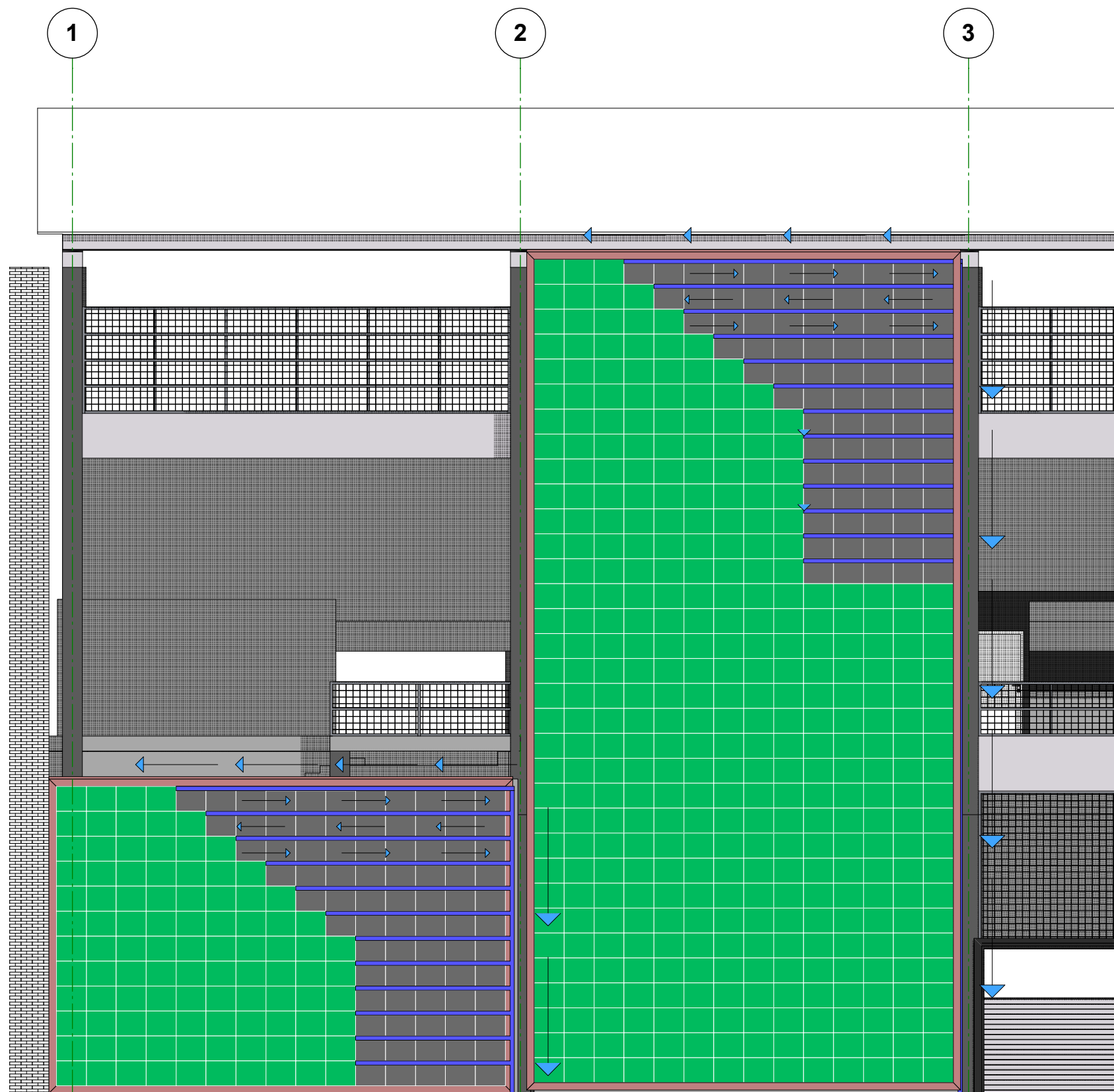


| | | |
|--|--|------------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:30,896 |
| Type tegning: Vanningssystemet | Dato 15.05.17 | |



Garasjeinnganger gir lite rom
for plantebokser på bakken

| | | |
|---|--|----------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:200 |
| Type tegning: Plantebokser sørtribune | Dato: 29.09.17 | |



Modulstørrelse

50x60 cm

Største vegg

8,58 x 16,9 m

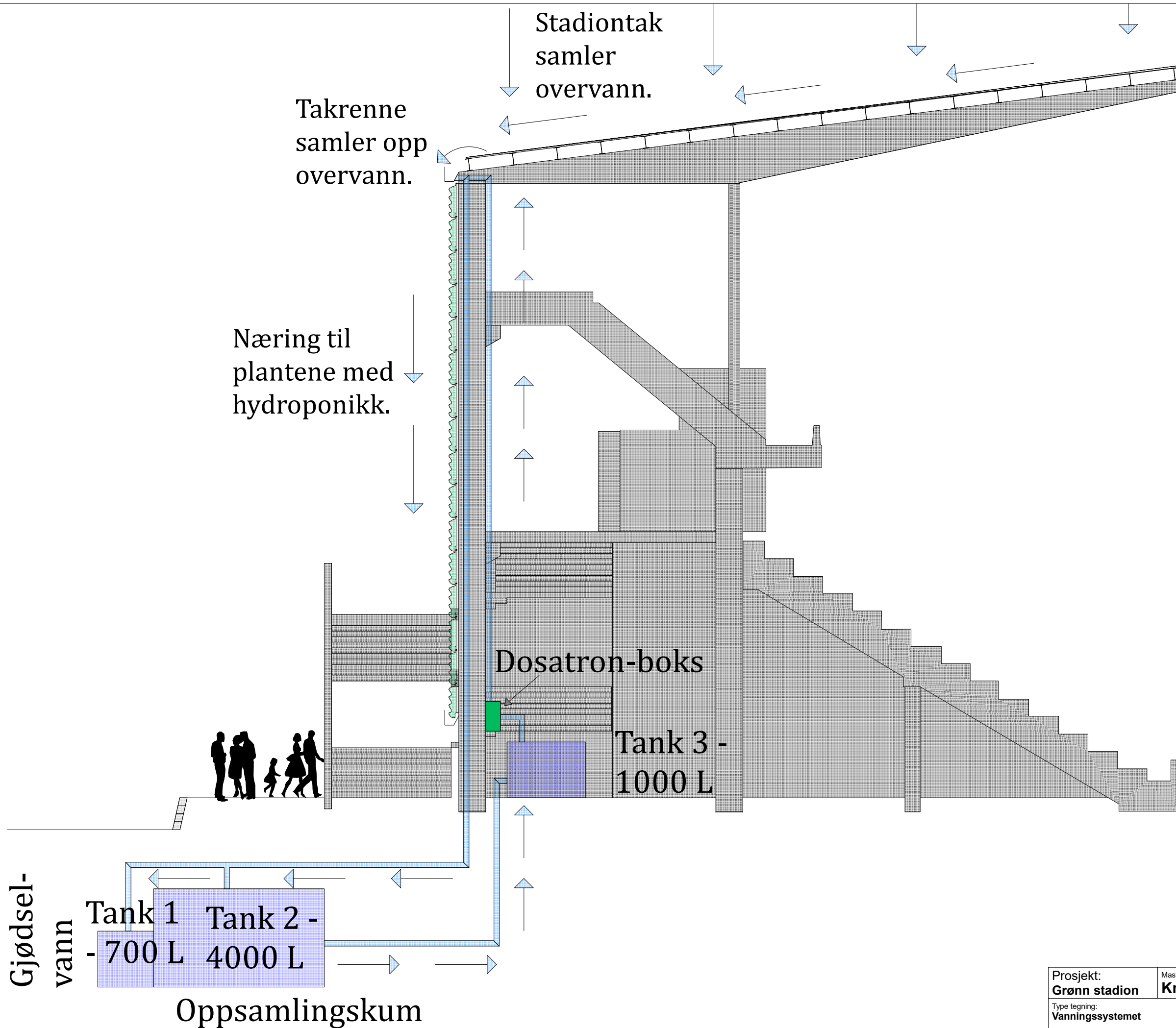
14x33 moduler

Minste vegg

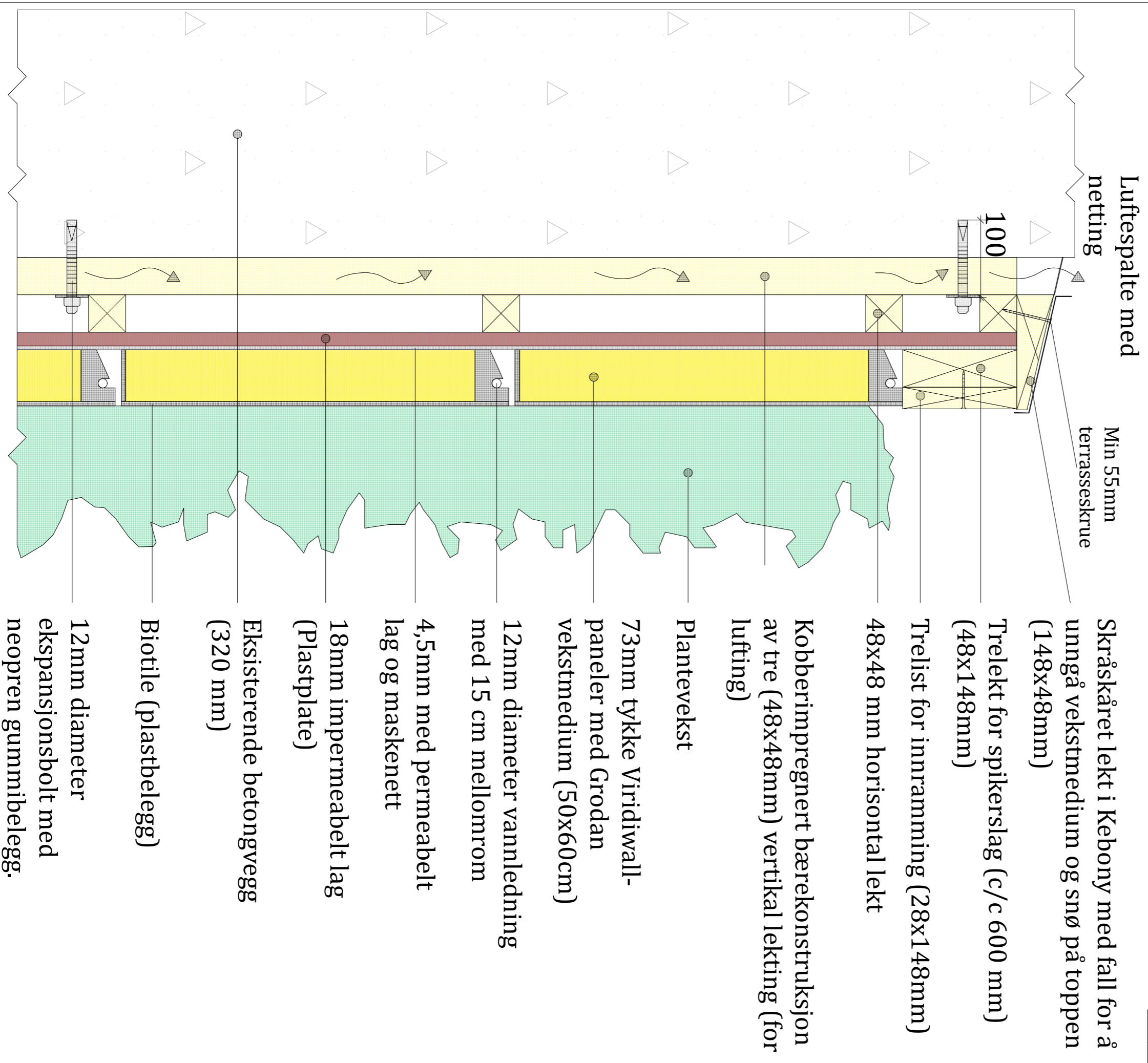
9,4 x 6,33 m

15x12 moduler

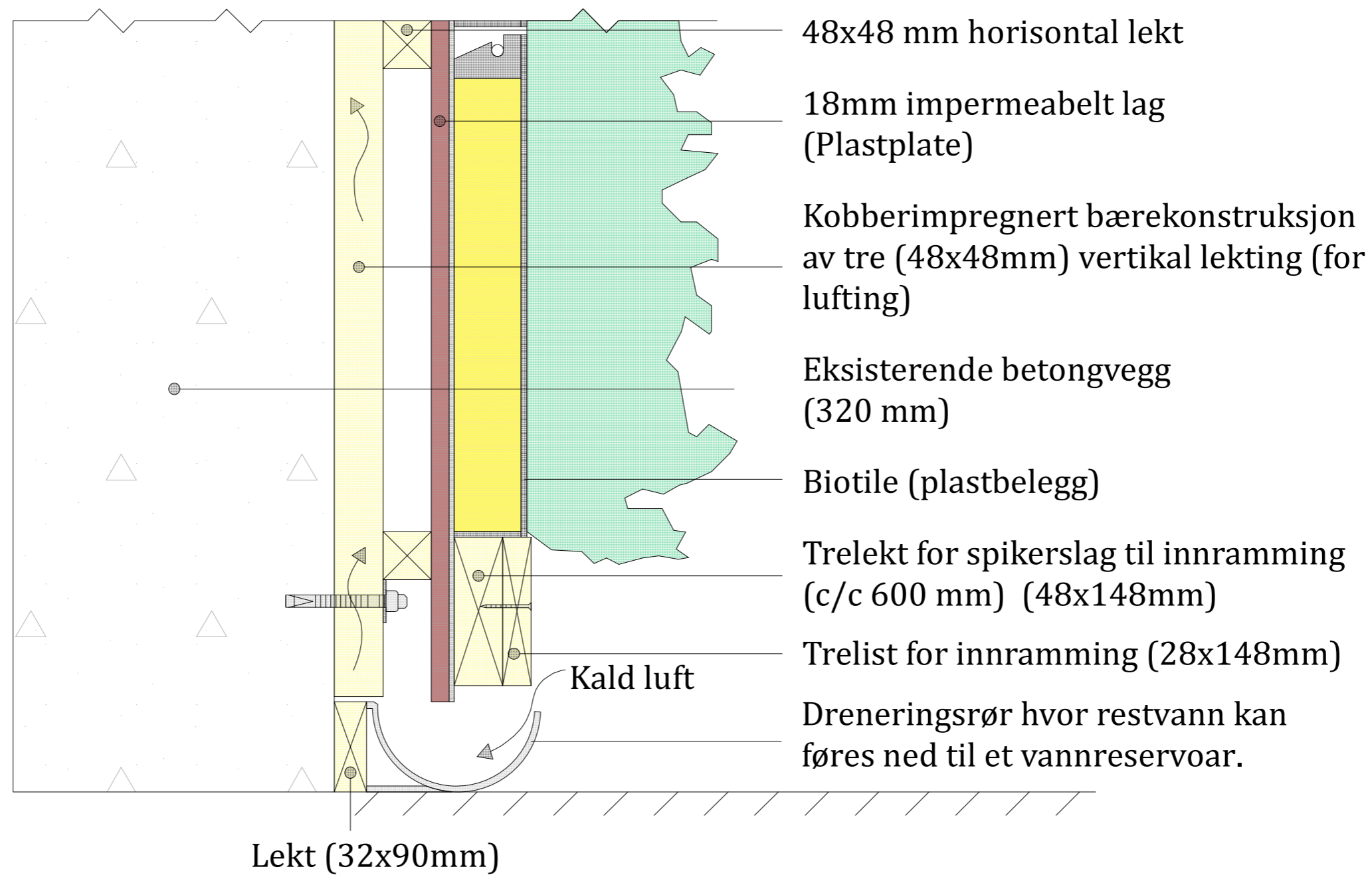
| | | |
|---|--|----------------------------------|
| Prosjekt: Skagerak arena | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:100, 1:200 |
| Type tegning: Modulveggene på tribunene | Dato 15.05.17 | |



| | | |
|--|--|---------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:100 |
| Type tegning: Vanningssystemet | Dato 15.05.17 | |



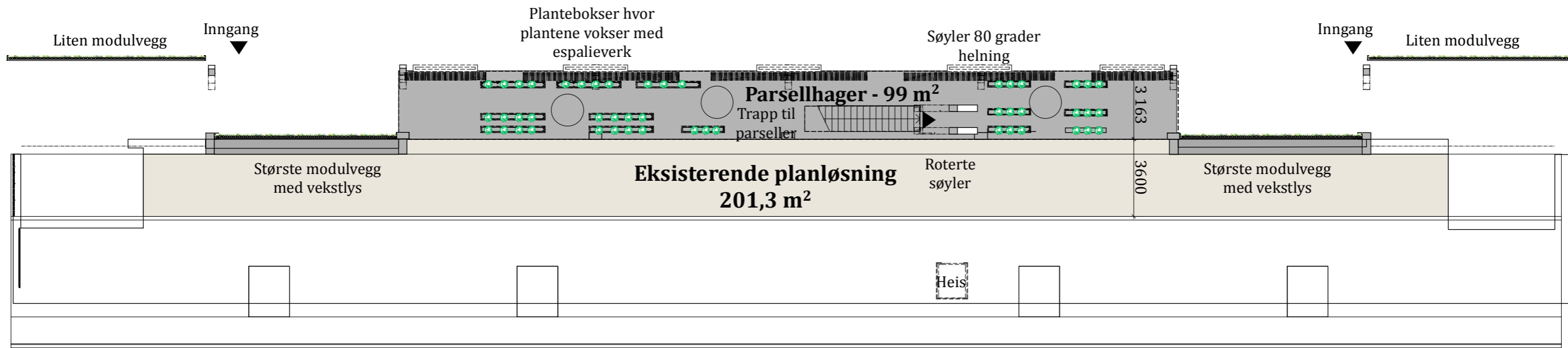
| | | |
|--|--|-------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:5 |
| Type tegning: Detaljtegning Viridiwall | Dato 29.09.17 | |



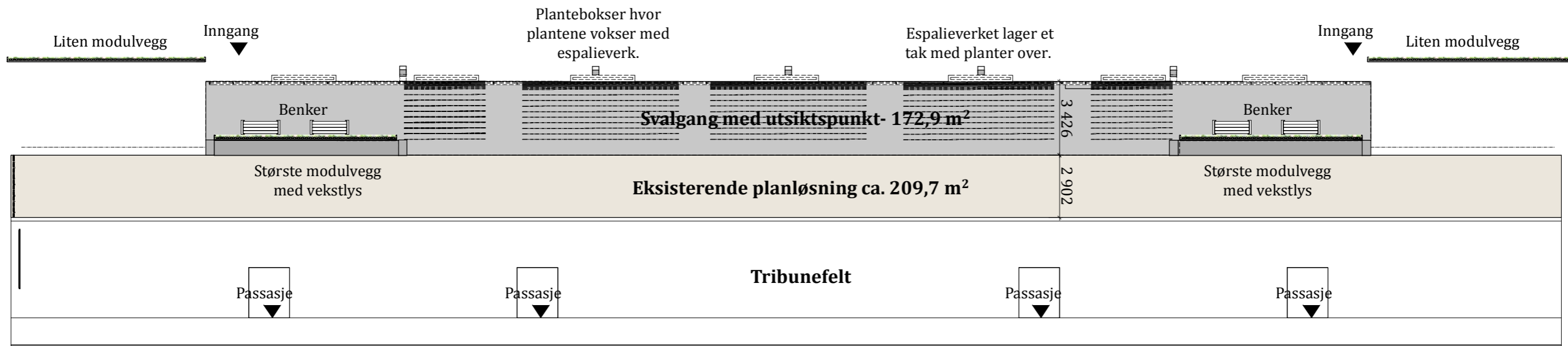
| | | |
|---|--|-------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:5 |
| Type tegning: Detalj drenering Viridiwall | Dato 29.09.17 | |



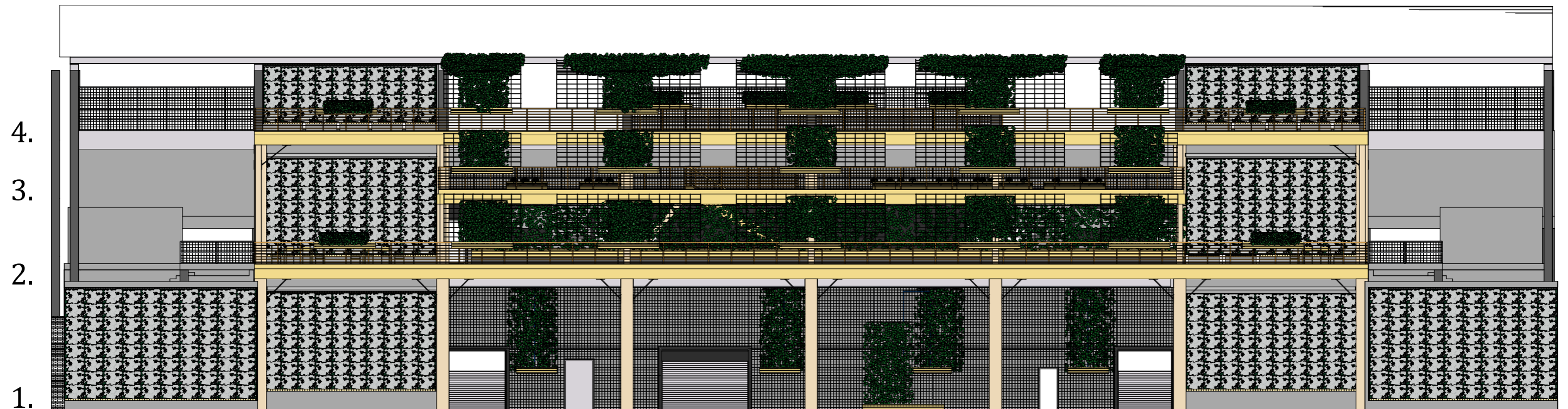
3. etasje (uavhengig av eksisterende planløsning)



4. etasje



| | | |
|---|--|----------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:200 |
| Type tegning: Plantegning sørtribune 3. og 4. etg | Dato: 29.09.17 | |



4. Utsiktspunkt.

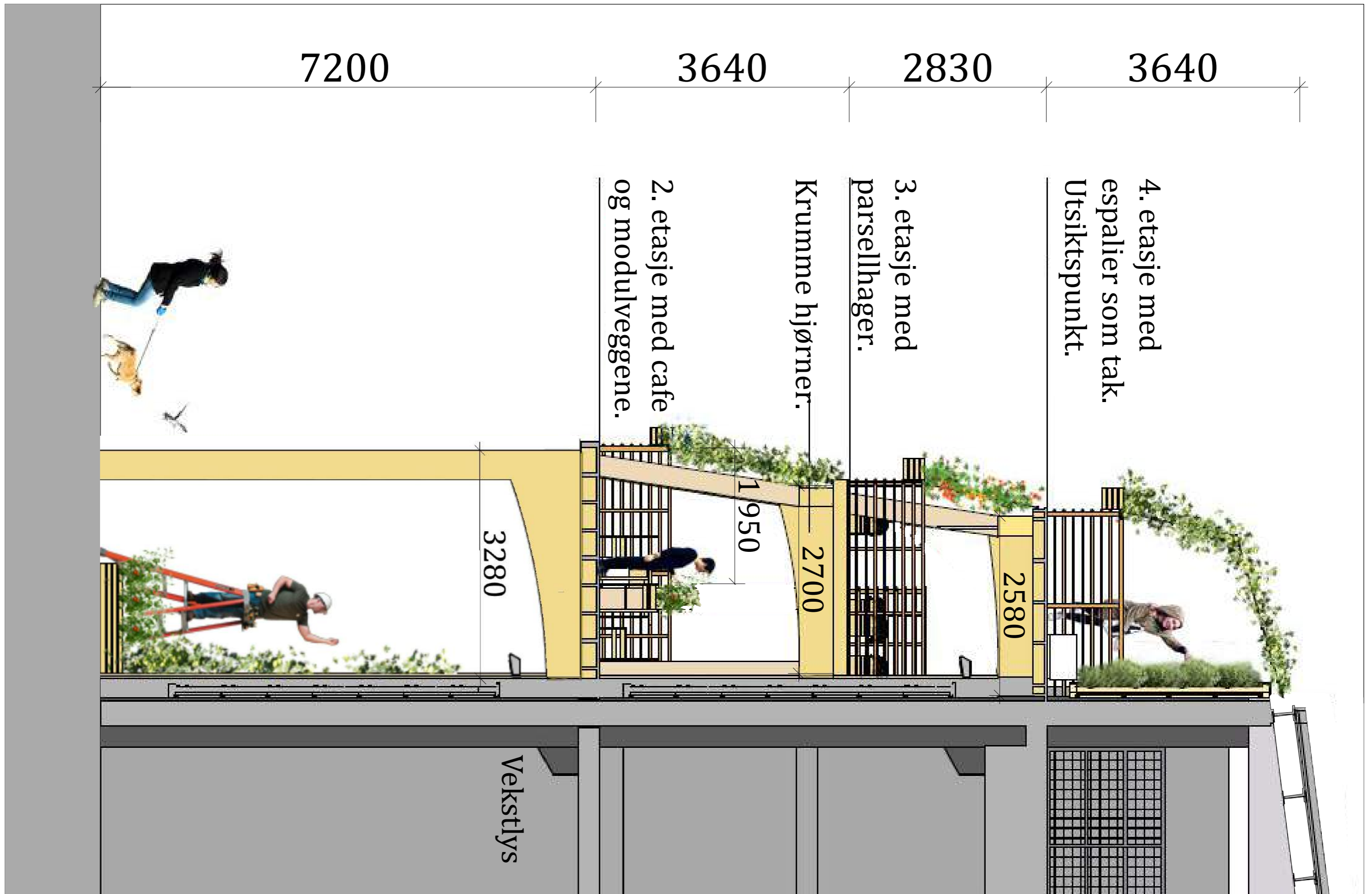
3. Parseller til privat bruk.

2. Cafevirksomhet.

1. Garasjeinnganger med mest skygge.

Alle etasjer unntatt 3. har modulvegger, hvor de høyeste er på maks 6,7 meter.

| | | |
|---|--|---------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:200 |
| Type tegning: Svalgang sørtribune | Dato 29.09.17 | |



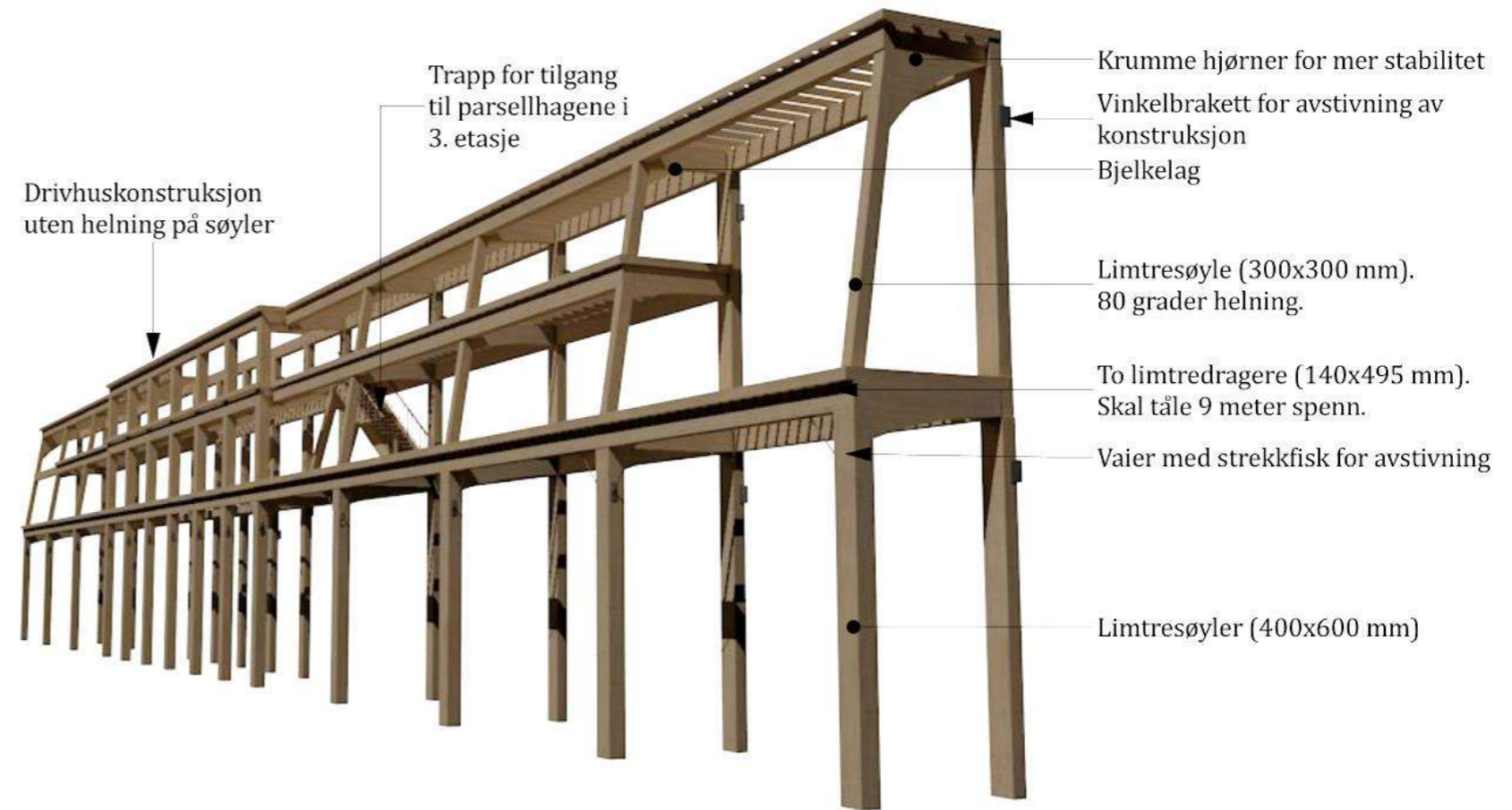
| | | |
|---|--|--------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:50 |
| Type tegning: Svalgangene sør og vest | Dato 29.09.17 | |

Vedlegg XIX – Beregninger svalganger

Dimensjonering av dragerne i svalgangene

Limtre dragerne skal ha et spenn på opp mot 9 meter. Fra tabell 21c i byggdetalj 520.222 – *Bjelker av tre dimensjonering* i Byggforskserien, skal en limtrebjelke med spennvidde på 9 meter ha en dimensjon på 140 x 495 mm. Den har da en kapasitet på 10,4 kN.

| Dimensjon mm x mm | Beregningsmessig spennvidde, l (m) | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 |
| 90 x 135 | 12,0 | 6,3 | 3,7 | 2,3 | 1,5 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 90 x 180 | 16,0 | 12,8 | 8,7 | 5,5 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| 90 x 225 | 20,0 | 16,0 | 13,4 | 10,7 | 7,2 | 5,0 | 3,7 | 2,8 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 |
| 90 x 270 | 24,0 | 19,2 | 16,0 | 13,7 | 12,0 | 8,7 | 6,3 | 4,8 | 3,7 | 2,9 | 2,3 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 |
| 90 x 315 | 28,0 | 22,4 | 18,7 | 16,0 | 14,0 | 12,5 | 10,1 | 7,6 | 5,8 | 4,6 | 3,7 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,7 |
| 90 x 360 | 32,1 | 25,6 | 21,4 | 18,3 | 16,0 | 14,2 | 12,8 | 11,3 | 8,7 | 6,8 | 5,5 | 4,5 | 3,7 | 3,1 | 2,6 |
| 90 x 405 | 36,1 | 28,9 | 24,0 | 20,6 | 18,0 | 16,0 | 14,4 | 13,1 | 12,0 | 9,7 | 7,8 | 6,3 | 5,2 | 4,4 | 3,7 |
| 90 x 450 | 40,1 | 32,1 | 26,7 | 22,9 | 20,0 | 17,8 | 16,0 | 14,6 | 13,4 | 12,3 | 10,7 | 8,7 | 7,2 | 6,0 | 5,0 |
| 115 x 180 | 20,5 | 16,4 | 11,1 | 7,0 | 4,7 | 3,3 | 2,4 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 115 x 225 | 25,6 | 20,5 | 17,1 | 13,7 | 9,2 | 6,4 | 4,7 | 3,5 | 2,7 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 0,8 |
| 115 x 270 | 30,7 | 24,6 | 20,5 | 17,6 | 15,4 | 11,1 | 8,1 | 6,1 | 4,7 | 3,7 | 3,0 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,4 |
| 115 x 315 | 35,8 | 28,7 | 23,9 | 20,5 | 17,9 | 15,9 | 12,9 | 9,7 | 7,4 | 5,9 | 4,7 | 3,8 | 3,1 | 2,6 | 2,2 |
| 115 x 360 | 41,0 | 32,8 | 27,3 | 23,4 | 20,5 | 18,2 | 16,4 | 14,4 | 11,1 | 8,7 | 7,0 | 5,7 | 4,7 | 3,9 | 3,3 |
| 115 x 405 | 46,1 | 36,9 | 30,7 | 26,3 | 23,0 | 20,5 | 18,4 | 16,8 | 15,4 | 12,4 | 10,0 | 8,1 | 6,7 | 5,6 | 4,7 |
| 140 x 180 | 24,9 | 19,9 | 13,5 | 8,5 | 5,7 | 4,0 | 2,9 | 2,2 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| 140 x 225 | 31,2 | 24,9 | 20,8 | 16,6 | 11,1 | 7,8 | 5,7 | 4,3 | 3,3 | 2,6 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,0 |
| 140 x 270 | 37,4 | 29,9 | 24,9 | 21,4 | 18,7 | 13,5 | 9,9 | 7,4 | 5,7 | 4,5 | 3,6 | 2,9 | 2,4 | 2,0 | 1,7 |
| 140 x 315 | 43,6 | 34,9 | 29,1 | 24,9 | 21,8 | 19,4 | 15,7 | 11,8 | 9,1 | 7,1 | 5,7 | 4,6 | 3,8 | 3,2 | 2,7 |
| 140 x 360 | 49,9 | 39,9 | 33,2 | 28,5 | 24,9 | 22,2 | 19,9 | 17,6 | 13,5 | 10,6 | 8,5 | 6,9 | 5,7 | 4,8 | 4,0 |
| 140 x 405 | 56,1 | 44,9 | 37,4 | 32,1 | 28,0 | 24,9 | 22,4 | 20,4 | 18,7 | 15,1 | 12,1 | 9,9 | 8,1 | 6,8 | 5,7 |
| 140 x 450 | 62,3 | 49,9 | 41,6 | 35,6 | 31,2 | 27,7 | 24,9 | 22,7 | 20,8 | 19,2 | 16,6 | 13,5 | 11,1 | 9,3 | 7,8 |
| 140 x 495 | 68,6 | 54,9 | 45,7 | 39,2 | 34,3 | 30,5 | 27,4 | 24,9 | 22,9 | 21,1 | 19,6 | 18,0 | 14,8 | 12,4 | 10,4 |



Dimensjonering av de nederste limtresøylene i svalgangene

Densitet limtre = 500 kg/m³ og furu = 426 kg/m³

Snølast = 4,5 kN/m²

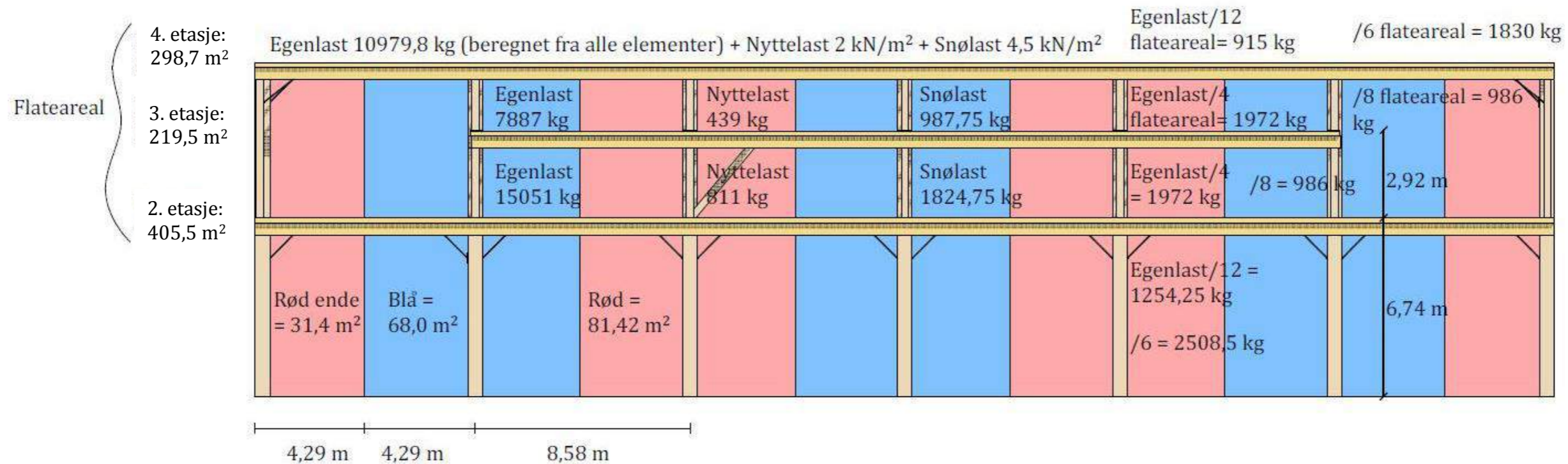
Halvårslast (nyttelast) 2.0 kN/m²

Egenvekten til svalgangene på sørtribunen:

Svalgangskonstruksjonen med drivhus på vesttribunen, en lengre konstruksjon enn svalgangene på sørtribunen

| Etasje | Limtre drager | Limtre bjelker | Kubbing | Bjelker | Impregnerte terrassebord | Terrassebord for dekke | Antall kubikkmeter m ³ (limtre + furu) | Antall kg til sammen |
|-----------|---------------|----------------|---------|---------|--------------------------|------------------------|---|----------------------|
| 4. etasje | 4 | 8 | 20 | 137 | 40 | 1 | 23,25 + 8,14 | 15051 |
| 3. etasje | 4 | 2 | 12 | 62 | 33 | 1 | 12,17 + 4,23 | 7887 |
| 2. etasje | 4 | 0 | 11 | 92 | 29 | 1 | 17,23 + 5,55 | 10980 |

Kapasitet til de nederste limtresøylene på svalgangene



Vekt fra 300x300 mm limtresøyle over = (0,3 x 0,3 x 5,9) m, ganget med 500 kg/m³ = 265 kg = 2599,7 N = 2,6 kN

Vekt fra 400x600 mm limtresøyle over (80° helning) = (0,4 x 0,6 x 5,8) m, ganget med 500 kg/m³ = 696 kg = 6827,8 N = 6,8 kN

Søyle 1 fra venstre

Snølast (x2 flateareal) + egenlast x2 + nyttelast x2 + 2 søyler:
 (31,4 m² x 4,5 kN/m²)
 + (31,4 m² x 2,0 kN/m²)
 + (1254,25 + 915) kg
 + (2,6 + 6,8) kN
 = 32,7 kN

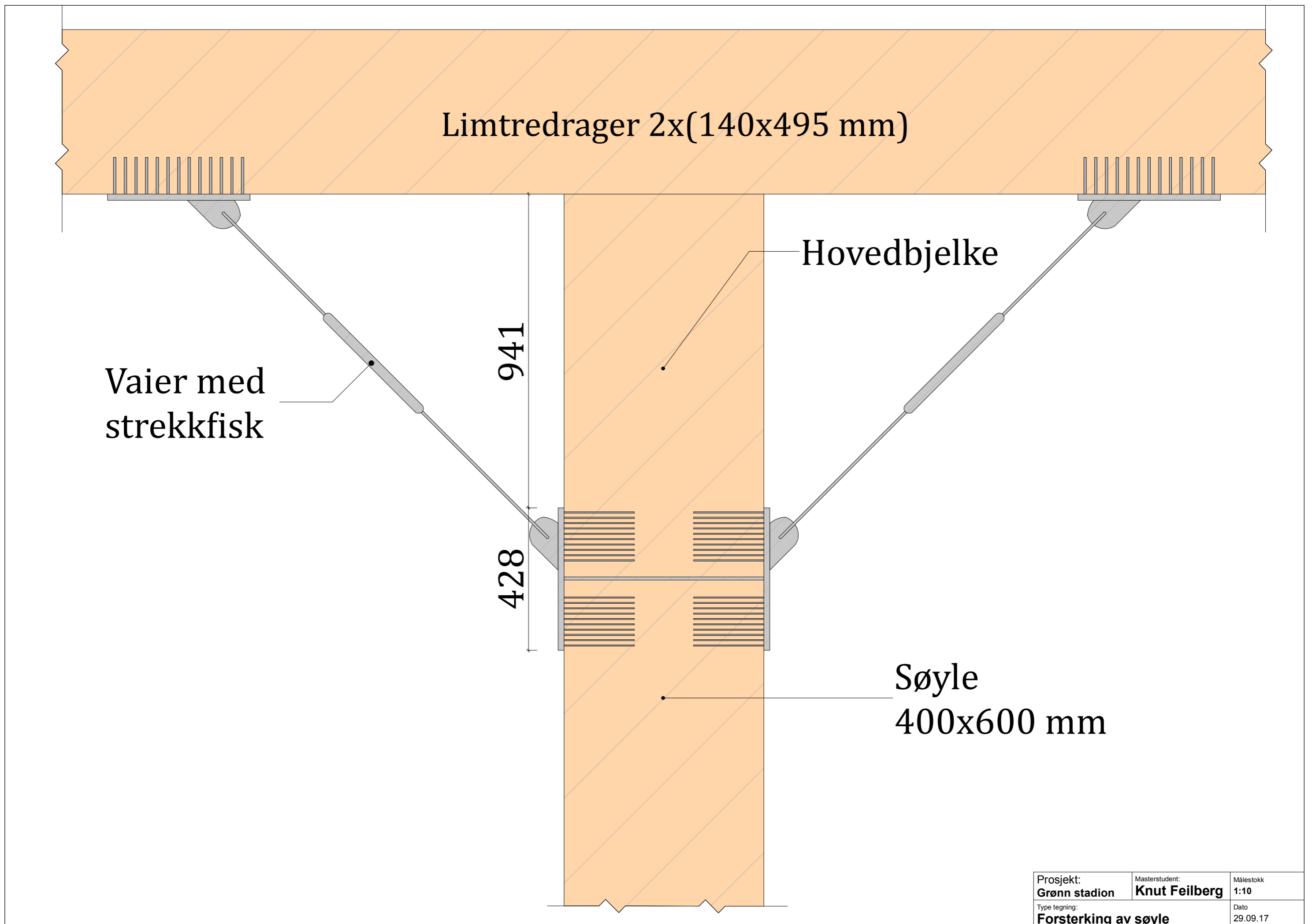
Søyle 2 fra venstre

Snølast (x2,5 flateareal) + egenlast x2,5 + nyttelast x2,5 + 2 søyler:
 (68 m² x 4,5 kN/m²)
 + (68 m² x 2,0 kN/m²)
 + (2508,5 + 986 + 1830) kg
 + (2,6 + 6,8) kN
 = 66 kN

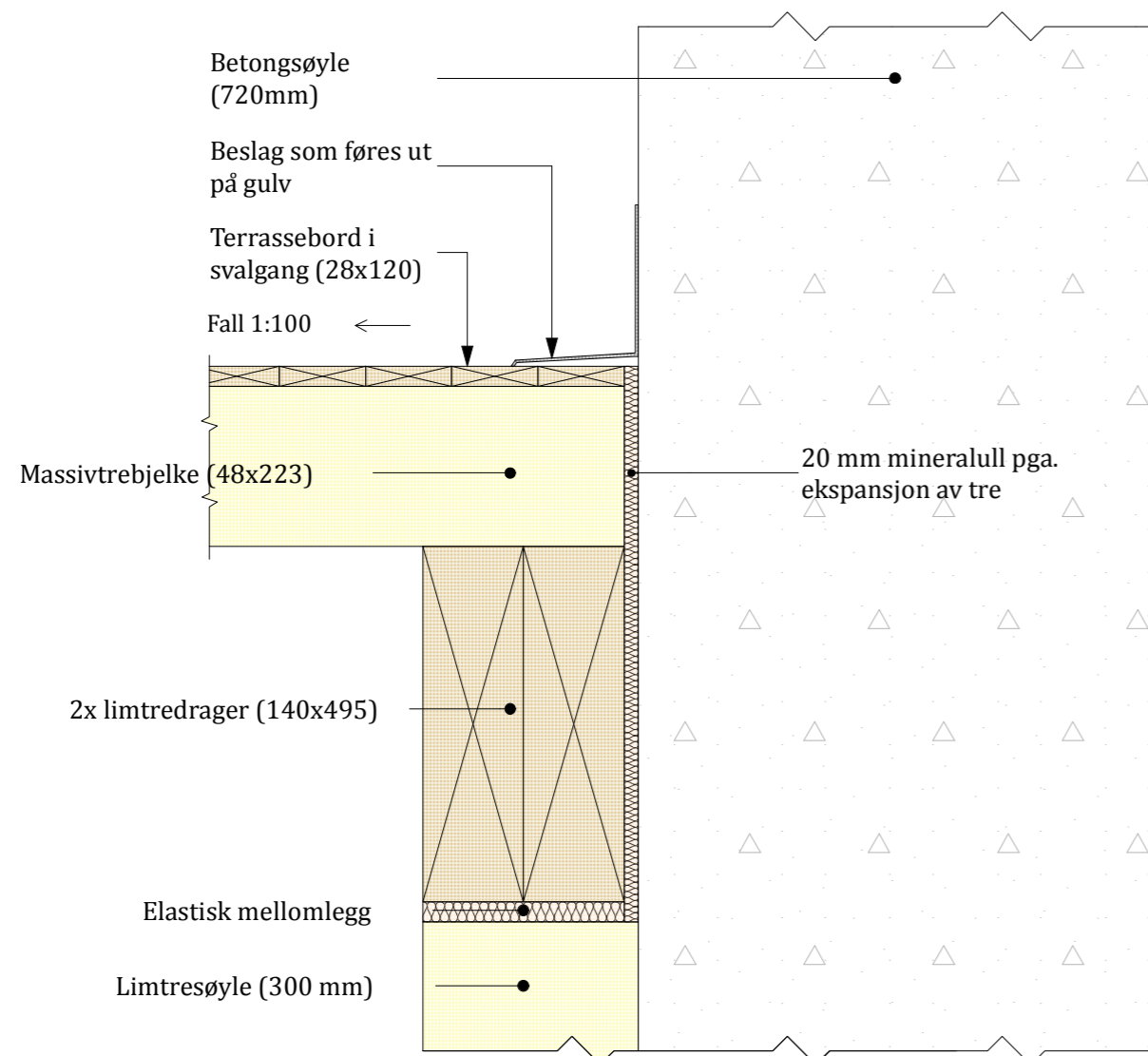
Søyle 3 fra venstre

Snølast (x3 flateareal) + egenlast x2 + nyttelast x2 + 2 søyler:
 (81,42 m² x 4,5 kN/m²)
 + (81,42 m² x 2,0 kN/m²)
 + (2508,5 + 1972 + 1830) kg
 + (2,6 + 6,8) kN
 = 76,5 kN

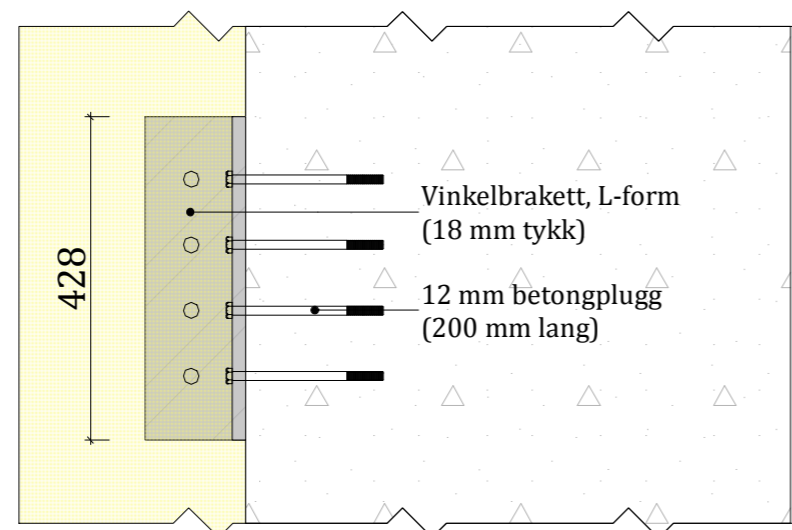
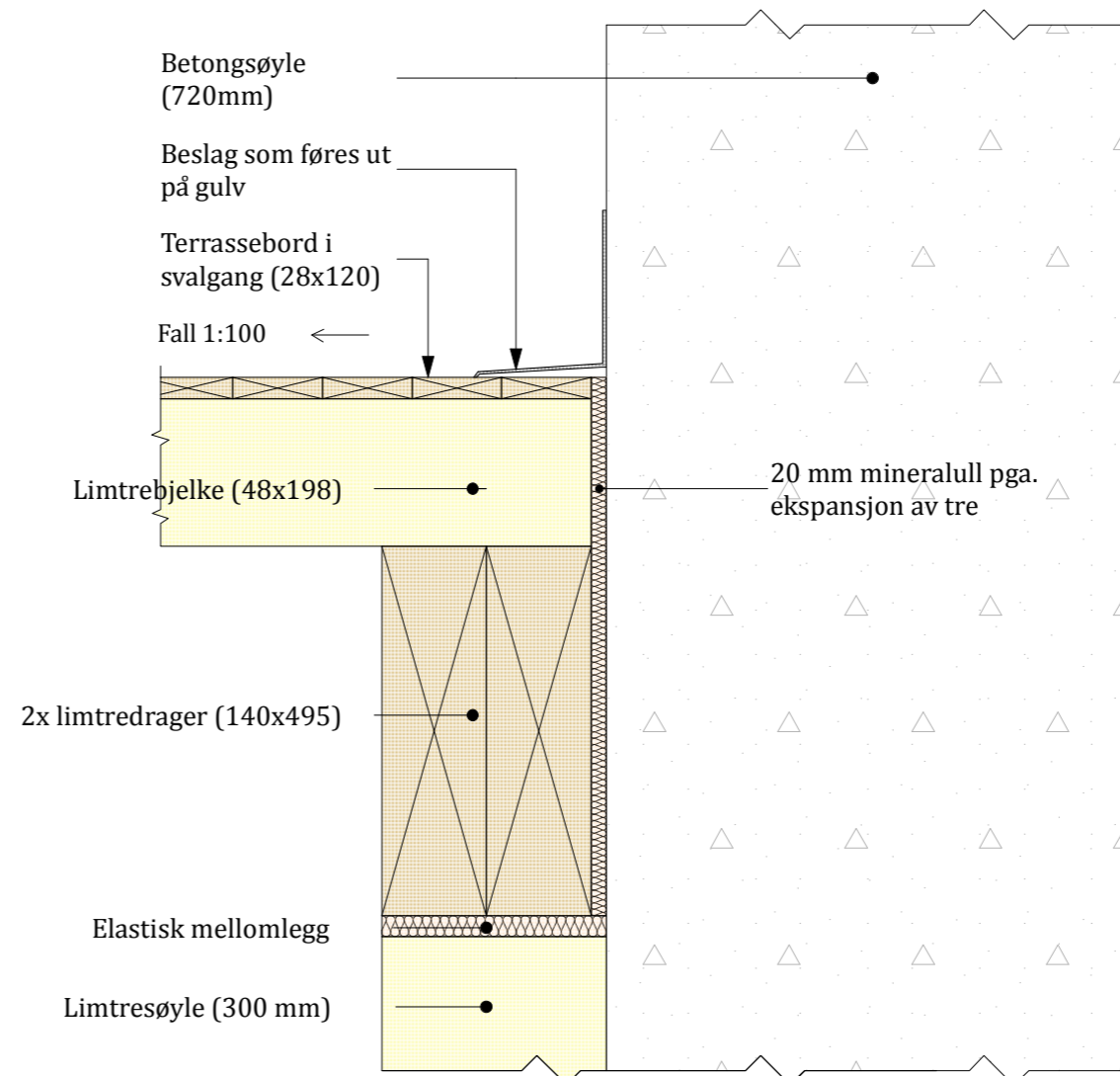
Den største summen er fra søyle 3 til 5. Vi ganger den med to for å være sikker: 76,5 kN x 2 = 153 kN. Tabell 21b fra 520.233 - Søyler av tre. Dimensjonering forteller at en søyle på 400x600 mm kan holde av disse summene. Selv om dimensjonen ikke står der, er den hvertfall større enn de andre dimensjonene. I tillegg er de fleste søylene støttet opp av krumme hjørner som stabiliserer ekstra.



Svalgang 2. etasje

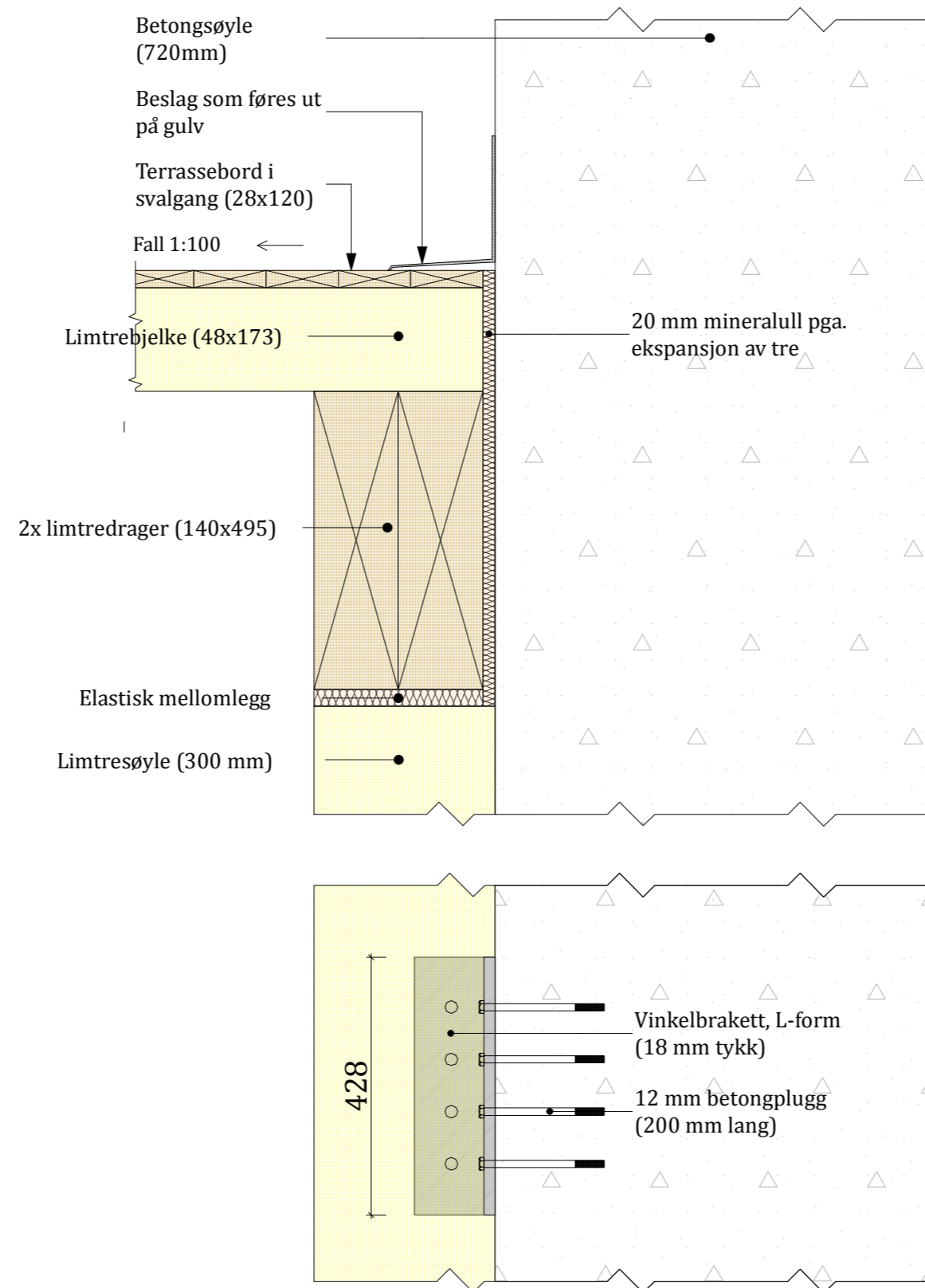


Svalgang 3. etasje (med parselhager)



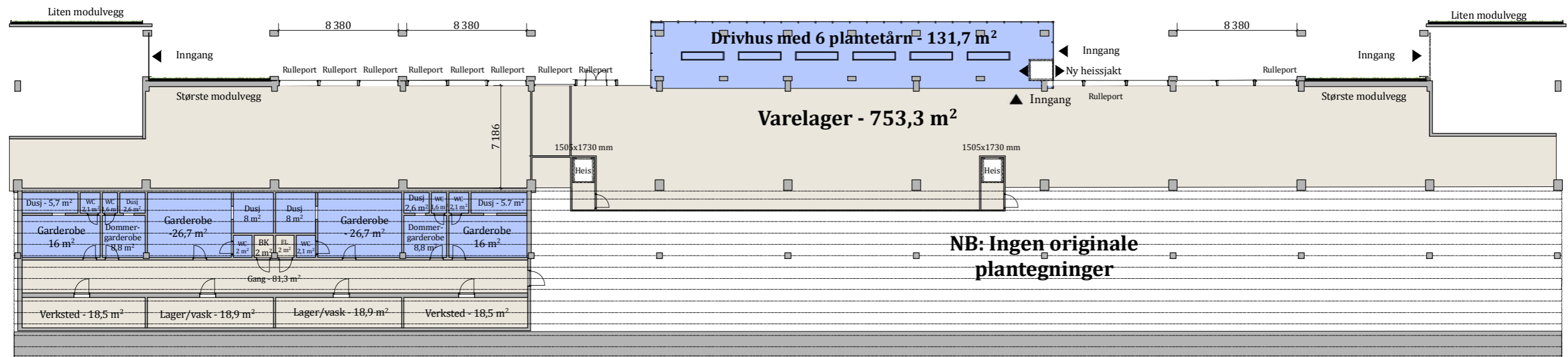
| | | |
|--|--|---------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:10 |
| Type tegning: Svalgang 2. og 3. etasje | Dato: 29.09.17 | |

Svalgang 4. etasje

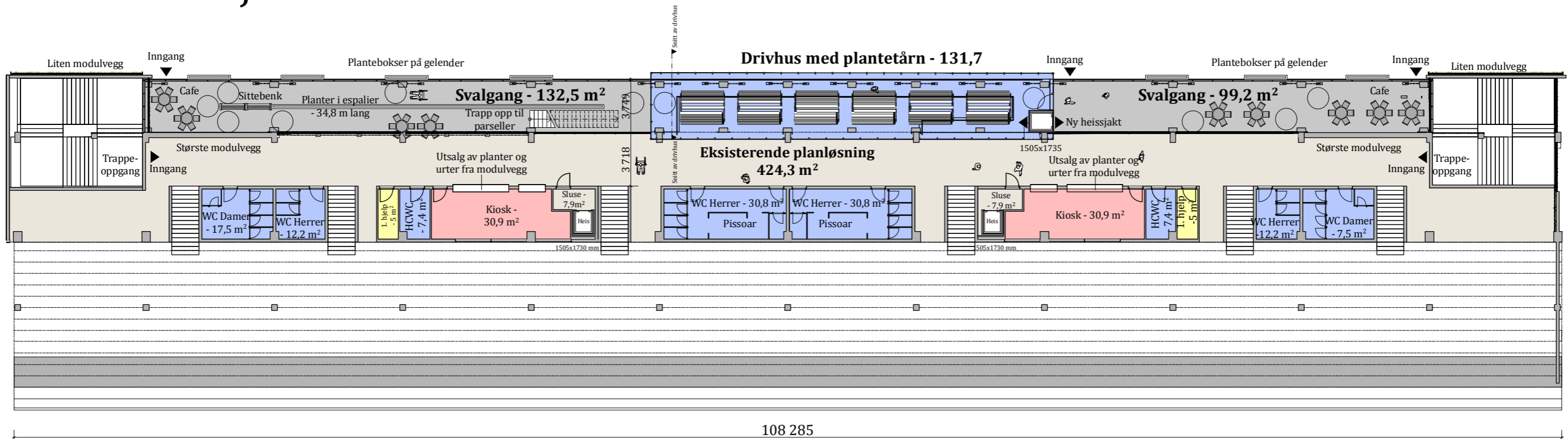


| | | |
|--|--|--------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:10 |
| Type tegning: Svalgang 4. etasje | Dato 29.09.17 | |

1. etasje

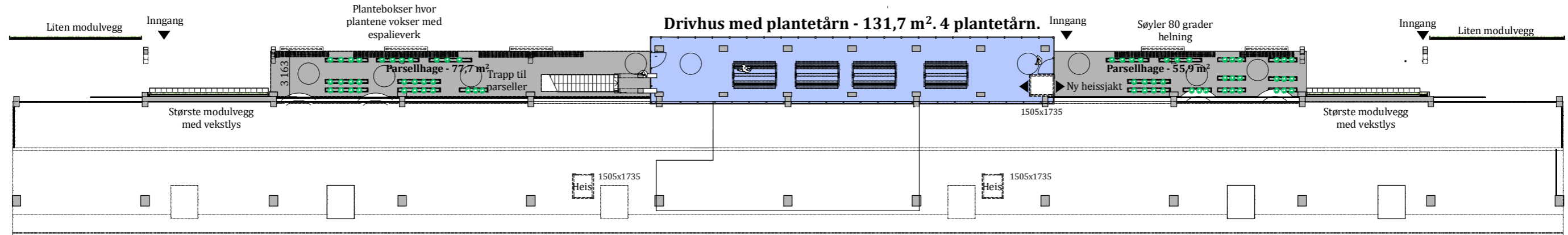
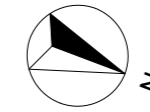


2. etasje

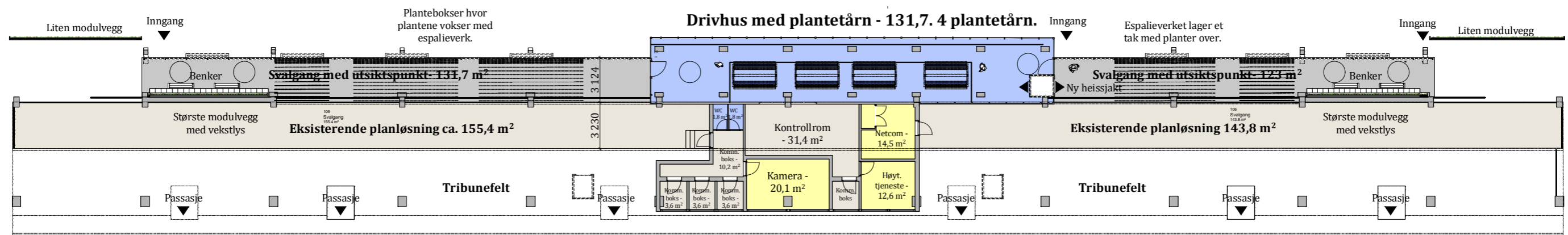
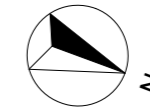


| | | |
|--|--|----------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:300 |
| Type tegning: Plantegning vesttribune 1. og 2. etg | Dato: 29.09.17 | |

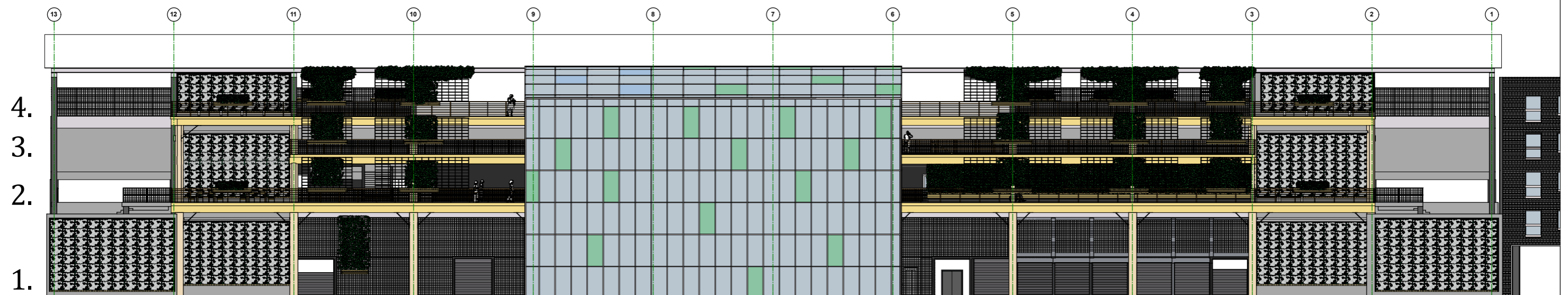
3. etasje (uavhengig av eksisterende planløsning)



4. etasje



| | | |
|--|--|----------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:300 |
| Type tegning: Plantegning vesttribune 3. og 4. etg | Dato: 29.09.17 | |



Garasjeinnganger står i veien for et lengre drivhus.

4. Utsiktspunkt og visningshage.

3. Små plantetårn til parseller (privat bruk).

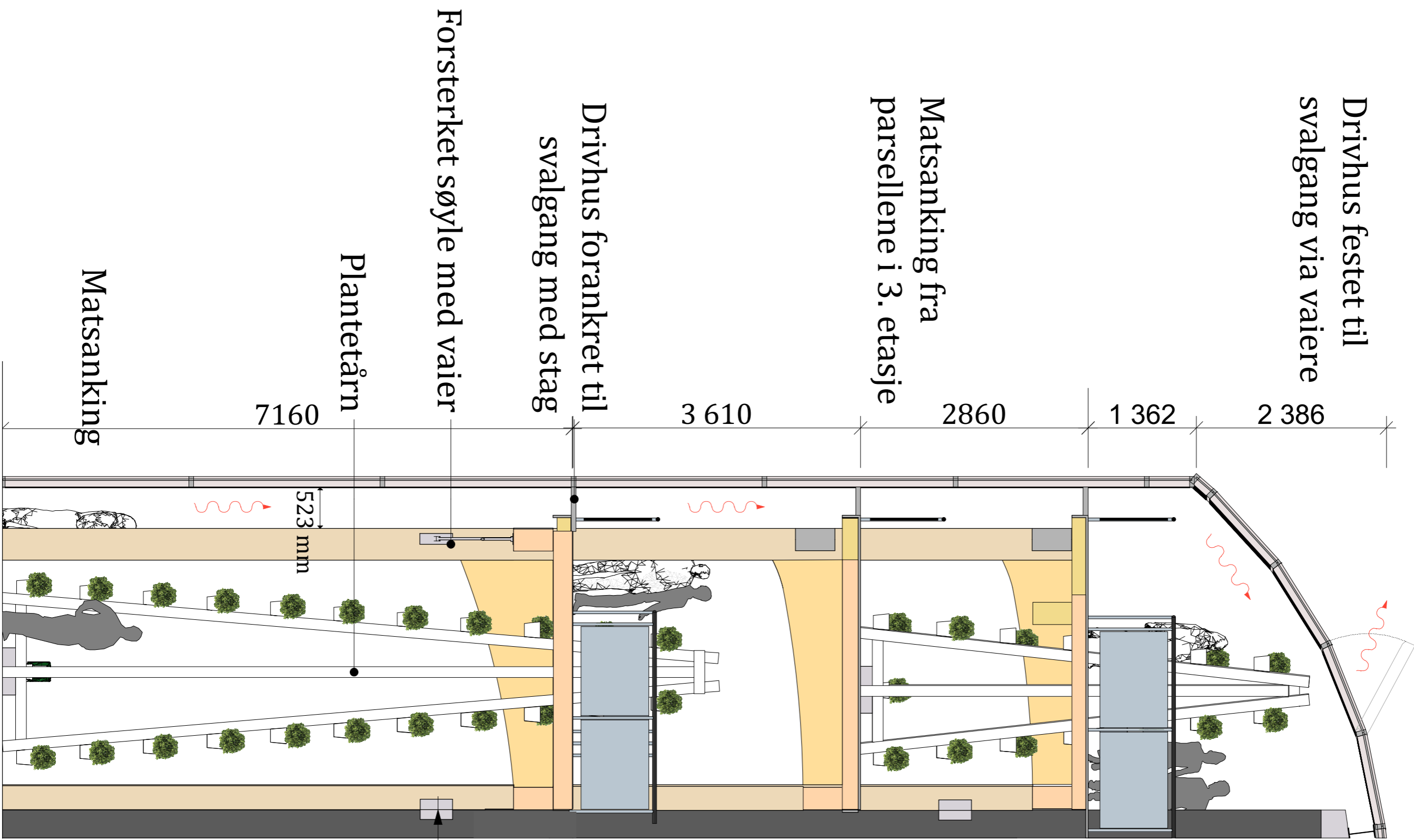
2. Visningshage av de største plantetårnene og cafe.

1. Matsanking av de største plantetårnene.

Alle etasjer unntatt 3. har modulvegger, hvor de høyeste er på maks 6,7 meter.

| | | |
|---|--|---------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:300 |
| Type tegning: Drivhus vesttribune | Dato 29.09.17 | |

Utlufting fra taket



Drivhus festet til
svalgang via vaiere

Matsanking fra
parsellene i 3. etasje

Drivhus forankret til
svalgang med stag

Forsterket søyle med vaiere

Plantetårn

Matsanking

2 386

1 362

2860

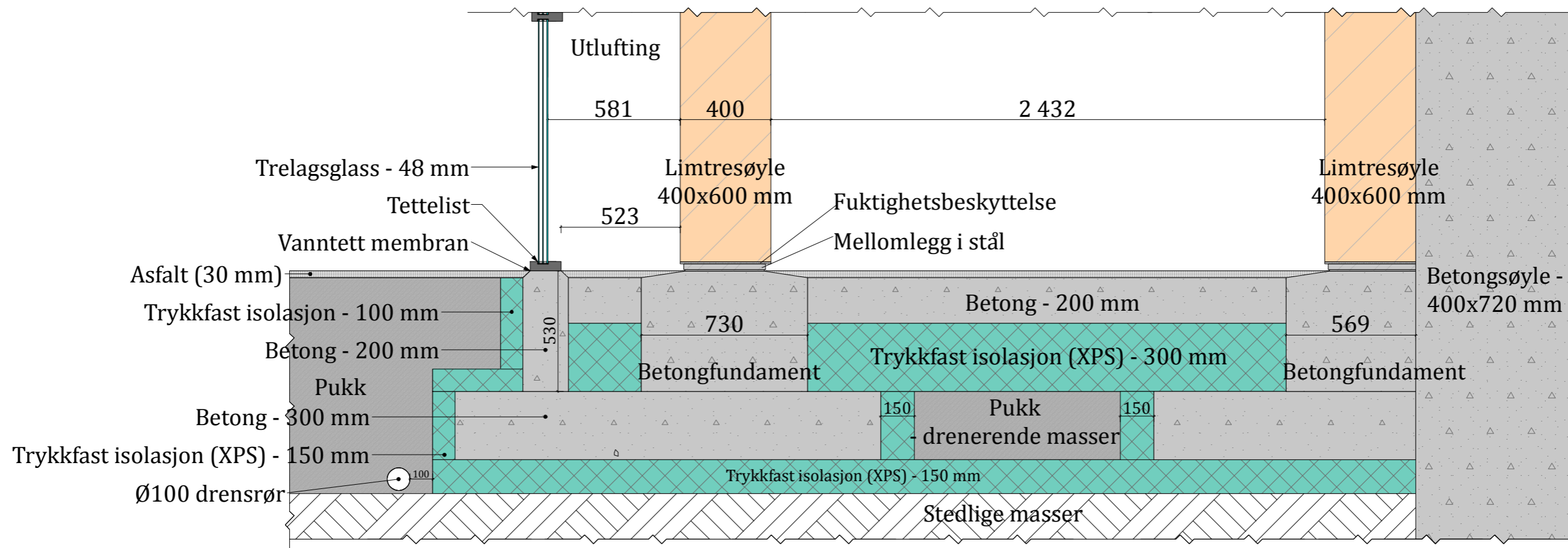
3 610

7160

523 mm

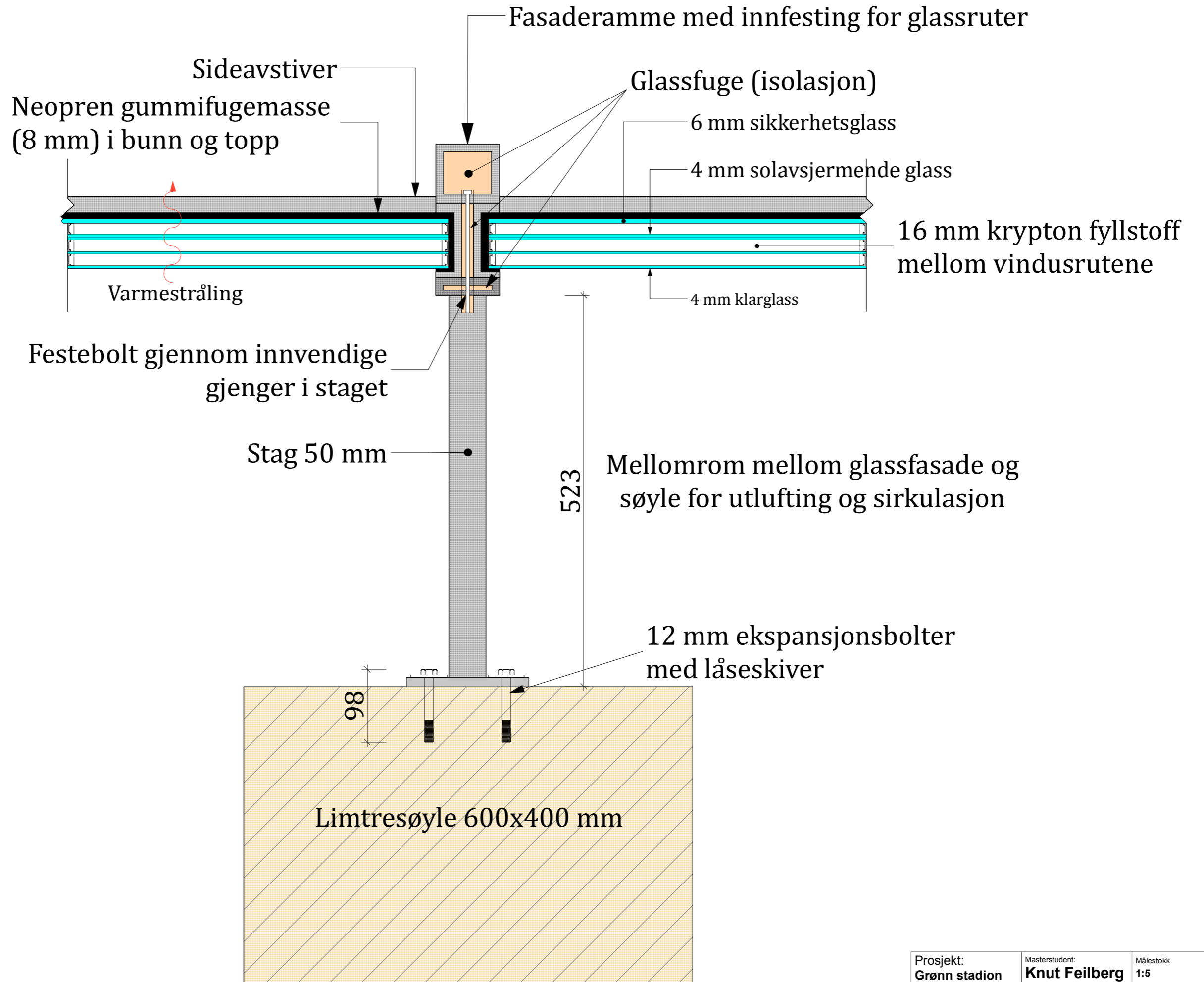
Forankring
med
vinkelbrakett
(L-form)

| | | |
|--|--|--------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:50 |
| Type tegning: Snitt av drivhus | Dato 29.09.17 | |

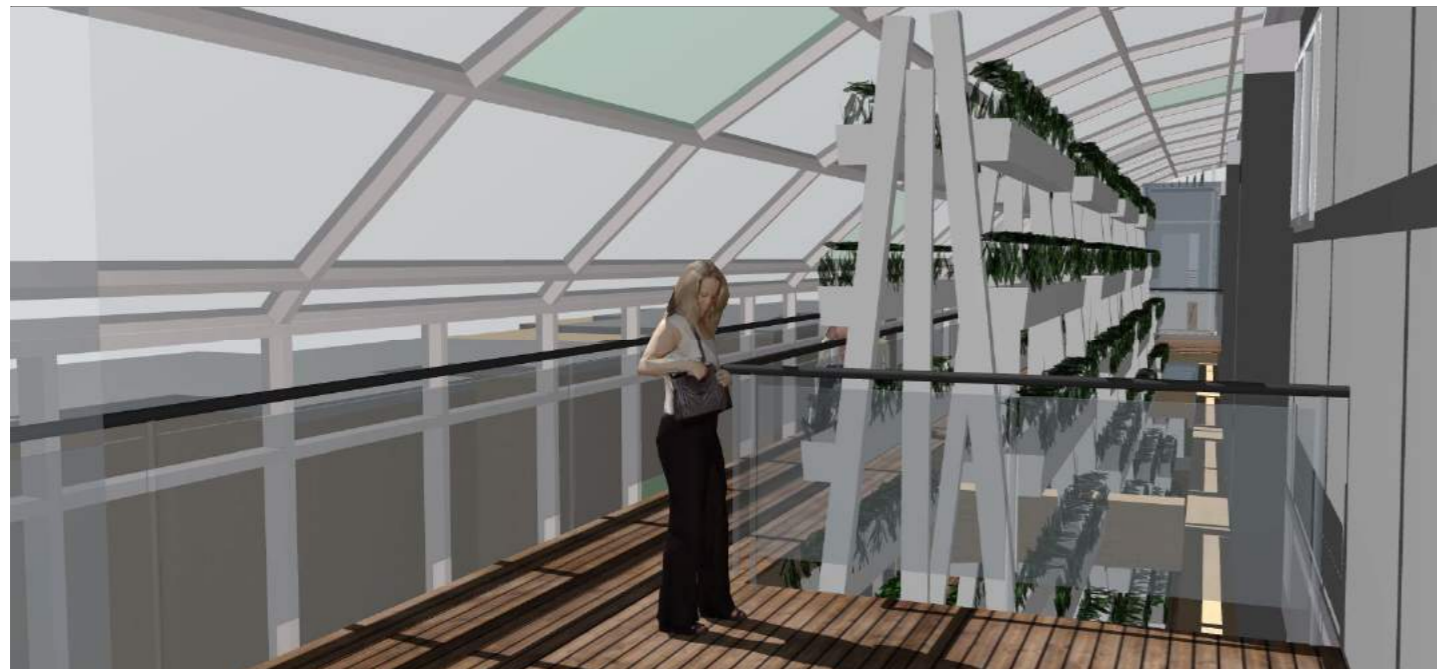


| | | |
|---|--|---------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk: 1:20 |
| Type tegning: Fundamentering drivhus/svalgang | Dato: 29.09.17 | |

Drivhus som påhengsfasade



| | | |
|--|--|-------------------------|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | Målestokk 1:5 |
| Type tegning: Drivhusfasade horisontal | Dato 29.09.17 | |



4. etasje med utsikt og plantetårn. Heisen er bortest.



2. etasje med visning av plantetårn. Heis er bortest.



3. etasje med plantetårn som parseller



2. etasje byr på store pausemuligheter til folk på kamp og på hverdager. Lokale planter og urter selges i kiosk. Legg merke til heisen i drivhuset.

Matsanking fra 1. etasje.
Inngang fra inn- og utside.
Utviklingshemmede kan bidra med tilgang på heis i drivhuset.



| | | |
|---|--|--|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | |
| Type tegning: Plantetårn og drivhus med annet | Dato 29.09.17 | |



Parsellhagene i 3. etasje kan oppleve skygge halvveis i planet.



Cafe i 2. etasje bidrar til et sosialt miljø. Maten kommer fra kiosk.



Vesttribunen fra bakkenivå. Skaper forventninger.



Cafe i 2. etasjen med planter i espalier bak som deler etasjen i to.



Utsiktspunkt på toppen i 4. etasje. Heisen kan ses i bakgrunnen.

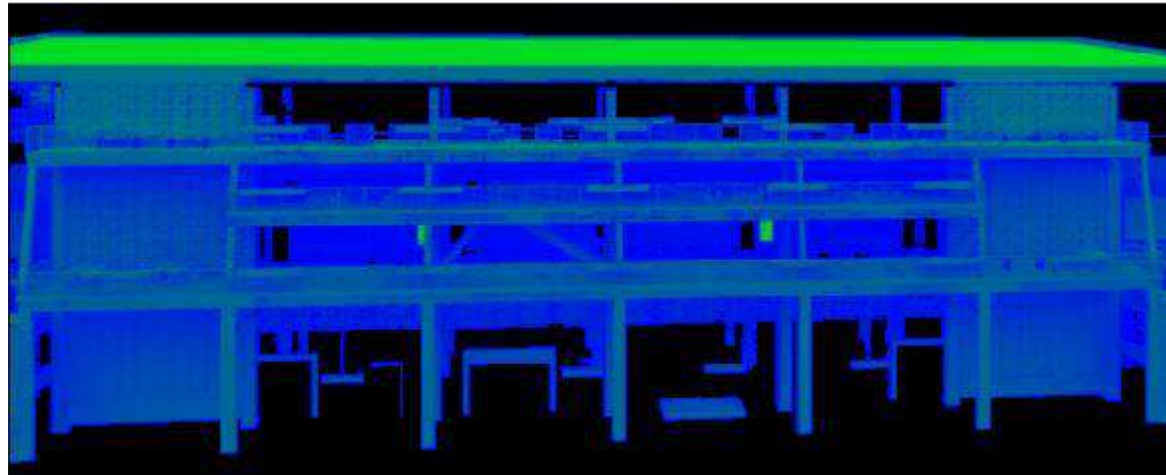
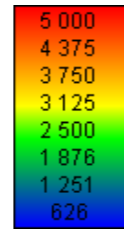
| | | |
|---|--|--|
| Prosjekt: Grønn stadion | Masterstudent: Knut Feilberg | |
| Type tegning: Plantetårn og drivhus med annet | Dato 29.09.17 | |

Vedlegg XXX – Overskyet solsimulering etter endringer

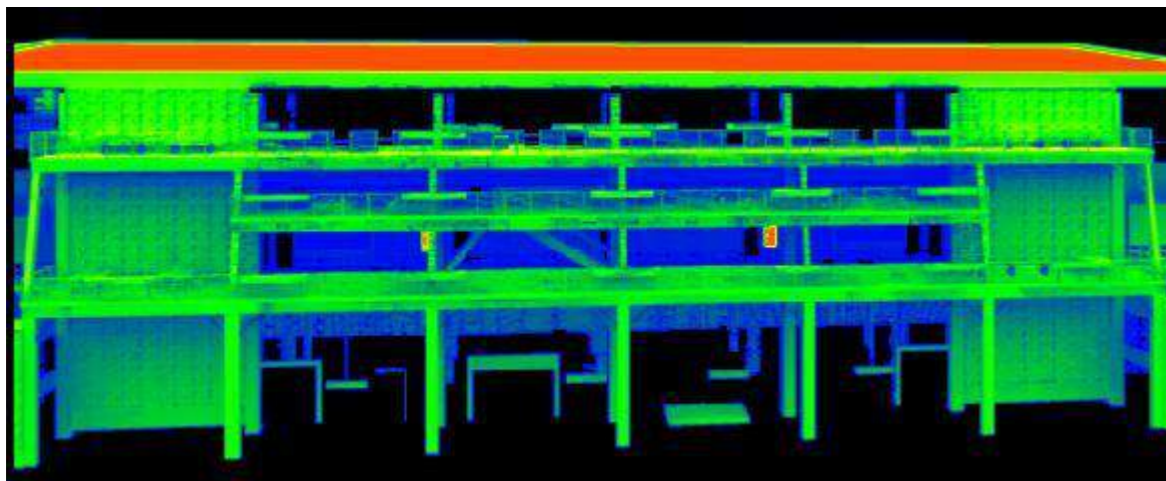
Sørtribunen 21. mars (kl. 8, 12 og 15.30)

Fargespektret til høyre viser antall flux. Plantene må ha minst 1000 lux hver dag for å klare seg.

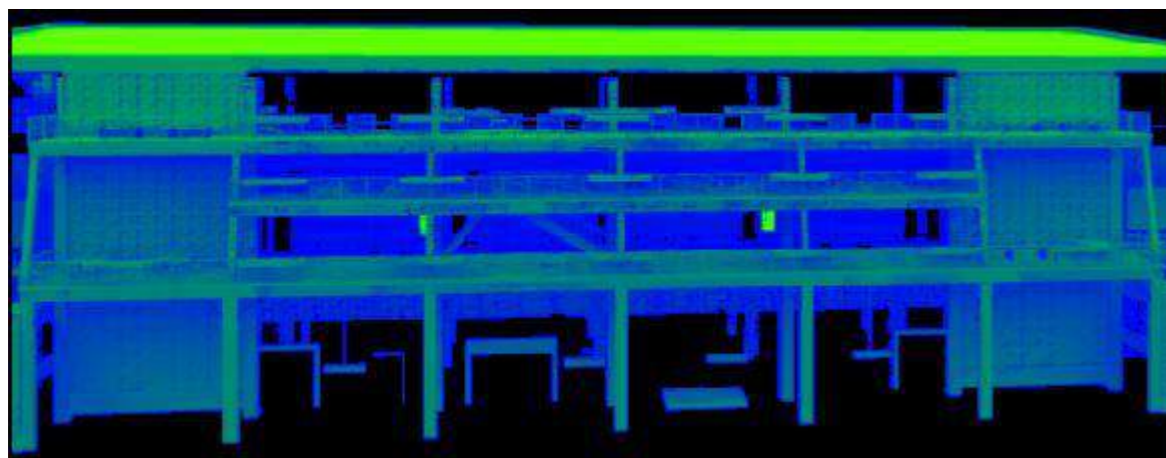
Det blir rundt 6 timer sol på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



Bilde 1 - Sørtribunen 21. mars kl. 8



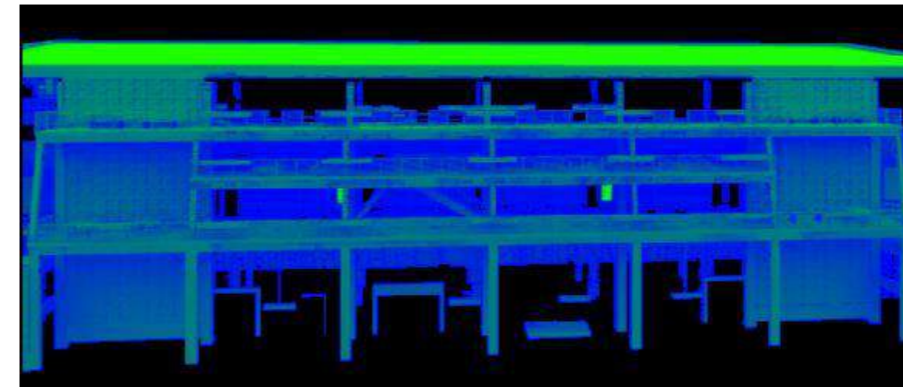
Bilde 2 - Sørtribunen 21. mars kl. 12



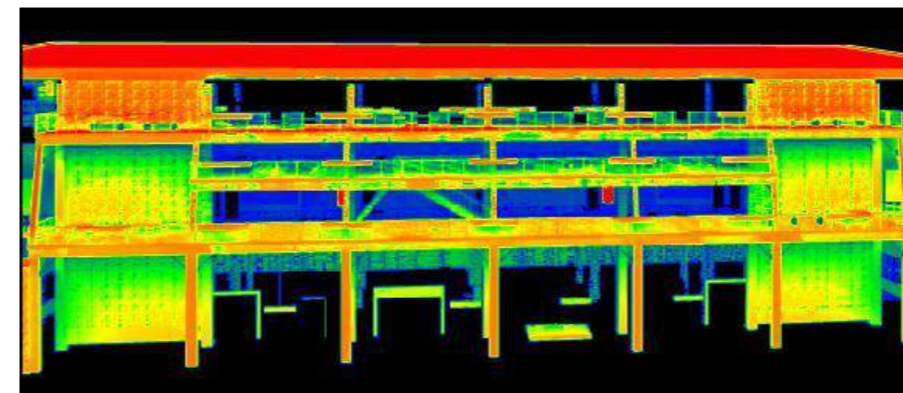
Bilde 3 - Sørtribunen 21. mars kl. 15.30

Sørtribunen 21. juni (kl. 5, 12, 18 og 19)

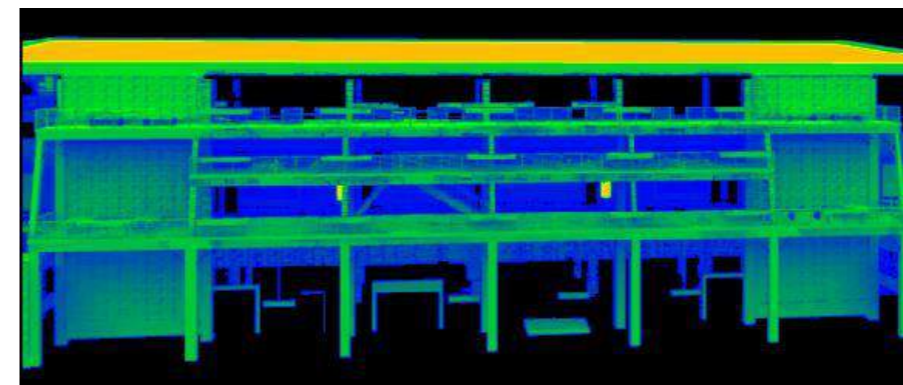
Det blir rundt 11 timer sol (fra kl. 7-18) på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



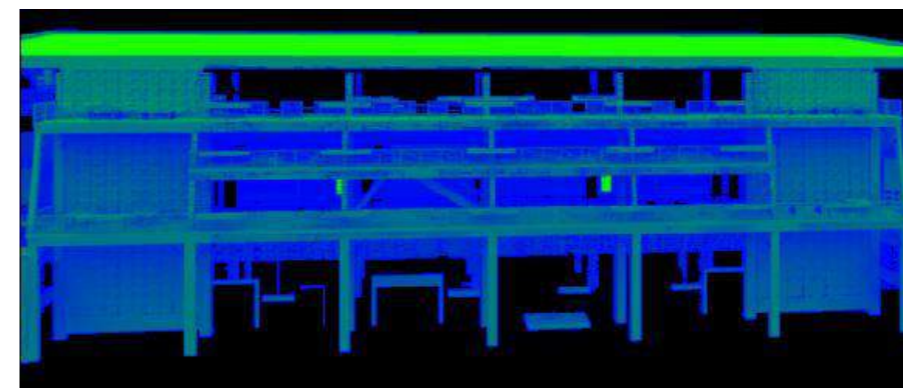
Bilde 4 - Sørtribunen 21. juni kl. 5



Bilde 5 - Sørtribunen 21. juni kl. 12



Bilde 6 - Sørtribunen 21. juni kl. 18

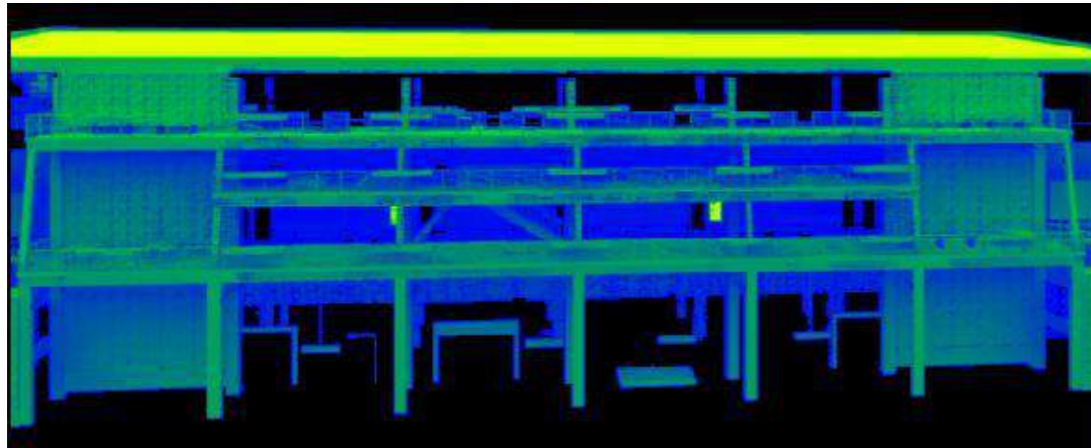
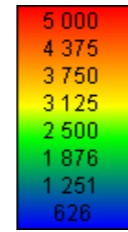


Bilde 7 - Sørtribunen 21. juni kl. 19

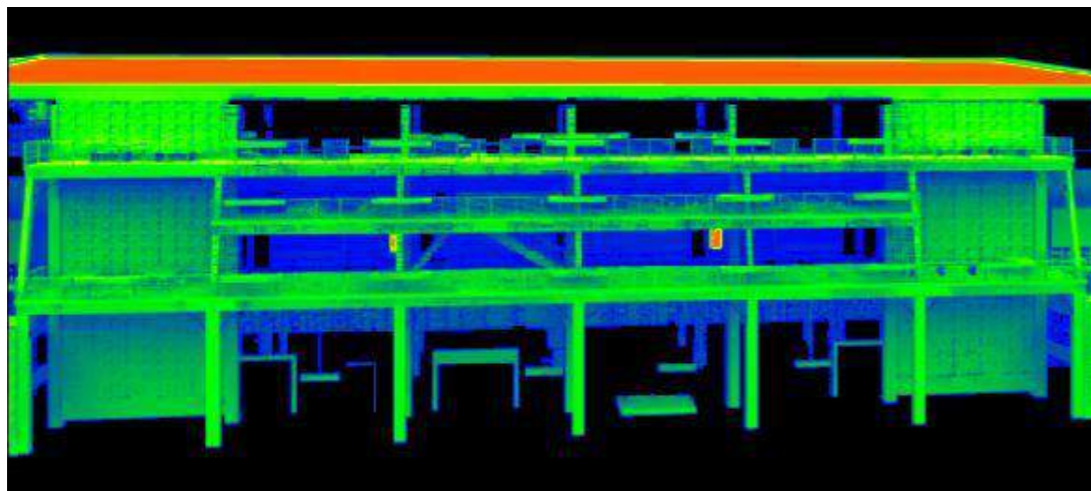
Vedlegg XXX – Overskyet solsimulering av stadion etter endringer

21. oktober (kl. 9, 12 og 15.30)

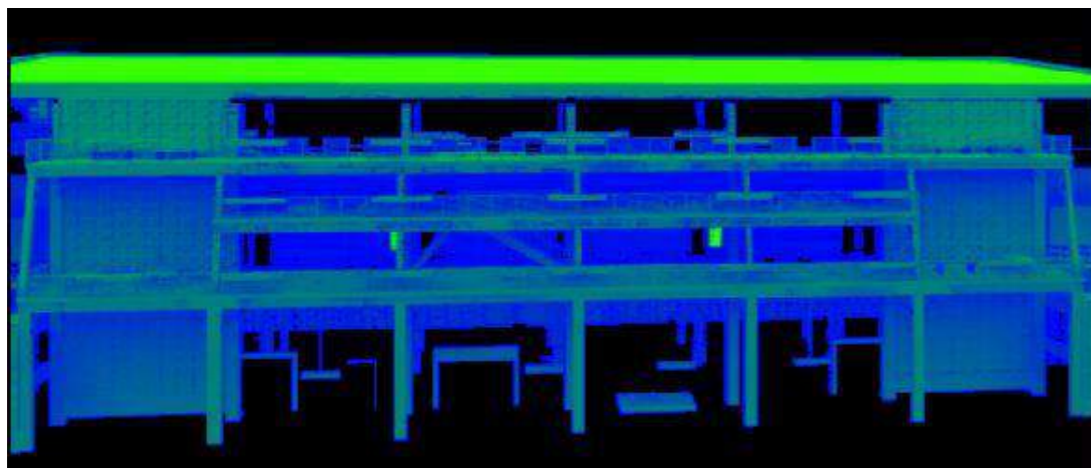
Det blir rundt 5 timer sol (fra kl. 10-15) på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



Bilde 8 - Sørtribunen 21. oktober kl. 9



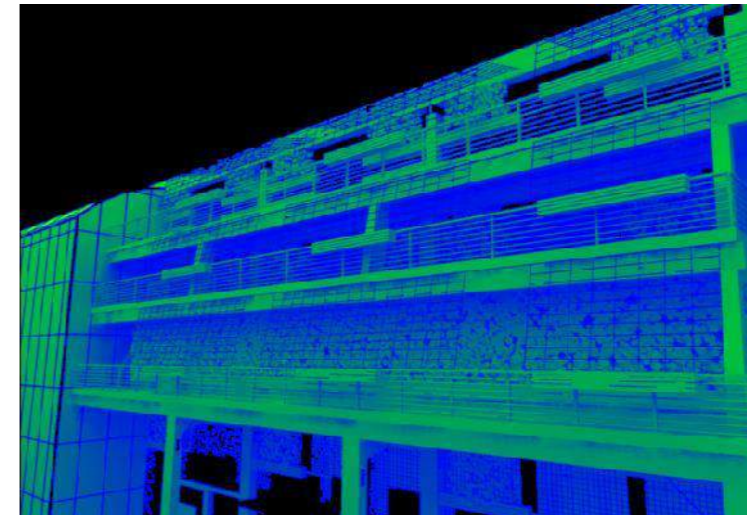
Bilde 9 - Sørtribunen 21. oktober kl. 12



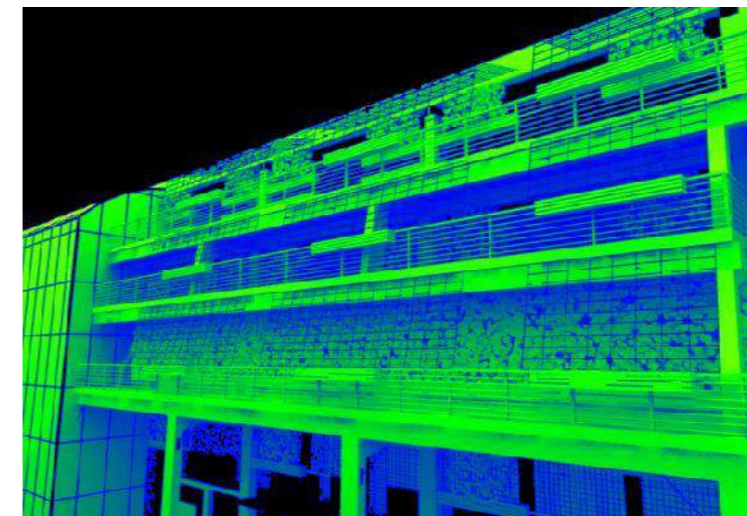
Bilde 10 - Sørtribunen 21. oktober kl. 15.30

Vesttribunen 21. mars (kl. 9, 12 og 15.00)

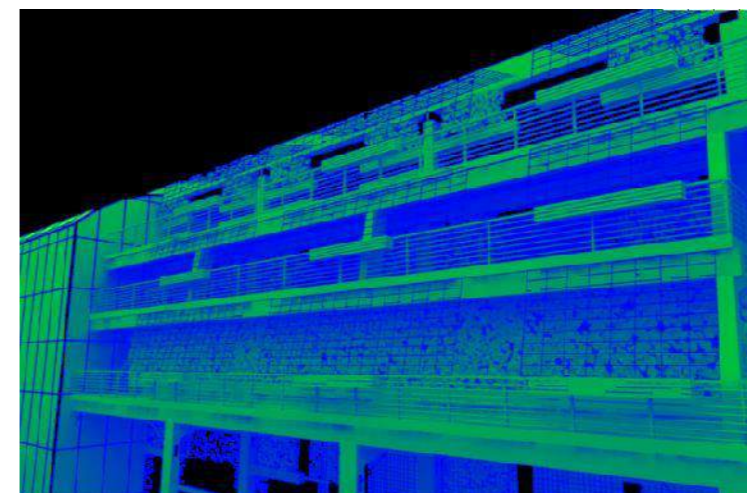
Her ser vi at den midterste svalgangsetasjen ikke kan få soltilgang vertikalt på innsiden, men det skal dyrkes horisontalt på etasjeskiller med plantebokser, og fra kapittel 6.2.4 - side 60, får etasjeskillerne like lite sol. Resten anslås å få rundt 4 timer sol (fra kl. 10-14) sol på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



Bilde 11 - Vesttribunen 21. mars kl. 9



Bilde 12 - Vesttribunen 21. mars kl. 12

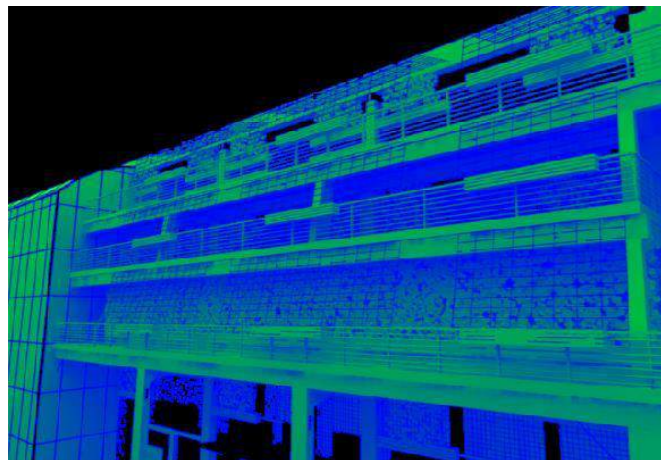
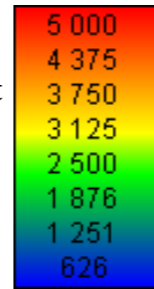


Bilde 13 - Vesttribunen 21. mars kl. 15

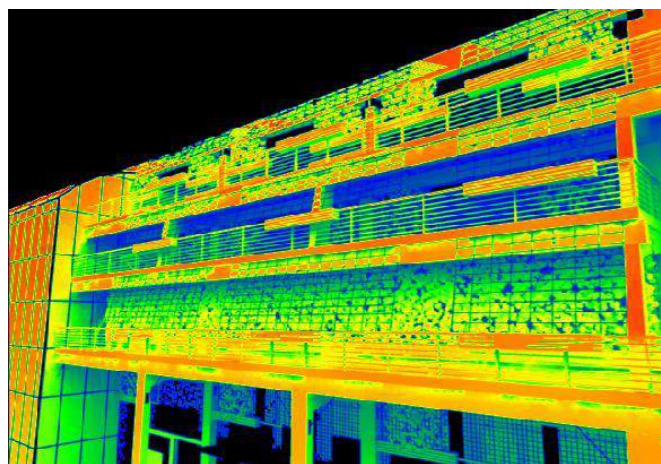
Vedlegg XXX – Overskyet solsimulering av stadion etter endringer

Vesttribunen 21. juni (kl. 5.30, 12 og 18)

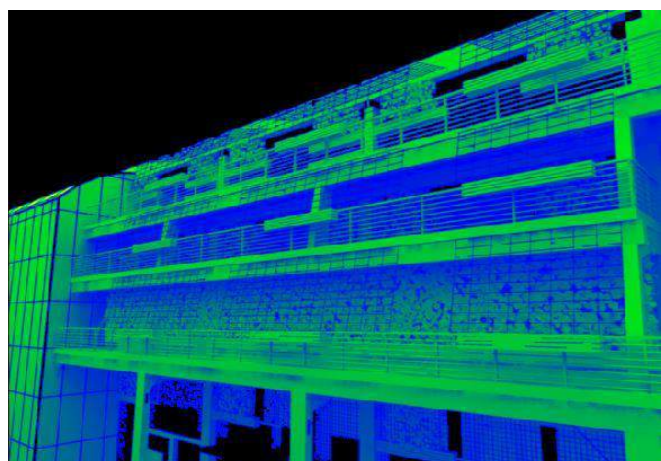
Heller ikke på høysommeren er det noe forskjell på soltilgang på den midterste, svalgangsetasjen. Fra kapittel 6.2.4 - side 60, ser vi alle planløsninger får like lite sol horisontalt på etasjeskilleren, så det er ikke høyden det spiller inn på. Det anslås å få rundt 10 timer (fra kl. 7-17) sol på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



Bilde 15 - Vesttribunen 21. juni kl. 5.30



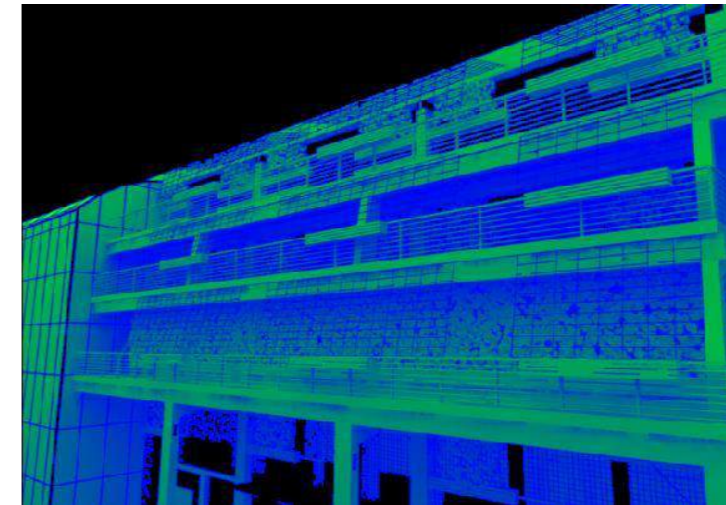
Bilde 15 - Vesttribunen 21. juni kl. 12



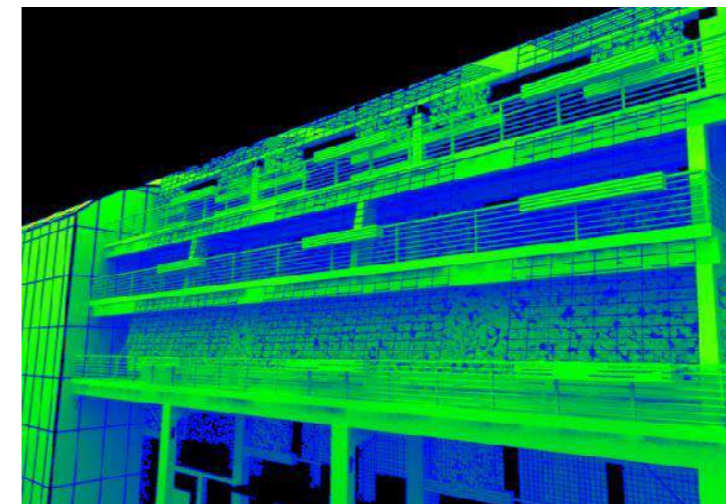
Bilde 16 - Vesttribunen 21. juni kl. 18

Vesttribunen 21. oktober (9, 12 og 15)

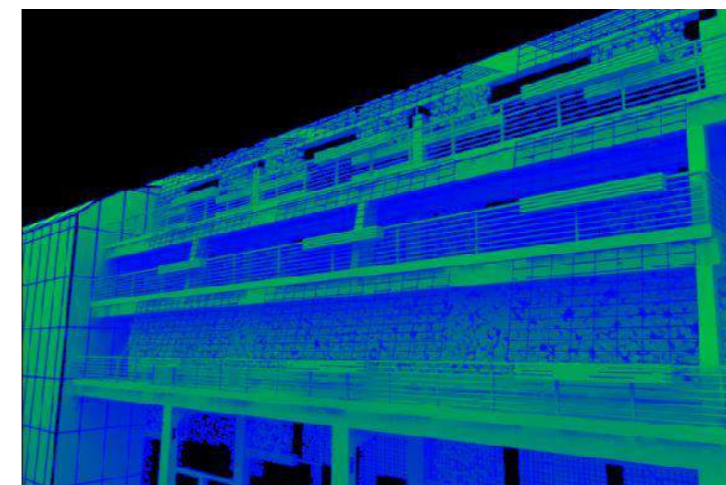
De områdene som får dårligst lys kan anslås å få rundt 4 timer (fra kl. 10-14) sol på de skyggeutsatte stedene like under svalgangsetasje 1 og 3.



Bilde 17 - Vesttribunen 21. oktober kl. 9



Bilde 18 - Vesttribunen 21. oktober kl. 12



Bilde 19 - Vesttribunen 21. oktober kl. 15

Vedlegg XXXI – Beregning av matmengder

Beregning av matmengder

Matmengde plantebokser

Boks 1: $(3,9 \times 1,9) \text{ m} = 7,41 \text{ m}^2$

Boks 2: $(2,9 \times 0,2) \text{ m} = 0,58 \text{ m}^2$

Boks 3: $(1,9 \times 0,2) \text{ m} = 0,38 \text{ m}^2$

Mengde sørtribunen:

Boks 1: $1 \text{ stk.} \times 7,41 \text{ m}^2 = 7,41 \text{ m}^2$

Boks 2: $24 \text{ stk.} \times 0,58 \text{ m}^2 = 13,92 \text{ m}^2$

Boks 3: $4 \text{ stk.} \times 0,38 \text{ m}^2 = 1,52 \text{ m}^2$

Sum = 22,85 m²

Mengde vesttribunen:

Boks 1: $2 \text{ stk.} \times 7,41 \text{ m}^2 = 14,82 \text{ m}^2$

Boks 2: $44 \text{ stk.} \times 0,58 \text{ m}^2 = 25,52 \text{ m}^2$

Boks 3: $4 \text{ stk.} \times 0,38 \text{ m}^2 = 1,52 \text{ m}^2$

Sum = 41,86 m²

Totalt: 22,85 + 41,86 = 64,71 m²

Matmengde planteboksene med svalganger

Mengde sørtribunen:

Boks 1: $1 \text{ stk.} \times 7,41 \text{ m}^2 = 7,41 \text{ m}^2$

Boks 2: $19 \text{ stk.} \times 0,58 \text{ m}^2 = 11,02 \text{ m}^2$

Boks 3: $4 \text{ stk.} \times 0,38 \text{ m}^2 = 1,52 \text{ m}^2$

Sum = 19,95 m²

Mengde vesttribunen:

Boks 1: $2 \text{ stk.} \times 7,41 \text{ m}^2 = 14,82 \text{ m}^2$

Boks 2: $31 \text{ stk.} \times 0,58 \text{ m}^2 = 17,98 \text{ m}^2$

Boks 3: $4 \text{ stk.} \times 0,38 \text{ m}^2 = 1,52 \text{ m}^2$

Sum = 34,32 m²

Totalt: 19,95 + 34,32 = 54,27 m²

Matmengde planteboksene med drivhus på vesttribunen

Mengde sørtribunen: 19,95 m²

Mengde vesttribunen:

Boks 1: 0 stk

Boks 2: $1 \text{ stk} \times 0,38 \text{ m}^2 = 0,38 \text{ m}^2$

Boks 3: $19 \text{ stk} \times 0,58 \text{ m}^2 = 11,02 \text{ m}^2$

Sum = 11,4 m²

Totalt: 19,95 + 11,4 = 31,35 m²

Matmengde i planteveggmodulene

Mengde sør- og vesttribunen:

Største vegg: $145 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vegger} = 290 \text{ m}^2$

Minste vegg: $60,2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vegger} = 120,4 \text{ m}^2$

$\times 2 \text{ tribuner: } 410,4 \text{ m}^2 \times 2 = \textbf{820,8 m}^2 \textbf{ totalt}$

Matmengde i planteveggmodulene med svalganger

Største vegg: $385 \text{ moduler} \times 0,3 \text{ m}^2 \text{ per modul} = 115,5 \text{ m}^2$

Liten vegg: $180 \text{ moduler} \times 0,3 \text{ m}^2 \text{ per modul} = 54 \text{ m}^2$

$115,5 + 54 = 339 \text{ m}^2 \text{ per tribune}$

$\times 2 \text{ tribuner: } 339 \text{ m}^2 \times 2 = \textbf{678 m}^2 \textbf{ totalt}$

Ca. matmengde i parsellhagene på sørtribune (tar hensyn til plassbehov)

Største planteboks: $0,6 \text{ m}^2 \times 7 \text{ stk.} = 4,2 \text{ m}^2$

Minste planteboks: $0,4 \text{ m}^2 \times 7 \text{ stk.} = 2,8 \text{ m}^2$

Totalt: 4,2 + 2,8 m² = 7 m²

Ca. matmengde i parsellhagene på vesttribune (tar hensyn til plassbehov)

Største planteboks: $0,6 \text{ m}^2 \times 11 \text{ stk.} = 6,6 \text{ m}^2$

Minste planteboks: $0,4 \text{ m}^2 \times 14 \text{ stk.} = 5,6 \text{ m}^2$

Totalt: 4,2 + 2,8 m² = 12,2 m²

Matmengde med drivhus på vesttribune

$4 \text{ små tårn} \times 15,64 \text{ m}^2 \text{ matmengde per tårn} = 62,56 \text{ m}^2$

$6 \text{ store tårn} \times 25 \text{ m}^2 \text{ matmengde per tårn} = 150 \text{ m}^2$

Totalt: 62,56 + 150 m² = 212,56 m²



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway