



ETT TAK - FEM MÖJLIGHETER

Marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster

ViableCitiesTM
Smart, sustainable and attractive.
2020 | 3

future
position | 
60°40'17" North
17°06'29" East

ETT TAK - FEM MÖJLIGHETER

Marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster

Författare

Agneta Persson, Julia Wahtra och Rebecka Persson, Anthesis Enveco AB, Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, samt Åsa Eriksson, Ekologigruppen

Future Position X

2020-09-30

Rapport 2020:3

www.fpx.se

Viable Cities

ISBN: 978-91-7899-010-8

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	4
1. Inledning.....	7
2. Metod.....	9
3. Ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar.....	10
4. Ekosystemtjänster för gröna tak.....	10
5. De fem koncepttaken	16
6. Drivkrafter och hinder för en marknadsdriven utveckling av gröna tak.....	36
7. Samhällsekonomisk värdering av ekosystemtjänster.....	38
8. Fastighetsekonomiska aspekter	45
9. Case - Samhällsekonomiska nyttor på en fastighet i Uppsala.....	48
10. Digitaliseringsmöjligheter	51
11. Analys	54
12. Slutsatser och rekommendationer	62
Referenser	63
Bilagor.....	67
Bilaga 1 - Vattentaket.....	67
Bilaga 2 - Odlingstaket	68
Bilaga 3 - Energitaket	69
Bilaga 4 - Biologisk mångfaldstaket.....	70
Bilaga 5 - Rekreationstaket	71

SAMMANFATTNING

Forskning visar att förutsättningarna för många ekosystemtjänster har försämrats radikalt. Detta trots att det finns stora vinster, för såväl fastighetsägare som samhället i stort, med att stärka tillhandahållandet av ekosystemtjänster. Det finns ett relativt stort engagemang från myndigheters och kommuners sida när det gäller arbete för att stärka och bevara ekosystemtjänster, men gällande implementering finns det mycket kvar att göra. Exempelvis är kravställningarna inte harmoniserade och saknar "botten upp-perspektiv" där fastighetsägare kan se sig som naturliga aktörer. Denna förstudie har genomförts för att skapa bättre förutsättningar för en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster i fastighetsbranschen.

I studien har ett konkret fastighetsperspektiv kopplats till åtgärder för ekosystemtjänster. I arbetet har följande fem typer av koncepttak för främjande av ekosystemtjänster utvecklats:

- Vattentaket
- Odlingstaket
- Energitaket
- Biologisk mångfaldstaket
- Rekreationstaket

För vart och ett av dessa fem koncepttak har en analys genomförts avseende tillhandahållandet av ekosystemtjänster, drivkrafter och hinder för fastighetsägare samt vilka ekologiska och ekonomiska bidrag taken kan ge. Den ekonomiska analysen har fokuserat på såväl ekosystemtjänsternas samhällsekonomiska bidrag som deras inverkan på fastighetsekonomiska aspekter

Analysen av ekosystemtjänsternas samhällsekonomiska bidrag genomfördes med hjälp av en bred litteraturgenomgång av tidigare studier på området. Såväl publicerat material som information från företag och branschorganisationer undersöktes. Litteraturgenomgången resulterade i en kartläggning av befintliga skattningar och schablonvärden som kan användas för att värdera samhällsnyttan från ekosystemtjänster i ekonomiska termer, både för de fem koncepttaken, men också i andra analyser av ekosystemtjänster på gröna tak.

Utöver detta har en fallstudie för kvarteret Siv i centrala Uppsala genomförts. Här ska en ny byggnad med en kombination av kontor och hotell byggas, och ett förslag på grönt tak baserat på de fem koncepttak som har utvecklats inom projektet har arbetats fram. För att visa på värdet av den nytta som takets ekosystemtjänster väntas generera har resultaten från litteraturgenomgången använts. Nyttorna relaterar bl.a. till undvikta kostnader från föroreningar i dagvatten, minskade kostnader för klimatkyla för lokaler och ökat välbefinnande för människor genom socialt umgänge och "stadsgrönt". Resultaten visar att lågt skattat ligger ekosystemtjänsternas samhällsekonomiska värde för denna fallstudie i intervallet 1,5 - 6,5 miljoner kronor per år (inklusive ett engångsbelopp på upp till 0,5 miljoner kronor). Anledningen till att värdet är lågt skattat är att många ekosystemtjänster inte helt eller delvis har kunnat värderas i ekonomiska termer.

Den fastighetsekonomiska analysen genomfördes baserat på intervjuer med aktörer i bygg- och fastighetsbranschen. Fokus för analysen var att undersöka hur anläggning av gröna tak i allmänhet, men för de fem koncepttaken i synnerhet, påverkar fastighetsekonomiska aspekter såsom byggkalkyler, projektering och finansiell avkastning. En central slutsats i analysen är att det är viktigt att planera för gröna tak tidigt i byggprocessen samt att inkludera den kunskap som behövs. Gröna tak kräver i regel multidisciplinära arbetsteam

som kombinerar kompetenser inom konstruktion, arkitektur, landskapsarkitektur, biologi, fastighetsekonomi m.m. Med en tidig planering kan de merkostnader som är förknippade med gröna tak minskas eller helt elimineras.

En annan viktig slutsats från detta projekt är att investerings- och underhållskostnaderna varierar mycket beroende på vilken typ av grönt tak som anläggs. För vattentaket som har ett tjockt substratlager och inslag av dammar krävs t.ex. en kraftigare byggnadskonstruktion för att klara de ökade lasterna, medan andra typer av tak inte har detta krav. På motsvarande sätt innebär tillgängliga tak ökade kostnader för underhåll och säkerhetsanordningar såsom räcken, medan icke-tillgängliga tak inte medför denna kostnad. Vid beslut om vilken typ av grönt tak som ska anläggas bör inte bara kostnader utan även respektive taks bidrag till fastighetsekonomisk lönsamhet vägas in, t.ex. uppfyllande av krav på dagvattenfördröjning, attraktivare kontorslokaler eller lägenheter med möjlighet att ta ut högre hyra samt marknadsföringsmässiga värden. Många gröna tak innebär s.k. delade incitament ("split incentives"), dvs. de genererar nytta för såväl den enskilda fastighetsägaren som samhället i stort. Detta bör ses som ett ytterligare argument för att anlägga gröna tak, snarare än ett hinder. Genom att flera fastighetsägare samplanerar sina tak kan även synergieffekter skapas där nyttorna "spiller över" fastighetsägarna emellan, och de resulterande ekosystemtjänster ökar mer än proportionellt mot arean om flera gröna tak anläggs inom samma område.

Beroende på varje enskild byggnads förutsättningar och fastighetsägarens vision finns ett eller flera optimala gröna tak med tillhörande ekosystemtjänster. Det behövs emellertid mer kunskap och verktyg för att öka etableringstakten och skapa en marknadsdriven utveckling av gröna tak. Baserat på de analyser som har gjorts i detta projekt ges flera rekommendationer som ska kunna bidra till att åstadkomma en sådan utveckling. För att öka kunskapen på området rekommenderas ett forum där fastighetsägare och andra relevanta aktörer kan dela med sig av sina kunskaper om planering och anläggning av gröna tak, t.ex. organiserat genom en offentlig aktör. Detta skulle även bidra till ökad samplanering och möjligheter för att skapa synergieffekter. Genom att arbeta vidare med att undersöka hyresgästers preferenser för de ekosystemtjänster som gröna tak tillhandahåller samt att bygga upp kunskap kring dess samhälls- och fastighetsekonomiska värde möjliggörs även för att inkludera värdet av ekosystemtjänster i planering och kalkyler.

Ökad kunskap om vilken typ av värden som genereras med gröna tak kan också skapas med olika former av visualisering. En fördel med en visuell modell är att den även kan tydliggöra sådana värden som inte kan beräknas eller redovisas i monetära termer. I detta projekt har två olika visualiseringsmodeller exemplifierats, en enklare variant i form så kallade "spindeldiagram" i Excel och en mer avancerad modell med hjälp av verktyget Tableau. Det förslag till grönt tak som inom projektet har arbetats fram för byggnaden i kvarteret Siv i Uppsala har "omvandlats" till en interaktiv Tableau-illustration där takets olika element och objekt går att klicka på för att få ytterligare information om dessa. Information om de ekosystemtjänster som levereras på de olika delarna av taket fås också genom att klicka på informations-ikonerna på respektive takyta.

Digitalisering av information om vilka värden som kan skapas med gröna tak kan underlätta för fastighetsägare att både planera för gröna tak och att göra fastighetsekonomiska och samhällsekonomiska uppskattningar av effekten av att anlägga gröna tak. Digitala verktyg för att synliggöra vilka tak som skulle kunna ha särskilt stor nytta att göras gröna skulle också kunna vara användbara för kommuner och länsstyrelser, exempelvis för att visa var viktiga grönstrukturer och spridningskorridorer finns eller saknas, eller hur mycket gröna tak kan bidra med ekosystemtjänster.

För att förenkla för fastighetsägare att arbeta med planering av gröna tak och ekosystemtjänster rekommenderas att ett digitaliserat "checklistverktyg" tas fram.

Verktøget ska kunna användas av fastighetsägare som själv ska kunna laborera med olika typer av gröna tak. Genom att i ett sådant verktyg kunna kombinera olika "byggklossar", dvs. koncepttak med olika element, skulle enskilda fastighetsägare kunna se vilka ekosystemtjänster som kan levereras samt vad de fastighetsekonomiska effekterna skulle bli för deras byggnader. Det underlag som har tagits fram inom detta projekt, fem olika koncepttak, analys av bidrag till ekosystemtjänster och fastighetsekonomi och visualiseringsmöjligheter, kan utgöra en startpunkt för utvecklingen av ett sådant digitalt verktyg eller komplement till något redan befintligt verktyg.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Gröna tak, vegetationstak, sedumtak, grästak eller naturtak som de även kallas, är en möjlighet för fastighetsägare att arbeta med miljönytta och fastighetsekonomi, men fastighetsägarnas drivkrafter och hinder när det gäller att bidra till ekosystemtjänsters bevarande och utveckling har inte varit tillräckligt analyserade. Genom att göra en multidisciplinär analys av ekosystemtjänster, samhällsekonomi och fastighetsekonomi kan fastighetsägarnas hinder och drivkrafter avseende ekosystemtjänster identifieras och vägar för en marknadsdriven utveckling tas fram. En sådan analys kan i förlängningen också bidra till en ökad kunskap och ett ökat medborgarengagemang med avseende på ekosystemtjänster genom en interaktion mellan fastighetsägarna och deras hyresgäster.

I denna förstudie kopplas ett konkret fastighetsperspektiv till åtgärder för ekosystemtjänster. I projektet analyserades hur fem olika typer av ekosystemtjänståtgärder kan bidra ekonomiskt och ekologiskt i ett faktiskt utvecklingsprojekt i Uppsala, där byggherren Mässing Properties vill etablera "någonting grönt" på taket till en av sina byggnader. Analysen av Mässing Properties byggnad har, såväl generellt som mer specifikt, legat till grund de för rekommendationer som ges till andra fastighetsägare i föreliggande rapport.

1.2 Mål och syfte

Syftet med projektet har varit att kartlägga drivkrafter och hinder för fastighetsägare (i första hand små och medelstora) avseende åtgärder för att stärka och bevara ekosystemtjänster genom att investera i "gröna tak". Projektets syfte har också att analysera vilka de samhällsekonomiska effekterna blir av gröna tak, detta inkluderar också finansiella (dvs. företagsekonomiska) effekter. Vidare har projektet haft till syfte att analysera hur investeringar i "gröna tak" kan påverka byggkalkyler och fastighetsekonomisk avkastning.

Utöver detta har målet varit att identifiera åtgärder för att stärka och stimulera intresset inom fastighetsbranschen, och resultatet av förstudien syftar till att kunna utgöra grunden för en uppskalning av branschens investeringar för att stärka och bibehålla ekosystemtjänster.

Målet har också varit att bidra med kunskap som i ett fortsatt arbete ska kunna utgöra underlag för en digital utveckling av verktyg och åtgärdsval. Syftet är att ett sådant verktyg ska stimulera en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster. I förlängningen ska projektet bidra till en ökad kunskap och ett ökat medborgarengagemang med avseende på ekosystemtjänster.

1.3 Frågeställning

För att kunna skapa en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster krävs en analys av fastighetsägarnas hinder och drivkrafter. I denna studie har fokus legat på att stimulera fastighetsägare till att investera i gröna tak för att på så sätt stärka och bibehålla ekosystemtjänster. Bland de frågor som då är viktiga att genomlysas ut ett fastighetsägarperspektiv är:

- Vilka synergieffekter finns och vilka målkonflikter uppstår med gröna tak?
- Hur påverkar gröna tak t.ex. byggnadstekniska krav på brandsäkerhet och möjligheterna till lokal produktion av el?

1.4 Arbetsgrupp

Projektet *Ett tak fem möjligheter - marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster* har genomförts i samverkan mellan Future Position X (projektägare), Högskolan i Gävle, Gavlefastigheter AB, Mässing Properties AB, Anthesis Enveco AB och Ekologigruppen AB. Projektet är delfinansierat av Viable Cities.

Denna rapport har skrivits av Agneta Persson (Anthesis), Julia Wahtra (Anthesis), Marita Wallhagen (Högskolan i Gävle), Åsa Eriksson (Ekologigruppen) och Rebecka Persson (Anthesis). Bidrag till texter har även lämnats av Nils Ryrholm (Högskolan i Gävle), Sandra Gradin (Anthesis) och Sanna Börjeson (Anthesis).

Henrik Dahl, FPX, har varit projektledare och han har biträttats i projektledningen av Agneta Persson (Anthesis). I projektgruppen har även Fredrik Mässing (Mässing Properties), Emma Björkenstam (Gavlefastigheter), Anna-Lena Wennerberg (Gavlefastigheter), Henrik Mazzanti (FPX), Magnus Engström (FPX) och Emelie Eklöf (FPX) medverkat.

2. METOD

Projektet har genomförts genom att samla kompetens och erfarenheter från fastighetsägare, ekologer, landskapsarkitekter, arkitekter, miljöekonomer och civilingenjörer. Arbetsprocessen har varit indelad i fyra olika arbetspaket med varsina fokusområden.

Arbetspaket 1 (AP1) fokuserade på inventering av olika typer av gröna tak, deras respektive hinder och drivkrafter, aktuella ekosystemtjänster, samt vilka koncept som är relevanta för projektet och exempelfastigheten i Uppsala.

I den inledande fasen av projektets arbetspaket 1 (AP1) gjordes en omvärldsanalys för att undersöka vilka befintliga rekommendationer och krav som finns för att anlägga gröna tak. I analysen studerades litteratur rörande konstruktion, växtval och skötsel, men också fastighetsekonomiska aspekter samt hinder och drivkrafter m.m. Valet av de fem koncepten gjordes i en gemensam workshop där alla projektets aktörer medverkade. Resultaten från omvärldsanalysen utgjorde ett viktigt underlag för workshopen. AP1 innefattade även en omvärldsbevakning av ekosystemtjänster ur ett fastighetsperspektiv. Syftet med denna omvärldsbevakning var att skapa underlag för att i ett kommande steg kunna vidareutveckla analysens resultat till ett digitalt verktyg. Här undersöktes bl.a. Gävles 4D-modell för att se hur modellens datasjö skulle kunna utnyttjas.

Arbetspaket 2 (AP2) har innefattat analys av de fem koncepttaken ur ett multidisciplinärt perspektiv. För att skapa en marknadsdriven utveckling av gröna tak har projektet fokuserat på samhällsekonomiska, inklusive fastighetsekonomiska, effekter av att anlägga gröna tak som levererar ekosystemtjänster. AP2 har även innehållit erfarenhetsutbyte mellan aktörerna. Den multidisciplinära analysen har sedan applicerats på de fem framtagna takkoncepten för referensbyggnaden. De resulterande slutsatserna används som rekommendationer för att driva utvecklingen av gröna tak framåt.

Arbetspaket 3 (AP3) har fokuserat på och arbetat med kunskapspridning. De involverade aktörerna har genom sina nätverk och plattformar arbetat med seminarier, webinarier och artiklar om rapportens resultat. Syftet med att sprida kunskapen utanför arbetsgruppen har varit att skapa en ökad kunskap om gröna tak och att driva på mot en marknadsdriven utvecklingen av gröna tak.

Arbetspaket 4 (AP4) har omfattat projektledning, projektadministration och koordinering mellan projektets aktörer.

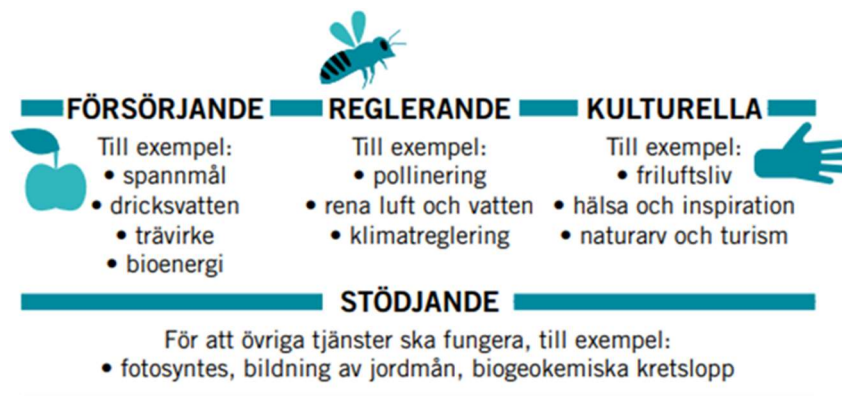
2.1 Avgränsningar

Förstudien fokuserar främst på nya byggnader och byggnader som står inför en större ombyggnad eller takreovering. Befintliga byggnader omfattas alltså inte av förstudien. De fem koncepten för gröna tak som har analyserats följer vissa parametrar, vilka beskrivs närmare under respektive kapitel. En tydlig avgränsning i koncepten har gjorts för att kunna skilja dem åt. En analys av kombinerade värden för de olika koncepten har tagits fram separat från den initiala konceptindelningen.

Det finns flera olika kategoriseringar och indelningar av ekosystemtjänster, bl.a. från Naturvårdsverket och Boverket. Gemensamt för de flesta kategoriseringarna är att de är framtagna för en stadsbyggnadsskala och inte för enskilda kvarter eller byggnader, vilket är skalan för det här projektet. Indelningssystemens brist på skalanpassning har försvårat appliceringen av ekosystemtjänster i projektets multidisciplinära analys. För att möjliggöra ett konsekvent och enhetligt arbete med ekosystemtjänster och begrepp har Boverkets övergripande indelning av ekosystemtjänster använts i detta projekt.

3. EKOSYSTEMTJÄNSTER OCH NATURBASERADE LÖSNINGAR

Ekosystemtjänster - Ekosystemtjänster kan definieras som ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande (TEEB, 2010). De genererar både nyttor och värden, vilka bidrar till vår välfärd och livskvalitet. I den byggda miljön kan det handla om ekosystemens förmåga att rena luft, reglera lokala temperaturer, ta hand om dagvatten och erbjuda rekreativa och hälsosamma miljöer. Beroende på hur ekosystemtjänsterna bidrar till människors välbefinnande delas de vanligen in i grupperna stödjande, reglerande, försörjande och kulturella ekosystemtjänster (se Figur 1). Exempel på nyttor från försörjande ekosystemtjänster är vatten, livsmedel och bioenergi. De reglerande ekosystemtjänsterna bidrar till människors välbefinnande genom reglering av naturliga processer såsom flödesreglering, vattenrening samt reglering av luftkvalitet och lokalt klimat. Från de kulturella ekosystemtjänsterna får vi icke-materiella värden genom möjlighet till rekreation och inspiration. Stödjande ekosystemtjänster är förutsättningen för fungerande ekosystem och därmed är de grunden för funktionen av samtliga övriga ekosystemtjänster. Stödjande ekosystemtjänster utgörs t.ex. av ekologiska samspel och biologisk mångfald¹ och som visas i Figur 1.



Ekosystemtjänster kategoriseras oftast som försörjande, reglerande, kulturella och stödjande tjänster.

Figur 1. Vanlig kategorisering av ekosystemtjänster. (Källa: Naturvårdsverket, 2015).

Naturbaserade lösningar - Naturbaserade lösningar (Nature based solutions) är naturliga och halvnaturliga lösningar som använder ekosystemtjänster för att hantera identifierade problem som till exempel dagvattenhantering eller erosionsrisk. Naturbaserade lösningar kan t.ex. handla om att anlägga översvämningsytor längs med ett vattendrag, att använda vegetation som erosionskydd eller biofilter för att fördröja dagvatten. De är ofta kostnadseffektiva, mångfunktionella och ger miljömässiga, sociala och ekonomiska vinster samt skapar resiliens (Boverket, 2019b).

4. EKOSYSTEMTJÄNSTER FÖR GRÖNA TAK

Vegetation på tak kan ge begränsat med ekosystemtjänster jämfört med vegetation på marken eftersom grönytor på tak saknar koppling till underliggande jordlager som kan

¹ Gällande kategorisering av "biologisk mångfald" så skiljer sig litteraturen åt. Flera erkända klassificeringssystem för ekosystemtjänster har valt att tolka vikten av variationsrikedom bland levande organismer som en förutsättning för alla ekosystemtjänster, medan Naturvårdsverket (2017) kategoriserar upprätthållande av biologisk mångfald som en stödjande ekosystemtjänst, vilket också är fallet i föreliggande rapport.

bidra med näringsämnen och vatten. Tak är dock en underutnyttjad yta som kan ge ett tillskott till grönska och biologisk mångfald i stadsmiljö. Med rätt växtval, tillräcklig tjocklek på växtbäddar, tillgänglighet för människor osv kan urbana ekosystemtjänster skapas och bli en del av grönstrukturen i staden.

Ekosystemtjänster som levereras av dessa miljöer är, utöver de reglerande ekosystemtjänsterna som dagvattenhantering och påverkan på värmeö-effekten, även stödande tjänster som livsmiljöer för arter och ökad biologisk mångfald. Dessutom har de gröna taken potential att till exempel dämpa buller, fånga upp luftföroreningar, binda koldioxid (Shafique et al 2020), minska energibehovet i byggnader och därmed minska miljöpåverkan från uppvärmning och kylning av byggnader samt skydda underliggande material mot höga temperaturskillnader och annan påverkan som kan skada eller medföra att materialen åldras.

Det blir allt vanligare att gröna tak i storstäderna utnyttjas för att skapa odlingsmöjligheter. Utöver ovan nämnda ekosystemtjänster också skapa kulturella kvaliteter som främjar rekreation och hälsa, men också skapar sociala mötesplatser. Dessutom får man försörjande ekosystemtjänster i form av matproduktion, vilket ökar självförsörjningsgraden av livsmedel som är önskvärt från ett beredskapsperspektiv (Eriksson, 2018).

För att möjliggöra ett konsekvent och enhetligt arbete med ekosystemtjänster och begrepp har Boverkets övergripande indelning och beteckningar för ekosystemtjänster använts i detta projekt (ESTER, Boverket, 2019a).² Det finns flera olika kategoriseringar och indelningar av ekosystemtjänster, bl.a. från Naturvårdsverket och Boverket. Gemensamt för de flesta kategoriseringarna är att de är framtagna för en stadsbyggnadsskala och inte för enskilda kvarter, som är skalan för det här projektet. Indelningssystemens brist på skalangepassning har försvårat tillämpningen av ekosystemtjänster i projektets multidisciplinära analys.

4.1 Identifierade ekosystemtjänster för gröna tak

Nedan visas de ekosystemtjänster som har identifierats för de fem koncepttaken. Detta är de ekosystemtjänster som taken i huvudsak tillhandahåller. Därtill kan andra ekosystemtjänster förekomma om rätt förutsättningar ges, men då i varierande omfattning. De ekosystemtjänsterna har därför inte inkluderats i projektets analys.

Vid identifieringen av ekosystemtjänster har Boverkets indelning och beteckningar använts. Dessa har sedan kompletterats för att anpassas till en skala som fungerar för gröna tak som kan gälla enskilda byggnaders tak eller tak inom ett helt kvarter. Kompletteringarna återges inom parentes.

1.1 Biologisk mångfald

1.2 Ekologiskt samspel (Möjlig om mikrohabitat, växtval osv anpassas till omgivningen)

1.4 Naturliga kretslopp (Återcirkulation av näringsämnen)

2.1 Reglering av lokalklimat (Främst temperaturreglering)

2.4 Luftrening

2.5 Reglering av buller

² ESTER (Ekosystemtjänsteffektberäkning) är ett verktyg som Boverket har tagit fram för att underlätta för ekosystemtjänstanalyser i arbetet med t.ex. detaljplaneläggning eller planering av byggprojekt. ESTER syftar till att ge en bild av vilka ekosystemtjänster som finns på en plats och hur befintliga ekosystemtjänster kan komma att påverkas av olika åtgärder. (Boverket, 2019a).

2.6 Rening och reglering av vatten (Främst flödesreglering)

2.7 Pollinering (Boplatser och föda för insekter)

3.1 Matförsörjning

4.2 Mentalt välbefinnande (Främst estetiska värden)

4.3 Kunskap och inspiration

4.4 Social interaktion

1.1 Biologisk mångfald

Biologisk mångfald är en ekosystemtjänst av stor tyngd eftersom den är en förutsättning för andra ekosystemtjänster. Detta innebär att den utgör en så kallad stödjande ekosystemtjänst. Biologisk mångfald är exempelvis en förutsättning för fungerande pollinering och skadedjursreglering, den stärker de kulturella upplevelsetjänsterna, förser oss med naturmediciner, stärker vattenrening och ser till att ekosystemen kan återhämta sig efter störningar som är såväl naturliga som orsakade av människor, dvs ökar den bebyggda miljöns totala resiliens för extremväder, klimat- och miljöförändringar. För gröna tak finns förutsättningar för positiv inverkan på den biologiska mångfalden genom att anlägga artrika växtmiljöer och strukturer som gynnar främst insekter och fåglar (boplatser och födomiljöer).

1.2 Ekologiskt samspel

Genom att skapa en sammanhängande och varierad grönstruktur kan spridningsmöjligheter främjas och därmed även en rad andra ekosystemtjänster som är beroende av det ekologiska samspelet. Om det finns många tak med biologisk potential i ett område ökar mängden fungerande ekosystemtjänster mer än proportionellt med arealökningen, eftersom det ges möjligheter för synergieffekter som exempelvis en fungerande metapopulationsdynamik. Av samma anledning kan en mix av tak, andra grönytor och trädgårdar ge samma gynnsamma effekt på mängden tillgängliga ekosystemtjänster. Det är därför bra att se taket som en del i en större helhet och ta hänsyn till omkringliggande grönstrukturer när man planerar för biologisk mångfald på tak.

För att kunna avgöra om och hur takvegetationen ska kunna stärka spridning av växter och djur behövs kunskap om det omgivande landskapet, vilka naturtyper som omger bebyggelsen och om bebyggelsen riskerar att bli en barriär för spridning.

1.4 Naturliga kretslopp, återcirkulation av näringsämnen

För gröna tak finns vissa möjligheter att skapa återcirkulation av näringsämnen, främst via kompostering av matavfall tillsammans med odling. På sikt skulle även energin ur kompostmaterialet kunna återvinnas, innan näringen återförs. Om det gröna taket behöver gödslas på grund av tunt substrat eller näringskrävande växter är det viktigt att ta hänsyn till gödslingsens miljöpåverkan. Vid produktion och transport av konstgödsel sker utsläpp av föroreningar och vid regn kan det även innebära läckage av näringsämnen till dagvattensystemet eller intilliggande områden, beroende på vilket system som taket är sammankopplat med.

2.1 Reglering av lokalklimat

Vegetation hjälper till att reglera temperatur och påverkar även luftfuktighet och vindhastighet. Risken för värmeböljor i stadsmiljöer, som till stor del är hårdgjorda och därmed värmealstrande, kan effektivt mildras med hjälp av strategiskt planerad vegetation. Grönytor på tak absorberar värme effektivt och kan kyla omgivande bebyggelse med flera grader, såväl dagtid som nattetid. Vegetationen och substratet

skyddar på så sätt även byggnaden så att inomhusmiljön inte behöver kylas ner i samma utsträckning sommartid (Shafique et al 2020). Under vinterhalvåret hindrar vegetationstaket värme från byggnaden att komma ut och minskar därmed byggnadens uppvärmningsbehov.

2.4 Luftrening

Många typer av vegetation, särskilt träd, bidrar till rening av luften genom att damm och andra partiklar fastnar på blad, grenar och stammar och spolas sedan bort av regn. När vegetationen fotosyntetiserar på dagen filtreras partiklar ur luften samtidigt som den även tar upp och binder koldioxid och därmed bidrar till att bromsa klimatförändringarna (Kavehei et al 2018, Shafique et al 2020).

2.5 Reglering av buller

Naturens bullerdämpande förmåga beror främst på hur kuperad terrängen är och hur pass "mjuk" marken är (i motsats till hårdgjord). Även träd och buskar har en viss bullerdämpande effekt genom att ljuden reflekteras och sprids, och även i viss mån absorberas. Den mest bullerdämpande effekten genom vegetation uppnås med flerskiktad vegetation, vilket innebär träd och buskar med olika höjd, storlek och täthet. Ljud från vegetation och vatten kan också ge en maskerande effekt på buller, vilket innebär att brus från t ex trafik eller industrier mer eller mindre kan "döljas" av ljud som upplevs som mindre påträngande, exempelvis lövsus från poppel och asp eller bruset från rinnande vatten. Gröna tak kan ge en ljuddämpning på mellan 2-8 dB beroende på lutning och uppbyggnad av taket (Hosanna, 2013).

2.6 Rening och reglering av vatten, flödesreglering

En stor fördel med gröna tak är den vattenhållande kapaciteten som kan avlasta dagvattensystemen genom att både fördröja och magasinera regnvatten. Blågröna ytor på tak har värde för flödesreglering genom att vatten kan fördröjas i växtbäddar och smådammar samt att växternatar upp vatten. Taklösningar kan möjligen även integreras med BGI (Blå Grön Infrastruktur) i omgivningen vid nyproduktion. Även om infiltration till grundvattnet inte är möjligt kan substrat fungera som ett filter för att fånga upp vissa föroreningar i regnvattnet, vilket inte sker på samma sätt vid användning av andra mer konventionella typer av tak.

2.7 Pollinering

Många av de pollinerande insekterna kräver en variationsrik miljö för att både kunna bo och söka föda inom sitt begränsningsområde. Födosök sker bland blommande nektarväxter, buskar och fruktträd bland annat. Det är även viktigt att det finns föda, dvs. blommande växter under hela vegetationssäsongen. De flesta arter rör sig vanligen inom en radie av 200-500 meter, även om det finns de som flyger över betydligt större avstånd. För gröna tak finns förutsättningar för positivt tillskott till pollinering genom att anlägga artrika miljöer och strukturer som gynnar främst insekter, fåglar och fladdermöss (boplatser och födomiljöer). I planeringen av de gröna miljöerna behöver material för boplatser för pollinerande insekter inkluderas, som exempelvis miljöer med död ved, "bihotell" och solexponerad sand.

Det är även möjligt att skapa miljöer med en sådan artrikedom att andra arter av små predatorer (rovdjur) kan leva på taken vilka bidrar till reglering av s.k. skadedjur såsom bladlöss. Ju artrikare biologiska system som kan skapas, desto mindre blir sannolikt behovet av kontroll och underhåll av de gröna miljöerna. Kategorin Pollinering är starkt sammanlänkad med kategori "Livsmiljöer", (som inte är med som en separat kategori i detta projekt), eftersom stöttande av ekosystemtjänsten pollinering kräver att livsmiljöer utformas för pollinatörer, men även mindre organismer och andra insekter. På tak kan

även fågelholkar och fladdermusholkar placeras, men det är viktigt att man har kännedom om mikroklimatet.

3.1 Matförsörjning

Ekosystemen ger oss förutsättningar att producera mat. Den största mängden kommer från jordbruk i form av grödor, kött, mjölk och frukt- och bärödlings. Småskalig odling producerar inte samma kvantitet av mat men kan däremot skapa värdefulla synergieffekter med flera andra ekosystemtjänster såsom biologisk mångfald, återcirkulation av näringsämnen, infiltration, social interaktion, hälsa, naturpedagogik och sinnliga upplevelser. Exempelvis kan restauranger profilera sig genom att erbjuda sina gäster färsk mat som har producerats på taket. På så sätt kan nyskördade och ekologiska grönsaker, örter m.fl. levereras direkt till köket utan långa transporter. Som nämnts tidigare har odling även ett värde genom att det gör våra samhällen mer motståndskraftiga vid en händelse av krisläge. I Sverige har vi en låg självförsörjningsgrad av livsmedel, vilket gör samhället känsligt i händelse av kris eller krig. Lokal odling exempelvis på tak är därför värdefullt från ett beredskapsperspektiv (Eriksson, 2018).

4.2 Mentalt välbefinnande

Ekosystemen bidrar både till vår mentala och fysiska hälsa och välbefinnande. Kontakt med grönytor har associerats med bättre fysiskt välbefinnande och hälsa, bland annat genom förbättrad självskattad hälsa, Förbättrad hjärnutveckling hos barn, bättre kognitiva funktioner hos vuxna, förbättrad mental hälsa, högre födelsevikt hos barn, lägre risk för flera kroniska sjukdomar (exempelvis diabetes och hjärt-kärlsjukdomar) samt reducerad dödlighet. (Dadvand P. och Nieuwenhuijsen M. 2019). Eftersom möjligheten att vara i nära kontakt med eller beträda gröna tak varierad och ofta är begränsad är det framförallt mentalt välbefinnande som tagit med som skaps ekosystemtjänst i detta projekt.

De underliggande mekanismer hos grönytor som associeras med positiva hälsoeffekter är framförallt reduktion av stress/kognitiv avkoppling, minskning av luftföroreningar, buller och värme, stödjande av social sammanhållning och interaktion, ökad fysisk aktivitet samt berikande av mikro och makro-biodiversitet och "mikrobiell input" som kan påverka immunsystemet (Rook, 2013).

Naturmiljöer har en positiv inverkan på vår mentala hälsa, exempelvis visar forskningen att vistelse i olika slags naturmiljöer minskar stress (van den Berg, m fl., 2010) och det kan räcka med att se naturen genom ett fönster (Nejati m.fl. 2016). För gröna tak är det främst positiv inverkan på vår mentala hälsa genom estetiska och synliga värden (Nielsen och Hansen, 2007). Forskning visar att den visuella upplevelsen av vegetation har positiva hälso- och välbefinnande aspekter (Bratman et al 2012). Därför har även gröna tak som bara är visuellt tillgängliga viktiga rekreativa värden. Vistelse i naturen innehåller oftast viss grad av fysisk aktivitet och exponering för dagsljus som bidrar till både mental och fysisk hälsa. Antingen är det i form av direkta motionsaktiviteter eller genom mer lugna aktiviteter såsom svamp- och bärplockning i skogen. Forskning visar även att tillgång till gröstruktur ökar både kreativitet och effektivitet på arbetsplatsen.

Det finns också studier som visar att kontakten med naturen och dess mikrofauna under barnåren stärker drastiskt individens immunförsvar (Ruokolainen et al 2017), medan människor som växer upp i städer med mycket hårdgjorda ytor löper en mycket större risk att drabbas av allergier (Ruokolainen et al 2020). Allergibehandlingar är en drastiskt ökande sjukvårdskostnad i dagens Sverige och flertalet andra "västländer".

4.3 Kunskap och inspiration, naturpedagogik

Med en pedagogisk utformning av de gröna taken kan de bidra till en ökad förståelse för ekologiska samband och frågor kring klimatanpassning, fördröjning av regnvatten och

dagvattenrening. På så sätt kan insikten om de lokala kretsloppen stärkas och medvetenheten kring markanvändning och det ekologiska fotavtrycket öka. Genom att utgå från det ekologiska systemet i närområdet kan ett grönt tak även bidra till en ökad platsanknytning och förståelse för det omgivande landskapet. Med olika biotoper, fågelholkar och insektsbon på taket kan även olika typer av djur lockas till taket.

Naturen är en viktig källa för undervisning och genom naturpedagogik kan intresserad allmänhet skaffa sig förståelse för naturliga kretslopp, djur, växter och hela ekosystem. Möjlighet till naturpedagogik är en viktig ekosystemtjänst eftersom den bidrar med insikt i varför miljön är viktig att ta hand om och bevara. Det är grunden för ett långsiktigt hållbart samhälle.

4.4 Social interaktion

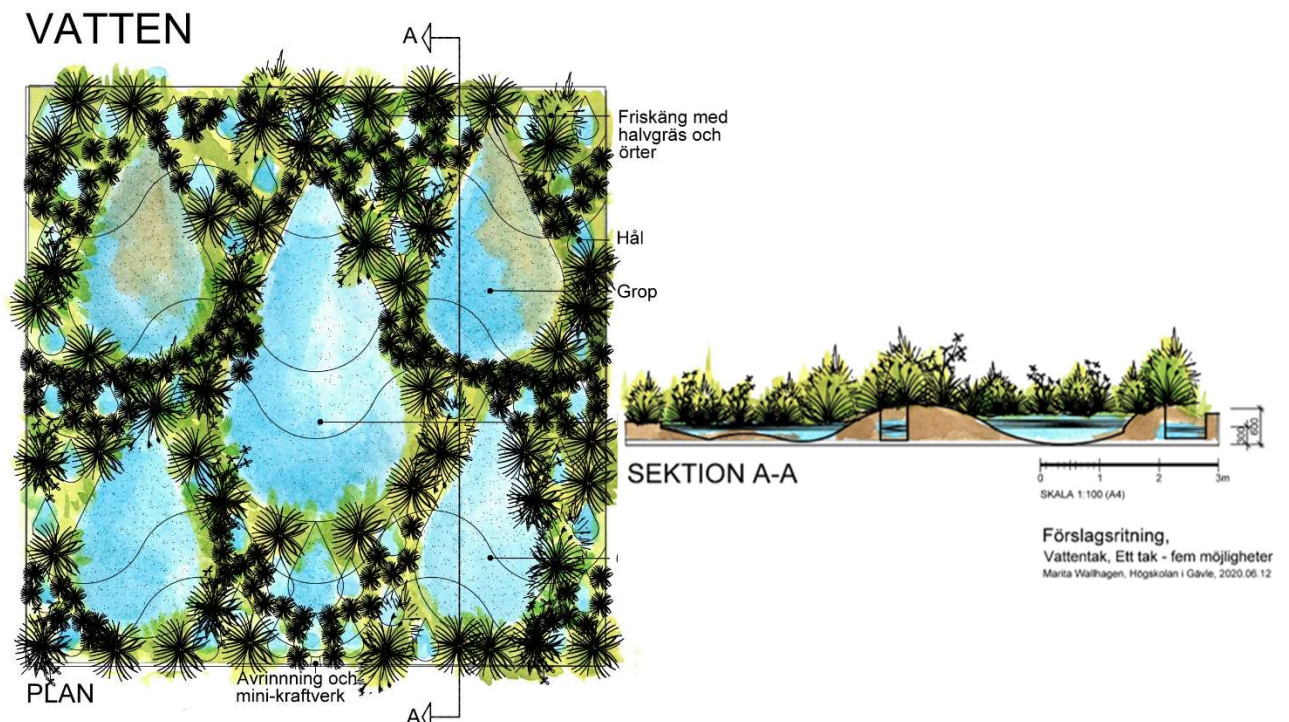
Ett grönt tak kan med fördel göras tillgängligt och utgöra en mötesplats för boende, de som är verksamma i byggnaden och besökare. Att tillgängliggöra de gröna taken är ett yteffektivt sätt att skapa gröna mötesplatser i en tät stad. Här finns plats för socialt umgänge och möjlighet att bygga upp en gemenskap mellan de boende eller verksamma i byggnaden. Ett grönt tak/takträdgård kan utgöra en plats för avkoppling, social samvaro och kanske även som arbetsplats. Odling kan ge en stor gemenskap där människor möts kring ett gemensamt intresse.

5. DE FEM KONCEPTTAKEN

De fem koncepten som beskrivs i rapporten togs fram gemensamt av projektets arbetsgrupp. Flera av begreppen går in i varandra när det kommer till att koppla dem till ekosystem-tjänster. Taken är därför indelade efter funktioner för att göra distinktionerna mellan taken så tydlig som möjligt. Tanken är att koncepten ska kunna fungera både enskilt var för sig och som moduler som kan kombineras med varandra för att appliceras på byggnader för att främja ekosystemtjänster vid renovering och nybyggnation.

För vart och ett av de fem koncepttaken ges en inledande beskrivning av takets målbild och de grundkrav som måste uppfyllas för att nå takets huvudsakliga syfte och skapa goda förutsättningar för ekosystemtjänster. Sedan definieras konceptet mer ingående och de ekosystemtjänster som tillhandhålls presenteras. Därefter redovisas de ytterligare tekniska och konstruktionsmässiga aspekter som är nödvändiga att ta hänsyn till. Slutligen redogörs för vilka fastighetsägarrelaterade drivkrafter och hinder som har identifierats för respektive takkoncept.

5.1 Koncept 1 - Vattentaket



Figur 2. Illustration av vattentaket. (Illustration: Marita Wallhagen).
För skalenlig ritning se Bilaga 1.

5.1.1 Målbild och grundkrav

Vattentakets huvudsakliga syfte är att möjliggöra för omhändertagande/fördröjning av dagvatten hos en fastighet. Målbilden för vattentaket är att fördröja upp till 90 procent av ett 10-årsregn och mer än 80 procent av årsnederbörden. Ett grundkrav för att åstadkomma detta är att anlägga ett tjockt vegetationstäck med en överbyggnad på minst 500 mm i genomsnitt. På vissa delar av taket har sedan substratdjupet minskat så att det skapats hål, gropar och dammar som kan fyllas med vatten vid kraftiga skyfall, men som vid övriga tider på året inte innebär samma laster på taket.

5.1.2 Definition och ekosystemtjänster

Vattentaket ger främst ekosystemtjänsten fördröjning av dagvatten. Vattentaket kan därmed hjälpa till att dämpa höga ytvattenflöden i stadsområden med mycket hårdgjorda ytor samt även att hålla kvar mer vatten och på så sätt öka husets och områdets resiliens mot torka. De varierade och tjocka växtbäddarna och små dammarna ger mycket goda förutsättningar för biologisk mångfald, pollinering och reglering av lokalklimat. Både substratet och växterna bidrar till att sänka temperaturen vid värmeböljor och samtidigt öka luftfuktigheten lokalt. Detta gör att temperaturen i bebyggda områden kan sänkas med någon eller några grader och göra temperaturamplituden mindre över dygnet. Rik växtlighet med god tillgång till vatten kommer dessutom att rena luften och binda in både partiklar och andra typer av föroreningar i bladen när de fotosyntetiserar.

Om arealen med våt- och friskängar görs tillräckligt stor, kommer det att finnas en potential för biologisk mångfald. "Ängarna" kommer då att kunna hålla flera växtarter som är goda pollen- och nektarkällor samt även som kan vara värdväxter för flera insektsarter. Ytterligare större biologisk potential kan erhållas om man även skapar boplatser för olika typer av "kryp" exempelvis "bihotell" med mestadels mindre hålstorlekar (2-8 mm) eftersom det gynnar små och därmed mindre resurskrävande arter.

Vattentaket ger också möjligheter för naturpedagogik genom någon form av informationsmaterial eller annan typ av undervisning. Vattentaket kan dessutom användas för att visa hur man skapar en större klimatresiliens i bebyggda områden. Om vattentaket görs visuellt synligt eller tillgängligt tillkommer även ekosystemtjänsten mentalt välbefinnande.

I vattentaket ingår alltid ett vattenhållande lager i installationen, det kan utgöras av vattenhållande koppar och/eller dräneringsmattor. Det substrat som finns tillgängligt för växterna kan vara pimpsten eller liknande - med inslag av sand, lera och/eller jord. Ett ökat innehåll av jord och organiskt material ökar takets vattenhållande förmåga. Vattentaket har viss variation i substratdjup för att även skapa dammar, förslagsvis med cirkulation.

De ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar som vattentaket förväntas tillhandahålla samt nivå för leverans visas i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av vattentaketets leverans av ekosystemtjänster.

Ekosystemtjänster/naturbaserade lösningar		Omfattning
Stödjande	Biologisk mångfald	MEDEL - HÖG
	Återcirkulation av näringsämnen	-
Försörjande	Matförsörjning	-
Reglerande	Reglering av lokalklimat	HÖG
	Luftrening	MEDEL (om buskar och mindre träd planteras)
	Reglering av buller	HÖG
	Reglering av vatten	HÖG
	Pollinering (boplatser och föda)	MEDEL - HÖG
Kulturella	Mentalt välbefinnande/estetiska värden	LÅG
	Kunskap och inspiration	LÅG
	Social interaktion	-



5.1.3 Tekniska data och konstruktion

Vattentaket kommer att innebära förhöjda viktbelastningar till följd av snö- och vattenlast och relativt tjockt substratdjup jämfört med andra typer av tak. Detta kan påverka byggnadskonstruktionen och grundläggning, och hänsyn till detta måste tas vid projekteringen av byggnaden. Det kan innebära en målkonflikt mellan de tillskapade ekosystemtjänsterna och ökade koldioxidutsläpp från byggnaden jämfört med att inte ha ett vattentak.

För vattentaket är det särskilt viktigt att takets tätskikt blir genomfört med hög kvalitet, detsamma gäller för alla gröna tak. Exempel på konstruktioner och tätskiktssystem finns i Grönataktandboken vägledning (Capener m.fl. 2017)

Substrat

Vattentaketets jord ska helst vara näringsfattig morän, sand/mo eller alv. Den bör inte utgöras av näringsrik matjord. Ett riktvärde är ogödslad jord typ B (AMA DCL 11/2), där andelen ler-silt (<0,063 mm) inte överstiger 50 procent. Pimpsten eller annat lättviktsmaterial är lämpligt, även biokol kan ingå i substratet.

Vikt: cirka 1 000 kg/m² vattenmättat.

Vegetation

Vattentaketets vegetation utgörs av en blandning av frisk- och fuktängsdelar.

Här kan färdiga fröblandning som har svenskt ursprung väljas om de har minst 20 procent örter (viktsprocent) i förhållande till gräs och halvgräs.

Sådd i augusti-september är lämplig. Vegetationen kan med fördel kompletteras med pluggplantor av ängsväxter för att få blomning redan det första året.

Arter för friskäng

Lämpliga arter för friskäng är gullviva, svartkämpar, ormrot, röllika, stor blåklocka, liten blåklocka, ängsvädd, åkervädd, rödkämpar, smörblomma, prästkrage, ängssyra, våbrodd, ängsfryle, rödsvingel, rödven, brudbröd, bockrot, johannesört, darrgräs, ängshavre, gulmåra, fibblor, höskallra m.fl.

Arter för fuktäng

Arter för fuktäng är olika typer av halvgräs (starr, säv, tåg), fackelblomster, gul svärdsilja, äkta förgätmigej, kabbleka m.fl. Det finns även färdiga fuktängsmattor på marknaden.

I de blötare delarna kan även kråklöver, som är en mycket god nektarväxt (och med låga näringskrav) planteras. På de friskare partierna skulle även vissa lämpliga arter av vilda ärtväxter kunna planeras eftersom dessa är både bra nektar- och värdväxter.

5.1.4 Drivkrafter för fastighetsägare

Fyra drivkrafter för fastighetsägare har identifierats för vattentaket. Dessa är:

- Dagvattenhantering och fördröjningskrav från kommunen
- Hög GYF
- Möjlighet till cirkulära system
- Reglering av lokalklimat
- Minskade driftskostnader för uppvärmning och kyla
- Bullerdämpning
- Visuella och estetiska värden kan uppstå

5.1.5 Hinder för fastighetsägare

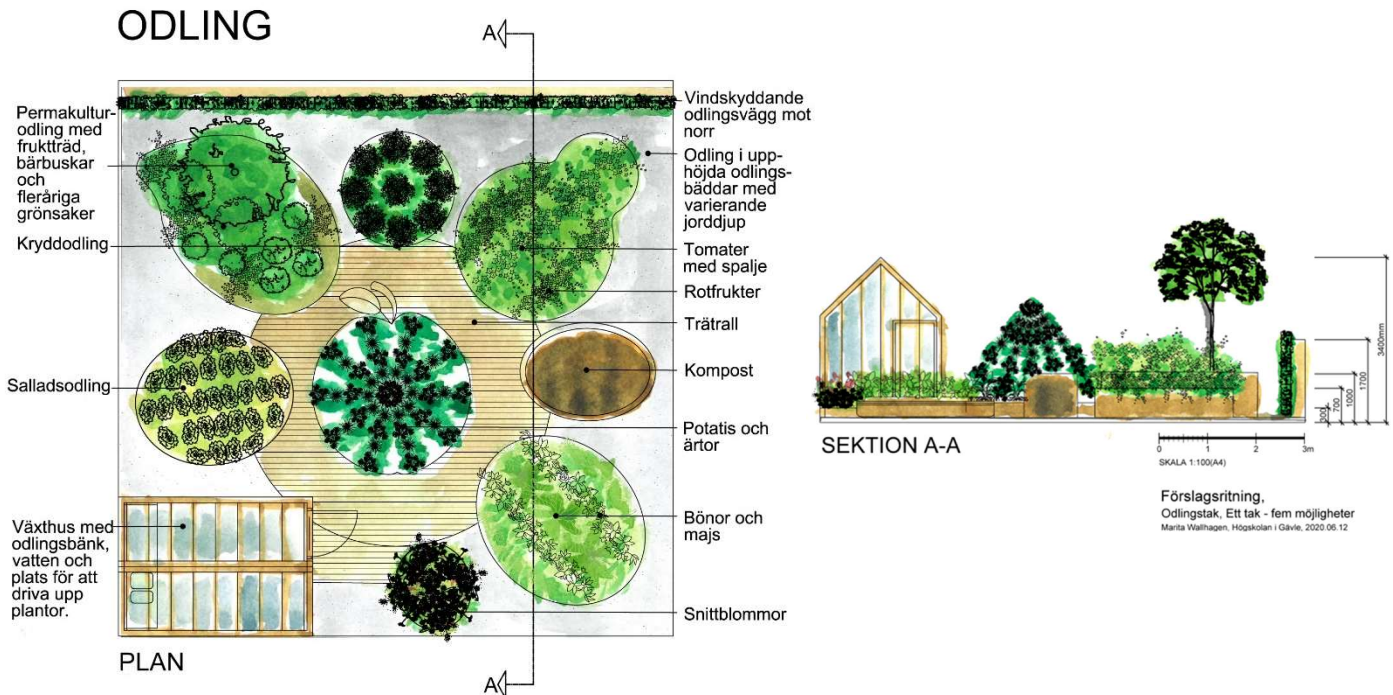
De möjliga hinder för att fastighetsägare att installera vattentak som har identifierats är:

- Ökad risk för fuktskador - fastighetsskador
- GYF som beräkningsmodell
- Vatten- och jordmassor ger extra viktbelastning
- Motstånd från VA-branschen att skapa och implementera nya system
- Kräver skötselplan och innebär underhållsbehov i form av ogrärensning samt vattning eller bevattningssystem vid torra.
- Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

5.2 Koncept 2 - Odlingstaket

5.2.1 Målbild och grundkrav

Odlingstaket huvudsakliga syfte är att skapa lokal matproduktion i större skala samt återcirkulation av näringsämnen. För åstadkomma detta krävs odlingsbäddar med ett substratdjup på mellan 100 och 800 mm (beroende på vad som odlas) och att minst 50 procent av ytan är odlad. Matproduktion kan ske med inslag av blommande växter, t.ex. örtväxter.



Figur 3. Illustration av odlingstaket. (Illustration: Marita Wallhagen).
För skalenlig ritning se Bilaga 2.

5.2.2 Definition och ekosystemtjänster

Odlingstaket ger främst ekosystemtjänsten matförsörjning genom stora odlingsbäddar och goda möjligheter till återcirkulation av näringsämnen. Förslaget är att matavfall från restaurang i byggnaden komposteras och att restaurangen både ansvarar för odling och återcirkulation av näringsämnen. De djupare växtbäddar förstärker också odlingstaket andra ekosystemtjänster såsom, bullerdämpning, temperaturreglering och luftrening. Eftersom detta förslag till takkoncept inte är tillgängliga för alla, utan exempelvis sköter en restaurang odlingstaket, blir det endast sociala interaktioner och mentalt välbefinnande för en begränsad mängd människor. Ett mer fysiskt tillgängligt odlingstak skulle därmed få en annan bedömning gällande vilka ekosystemtjänster som taket tillhandahåller. Om odlingstaket blir visuellt tillgängligt för fler ökas ekosystemtjänsten mentalt välbefinnande i betydelse.

Här sker återcirkulation av näringsämnen genom att matavfall från restaurangen/byggnaden komposteras (varmkompost, bokashi eller dylikt).

Det föreslagna taket för odling har dels permakulturodling med mindre fruktträd och bärbuskar samt perenna grönsaker, dels odling av ettåriga grönsaker och rotfrukter. Odlingstaket har även spaljeer för odling av klängande växter, som t.ex. bönor. Det har också vertikal odling i form av en odlingsvägg mot norr, vilken även fyller en funktion som vindskydd.

Beroende på vilka grödor som ska odlas behöver substratdjupet anpassas.³ För att minska behovet av substrat kan jorden kupas upp vid växterna.

Om mycket örtekryddor som timjan, salvia och rosmarin och liknande odlas kommer nektartillgången bli större, vilket ökar potentialen för högre biologisk mångfald av pollinatörer och andra mindre djurarter. Ytterligare större biologisk mångfaldspotential kan erhållas om man även skapar boplatser för olika typer av vildbin, enklast med hjälp av "bihotell" med mestadels mindre hålstorlekar (2-8 mm) eftersom det gynnar små och därmed mindre resurskrävande arter. På så sätt kan man försörja fler bi-individer på en viss yta, vilket ökar pollinationsgraden hos blomväxterna. Denna kombination är mycket gynnsam för pollinering av grödor även i omgivande miljöer eftersom den ökar pollinatörstätheten avsevärt jämfört med vad som normalt finns i stadsmiljöer.

I detta förslag ingår ett mindre växthus för att förkultivera växter och få en tidig odlingssäsong. Det ingår också ett system för uppsamling av regnvatten, vilket är ett sätt att ordna den bevattning som krävs för ett odlingstak.

Tabell 2. Beskrivning av odlingstakets leverans av ekosystemtjänster.

Ekosystemtjänster/naturbaserade lösningar		Omfattning
Stödjande	Biologisk mångfald	LÅG
	Återcirkulation av näringsämnen	MEDEL
Försörjande	Matförsörjning	HÖG
Reglerande	Reglering av lokalklimat	HÖG
	Luftrening	-
	Reglering av buller	HÖG
	Reglering av vatten	HÖG
	Pollinering (boplatser och föda)	MEDEL
Kulturella	Mentalt välbefinnande/estetiska värden	LÅG
	Kunskap och inspiration	LÅG
	Social interaktion	-



Odlingstaket kan bidra till naturpedagogik genom någon form av informationsmaterial, t.ex. att restaurangen odlar egen mat och återcirkulerar näringsämnen eller Information som inspirerar andra till egen odling och självförsörjning. Risken för så kallade skadedjur kan begränsas med att rovkvalster regelbundet sätts ut om man odlar utsatta grödor. Att använda bekämpningsmedel bör undvikas eftersom det är skadligt både för människor och natur.

De ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar som odlingstaket förväntas tillhandahålla samt nivå för leverans visas i Tabell 2 De ekosystemtjänster och

³ Se Grönataboken, sid 20-21 för vägledning angående substratdjup.

naturbaserade lösningar som vattentaket förväntas tillhandahålla samt nivå för leverans visas i Tabell 2.

5.2.3 Tekniska data och konstruktion

Odlingstaket kommer att innebära förhöjda viktbelastningar till följd av de nödvändiga jordmängderna jämfört med mer konventionella typer av tak. Beroende på om odlingen sker i odlingslådor eller mer jämt fördelat över taket som odlingsbäddar kan belastningen på takkonstruktionen variera. Hänsyn till detta måste tas vid projekteringen av byggnaden. Det kan innebära en målkonflikt mellan de tillskapade ekosystemtjänsterna och ökande koldioxidutsläpp till följd av behov av en kraftigare byggnadskonstruktion.

Ett odlingstak innebär en hög grad av skötselbehov. Därför är det viktigt att det är enkelt att ta sig upp på taket. Tillgång till hiss kan då underlätta transporter av odlade grönsaker, jord samt kompostavfall. Någon form av bevattningssystem är också att rekommendera eftersom takytor är utsatta för mycket sol och vind och därmed riskerar att torka ut relativt snabbt.

Om man ska bygga till växthus på ett befintligt hus krävs det dessutom bygglov. Om inte växthus finns kan annan plats för verktygsförvaring vara bra att ha nära takytan.

Substrat

Ett substratdjup på mellan 100 och 800 mm krävs beroende på vad som odlas, här har antagits ett genomsnittligt substratdjup på 300 mm.

Vikt: genomsnitt 350 kg/m² vattenmättat, med punkter upp mot 800 kg/m² när taket är vattenmättat.

Vegetation

Val av växter anpassas efter vad som efterfrågas och vilket substratdjup som kan tillhandahållas. Snabbväxande sallad som skördas flera gånger under säsongen eller rotfrukter med en skörd per säsong. Möjligheten att förkultivera i växthus eller inte har också stor betydelse för val av växter. Om nyttan med odlingstaket ska maximeras kan valet av växter göras mot bakgrund av flera olika saker. Växter kan väljas utifrån att deras skörd per kvadratmeter är så stor som möjligt så att odlingstakets avkastning ger så mycket energi i form av kalorier som möjligt. Växter som i övrig handel är dyra i förhållande till hur stor plats deras odling kräver, är exempelvis kryddväxter. Det kan även vara växter som är svåra att få tag på som färska produkter som inte klarar långa transporter, eller som ekologiska produkter (ex jordgubbar) eller unika sorter som inte finns att köpa i handeln.

5.2.4 Drivkrafter för fastighetsägare

Tre drivkrafter för fastighetsägare har identifierats för odlingstaket. Dessa är:

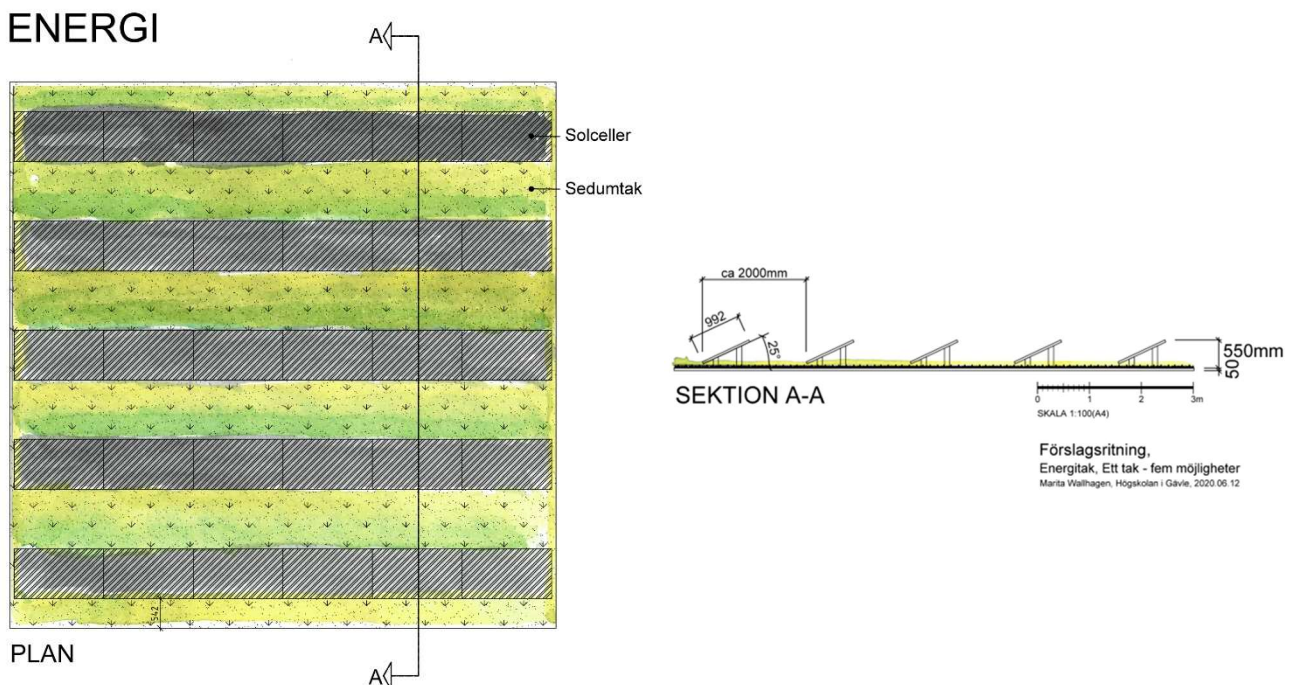
- Lokal matproduktion och råvaror
- "Branding"
- Hög GYF
- Dagvattenfördröjning
- Bullerdämpning
- Näringsåterföring.

5.2.5 Hinder för fastighetsägare

För odlingstaket har fem möjliga hinder för fastighetsägare identifierats. Dessa är:

- Ökad risk för fuktskador - fastighetsskador
- Jordmassor ger extra viktbelastning
- Risk för skadedjur
- Gödsling - kan lukta illa och påverka möjligheten till socialt liv.
- GYF som beräkningsmodell
- Avfallshantering från odling behöver lösas
- Kräver skötsel och underhåll
- Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

5.3 Koncept 3 - Energitaket



Figur 4. Illustration av energitaket. (Illustration: Marita Wallhagen).
För skalenlig ritning se Bilaga 3.

5.3.1 Målbild och grundkrav

Huvudsyftet med energitaket är att generera energi och att med hjälp av vegetation öka verkningsgrad och livslängd hos solcellsanläggningen. Målbilden är att bidra till en viss självförsörjningsgrad av el och att minska effekterna av framtida elprishöjningar.

Kravsättning: minst 50 procent av takytan består av grönt tak som åtminstone är ett moss-sedumtak.

5.3.2 Definition och ekosystemtjänster

Att installera solceller tillsammans med gröna tak har fördelen av att grönskan hjälper till att kyla solcellerna som då får en högre verkningsgrad. Det har även visat sig att den utjämnande temperaturen ökar solcellernas livslängd.

Gröna tak har en isolerande effekt och kan därför bidra till minskad energianvändning för kylning, och med förväntade klimatförändringar bör denna besparing få ökad betydelse. (Detta gäller alla fem koncepttak.)

Vegetationen tar även upp koldioxid och bidrar därmed till koldioxidbindning (Kavehei m.fl. 2018)

Energitaket består av ett vegetationstak i kombination med solceller. Solcellerna skapar en viss variation av skugga och tillgång till vatten, vilket kan ge en viss variation av växtlighet. Vegetationstaket ger en temperaturutjämning som bidrar till att solcellerna både får högre verkningsgrad och längre livslängd. Verkningsgraden hos solceller sjunker med 0,35-0,5 procent för varje grads temperaturökning.⁴

I taket kan även solvärmeanläggning integreras för att skapa varmvatten under sommaren. Antingen genom att kombinerade solvärme och solcellsmoduler installeras, eller genom att solvärmeslingor integreras i sedumtaket eller under solcellspanelerna.

I detta exempel består vegetationstaket av ett standardsedumtak (mossedumtak) med relativt få arter och därmed låg biologisk mångfald. Dessa "torrmarker" mellan och under solpanelerna kan till en viss del även fungera som nektarkälla. Den biologisk mångfalden kan gynnas genom att montera bihotell och någon hus-humleholk under någon av solpanelerna. Humlor har kapacitet att flyga längre sträckor och klarar sig även på platser där nektartillgången är begränsad i närområdet. Under solpanelerna kan även fladdermusholkar placeras. Det skulle kunna vara en bra och skyddad miljö för fladdermöss, samtidigt som dessa då bidrar till gödning av sedumtaket.

Energitaket ger även en möjlighet till naturpedagogik om någon form av informationsmaterial tas fram.

De ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar som energitaket förväntas tillhandahålla samt nivå för leverans visas i Tabell 3.

⁴ Bengtsson & Lind, 2017.

Tabell 3. Beskrivning av energitaket leverans av ekosystemtjänster.

Ekosystemtjänster/naturbaserade lösningar		Omfattning
Stödjande	Biologisk mångfald	LÅG
	Återcirkulation av näringsämnen	-
Försörjande	Matförsörjning	-
Reglerande	Reglering av lokalklimat	MEDEL
	Luftrening	-
	Reglering av buller	LÅG
	Reglering av vatten	LÅG
	Pollinering (boplatser och föda)	LÅG
Kulturella	Mentalt välbefinnande/estetiska värden	LÅG
	Kunskap och inspiration	LÅG
	Social interaktion	-



5.3.3 Tekniska data och konstruktion

Energitaket innebär en viss förhöjd viktbelastning jämfört med mer konventionella typer av tak. Hänsyn till detta kan behöva tas vid projekteringen av byggnaden. Om en förstärkt byggnadskonstruktion erfordras kan det innebära en målkonflikt mellan den tillskapade positiva miljöpåverkan i form av ekosystemtjänsterna och energiproduktionen å ena sidan och den negativa miljöpåverkan i form av ökade koldioxidutsläpp från nödvändigt byggnadsmaterial å andra sidan. Vilken typ av solceller som väljs och var de har producerats kan ha stor betydelse för vilken mängd utsläpp som sker under produktionen av solcellerna.

Val av monteringsystem har också betydelse för energitaket. Det finns system där sedummattan fungerar som ballast och håller konstruktionen på plats, system som har inbyggd eller separat ballast och system monteras förankras i byggnadskonstruktionen genom takets tätskikt. Hänsyn till snölast och vindlast behöver tas vid val av system.

För att skapa förutsättning för vegetation även under solcellerna krävs att solcellerna lutar minst 20 grader (Bengtsson & Lind, 2017).

Substrat

Vikt: cirka 50 kg/m² vattenmättat.

Vegetation

Vegetationen kan här bestå av ett standardsedumtak (mossedumtak) med främst sedumväxter som klarar att växa med litet substrat och tål torka bra.

5.3.4 Drivkrafter för fastighetsägare

För energitaket har tre drivkrafter för fastighetsägare identifierats:

- (Bidrag till) självförsörjande på elproduktion för att bli autonom
- Möjlighet att sälja in överskottet av energi till det lokala nätet
- Minskade driftskostnader för uppvärmning och kyla
- Viss temperaturreglering (förbättrat inomhusklimat)
- Viss dagvattenhantering

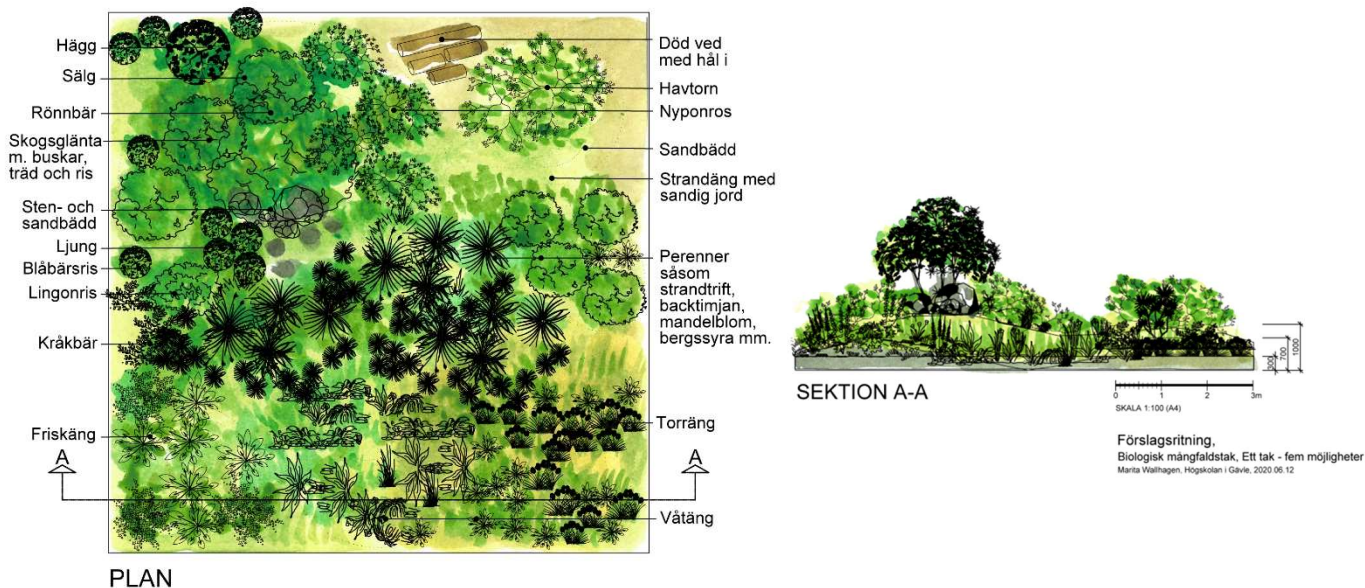
5.3.5 Hinder för fastighetsägare

Ett potentiellt hinder för fastighetsägare har identifierats för energitaket:

- Ökad risk för fuktskador (fastighetsskador)
- Skötsel av solcellssystemet
- Skötsel av sedumtaket
- Viss ökad tyngd
- Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

5.4 Koncept 4 - Biologisk mångfald

BIOLOGISK MÅNGFALD



Figur 5. Illustration av biologiska mångfaldstaket. (Illustration: Marita Wallhagen). För skalenlig ritning se Bilaga 4.

5.4.1 Målbild och grundkrav

Det biologiska mångfaldstaket fokuserar på utformning och växtval för att maximera ekosystemtjänsten biologisk mångfald. Målbilden för det biologiska mångfaldstaket är att efterliknar naturliga biotoper som knyter an till omgivande grönstruktur. Utformning, växtval och substratdjup ska variera över takytan för att skapa så stor artrikedom som möjligt.

Substratdjupet måste vara minst 120 mm och variera upp till 800 mm. Det är också viktigt att takets växtlighet inte motverkar biologisk mångfald genom att innehålla invasiva arter och bekämpningsmedel får inte användas.

5.4.2 Definition och ekosystemtjänster

Det biologiska mångfaldstaket fokuserar på utformning och växtval för att maximera ekosystemtjänsten biologisk mångfald. Vegetationen efterliknar naturliga biotoper som ängsmark, skogsbrynkaraktär och strandäng. Biotoperna bör väljas utifrån den omgivande grönstrukturen för att skapa visst ekologiskt samspel. Alla olika typer av vegetation som presenteras i koncepttaket behöver inte nödvändigtvis finnas på ett tak för biologisk mångfald.

Det kan vara en fördel att en biotop görs tillräckligt stor för att kunna fungera som ett eget självgående ekosystem. Många ”små snuttar” av biotoper och livsmiljöer kan leda till att väldigt få arter klarar att få självunderhållande, livskraftiga populationer på taket om inte kontinuerliga ”vårdinsatser” görs, vilket sannolikt skulle ge höga driftskostnader. Flera olika typer av biotoper har här ändå tagits med för att exemplifiera mångfald. Biotoperna kompletteras med strukturer och substrat som öppen sand och död ved med många borrarade hål för att skapa goda livsmiljöer åt främst insekter som i stort sett saknas i dagens byggda miljöer. Denna sand och ved i kombination med ett rikt utbud av nektarväxter som har olika blomningstider under säsongen kan skapa goda förutsättningar för ett rikt pollinatörs- och stekelsamhälle, och därmed ge en ökad grad av pollinering i husets omgivning på grund av den höga tätheten av pollinatörer.

Vegetationen kan även utformas så att den gynnar vissa utsatta/hotade arter så att dessa överlever vidare i regionen. Det kan leda till en bättre framtida resiliens och återskapande av tynande ekosystemtjänster när de yttre förutsättningarna har återgått till något mer ursprungligt/miljövänligt.

Med de tjockare och varierande växtbäddarna fungerar taket som flödesreglering, bullerdämpning, temperaturreglering, luftrening och för koldioxidupptag.

Taket för biologisk mångfald baseras på ett vegetationstak med en variation av växtlighet genom en variation av substratdjup och substratmaterial. Detta skapar förutsättningar för olika biotoper/livsmiljöer och mikrohabitat och efterliknar naturen. Här finns även buskar och mindre träd. Taket har ett genomtänkt val av växter (blomning hela säsongen, variation i blomform, blomfärger som attraherar pollinerare osv.). Delar av taket är sandmiljöer, stenhögar, och död ved vilka fungerar som boplatser för insekter. Det kan också innefatta fågelholkar och fladdermusholkar (som även kan placeras på väggar intill taken). När holkar placeras är det viktigt att känna till mikroklimatet. Tak och väggar har ofta ett utsatt klimat med stora temperaturvariationer.

För biologisk mångfaldstaket är ett system för uppsamling av regnvatten nödvändigt eftersom bevattning kommer att krävas. Även detta koncept bidrar till naturpedagogik om någon form av informationsmaterial om exempelvis biologisk mångfald och ekosystemtjänster tas fram, eller om taket kan besökas och upplevas. De ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar som det biologiska mångfaldstaket förväntas tillhandahålla, och på vilken nivå leveransen bedöms ske visas i Tabell 4.

Tabell 4. Beskrivning av biologiska mångfaldtakets leverans av ekosystemtjänster.

Ekosystemtjänster/naturbaserade lösningar		Omfattning
Stödjande	Biologisk mångfald	HÖG
	Återcirkulation av näringsämnen	-
Försörjande	Matförsörjning	-
Reglerande	Reglering av lokalklimat	HÖG
	Luftrening	MEDEL
	Reglering av buller	HÖG
	Reglering av vatten	HÖG
	Pollinering (boplatser och föda)	HÖG
Kulturella	Mentalt välbefinnande/estetiska värden	LÅG
	Kunskap och inspiration	LÅG
	Social interaktion	-



5.4.3 Tekniska data och konstruktion

Biologiska mångfaldstaket kommer att innebära förhöjda viktbelastningar främst till följd av de nödvändiga jordmängderna jämfört med mer konventionella typer av tak. Hänsyn till detta måste tas vid projekteringen av byggnaden. Den förhöjda viktbelastningen kan innebära en målkonflikt mellan å ena sidan de tillskapade ekosystemtjänsterna och å andra sidan ökade koldioxidutsläpp från förstärkta byggnadskonstruktioner jämfört med en mer konventionell typ av tak.

Substrat

Jorden ska i detta koncept helst vara näringsfattig morän, sand/mo eller alv. Den ska inte bestå av näringsrik matjord. Ett riktvärde för det biologiska mångfaldstaket är ogödslad jord typ B (AMA DCL 11/2), där andelen ler-silt (<0,063mm) inte överstiger 50 procent. Användning av pimpsten eller annat lättviktsmaterial föredras, även biokol kan ingå i substratet.

Biotoptak: substratdjup minst 120 mm i genomsnitt, och bedöms ha en vikt på cirka 250 kg/m² i vattenmättat tillstånd.

Äng: substratdjup cirka 300 mm, vikt cirka 500 kg/m² vattenmättat.

Mindre buskar: substratdjup cirka 400 mm, vikt cirka 700 kg/m² vattenmättat.

Mindre träd: substratdjup cirka 800 mm, vikt cirka 1 400 kg/m² vattenmättat.

Vegetation

Det här konceptet består av en blandning av torr- och friskängsdelar, biotoptak, skogskaraktär genom mindre träd och buskar samt strukturer som boplatser.

För ängsmark finns färdiga fröblandning som har svenskt ursprung. De bör innehålla minst 20 procent örter (viktsprocent) i förhållande till gräs och halvgräs. Sådd är lämpligt i

augusti-september. Man kan skapa designade fröblandningar som matchar klimatzonen där taket ska anläggas. Sådden kompletteras med fördel med pluggplantor av ängsväxter för att få blomning redan första året.

Ett biotoptak är ett tak som innehåller både grönska och andra strukturer och substrat. Biotoptak kan enkelt efterlikna en naturlig biotop, exempelvis en strandäng med större sten, död ved och vissa delar av öppna sand- och grusytor. Ett biotoptak har lågt skötselbehov, i stort sett krävs ingen bevattning eller gödsling, men vid väldigt torra somrar (likt 2018) kan stödbevattning vara nödvändig. Växterna behöver vara noggrant utvalda så att de kan tåla värme, vind och torka.

Skötsel av ängsmark

Ängar ska slås en gång om året på sensommaren, dvs. i slutet av juli-augusti, efter att de flesta arter blommat och satt frö. Det är att föredra att använd skärande redskap (lie eller slåtterbalk) eftersom metoder som sliter av växterna (t.ex. trimmer) gör växterna känsliga för torka och sjukdomsangrepp. Höet ska sedan ligga kvar, torka och fröa av sig någon vecka och därefter samlas ihop och tas bort från marken. Då förs näring bort och den kvarvarande vegetationen får ljus och luft.

Arter för torr- och friskäng

Lämpliga arter för frisk till torr mark är gullviva, svartkämpar, ormrot, röllika, stor blåklocka, liten blåklocka, ängsvädd, åkervädd, rödkämpar, smörblomma, prästkrage, ängssyra, vårbrodd, ängsfryle, rödsvingel, rödven, brudbröd, bockrot, backnejlika, kattfot, johannesört, darrgräs, ängshavre, gulmåra, fibblor, höskallra m.fl.

Arter biotoptak - strandäng

Exempelvis kan sand, pimpsten, biokol, kolmakadam eller liknade läggas i lite olika tjocklek och former. Pluggplantor av torktåliga perenner som kattfot, strandtrift, baktimjan, bergssyra, mandelblom, tjärblomster, backnejlika, liten blåklocka m.fl. bör planteras.

Arter skogsbrynskaraktär

Buskar som blommar på våren och ger bär på hösten är bra födosöksplatser och boplatser. För att få till en skogsbrynskaraktär behöver man arbeta med att de blir så flerskiktade och mosaikartade som möjligt. Möjliga mindre träd och buskar är bl.a. havtorn, slån, hägg, sälg, nyponros, rönn och mindre fågelbär, häckoxel och krypvide. Det finns även färdiga växtmattor med lingonris och blåbärsris som kan lämpa sig för skogsbrynskaraktären om det finns tillräckligt med skuggande träd eller buskar.

I första hand bör inhemska arter användas, i andra hand kan arter som inte finns på Artdatabankens risklista användas. Använd gärna E-planta. 5E-plantor kännetecknas av att de är; utvalda för svenskt klimat, svenskproducerade, art- och sortäktade, friska plantor, provodlade i Sverige.

Träd och större buskar kan behöva förankras med jordankare, armering av substrat, förstärkt rotsystem och/eller andra anordningar för att säkerställa att de inte välter vid kraftig vind.

Boplatser

Sand

Sandiga partier som fungerar som boplatser för humlor och solitära bin, och på sikt även andra arter med liknande krav på boplatser. Dessa sandiga partier kan skapas genom att lägga ut otvättad sand i gropar eller högar (kornstorlek 0,06-2 mm, gärna 50/50 blandning

5 E-planta är en kvalitetsmärkning för svenskodlade buskar och träd som är utvalda för svenskt klimat. (www.eplanta.com)

mellan fin- och grovsand). Sanden kan med fördel läggas i en liten ås, kulle eller annan formation som skapar naturliga småmiljöer. Djupet kan variera men vissa partier behöver vara ca 500 mm djupa för att kunna rymma binas bohålor som ofta grävs vertikalt.

Humblebon

Ytterligare ett alternativ är att skapa humblebon genom att gräva ner några upp-och-ned-vända terrakotta-krukor (diameter 150-200 mm) till en tredjedel. Dräneringshålet ska vara uppåt och synligt. Detta hål kan bli humlans ingångshål och i krukorna skapas ett hålrum som kan bli ett bo. Om man dessutom lägger in torrt gräs samt lite använt strö från gnagare (kan man få i zooaffärer), ökar chansen att humlan tycker boplatsen duger. Krukorna ska inte behandlas med färg eller dylikt.

Död ved

Boplatser kan även skapas genom att lägga ut stammar eller grova grenar av främst ek eller tall då det finns många arter kopplade till dessa arter. Att borra ett stort antal hål med en diameter mellan 2-10 mm i dessa stammar kommer över tiden att locka ett stort antal olika insektsarter, främst olika steklar att bosätta sig där.

5.4.4 Drivkrafter för fastighetsägare

Ur ett fastighetsägarperspektiv har fyra drivkrafter identifierats för biologisk mångfald-taket:

- Miljönytta
- Visuella och estetiska värden
- Dagvattenfördröjning
- Bullerdämpning
- Reglering av lokalklimat
- Hög GYF
- Viss minskning av driftskostnader för uppvärmning och klimatkyla
- Kompensera för brist på grönytor på fastigheten eller närområdet.

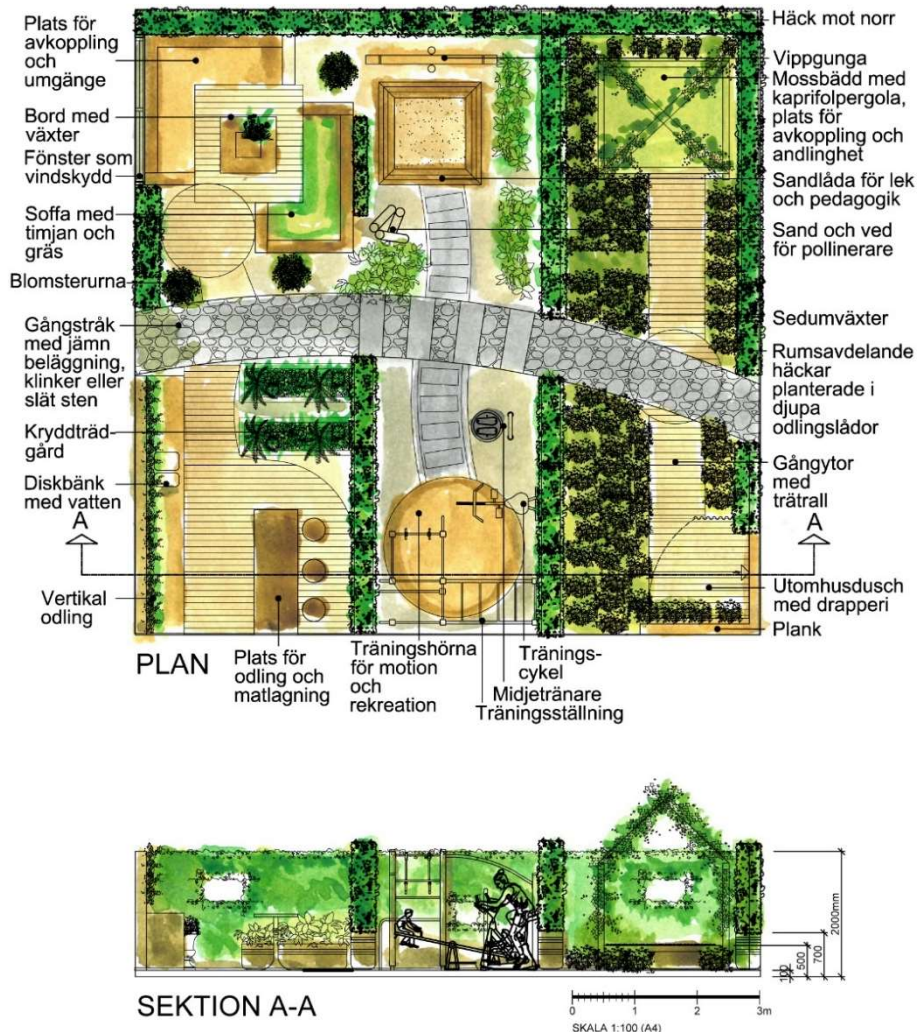
5.4.5 Hinder för fastighetsägare

Ur ett fastighetsägarperspektiv kan flera hinder identifieras för biologisk mångfald-taket:

- Ökad risk för fuktskador (tak och fasad/fastighetsskador)
- Vatten- och jordmassor ger extra viktbelastning
- Insekter m.m. kan anses vara skadedjur
- Kräver skötselplan och skötsel
- Okunskap om hur växter fungerar
- GYF som beräkningsmodell
- Tung konstruktion, kräver variation i bjälklag. Om flexibel utplacering av växter krävs förstärkning över hela taket.
- Behov av bevattning och skötsel
- Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

5.5 Koncept 5 - Rekreation och mötesplats

REKREATION



Förslagsritning,
Rekreationstak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

Figur 6. Illustration av rekreationstaket. (Illustration: Marita Wallhagen).
För skalenlig ritning se Bilaga 5.

5.5.1 Målbild och grundkrav

Rekreationstakets målbild är att skapa gröna mötesplatser med plats för umgänge, naturpedagogik, vila och viss möjlighet till fysisk aktivitet och odling. Kravsättning är att taket ska ha minst en av dessa funktioner och ska kunna användas för minst 6 personer samtidigt som minst 40 procent av takytan har någon form av vegetation. Rekreationstaket i detta projekt visar exempel på vad som kan finnas på ett sådan tak. Växtlighet i detta fall har valts att användas även som rumsbildande element för att möjliggöra flera olika funktioner på relativt liten yta och för att genom att skapa vindskydd också bidra till att taket blir mer ombonat och attraktivt att vistas på. Växtligheten kan i övrigt innehålla både vackra och väldoftande perenner och annueller och kulturväxter.

För att klara koncepttakets grundkrav krävs att delar av taket utformas så att de kan beträdas av människor och att grönstrukturen på taket bidrar till naturkontakt och på så sätt ger en eller flera kulturella ekosystemtjänster.

5.5.2 Definition och ekosystemtjänster

Rekreationstaket bidrar till mentalt och fysiskt välbefinnande genom att det möjliggör vistelse i gröna miljöer, möjlighet till sociala interaktioner genom gröna mötesplatser och viss möjlighet till fysisk aktivitet och odling. Kunskapsmöjligheter kan ges genom information och bl.a. boplatser för insekter. Med delvis djupare växtbäddar fungerar rekreationstaket som flödesreglering, bullerdämpning, temperaturreglering och luftrening. Bra växtval och boplatser för insekter ger biologisk mångfald och pollinering.

Koncepttaket för rekreation är en grön mötesplats för personer från olika generationer. Här finns platser nära grönska för umgänge, rörelse, lek, rekreation, naturpedagogik, vila och kontemplation. Vegetation används för att skapa "rum" och kombineras med sittplatser, olika redskap och möbler för olika typer av aktiviteter såsom träning, matlagning, vila och lek. Taket ger visuella kvalitéer i form av variation i växtlighet, minnesväckande blomdoft, vacker fågelsång och lugnande insektsurr. Väldoftande kryddväxter och slingrande långblommade kaprifol samt sandmiljöer och bihotell med små hål kan bidra till ett trivsamt bakgrundsurr och intresseväckande rörligt liv på taket. Värt att påpeka är att solitära vildbin inte är aggressiva och inte sticks.

Studier har visat att vistelse i naturen är bra för både kropp och själ, rekreationstaket kan vara på så sätt bli ett visst substitut för äkta natur för de som bor eller vistas i byggnaden. Dofter och ljud ger sinnesfrid och harmoniserar våra sinnen. Inandning av många naturligt förekommande växtsubstanser och -molekyler är dessutom gynnsamt för att hålla människans immunsystem alert.

För rekreationstaket är ett system för uppsamling av regnvatten nödvändigt eftersom bevattning av de upphöjda odlingslådorna och blomsterurnorna kommer att krävas. Det bör även finnas tillgång till rent dricksvatten i närheten av plats för matlagning.

De ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar som rekreationstaket förväntas tillhandahålla samt nivå för leverans visas i Tabell 5.

Tabell 5. Beskrivning av rekreationstakets leverans av ekosystemtjänster.

Ekosystemtjänster/naturbaserade lösningar		Omfattning
Stödjande	Biologisk mångfald	MEDEL
	Återcirkulation av näringsämnen	-
Försörjande	Matförsörjning	-
Reglerande	Reglering av lokalklimat	LÅG - MEDEL
	Luftrening	LÅG - MEDEL
	Reglering av buller	LÅG - MEDEL
	Reglering av vatten	LÅG - MEDEL
	Pollinering (boplatser och föda)	LÅG - MEDEL
Kulturella	Mentalt välbefinnande/estetiska värden	HÖG
	Kunskap och inspiration	MEDEL - HÖG
	Social interaktion	HÖG



5.5.3 Tekniska data och konstruktion

Rekreationstaket kommer att innebära förhöjda viktbelastningar jämfört med konventionella tak utan redskap, möbler, växtlighet och människor. Hänsyn till detta måste tas vid projekteringen av byggnaden. Det kan innebära en målkonflikt mellan å ena sidan de tillskapade ekosystemtjänsterna och å andra sidan ökad miljöpåverkan genom koldioxidutsläpp och naturresursanvändning för en förstärkt byggnadskonstruktion.

På grund av att rekreationstaket är planerat för att man ska gå på taket behöver takmaterialet och takkonstruktion anpassas för det. Hela taket behöver inte vara utformat för att beträdas, men de delar om är det behöver utformas så att takets tätskikt skyddas från slitage. Här kan trädäck, plattsättning med natursten, granitkeramik eller andra väderbeständiga material användas.

Det kan vara bra att vintertid ha tillgång till plats i förråd för förvaring av möbler och vissa redskap.

Vid plantering av buskar eller klätterväxter på spaljé kan det vara viktigt att planera för någon form av bevattning, och även förankring av växterna och planteringskärlen så att de inte välter vid kraftig vind.

Eftersom rekreationstaket är tänkt att nyttjas av människor behöver taket vara tillgängligt och planeras för brandutrymning. Detta kan innebära att det krävs hiss upp till taket, att flera utrymningsvägar planeras, och/eller att ett begränsat antal personer får vistas på taket samtidigt.

Substrat

På de takytor som är tillgängliga och ska beträdas behövs som nämns tidigare material som skyddar takets tätskikt. På övriga ytor kan moss-sedum anläggas men takmaterialet kan

också lämnas synligt. Odlingslådor odlingskärn kan placeras ovanpå taket separat från taket. De blir därmed inte en del av taket och kan flyttas om man vill möblera om.

Substraten i odlingskärnen anpassas efter vilken vegetation som ska anläggas. För mossbädd så krävs sur jord. Vid val av jord kan vikten vara av betydelse.

Vegetation

Buskar och klängväxter i odlingslådor

Buskar och klängväxter i odlingslådor fungerar som rumsavdelare och som vindskydd. Förslag till arter är en kombination av ätliga växter såsom bärbuskar (vinbär, krusbär, blåbärstry osv), hallon, uppstammade mindre fruktträd, bönor och blommande buskar och klängväxter såsom pipranka, kaprifol (ej äkta kaprifol), klematis, humle (ej japansk humle), silverregn, japansk traddödare.

Blomsterurnor

I blomsterurnor kan med fördel torktåliga nektar- och pollenrika kryddväxter och blommor planteras, såsom oregano, timjan, rosmarin och lavendel.

Moss- och örtbäddar (till soffa och vilsäng)

Som växtmaterial i växtbäddar gräsmissa anläggas (*Brachythecium rutabulum*), som är relativt enkel att odla (Nordenborg 2011). Mossor kan vara ganska så känsliga för hårt slitage så om det är ytor som används ofta krävs att de kombineras med gräs eller tåligare örter som timjan (exempelvis backtimjan, citrontimjan, vildtimjan). Ett alternativ är att växter planteras under ett galler eller starkare nät som den sedan får växa upp igenom. På så sätt skyddas delar av plantorna från för hårt slitage vid hög användning.

Sandbäddar

Sandbäddar och -lådor kan vara både till för lek samt för boplatser för insekter. Platser för lek ska gärna uppmuntra till rörelse, kreativitet och upptäckarhunger, dock bör sandmiljöerna med insekters bon inte kunna grävs upp av lekande barn. Virke som används i olika redskap ska inte vara impregnerad och dessa kan gärna ha borrarade hål som skapar boplatser för insekter. Separata stockar eller bihotell kan alternativt placeras ut. Dessa placeras gärna i närheten av lekredskap så att chansen att få se insekterna ökar. Denna sand och ved i kombination med ett rikt utbud av nektarväxter som har olika blomningstider under säsongen kan skapa goda förutsättningar för pollinätör- och stekelsamhällen och att man lär sig mer om dem.

Kryddor och odlingsväggar

Bredvid köksbänken placeras odling av kryddor, sallad eller andra ätbara växter. Timjan, gräslök, oregano (kungsmynta), myntasorter och rosmarin är exempel på lämpliga arter.

Sedumytor

Exempel på vegetationsskiktet på takytor som inte är gångytor är att anlägga ett standardsedumtak (mossedumtak) likt det som föreslås på energitaket. Detta har dock relativt få arter och därmed låg biologisk mångfald.

Icke vegetationselement

De redskap och möbler som placeras på rekreationstaket kan med fördel vara av lätt material så att inte taklasten ökar. Samtidigt kan det vara en fördel att de är så pass tunga eller förankras väl så att det inte finns risk att de blåser omkull. Risk för stöld eller vandalisism kan också finnas.

- Kryddodling nära plats för matlagning med köksbänk, gärna med diskho och tillgång till vatten.

- Utegyms med träningsställning, träningscyklar och andra utomhusträningsredskap omgärdat av grönska och gärna med utsikt.
- Sittplatser för både umgänge och avskildhet/vila med blomsterurnor och avgränsande häckar eller klängväxter på spaljéer.
- Utomhusdusch med duschdraperi placerad nära sedumtaket.
- Promenadstråk bredvid växtytorna på delar av taket bör vara av material som man får gå på som samtidigt skyddar takmaterialet.

5.5.4 Drivkrafter för fastighetsägare

Fem olika drivkrafter för fastighetsägare har identifierats för rekreationstaket:

- Social hållbarhet
- Social samlingsplats
- Människor ger köpkraft - lokal ekonomi
- Förbättrad fysisk och psykisk hälsa
- Hög GYF
- Kan vara komplement till utomhusyta vid brist på utomhusytor eller balkonger.
- Dagvattenfördröjning
- Bullerdämpning
- Reglering av lokalklimat
- Förhöjd trivsel som leder till lägre omsättning av hyresgäster

5.5.5 Hinder för fastighetsägare

För fastighetsägare har följande hinder för anläggning av rekreationstak identifierats:

- Ökad risk för fuktskador (fastighetsskador)
- Vatten- och jordmassor m.m. ger extra viktbelastning
- Avfallshantering krävs
- Brister i avfallshantering leder till skadedjur
- ”Fel” målgrupp kan appropriera platsen
- Risk för skadegörelse och ökat slitage
- Växtval påverkar upplevd trygghet
- GYF som beräkningsmodell
- Ökat skötselbehov
- Tillgänglighetskrav
- Utrymningsvägar behövs
- Brandsäkerhetskrav
- Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

6. DRIVKRAFTER OCH HINDER FÖR EN MARKNADSDRIVEN UTVECKLING AV GRÖNA TAK

Det här projektet analyserar ekosystemtjänster ur ett multidisciplinärt perspektiv. För att kunna fullfölja projektets syfte med att stärka och bevara ekosystemtjänster har drivkrafter och hinder för gröna taks möjligheter till ekosystemtjänster identifierats utifrån fastighetsägarens perspektiv, samt med utgångspunkten att skapa en marknadsdriven utveckling för att stärka och bevara ekosystemtjänster med hjälp av gröna tak.

6.1 Drivkrafter för fastighetsägare att satsa på gröna tak

Det finns en rad drivkrafter för fastighetsägare att satsa på gröna tak. Generellt bidrar gröna tak till ökade förutsättningar för fastighetsägare att uppfylla kommunala krav på grönytefaktorer, ger en förbättrad image ur både ett hållbarhetsperspektiv och ett varumärkesperspektiv och möjliggör lägre driftskostnader. De kan även förlänga livslängden på tak samt skapa nöjdare brukare/boende vilket kan minska omsättning av hyresgäster. I Tabell 6 redovisas de drivkrafter som ur fastighetsägarperspektiv har identifierats för vart och ett av de fem koncept för gröna tak som ingår i detta projekt.

Tabell 6. Identifierade drivkrafter förknippade med gröna tak för fastighetsägare.

Drivkrafter	Vattentaket	Odlingstaket	Energistaket	Biologisk mångfaldtak	Rekreationstaket
Bullerdämpning	X	X		X	X
Dagvattenhantering och -fördröjningskrav från kommunen	X	X	(X)	X	(X)
Förbättrad fysisk och psykisk hälsa	(X)	X		(X)	X
Förhöjd trivsel som leder till lägre omsättning av hyresgäster					X
Hög GYF	X	X		X	X
Kompensation för brist på grönytor på fastigheten eller närområdet				X	X
Lokal ekonomi - människor ger köpkraft					X
Lokal energiproduktion för eget bruk			X		
Lokal matproduktion och råvaror		X			
Marknadsföring/"Branding"		X			X
Miljönytta				X	
Minskade driftskostnader för uppvärmning och kyla	X		X	X	
Möjlighet att sälja överskott av energi till det lokala nätet			X		
Möjlighet till cirkulära system	X				
Näringsåterföring		X			
Reglering av lokalklimat	X		(X)	X	X
Social samlingsplats					X
Visuella och estetiska värden	(X)			X	X
Ökad social hållbarhet					X

6.2 Hinder för fastighetsägare förknippat med gröna tak

Hinder som gäller alla de framtagna fem koncepten är främst ekonomiskt relaterade alternativt kopplat till genomförbarhet. Utöver det kan fastighetsägares brist på

medvetenhet och kunskap om gröna miljöer påverka bland annat viljan att implementera strategier, konstruktioner och skötselkrav. Fastighetsägare kan också stöta på problem i genomförandet på grund av att entreprenörer motsätter sig gröna tak till följd av skötselkostnader och garantikrav. Vidare kan upphandling av fuktsäkra installationer, skötsel och konstruktion också innebära en risk om det brister i kompetens och platskunskap i leden mellan aktörerna. Brist på konkret växt- och/eller landskapskompetens är också ett generellt hinder i implementeringen av gröna tak. Brist på tillgång till snabba leveranser och produktion av de växter som önskas för ett specifikt tak kan också utgöra ett hinder. Ökade laster kan innebära ökade kostnader och ibland även tekniska svårigheter gällande konstruktionslösningar och ökade koldioxidutsläpp från ökad användning av byggnadsmaterial (främst betong). I Tabell 7 redovisas de hinder som har identifierats för vart och ett av de fem koncept för gröna tak som ingår i detta projekt.

Tabell 7. Identifierade gröna tak-relaterade hinder för fastighetsägare.

Hinder	Vattentaket	Odlingstaket	Energitaket	Biologisk mångfaldtak	Rekreationstaket
Avfallshantering behövs		X			X
Gödsling – kan lukta illa och påverka möjligheten till socialt liv		X			
"Fel målgrupp" kan appropriera platsen					X
Behov av utrymningsvägar					X
Brandsäkerhetskrav			(X)		X
Detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs	X	X	X	X	X
GYF som beräkningsmodell	X	X		X	X
Kräver skötselplan och underhåll	X	X	(X)	X	X
Motstånd från VA-branschen att skapa/implementera nya system	X				
Okunskap om hur växter fungerar				X	
Risk för skadedjur (inkl insekter)		X		X	X
Risk för skadegörelse och ökat slitage					X
Skötsel av energisystem			X		
Tillgänglighetskrav	(X)	(X)	(X)	(X)	X
Tung konstruktion, kräver variation i bjälklag. Om flexibel utplacering av växter krävs förstärkning över hela taket				X	
Vatten- och/eller jordmassor skapar extra tyngd	X	X	(X)	X	X
Växtval påverkar upplevd trygghet					X
Ökad risk för fuktskador/fastighetsskador	X	X	X	X	X

7. SAMHÄLSEKONOMISK VÄRDERING AV EKOSYSTEMTJÄNSTER

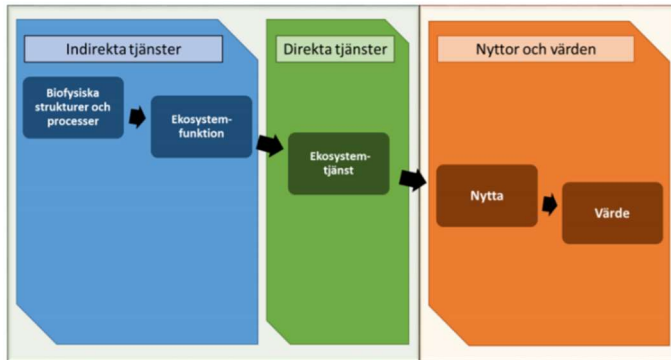
7.1 Varför och hur värderas ekosystemtjänster?

Syftet med värdering av ekosystemtjänster är att visa på, och skapa en förståelse för, människors beroende av fungerande och friska ekosystem (Naturvårdsverket, 2015). Genom att belysa och beskriva de värden som är förknippade med ekosystemtjänster kan dess betydelse vägas in i beslutsfattande. De möjliggör i sin tur för ett långsiktigt hållbart förvaltande av våra gemensamma resurser. Därtill underlättar värdering även för privata och offentliga aktörer att aktivt arbeta med att skapa och stärka tillhandahållandet av ekosystemtjänster. Detta bidrar till såväl ökad välfärd som till en hållbar utveckling.

Det finns olika metoder för värdering av ekosystemtjänster såsom kvalitativa beskrivningar, olika poängsystem eller ekonomisk värdering. Ekosystemtjänsters ekonomiska värde kan erhållas genom att undersöka individers preferenser för de nyttigheter som de bidrar med, vilket åskådliggör ekosystemtjänsternas bidrag till samhällsnytta dvs. människors välbefinnande och företagsekonomisk lönsamhet (Naturvårdsverket, 2015).

Ekosystemtjänster genererar ekonomiska värden i termer av såväl användarvärden som icke-användarvärden. Tillsammans utgör dessa två kategorier ett totalt ekonomiskt värde. Användarvärden innebär t.ex. användandet av livsmedel som naturen producerar eller utövandet av rekreation. Icke-användarvärden handlar t.ex. om det värde som människor upplever till följd av blotta vetskapen om att ett ekosystem har god status eller bevaras för framtida generationer. Eftersom många av de värden som ekosystemtjänster genererar inte finns representerade på en marknad tillämpas olika metoder för att åskådliggöra deras ekonomiska värde för människor. Exempelvis kan enkätundersökningar via e-post eller telefon tillämpas, där människor utifrån ett hypotetiskt scenario tillfrågas om sin betalningsvilja för att en viss miljöförändring eller ökad tillgång till en ekosystemtjänst. Detta kan t.ex. handla om att undersöka vad människor är villiga att betala för att återinföra en viss fiskart i en sjö (s.k. Stated Preferences). En annan metod innebär att människors konsumtionsbeteende studeras för att avgöra deras preferenser för olika miljönyttor t.ex. hur avståndet till närmsta park påverkar försäljningspriset på ett hus (s.k. Revealed Preferences). Endast Stated Preferences-metoder kan användas för att uttrycka icke-användarvärden i ekonomiska termer.

Vid värdering av ekosystemtjänster är det viktigt att identifiera interaktionen mellan de olika ekosystemtjänsterna för att därmed kunna kartlägga de ekologiska samband som i slutänden leder till nytta för människor (Naturvårdsverket, 2015). För att undvika dubbelräkning är det just den "slutnytta", som genereras från de direkta ekosystemtjänsterna som bör värderas. Detta eftersom värdet av de underliggande indirekta ekosystemtjänsterna därmed inkluderas genom att de bidrar till de direkta. Vad som betraktas som en indirekt eller direkt ekosystemtjänst kan dock variera beroende på sammanhanget. Stödande ekosystemtjänster, såsom fotosyntes, biogeokemiska kretslopp och biologisk mångfald, är en förutsättning för att övriga ekosystemtjänster ska fungera och utgör därför vanligen sådana indirekta ekosystemtjänster. Således är det ytterst sällan som dessa värderas separat, se Figur 7 för exempel.



Figur 7. Kedja av händelser/ekosystemtjänster som leder fram till slutgiltigt värde. (Källa: Anthesis (Nordzell et al.), 2019 baserad på Potschin & Haines-Young, 2016).

7.2 Ekonomiska värden för identifierade ekosystemtjänster

I de följande avsnitten presenteras ekonomiska värden för de ekosystemtjänster som har identifierats för de fem olika koncepttaken. Dessa har sammanställts baserat på en litteraturgenomgång av relevanta källor, framförallt rapporter och tidskriftsartiklar, men också andra typer av källor såsom material från företag eller branschorganisationer verksamma inom området gröna tak. Studierna har antingen undersökt hur ekosystemtjänster tillhandahållna av gröna tak levererar nytta i kvantitativa mått genom att använda sig av indikatorer t.ex. upptag av NO_x per m², eller vad människor är villiga att betala för dessa alternativt vilken kostnad som undvikts med hjälp av ekosystemtjänsten. Därtill presenteras så kallade generiska schablonvärden.

Endast värden som är möjliga att använda för värdeöverföring (Benefit transfer) till de fem koncepttaken har inkluderats i den bedömning som har gjorts inom projektet. Värdeöverföring kan tillämpas för att sätta ett värde på de tjänster som naturen producerar när det inte är möjligt att genomföra primära värderingstudier inom ramen för ett projekt. Det bör dock noteras att detta är det näst-bästa alternativet, eftersom primära värderingstudier anpassade till den specifika platsen eller situationen i de allra flesta fall är att föredra. Överföring av värden från tidigare studier är således i regel förknippat med stor osäkerhet.⁶ Även standardiserade schablonvärden bör tolkas med försiktighet.

7.2.1 Stödjande ekosystemtjänster

De stödjande ekosystemtjänsterna som gröna tak tillhandahåller finns listade nedan, men som nämnts ovan värderas dessa inte separat eftersom de är indirekta ekosystemtjänster. För en kvalitativ beskrivning av ekosystemtjänsternas värden se avsnitt 4.1.

Biologisk mångfald, 1.1 enligt Boverket.

Ekologiskt samspel (Möjlig om mikrohabitat, växtval osv. anpassas till omgivningen), 1.2 enligt Boverket.

Naturliga kretslopp (Återcirkulation av näringsämnen), 1.4 enligt Boverket.

⁶ Naturvårdsverket, 2015.

7.2.2 Reglerande ekosystemtjänster

Tabell 8. Reglering av lokalklimat (Främst temperaturreglering), 2.1 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
Gröna tak bidrar till reglering av lokalklimatet och därmed reduktion av urbana värmeöar, vilket kan innebära minskad värmestress hos människor (och djur) som i sin tur leder till minskad mortalitet.	Minskning i lokal temperatur vid installation av gröna tak (inga/osäkra uppskattningar) ⁷ 3,1–7,7 % ökad dödlighet/dag för värme över tröskelvärdet 22–23°C (Rocklöv & Forsberg, 2008)	VSL (värdet av ett statistiskt liv): 40,5 miljoner SEK/dödsfall (ASEK, 2018)
Gröna tak bidrar till en minskad värmeförlust, vilket mäts genom <i>Värmegenomgångskoefficienten</i> . Ett lägre värde innebär bättre isolering och i sin tur ett minskat energibehov och minskade elkostnader som följd.	Minskad värmeförlust i W/m ² 0-3 (Från 8-9 för referenstaket till 6-8 för ett grönt tak) Liu & Baskaran, 2003	Marknadspris för el i SEK/kWh
	Minskad energianvändning för nedkylning i %/år 0,7-10* 10** *Rosenzweig et al., 2006 **Zinzi & Agnoli, 2012	
Gröna tak bidrar till reglering av inomhusklimatet, i en svensk kontext speciellt nedkylningsbehov, som leder till minskade elkostnader.	Minskad energianvändning för nedkylning i %/år 0,7-10* 10** *Rosenzweig et al., 2006 **Zinzi & Agnoli, 2012	Marknadspris för el i SEK/kWh

Tabell 9. Luftrening, 2.4 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering		Ekonomisk värdering
Upptag av luftföroreningar som bidrar till minskade skador på människor och miljö.	Luftförorening	kg/10 000 m ² /år	SEK ₂₀₁₄ /kg
	Ozon (O ₃)	30-44	Värde för överföring saknas
	Svaveldioxid (NO _x)	16-23	29*
	Kvävedioxid (SO ₂)	4-6	86*
	PM ₁₀	8-12	286**
	Yang et al., 2008 – Höga skattningar Currie & Bass, 2008 – Låga skattningar		*ASEK, 2018 **Noring et al. 2014 se Prisdatabas sam. ek. schablonvärden Samtliga värden gäller för regionala effekter.
Växter och träd upptag eller lagring av koldioxid (CO ₂) som minskar den globala uppvärmningen och därmed klimatrelaterade skador. ⁸	Typ av grönt tak	kg CO ₂ /m ² /år	7 SEK ₂₀₂₀ /kg (kommande ASEK-revidering ⁹)
	Sedumtak	0,26*	
	Obevattnat, extensivt	0,313**	
	*Getter et al., 2009 **Heusinger & Weber, 2017		

⁷ Gröna taks inverkan på det lokala klimatet i tätorter består dels av ökad reflektion av solljuset, dels av en ökad evapotranspiration (Emilsson, 2008). För att sådana temperaturreducerande effekter ska uppstå krävs emellertid att stora ytor med sammanhängande gröna tak anläggs i städerna (Li et al., 2014). Det är, baserat på tillgänglig litteratur och forskning, osäkert om/vilken effekt som kan uppnås av några få gröna tak. Kostnader och nyttor relaterade till uppkomsten av värmeöar har heller inte tidigare uppskattats eller listats i en omfattande bemärkelse (Nurmi et al. 2016).

⁸ I studien av Heusinger & Weber (2017) minskade dagsupptaget linjärt med substratfuktighet under torra perioder.

⁹ https://www.trafikverket.se/contentassets/1160ae4fe6504bba8e3629eee4b60d7c/rapport-regeringsuppdrag-verka-for-bättre-förutsättningar_trv-2018-93267.pdf

Tabell 10. Reglering av buller, 2.5 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
Minskning av buller från vägfordon.	Minskning i dBA ¹⁰	Undvikt kostnad för buller i SEK/person/år, se Tabell 1.
	Ca 2 dBA för ett grönt platt tak	
	<8 dBA för ett grönt lutande tak	
	(HOSANNA, 2013) ¹¹	

Tabell 11. Kostnad för buller från väg- respektive tågtrafik (störningseffekter och hälsoeffekter) vid vistelse utomhus och inomhus. Total kostnad i SEK per person och år. Prisnivå 2014. (Källa: ASEK, 2018)

Bullernivå (dB)	Kostnad för buller från vägtrafik (SEK/person/år)	Marginalkostnad vägtrafik (SEK/person/år)	Kostnad för buller från tågtrafik (SEK/person/år)	Marginalkostnad tågtrafik (SEK/person/år)
50	155		62	
51	483	328	192	130
52	985	502	389	197
53	1 660	675	653	264
54	2 508	848	985	332
55	3 529	1 021	1 383	398
56	4 723	1 194	1 849	466
57	6 091	1 368	2 383	534
58	7 700	1 609	3 051	668
59	9 469	1 769	3 774	723
60	11 439	1 970	4 591	817
61	13 595	2 156	5 489	898
62	15 952	2 357	6 481	992
63	18 509	2 557	7 568	1 087
64	21 254	2 745	8 737	1 169
65	24 185	2 931	9 986	1 249
66	27 317	3 132	11 329	1 343
67	30 649	3 332	12 767	1 438
68	34 182	3 533	14 300	1 533
69	37 905	3 723	15 917	1 617
70	41 845	3 940	17 645	1 728
71	45 972	4 127	19 454	1 809
72	50 300	4 328	21 358	1 904
73	54 828	4 528	23 356	1 998
74	59 557	4 729	25 449	2 093
75	64 500	4 943	27 650	2 201

Tabell 12. Rening och reglering av vatten (Främst flödesreglering), 2.6 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
-----	---------------	---------------------

¹⁰ A-vägningen används för att efterlikna hörselns varierande känslighet, då känsligheten för låga frekvenser är betydligt lägre än känsligheten för högre frekvenser. A-vägningen används normalt för trafikbuller (Trafikverket, 2017).

¹¹ Uppskattningar gäller för ett semi-extensivt grönt tak med 10 cm tjockt substrat runt en innergård. Beräkningarna har gjorts baserat på buller från en tvåfilsväg med 95 % lätta fordon och 5 % tunga fordon med en hastighet på 50 km/h.

<p>Gröna tak bidrar till minskade dagvattenflöden genom sin vattenhållande förmåga, vilket leder till undvikta kostnader för rening av avloppsvatten.</p> <p><i>Antagande: Dagvattnet leds via kombinerade ledningar till ett reningsverk¹²</i></p>	<p>Vattenhållningsförmåga som procentandel av total nederbörd, se Tabell 2.</p> <p>Med antagandet om att ett vanligt tak har 0 % vattenhållningsförmåga leder ett grönt tak till minskade dagvattenflöden motsvarande mellan 40-90 %, mätt i m³.</p>	<p>Undvikt kostnad för avloppsrening i SEK₂₀₁₇/m³</p> <table border="1"> <tr> <td>Sverige¹³</td> <td>1-4</td> </tr> </table> <p>Baresel et al., 2017</p>	Sverige ¹³	1-4		
		Sverige ¹³	1-4			
<p>Undvikt kostnad för avloppsrening i EURO₂₀₁₃/m³</p> <table border="1"> <tr> <td>Stockholm</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Göteborg</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Malmö</td> <td>0,4</td> </tr> </table> <p>Stockholm Vatten (med flera), 2013</p>	Stockholm	0,2	Göteborg	0,2	Malmö	0,4
Stockholm	0,2					
Göteborg	0,2					
Malmö	0,4					
<p>Gröna tak bidrar till minskade dagvattenflöden genom sin vattenhållande förmåga, vilket leder till undvikta kostnader för utsläpp av Fosfor (P) och Kväve (N) till vattenmiljöer.</p> <p><i>Antagande: Dagvattnet leds i separata ledningar till närliggande vattendrag.</i></p>	<p>Vattenhållningsförmåga som procentandel av total nederbörd, se Tabell 2.</p> <p>Mängd P respektive N per liter dagvatten.¹⁴</p>	<p>Undvikt kostnad för utsläpp av P och N till vattenmiljöer i SEK₂₀₁₉/kg</p> <table border="1"> <tr> <td>Fosfor (P)*</td> <td>8 087</td> </tr> <tr> <td>Kväve (N)**</td> <td>78</td> </tr> </table> <p>Naturvårdsverkets prisdatabas¹⁵</p> <p>*Genomsnittligt värde för Bottenhavet/Norra Östersjön. Värdet gäller minskad tillförsel av fosfor till sjöar och vattendrag (som ej uppnår god status).</p> <p>**Gäller för hela Sverige. Värdet gäller minskad tillförsel av kväve till kusten (Östersjön inkl. Kattegatt).</p>	Fosfor (P)*	8 087	Kväve (N)**	78
		Fosfor (P)*	8 087			
Kväve (N)**	78					

Tabell 13. Relation mellan substratdjup och gröna taks vattenhållande förmåga. (Källa: Livingroofs, 2020)

Typ av gröna tak	Substratdjup (mm)	Vegetation	Årlig genomsnittlig vattenhållningsförmåga i % av total nederbörd
Extensiva	20-40	Mossa/Sedum	40
	40-60	Sedum/Mossa	45
	60-100	Sedum/Mossa/Ört	50
	100-150	Sedum/Mossa/Gräs	55
	150-200	Gräs/Ört	60
Intensiva	150-250	Gräsmatta/Buskar	60
	200-250	Gräsmatta/Buskar	70
	500<	Gräsmatta/Buskar/Träd	90<

Pollinering (Boplatser och föda för insekter), 2.7 enligt Boverket

Om det finns odlingar i närheten som gynnas av den ökade mängden pollinerare skulle värdet av pollineringen kunna estimeras genom marknadsvärdesmetoden. Vanligtvis skulle då värdet av pollinerings tjänsten för de aktuella grödorna uppskattas med hjälp av en produktionsfunktion där kvoten för respektive grödas beroende av insektpollinering (t.ex.

¹² Ofta transporteras dagvattnet i separata ledningar till närmaste sjö eller vattendrag, men i äldre stadskärnor avleds dagvattnet ofta genom s.k. kombinerade ledningar och hamnar då i reningsverken där det renas ihop med övrigt avloppsvatten (Svenskt Vatten: <https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/avloppsfakta/>).

¹³ Reningskostnaderna i SEK/m³ räknades fram genom summan av annuitetskostnader och årliga driftkostnader som delas med det totala årliga behandlade vattenflödet genom reningsverket. Kostnaden varierar dock kraftigt beroende på teknik och anläggningsstorlek. (Baresel et al., 2017).

¹⁴ <http://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2019-02.pdf>

¹⁵ <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/samhallsekonomisk-analys/Prisdatabas-samhallsekonomiska-schablonvarden-2018-02-20.xlsx>

¼) multipliceras med dess totala marknadspris (Breeze, 2015). Dock, eftersom det rör sig om pollinerare på gröna tak i stadsmiljö vilka normalt sett befinner sig långt ifrån odlingar, kan det ej ses som troligt att dessa värden uppkommer.

Däremot bidrar bevarandet eller gynnandet av pollinerare till andra nyttor för människor genom den blotta vetskapen om att pollinerare existerar (s.k. icke-användarvärden) samt genom att de t.ex. gynnar tillväxten och mångfalden av blommor och träd, vilket bidrar till ökade estetiska värden (Hanley, 2014).

Inga uppskattningar för dessa värden möjliga att använda för värdeöverföring har emellertid identifierats.

7.2.3 Försörjande ekosystemtjänster

Tabell 14. Matförsörjning, 3.1 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
Gröna tak skapar möjligheter för att odla livsmedel, vilka växer genom naturliga processer, och som sedan kan skördas och nyttjas direkt eller säljas på en befintlig marknad.	Vikt eller antal av det livsmedel som produceras.	Vinstmarginal och marknadspris/st eller kg

7.2.4 Kulturella ekosystemtjänster

Tabell 15. Mentalt välbefinnande (Främst estetiska värden), 4.2 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
Gröna tak är natursköna och tillhandahåller därför estetiska/sceniska nyttor till människor, vilket ökar vårt välbefinnande.	Simulering med antagandet om en lika fördelning av gröna tak över det vidare stadsområdet i Helsingfors, där 10 % av taken i det centrala affärsområdet görs gröna. (Nurmi et al., 2016).	Estetiska/sceniska nyttor av gröna tak i EURO ₂₀₁₁ /m ² 0-10* *Antaganden: (1) Gröna tak innehar ett värde i de affärsområdena med lägst andel statsgrönt. (2) Det estetiska/sceniska värdet ligger nära det för en liten park, exkluderat användarvärden. (3) Det genomsnittliga marginalvärdet av den ökade mängden statsgrönt närmar sig noll för den sista simulerade gröna takinstallationen eftersom mängden statsgrönt då är mindre knapp. (Nurmi et al., 2016).

Kunskap och inspiration, 4.3 enligt Boverket.

Inga/osäkra uppskattningar. Gröna tak kan användas för aktiviteter som sprider kunskap och inspiration. Det kan vara studiecirklar, bokgrupper eller konstklasser etc. Trots att dessa aktiviteter med stor sannolikhet bidrar till välbefinnande genom att generera kunskap och inspiration saknas det idag lämpliga värderingsstudier för att kunna göra monetära uppskattningar.

Tabell 16. Social interaktion, 4.4 enligt Boverket.

Hur	Kvantifiering	Ekonomisk värdering
Gröna tak som går att vistas på erbjuder en plats för rekreation i form av social interaktion genom t.ex. möten och samtal, vilket ökar vårt välbefinnande.	Hysesgästers ytterligare betalningsvilja, som procentandel av hyran, för ett icke-tillgängligt respektive tillgängligt grönt tak på bostaden.	WTP för ett tillgängligt grönt tak (endast rekreationsvärdet) 2 %* Teotónio et al., 2020 *Eget antagande: För att isolera rekreationsvärdet av ett grönt tak antas mellanskillnaden mellan betalningsviljan för ett icke-tillgängligt respektive tillgängligt grönt tak motsvara värdet på ekosystemtjänsten "Social interaktion".

7.3 Generell värdering av gröna tak

För att ta reda på hur mycket människor är villiga att betala för att det finns ett grönt tak, istället för någon form av konventionellt tak, kan metoden "Hedonic pricing" tillämpas. I en hedonisk prisstudie undersöks med hjälp av statistisk analys (regressionsmodell) hur olika fastighetsegenskaper påverkar försäljningspriset eller hyresavgiften för en fastighet. Dessa egenskaper består bl.a. av area, antal rum, lokalisering och skick. Genom att lägga till en förklarande variabel för om fastigheten har ett grönt tak eller ej, kan betalningsviljan för just den egenskapen isoleras och beräknas. Vad varje person relaterar för värden till ett grönt tak (t.ex. visuella värden, vattenreglering eller rekreationsmöjligheter) kan skilja och beror på individernas preferenser. Alltså kan värdet för flera olika ekosystemtjänster ingå.

I Tabell 17 visas ett exempel på en metastudie som har sammanfattat resultatet från åtta tidigare hedoniska prisstudier som undersökte människors betalningsvilja för gröna tak.

Tabell 17. Resultat från en META-studie som sammanställt betalningsviljan för gröna tak från åtta tidigare hedoniska prisstudier.

Författare, år	Om det estimerade värdet	Metod	Värdering
Veisten et al., 2012	Personers betalningsvilja för nyttigheter/bekvämlighetsvärden från gröna tak eller väggar (ej värden kopplat till förbättrad akustik). Värderingen är förenad med stor osäkerhet pga. lågt antal observationer, antaganden samt att vissa egenskaper inte har gått at kontrollera för.	Meta-studie av 8 hedoniska prisstudier	Medelvärde: EURO ₂₀₁₀ 18.7/m ² grönyta/hushåll/år 90 % konfidensintervall: EURO ₂₀₁₀ 3-60/m ² grönyta/hushåll/år

8. FASTIGHETSEKONOMISKA ASPEKTER

I detta kapitel presenteras en analys hur etablering av de olika typerna av gröna tak kan påverka byggkalkyler och fastighetsekonomisk avkastning. Analysen baseras på intervjuer som har genomförts med aktörer i bygg- och fastighetsbranschen.

8.1 Projektering

I regel innebär anläggning av gröna tak en marginell extra kostnad för projektering. Men ju tidigare i processen som idén om att anlägga ett grönt tak inkluderas desto mindre blir den extra kostnaden. För sedumtak, som numera är relativt vanligt förekommande, blir det sällan några extra kostnader. Generellt är projekteringskostnaderna för gröna tak högre vid ombyggnad av befintliga byggnader än vid nybyggnad där det planeras för ett grönt tak. Tydlighet från beställaren bidrar till att reducera projekteringskostnaderna.

Arkitekter ingår normalt i arbetsgruppen när gröna tak ska projekteras. Den ytterligare typ av kompetens som också kan behövas inkluderar landskapsarkitekter samt en konstruktör med fokus på projektering och byggnadsstatik avseende ökad last och hur byggnadskonstruktionen ska anpassas därefter. Frågeställningar som behöver diskuteras rör bl.a. vilken typ av verksamhet som ska bedrivas på taket, hur dagvatten ska hanteras och hur ventilationsbehoven ska tillgodoses. När det gäller behov av landskapsarkitekter så beror detta på vilka visioner och planer som finns för taket och dess användning. Sedumtak kan ofta projekteras av en arkitekt, medan t.ex. ett rekreationstak ofta också kräver en landskapsarkitekt.

Eftersom det för många av de gröna taken kan behövas någon typ av bevattningssystem krävs även att VVS-konsult projekterar det tekniska systemet för bevattningen.

8.2 Hållfasthet/konstruktion

En fastighetsekonomisk aspekt som behöver tas hänsyn till vid anläggning av de flesta typer av gröna tak, men framförallt för de med tungt substrat eller vatteninslag, är konstruktionen och dess hållfasthet. Gröna tak innebär oftast ökad tyngd på taken, och det kan kräva förändrad konstruktion för att skapa erforderlig hållfasthet att klara av lasten från taket, detsamma gäller för bjälklagen. För t.ex. koncepttaket Vattentaket som syftar till att skapa dagvattenfördröjning genom vegetation, gropar och smådammar krävs det en betydligt kraftigare konstruktion för att klara lasterna. Detta är även något som särskilt behöver tas i beaktning om det planeras för träd på taket, även för små träd. Vindlasten för mindre träd är relativt liten, här är mest vikten som behöver tas i beaktande, men jordankare förespråkas enligt Grönatakhandboken och träd kan behöva stöttas eller förankras till en början innan de har rotat sig. En annan konstruktionsaspekt att ta hänsyn till är taklutningen, en för brant lutning kan vara ett hinder för att anlägga ett grönt tak.

Det är lättare att ta hänsyn till konstruktionsaspekter vid nybyggnad, men det går även att göra vissa anpassningar i befintliga byggnader för att möjliggöra för gröna tak. Ett exempel på det är takrestaurangen Urban Deli på Sveavägen i Stockholm. Det är viktigt är att det inom projektgruppen finns kompetens gällande utformning av byggnadskonstruktioner som ska bära ett grönt tak.

För dimensionering är det centrala i projekteringen att det finns tillräcklig hållfasthet för att bära lasten. Det gäller generellt för samtliga typer av tak, dvs. gröna eller ej. Men placering av t.ex. odlingslådor och vattenmassor kan göras på ett sådant sätt att lasterna påverkar dimensioneringen så lite som möjligt. En sådan planering behövs också för de människor som ska vistas på taket. Precis som för "vanliga" tak måste konstruktionen

klara av ett vattenmättat tak samt snö- och vindlast. Detta kan innebära behov av kraftigare konstruktioner för alla gröna tak, inklusive de fem koncept som beskrivs i detta projekt vatten-, energi-, odlings-, biologisk mångfalds- samt rekreationstaket.

För vissa typer av byggnader, t.ex. träbyggnader, kan det gröna taket bidra till att skapa stabilitet om det blir en del av den bärande konstruktionen (genom att förebygga knäckning och rörelser).

Ytterligare en byggnadsteknisk aspekt med gröna tak som ofta framhävs och som i exempelvis Grönatakhandboken tas upp är att risken för fuktproblem och läckage upplevs som det största rent byggnadstekniska hotet. Dock finns det flera systemlösningar för detta som minimerar risken för läckage och fuktproblem.

8.3 Drifts- och skötselkostnader

Alla typer av tak är förknippade med olika skötselkostnader. För gröna tak är dessa kostnader i regel högre än för konventionella taktyper, ett undantag är dock sedumtak. Sedumtak kan även ha en längre livslängd än t.ex. papptak. Den löpande skötseln av gröna tak rör t.ex. odlingarna som kräver regelbundet underhåll genom exempelvis bevattning, rensning och gödning, eller energitaken som erfordrar visst systemunderhåll av solcellerna. Publikt åtkomliga tak medför i regel mer skötselkostnader än sådana som inte är tillgängliga att vistas på. Det kan t.ex. handla om underhåll och reparation av träningsmaskiner, golvbeläggning, trappor, belysning och bänkar.

Vem som ansvarar för skötselkostnaden kan variera beroende på vilka avtal som tecknats mellan fastighetsägaren och de som hyr eller använder byggnaden. Om en restaurang nyttjar odlingen är det troligt att de även ansvarar för skötseln av de grödor som odlas. Detsamma gäller för hotellverksamhet, men om lokalerna hyrs ut för kontorsverksamhet är det oftast fastighetsägaren som står för underhåll av de gemensamma areorna.

Som tidigare nämnts är det viktigt planera i förväg för att minska olika typer av kostnader, t.ex. TT välja grönska som kräver litet underhåll samt att se till att det finns möjlighet för bevattning för att slippa transportera vatten genom byggnaden för att kunna vattna växter på taket. För att minska dricksvattenanvändningen är det också fördelaktigt att ha någon form av kärl på taket där regnvatten kan samlas i bevattningssyfte. I det fallet är det också viktigt att tänka på viktbelastningen.

8.4 Säkerhetsaspekter

Vissa extra säkerhetsåtgärder måste vidtas för gröna tak, särskilt för sådana gröna tak som ska vara tillgängliga för människor att vistas på. Dessa inkluderar skalskydd, räcken, säkerhetsdörrar, utrymning etc. För hotellverksamhet krävs dessutom att någon anställd alltid ska finnas närvarande på den publika takytan.

Behovet av utrymningsvägar styrs inte av taktyp, utan snarare hur arean är tänkt att användas. Således är inte risk för behov av fler utrymningsvägar en betydande fastighetsekonomisk aspekt. Generellt gäller krav på minst två utrymningsvägar om takarean är tänkt att nyttjas för "terrassändamål", dvs. den nyttjas för mer än tillfällig vistelse. Mindre avsteg från detta skulle t.ex. kunna vara ett bostadshus eller ett kontorshus med en terrass/takarea för maximalt 15 personer där räddningstjänsten kan assistera vid utrymning med stegbil (förutsätter att takytan är maximalt 24 meter från marknivå). Särskilt utformat trapphus för brand (trapphus Tr2) kan också vara enda utrymningsvägen från en takyta med mer än tillfällig vistelse, då begränsas dock personantalet till 50 personer.

8.5 Tillgänglighet

För tak som ska vara tillgänglig för allmänheten gäller Boverkets byggregler om tillgänglighet för alla. Det innebär bl.a. krav på installation av hiss samt fasta räcken. Om större lek- eller sportytor anläggs på tak är det vanligt att även högt stängsel eller nät monteras. För gröna tak som inte ska vara tillgängliga för människor att vistas på kan det räcka med t.ex. säkerhetslinor vid skötsel av taket istället för fasta räcken. Detta beror alltså på vilken verksamhet som ska bedrivas eller takets tillgänglighet.

8.6 Fastighetsekonomiska vinster

Gröna tak kan medföra flera fastighetsekonomiska vinster för fastighetsägaren. Om det finns en bar eller restaurang med försäljning av mat och dryck på taket kan detta innebära en ökad omsättningshyra, vilket kan ha en betydande fastighetsekonomisk inverkan. Kontorslokaler bedöms också bli mer attraktiva om det finns en tillgänglig takterrass för de anställda, vilket kan leda till lägre vakansgrader för fastighetsägaren och därmed stabilare intäkter. Det kan också vara möjligt att ta ut en högre hyra när sådana mervärden som gröna tak skapar erbjuds. Såväl privata som kommersiella hyresgäster kan också vara villiga att betala högre hyra tack vare det miljövärde eller estetiska värde som ett grönt tak ger, även om taket inte är tillgängligt att vistas på. Gröna tak är alltså förknippade med ett viktigt marknadsföringsvärde eller ”branding”, som i sin tur skapar ökade intäkter för fastighetsägaren.

En annan viktig företagsekonomisk fördel fås genom fördröjning av dagvatten. Det finns både krav från myndigheter och kommuner på fastighetsägarna om dagvattenfördröjning. Genom att anlägga gröna tak kan detta krav uppfyllas utan ytterligare investering i fördröjningsteknik. I en del fall kan skärmtak och mindre tak förses med sedumtak istället för stuprörsanslutning, vilket också har en fastighetsekonomisk påverkan.

Vidare kan gröna tak bidra till minskat nedkylningsbehov av byggnaden, vilket i tidigare studier har visat sig innebära en minskad energianvändning på mellan 0,7 och 10 procent per år (Rosenzweig et al., 2006; Zinzi & Agnoli, 2012). Beroende på vilken kylteknik som används kan detta leda till en betydande minskning i driftkostnad för fastighetsägaren. Vidare skulle bättre isolering med t.ex. sedumtak kunna minska isbildning vintertid under år med rikliga snöfall. Beroende på hur vintrarna ser ut läggs mycket arbete och kostnader på snöröjning från tak. Förutom kostnader för snö- och isröjning, kan även ytterligare kostnader uppkomma genom behov av reparationer, dock kan kostnader för reparation av skador i samband med is- och snöröjning vara lägre än motsvarande kostnader för mer konventionella tak.

9. CASE – SAMHÄLSEKONOMISKA NYTTOR PÅ EN FASTIGHET I UPPSALA

I den här studien har ett kommande fastighetsprojekt i Kvarteret Siv, Uppsala använts som fallstudie för att undersöka och visa på hur de fem olika koncepttaken skulle kunna kombineras och integreras. Fastigheten ägs av Mässing Properties, och är under utveckling.

Fastighetutvecklarnas vision är att skapa en mötesplats för boende i, och besökare till, Uppsala. I lokalerna planeras för såväl hotellverksamhet, kontorslokaler som butiker. Det gröna taket är en avgörande faktor för att förverkliga visionen och skapa en attraktiv plats där människor kan träffas och umgås eller koppla av. Skissen i Figur 8 utgör ett exempel för hur det gröna taket skulle kunna utformas för att skapa möjligheter för att utveckla en sådan plats samtidigt som det gröna taket tillhandahåller de andra samhällsviktade ekosystemtjänsterna som beskrivits i rapporten.

På denna byggnads tak har de fem olika koncepttak som arbetats fram i detta projekt placerats ut för att på bästa sätt ta tillvara platsens förutsättningar. På de lägre delarna av taket, som är direkt tillgängliga från byggnaden med hiss, har rekreationstak samt odlingstak placerats. Rekreationsytorna innehåller platser för umgänge, träning, lek och matlagning omgärdat med rumsskapande buskar, blomsterurnor och sedumtak. Med hjälp av trappor och ett promenadstråk kantat av räcke finns möjlighet att förflytta sig över vatten- och biologisk mångfalds-taket, där det är mer varierad och vildare växtlighet med ängar, buskar och träd, bort till odlingstaket. På så sätt har rekreationsytorna integrerats med de andra takytorna och ytterligare platser för motion och avkoppling skapats samtidigt som de två lägre taken förbinds med varandra.

Odlingstaket finns även i det norra hörnet på det höga taket med enklare odlingsbäddar. I det nordvästra samt sydvästra hörnet har ett vattentak placerats för att möjliggöra buffring av regn och insamling av överflödigt vatten från energitaket som placerats i den södra delen av byggnaden där det finns god tillgång på solljus.

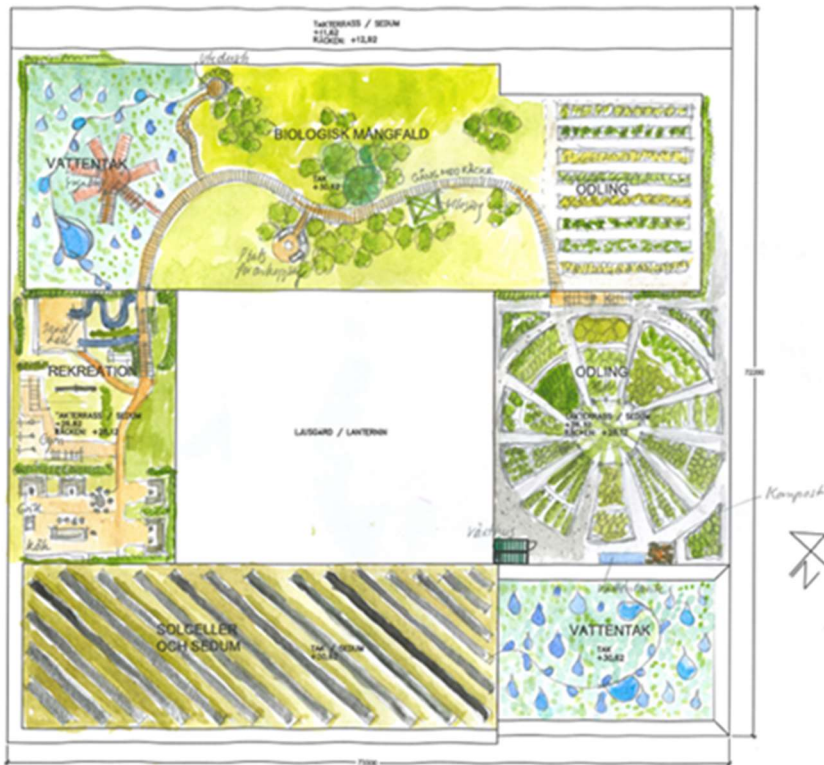
För att åskådliggöra värdet av den nytta som ekosystemtjänsterna tillsammans levererar till människor, företag och samhället i stort har de ekonomiska värdena från litteraturstudien redovisade i kapitel 7 använts.¹⁶ Endast de ekosystemtjänster som det har varit möjligt att hitta lämpliga ekonomiska värderingar för har inkluderats i analysen, och vissa av värderingarna är inte heltäckande. Det innebär att det ekonomiska värdet som har hittats i litteraturen endast motsvarar en del av ekosystemtjänstens totala ekonomiska värde.

Analysen är också förknippad med många osäkerheter eftersom beräkningarna baseras på flera antaganden och schablonuppskattningar. Detta är dock inte ovanligt eftersom värdering av miljönyttor i regel innebär många utmaningar, vilka främst kan relateras till brist på data och information om människors preferenser eftersom dessa "varor" normalt inte handlas på en marknad.

För att ta hänsyn till en del av de osäkerheter som finns i beräkningarna och de underliggande antaganden har ett intervall med ett lägsta scenario och ett högsta scenario för det gröna takets totala samhällsekonomiska värde tagits fram. Det är sannolikt att de samhällsekonomiska uppskattningar som presenteras här, såväl lägsta som högsta scenario, är en underskattning av det verkliga värdet. Detta eftersom två ekosystemtjänster inte har kunnat värderas alls och att endast en del av det ekonomiska värdet för vissa ekosystemtjänster har kunnat inkluderas. Exempelvis har endast undvikta kostnader för

¹⁶ För mer detaljerad information om hur de olika ekonomiska värdena har tagits fram, se referenslistan.

utsläpp av fosfor och kväve från dagvatten till vattenmiljöer kunnat beräknas, men även utsläpp av andra föroreningar undviks vid fördröjning av dagvatten via gröna tak.



Figur 8: Förslagskiss över hur det gröna taket på byggnaden i kvarteret Siv, Uppsala, skulle kunna se ut med en kombination av de fem koncepttaken. Illustration: Marita Wallhagen. För skalenlig ritning se Bilaga 6

De bakomliggande uträkningarna finns redovisade i Bilaga 7. Samtliga ekonomiska värden som det gröna takets ekosystemtjänster levererar återkommer årligen, förutom det för ekosystemtjänsten 4.2 *Mentalt välbefinnande*, som är ett engångsbelopp.

Sammantagen bör resultaten från analysen tolkas som en indikation för ekosystemtjänsternas samhällsekonomiska värde och det verkliga värdet är med största sannolikhet avsevärt större. Det samhällsekonomiska värdet för ekosystemtjänsterna på det gröna taket i fallstudien redovisas i Tabell 18.

Tabell 18. Resultat från den samhällsekonomiska analysen av det gröna taket i fallstudien.

Ekosystemtjänst	Lägsta scenario	Högsta scenario	Frekvens
2.1 Reglering av lokalklimat (Främst temperaturreglering)	7 222 SEK	103 165 SEK	per år
2.4 Luftrening	8 124 SEK	10 059 SEK	per år
2.5 Reglering av buller	498 000 SEK	4 597 800 SEK	per år
2.6 Rening och reglering av vatten (Reduktion av P och N i dagvatten)	1 640 SEK	5 310 SEK	per år
3.1 Matförsörjning	8 419 SEK	16 218 SEK	per år
4.2 Mentalt välbefinnande (Främst estetiska värden)	0 SEK	510 120 SEK	engångsbelopp
4.4. Social interaktion	960 000 SEK	1 760 000 SEK	per år
SUMMA	1 480 000 SEK	7 000 000 SEK	

Det uppskattade ekonomiska värdet för de nyttor som ekosystemtjänsterna på det gröna taket levererar är omkring 1,5 till 6,5 MSEK per år. Därtill tillkommer ett engångsbelopp på mellan 0 och ca 500 000 SEK.

10. DIGITALISERINGSMÖJLIGHETER

Den pågående digitala utvecklingen erbjuder goda möjligheter när det gäller att främja marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster. Det finns många olika möjligheter till digital datadriven innovation och att vidareutveckla det här projektets resultat till någon form av digitalt verktyg.

10.1 FPX digitala plattform

Nätverket FPX har i samarbete med ett antal partners valt att utveckla och driva en dataplattform som i stor utsträckning kan återspegla ett samhälle. I denna plattform, eller "datasjö", kan datalager enkelt kombineras i olika typer av modeller för att driva innovativa processer och synergier mellan samarbetspartners. Genom att applicera maskininlärning och annan typ av data science kan data tillgängliggöras och förädlas, och därigenom krympa startsträckan avsevärt för aktörer som vill utveckla nya samhällsfokuserade tjänster, affärer och lösningar.

Plattformen ska skapa värde och utvecklas kontinuerligt. För att åstadkomma det driver och/eller koordinerar FPX för närvarande flera databaserade projekt inom bland annat fastighetsutveckling, stadsplanering, informationsdistribution och forskning inom stadsmiljöer.

Grundtanken med FPX "datasjö" är att samla deterministiskt data i en struktur som gör det enkelt att bygga probabilistiska modeller. Primärt lagras data i geografisk form (med tillförda attribut som beskriver objekttypen, t.ex. materialtyper, färger etc.) och som tidsseriedata (där den gemensamma nämnaren är att allt data sorteras efter en tidsstämpel).

Ett exempel på hur geografiska data kan adderas till plattformen är genom att en plattformsanvändare ritar och lagrar ett objekt via ett GIS-verktyg. Exempel på hur tidsseriedata kan adderas är genom sensorer och IOT-lösningar. Appliceringar inkluderar i dagsläget bland annat modelleringar och förutsägelser av folkrörelser i stadskärnor baserat på både beskrivna geografiska objekt och sensordata. Detta skulle kunna utvecklas till att innefatta ekosystemtjänster och funktioner relaterat till främjandet av en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster. Exempelvis genom att data om vegetation och substratslagrens förmåga att absorbera regnvatten skulle kunna föras in i modellen.

10.2 Exempel på applikationer

FPX datasjö, och andra motsvarande digitala plattformar) skulle kunna utnyttjas för att skapa en rad olika digitala applikationer. Några sådana applikationer beskrivs i dettas kapitel.

10.2.1 Samordnad planering

Som nämndes i kapitel 4 kan vegetation på tak endast ge begränsat med ekosystemtjänster jämfört med vegetation på marken. Detta eftersom grönytor på tak saknar koppling till underliggande jordlager som kan bidra med näringsämnen och vatten. Men tak är en underutnyttjad resurs som kan ge signifikanta tillskott till grönskan i stadsmiljö och därmed också signifikanta bidrag till skapande och upprätthållande av ekosystemtjänster. Genom att skapa en sammanhängande och varierad grönstruktur kan spridningsmöjligheter främjas och därmed även en rad andra ekosystemtjänster som är beroende av det ekologiska samspelet. Om det finns många tak med biologisk potential i ett område ökar mängden fungerande ekosystemtjänster mer än proportionellt med arealökningen, eftersom det ges möjligheter för synergieffekter som exempelvis en fungerande metapopulationsdynamik. Av samma anledning kan en mix av tak, andra grönytor och trädgårdar ge samma gynnsamma effekt på mängden tillgängliga

ekosystemtjänster. Det är därför bra att se taket som en del i en större helhet och ta hänsyn till omkringliggande grönstrukturer när man planerar för biologisk mångfald på tak.

Digitalisering av information om hur man kan skapa ekosystemtjänster på tak skulle kunna underlätta för både fastighetsägare och kommuner och länsstyrelser. För kommunerna, länsstyrelserna och samhället i stort skulle digitaliserad samplanering kunna innebära stora vinster i förstärkta ekosystemtjänster. Digitala verktyg skulle exempelvis kunna användas för att visa var viktiga grönstrukturer och spridningskorridorer finns eller saknas, hur mycket gröna tak kan bidra med ekosystemtjänster och för att synliggöra vilka tak som skulle ha särskilt stor nytta av att göras gröna. För fastighetsägare skulle digitalisering kunna innebära att de kan planera för gröna tak och att göra fastighetsekonomiska och samhällsekonomiska uppskattningar av effekten av att anlägga gröna tak samt att se vilken eller vilka typer av gröna tak som lämpar sig bäst och är mest lönsamma för dem som fastighetsägare.

Redan idag finns ett verktyg som samlar information om vegetation, men då enbart stadens träd. Verktöget heter "Stadsträd" och genom att det skapar en överblick över stadens träd, som är karterade genom laserskanning och datainsamling i fält (både av professionella och genom "bred crowd sourcing"), (Calluna AB och Geografiska informationsbyrån, 2020). Verktöget tydliggör hur träden ingår i en grön infrastruktur, vilket underlättar arbete med grön infrastruktur och biologisk mångfald. På liknande sätt skulle även gröna tak kunna karteras och därmed bidra till ökad förståelse för stadens gröna infrastrukturer.

10.2.2 Energi

Det finns också många olika applikationer av digitala verktyg och lösningar för fastighetsägare för hantering av den energi som genereras från konceptet Energitaket. Allt från enkla visualiseringar av hur mycket energi som genereras på det egna taket och hur den används till mer komplexa system för lagring och ökad efterfrågefleksibilitet (laststyrning av energianvändning i byggnaden) och transaktioner (köp och sälj) mellan fastighetsägare och energibolag. Vid transaktioner av energi behöver dock hänsyn tas till en rad juridiska och tekniska aspekter. När solceller kombineras med vegetation kan utsläppen av koldioxid minska ytterligare. Både genom förbättrad prestanda hos solcellerna, minskat behov av energi för kyla och värme hos fastigheten samt genom upptag av koldioxid hos växterna.

10.2.3 Gröna tak som sensorer

En enkel version av digital teknik för fastighetsägare är att använda sensorer kopplade till ett digitalt verktyg för att styra och kostnadsoptimera skötseln (vattning, gödsling, underhåll etc.) av de egna gröna taken. Ett sådant system kan användas både för att optimera arbetsinsatserna och underhållskostnaderna, och kan också användas av entreprenörer som arbetar med fastighetsunderhåll.

En annan möjlighet är att utveckla digitala system som används för gröna tak som sensorer för olika ändamål. Det kan t.ex. vara möjligt att använda gröna tak som indikatorer för olika typer av nödvändiga funktioner för att upprätthålla samhällets resiliens. I dessa typer av applikationer är det främst kommuner, länsstyrelser och samhället i stort som är behövsägare, men en samverkan mellan fastighetsägare och kommuner och länsstyrelser behövs.

10.2.4 Styrning med prognos för väder

En annan lösning som kan vara intressant för fastighetsägare är ett digitalt verktyg som styr med hjälp av prognos för väder. Detta finns redan för styrning av byggnaders energianvändning, och skulle t.ex. kunna utvecklas till att inkludera beräkning av minskat

behov av klimatkylla i byggnader med gröna tak och styrning med avseende på det, väderprognosstyrning av drift- och skötselarbete av de gröna taken. Väderprognosstyrning kan också vara värdefullt för aktivitetsplanering (för t.ex. restauranger och barer) på rekreationstak.

Att använda den digitala tekniken för att beräkna ut hur stor påverkan på det lokala mikroklimatet ett grönt tak skulle få skulle också kunna vara ett hjälpmedel och stöd i tidiga design- och beslutsprocesser då olika taklösningar bedöms och utvärderas.

10.2.5 Underlätta förvaltning av gröna tak

Digital teknik skulle även kunna användas för att underlätta skötseln av taken genom att tydliga instruktioner för hur taken ska skötas finns digitalt och är enkla att förstå. Inom projektet *Augmented Urban* har en prototyp för ett sådant verktyg tagits fram. I det verktyget geo-positioneras information om den planterade växtarter och deras behov av skötsel i en app som kan användas av fastighetsförvaltare eller eventuella boende som sköter om växtligheten (Colding m.fl., 2020). Vid anläggning av ytor med hög biologisk mångfald kan detta vara särskilt viktigt i och med att det är många arter som ska skötas om.

10.2.6 Öka användandet av gröna tak

Digital teknik kan även bidra till att få människor att vistas mer på de gröna taken. Genom att tekniken kan vara ett hjälpmedel att marknadsföra och informera boende om vad som finns på taket eller informera om sociala aktiviteter kan det få fler personer att vistas ute och kanske få dem att vistas längre på taket. Tekniken kan på så sätt bidra till ökad hälsa och välbefinnande. Ett väldokumenterat exempel på teknik som har påverkat människors beteende och användning av utemiljöer är Augmented reality spelet *Pokemon Go*. *Pokemon Go* har visat sig få personer att vistas mer utomhus och på nya platser.

10.2.7 Design och visualisering

Redan idag används digitala verktyg vid design av byggnader och stadsdelar. Dock har verktyg som AutoCAD, Revit, Sketshup varit betydligt skickligare på att modellera byggnader än att modellera vegetation. Inom digitaliseringsområdet pågår just nu en snabb utveckling inom spelindustrin gällande konsten att modellera även naturmiljöer. Att utnyttja kunskap från den branschen även inom fastighetsbranschen skulle kunna göra det möjligt att modellera grönstrukturer på ett mer levande sätt, och därmed underlätta att gröna tak och deras vegetation kan synliggöras tidigt i designprocessen och sedan finnas med genom hela projekterings och byggprocessen. Det finns dock alltid en svårighet vid visualisering av växtlighet eftersom växtligheten varierar med årstiderna och förändras från år till år. En fråga att ta ställning till blir därför om visualiseringar ska visa hur något ser ut när det är nybyggt, eller om det ska man visa hur det ser ut om 10, 20 eller 50 år.

11. ANALYS

Detta projekt syftar till att skapa en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster med fokus på gröna tak. I detta kapitel fokuseras därför på fastighetsägare.

11.1 Värden av gröna tak

Vilka värden som genereras, både ur ett fastighetsägarperspektiv och ett samhällsekonomiskt perspektiv, beror på vilken typ av grönt tak som väljs. Detta projekt har avgränsats till fem olika koncept för gröna tak, vilket gör att analysen är begränsad eftersom det finns ett mycket stort antal andra möjliga lösningar för gröna tak. Trots denna begränsning är resultaten från studien intressanta för både fastighetsägare och andra aktörer.

Genom att anlägga gröna tak kan tillhandahållandet av ekosystemtjänster stärkas, vilket bidrar till en ökad samhällsnytta genom ett ökat välbefinnande för människor och företagsekonomisk lönsamhet. Resultaten i detta projekt visar att gröna tak genererar samhällsnyttor motsvarande betydande ekonomiska värden för såväl samhället som helhet, som ur ett företagsekonomiskt perspektiv. Till de samhälleliga nyttorna hör t.ex. undvikta kostnader för hantering av dagvatten och utsläpp av föroreningar från dagvatten till vattenmiljöer samt minskade buller- och luftföroreningar. Enskilda individers välbefinnande kan också förbättras genom att gröna tak ger estetiska värden och möjlighet till social interaktion. De finansiella vinsterna för fastighetsägare består t.ex. i möjlighet att ta ut högre hyror, minskade vakansgrader, ökad omsättningshyra genom merförsäljning, minskat behov av energi för klimatkyla, minskade kostnader för snöröjning samt marknadsföringsmässiga värden.

Eftersom alla de värden som gröna tak levererar inte har kunnat värderas i monetära termer, eller i en del fall endast delvis har kunnat värderas, är de samhällsekonomiska nyttorna och möjligen även de fastighetsekonomiska värdena med stor sannolikhet större än vad som redovisas i det här projektet. De nyttor som inte har kunnat inkluderas i den ekonomiska värderingen relaterar t.ex. till ekosystemtjänsterna *Kunskap & Inspiration* och *Pollinering* samt till nyttor förknippade med positiva effekter för hälsa (Rook, 2013) och ökad produktivitet genom möjlighet att vistas ute och utöva aktiviteter på taket.

Som diskuteras tidigare i denna rapport finns det ett flertal osäkerheter kopplade till beräkningarna av de samhällsekonomiska nyttorna, vilket snarare är regel än undantag vid ekonomisk värdering av miljönyttor. Trots att den här typen av beräkningar ofta är komplexa och innebär flera osäkerheter är de viktiga att genomföra för att visa på de nyttor som ekosystemtjänster levererar samt hur dessa kan bidra till en starkare och stabilare lönsamhet för fastighetsägare. Vidare visar den samhällsekonomiska analysen på det delade incitament ("split incentive") som anläggning av gröna tak innebär, dvs. att olika aktörer i samhället tjänar på investeringen trots att investeringen endast bärs av en av aktörerna (vanligtvis fastighetsägaren). Detta bör emellertid inte ses som en nackdel eftersom fördelarna för fastighetsägaren inte blir mindre för att någon annan också tjänar på investeringen.

Genom att samplanera hur och vilken typ av gröna tak som anläggs kan även synergieffekter fås t.ex. genom reglering av urbana värmeöar, skapande av ett attraktivt stadsområde som lockar fler hyresgäster eller ytterligare minskat tryck från dagvatten på fastigheten. Fler gröna tak skulle även kunna bidra till ökade arbetstillfällen eftersom dessa erfordrar löpande skötsel.

Fastighetsekonomiska kostnader för gröna tak har också analyserats inom ramen för projektet. En grundbult som poängteras i analysen är att det är av avgörande betydelse att planera för gröna tak tidigt i byggprocessen, och att inkludera den kompetens som

behövs redan från början. På så vis kan många kostnader som gröna tak generellt för med sig minimeras eller undvikas. Vilken kompetens som behövs varierar beroende på omfattningen av det gröna taket samt vilka element som ska finnas t.ex. bevattningsanordningar, träningsredskap eller restauranger. I regel krävs ett multidisciplinärt arbetsteam som kombinerar kompetens och erfarenhet inom brandsäkerhet, biologi, arkitekt, landskapsarkitektur, konstruktion och fastighetsekonomi. För gröna tak är skärningspunkten mellan arkitektens och landskapsarkitektens arbete av avgörande betydelse, och det är viktigt att ett gott samarbete etableras tidigt. Därtill behöver skötsel- och driftsaspekter inkluderas i planeringsprocessen. Olika typer av gröna tak medför olika skötselkostnader, men generellt sett behövs lösningar för bevattning som är såväl tekniskt möjliga som ekonomiskt fördelaktiga. Det behövs även egen eller inhyrd personal som underhåller t.ex. träningsredskap eller odlingar. Beroende på vilken verksamhet som planeras i byggnaden hamnar dessa kostnader på fastighetsägaren eller hyresgästen t.ex. om det rör sig om ett hotell eller en restaurang.

Jämfört med nyproduktion av byggnader innebär ofta anläggning av gröna tak på befintliga byggnader vissa begränsningar och ytterligare investeringar, men det finns fungerande lösningar även för gröna tak på befintliga byggnader. Några av de i detta projekt framtagna koncepttaken, eller delar av dem, kan användas för befintliga byggnader, t.ex. placering av odlingslådor, solceller eller enklare platser för social interaktion såsom bänkar. Som vägledning kan kartläggningen av hinder och drivkrafter kopplade till de olika gröna koncepttaken konsulteras. Genom att planera utifrån varje enskild byggnads förutsättningar och samtidigt ta hänsyn till det eftersträvade syftet kan det optimala gröna taket tas fram. De fem koncepttaken som presenteras i denna rapport utgör endast förslag på hur gröna tak med olika syften kan utformas och vilka ekosystemtjänster som då fås, men kombinationsmöjligheterna är i stort sett oändliga.

11.2 Drivkrafter och hinder

Drivkrafter

Gröna tak medför en mängd fördelar för fastighetsägare, vilka fördelarna är varierar med vilken typ av grönt tak som väljs. Men merparten av de gröna takens fördelar förefaller vara relativt osynliga eller okända för fastighetsägarna. Det finns också ett antal problem eller hinder för fastighetsägare som vill anlägga gröna tak. Dessa förefaller vara mer kända än fördelarna. En satsning på ökad kunskap för fastighetsägare om gröna tak skulle med stor sannolikhet skapa en större drivkraft för marknadsdriven utveckling av gröna tak och dess ekosystemtjänster.

De starkaste drivkrafterna för att skapa en marknadsdriven utveckling som stärker och bevarar ekosystemtjänster med hjälp av gröna tak är:

- Ökade möjliga intäkter och minskade driftskostnader
- Möjligheter att få mer nöjda hyresgäster och därmed minskad omsättning av hyresgäster
- Möjligheter för fastighetsägare att uppfylla kommunala krav avseende grönytefaktorer, dagvattenhantering m.m.
- Förbättrad image ur både hållbarhets- och varumärkesperspektiv.

Det bör också noteras att drivkrafterna för att anlägga gröna tak ser olika ut för olika typer av fastighetsägare. De kan variera mellan ägare av bostadsfastigheter och lokalfastigheter, och mellan privata och offentliga fastighetsägare.

Hinder

Även hindren för en marknadsdriven utveckling som stärker och bevarar ekosystemtjänster varierar beroende på vilken typ av grönt tak som avses. Som nämnts tidigare kan dock de flesta hinder minimeras eller elimineras om gröna tak tas med tidigt i planeringen för en byggnad.

De hinder som gäller alla de framtagna fem koncepten är främst ekonomiskt relaterade alternativt kopplat till genomförbarhet. Utöver det kan fastighetsägares brist på medvetenhet och kunskap om gröna miljöer påverka bland annat viljan att implementera strategier, konstruktioner och skötselkrav. Fastighetsägare kan också stöta på problem i genomförandet på grund av att entreprenörer motsätter sig gröna tak till följd av skötselkostnader och garantikrav. Vidare kan upphandling av fuktsäkra installationer, skötsel och konstruktion också innebära en risk om det brister i kompetens och platskunskap i leden mellan aktörerna. Brist på konkret växt- och/eller landskapskompetens är också ett generellt hinder i implementeringen av gröna tak. Brist på tillgång till snabba leveranser och produktion av de växter som önskas för ett specifikt tak kan också utgöra ett hinder. Ytterligare ett generellt hinder för fastighetsägarna kan vara detaljplaner som ställer krav på att andra typer av tak byggs.

För vatten-koncepttaket finns en risk att fastighetsägaren får högre kostnader men inte lägre avgift för dagvattenhantering, trots investering i vattentak. Detta kan bli fallet om kommunens organisation för vattenhantering inte sänker kostnaderna för fastighetsägare som bidrar med dagvattenfördröjning, t.ex. genom omvandling av taxestrukturen till högre fasta kostnader

Synergieffekter och målkonflikter

Det finns både synergieffekter och målkonflikter som kan uppstå i samband med gröna tak. En synergieffekt som nås i fallet med vatten-koncepttaket är att det samtidigt bidrar till fördröjning av dagvatten, minskar bullernivåer, minskar behovet av energi för uppvärmning och klimatkyla m.m. Ett annat exempel på synergieffekter får med energi-koncepttaket där sedumtaket samtidigt bidrar med ekosystemtjänster och bidrar till ökad verkningsgrad för solcellerna.

T.ex. kan det uppstå en målkonflikt mellan byggnadstekniska krav på brandsäkerhet och möjligheterna till lokal produktion av el. Det kan också uppstå en målkonflikt mellan de ekosystemtjänster som de gröna taken tillhandahåller och ökade kostnader, tekniska svårigheter gällande konstruktionslösningar och ökade koldioxidutsläpp från ökad användning av byggnadsmaterial (främst betong) som de gröna takens ökade viktlastar medför.

Icke-fastighetsägarrelaterade värden

Gröna tak bidrar som tidigare nämnts också till en rad värden som inte är direkt fastighetsägarrelaterade. Det delade incitament ("split incentive") som anläggning av gröna tak innebär, dvs. att olika aktörer i samhället tjänar på investeringen trots att investeringen i det här fallet endast bärs av fastighetsägaren bör ses som en fördel eftersom fördelarna för fastighetsägaren inte blir mindre för att någon annan också tjänar på investeringen.

Forskning visar tydligt hur grönytor har en positiv inverkan på människors fysiska och psykiska hälsa. Även om gröna tak inte kan ersätta en lummig skog, eller ett större parkområde så kan såväl ett litet tak som stora sammanhängande gröna taktytor ha betydelse för såväl människors hälsa som biologisk mångfald. Forskningsprojektet Restorativ arbetsplats, SLU har kommit fram till följande:

“Forskningen har visat att en miljö som är stimulerande, trivsamt och ger flera och varierande naturintryck bidrar till att göra medarbetare gladare och mer empatiska, ökar deras koncentration och stärker arbetsminnet - det vill säga sådana miljöer gör också arbetstagarna mer produktiva, En restaurativ arbetsmiljö bidrar till att öka kreativiteten. Mer empatiska och samarbetsvilliga medarbetare leder till färre konflikter och färre sjukskrivningar”.

Dessa hälsoaspekter kan också vara en drivkraft för fastighetsägare att arbeta mer med gröna tak. Intresset och medvetenheten om hälsofrågor inom fastighetsbranschen märks inte minst genom att dessa frågor också kommer med i olika miljöcertifieringssystem.

Många fastighetsägare arbetar med olika typer av hållbarhetscertifieringssystem och strävar efter att nå goda värderingsresultat. WELL Building standard Sverige är ett relativt nyligen introducerat fastighetscertifieringssystem framtagen av den amerikanska icke-vinstdrivande organisationen International WELL Building Institute (IWBI). Systemet syftar till att förbättra hälsa och välbefinnande för de som lever och vistas i olika bebyggda miljöer i systemet. Detta nya certifieringssystem kan komma att bli en viktig drivkraft för fastighetsägare att satsa på gröna tak.

I Basel, som är den staden i Europa med mest gröna tak har sedan 2002 flera olika initiativ använts för att skapa fler gröna tak. Där har använts kombination av: ekonomiska incitament för anläggning av gröna tak, ökade forskningsmedel för forskning kring gröna tak och deras biologiska mångfald, tävlingar för gröna tak samt lagstiftning (Kazmierczak och Carter, 2010).

Flera andra viktiga samhällsekonomiska effekter kan nås genom samplanering mellan olika tak. Samplanering kan ge förstärkta ekosystemtjänsteffekter större än vad de samplanerade areorna proportionellt skulle ge enskilt. Det kan också ge en positiv inverkan på fysisk hälsa tack vare förbättrad lokal klimatreglering och minskar därmed riskerna förknippade med värmeböljor i stadsmiljöer.

11.3 Kunskapsbrist

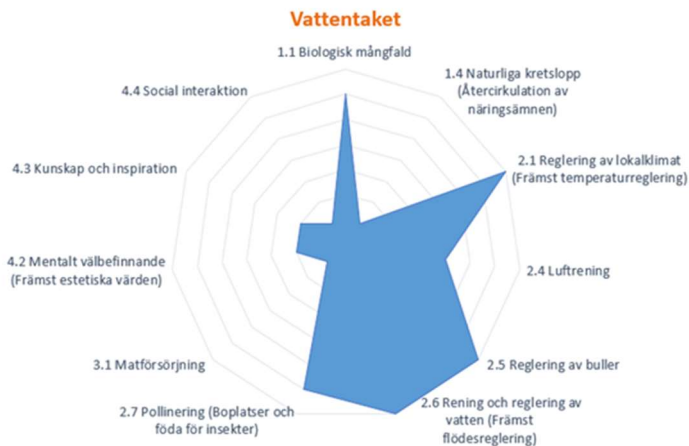
Sammantaget visar analysen att det behövs ytterligare kunskap för att åstadkomma en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster genom att anlägga gröna tak. Gröna tak och ekosystemtjänster kan ofta verka komplext, men det handlar i grund och botten om att fylla kunskapsluckor och att skapa intradisciplinär kunskap. Den kunskap som behövs är såväl av teknisk som av ekonomisk karaktär. Det är också viktigt för fastighetsägare att få kunskap om vad hyresgästerna efterfrågar och hur de värderar de nyttor som ekosystemtjänster levererar. Genom att kommunicera den ökade efterfrågan som finns för gröna tak samt vad människor i tidigare studier visat sig vara villiga att betala för olika ekosystemtjänster kan en marknadsdriven utveckling främjas. Samhällsekonomisk värdering av de nyttor som ekosystemtjänster levererar till samhället kan också hjälpa fastighetsägare att marknadsföra sig gentemot hyresgäster samt kommuner i samband med förhandling om markköp.

Ett viktigt exempel på behov av intradisciplinär kunskap är i skärningen mellan husarkitekt och landskapsarkitekt, här är de traditionella gränsdragningarna mellan professionerna ett hinder. Här behövs generellt en förstärkt medvetenhet om respektive professions kunskap. Men denna skärningspunkt påverkas inte bara av brist på samverkan utan även av brist på produkter och att det råder andra krav för anläggning av grönstruktur på tak jämfört med anläggning på mark.

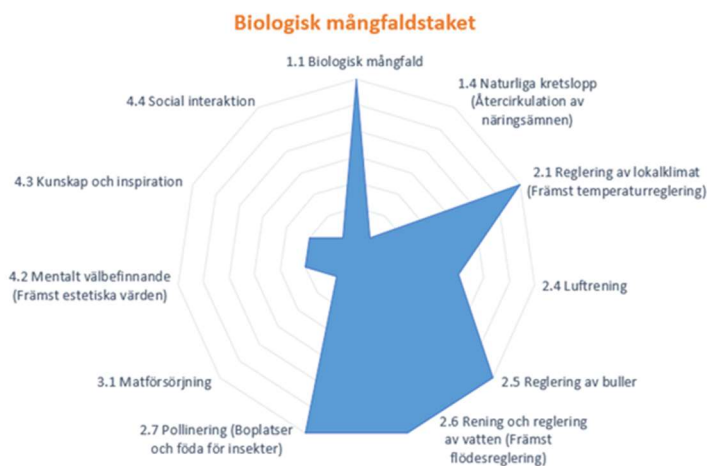
Studier om hur man ska få människor att agera mer miljövänligt visar ofta att ökad kunskap inte är tillräckligt för att ändra på vanor, praxis, normer och marknader. Ytterligare åtgärder, som t.ex. nudging och miljöagerande, kan därför behövas för att få fler fastighetsägare att anlägga gröna tak.

11.4 Visualisering

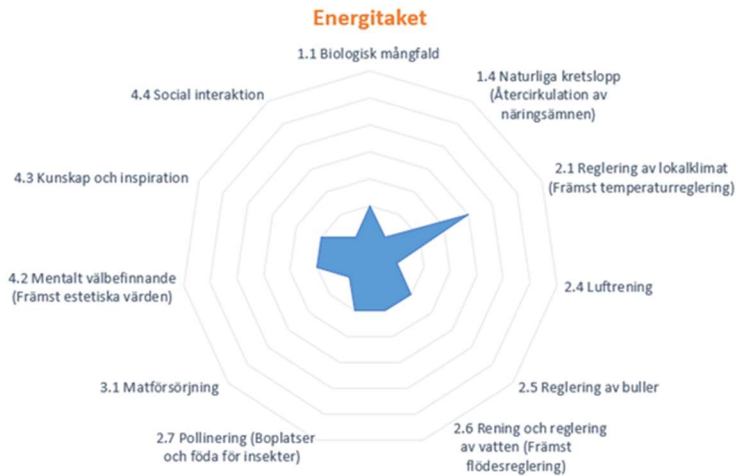
Eftersom det inte alltid är möjligt att kvantifiera eller sätta monetära värden för de samhällsnyttor, inklusive de fastighetsmässiga nyttorna, som ekosystemtjänster levererar är olika visualiseringsmetoder viktiga verktyg att ta till. Visualisering av de ekosystemtjänster som olika typer av gröna tak tillhandahåller, samt nivån för dessa tjänster, gör informationen mer överskådlig och lättillgänglig för fastighetsägare och andra grupper av intressenter. Visualiseringen bidrar till en ökad kunskapsnivån om gröna tak och de värden som de genererar. Den kan också fungera som underlag och möjliggöra för bättre hänsyn till ekosystemtjänster i t.ex. byggprocesser samt som kommunikationsmaterial till kommuner och hyresgäster.



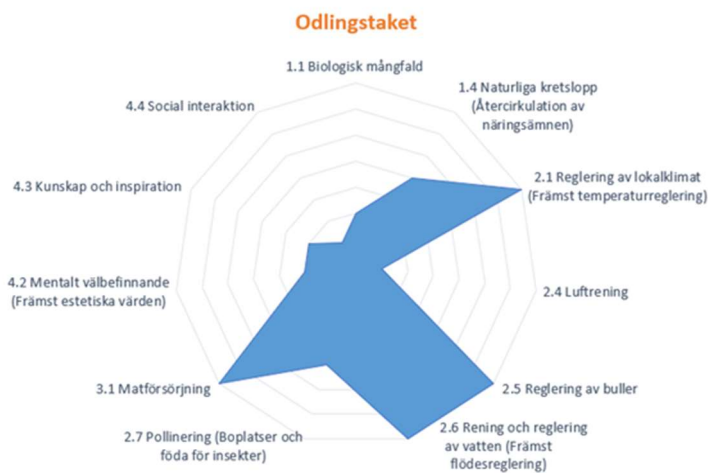
Figur 9. Spindeldiagram för vattentaket som visualiserar nivån för leveransen av de ekosystemtjänster som taket bidrar till.



Figur 10. Spindeldiagram för biologisk mångfaldstaket som visualiserar nivån för leveransen av de ekosystemtjänster som taket bidrar till.



Figur 11. Spindeldiagram för energitaket som visualiserar nivån för leveransen av de ekosystemtjänster som taket bidrar till.



Figur 12. Spindeldiagram för odlingstaket som visualiserar nivån för leveransen av de ekosystemtjänster som taket bidrar till.



Figur 13. Spindeldiagram för rekreationstaket som visualiserar nivån för leveransen av de ekosystemtjänster som taket br.

I Figur 9-Figur 13 visas exempel på hur ”spindeldiagram”, framtagna i Excel, kan användas för att visa på vilka ekosystemtjänster de fem koncepttak som tagits fram i detta projekt genererar samt i vilken skala. Diagrammen kan sedan utvecklas vidare för att inkludera fastighetsekonomiska effekter. Den skala som applicerats för ekosystemtjänsterna i diagrammen är Ingen; Låg; Låg-Medel; Medel; Medel-Hög; Hög leverans.

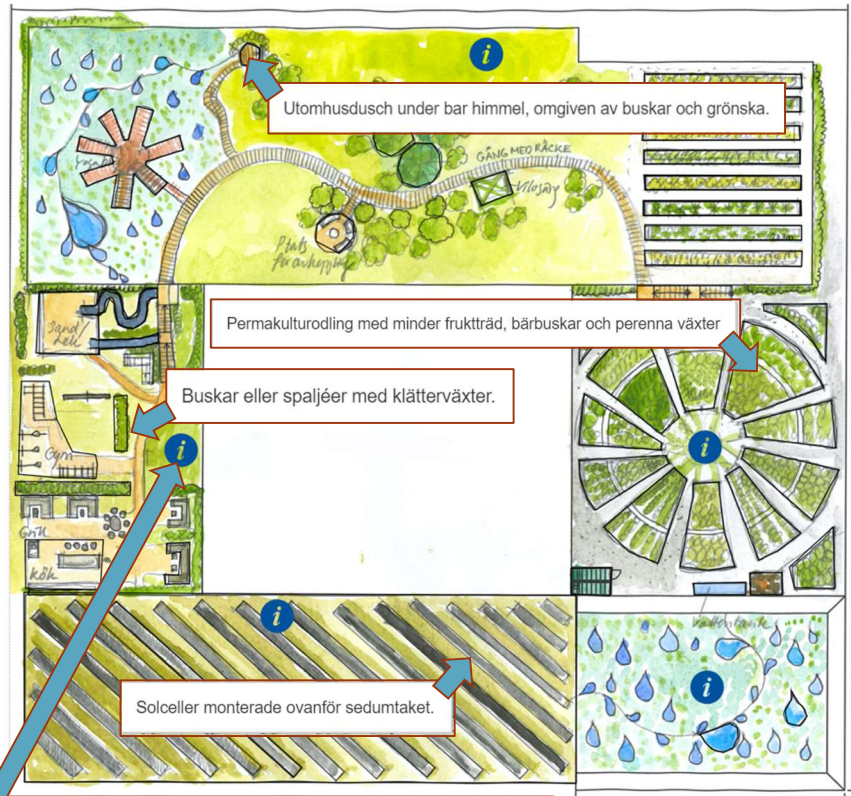
Ett annat exempel på visualisering är den interaktiva bild som har tagits fram för förslagsskissen till det kommande gröna taket i kvarteret Siv, Uppsala. Med hjälp av verktyget Tableau har skissen "omvandlats" till en interaktiv bild där information om takets olika delar samt element och objekt dyker upp när användaren "svävar" eller klickar på dessa. Informationen består av allmänna beskrivningar av de olika objekten t.ex. kök och träningsmaskiner samt exempel på växtlighet och vad som kan odlas. För vart och ett av de fem delarna av taket finns även en informationsymbol (i). Genom att "sväva" eller klicka på denna kommer en generell beskrivning av koncepttakets huvudsakliga syfte och ekosystemtjänster upp. Samtliga ekosystemtjänster som koncepttakets levererar och nivån för dessa presenteras även här.

Figur 14 ger en ögonblicksbild eller "screenshot" av hur Tableau-bilden ser ut och fungerar, men den fullständiga och interaktiva bilden i sin helhet går att besöka här: https://public.tableau.com/profile/anthesis.group#!/vizhome/Etttakfemmjligheter-marknadsdrivenutvecklingavekosystemtjnstjer_FallstudiekvarteretSivUppsala_/Takmedekosystemtjnstjer

Tak med ekosystemtjänster, Kvarteret Siv, Uppsala

Att planera för gröna tak med ekosystemtjänster möjliggör användning av taktytor på nya sätt som kan skapa fastighetsvärden och samhällsvärden. På denna byggnads tak har fem olika koncepttak placerats ut för att på bästa sätt ta tillvara på platsens förutsättningar. På de lägre delarna av taket, som är direkt tillgängliga från byggnaden med hiss, har rekreationstak samt odlingstak placerats. Rekreationstakerna innehåller platser för umgänge, träning, lek och matlagning omgärdade av rumsskapande buskar, blomsterurnor och sedumtak. Med hjälp av trappor och ett promenadstråk kantat av räcke finns möjlighet att förflytta sig över vatten- och biologisk mångfaldstaket, där det är mer varierad och vildare växtlighet med ångar, buskar och träd, bort till odlingstaket. På så sätt har rekreationstak integrerats med de andra taktyperna och ytterligare platser för motion och avkoppling har skapats, samtidigt som de två lägre taken förbinds med varandra.

Odlingstaket finns även i det norra hörnet på det höga taket med enklare odlingsbäddar. I det nordvästra samt sydvästra hörnet har ett vattentak placerats för att möjliggöra buffring av regn och insamling av överflödigt vatten från energitaket, vilket har placerats i den södra delen av byggnaden där det finns god tillgång på soljus.



Rekreationstaket

Rekreationstakets målbild är att skapa gröna mötesplatser för personer från olika generationer med plats för umgänge, naturpedagogik, vila och viss möjlighet till fysisk aktivitet och odling.

Konceptet för rekreation genererar i huvudsak de kulturella ekosystemtjänsterna med möjlighet för social interaktion, kunskap och inspiration samt mentalt välbefinnande och estetiska värden.

Ekosystemtjänster

- Biologisk mångfald:
- Reglering av lokalklimat:
- Luftrening:
- Reglering av buller:
- Reglering av vatten:
- Pollinering (boplatser och föda):
- Mentalt välbefinnande/estetiska värden:
- Kunskap och inspiration:
- Social interaktion:

MEDEL
LÅG – MEDEL
LÅG – MEDEL
LÅG – MEDEL
LÅG – MEDEL
LÅG – MEDEL
HÖG
MEDEL – HÖG
HÖG

Figur 14. Ögonblicksbild ("screenshot") på den interaktiva Tableau-bilden som skapats för kv Siv i Uppsala.

12. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

En central slutsats i projektet är att det behövs en ökning av fastighetsägarnas kunskap för att skapa en marknadsdriven utveckling av gröna tak och ekosystemtjänster. En rekommendation är att starta ett forum där fastighetsägare och andra relevanta aktörer kan dela med sig av sina kunskaper om planering och anläggning av gröna tak. Detta skulle exempelvis kunna organiseras via länsstyrelser eller kommuner. Förutom kunskapsspridning skulle ett sådant forum kunna nyttjas för att samordna planering och utveckling, vilket kan skapa ytterligare synergieffekter och mervärden som annars hade uteblivit. Ett exempel är mildring av urbana värmeöar som är svårt att åstadkomma med ett enskilt grönt tak eftersom de oftast är för små. Genom att fler fastighetsägare arbetar med gröna tak på sina byggnader ökar även områdets totala attraktion, vilket är något som hyresgäster ofta väger in i sina beslut.

Offentliga fastighetsägare, såväl kommunala som statliga, skulle också i större utsträckning kunna nyttja sina byggnader för gröna tak och på så vis agera som föredöme för privata fastighetsägare. Detta görs redan inom andra områden idag såsom energifrågor där det finns ett krav på offentliga fastighetsägare att agera föredöme enligt Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU). Andra sätt för offentlig sektor och beslutsfattare att bidra till en marknadsdriven utveckling av ekosystemtjänster hos fastighetsägare är genom att skapa ekonomiska incitament. Detta skulle t.ex. kunna vara rabatter på VA-avgifter vid omhändertagande av en viss mängd dagvatten med hjälp av gröna tak. Om det lönar sig för fastighetsägaren att göra investeringar som leder till fördröjning av mer dagvatten än vad som krävs kan också kostnader kopplade till rening eller utsläpp av föroreningar i dagvatten undvikas dvs. undvikta kostnader för kommunala VA-bolag och miljömässiga vinster skapas.

För att förenkla för fastighetsägare att arbeta med planering av gröna tak rekommenderas ett digitaliserat "checklistverktyg". Detta skulle kunna utformas så att fastighetsägaren kan laborera med olika kombinationer av gröna tak, exempelvis de fem olika koncepttaken som har tagits fram inom ramen för detta uppdrag. Genom att kombinera olika "byggklossar" dvs. koncepttak med olika element, skulle i sin tur fastighetsägaren kunna se vilka de finansiella effekterna skulle bli. Förutom finansiella effekter behöver verktyget också kunna visualisera vilka fastighetsekonomiska mervärden som genereras och vilka ekosystemtjänster som fås samt nivån för leveransen av dessa. Genom att kombinera sådana olika funktioner i ett digitalt verktyg skulle fastighetsägaren, tillsammans med sitt arbetsteam, kunna ta fram det mest attraktiva och ekonomiskt fördelaktiga alternativet för byggnaden av intresse. Detta skulle bidra som en möjliggörare för en marknadsdriven utveckling.

I ett fortsatt arbete behöver även en fördjupad analys göras över den risk för målkonflikt som finns mellan stärkande och tillhandahållande av ekosystemtjänster genom gröna tak och mängden koldioxid som byggs in när förstärkta byggnadskonstruktioner erfordras. Vidare behöver det undersökas om det finns några befintliga digitala verktyg (GIS, CAD m.m.) som kan kompletteras med en grön tak-modul, eller om ett helt nytt verktyg behöver utvecklas och hur verktyg under utveckling som t.ex. FPX "datasjö" då kan nyttjas.

REFERENSER

ASEK, 2018. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Version 2018-04-01. Trafikverket. Tillgänglig:

https://www.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/asek-6.1/asek_6_1_hela_rapporten_180412.pdf

Baresel, C., Magnér, J., Magnusson, K. & Olshammar, M., 2017. Tekniska lösningar för avancerad rening av avloppsvatten. IVL Svenska Miljöinstitutet. Nr C 235. Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.3016a17415acdd0b1f49cc/1493365924862/C235.pdf>

Bengtsson, A., & Lind, M., 2017. Solceller på svarta, vita och gröna tak - En handbok om miljösmyta tak i Sverige. Energiforsk AB

Boverket, 2019a. ESTER - verktyg för kartläggning av ekosystemtjänster. [Online]. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/verktyg/ester/> [2020-02-06]

Boverket, 2019b. Gör grönskan till en naturlig del av staden. [Online]. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planering-av-mark-och-vatten/ekosystemtjanster/> [2020-02-06]

Boverket. Grönska främjar hälsa och välbefinnande

Bratman, G.N., Hamilton, J.P. & Daily, G.C., 2012, The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health, *Annals of the New York Academy of Sciences*, Issue; The Year in Ecology and Conservation Biology

Breeze, T.D., Bailey, A.P., Potts, S.G. & Balcombe, K.G., 2015. A stated preference valuation of the nonmarket benefits of pollination services in the UK. *Ecological Economics*, vol. 111, ss. 7685

Calluna AB och Geografiska informationsbyrån, 2020. Stadsträd, Ett nytt verktyg för gröna och attraktiva städer, Tillgänglig: <https://info.stadstrad.se/features> [2020.06.28]

Capener, C.-M., Pettersson, A., Emilsson, T., Malmberg, J., Jägerhök, T., Edwards, Y. & Månsson, H., 2017. Gröna takhandboken. Vägledning. Vinnova, Stockholm, Tillgänglig: <https://gronatakhandboken.se/wp-content/uploads/2017/05/Gronatakhandboken-Vagledning-Lowres.pdf> [2020.06.28]

Colding, J., Giusti, M., Haga, A., Wallhagen, M. & Barthel, S., 2020. Enabling relationships with nature in cities, *Sustainability*, Vol 12, Issue 11, 4394; doi:10.3390/su12114394.

Currie, B. A. & Bass, B., 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosystems*, ss. 409-422

Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M., 2019. Green Space and Health. In: Nieuwenhuijsen M., Khreis H. (eds) *Integrating Human Health into Urban and Transport Planning*. Springer, Cham

Emilsson, T., 2008. Gröna tak - klimatanpassning för täta städer. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Eriksson, C., 2018. Livsmedelsproduktion ur ett beredskapsperspektiv Sårbarheter och lösningar för ökad resiliens, Sveriges Lantbruksuniversitet samt myndigheten för samhällsskydd och beredskap, ISBN 978-91-7383-844-3, <https://rib.msb.se/filer/pdf/28493.pdf>

- Getter, K.L., Rowe, D., Robertson, G., Clegg, B. & Andresen, J., 2009. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science Technology*, vol. 43 (19), ss. 7564-7570
- Grönatakhandboken. 2017. Växtbädd och Vegetation. Handbok överbyggnad för gröna tak
- Hanley, N., Breeze, T.D., Ellis, C. & Goulson, D. Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Service*, vol. 14, ss. 124-132
- Heusinger, J. & Weber, S., 2017. Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements. *Science of The Total Environment*, vol. 607-608, ss. 623-632
- HOSANNA, 2013. Novel solutions for quieter and greener cities. Financed by the European Union Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013)
- Baresel, C., Magnér, J., Magnusson, K. & Olshammar, M., 2017. Tekniska lösningar för avancerad rening av avloppsvatten. IVL Rapport Nr C 235. Tillgänglig: <https://sjostad.ivl.se/download/18.3016a17415acdd0b1f49cd/1493367986749/C235.pdf>
- Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, R.S. & Brouwer, R., 2015. *Benefit Transfer of Environmental and Resource Values: A Guide for Researchers and Practitioners*. Dordrecht: Springer
- Kavehe, E., Jenkins, G.A., Adame, M.F., & Lemckert, C., 2018. Carbon sequestration potential for mitigating the carbon footprint of greenstormwater infrastructure, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94, ss1179-1191
- Kazmierczak, A. and Carter, J., 2010. *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies*, Basel, Switzerland: Building regulations for green roofs, University of Manchester.
- Li, W.C., Yeung, K.K.A., 2014. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 3, ss. 127-134
- Liu, K.Y. & Baskaran B.A., 2003. NRCC-46412: thermal performance of green roofs through field evaluation. National Research Council Canada, ss. 1-10. Ottawa, Ontario
- Livingroofs, 2020. Livingroofs - advice, research and promotion of green roof systems for environmental urban regeneration. [Online]. Tillgänglig: <https://livingroofs.org/storm-water-run-off/> [2020-02-21]
- Naturvårdsverket, 2015. Guide för värdering av ekosystemtjänster. Rapport 6690, Stockholm
- Naturvårdsverket, 2017. Ekosystemtjänstförteckning med inventering av dataunderlag för kartläggning av ekosystemtjänster och grön infrastruktur. Rapport 6797, Stockholm
- Nejati, A., Rodiek, S., & Shepley, M., 2016. Using visual stimulation to evaluate restorative qualities of access to nature in hospital staff break areas. *Landscape and Urban Planning*, vol.148, ss.132-138.
- Nielsen, T.S. & Hansen, K.B., 2007. Do green areas affect health? Results from a Danish survey on the use of green areas and health indicators. *Health & Place*.13: 839-850.
- Nordenborg, t., 2011, *Mossor som marktäckare i offentliga miljöer (Moss as a ground cover in public spaces)*, examensarbete, SLU, <http://stud.epsilon.slu.se>.

- Nordzell, H., Hasselström, L. & Söderqvist, T., 2019. Förändrad tillgång till och värde på ekosystemtjänster vid anpassad flödesreglering. Anthesis Rapport 2019:8
- Prisdatatabas - Samhällsekonomska schablonvärden för miljö- och hälsoeffekter. Version 1. Senast uppdaterad: 2017-06-12. Naturvårdsverket. [Excel-fil]
- Restorativa arbetsplatser. Vinnova-projekt som drivs av SLU Alnarp
- Rocklöv, J. & Forsberg, B., 2008. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998-2003: A study of lag structures and heatwave effects. *Scandinavian Journal of Public Health*, vol. 36, ss. 516-523
- Rosenzweig, C., Gaffin, S. & Parshall, L., 2006. Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report. Columbia University Center For Climate Systems Research and Nasa Goddard Institute for Space Studies. New York
- Rook, G. A., 2013. Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health, *Immunoregulation and the natural environment*, *Proceedings of the National Academy of Sciences* Nov 2013, 110 (46) 18360-18367; DOI: 10.1073/pnas.1313731110
- Ruokolainen L., Lehtimäki, J., Karkman, A., Haahtela, T., von Hertzen, L., Fyhrquist, N. 2017. Holistic View on Health: Two Protective Layers of Biodiversity. *Annales Zoologici Fennici*, 54(1-4):39-49. <https://doi.org/10.5735/086.054.0106>
- Ruokolainen, L., Parkkola, A., Karkman, A., Sinkko, H., Peet, A., Hämäläinen, A-M., von Hertzen, L., Tillmann, V., Koski, K., Virtanen, S. M., Niemelä, O., Haahtela, T., Knip M. 2020. Contrasting microbiotas between Finnish and Estonian infants: Exposure to *Acinetobacter* may contribute to the allergy gap. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology* DOI: 10.1111/all.14250
- Hafique, M., Xue, X., Luo, X., 2020, An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 47, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126515>.
- SGBC, 2020, WELL Building Standard i Sverige, websida. Tillgänglig: <https://www.sgbc.se/utveckling/well-building-standard-i-sverige/>, [2020.06.29]
- Sjetne, C. 2015. Inverkan av urbana grönområden på människors hälsa - En systematisk litteraturstudie. Examensarbete i landskapsarkitektur inom landskapsingenjöringsprogrammet, SLU Alnarp
- Statens folkhälsoinstitut. 2009. Grönområden för fler - en vägledning för bedömning av närhet och attraktivitet för bättre hälsa
- Stockholm Vatten (med flera) 2013. Vatten- och avloppsekonomi. Vatten- och avloppsledningsnät. Nyckeltalsrapport 2013. Tillgänglig: <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1735353>
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB
- Teotónio, I., Oliveira Cruz, C., Matos Silva, C. & Morais, J., 2020. Investing in Sustainable Built Environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls. *Sustainability*, vol. 12 (8), s. 3210
- van den Berg, A.E., Maas, J., Verheij, R.A. & Groenewegen, P.P., 2010. Green space as a buffer between stressful life events and health. *Social Science & Medicine*, vol. 70, ss. 1203-1210.

Veisten, K., Smyrnova, Y., Klæboe, R., Hornikx, M., Mosslemi, M. & Kang, J., 2012. Valuation of Green Walls and Green Roofs as Soundscape Measures: Including Monetised Amenity Values Together with Noise-attenuation Values in a Cost-benefit Analysis of a Green Wall Affecting Courtyards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 9 (11), ss. 3770-378

WHO, 2017. Urban green space interventions and health: A review of impacts and effectiveness

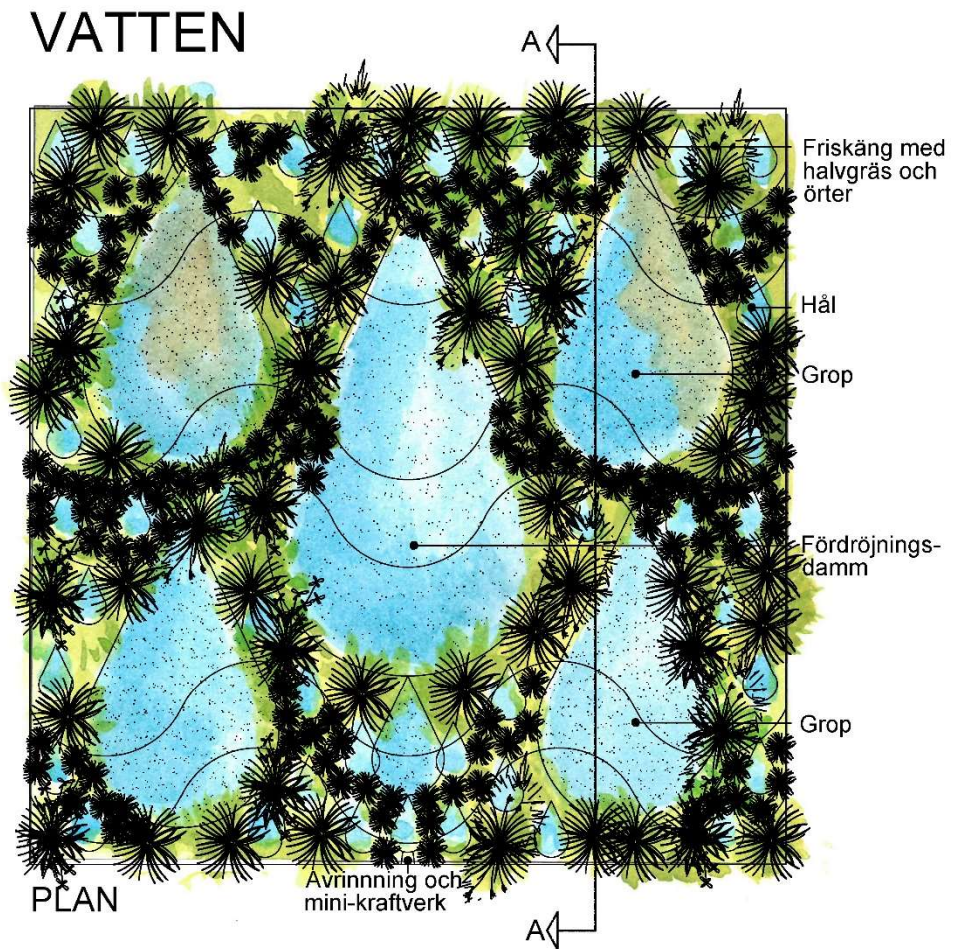
Väinö, N., Votsis, A., Perrels, A., & Susanna Lehvävirta, 2016. Green Roof Cost-Benefit Analysis: Special Emphasis on Scenic Benefits. *Journal of Benefit-Cost Analysis* Volume, vol. 7, ss. 488-522

Yang, J., Yu, Q. & Gong, P., 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, vol. 42, ss. 7266-7273

Zinzi, M. & Agnoli, S., 2012. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy & Buildings*, vol. 55, ss. 66-76

BILAGOR

BILAGA 1 – VATTENTAKET

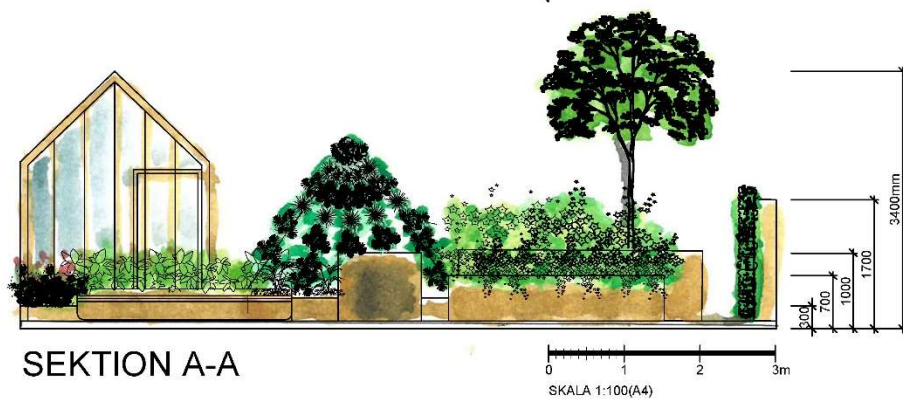
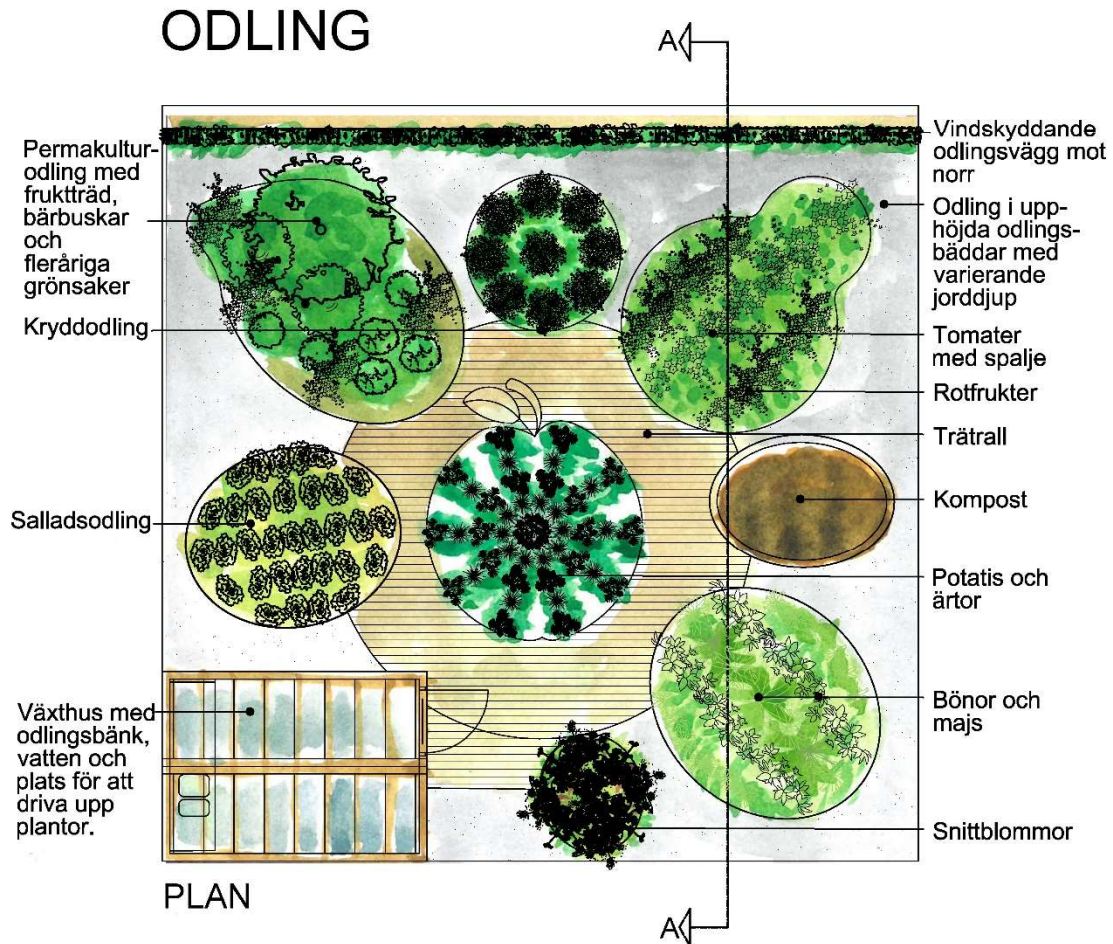


SEKTION A-A

0 1 2 3m
SKALA 1:100 (A4)

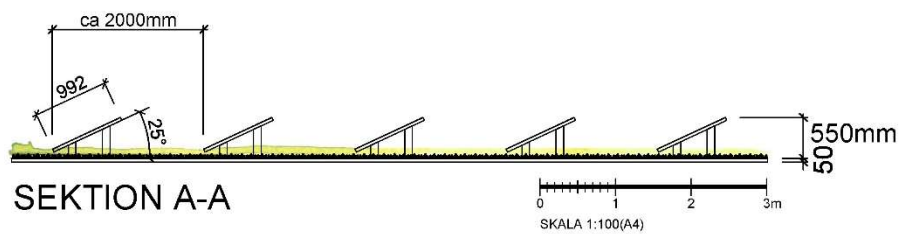
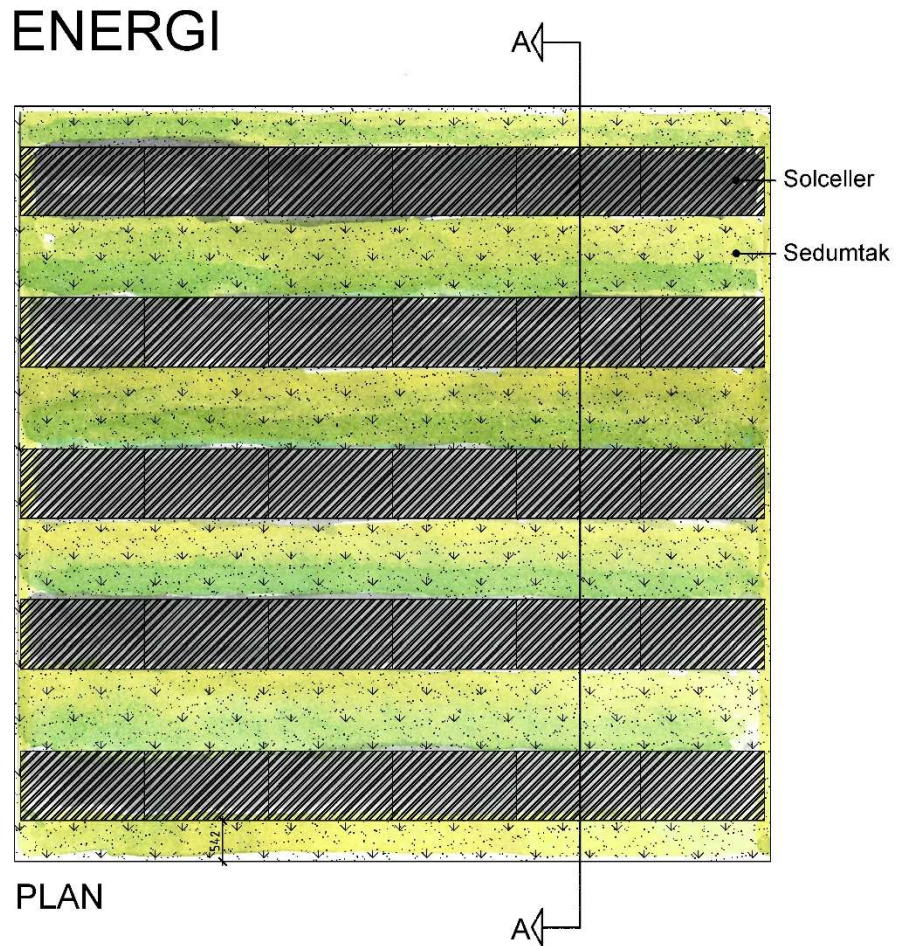
Förslagsritning,
Vattentak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

BILAGA 2 - ODLINGSTAKET



Förslagsritning,
Odlingstak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

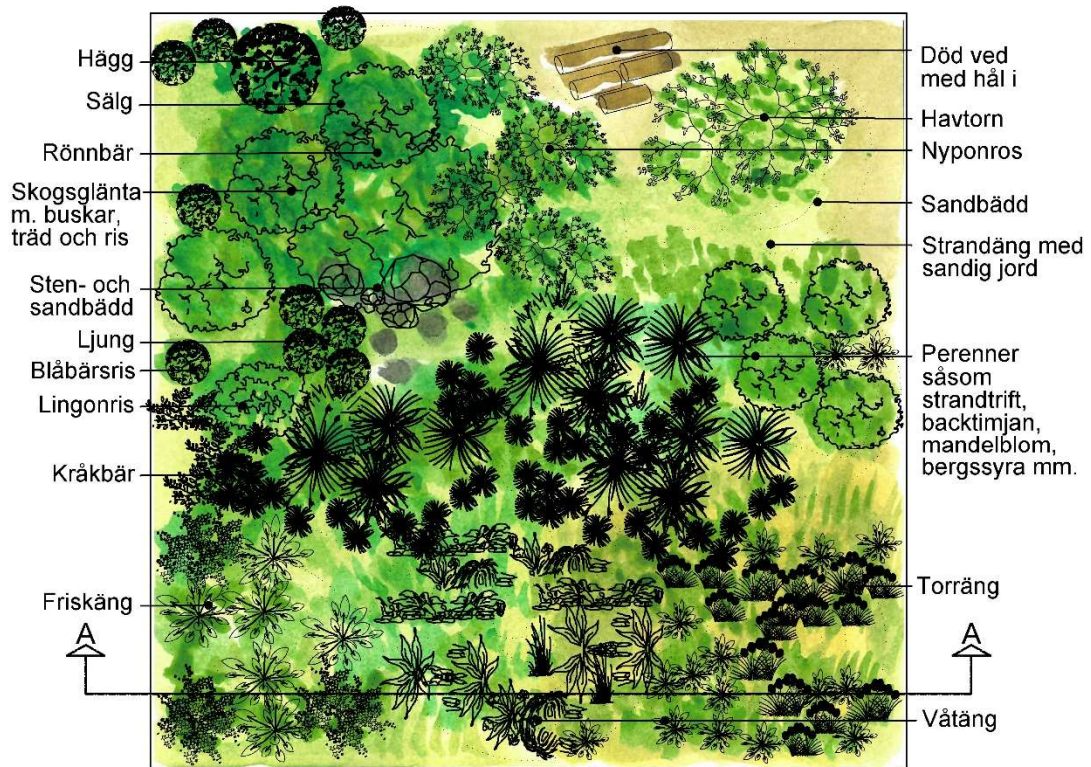
BILAGA 3 - ENERGITAKET



Förslagsritning,
Energitak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

BILAGA 4 – BIOLOGISK MÅNGFALDSTAKET

BIOLOGISK MÅNGFALD



PLAN



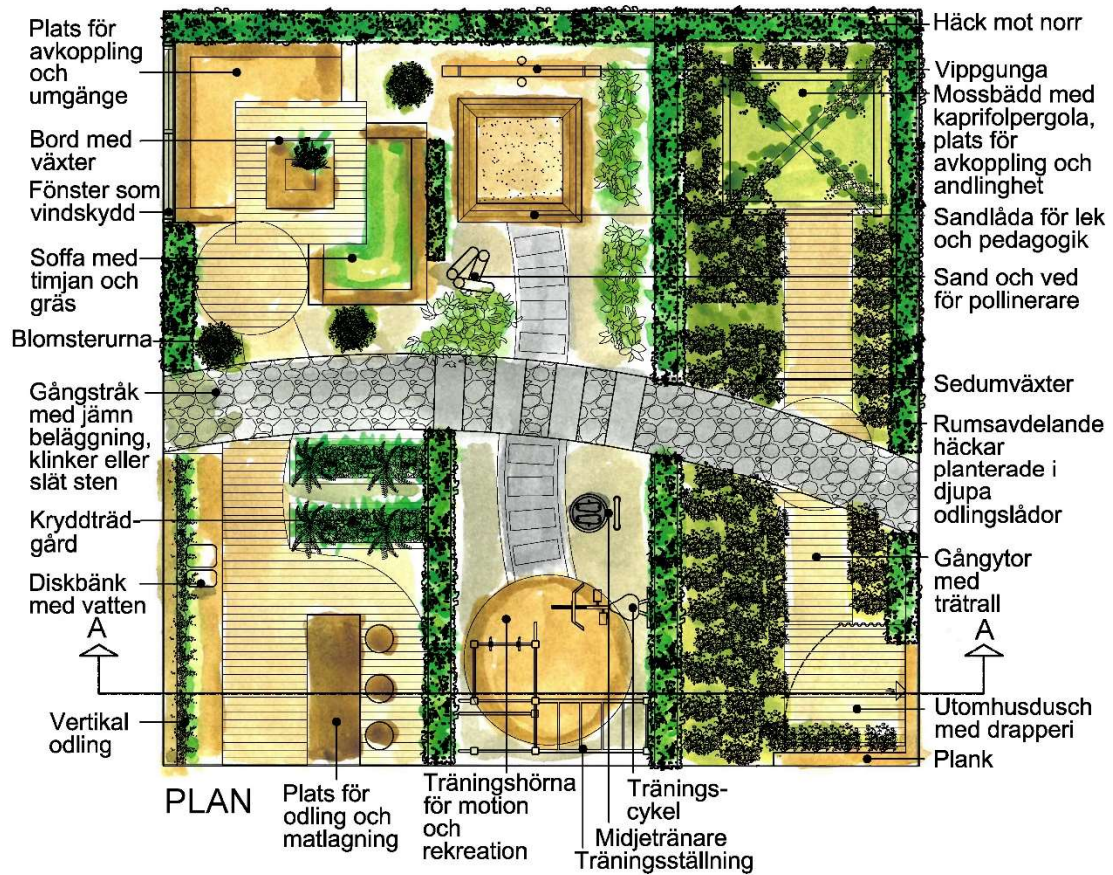
SEKTION A-A

0 1 2 3m
SKALA 1:100 (A4)

Förslagsritning,
Biologisk mångfaldstak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

BILAGA 5 - REKREATIONSTAKET

REKREATION



SKALA 1:100 (A4)
0 1 2 3m

Förslagsritning,
Rekreationstak, Ett tak - fem möjligheter
Marita Wallhagen, Högskolan i Gävle, 2020.06.12

Future Position X (FPX) är en ideell medlemsorganisation i klusterform som verkar för tillväxt genom bättre hälsa och välbefinnande för människorna som lever och arbetar i den smarta, hållbara och livskraftiga staden. Tillsammans med våra medlemmar driver vi bredd främst genom kapacitetshöjande insatser med inriktning på lärande, kunskapsspridning, attraktiva miljöer, produkter, idéutveckling och tjänstutveckling inom området smarta, hållbara och livskraftiga städer.

Future Position X

fpx.se

ViableCities™
Smart, sustainable and attractive.

future
position



**Region
Gävleborg**



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska socialfonden