



**Miljø- og
Fødevareministeriet**
Styrelsen for Vand- og
Naturforvaltning

Green Roof 2.0

Afrapportering

Oktober 2016

Redaktion: Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning

Tekst: David Duffus

ISBN: 978-87-7175-603-6

Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning offentliggør rapporter inden for vandteknologi, medfinansieret af Miljø- og Fødevareministeriet. Offentliggørelsen betyder, at Naturstyrelsen finder indholdet af væsentlig betydning for en bredere kreds. Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning deler dog ikke nødvendigvis de synspunkter, der kommer til udtryk i rapporterne.

Indhold

1.	Green Roof 2.0	4
2.	Idéen og løsningen	6
3.	Arbejdspakke 1 - Teknologiscreening	7
4.	Arbejdspakke 2 - Etablering af 3 Konstruktionsmodeller	8
5.	Arbejdspakke 3 – Udvalg af Endelig Konstruktionsmodel	9
6.	Arbejdspakke 4 – Færdigudvikling af Green Roof 2.0 dækelementer	10
7.	Uventede resultater	11

1. Green Roof 2.0

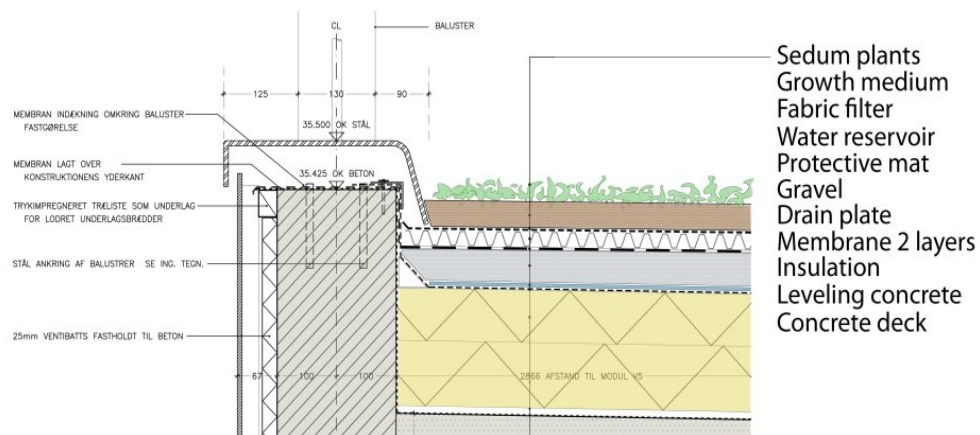
Green Roof 2.0 er et projekt som undersøger, om det er muligt at bygge grønne tage på en måde, som er byggeteknisk mere robust end eksisterende metoder. Projektet tager udgangspunkt i en kritik af nuværende systemer, som dominerer markedet i en sådan grad, at der kan være tale om en monopol lignende situation. Det resulterer i en generel mangel på innovation på området, selv om grønne tage bliver til stadighed mere relevant grundet klimaforandringer og øget nedbør. Danmark ligger i et område i Nordeuropa, som vil opleve 20% mere regnvand ved 2050. Grønne tage bliver påpeget som et redskab til optagelse og forsinkelse af dette øgede regnvand, men er i virkeligheden både for svag byggeteknisk og for dyrt til at kunne blive anvendt i tilstrækkelig grad. Endvidere opsuger grønne tage meget lidt regnvand.

Det, som kendetegner eksisterende grønne tagsystemer, er, at de er opbygget af mange lag som bliver samlet på byggepladsen og som støtter tørkeresistente plantearter som sedum. Denne slags grønne tage betegnes "ekstensive grønne tage", og udgør 80% af grønne tage bygget i Danmark i dag. De mange lag, der monteres på byggepladsen består af sedumplanter, vækstmedie (kunstig jord), filter, vandreservoirer, mekanisk beskyttelse af membranen og et 2-lags membransystem. Alle disse lag er placeret ovenpå isoleringen med indbygget hældning som sidder direkte på et tagdæk, som i Danmark ofte er et beton tagdæk.

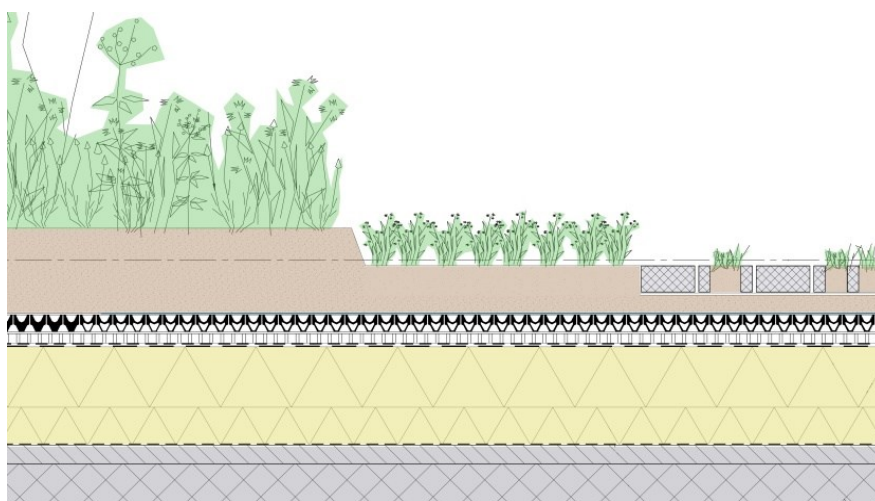
Strategien med at anvende tørkeresistente plantearter er, at tagene er vedligeholdelsesfri så længe uønskede arter ikke kan sætte sig og slå rod i jorden. Fordi sedum og andre succulenter indeholder vand i deres egne blade, er et dybt lag jord ikke nødvendigt, og ukrudt kan derfor ikke overleve en tør periode. Disse grønne tagsystemer er ikke designet til at optage store mængder vand. Faktisk tværtimod.

En anden udfordring med de grønne tagsystemer er at de kræver meget arbejde på byggepladsen, hvilket gør at de er dyre. Endvidere er planterne skrøbelige, så de grønne tage ikke kan tages i brug til rekreative formål. Det største problem er at hele tagflader med grønne tage skal fjernes hvis der kommer hul i membranen. Den risiko er ofte nok til, at en bygherre fravælger grønne tage.

Disse problemer med almindelige grønne tage er adresseret i udviklingen af Green Roof 2.0.



Figur 1 Tværsnit ved en tagkant med en ekstensivt grønt tag ca. årgang 2000

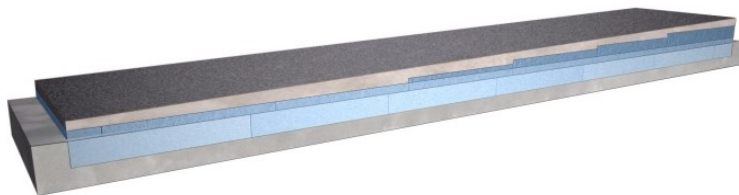


Figur 2 Tværsnit ved en tagkant med en intensivt grønt tag ca. årgang 2010

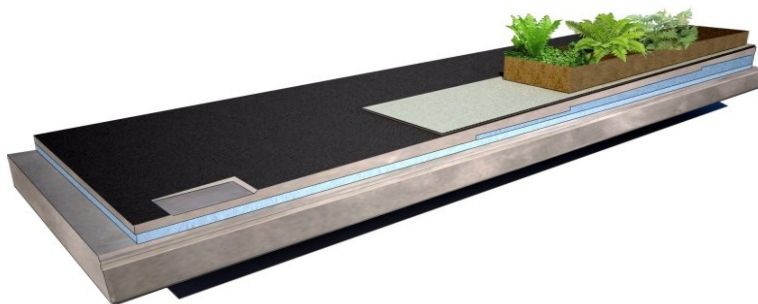
Disse 2 diagrammer viser både de mange lag i opbygning og en manglende innovation i byggeteknik.

2. Idéen og løsningen

Green Roof 2.0 er en innovation i råhuset – det vil sige i husets betonkonstruktion. Green Roof 2.0 er et selv-isoleret betondæk, som i virkeligheden flytter isoleringen ned i betondækkets indre. Når isoleringen er fjernet, kan membranen blive fuldsvejset til betondækkets øverste lag beton. Det betyder, at gennemhulning af membranen er umuligt og tagets tæthed opnår en ny grad af robusthed, som gør tagfladen mere egnede til begrønnelse.



Figur 3 En længdesnit GR2 dækelement



Figur 4 En enkelt GR2 dækelement med drænplade og beplantning

Følgende er en gennemgang af metoden som blev fulgt i udviklingen af Green Roof 2.0.

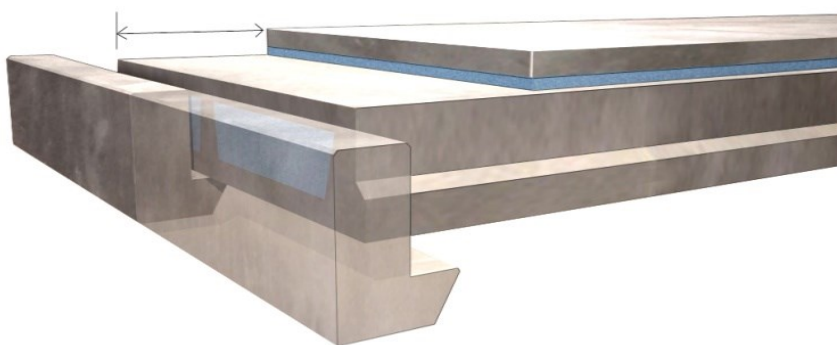
Strukturen af udviklingsarbejde fulgte 4 stadier, udgivet som 4 arbejdsplaner, hver med sin egen formål og resultat.

Stadie	Formål
Arbejdsplan 1	Teknologiscreening Gennemgang af eksisterende materialer og formulering af 14 konstruktionsmodeller
Arbejdsplan 2	Udvælgelse af 3 konstruktionsmodeller og analyse i almindelige bygningsdetaljer
Arbejdsplan 3	Udvælgelse af endelig konstruktionsmodel og design af afvandingsmetode
Arbejdsplan 4	Færdigudvikling af endelig konstruktionsmodel

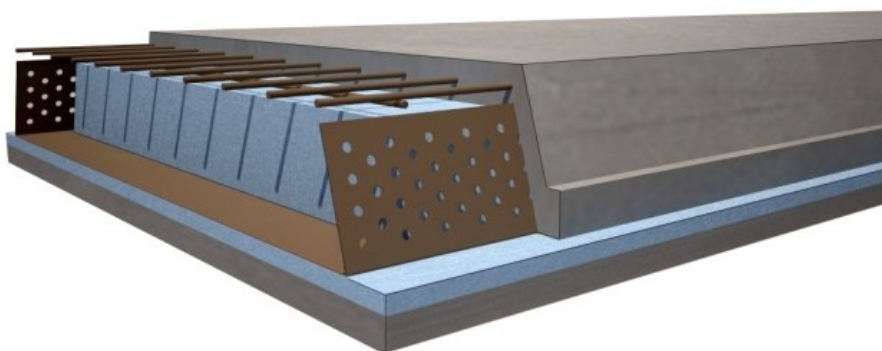
3. Arbejdspakke 1 - Teknologiscreening

Formålet med Arbejdspakke 1 var at gennemgå materialer, især isoleringsmaterialer, som kunne anvendes i et selv-isolerende betondæk. Holdet bag udviklingen af GR2 dæk inkluderede en betonelement leverandør og et tagpapeleverandør, men manglede en isoleringsproducent. Årsagen er, at isoleringstypen har været ukendt på forhånd. Der findes mange slags isoleringer, og der findes en hastig udviklingen på området. Isoleringer har en meget bred vifte af kvaliteter inkl. isoleringsevne (også kendt som lambda værdi), pris, kemisk sammensætning og tilgængelighed i Danmark. Alle isoleringsmaterialer har både positive og negative kvaliteter mht. bæredygtighed.

Udover materialer har Arbejdspakke 1 været brugt til at formulere diverse konstruktionsmodeller til analyse af mulige udformninger af et Green Roof 2.0 dæk. Professorer fra DTU Byg har assisterede i at analysere disse modeller for deres egnethed, især mht. bærevne, produktionsteknik og pris.



Figur 5 Detalje af konstruktionsmodel 7



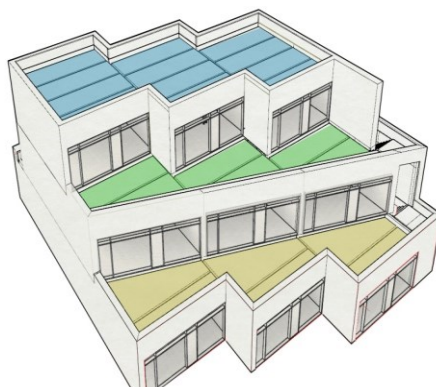
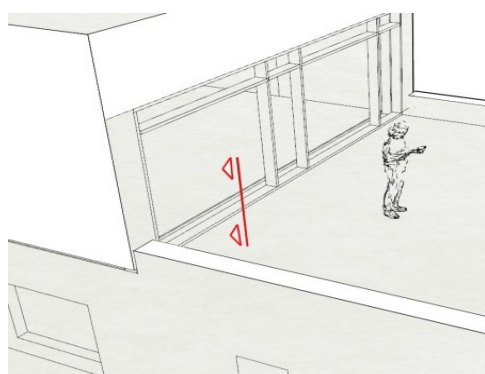
Figur 6 Detalje af konstruktionsmodel 10

4. Arbejdspakke 2 - Etablering af 3 konstruktionsmodeller

For at nå frem til en endelig konstruktionsmodel er der udført en eliminationproces. Tre af de 14 ovennævnte konstruktionsmodeller er her blev udvalgt til at gå videre til en analyse. De tre udvalgte modeller (fra Arbejdspakke 1, model 3, model 7, og model 11) har haft hver deres egen princip mht. bæring: Model 3) er en dækttype, hvor dækkets øverste betonflade er anvendt som den bærende; Model 7) er en dækttype, hvor dækkets nederste betonflade er anvendt som den bærende; Model 11) er en dækttype hvor begge betonflader – top og bund – er anvendt i en kompositløsning. De nye konstruktionsmodeller er blevet omdøbt til model 15, 16, og 17.

Disse tre dækttyper har efterfølgende været analyseret for deres evne til integration i almindelige bygnings detaljering. De to vigtigste parametre har været isoleringsevne, især evnen til at forhindre kuldebro, og opbygningshøjde.

Alle 3 dækttyper har også været analyseret fra et ingeniørmæssigt perspektiv mht. deres bærevne og stivhed af betonelement leverandør af partner i projektet, CRH Concrete.

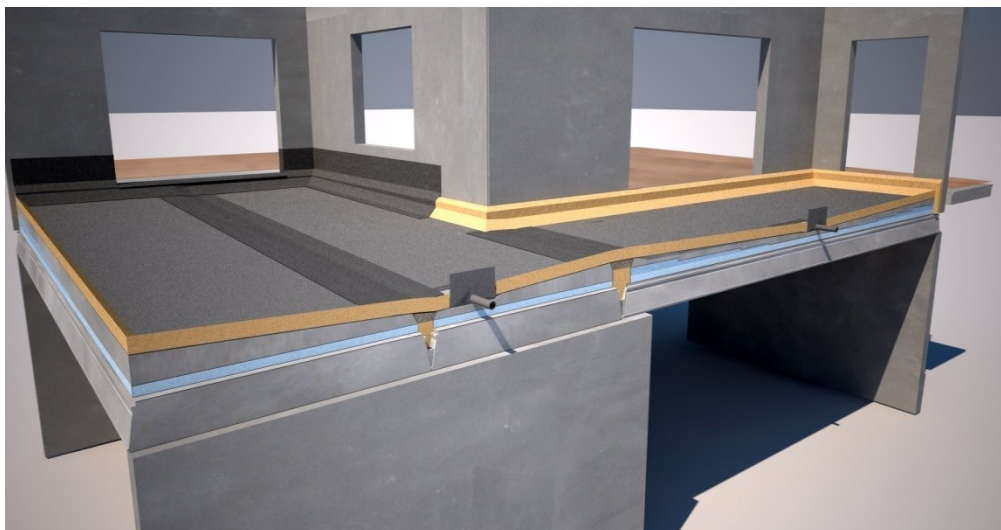


Figur 7 Analyse af GR2 dæks integration med almindelig byggeri

5. Arbejdspakke 3 – Udvalg af Endelig Konstruktionsmodel

Model 15 har været udvalgt til den endelige konstruktionsmodel. Den tredje arbejdsopgave havde til formål at designe et totalsystem, som kan anvendes til tag eller terrasse - områder som består af flere dækelementer. For at kunne opfylde kravene til sådan et sammenhængende område skal der detaljeres for: 1- et drænsystem, 2- udformning af toppladen, og 3- en metode at lægge dækkene sammen, både konstruktivt og som klimaskærm.

Diverse terrasseformer har været udformet for at illustrere systemets universalitet – dvs. på hvilke måder GR2 dæk kan sammensættes til diverse arkitektoniske former. Ved at variere udformning af dækkets betontop-plader, kan vand føres til tagbrønde for at dræne tagene. Tagpapbranchens Oplysningsråd har en række af anbefalinger til byggeriet i Danmark og disse anbefalinger er fulgt.



Figur 8 Diagrammet viser en sammensætning af dækelementer

6. Arbejdspakke 4 – Færdigudvikling af Green Roof 2.0 dækelementer

Detaljerne for GR2 er her blevet raffineret både mht. samlingsdetaljer og isoleringsevne, samt fabrikationsproces. Til sidst er der blevet udført 2 prototypetøbninger, som er blevet fuldsvejset med tagpap af tagpapproducenten og partner i projektet, Icopal.

Under hele forløbet designet af Green Roof 2.0 har der været spekuleret over støbeprocessen af dækelementerne. Det er meget vigtigt, at produktion kan passe ind i et betonstøberis daglige rytme. Produktion af prototyperne har været kritisk for at opnå en viden om metoden og for at videreudvikle produktionsteknik.



Figur 9 Fuldsvejsning af tagpap til betonpladen med forsinking til tagbrønde

7. Uventede resultater

Undervejs i udviklingen af GR2 er der blevet samarbejdet med flere relevante parter i byggebranchen. En af de mest spændende og uventede resultater, der har vist sig på denne baggrund er, at GR2 også kan anvendes til almindelige tage uden jord og planter. Årsagen hertil er, at byggetiden kan blive væsentlig reduceret, fordi dækelementerne afleveres til byggepladsen med både isolering og membran integreret i et enkelt produkt. Det kan betyde, at et enkelt tagområde kan blive lukket for vejret i løbet af en enkelt dag. Det er noget, som entreprenører i Danmark gerne vil kunne opnå.

Opbygningshøjden er også reduceret væsentligt ift. eksisterende løsninger. Det kan betyde, at tilgængelighed for gangbesværede kan forbedres, hvis GR2-dæk anvendes i f.eks. boligbyggeri.

Isoleringskrav til byggeriet er blevet skærpet i løbet af de sidste 20 år, og fremtidige udgaver af bygningsreglementet kan indeholde endnu flere skærper. Green Roof 2.0 kan hurtigt justeres til en højere isoleringsevne, som er påpeget i Arbejdspakke 4.

Der skal næsten ingen tilskæring af isolering på byggepladsen, fordi dækelementerne indeholder isolering. Det vil reducere spild af disse materialer væsentligt på byggepladsen.

Green Roof 2.0 dæk kan boltes sammen i stedet for at bliver støbt sammen. Det skyldes en konstruktionssamlingsdetalje under overfladen på den "rigtige" side af isoleringen. Denne detalje har to konsekvenser:

- 1- Som nævnt foroven er tagområder hurtigere lukket, og
- 2- GR2 dæk kan være udviklet til en Vugge-til-Vugge (Cradle to Cradle) bygnings-element, som kan genanvendes. Det skyldes, at elementerne ikke skal destrueres, når et hus skal erstattes, men kan blive afmonteret stykvis.

