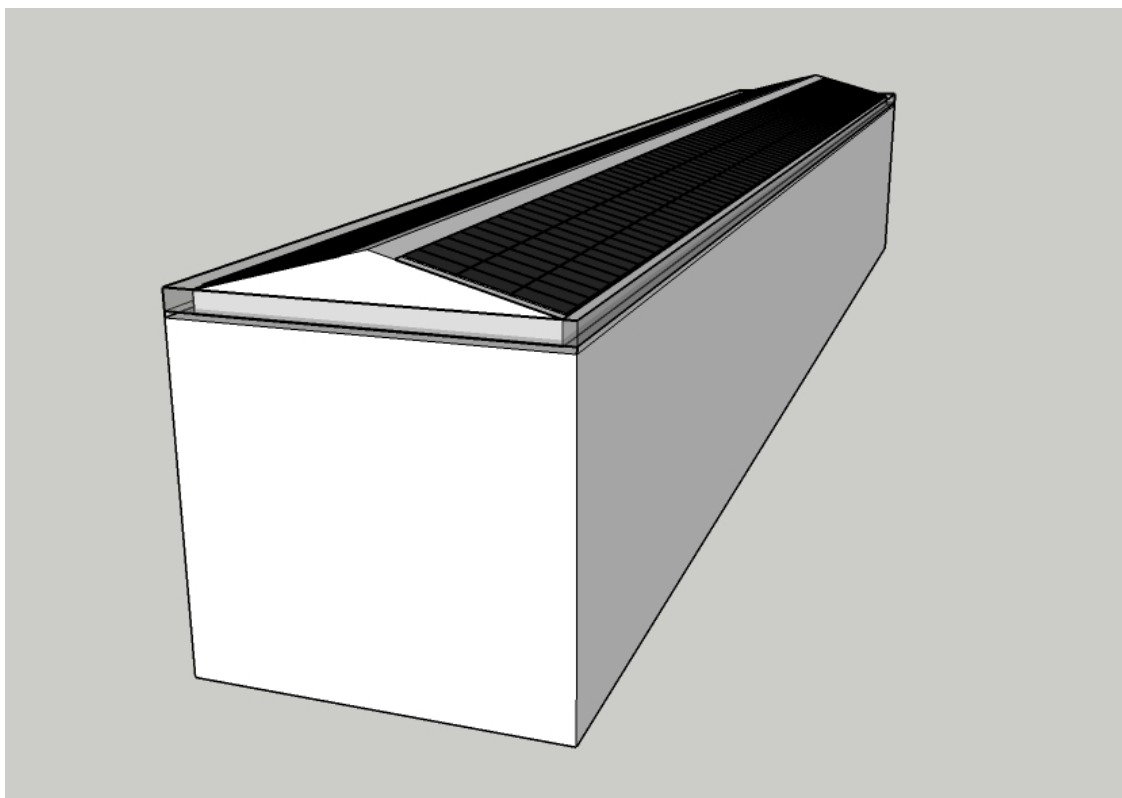


Konceptutveckling: Takrenovering med solceller på prefabricerade takelement



En delrapport inom projektet
Miljontak – takrenovering med solceller

Vi bygger det hållbara samhället – på riktigt

Solkompaniet utvecklar hållbara energilösningar
och leder utbyggnaden av solceller i Sverige.



Solsidan, Varberg – 2,7 MW
Sveriges största solcellsanläggning

Sammanfattning

Att producera el med solceller är en av de byggnadsåtgärder som en fastighetsägare kan genomföra för att bidra till energiomställningen och till minskad klimatpåverkan. En stor del av Sveriges flerbostadshus byggdes inom det så kallade Miljonprogrammet och dessa utgör en stor potential i det här perspektivet. I projektet *Miljontak – takrenovering med solceller* studeras framför allt byggnader med platta tak, med ambitionen att ta fram ett kostnadseffektivt renoveringskoncept som utnyttjar prefabricerade takelement där solcellsmoduler monterats i fabrik.

Utgångspunkten för konceptet har varit att det ska ge stor klimatnytta, visa hänsyn till arkitektoniska värden, ha en rationell byggprocess och tillgodose servicebehovet för andra funktioner på taket. I rapporten presenteras ett huvudkoncept där ett låglutande sadeltak byggs över det ursprungliga taket. I konceptet föreslås också en servicebalkong runt hela taket, primärt för att fungera som snöfång och underlätta lövrensning i hängrännor, men också för att medge visuell inspektion av solcellerna. Vidare presenteras ett sidokoncept med upphöjt pulpettak, som är tänkt att kunna inrymma befintliga fläktrum och andra större objekt på taket.

Rapporten visar att ett sådant koncept skulle kunna ge ett stort bidrag till byggnadens energibalans, på i storleksordningen 25–30 kWh per m² golvyta i ett hus på 3–4 våningar. Den ekonomiska bedömning som gjorts är ännu grov, eftersom det takelement med solceller som ingår i konceptet inte är färdigutvecklat, liksom flera andra detaljer. Att installera solceller i fabrik i stället för utomhus på tak bedöms dock ge relativt stora kostnadsbesparingar, medan själva takkonstruktionen blir billigare om den byggs på plats. Sammantaget är dock bedömningen att totalkostnaden är ungefär densamma för det nya konceptet med prefab som för ett platsbyggt alternativ.

De prefabricerade takelementen är tänkta att vara konstruerade utan organiska material, vilket gör dem mindre fuktkänsliga, och solcellerna monteras på korrugerad plåt med lång livslängd. Konceptet med en servicebalkong uppvisar också ett flertal intressanta kvalitéer, varför vi bedömer att det är intressant att gå vidare i arbetet med att utveckla detaljlösningar för konceptet i samband med ett demonstrationsprojekt.

Innehåll

Bakgrund och syfte	5
Metod	6
Resultat.....	7
Takets utformning	7
Vindsutrymme för tekniska installationer	11
Skapa nya lägenheter	12
Prefabricerade takelement.....	12
Byggprocess	13
Service och underhåll.....	13
Ekonomisk bedömning.....	14
Jämförelse mellan prefabricerat och platsbyggt.....	14
Jämförelse mellan renovering med och utan solceller	15
Överskottsproduktion av solel.....	15
Diskussion och slutsats	17
Fortsatt arbete	18

Författare: David Larsson, Solkompaniet
*Industridoktorand vid Mälardalens Högskola,
inom forskarskolan REESBE.*

Finansiärer: Projektet Miljontak har genomförts inom forskningsprogrammet E2B2 med statligt stöd från Energimyndigheten och med stöd från SBUF (Sveriges Byggindustriers Utvecklingsfond) samt deltagande partners.

Deltagare: Projektet har letts av RISE och har genomförts i samverkan med Sveriges Byggindustrier, Chalmers, Solkompaniet, Högskolan Dalarna, White arkitekter, Riksbyggen, Vätterhem, Skanska Sverige, NCC och Wästbygg.

Bakgrund och syfte

Världens länder har enats om att begränsa den globala uppvärmningen och Sverige vill ligga i framkant i den nödvändiga energiomställningen. Att installera solceller är en av de åtgärder som står till buds för de fastighetsägare som vill bidra till denna omställning.

Hittills görs sådana installationer i huvudsak som rena energiprojekt, men det är högst troligt att det finns samordningsvinster att göra om solcellerna kommer in som en del i de vanliga processerna vid takomläggning och takrenovering.

Detta projekt har som syfte att titta närmare på ett intressant segment inom det svenska fastighetsbeståndet, nämligen flerbostadshusen inom Miljonprogrammet, med fokus på byggnader med platta tak. För sådana tak är ambitionen att utveckla rationella koncept för takrenovering i kombination med installation av solceller.

Metod

Arbetet med att utveckla ett koncept för takreivering med solceller på platta tak har varit en iterativ process där alternativa lösningar utvärderats utifrån några vägledande aspekter enligt nedan.

Klimatnytta

Det övergripande syftet med reiveringskonceptet är att ge stor klimatnytta. Därför har ambitionen varit att konceptet ska generera så mycket solel som möjligt, inom ekonomiskt rimliga gränser.

Arkitektonisk hänsyn

Miljonprogrammets arkitektur är ofta kritiserad, men anses ibland också värdefull att bevara. För att kunna nå acceptans för konceptet har ambitionen varit att takets nya utformning ska hålla en låg profil och inte vara alltför iögonfallande.

Rationell byggprocess och kvalitet

Miljonprogrammets serieproducerade byggnader inbjuder även till en seriell och industrialiserad reiveringsprocess. Vår utgångspunkt har varit att i denna anda använda prefabricerade takelement med förmonterade solceller. Prefabricering bedöms också ge bättre förutsättningar för kontinuerligt kvalitetsarbete jämfört med platsbyggda tak.

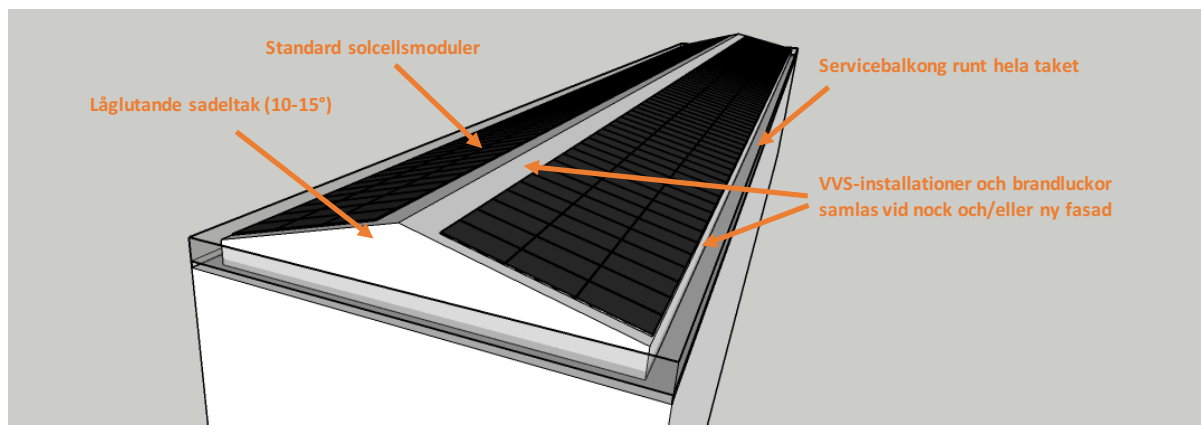
Tillgänglighet och service

Tak har fler funktioner än att fånga in solenergi. Inte minst finns ofta VVS-tekniska installationer som behöver vara tillgängliga för service. Att tillgodose sådana behov har varit en viktig del i konceptutvecklingen.

Arbetet har letts av Solkompaniet, med stöd från övriga projektdeltagare. För den ekonomiska kalkylen har en inledande kostnadsbedömning gjorts av Skanska, i samråd med Elementum Eco och projektet *PROOF, Konkurrenskraftiga industrialiserade solcellstak*, som också drivs av RISE.

Den ekonomiska lönsamheten för solcellsanläggningar på flerbostadshus påverkas kraftigt av hur stor andel av den producerade elen som används internt och hur stor del som säljs. Därför har också ett examensarbete genomförts vid Uppsala Universitet, som studerat möjligheten att använda energilagring i form av batterier och ackumulatortankar som ett sätt att öka andelen egenanvänd solel.

Resultat



Figur 1. Skiss över viktiga delar i det framtagna huvudkonceptet.

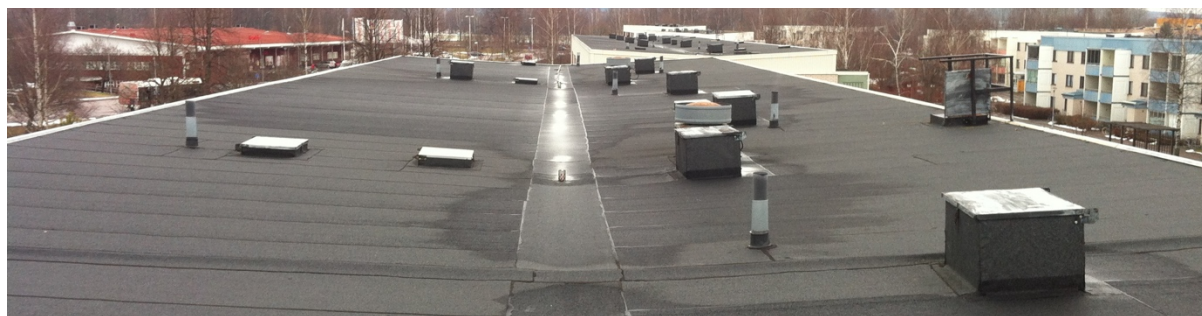
Huvudkoncept i stora drag:

- Sadeltak med 10–15 graders lutning
- Prefabricerade takelement med förmonterade solceller
- Servicebalkong runt om hela taket
- VVS/brandluckor genom fasad/nock
- Tillträdesdörr/lucka via någon av fasaderna på balkongen

Takets utformning

Grundläggande för att uppnå en hög klimatnytta är att konceptet ska inrymma mycket solceller. På befintliga platta tak begränsas den tillgängliga ytan ofta av andra installationer, som upptar plats och även riskerar att skugga solcellerna. Ett exempel på detta visas i Figur 2.

Ibland har denna typ av platta tak också lett till problem med läckage och ibland har de därför byggts på med ett lutande tak. Ålidhem i Umeå är ett område där många av de platta taken byggts på med valmade tak. På flera av dessa har det sedan också installerats solceller, se Figur 3.



Figur 2. Exempel på platt tak från Miljonprogrammet i Tjärna Ängar, Borlänge. (Foto: Solkompaniet)



Figur 3. Exempel där ett platt tak byggts på med ett nytt valmat tak och där det sedan monterats solceller, i Ålidhem, Umeå. (Foto: Solkompaniet)

Med ambitionen att få in så mycket solceller som möjligt, behöver vi för det första hantera konflikten med övriga installationer på taket. Vår lösning på detta är att som ovan bygga upp ett nytt lutande tak över det befintliga.

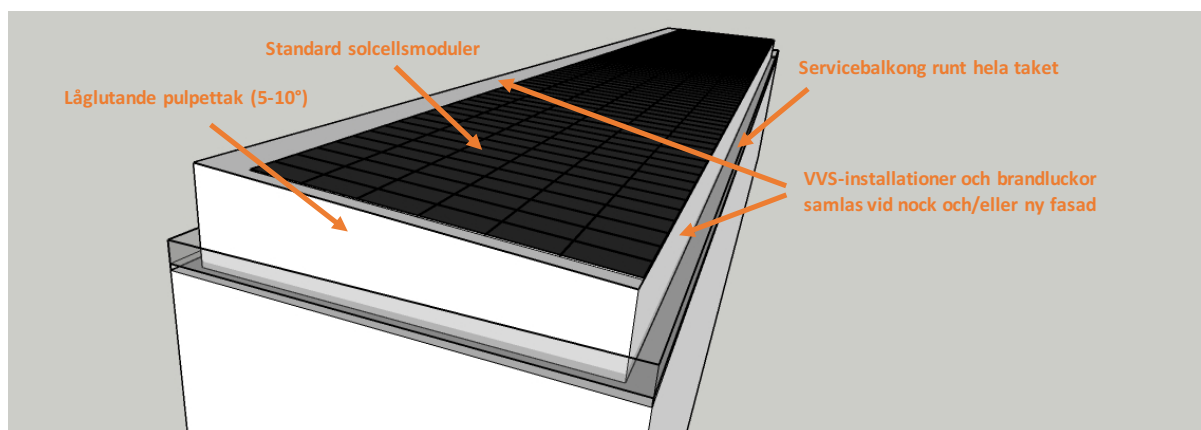
Om vi väljer en brant lutning på taket så får vi en stor tillgänglig yta. Om taket är orienterat mot söder träffas det också av mer solenergi, så att elproduktionen per kvadratmeter ökar. Om taket däremot är orienterat mot öst, väst eller norr minskar elproduktionen per kvadratmeter med ökande lutning. En brant taklutning ger också en större påverkan på den ursprungliga arkitekturen.

I huvudkonceptet har vi valt att utforma taket som ett sadeltak med låg lutning. Med denna utformning blir elproduktionen i princip oberoende av hur byggnaden är orienterad, vilket ses som en fördel för att konceptet ska vara enkelt att replikera.

På mer komplexa tak kan vara svårt att hålla sig helt till utformningen enligt huvudkonceptet. Det kan t.ex. handla om att hänsyn måste tas till befintliga fläktrum, eller andra skrymmande objekt på taket. Fasaden på servicebalkongen kan då behöva göras högre och takets form kan behöva anpassas.

I vissa fall kan detta säkert hanteras genom att lyfta upp taket något högre (så att fasaden på servicebalkongen blir högre), eller med en brantare taklutning. I andra fall kommer ett pulpettak vara att föredra.

Figur 4 visar en skiss för ett sidoalternativ med högre fasad och pulpettak och Figur 5 visar exempel på flerbostadshus med fläktrum på taket.



Figur 4. Skiss för ett sidokoncept med pulpettak.



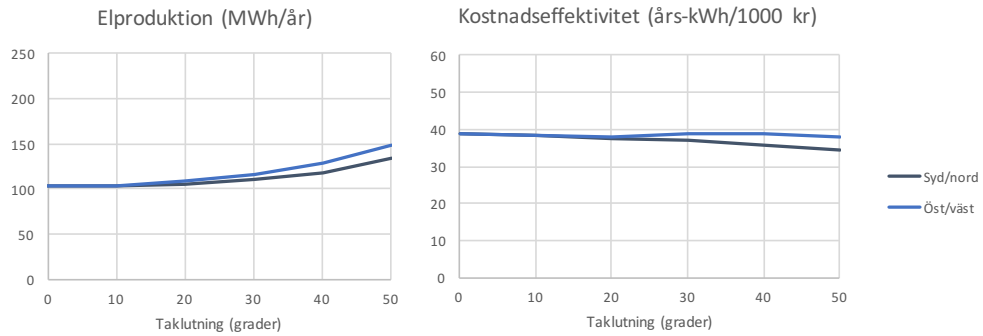
Figur 5. Exempel på byggnader med platta tak och befintliga fläktrum, i Råslätt, Jönköping. (Foto: Vätterhem)

Figur 6 illustrerar hur elproduktion och kostnadseffektivitet¹ varierar med orientering och lutning i en exempelbyggnad med en horisontell area på 1 000 m².

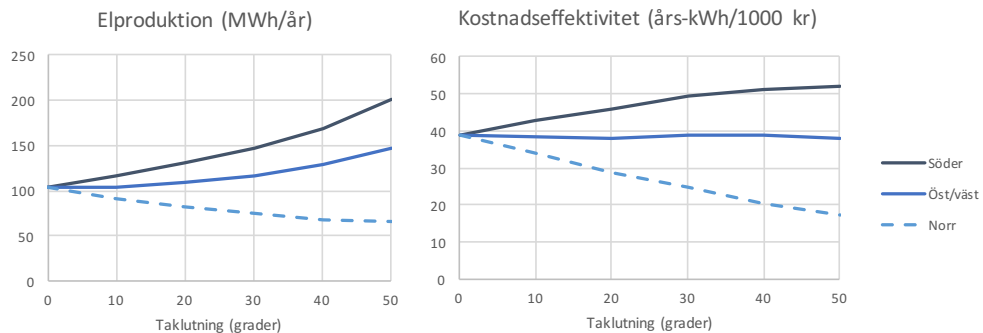
¹ Elproduktionen har beräknats för Stockholm med PVGIS och databasen Climate SAF, med byggnadsintegrerade solceller och 10% systemförluster. Kostnadseffektiviteten har beräknats med en schablonmässig kostnad för ett komplett tak inklusive solceller om 3 000 kr/m² vid 1 000 m² och 2 800 kr/m² vid 1 500 m².



Sadeltak



Pulpettak



Figur 6. Beräknad elproduktion och kostnadseffektivitet (elproduktion i förhållande till investeringskostnad) för olika takutformningar.

En slutsats från diagrammen ovan är att den föreslagna utformningen med låglutande tak verkar ge en rimlig kostnadseffektivitet och utfallet är då i stort sett oberoende av hur byggnaden är orienterad. Där det är möjligt att använda södervända pulpettak – byggnadstekniskt och med hänsyn till arkitektoniska krav – går det dock att höja kostnadseffektiviteten ytterligare. Lönsamheten för en solcellsanläggning är också starkt beroende av i hur stor utsträckning elen kan användas direkt i byggnaden, liksom i vilken utsträckning reglerna för skattereduktion till överskottsproduktion av el är anpassade till byggnadens ägare. Mer om detta senare i den ekonomiska bedömningen.

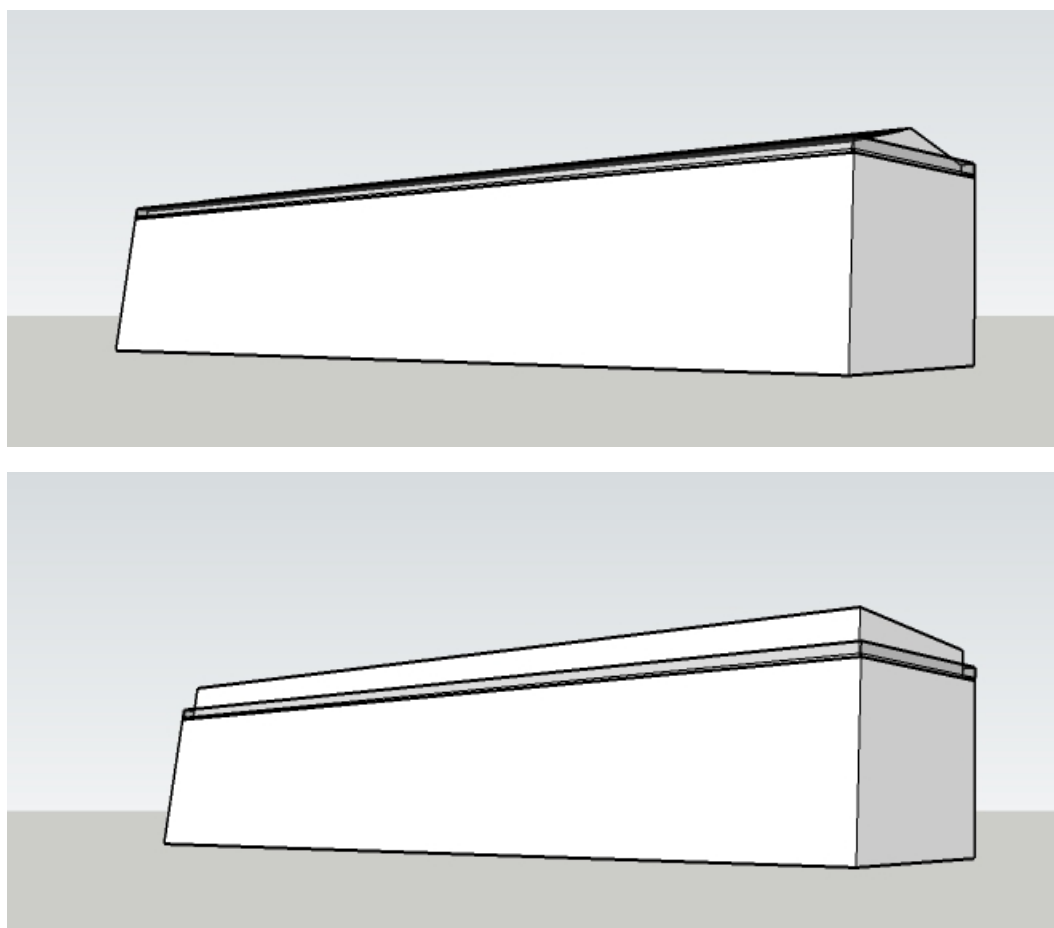
Genom att enligt dessa koncept täcka hela taken med solceller ökar elproduktionspotentialen markant. Jämfört med exemplen i Figur 2 och Figur 5 är ökningen omkring 70 % och vår bedömning är att den genomsnittliga potentialen för platta tak inom miljonprogrammet torde ligga i intervallet 50-100 %.

Utifrån de osäkra siffror som finns kring dagens potential på platta tak (se litteraturstudien²) är vår bedömning att ökningen motsvarar 80-160 GWh/år. Vi har då antagit att den idag tillgängliga ytan på platta tak inom miljonprogrammet

² Fiedler F. m. fl., *Miljontak Delprojekt 2 – Sammanfattning av litteratursammanställning*, Högskolan Dalarna, Energi- och miljöteknik (Rapport 1/2018)

är 1,5 miljoner m² på flerbostadshus med renoveringsbehov, med en solelpotential på 160 GWh/år.

Figur 7 visar en jämförelse mellan hur huvudalternativet med sadeltak och sidoalternativet med pulpettak kan se ut från marken, om de appliceras på ett trevåningshus. Som synes ger huvudalternativet en mycket diskret framtoning, medan sidoalternativet med en högre fasad blir mer framträdande. Eftersom vår utgångspunkt varit att det redan tidigare funnits fläktrum på dessa tak, är det möjligt att även den senare utformning är acceptabel. Vilka bevarandekrav som ställs inom så kallade miljonprogramsområden varierar stort och acceptansen för de olika koncepten kommer att behöva utredas vidare i konkreta fall framöver.



Figur 7. De två alternativen sadeltak och pulpettak, sedda från marken.

Vindsutrymme för tekniska installationer

En fördel med att bygga ett nytt tak över det befintliga är att det skapas ett nytt utrymme som kan användas för tekniska installationer. Detta gäller t.ex. de växelriktare som ingår i solcellsinstallationen, men utrymmet kan också användas för annan utrustning som installeras i samband med en energirenovering, som ventilationsvärmepumpar, frånluftsvärmepumpar, ackumulatortankar och

batterier. Sådan utrustning kan också bli en viktig del i att uppnå en god totalekonomi för solcellsanläggningen genom att öka andelen el som används direkt i byggnaden.

Skapa nya lägenheter

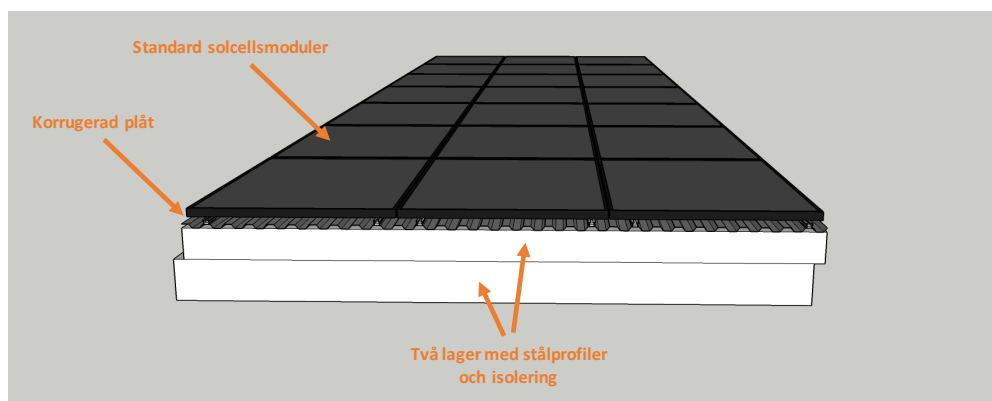
En annan möjlighet är att i samband med takrenoveringen också skapa ett nytt våningsplan med nya lägenheter. Detta skulle kunna innebära en betydande intäktskälla till projektet, men också ökade kostnader, där hiss är en betydande kostnadspost – antingen att tillskapa en ny eller förlänga en befintlig. Eventuellt är det möjligt att kringgå hisskravet om de nya bostäderna är studentlägenheter. Andra skillnader jämfört med om utrymmet endast används för tekniska installationer är ökade krav på värmeisolering och bullerdämpning från ventilationsfläktar och liknande. Förutsättningarna för att skapa nya lägenheter kommer att behöva utredas vidare från fall till fall.

En SBUF-studie från 2010 har granskat förutsättningarna (mark- och plan-, tekniskt, ekonomiskt, ägarintresse) för våningspåbyggnad i miljonprogrammet³. Resultaten bekräftar bilden av en komplex frågeställning som kräver att varje potentiellt projekt analyseras utifrån sina egna förutsättningar. Studien lyfter ett flertal aspekter som talar för förtätning av miljonprogramområden framför i stadskärnor och rekommenderar prefabricerat byggande. Bland de utmaningar som lyfts är att detaljplanen ofta måste ändras vid påbyggnad och att fastighetens läge i något avseende behöver vara attraktivt. 3D-fastighetsbildning där tillbyggnaden görs till bostadsrätter eller ägarlägenheter är enligt rapporten, där det är möjligt, det snabbaste sättet att betala investeringen.

Prefabricerade takelement

En bärande idé i vårt arbete med att ta fram ett kostnadseffektivt renoveringskoncept har varit att använda prefabricerade takelement där solcellerna förmonteras i fabrik. I det parallella projektet PROOF pågår för närvarande arbete med att utveckla en sådan produkt. Preliminära resultat därifrån visar att det går att bygga ett högkvalitativt tak, utan organiska material, med huvudsaklig utformning enligt Figur 8. Det prefabricerade takelementet bör också ha eventuella takbryggor och snörasskydd förmonterade, för att minimera behovet av utvändigt installationsarbete på byggplatsen.

³ Lidgren & Widerberg, *Våningspåbyggnad av hus från miljonprogrammet*, SBUF-rapport maj 2010.



Figur 8. Exempel på prefabricerat takelement med förmonterade solceller.

Byggprocess

En relativt stor kostnad vid takrenovering utgörs av byggställningen som behövs av säkerhetsskäl samt väderskydd av konstruktionen. Med en servicebalkong runt taket är tanken att någon byggställning inte ska behövas. Monteringen av räcket runt balkongen bör kunna göras med säkerhetslina och därefter fungerar räcket som taksäkerhet för de övriga momenten. Genom att använda prefabricerade takelement finns inget behov av väderskydd och minimalt med arbete ska behöva utföras uppe på det tillbyggda taket. Kablarna från solcellerna på varje takelement är tänkt att dras genom taket vidnocken, så att all vidare kabeldragning kan ske inomhus.

Utöver de byggtekniska arbetena tillkommer också omdragning av de befintliga VVS-installationerna på taket, som i huvudkonceptet samlas antingen vid taknocken, eller dras genom fasaden till servicebalkongen.

Service och underhåll

Solcellsmoduler är normalt sett underhållsfria, men det är bra om det medges tillträde för årlig visuell inspektion och kontroll så att ingen oförutsedd skada har uppstått. Andra servicebehov som kan uppstå är främst rensning av ventilationskanaler, funktionskontroll av brandluckor, rensning av löv från hängrännor samt snöröjning vid extremt snöfall.

Den föreslagna utformningen med en servicebalkong runt om solcellstaket gör det möjligt att tillgodose de flesta av dessa funktioner på ett smidigt sätt. Utgång till balkongen sker genom en dörr eller lucka på lämplig plats på den nya fasaden. Om det är möjligt att också placera ventilationsutlopp och brandluckor på den nya fasaden, kan alla servicefunktioner skötas från balkongen. Annars behövs även en takbrygga på solcellstaket, med tillträde via steg från balkongen. I sidokonceptet enligt Figur 4 är det troligen att solcellerna kommer upp för högt för att kunna inspekteras från balkongen, varför det kan behövas flera stegar längs fasaden och/eller en takbrygga uppe på taket av det skälet.

Ytterligare en fördel med en servicebalkong är att den kan fungera som snörasskydd, utan behov av ett traditionellt snörasskydd där snön riskerar att samlas på solcellerna.

Solcellsmodulerna har en förväntad livslängd på minst 30 år och övriga material på taket (inkl. den korrugerade plåten) förväntas hålla lika länge. Eventuellt kan beläggningen på balkongens golv (duk eller takpapp) behöva bytas tidigare, vilket i så fall ska kunna göras obehindrat och utan behov av ytterligare taksäkerhet.

Om man väljer att bygga ett nytt solcellstak utan servicebalkong behöver alla andra installationer samlas vidnocken och utformas med så låg uppstickande höjd som möjligt, så att inte solcellerna skuggas. Då behövs också en taklucka för tillträde till dessa funktioner. Vidare behövs sannolikt traditionella snörasskydd, åtminstone över entréer. Om hängrännor ska kunna rensas ovanifrån behöver takbryggor installeras längs takfoten. Annars behöver takrännorna rensas från skylift, vilket innebär ökade servicekostnader.

Ekonomisk bedömning

Jämförelse mellan prefabricerat och platsbyggt

För en första ekonomisk bedömning görs här en jämförelse mellan ett alternativ med prefabricering och ett platsbygge. Kostnadsbedömningen för det prefabricerade takelementet är osäker, eftersom utvecklingsarbetet inom PROOF-projektet ännu inte är slutfört. Siffrorna för platsbyggt tak och solcellsanläggning är däremot relativt säkra, utifrån erfarenheter från Skanska och Solkompaniet. Slutsatsen är ändå att en prefabricerad lösning verkar ha goda möjligheter att kunna konkurrera med ett platsbyggt alternativ. I analysen har också förutsatts att båda alternativen kan byggas utan byggställning. Om denna endast kan undvikas med prefabricerade takelement stärker det detta alternativ ytterligare.

Prefabricerat takelement, inkl. montering	1 500 kr/m ²	
<u>Solcellsanläggning, vid montering i fabrik</u>	<u>1 500 kr/m²</u>	(cirka 10 000 kr/kW)
	3 000 kr/m ²	
Platsbyggt tak, med korrugerad plåt ⁴	1 100 kr/m ²	
<u>Solcellsanläggning, inkl. installation</u>	<u>1 900 kr/m²</u>	(cirka 12 700 kr/kW)
	3 000 kr/m ²	

⁴ Skanskas kostnadsbedömning har gjorts för ett platsbyggt tak med ytpapp. Här har antagits att merkostnaden med korrugerad plåt är 100 kr/m².

Jämförelse mellan renovering med och utan solceller

Här ställs kostnaden för ett platsbyggt sadeltak med ytpapp mot vårt huvudalternativ med prefabricerade takelement och solceller. Utifrån de osäkra kostnadsuppgifter vi har idag, är merkostnaden för solcellstaket jämförbar med kostnaden för en platsbyggd solcellsanläggning som monteras på ytpapp. Det går alltså i nuläget inte att hävda att vår totallösning ger en lägre investering. En fördel för det prefabricerade alternativet är dock att den korrugerade plåten kan förväntas ha längre livslängd än takpappen (och att flytta solcellsanläggningen kommer att innebära en merkostnad vid underhåll av papptaket). Dessutom är det prefabricerade taket fritt från organiskt material, vilken gör konstruktionen mindre fuktkänslig.

Solcellstak (prefab)	3 000 kr/m ²	
<u>Platsbyggt tak, med ytpapp</u>	<u>1 000 kr/m²</u>	
Mellanskillnad	2 000 kr/m ²	(cirka 13 300 kr/kW)

Överskottsproduktion av solel

Flerbostadshus är en byggnadstyp där el framförallt används morgon och kväll, men inte så mycket mitt på dagen. När solcellerna producerar mer energi än det som kan tas tillvara i byggnaden uppstår överskottsel. Ofta är solcellerna dessutom inkopplade till fastighetsägarens elanslutning, medan hushållen har egna anslutningar till elnätet. Det innebär att bara den solel som används av fastighetsägaren (t.ex. till allmänbelysning, ventilation, hiss och tvättstuga) leder till besparingar när det gäller energiskatt och rörliga nätavgifter. Den överskottsel som säljs till elnätet får därmed ett betydligt lägre värde. Prisnivån varierar, men det handlar om i storleksordningen 80 öre/kWh vid egenanvändning och 30 öre/kWh vid försäljning (exkl. moms).

För att överbrygga denna stora skillnad har regeringen infört en skattereduktion på 60 öre/kWh som betalas ut för el som matas ut på elnätet. Denna skattereduktion betalas dock bara för högst 30 000 kWh/år per juridisk person, vilket innebär att ersättningen per kWh för ett bostadsbolag med många solcellsanläggningar blir betydligt lägre. Förhoppningsvis kommer regelverket ändras så att värdet vid försäljning blir hög också för bostadsbolag, till exempel genom att gränsen ändras till 30 000 kWh/år per anläggning, men om och när detta kommer att ske är fortfarande oklart.

Några andra sätt att höja värdet för den producerade solelen är:

- Teckna ett gruppabonnemang för hela byggnaden.
Då kan solelen även användas av hyresgästerna, men det leder till ökad administration för fastighetsägaren som då debiterar elen på hyran.

- Producera varmvatten med värmepump.
Att installera en frånluftsvärmepump är en inte helt ovanlig energieffektiviseringsåtgärd. Detta ger ett ökat elbehov, vilket kan kritiseras ur miljösynpunkt, men ökar också andelen egenanvänd solel.
- Lagra el i batterier.
Överskottsel från dagen kan sparas till kvällen. Batterier är fortfarande dyrt, men prisutvecklingen går snabbt nedåt.
- Ladda elbilar.
Elbilar som laddas på dagen kan laddas med solel. Eftersom de flesta boende förmodligen vill ladda sin bil efter jobbet kan det behövas en kombination av elbilsladdare och stationära batterier i byggnaden för att öka andelen egenanvänd solel.

I projektet *Solceller i flerbostadshus* har vi tidigare studerat potentialen för att minska mängden överskottsel i flerbostadshus med solceller. Analysen av ett trevåningshus i Eskilstuna, där sadeltakets södersida är täckt med solceller, gav resultat enligt Tabell 1. Möjligheten att reducera överskottet med batterier är begränsad av att elbehovet sommartid är förhållandevis lågt även på kvällen och natten. Varmvattenförbrukningen är högre och genom att använda el till att producera varmvatten är det möjligt att kraftigt reducera överskottet. I beräkningarna har antagits att det finns en värmepump och en ackumulatortank på 1 m³.

Tabell 1. Åtgärder som kan minska mängden överskottsel från solceller i flerbostadshus⁵.

Med separata elabonnemang för lägenheterna

	Överskottsel (kWh/lgh,år)	Andel överskottsel
Grundfall	1 345	70%
Med batterier	997	52%
Med varmvattenproduktion	125	9%

Med ett gemensamt elabonnemang för hela byggnaden

	Överskottsel (kWh/lgh,år)	Andel överskottsel
Grundfall	929	48%
Med batterier	459	24%
Med varmvattenproduktion	19	1%

⁵ Larsson D. m.fl., *Solceller i flerbostadshus*, Energiforsk Rapport 2017:384.

Som en del i projektet *Miljontak* har det genomförts ett examensarbete vid Uppsala Universitet⁶ som tittat närmare på förutsättningarna för att reducera överskottselen med hjälp av batterier och värmelager. Resultaten från det arbetet visar tyvärr att varken batterilagring eller värmelagring är lönsamt idag. Eftersom priset på batterier väntas gå ner är detta dock ett område att bevaka. Det kan också finnas vissa flerbostadshus som redan har frånluftsvärmepump och akkumulatortank installerade. Examensarbetet har också tagit fram en beräkningsmodell som kan användas för fortsatta studier.

Diskussion och slutsats

I denna rapport presenteras ett koncept för takrenovering med solceller på platta tak. Dels ett huvudkoncept med ett låglutande sadeltak och dels ett sidokoncept med ett mer upphöjt pulpettak, som kan inrymma befintliga fläktrum. I båda fallen ingår en servicebalkong runt om hela taket, som väntas kunna sänka kostnaderna vid byggnation och även underlätta framtida tillsyn och underhåll.

Bedömningen är att båda dessa koncept är genomförbara och bör vara intressanta för fastighetsägare som är i behov av att renovera platta tak och även intresserade av att installera solceller. Det vi har utgått ifrån är att taket ska byggas upp av prefabricerade takelement, där solcellerna monterats i fabrik, men vi ser också att det skulle vara möjligt att bygga på likande sätt med en platsbyggd konstruktion. Troligen är det möjligt att i båda fallen klara av byggnationen utan en byggnadsställning, vilket ofta är en stor kostnadspost.

I de fall beställaren önskar (eller arkitektoniska förutsättningar kräver) en konstruktion utan den föreslagna servicebalkongen, skulle det fortfarande kunna vara möjligt att klara byggnationen utan byggnadsställning i fallet med prefabricerade element, men inte om taket ska byggas på plats.

Den ekonomiska bedömningen är hittills mycket grov, eftersom de prefabricerade solcellstakelementen vi siktar in oss på fortfarande är under utveckling. Att installera solceller i fabrik i stället för utomhus på tak bedöms innebära en relativt stor kostnadsbesparing, medan vår bedömning hittills är att takkonstruktionen blir dyrare med prefab. Sammantaget är resultatet dock att det bör vara möjligt att bygga med prefab utan att det blir dyrare än platsbyggd. Att det prefabricerade taket är konstruerat utan organiskt material ses också som en kvalitetshöjning.

⁶ Gullberg Y., *Hantering av överskottselen från byggnadsintegrerade solceller*, Uppsala Universitet (UPTEC ES 17 021)

Det utvecklade konceptet har haft som utgångspunkt att göra stor klimatnytta, varför hela taket är täckt med solceller. I det exempel som redovisas i rapporten skulle elproduktionen bli cirka 100 MWh/år från ett tak med en horisontell yta på 1 000 m², vilket innebär ett ganska rejält tillskott till energibalansen för byggnaden (cirka 25 kWh respektive 33 kWh per m² golvyta i ett hus med 4 respektive 3 våningar).

Samtidigt innebär vårt fokus på klimatnytta att lönsamheten för solcellsanläggningen försvagas, dels för att elproduktionen per kvadratmeter blir något lägre än normalt och dels för att en hög total elproduktion ger ett större elöverskott som matas ut på elnätet, där det generellt har ett lågt värde.

Överskottsproblematiken skulle kunna lösas genom att regeringen vidareutvecklar systemet med skattereduktion, så att det är bättre anpassat till bostadsbolagens förutsättningar. Andra möjliga åtgärder för att reducera överskottet är att införa gruppabonnemang, att installera en frånluftsvärmepump som producerar varmvatten, att installera batterilager samt att ladda elbilar.

Sammanfattningsvis är vår slutsats att konceptet har intressanta kvalitéer och medför en stor potential att bidra till energiomställningen. Vi bedömer därför att det är intressant att utveckla vidare.

Fortsatt arbete

För att kunna vidareutveckla detta till ett koncept för demonstration och så småningom "serieproduktion" ser vi framför allt följande behov:

- Slutför utvecklingsarbetet av ett prefabricerat solcellstakelement (i projektet *PROOF*)
- Ta fram byggtekniska detaljlösningar för att bygga sadeltak med takelementen
- Ta fram VVS-tekniska detaljlösningar för att dra om ventilation och avloppsluftningar

Vid sidan av platta tak finns en ännu större potential i befintliga sadeltak, vilket är den vanligaste taktypen. Framöver är det intressant att också studera vilka möjligheter som finns att arbeta prefabricerade lösningar där.

En idé som diskuterats i projektgruppen är också att utveckla ett koncept som tar tillvara den varma luftström som bildas under solcellerna, så att den kan användas för varmvattenproduktion. Ett examensarbete på detta tema planeras vid Högskolan Dalarna.



Stockholm	Göteborg	Örebro
08-400 267 50	031-83 67 50	019-30 87 50

info@solkompaniet.se www.solkompaniet.se