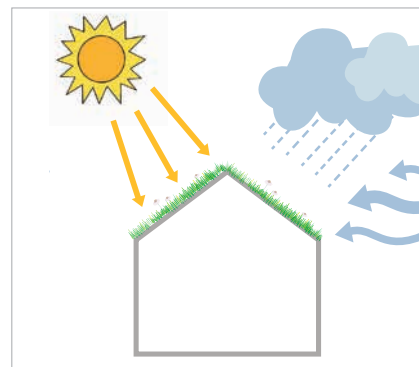
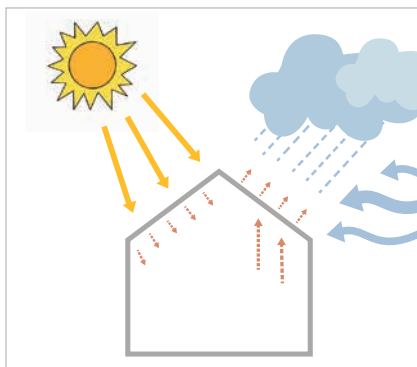




Grønne tages termiske egenskaber

Grønne tage har nogle termiske egenskaber, der potentielt kan reducere energiforbruget i den underliggende bygning ved at køle om sommeren og »lune« om vinteren. Kølemekanismen synes at være bedre end »lune-mekanismen«. Effekten afhænger både af designet af det specifikke grønne tag, men også af en række forhold så som lokale klimatiske forhold og bygningens eksisterende isoleringsgrad.



Figur 1. Grønne tage kan køle i varme perioder og lune i kolde.

Sammenlignet med et almindeligt tag, f.eks. et skifer-, tagpap- eller tegltag, kan grønne tage reducere varmetrømmen gennem taget. Det gælder både varmetilførsel om sommeren og varmetab om vinteren.

Køle om sommeren

Kølingen om sommeren sker primært via planternes fordampning, men også skyggeeffekt, refleksion (albedo) samt opbygningens isolerende virkning og termiske masse spiller ind. Det er veldoku-

menteret, at temperaturen på overfladen af et grønt tag og på tagmembranen under et grønt tag om sommeren er markant lavere og mindre svingende end overfladen på et almindeligt tag (figur 1). Det betyder, at temperaturforskellen mellem tagets inder- og yderside mindskes og jo mindre denne temperaturforskel er, des mindre varme tilføres der bygningen.

Lune om vinteren

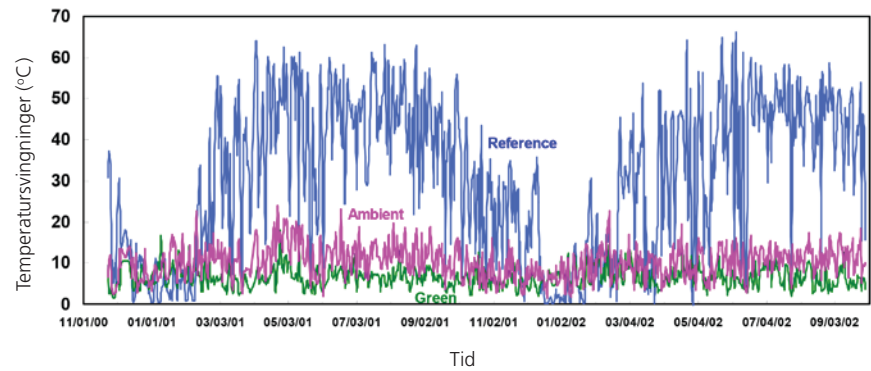
Reduktion i bygningens varmetab i

vinterhalvåret skyldes det grønne tags isolerende virkning og opbygningens temperaturstabiliserende termiske masse. Effekten i kolde perioder er ikke lige så veldokumenteret som i varme perioder. De undersøgelser, der findes, peger på, at temperaturforskellen mellem et grønt og et ikke grønt tag ikke er så markant i kolde perioder som i varme. Generelt er temperaturen på tagmembranen under det grønne tag mere stabil og lidt højere i forhold til et almindeligt tag (figur 2).

På Færøerne er græstage et traditionelt anvendt bygningselement, bl.a. på grund af gode isolerende egenskaber. Her byen Saksun.



FOTO: ERIK CHRISTENSEN



Figur 2. Grafen viser temperatursvingninger på tagmembranen på et (lysegråt) reference tag (blå linie), et grønt tag (grøn linje) samt luftens temperatur (lilla linje). Grafen viser, hvordan det grønne tag reducerer de daglige temperatursvingninger på tagmembranen markant. Måleperiode, 22. nov. 2000-30. sept. 2002, Canada.

Under visse forhold kan grønne tage dog give et større varmetab end et almindeligt tag. På f.eks. klare, solrige dage om vinteren, kan vegetationen have en kølende effekt via fordampning og skyggeeffekt. Og dage med frossen vand i opbygningen kan give øget varmetab, da is har en højere varmeledningsevne end luft. Men der synes at være enighed om, at varmetabet samlet set mindskes i vinterhalvåret med et grønt tag i forhold til et ikke grønt tag.

Optimering af effekten

Gennem design kan den termiske effekt optimeres på forskellig vis. Den kølende effekt kan optimeres ved at sikre en høj grad af fordampning. Dette forudsætter først og fremmest, at det grønne tag er vel-forsynet med vand. Derudover betyder øget plantetæthed og valg af planter med høj fordampningsrate, f.eks. græsser, større køling.

Den isolerende effekt kan optimeres ved at øge opbygningens tykkelse samt ved at vælge materialer med en lav varmeledningsevne – typisk porøse materialer med mange hulrum. Opbygningens isolerende effekt skyldes primært stillestående lufts isolerende virkning. Luft isolerer bedre end vand, så et vandmættet tag isolerer dårligere end et tørt tag. Men et velvandet tag er fordelagtigt i forhold til den kølende fordampning, og fordelene ved høj fordampning overgår i varme perioder betydningen af den øgede varmeledningsevne.

Hvor stor den isolerende effekt er for den underliggende bygning som helhed afhænger også af bygningens geometri. Effekten for bygningen er samlet set størst for en lav og flad bygning frem for en høj og tynd, da den kølende effekt primært mærkes i en bygnings øverste etage. Men den potentielle energireduktion afhænger i høj grad af det underliggende tags eksisterende isoleringsgrad og lokale klimatiske forhold.

Isoleret eller ikke isoleret?

På et i forvejen velisoleret tag vil

selv et tykt grønt tag med en høj fordampningsrate ikke have den store effekt for hverken køling om sommeren eller reduktion af varmetab om vinteren. For et dårligt eller ikke isoleret tag kan der være en stor gevinst at hente. Undersøgelser af ikke isolerede tage viser nogle imponerende resultater. Et grønt tag i Californien kunne f.eks. reducere temperaturen indendørs med 3-4 grader i varme måneder, og undersøgelser fra Athen viser en årlig energireduktion på op til 48% for ikke isolerede tage (U-værdi op til 1.99).

I Danmark er kravene til isolering ved nybyggeri og ombygning høje. For en tagkonstruktion kræves en U-værdi på $= 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, som svarer til ca. 250 til 300 mm isolering. Undersøgelser viser, at hvis man som udgangspunkt har et isoleringslag på blot 5-10 cm udlignes effekten af det grønne tag næsten.

Potentiale i en dansk kontekst

De grønne tages termiske egenskaber synes at have størst potentiale i et varmt og tørt klima med en dårligt isoleret bygningsmasse. Her opvarmes tagfladerne til meget høje temperaturer, der er mulighed for en høj fordampningsrate, og her er der typisk et stort energiforbrug til aircondition.

Bygningsmassen i Danmark er velisoleret, og potentialet i forhold til energibesparelser og isolering i vin-

terhalvåret synes at være marginalt. I de varme måneder om sommeren kan der dog være et potentiale. I dag bruges der ikke megen energi på nedkøling af bygninger i Danmark, men med forventninger om et varmere klima i fremtiden kan behovet fremadrettet blive større. Grønne tage kan medvirke til at skabe et mere behageligt indeklima og arbejdsmiljø (særligt i store og flade bygninger) i varme perioder og kan dermed modvirke behovet for etablering af aircondition anlæg.

U-værdi

En bygningsdels isoleringsværdi angives med U-værdien ($\text{W/m}^2\text{K}$). U-værdi er et udtryk for, hvor meget varme der trænger ud igennem 1 m^2 af konstruktionen ved en temperaturforskel på 1 grad af den udvendige og indvendige side af konstruktionsdelen. Jo lavere U-værdi desto bedre isolerer konstruktionen.

Lotte Fjendbo Møller og Marina B. Jensen

Kilder

Liu & Baskaran, 2002: Thermal performance of green roofs through field evaluation.

Castleton m.fl. 2010: Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit.

D'Orazio, 2012: Green roof yearly performance: A case study in a highly insulated building under temperate climate.

Jaffal m.fl. 2012: A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance.