NCC Property Development

SOLel programmet, SBUF

Rapport
Förstudie CO_2 neutral energilösning för Kristinebergshöjden, Stockholm

2011-02-15

NCC Property Development

ENERGIBANKEN

SCHEIWILLER SVENSSON
ARKITEKTKONTOR AB

NCC Property Development

FÖRORD

I denna förstudie har det funnits möjligheter att på ett visionärt men inte orealistiskt sätt titta på förutsättningarna för ett mycket energieffektivt kontorshus. Den stora förändringen jämfört med ett mer traditionellt kontorshus är det stora inslaget av solceller och där arkitekturen anpassas till solcellerna redan från start. Utmaningen har varit att se i vilken utsträckning solcellerna kan producera den el som krävs för att driva geoenergilagret som försörjer byggnaden med värme och kyla.

Projektgruppen har bestått av, Projektledare Olle Forsberg NCC, Erik Skagerlund NCC, Jan-Ulric Sjögren NCC, Hannes Schmied NCC, Lars Carlsén Scheiwiller Svensson, Björn Åström Scheiwiller Svensson och Mats Andersson Energibanken. Värdefulla synpunkter har erhållits från referensgruppen där följande personer ingått: Thomas Olofsson Umeå Universitet, Kjell-Åke Henriksson JM, Roland Jonsson HSB, Kennet Viking NCC, Bo Lindholm NVS och Bengt Wånggren SGBC.

Ett tack riktas till finansiärerna SolEl programmet, SBUF och NCC FoU.

Olle Forsberg

NCC Property Development

Innehållsförteckning

1. Inledning 5

1.1 ÖVERGRIPANDE MÅLSÄTTNING 5

1.2 AVGRÄNSNINGAR 5

2. Sammanfattning 6

3. Plats och byggnad 7

3.1 BYGGHERRENS AMBITIONER 7

3.2 ENERGI OCH EFFEKTBEHOV FÖR BYGGNADEN 8

3.3 INDATA AV BETYDELSE FÖR BERÄKNINGEN 10

3.4 SYSTEMLÖSNING 10

3.4.1 Geoenergilösning - Behov av köpt energi 10

4. Solceller 15

4.1 OLIKA TYPER 15

4.2 POTENTIAL - SOLCELLER 15

4.2.1 Bakgrund 15

4.2.2 Förutsättningar 16

4.2.3. Månadsberäkning 17

4.2.4 Simulering timme för timme 18

4.2.5 Översikt för tillgängliga placeringar av solceller 19

4.2.6 Energibalanser för solcellerna 20

4.2.7 Slutsatser från simuleringarna 20

4.3 DYGNSLAGRING AV EL 21

4.4 NETTODEBITERING - ENERGIMARKNADSINSPEKTIONENS FÖRSLAG 22

5. Arkitektur och solceller 23

5.1 STUDERADE FÖRSLAG 25

5.1.1 Förslag för fasad mot Söder 25

5.1.2 Förslag för fasad mot Öster 25

5.1.3 Förslag för solceller på tak 25

5.2 SCENARIO 1 26

5.2.1 Detaljstudier / vertikala solföljande solcellsmoduler 28

5.2.2 Solstudier / vertikala solföljande solcellsmoduler 29

5.2.3 Skuggning / vertikala solföljande solcellsmoduler 30

5.3 SCENARIO 2 (ALT.1) 31

5.3.1 Scenario 2 (alt.2) 32

5.4 SCENARIO 3 33

5.5 ÖVRIGA STUDIER 34

5.5.1 Utblick / Ljusinsläpp 35

5.5.2 Detaljutformning / Fasaduttryck 37

Innehållsförteckning forts.

6. CO_2 besparing - olika synsätt 38

6.1 Bakgrund 38

6.2 Frågeställningar 38

6.3 Hur ser kunskapsläget ut ? 38

6.4 Några ytterligare infallsvinklar 38

6.5 CO_2 i Kristineberg 39

7. Ekonomi 40

7.1 KOSTNADER 40

7.2 LÖNSAMHET 41

8. Slutsatser - sammanfattande diskussion 42

9. referenser 42

1 Inledning

Energiprestanda för en kommersiell byggnad har under några få år fått en markant ökad betydelse för såväl en potentiell hyresgästs val av lokal som en investerares val av objekt. Doktorandstudier pågår vid bla. KTH [1] för att närmare studera sambandet mellan olika typer av miljöklassningar och värdeutveckling för en fastighet. Oavsett val av miljöklassningssystem väger energianvändningen och val av energikälla tungt i respektive klassnings värdering. I enlighet med EU:s direktiv EPBD 2 [2] pågår för närvarande ett arbete hos Energimyndigheten och Boverket med att fastställa vilken målsättning gällande energiprestanda som ska gälla i Sverige för år 2020. Som ett led i arbetet kallade Energimyndigheten till en hearing i juni 2010. Inbjudna var olika typer av branschföreträdare samt representanter från departement och myndigheter. Det har indikerats att kraven för 2020 kommer att innebära en halvering av nu gällande krav för den maximala energianvändningen för bostäder och lokaler enligt BBR [3] (Boverkets byggregler). Redan i dag premieras användningen av solenergi i BBR vid fastställandet av en byggnads energiprestanda och användning av förnyelsebara energikällor ska utvecklas och stimuleras ytterligare enligt direktivet. Vid installation av tex. solceller på en byggnad kan, beroende på dimensioneringen, uppstå ett överskott av el vilket då kan levereras ut på elnätet. Dagens regelverk för elleverans ut på elnätet är i princip ogynnsam för en fastighetsägare och Energimarknadsinspektionen har nyligen (nov 2010) på uppdrag av Näringsdepartementet kommit med ett förslag om sk. nettodebitering som förbättrar leveransvillkoren något för mindre lokala producenter av el. En remissrunda från näringsdepartementet avslutades den 8 februari 2011 och det största hindret för införande av nettodebitering förefaller vara skattelagstiftningen.

1.1 Övergripande målsättning

Som ett led i NCC:s strävan att uppnå bättre energiprestanda i enlighet med direktivets ambitioner och marknadens ökade efterfrågan har denna förstudie utförts för att övergripande studera en energilösning för en kommersiell byggnad som förses med en geoenergilösning i kombination med en större mängd solceller integrerade i byggnaden. Den förnyelsebara tekniken ska utgöra en attraktiv del av arkitekturen samt ge ett markant bidrag till en kylmaskin/ värmepump för utnyttjandet av geotermisk energi via borrhål. Den tekniska lösningen ska markant reducera byggnadens framtida inköp av energi. Målsättningen är att studera effekt och energibalanser över året för en större solcellsanläggning och samtidigt den mängd el som krävs för att driva en värmepump/kylmaskin under ett år. Fokus är att studera hur mycket av byggnadens fastighetsel som kan täckas via solceller för energilösningen i det aktuella projektet och ta fram ett relationstal för täckningsgraden som solcellerna kan svara för. Fastighetsel omfattas av BBR:s krav på byggnadens maximala energianvändning och definieras [4] i princip som den el som krävs för drift av byggnadens tekniska system som fläktar, hissar, pumpar, kylmaskiner etc. men exklusive den el som hyresgästerna använder för sin verksamhet. Vår bedömning är att denna studie, representerar ett nytt synsätt beträffande byggnadens elanvändning och att denna lösning kommer att uppfattas som attraktiv hos kommande hyresgäster och investerare är därmed av betydelse för de inblandade parternas varumärken. Miljömässigt utgör lösningen ett intressant alternativ gentemot alternativet fjärrvärme/fjärrkyla då solel allokeras till byggandens försörjningssystem. Om en lokal solcellslösning kan täcka en betydande del av det årliga elbehovet för att tillgodose byggnadens behov av värme och kyla har vi en mycket intressant lösning. Den föreslagna lösningen är ett stort steg i riktningen mot EU:s målsättning på ”Near zero energy consumption” för nya byggnader år 2020.

1.2 Avgränsningar

Då byggnadsprojektet är etappindelat och diskussionerna med staden inte är avslutade om kommande etapper har vi endast kunnat studera den första etappen som omfattar ca 15000 m^2. Ursprungligen var byggnaden tänkt att vara mycket högre an vad som nu är fallet varför de ursprungliga planerna på lokala vindkraftverk på taket utgått. Efter diskussioner inom projektgruppen är det i första hand den södra fasaden på byggnaden som förses med solceller och integreras i en rörlig solavskärmning. Ytterligare alternativ har översiktligt studerats där den östra fasaden samt delar av taket försetts med fast monterade solceller. Den västra fasaden är skuggad av intilliggande bebyggelse och är därmed inte aktuell. Det exakta behovet av spetsvärme och spetskyla har inte utretts. Teknisk struktur för vidareleverans av solelöverskott till övriga byggnaden har inte studerats.

2 Sammanfattning

Placering av solceller har studerats för syd och östfasaden samt för taket. Om alla ytor tas i anspråk omfattar anläggningen ca 2900 m^2 solceller med en beräknad årlig elproduktion på ca 238 000 kWh, motsvarande ca 15 kWh/ m2,ATemp, år. Samtidigt har elbehovet för att driva geoenergianläggningen, som svarar för byggnadens totala behov av värme och kyla bedömts till ca 170 000 kWh, motsvarande ca 11 kWh/ m^2,ATemp, år. Det innebär att på årsbasis täcks hela elbehovet och om nettodebitering per månad tillämpas blir täckningsgraden 71 %. Hela solcellsanläggningen är kostnadsbedömd till ca 20 mkr och kostnad för geoenergisystemet ca 6-7 mkr. Till detta tillkommer ökade drift och underhållskostnader med ca 300 000:-/år jämfört med ett konventionellt byggt hus. Även om man betraktar lönsamheten för den totala investeringen för solceller och geoenergilager så når man inte riktigt upp till de lönsamhetskriterier som normalt ställs vid en fastighetsinvestering.

Byggnadens energiprestanda enligt BBR är ca 35 kWh/m^2,ATemp, år vid ett antagande om fastighetsel motsvarande ca 20 kWh/ m^2,ATemp, år. Frågan om hur miljöbelastning från CO_2 belastning är föremål för intensiv diskussion och har i mindre utsträckning hanterats på vetenskapligt sätt och i högre utsträckning av affärsintressen och kompromisser. I detta projekt kan vi dock konstatera att klimatbelastningen för kylning och värmning av byggnaden reducerats väsentligt genom utnyttjande av geoenergi och solceller.

3. Plats och byggnad

Den tilltänkta byggnaden kommer att ligga i Kristineberg på Västra Kungsholmen i Stockholm och blir därmed en del av ny centralt placerad stadsdel under uppbyggnad. Kvarteret omfattar totalt tre etapper där den första etappen är ca 15 000 m^2 och etapp 2 och 3 totalt ca 30 000 m^2. Etappen 1 är en långsmal byggnad som ligger parallellt med Essingeleden. Förutom serviceverksamheter så som restauranger, kaféer etc. på gatuplan, så planeras huset för olika typer av kontorshyresgäster. Huset blir i 5, 6 respektive 7 plan, där fasaden mot söder omfattande ca 500 m^2 vilken är föremål för placering av solceller, en längre fasad mot Öster (Essingeleden) samt fasad mot Väster. I norr angränsar etapp 1 med etapp 2 och 3.

Detaljplaneprocess för kvarteret pågår och byggstart är planerad till 2012.

Figur 3:1 Etapp 1 markerad

3.1 Byggherrens ambition

NCC har sedan länge jobbat för att projektet Kristinebergshöjden ska bli det mest klimatkloka/energieffektiva kontorsprojekt/byggnad som företaget någonsin utvecklat. Ambitionen är mycket hög och projektet ska kunna konkurrera både nationellt som internationellt vad gäller miljö och hållbarhet. Vårt tydliga mål med projektet och den färdiga byggnaden är att den ska GreenBuilding-certifieras samt uppnå en hög klassificering enlig internationellt vedertaget miljöklassningssystem, förslagsvis BREEAM.

Om vi ska uppnå högt satta miljömål så kommer det att krävas, förutom att ett genomtänkt projekterat hus med maximalt nyttjande av förnyelsebar energi, även kunskap och engagemang från brukarna (dvs kontorshyresgäster och driftpersonal). Detta engagemang hoppas vi kunna uppnå genom specifika miljöutbildningar samt att synliggöra/informera om energianvändning och vad var och en kan göra för att påverka den samma. Vidare talar mycket för en ökad miljökännedom och engagemang hos gemene man vid en framtida intensifierad miljödebatt i samhället i stort.

NCC gör detta för att vi vill leva som vi lär samt att vi tror att för att vara konkurrenskraftiga på den svenska kontorsmarknaden framgent så kommer det att krävas offensiva satsningar på att utveckla och bygga miljöriktiga hus. Det är dock viktigt att Kristinebergshöjden inte blir någon teknisk julgran som blir allt för komplex att förvalta och därmed en ökad risk för driftstörningar. Det är av den anledningen extra intressant att nyttja beprövade tekniker så som solceller och geoenergi.

3.2 Energi och effektbehov för byggnaden

Byggnadens energi och effektbehov har beräknats med programmet IDA Energi och Klimat. Med de indata som redovisas under 3.3 har effektbehovet per timme beräknats. Kriterier för indata har beträffande de brukarrelaterade hämtats från Sveby projektets riktlinjer för kontor [4].

Byggnadens energibehov för värme, kyla och el utgörs av byggnadens grundbehov enligt Boverkets byggregler (BBR) dvs. ingen verksamhetsrelaterad energi ingår. Verksamheten som förutsatts är i huvudsak kontorsarbete.

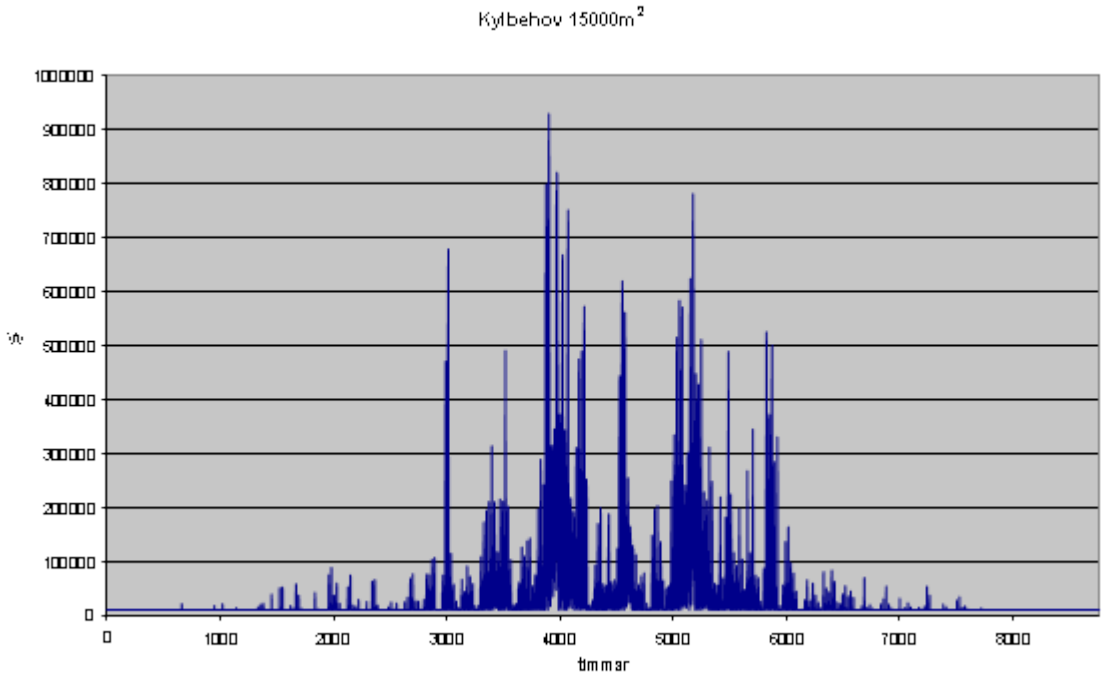
Ursprungsbyggnaden har en BTA på ca 30 000 m2. För denna solstudie har första etappen på 15000 m2 studerats. Beräkningarna har proportionerats ytmässigt.

Som framgår av tabellen nedan ligger byggnadens energibehov mellan 75-95 kWh/m2, år enligt genomförda beräkningar.

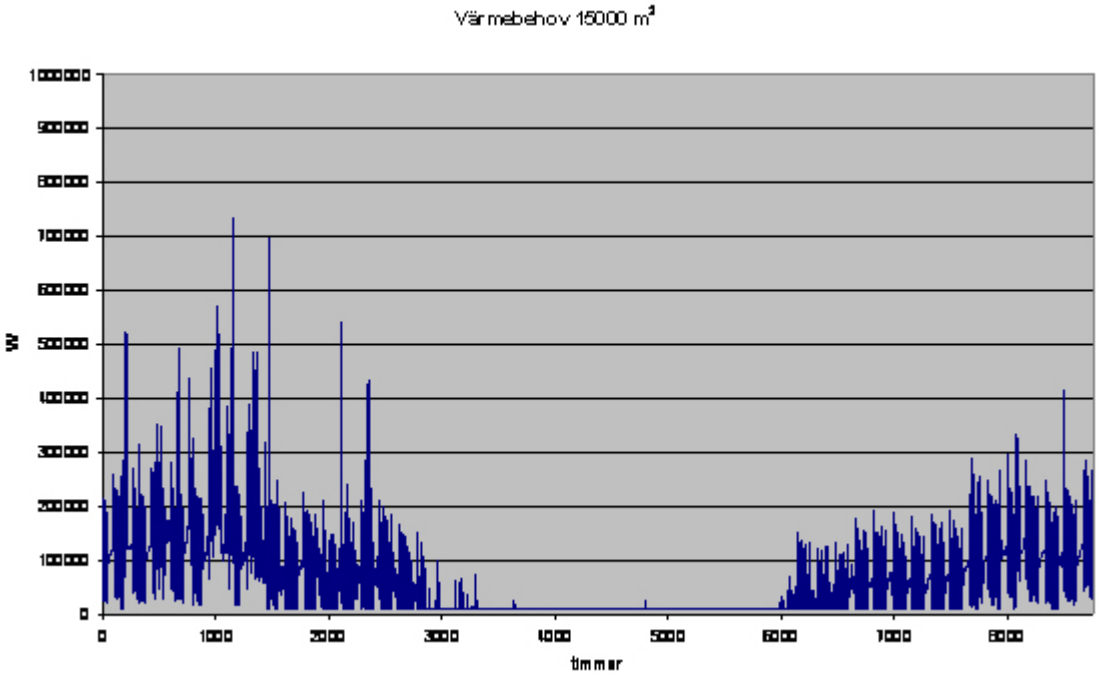
Bygganden energibehov enligt BBR ser ut enligt följande:

	Fastighetsel exkl verksamhet	**Kyla**	**Värme**	**S:a**
E-anv totalt [kWh]	300 000	300 000	530 000	1 130 000
E-anv totalt [kWh/m² Atemp]	20 - (30)	20	35	75 - (95)
Min effekt [kW]	15	2,5	4	
Max effekt [kW]	60	900	500	

Figur 3:2

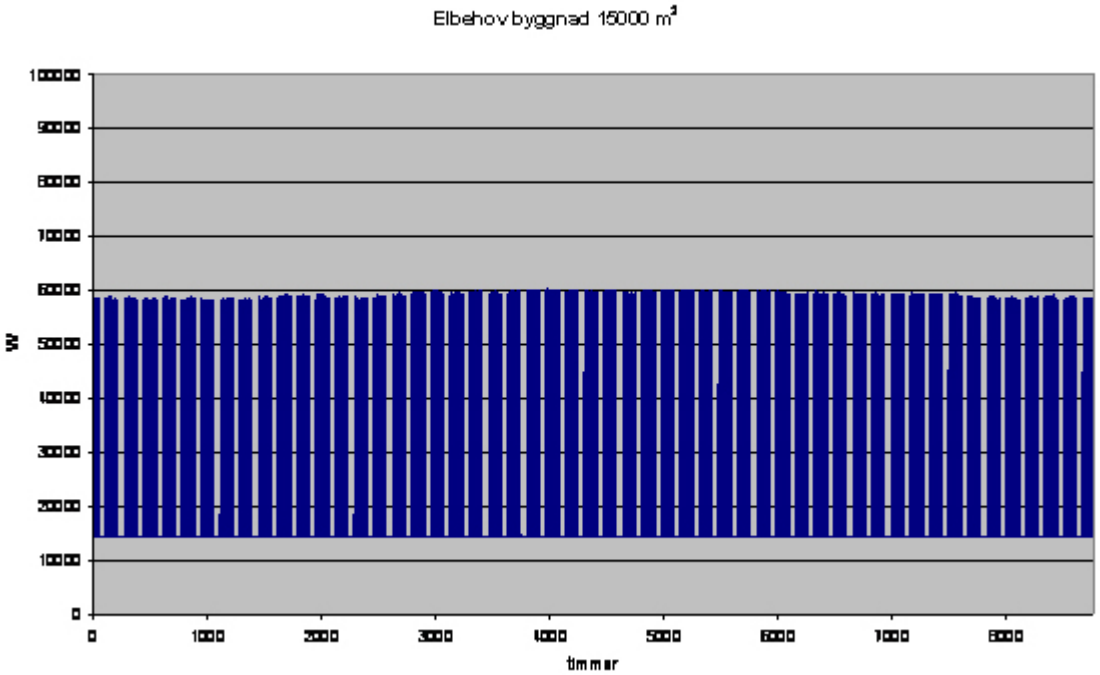


Figur 3:3 Byggnadens kylbehov halvtimmesvärden i W



Figur 3:4 Byggnadens värmebehov halvtimmesvärden i W

Nedan redovisas den elenergi som används i byggnaden exklusive verksamhetsel och el till kylmaskin.



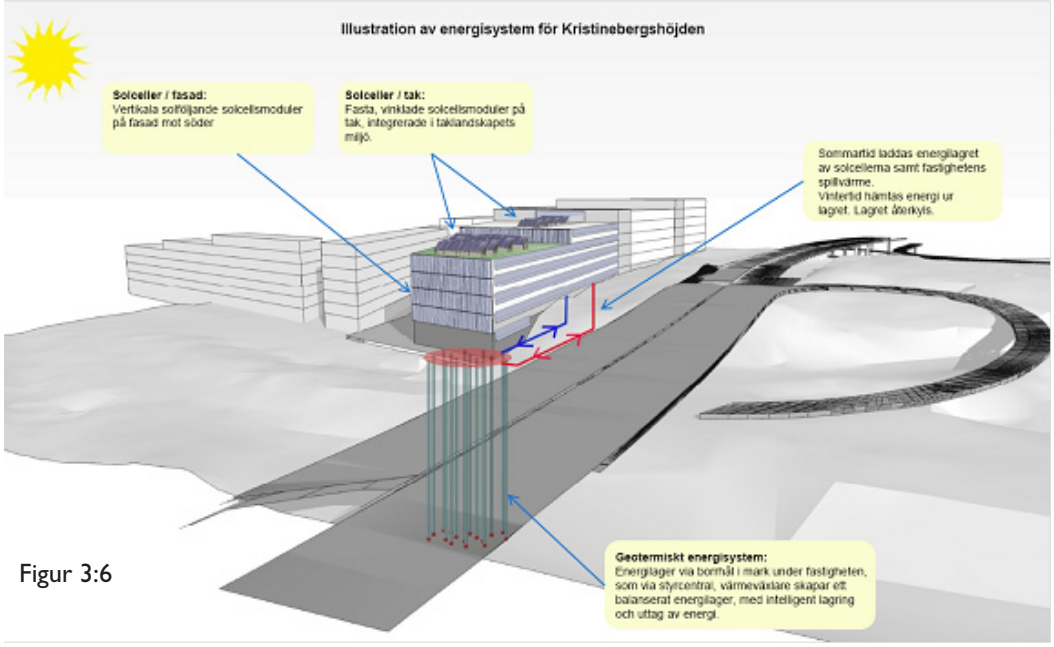
Figur 3:5 Byggnadens elbehov (fläktar, pumpar och allmänbelysning) halvtimmesvärden i W

3.3 Indata av betydelse för beräkningen

Några viktiga parametrar för energianvändningen redovisas här i korthet. U-värden antagits till 0,9 för fönster, 0,20 för fasader, 0,15 för tak. Fönsterandel av den omslutande arean är 15% och ett g-värde på ca 0,4. För ventilationsaggregat har antagits en verkningsgrad på 80%, och ett SFP tal på 1,8 kW/s,m². Luftflöden har antagits till 1,4l/s m² vid drift och drifttider till 06-19 Internlaster, som utgörs av verksamhetsel mm. har i beräkningarna antagits till ca 16W/m² i kontorsdelar dagtid och 10% av detta nattetid. Eventuell processenergi hos hyresgäster ingår inte.

3.4 Systemlösning

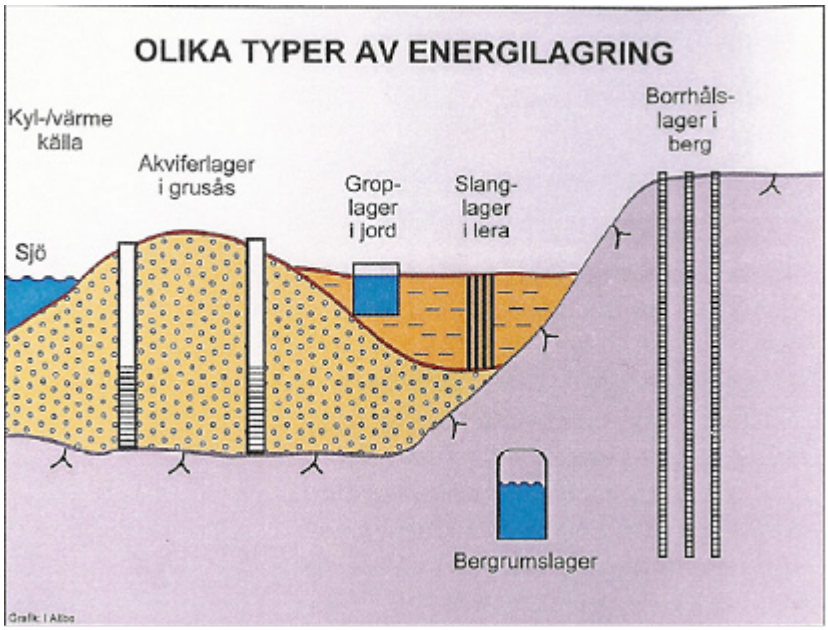
Den planerade systemlösningen innehåller luftburen värme och kyla med våningsvisa ventilationsaggregat. Energisystemet innehåller en geoenergilösning för produktion av värme och kyla och en solcellsanläggning enligt figur 3:6 nedan.



Figur 3:6

3.4.1 Geoenergilösning - Behov av köpt energi

Det finns olika varianter på hur man kan lagra, och ta värme och kyla ur marken se figurer nedan. Geoenergi är samlingsnamnet för bergvärme, jordvärme, sjövärme och annan energilagring i marken. Energifaktorn, som är en viktig parameter, är förhållandet mellan av energisystemets producerade energi och dess energibehov (normalt köpt energi).



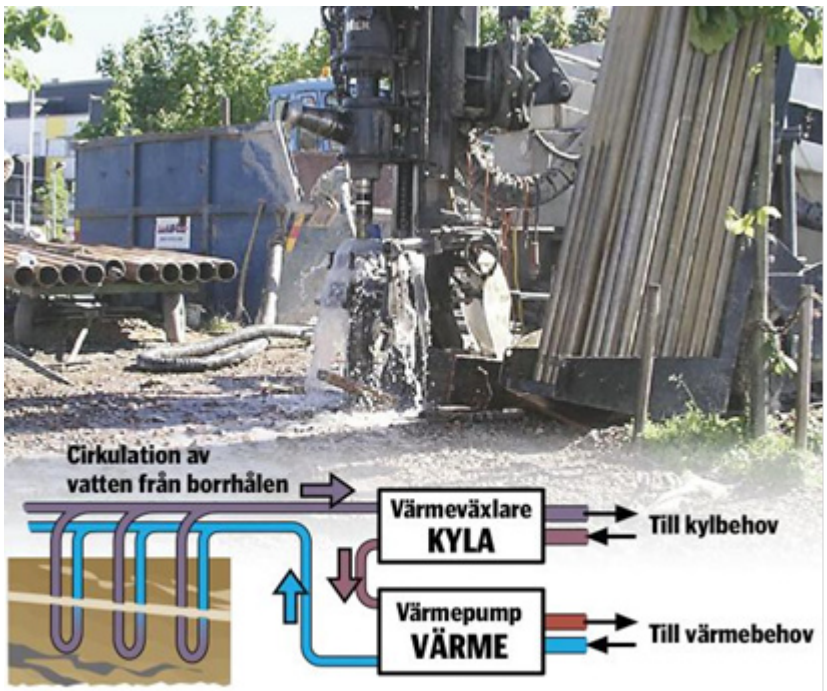
Figur 3:7 Olika typer av energilagring

Berglager, exempel (Kristineberg).

Typiska värden för ett berglager:

- Effekt: 50-20000 kW (exkl. värme pumpen)
- Storlek: 10-200 borrhål
- Mäktighet: 100-300 m djupt
- Borrhålsavstånd: 4-12 m
- Värmekapacitivitet: 0,6 kWh/m³,K
- Energifaktor: 4,4-5,5

Vi har besökt en större geoenergianläggning (berg) i södra Stockholm som försörjer ca 20 000 m² kontor och data för anläggningen ligger inom ovanstående värden.



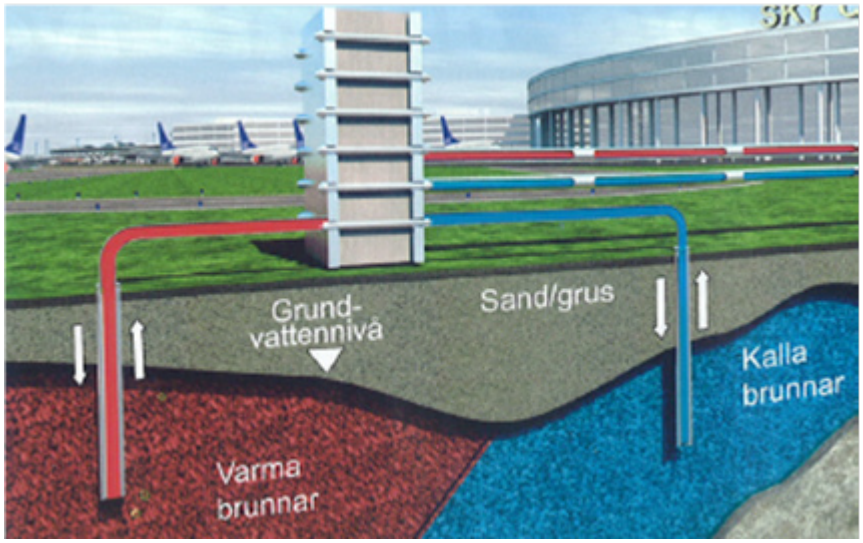
Figur 3:8 Geoenergilager.

Akviferlager

Ett akviferlager består i huvudsak av sand och grus och energin lagras i marken genom att vatten pumpas mellan varma och kalla brunnar. Vid Arlanda flygplats finns ett stort akviferlager.

Typiska värden för akviferlager:

- Effekt: 500-5000 kW
- Storlek: 10-200 m^3
- Mäktighet: 30-100 m djupt
- Brunnavstånd: 100 m
- Värmekapacitivitet 1,2 $kWh/m^3,K$
- Energifaktor: 5-8 och upp till 50



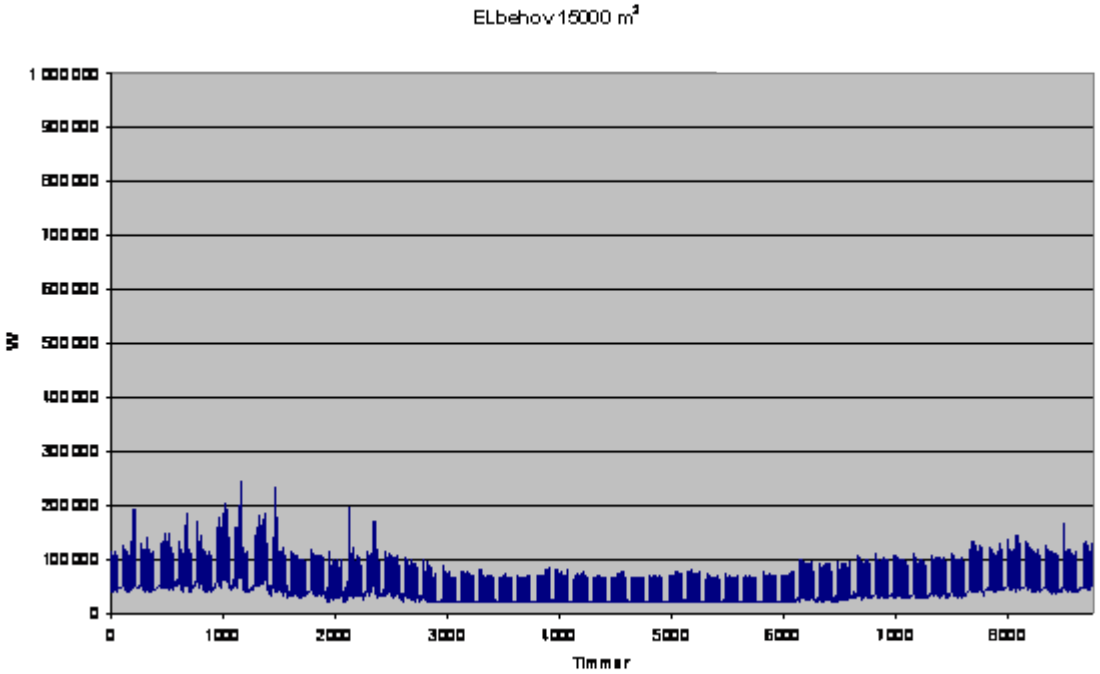
Figur 3:9 Akviferlager, Arlanda.

Den studerade energilösningen som ska samverka med solcellsanläggningar är en geoenergianläggning. Den bygger på att man gör ett energilager i berg. Kylan produceras huvudsakligen genom frikyla (gratisenergi) från berget via pumpar. Värmen produceras huvudsakligen genom att man med en värmepump tar tillvara den lagrade värmen i berget. Värmepumpen dimensioneras för att klara hela effektbehovet i byggnaden vilket delvis är ett nytt synsätt då man tidigare dimensionerat värmepumpen för 50-60% av effektbehovet. BBR:s gällande regler för elvärmda byggnader begränsar installerat eleffektbehov för värme och kylbehovet till 25 W/m2 (375 kW). Föreslagen lösning ger en installerad eleffekt på ca 10 W/m2 (150 kW) varför 15W/m2 (225 kW) finns tillgängligt för spetsning med el. I detta fall består geoenergilagret av ca 30 borrhål ca 200 m djupa.

Geoenergianläggnings effekt och energibehov fördelar sig enligt följande: Överst i tabell 3:10 nedan redovisas byggnadens totala behov. Därefter geoenergianläggning alternativ A, med 500 kW(värme) värmepump där värmepumpen täcker 100% av värmeenergibehovet, och sedan geoenergianläggning alternativ B med 200 kW(värme) som täcker 50% av värmeenergin. I det senare fallet krävs spetsning med elpanna eller annan värmekälla vilket förklarar att energifaktorn sjunker med en enhet och den totala energianvändningen ökar något. COP för värmepumparna har antagits till 4 vilket innebär 125 kW el till den större värmepumpen och 50 kW el för den mindre.

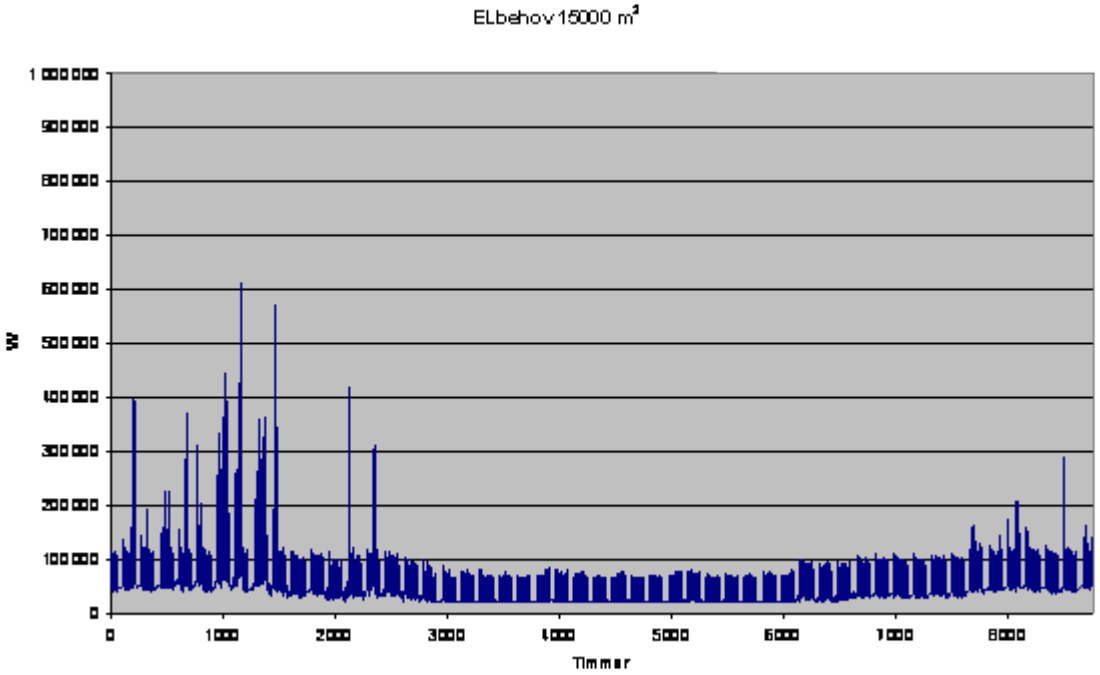
Byggnadens totala behov	**Fastighetsel exkl verksamhet**	**Kyla**	**Värme**	**S:a**
E-anv totalt [kWh]	300 000	300 000	530 000	1 130 000
E-anv totalt [kWh/m² Atemp]	20 – (30)	20	35	75 – (95)
Min effekt [kW]	15	2,5	4	
Max effekt [kW]	60	900	500	
Geoenergianläggning A	Energifaktor	5	BVP	100 %
E-anv totalt [kWh]	300 000		170 000	470 000
Max effekt [kW]	60	20	125	195
E-anv totalt [kWh/m² Atemp]	20 – (30)		(10) – 11	31 – (41)
Geoenergianläggning B	Energifaktor	4	BVP	50 %
E-anv totalt [kWh]	300 000		206 000	506 000
Max effekt [kW]	60	20	315	395
E-anv totalt [kWh/m² Atemp]	20 – (30)		14	34 – (44)

Tabell 3:10



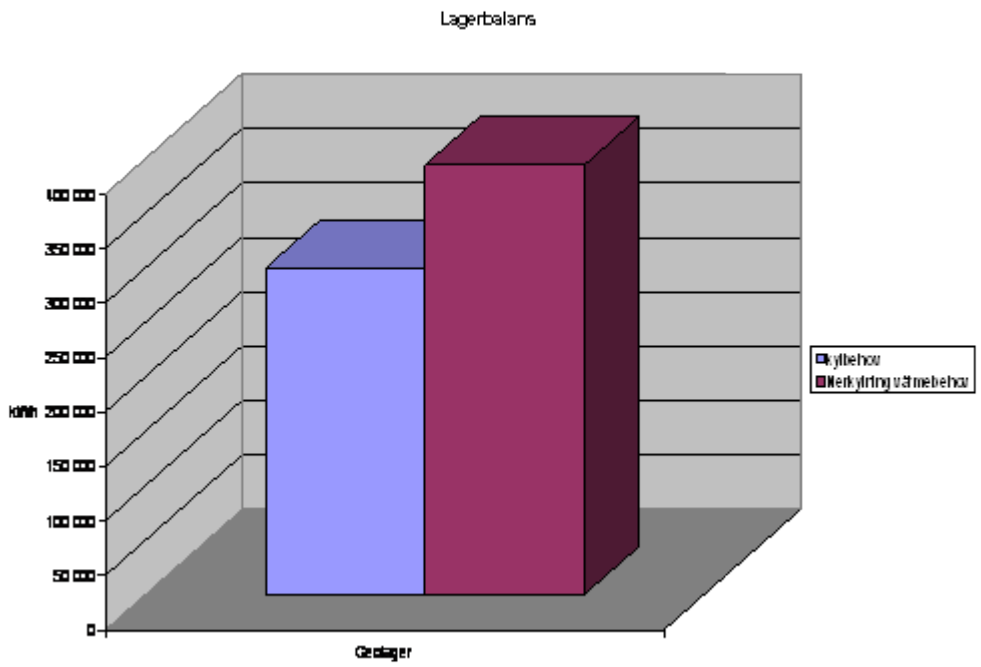
Figur 3:11 Byggnadens elbehov för geoenergilager och byggnadsel, halvtimmesvärden i W
Värmepump 500 kW (125 kW el) elbehov inkl byggnadsenergi är 470 MWh/år.
Detta utgör underlaget till solcellsstudien.

Då solenergin i huvudsak produceras under sommarhalvåret har förutom energibehovet till geoenegilagret även byggnadens elenergi medtagits som underlag för solenergistudien. I figur 3:12 nedan baseras elprofilen på den mindre värmepumpen 200 kW (50 kW el) som har en lite annan profil jämfört med figur 3:11 och det är behovet av till-skottsvärme (el) som framgår tydligt i figur 3:12.



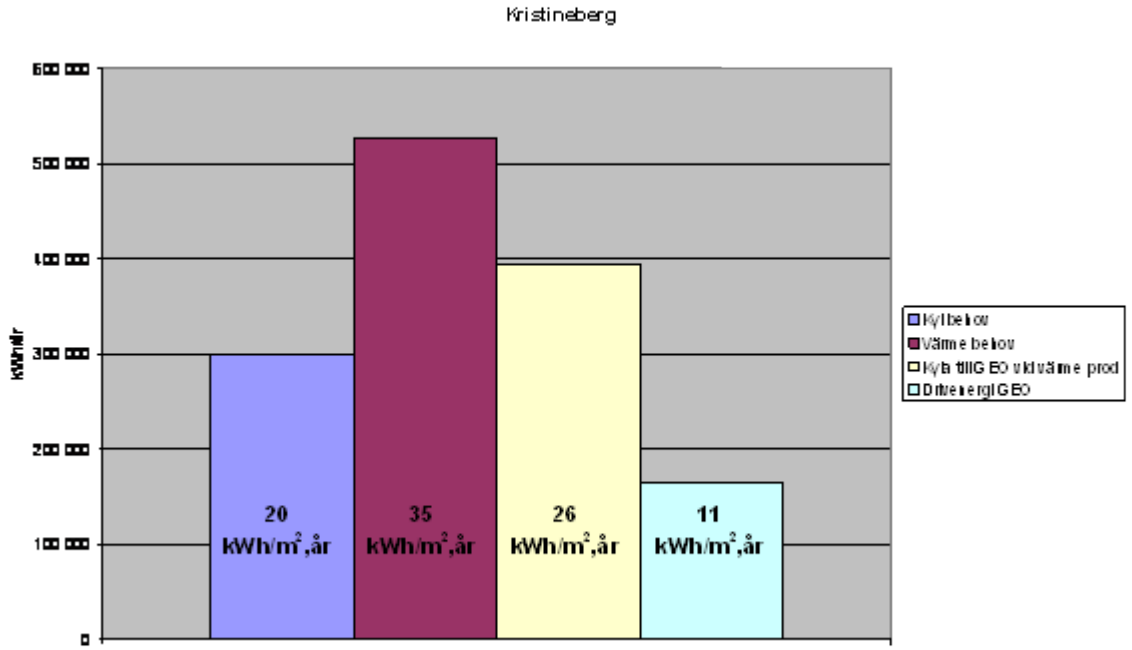
Figur 3:12 Byggnadens elbehov för geoenergilager och byggnadsel, halvtimmesvärden i W.
Värmepump på 200 kW (50 kW el), elbehov inkl byggnadsenergi 506 kWh/år.

Detta utgör en känslighetsanalys hur mycket kylenergi som går förlorad genom en mindre värmepump med elspets.



Figur 3:13 Lagerbalans i kyla i geolagret

Lagerbalans över tiden måste upprätthållas för att geolagret inte ska förskjuta medeltemperaturen över tiden, nedkylning över tiden eller uppvärmning över tiden



Figur 3:14 Specifik energi till byggnaden för kyla och värme samt kyla till berg och drivenergi(el) till energisyste met med den större värmepumpen.

Den beräknade energifaktorn för studerat exempel är 5 då värmefaktorn för värmepumpen satts till COP 4 i genomsnitt över året. I figur 3:14 visas hur 11 kWh el till geoenergilagret ger 20 kWh kyla och 35 kWh värme till byggnaden. Under perioden då värme produceras för byggnaden genereras samtidigt kyla (26 kWh) som pumpas ner i geoenergilagret.

4 SOLCELLER

4.1 Olika typer

Den traditionella solcellen tillverkas av kristallint kisel. Cirka 80 % av solcellsmodulerna på världsmarknaden är uppbyggda av mono- eller polykristallina kiselceller. I och med att marknaden gått mot allt större nätanslutna system har också modulerna blivit allt större. Parallellt har även verkningsgraden på cellerna ökats och vanliga toppeffekter per modul är idag 180-230 W med mått från 0,8 x 1,3 till 1,0 x 1,6 m. Med en modulverkningsgrad på 14 % innebär det en toppeffekt på 140 W/m2 och en årlig energiproduktion på ca 130 kWh/m2, vid en optimal placering. För Stockholm innebär det att modulerna installeras rakt mot söder och med lutningen 40°, Toppeffekten definieras vid en solinstrålning på 1000 W/m2 och celltemperaturen 25°C.

Tunnfilmstekniken, dvs. att belägga en glasskiva eller någon annan typ av substrat med ett tunt skikt av ett aktivt solcellsmaterial, är den utveckling som av många tros vara vägen till riktigt låga kostnader för solel. Den billigaste modulen på marknaden idag är en tunnfilmsmodul uppbyggd av CdTe (kadmium och tellurium), men den teknologi som har högst verkningsgrad är CIGS (koppar, indium, gallium och selen). Tunnfilmsmoduler av typen CIGS tillverkas idag med verkningsgrader runt 12 % medan CdTe ligger runt 10 %.

4.2 Potential – solceller

4.2.1 Bakgrund

För att täcka ett energibehov enbart med solceller krävs någon form av energilager. Den konventionella lösningen är att använda batterier, som i fritidshus utan anslutning till elnätet och i professionella system som fyrar och telekommunikationssystem. I den här studien har avsikten varit att studera effekterna av en storskalig användning av solceller i en byggnad där lasten utgörs av el till ett geoenergilager för både värmning och kylning av en kontorsbyggnad. En fråga är då hur stor del av lasten som direkt kan täckas av solceller. Byggnaden är ansluten till elnätet och den enklaste lösningen är att betrakta elnätet som ett lager. När solcellerna producerar ett överskott matas det ut på nätet och energin hämtas tillbaks när solcellernas produktion inte räcker till, alternativt att överskottet säljs till hyresgästerna i fastigheten.

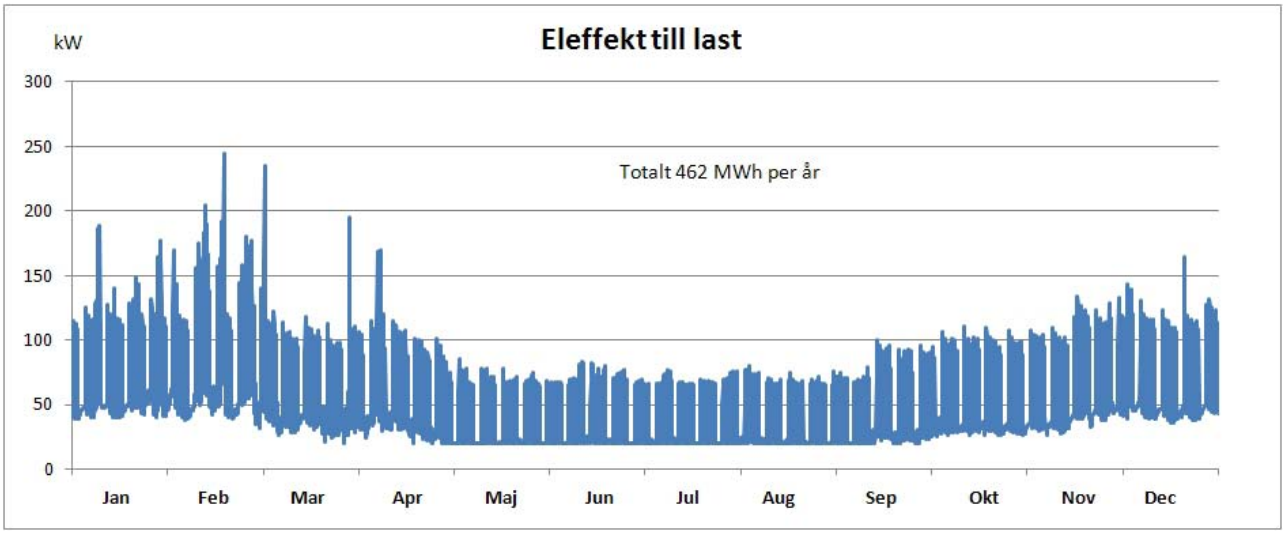
I dagsläget är de ekonomiska villkoren ofördelaktiga i Sverige för att leverera ut överskottsel på elnätet. Intäkten inkl elcertifikat ligger i bästa fall på cirka 60 öre per kWh, vilket är en låg ersättning för solel som kostar ca 2,5–3,0 kr att producera. I dagsläget dimensioneras därför de flesta byggnadsanknutna solcellssystemen för att all el ska användas i fastigheten direkt. Värdet på solelen blir då drygt en krona genom den besparing man gör genom minskade elinköp inkl energiskatt, nätavgifter och moms. En utredning om månadsdebitering har gjorts av Energimarknadsinspektionen men man har inte kunnat enas om någon bra lösning. Statliga förluster pga. minskade intäkter för energiskatt är en av orsakerna.

4.2.2 Förutsättningar

I den här studien har simuleringsberäkningar gjorts för att undersöka hur stor täckningsgrad solceller kan ge som funktion av installerad toppeffekt. Beräkningarna har gjorts med programmet PVSyst och som indata har en solcell-smodul från Solar World använts, SW225 med polykristallina kiselceller och toppeffekten 225 W. Växelriktaren har valts ur SMA:s sortiment, SMC 8000TL. Beräkningarna görs med tidsintervallet 1 timme och data för solinstrålning och utomhustemperatur är baserat på SMHI-mätningar för Stockholm.

Beräkningarna har gjorts med en antagen optimal installation av solcellsmodulerna, dvs. med modulerna riktade rakt mot söder och vinklade 40° mot horisontalplanet. Vi antar också att ingen skuggning av modulerna förekommer. Ingen hänsyn har här tagits till kontorsbyggnadens förutsättningar med avseende på storleken av användbara tak- och fasadytor, byggnadens orientering eller eventuella skuggeffekter från omgivande fastigheter. Simuleringarna är enbart inriktade på att studera hur väl solcellernas produktion överensstämmer med lastkurvan, vid olika storlekar på den installerade toppeffekten solceller.

Den använda lastprofilen är den förbrukning som antas för geoenergianläggningen och fastighetsel (fläktar, hissar, pumpar mm.) och utgörs av timdata, se figur 4:1 (tidigare redovisad även i figur 3:10)



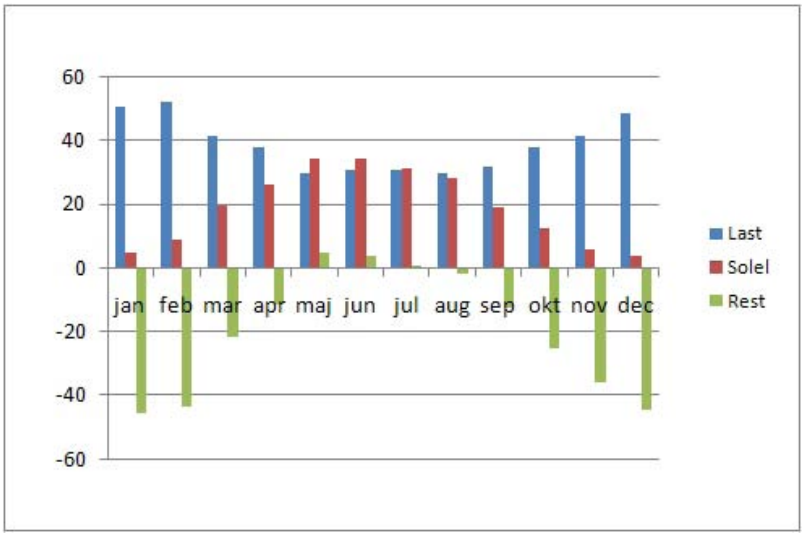
Figur 4:1 Lastprofil för geoenergianläggningen och fastighetsel med 500 kW värmepump (125 kW el)

4.2.3 Månadsberäkning

Innan de mer detaljerade beräkningarna redovisas här en beräkning baserad på månadsdata. I tabell 4:2 och figur 4:3 framgår det att en solcellsinstallation med toppeffekten 250 kW täcker elbehovet för geoenergisystemet och fastighetsel under månaderna maj tom augusti. Täckningsgraden för hela årsbehovet blir 49 % vilket motsvarar ett tillskott på ca 15 kWh/m2,år. Resultatet förutsätter då att elnätet fungerar som energilager, dvs. att nettomätning används. All producerad solel används alltså, men överskott under sommarmånaderna hämtas tillbaka under månader när solelen inte räcker till. I det här fallet förutsätts en årsvis nettodebitering, dvs att ett överskott under en månad får ligga till godo och kvittas mot köpt energi , senare under året.

Månad	Last	Solel	Rest	Täckning
jan	51	5	-46	10%
feb	52	9	-43	17%
mar	42	20	-22	48%
apr	38	26	-11	70%
maj	29	34	5	116%
jun	30	34	4	112%
jul	31	31	0	101%
aug	30	28	-2	94%
sep	32	19	-13	60%
okt	38	13	-25	33%
nov	41	6	-36	13%
dec	48	4	-45	8%
År	**462**	**228**	**-234**	**49%**

Tabell 4:2 Månadsberäkning (MWh)



Figur 4:3 Månadsberäkning (MWh)

Om vi särredovisar elenergibehovet för geoenergianläggningen och utgår från det maximala alternativet med ca 2900 m2 solceller för den aktuella byggnaden ser motsvarande fördelning ut enligt nedan

Månad	Last	Solel	Rest	Täckning
jan	26	5	-21	20%
feb	30	9	-21	31%
mar	17	21	4	121%
apr	13	27	14	207%
maj	5	35	30	700%
jun	6	35	29	580%
jul	5	32	27	640%
aug	5	29	27	580%
sep	7	20	13	280%
okt	12	13	1	108%
nov	18	6	-12	33%
dec	23	4	-19	17%
År	**167**	**236**	**-69**	**71%**

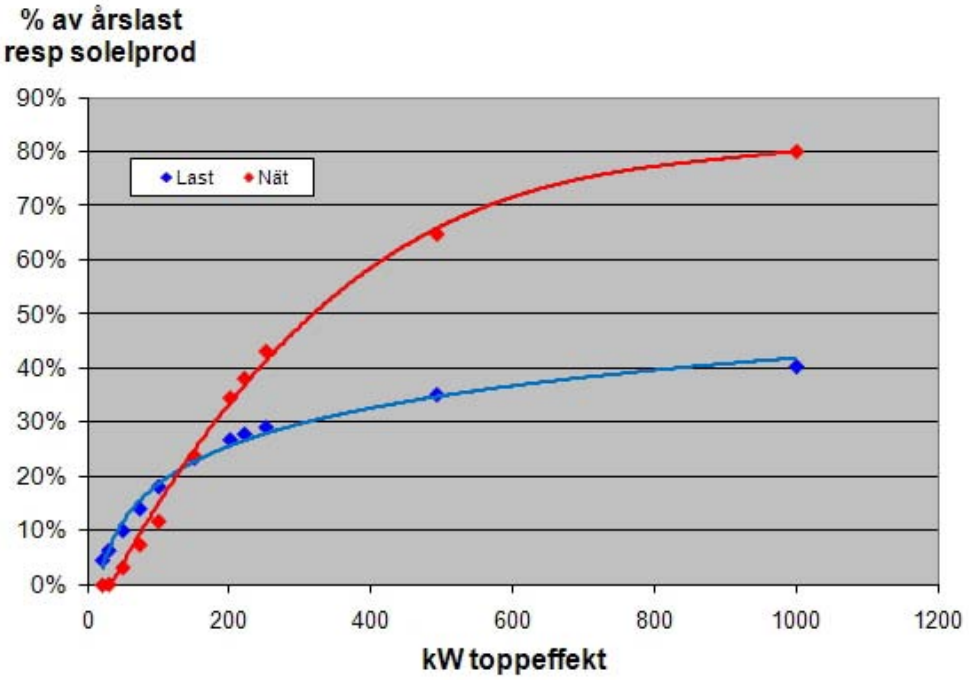
Tabell 4:4 Månadsberäkning (MWh)

4.2.4 Simulering timme för timme

För att få en uppfattning om hur stor del av geoenergianläggningens behov som kan täckas av solcellerna timme för timme, har simuleringsprogrammet PVSyst använts. Programmet beräknar solelproduktionen för varje timme under året och summerar energin som används av lasten, enligt lastprofilen i figur 4:5. Om produktionen en viss timme överstiger lasten, levereras överskottet till hyresgästerna, alternativt ut på nätet. De timmar när solelen inte räcker till, köps energi från nätet. Detta synsätt, som baseras på timmätning, motsvarar nuvarande regler för elproduktion.

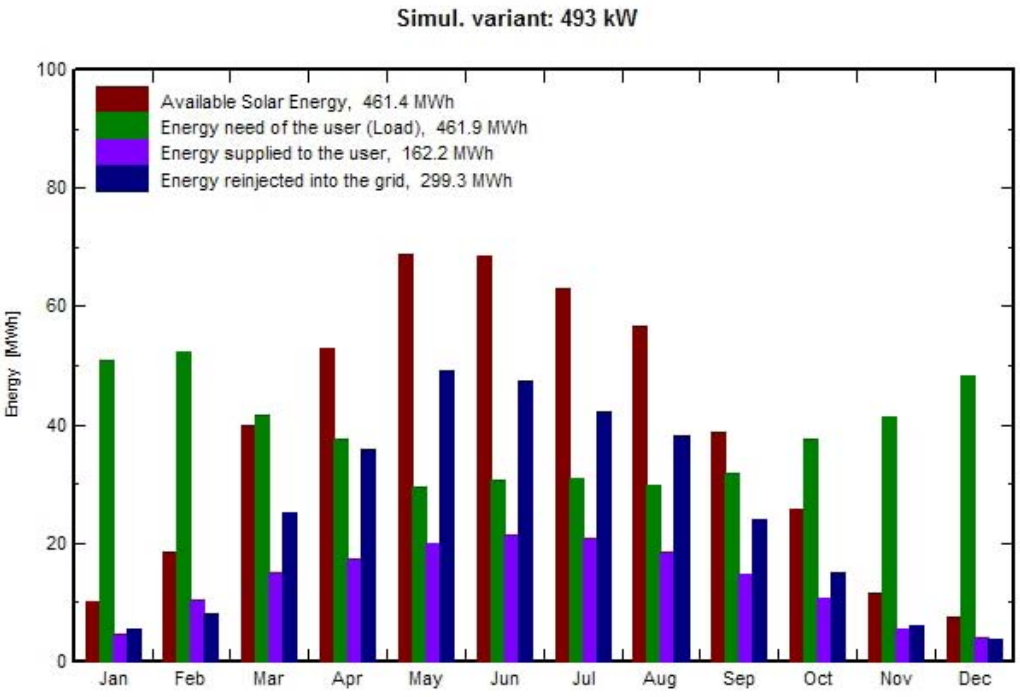
Simuleringar har gjorts med toppeffekter från några kW upp till flera MW. Eftersom en stor del av lasten härrör från nätter och andra tider utan solinstrålning, kan solceller utan lager aldrig täcka hela lasten över dygnet eller året. Simuleringarna visar att maximalt ca 50 % kan täckas direkt från solcellerna om lagringsmöjlighet saknas och för att nå den nivån blir den installerade toppeffekten orimligt stor. Samtidigt kommer en stor mängd överskottsenergi att produceras under sommarhalvåret. Med de villkor som idag gäller för försäljning av solel är det alltså en olämplig lösning.

I figur 4:5 presenteras simuleringsresultaten i en figur med en installerad toppeffekt upp till 1 MW. Ur figuren kan man se att vid en installerad toppeffekt av maximalt 100 kW kommer ca 10 % av solelproduktionen att matas ut till yresgästerna alternativt till nätet och upp emot 20 % av lasten kan täckas direkt.



Figur 4:5 Simuleringar för olika toppeffekter. Röd kurva visar hur stor del av solelproduktionen som matas ut på nätet i % av årsproduktionen. Blå kurva visar hur stor del av lasten som täcks av solenergin i % av årsbehovet.

Om geoenergianläggningens hela årsbehov (462 MWh) ska produceras med solceller krävs en toppeffekt på ca 500 kW. I figur 4:6 nedan redovisas en simulering för det fallet (493 kW). Solcellerna producerar 461 MWh men bara 162 MWh kan användas direkt, medan 299 MWh matas ut till hyresgästerna alternativt till nätet. Även under vintermånaderna kommer överskott av solel att matas ut.



Figur 4:6 Simulering med toppeffekten 493 kW

4.2.5 Översikt för tillgängliga placeringar av solceller

För Kristinebergshöjden finns möjlighet att placera solceller på tre olika typer av byggnadsdelar:

Fasad mot söder, fasad mot öster samt på taket.

Byggnadsdel	m^2 solceller	kW	kWh/år	kWh/ m^2	Investering
Fasad mot syd	530	60	36 000	68	6 mkr
Fasad mot öst	1740	220	120 000	69	11 mkr
Tak	634	91	80 000	126	4 mkr
Totalt	**2904**	**371**	**236 000**	**83**	**21 mkr**

Tabell 4:7

Byggnadsdel	m^2 solceller	kWh/år	Investering	Kr/kWh
Fasad mot syd	530	36 000	6 mkr	166
Fasad mot öst	1740	120 000	11 mkr	91
Tak	634	80 000	4 mkr	50
Totalt	**2904**	**236 000**	**21 mkr**	**89**

Tabell 4:8

Några riktvärden (kWh per installerad kW) för elproduktion för solceller i olika väderstäck visas nedan. ”Söder, rörligt” är den vertikala solavskärmningen från företaget Colt, som vi studerat. Dessvärre blir produktionen per installerad kW toppeffekt låg pga lamellernas inbördes skuggning.

	Söder vertikalt	Söder 40°	Investering	Öst och Väst
kWh/kWp	705	950	930	515

Tabell 4:9

4.2.6 Energibalanser för solcellerna

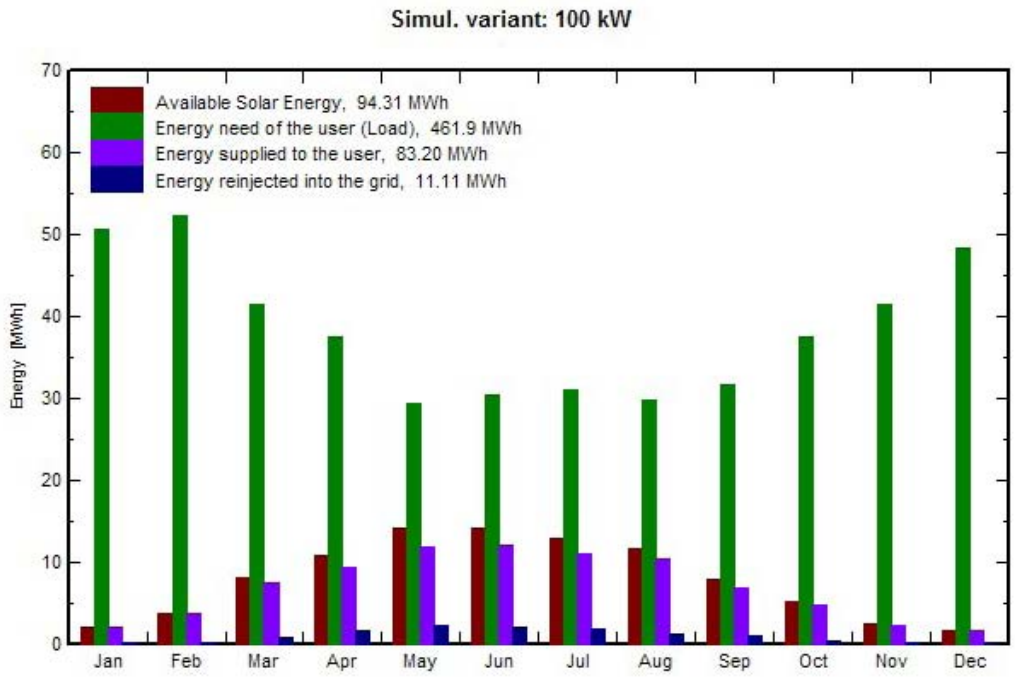
Projektets målsättning har varit att studera kopplingen mellan energisystemets behov och tillgänglig effekt från solcellerna och som framgår av tabell 4:7 uppstår perioder då energisystemet inte kan ta emot all solel. Beroende på elsystemets uppbyggnad kan överskottet antingen allokeras till övriga laster i byggnaden dvs. hyresgästerna eller tillföras nätägaren. Vi ser då en fördel att i första hand allokera överskottet till hyresgästerna och först därefter ett eventuellt överskott till nätägaren. Allokeringen är fiktiv då det inte på ett enkelt sätt går att allokera elen till givna elanvändare i byggnaden. Samma problemställning finns för elbolag som säljer grön el till intresserade kunder med den skillnaden att i detta fall används all solcellsel inom byggnaden. Vi kan konstatera att med detta synsätt används all solelproduktion i byggnaden och intet levereras till nätet. Energibehovet för hyresgäst/övrigt är så pass stort att även vid en installerad solcellseffekt på 500 kW, kommer all solel att kunna utnyttjas. Nedanstående tabell ger en uppfattning om hur en sådan fördelning kan se ut.

Soleleffekt	Solelproduktion	Energisystemet	Hyresgäst/övrigt
100 kW	94 000	83 000	11 000
250 kW	236 000	134 000	102 000
500 kW	461 000	162 000	299 000

Tabell 4:10 Solproduktionen och dess användning i kWh

4.2.7 Slutsatser från simuleringarna

Med de ekonomiska förutsättningarna för försäljning av solel, som gäller idag, med låg ersättning vid försäljning av el, får man den bästa ekonomin med en installation på maximalt ca 100 kW toppeffekt. I figur 4:11 redovisas en simulering med 100 kW solceller. Solcellerna producerar totalt 94 MWh, varav 83 MWh används av lasten och 11 matas ut på nätet.



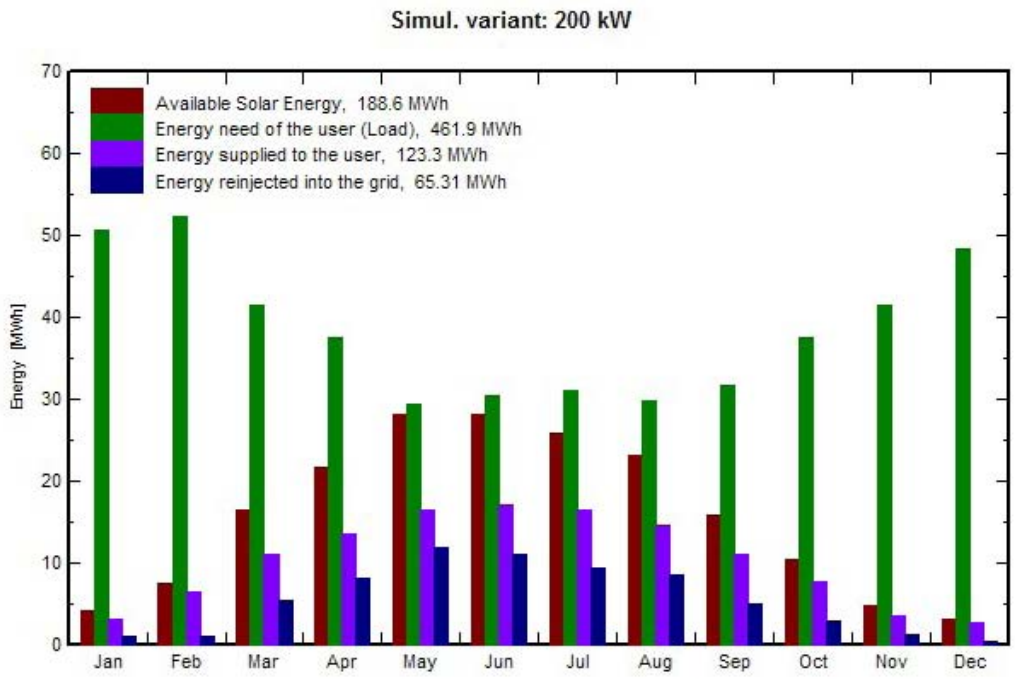
Figur 4:11 Simulering med toppeffekten 100 kW

Genom att optimera solcellsinstallationen mer mot höst och vår, vilket innebär att modulernas lutningsvinkel ökas, kan en högre solcellseffekt installeras utan att överskottet av solel ökar. Ekonomiskt sett är det dock ingen lösning då kostnaden för anläggningen samtidigt ökar.

En större solcellseffekt kan också motiveras om överskottsel kan utnyttjas på annat sätt i byggnaden. Försäljning av solel till hyresgästerna i kontorsbyggnaden kan vara ett alternativ om det går att lösa juridiskt. Ett annat alternativ, som beskrivs i avsnitt 4.3 är att installera ett batterilager i byggnaden som gör att överskottsel från dagen kan användas under följande natt.

4.3 Dygnslagring av el

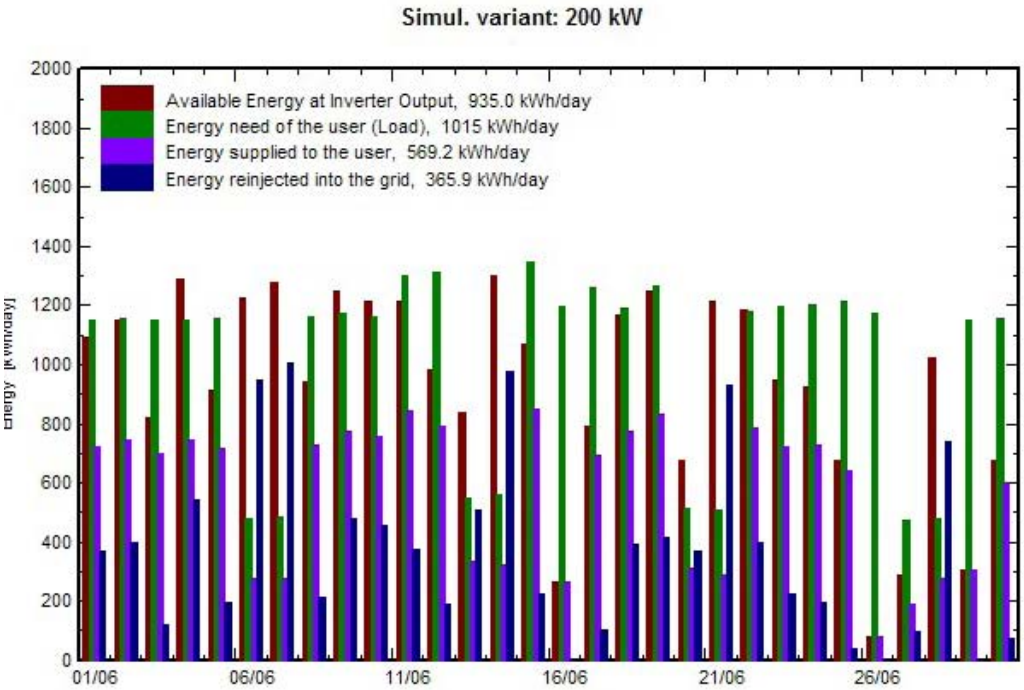
För att undersöka möjligheten att utnyttja ett batterilager för dygnslagring har simulerings-resultat från timberäkningarna utnyttjats. Figur 4:12 redovisar en månadssummering av solelproduktionen, elbehov last, använd energi av last och överskottsenergi som matas ut på nätet. Den installerade toppeffekten är 200 kW. I juni produceras nästan all energi som lasten behöver (28 av 30 MWh) men bara 17 MWh utnyttjas och 11 MWh matas ut på nätet.



Figur 4:12 Månadsdata från simulering av 200 kW solceller

I figur 4:13 redovisas samma parametrar (solelproduktionen, elbehov last, använd energi av last och överskottsenergi som matas ut på nätet) men nu som dygnsvärden för juni. Lasten varierar mellan 400-1300 kWh per dag och solelproduktionen uppgår maximalt till ca 1300 kWh.

Överskottsenergi som matas ut på nätet varierar från 0-1000 kWh.



Figur 4:13 Dygnsdata för juni från simulering av 200 kW solceller

Genom att räkna på dagsvärdena för juni kan man visa att med ett batterilager på 1000 kWh kan nästan all solel utnyttjas under månaden. För varje 100 kWh batterikapacitet kan ytterligare 1 MWh användas. För att ge en uppfattning om storleken på ett sådant batterilager, med konventionella blybatterier, kan man jämföra med ett vanligt bilbatteri som kan lagra ca 1 kWh (80 Ah, 12 V).

4.4 Nettodebitering - Energimarknadsinspektionens förslag

Nuvarande regelverk för elproduktion innebär att avräkning sker per timme och en övergång till nettodebitering per månad, där man kvittar levererad el med mottagen el från nätet kWh per kWh, skulle förbättra lönsamheten väsentligt för små elproducenter.

En remiss där dagens villkor förbättras något har lanserats men den rena kvittningen som branschen hoppats på har inte föreslagits. Skatteverket hänvisar på den punkten till gällade lagstiftning och EU direktiv. Det innebär i förlängningen att den potential som finns för solel på tex en byggnad troligen inte kommer att realiseras då det inte kommer att löna sig att dimensionera en anläggning för mer än den egna anläggningens basbehov.

5 Arkitektur och solceller

Kristinebergshöjden / Beskrivning av byggnaden

Stadsmässigt platsspecifikt och ekologiskt skräddarsytt kontorskoncept.

Projektet är placerat på en plats där det förväntas lösa ett stort antal stadsmässiga utmaningar och arkitektoniskt och ekologiskt ställs mycket komplexa krav på byggnaden.

Sett från söder är byggnaden placerad vid foten av Kristinebergshöjdens klippor, just där Essingeleden landar på marken från att ha varit upplyft på pelare. Fullt utbyggd sträcker sig sedan byggnaden drygt 200 meter norrut längs klipp-kanten och motorleden.

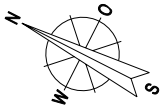
Miljön kring tomten är idag starkt påverkad av olika tunga trafikslag som möts här och man rör sig på mycket vitt skilda sätt kring byggnaden, inte minst hastighetsmässigt. Viktigt för byggnaden är därför att kunna agera på ett sätt mot söder - där tunnelbanan och Drottningholmsvägen passerar tätt, på ett annat sätt mot öster - där Essingeleden skär igenom Kungsholmen och på ett tredje sätt mot väster och kommande nya bostadsområden.

Hur byggnaden gestaltningsmässigt och funktionellt förhåller sig till och hanterar dessa fullständigt olika situationer är därför centralt i det arkitektoniska konceptet.

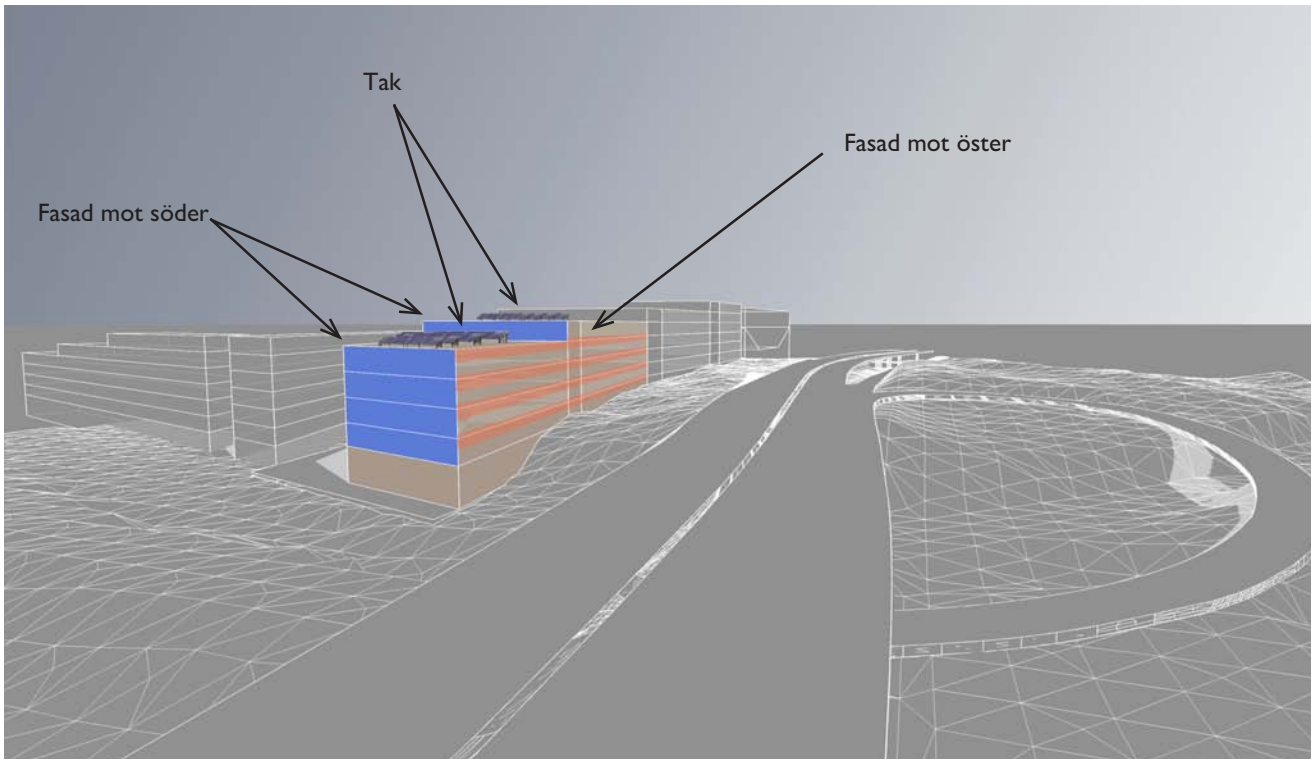
I ambitionen att utveckla en klimatklok fastighet, så ingår det även att hitta innovativa lösningar för integrering av solceller i arkitekturen.

Kristinebergshöjden

Exempel på ett våningsplan



5.1 Studerade förslag /solcellslösningar



5.1.1 Förslag för fasad mot söder:

Alt. 1 Horisontellt 1-axliga solföljande solcellsmoduler.

Alt. 2 vertikalt 1-axliga solföljande solcellsmoduler,

Alt. 3 Fasta solcellsmoduler i fasadens glaspartisystem.

5.1.2 Förslag för fasad mot öster:

Alt. 1 Fasta solcellsmoduler i kombination med fast horisontell solavskärmning, monterade i fasad ovan fönsterband på varje plan.

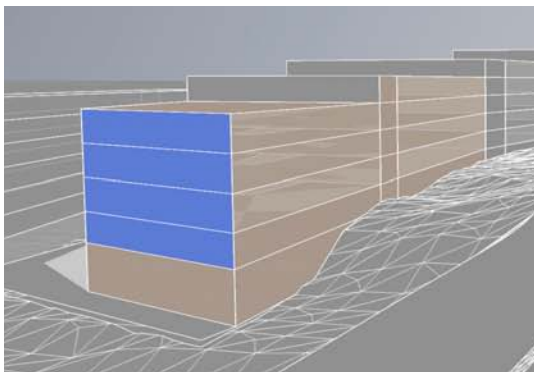
Alt. 2 Fasta solcellsmoduler i delar av fasadens glaspartisystem.

5.1.3 Förslag för solceller på tak

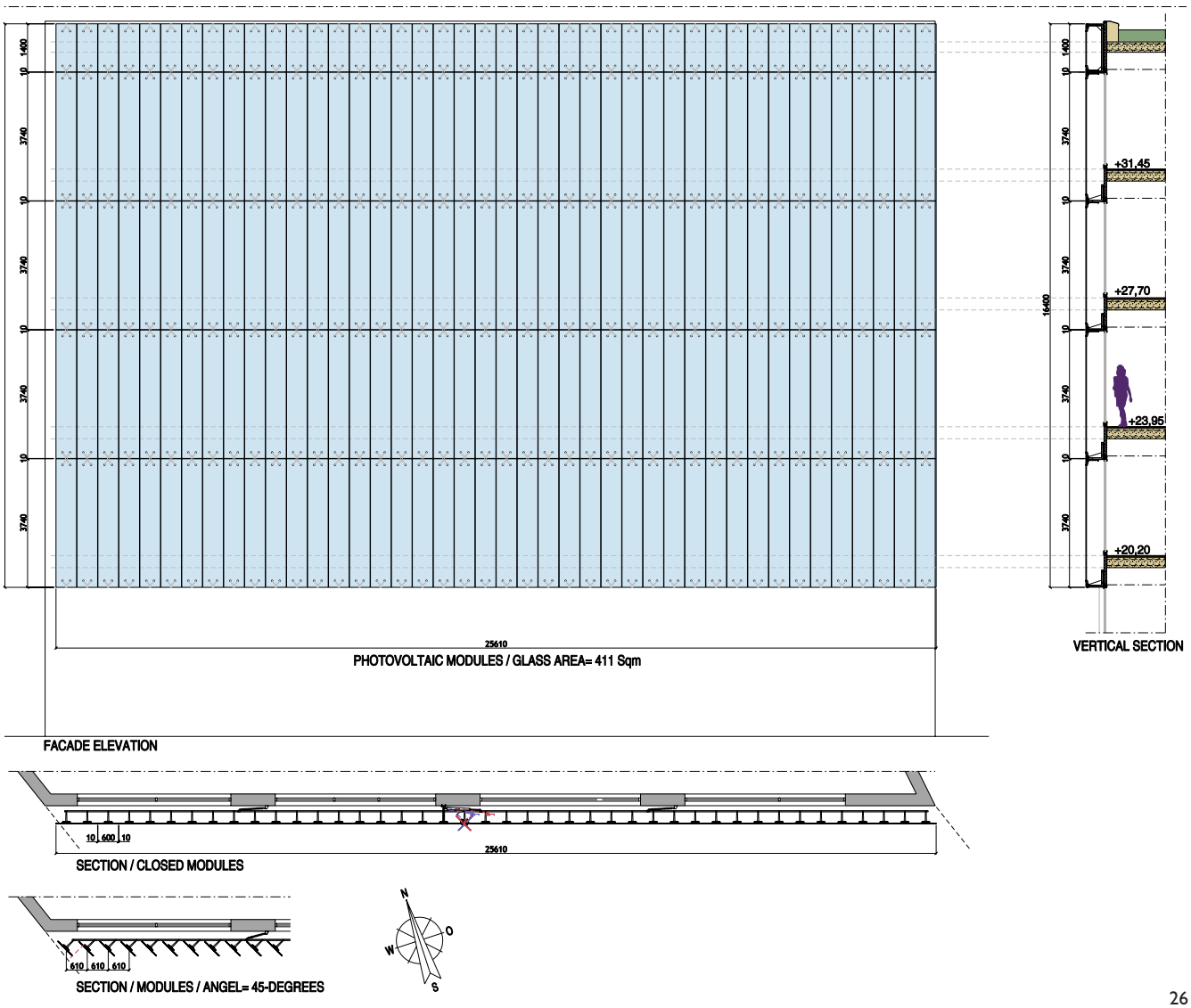
Fasta solcellsmoduler i 40-45 graders lutning, integrerade i taklandskapets arkitektur.

Efter utvärdering av de olika förslagen, så antogs tre möjliga solcellslösningar / scenarier.

5.2 Scenario 1

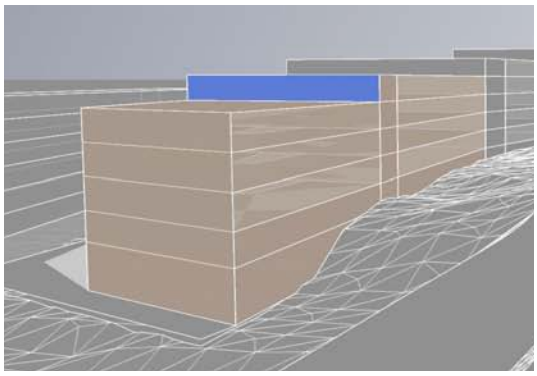


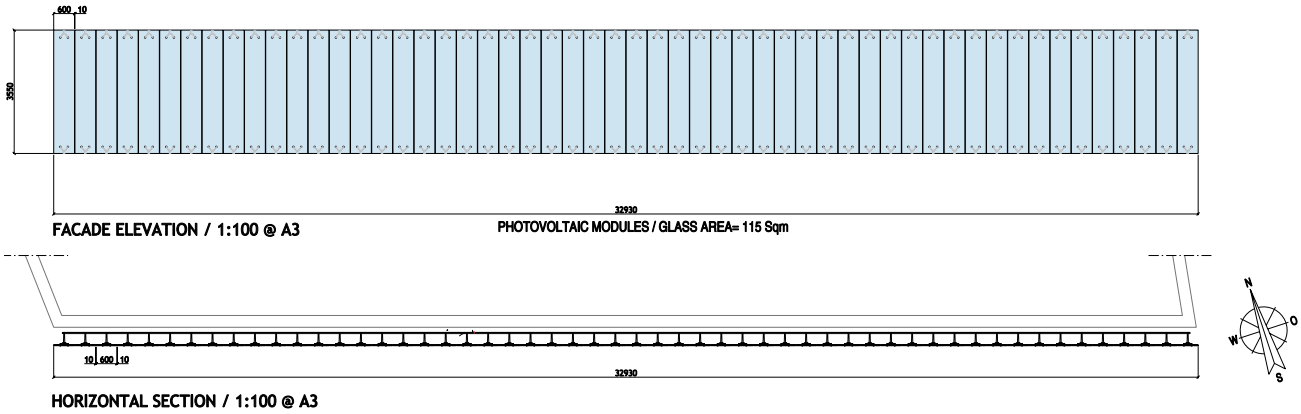
- Fasad mot söder/Våning 1- 4 tr.
- Vertikala 1-axliga solföljande solcellsmoduler (motordrivna), från 45 (alt. 30) grader åt sydost till 45 grader (alt. 30) åt sydväst.
- Solceller av Poly-kristallint kisel.
- Modulerna fungerar även som solavskärmning.
- Installerad solcellseffekt är 110-130 Wp/m2 (P står för peak power = t som i toppeffekt).
- Totalyta: 411 m2 (våning 1 - 4 tr) resp. 115 m2 (våning 5 tr, se nästa sida).
- Med 411 + 115 = 526 m2 betyder det att man kan installera mellan 58-68 kW (110x526 - 130x526).
- Energiproduktionen uppskattas då till mellan 580-620 kWh per installerad kW. För installation av 60 kW => 34 800 - 37 200 kWh per år.



5.2 Scenario 1 forts.

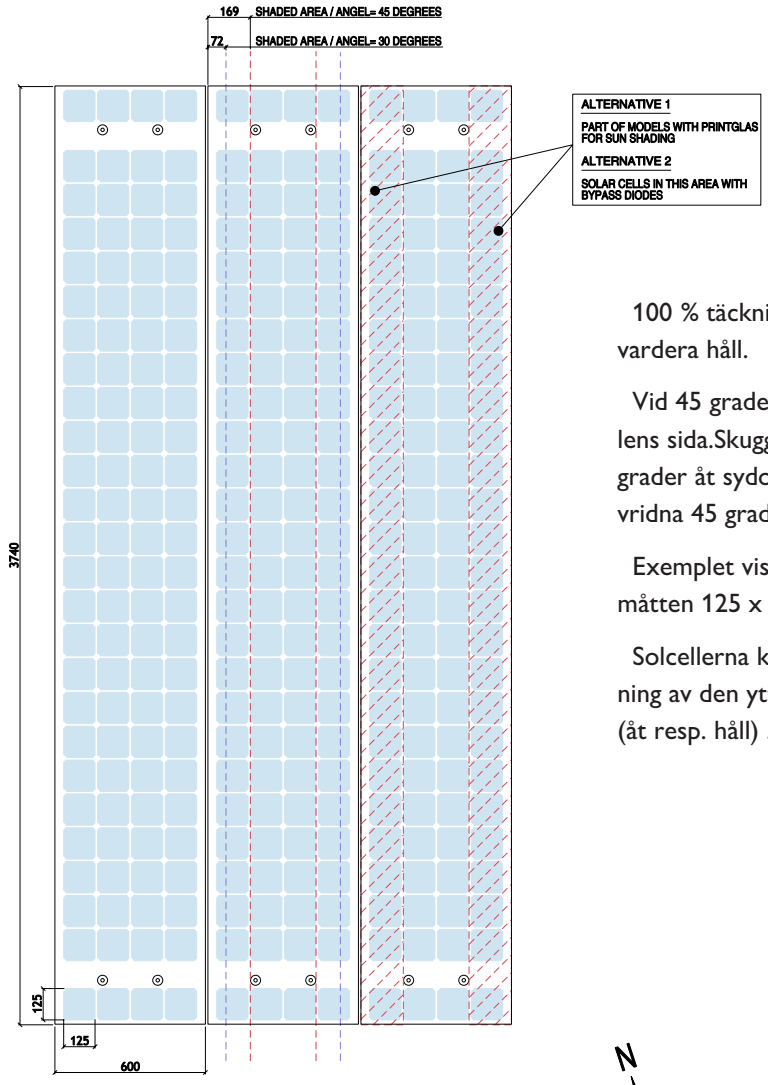
- Fasad mot söder / Våning 5 tr.
- Vertikala 1-axliga solföljande solcellsmoduler(motordrivna), från 45 (alt. 30) grader åt sydost till 45 grader (alt. 30) åt sydväst.
- Solceller av polykristallint kisel.
- Modulerna fungerar även som solavskärmning.





Exempel på likvärdig konstruktion, utfört av Colt.

5.2.1 Detaljstudier / Vertikala solföljande solcellsmoduler



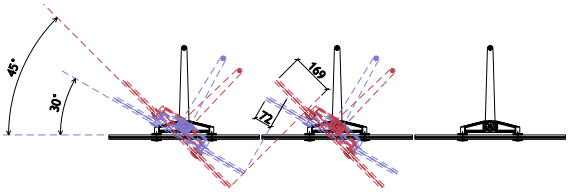
ELEVATION / PHOTOVOLTAIC MODULES

100 % täckning till 30 graders vridning av panelerna, åt vardera håll.

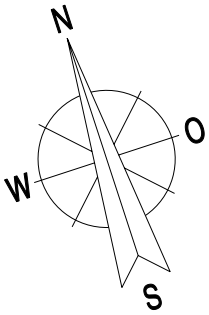
Vid 45 grader vridning (max.) skuggas c:a 169 mm av panelens sida.Skuggning på höger sida när panelerna är vridna 45 grader åt sydost, respektive på vänster sida när panelerna är vridna 45 grader åt sydväst.

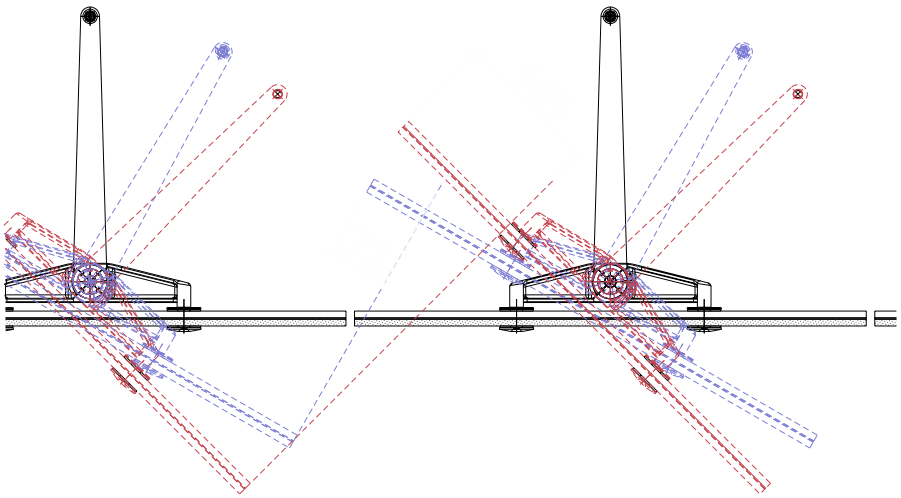
Exemplet visar en modul på tot. 4 x 32 solceller med måtten 125 x 125 mm.

Solcellerna kopplas med bypass-dioder för att tillåta skuggning av den yttersta raden från 30 till 45 graders vridning (åt resp. håll) .



SECTION / PHOTOVOLTAIC MODULES





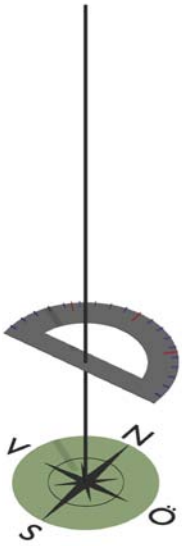
LAN / DETAIL

5.2.2 Solstudier / Vertikala solföljande solcellsmoduler

Nedanstående tabeller redovisar tiden på dygnet vid min. resp. max. vridning av vertikala 1-axliga solföljande solcellspaneler per den: 21: a Mars, 21:a Juni, 21:a September samt den 21.a December.

Tabellerna 1och 2 visar min- resp. max. vridningsvinkel för panelerna på 30 resp 45 grader, åt vardera håll. Tabellerna visar bla. att solcellspaneler kommer att vara i relativt stängda lägen under merparten av en arbetsdag:

Det innebär att lösningar för ljusinsläpp och utblickmöjligheter måste studeras.



Enkelt solur för studie av horisotella solvinklar i simulerad solstudie av cad- modell.

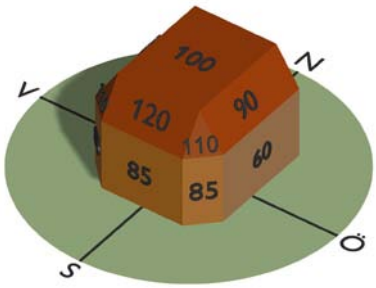


Fig. 1
Solinstrålningen i procent av globalstrålningen mot några olika orienterade och lutade ytor.

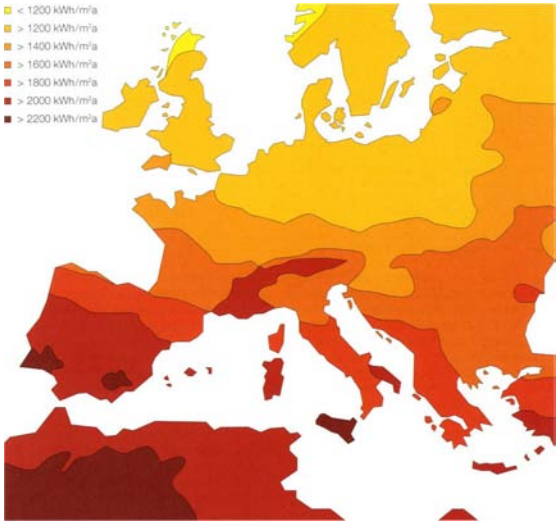


Fig. 2

Kartan visar globalstrålning, dvs. solinstrålning mätt mot horisontella ytor.

Med hjälp av fig. 1 och 2 kan man uppskatta årsvärdet på solinstrålningen mot den yta där solcellerna är monterade, t.ex. på en byggnad, placerad i Sverige. 100 % är solinstrålningen mot en horisontell yta, vilket i södra Sverige ligger mellan 900 och 1000 kWh/m2. Vinkeln på lutade ytor är 45°

Tabell 1

Datum	30 grader/ åt sydost	30 grader/ åt sydväst
21/3	11:05	15:00
21/6	11:00	14:15
21/9	10:55	14:50
21/12	10:45	14:40*

Tabell 2

Datum	45 grader/ åt sydost	45 grader/ åt sydväst
21/3	10:15	16:00
21/6	10:30	15:00
21/9	10:00	15:45
21/12	09:45	14:40*

* solnedgång

Solinstrålning / Fakta :

Solen är en fusionsreaktor på betryggande avstånd från jorden. När solenergin når jordens atmosfär är intensiteten 1365 W/m2.

När solstrålarna kommer ned till markytan har intensiteten minskat till cirka 1000 W/m2 på grund av absorbtion i atmosfären. Speciellt har ozonet tagit bort skadlig UV-strålning.

Vattenånga och koldioxid har absorberat lång-vågig strålning. Ju längre väg solstrålarna måste gå genom atmosfären ju mer energi absorberas.

Man har i samband med solceller definierat ett medelspektrum som kallas för AM1.5 global (Air Mass 1,5). Detta betyder det spektrum som fås då solens väg genom atmosfären är 1,5 gånger längre än den kortaste vägen genom atmosfären. Solhöjden är 42 grader över hori-sonten vid AM1.5. Den kortaste vägen fås då solen står i zenit.

I AM1.5 spektrum inkluderas den globala instrålningen. Det vill säga även diffus strålning från hela himlen.

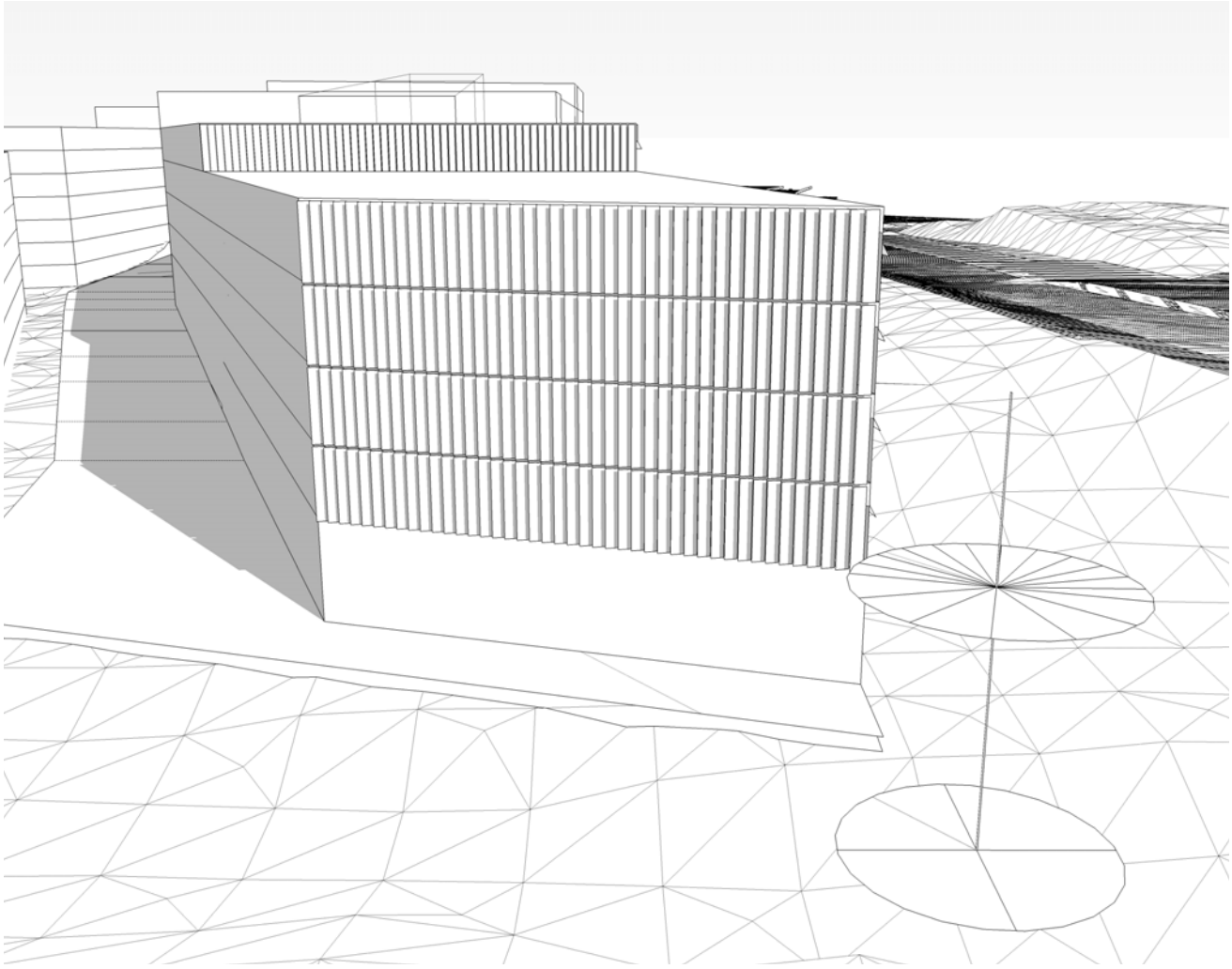
För enkelhets skull har man också låtit nomera den totala energin till 1000 W/m2 då man definierat detta spektrum (uppmätt AM1.5 global spektrum har en energi på 964 W/m2).

Ref. Solelprogrammet

5.2.3 Skuggning / Vertikala solföljande solcellsmoduler

En faktor som är svår att hantera är skuggning av modulerna. Det beror bland annat på att effekten av skuggning av moduler blir större än den rent geometriska förlusten av instrålad energi mot den yta där modulerna är installerade.

Det beror i sin tur på att enskilda solceller har så låg spänning att seriekoppling alltid tillämpas, både inom moduler och mellan moduler. Den cell i en sådan sträng av seriekopplade celler som har lägst ström begränsar strömmen i hela kedjan.



Man kommer väsentligen runt detta genom att införa by-pass-dioder. De monteras oftast över varje modul, men ibland kan varje modul ha flera dioder. En diod över 18 celler är önskvärt. Vid partiell skuggning av en anläggning kommer dioden leda strömmen förbi de skuggade cellerna. Naturligtvis innebär det att några oskuggade celler kopplas bort, men strömslingan och funktionen upprätthålls. Har man t.ex. en anläggning med 10 seriekopplade moduler och en cell i en modul är skuggad så förloras den modulen om det sitter diod över den.

Utan by-pass-dioder kan förlusterna bli mycket stora. Hur stora hänger samman med hur cellen uppför sig vid back-spänning. Som framgått så kommer användandet av by-pass-dioder göra att strömmen upprätthålls, men på bekostnad av ett spänningsfall. Om partiell skuggning av en anläggning kan förutsägas, vilket vanligen är fallet, och mer än någon enstaka modul ibland förväntas kopplas bort så måste man ta hänsyn till detta då man ska matcha modulerna mot en växelriktare. Man bör välja att ligga på växelriktarens övre spänningsområde för att inte summan de aktiva modulernas arbetsspänning ska sjunka under växelriktarens undre inspänningsgräns. / *ref. Solelprogrammet*

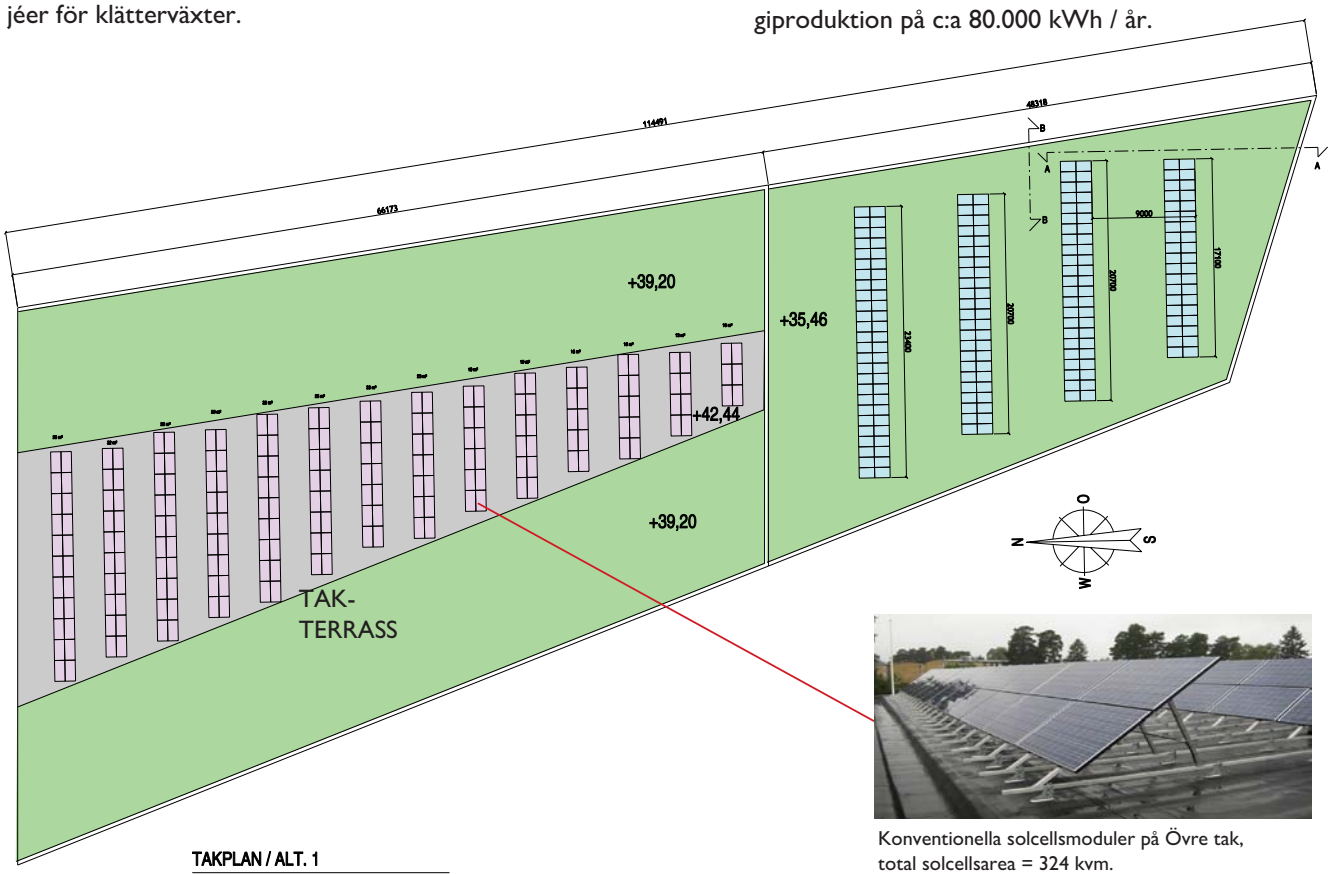
5.3 Scenario 2 (alt.1)

Utöver de vertikala solföljande solcellsmodulerna på fasaden mot söder, våning 1 - 4 tr, enl. Scenario 1 (solcellsmodulerna på våning 5 tr utgår pga. skuggning), förses i Scenario 2 även taket med fasta solcellsmoduler i 40 - 45 graders lutning.

Takmoduler / Alt. 1 :

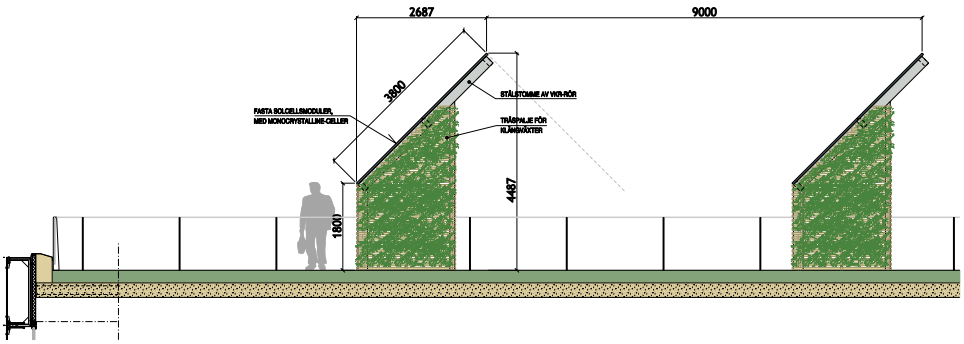
Takterrassen på nivån +35,46 skall kunna nyttjas av hyresgäster med möjlighet till uteplatser. Därför föreslår vi att solcellsmodulerna här monteras högt, underkant modul c:a 1,8 m ovan tak för att undvika skuggning och möjligöra fri användning av terrassen mellan modulerna. Sidorna kan utformas som träspaljéer för klätterväxter.

- Total solcells-area = 310 kvm.
- Taket på nivå +42,44 föreslås förses med mer konventionella takmoduler , se exempelbild.
- Total solcells-area = 324 kvm.
- Totalt genererar samtliga solceller på taketen energiproduktion på c:a 80.000 kWh / år.

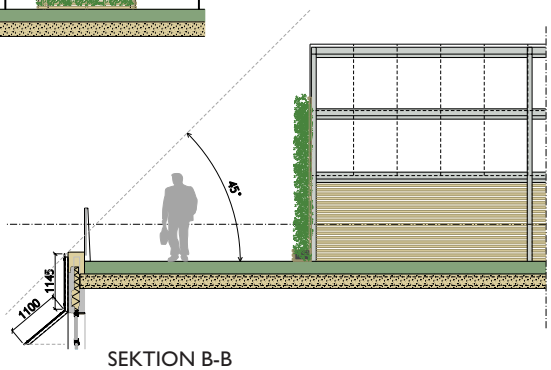


Konventionella solcellsmoduler på Övre tak, total solcellsarea = 324 kvm.

TAKPLAN / ALT. 1



SEKTION A-A



SEKTION B-B

5.3.1 Scenario 2 (alt.2)

Takmoduler / Alt. 2 :

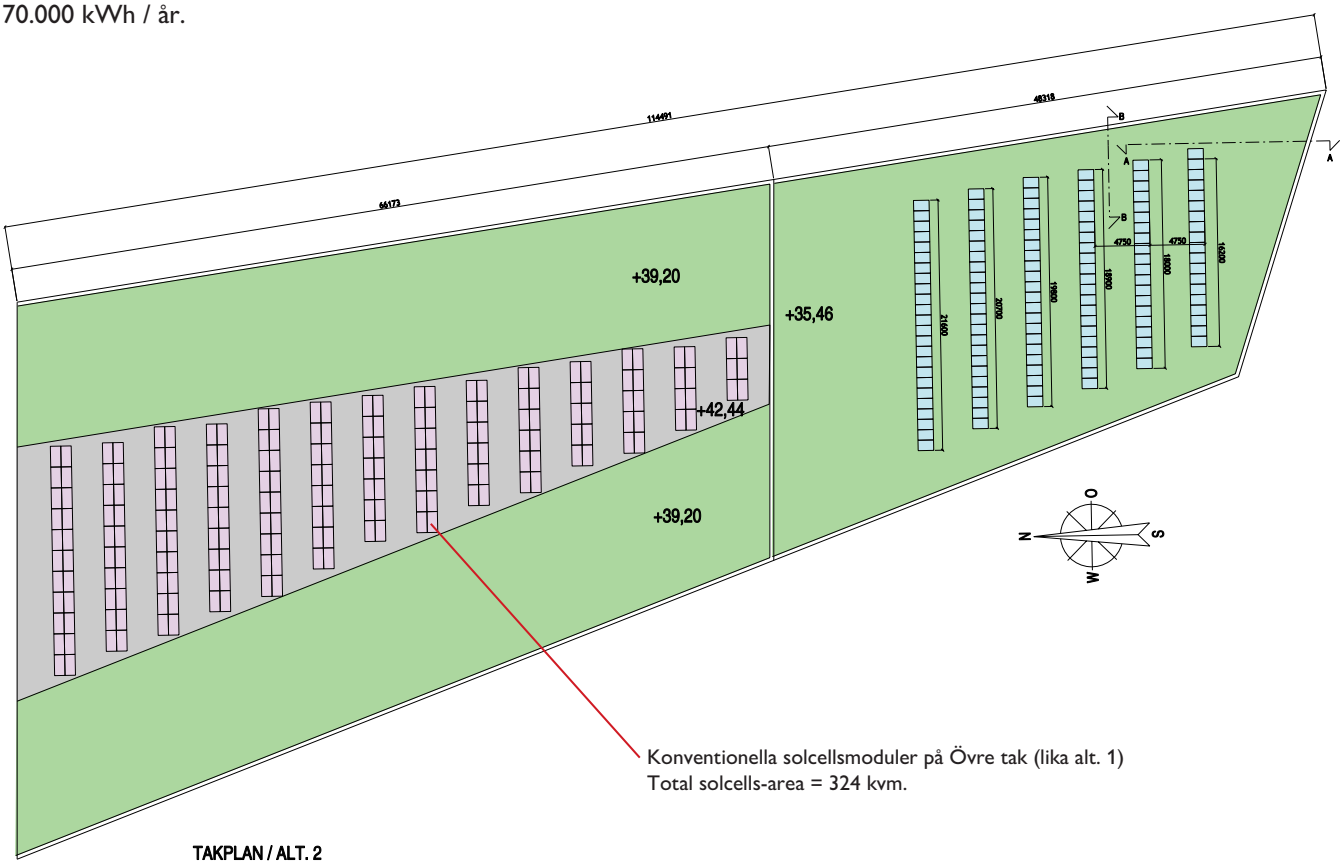
Förslag att montera modulerna med underkant c:a 1,8 m ovan tak för möjlighet att fritt kunna utnyttja takterrassen utan risk för skuggning. Sidorna kan utformas som träspaljéer för klätterväxter.

Total solcells-area = 220 kvm.

Taket på nivå +42,44 föreslås förses med mer konventionella takmoduler , se exempelbild.

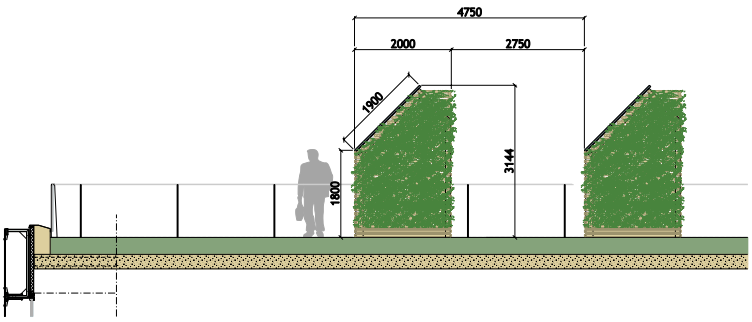
Total solcells-area = 324 kvm.

Totalt genererar samtliga solceller på taket en energiproduktion på c:a 70.000 kWh / år.

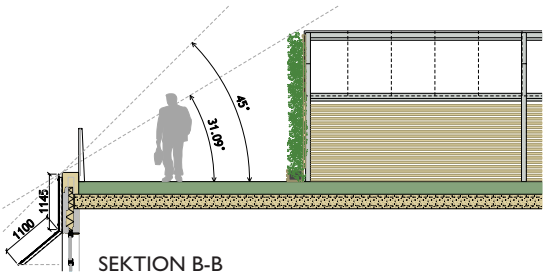


TAKPLAN / ALT. 2

TOTALYTA / SOLCELLER : 220 KVM



SEKTION A-A



SEKTION B-B

5.4 Scenario 3

Utöver solceller på fasaden mot söder och på taket enl. Scenario 1 och 2 förses i detta scenario även fasaden mot Öster med fast solavskärmning försedd med solceller, i överkant fönster längs hela fasaden, på varje våningsplan.

Förslag på konstruktion :

Skärmarna består av en vertikal med täta solceller vid tät fasad samt ett band av semitransperenta solceller vid del av fönster, med c:a 60 % solavskärmning. Skärmarnas underkant består av en ”vinge” i 40 graders lutning med täta solceller.

Den totala solcellsarean är följande:

Vertikalt monterade solceller = 1315 kvm, varav c:a 422 kvm semitransperenta.

Solceller i 40-graders lutning = 428 kvm.

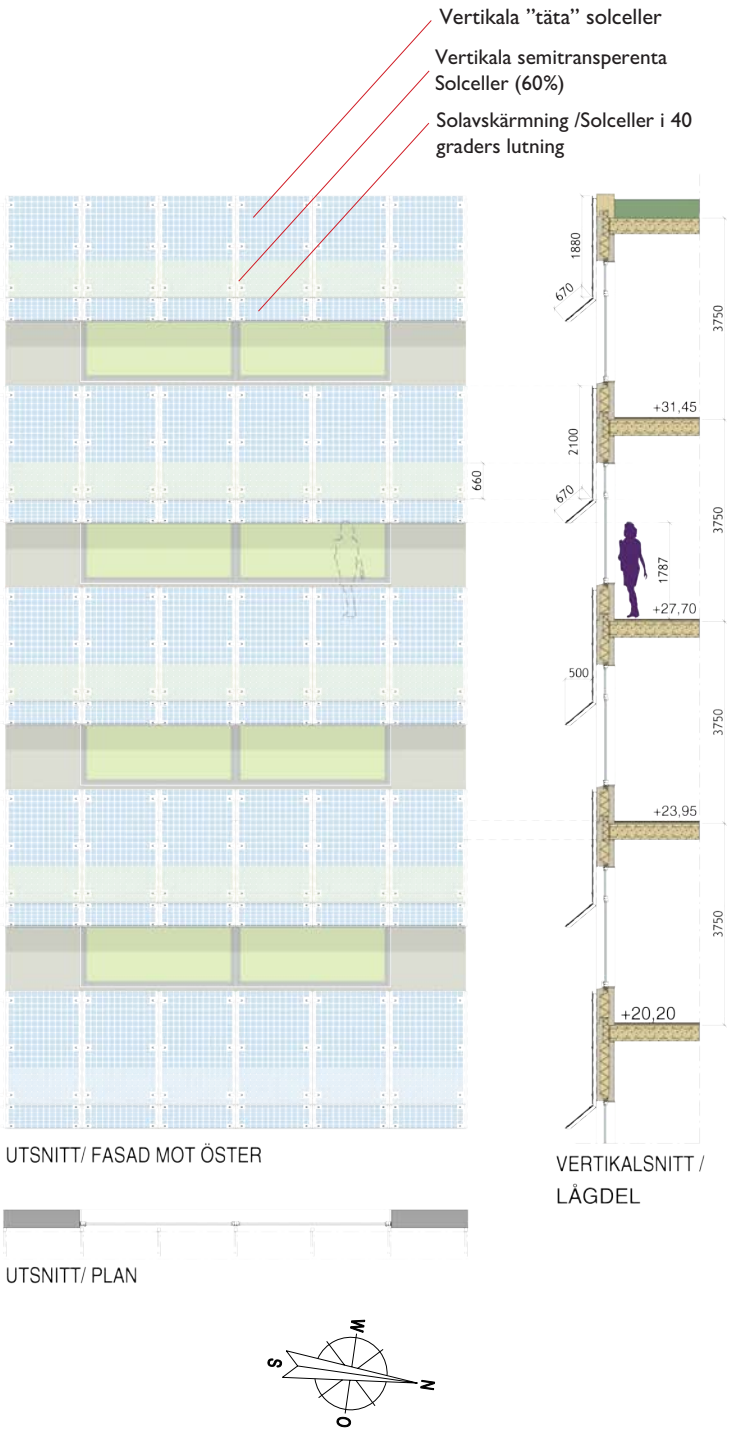
Årlig energiproduduktion :

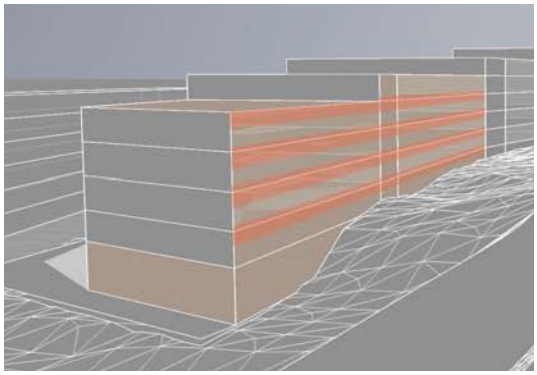
Vertikala ”täta” solceller = 63.700,

Vertikala semitransperenta (60 %) = 18.000

Solceller i 40 graders lutning = 39.100

Total energiproduktion = 120.800 kWh / år.





5.5 Övriga studier

För respektive förslag har det gjorts solstudier, dels som underlag för beräkning av antal soltimmar per dygn samt över året, dels för studier av partiell skuggning.

Följande arkitektoniska faktorer har också varit viktiga att studera:

Ljusinsläpp/ transparens :

Byggnaden har i dess olika delar också olika behov av ljusinsläpp. Lokalt kan det vara acceptabelt med täta solcellsmoduler, tex. fasaden mot söder. I andra delar av byggnaden behöver kanske en del av solcellerna vara semitransparenta för att få in ljus i lokalerna.

Utblicksmöjligheter :

Liknande är också behovet av utblicksmöjligheter. Som tex. söderfasaden där de solföljande panelerna kommer att vara stängda under stor del av dygnet. Det är därför viktigt att utforma dessa moduler så viss utblick ändå kan åstadkommas.

Solavskärmning :

Solcellsmodulerna skall även utformas för att ge erforderlig solavskärmning, med olika lösningar för olika delar av byggnaden beroende av väderstreck.

Detaljutformning av solcellsmodulerna :

Modulerna som är placerade utanför de våningshöga glaspartierna (gäller framför allt söderfasaden) är exponerade både utifrån och inifrån, vilket innebär att detaljutformningen av modulerna inkl. stomme samt mekaniska delarna är viktig.

Simuleringar i 3d-modeller har även gjorts, för studier av fasaduttryck för de olika förslagen.

5.5.1 Utblick / Ljusinsläpp

För fasader med våningshöga solcellspaneler är det viktigt att studera utblicksmöjligheter resp. möjlighet till ljusinsläpp.

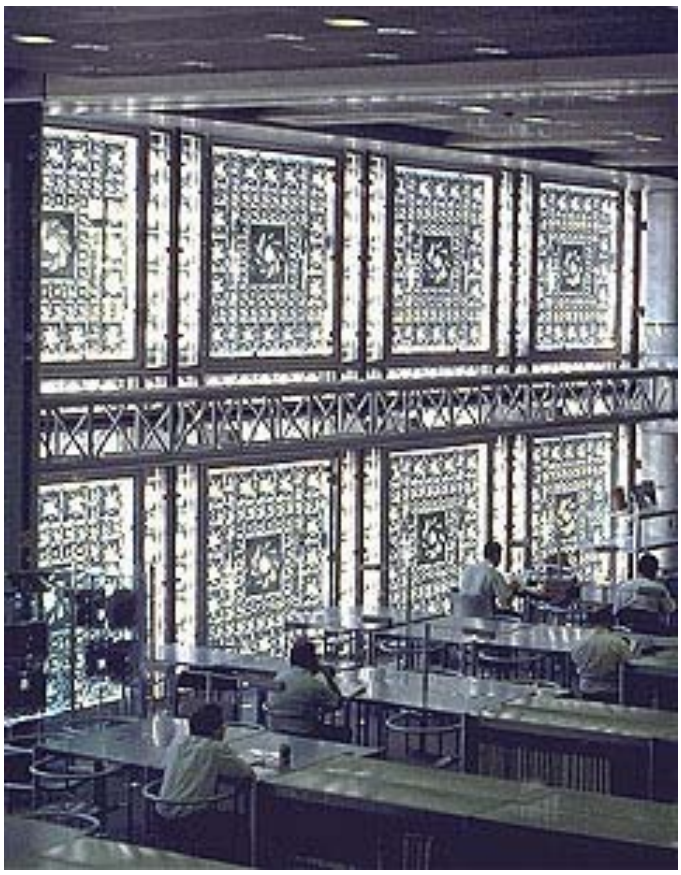
Hur täta / transperenta moduler kan man acceptera?

Vilken typ på verksamhet finns här?

Utformning / gestaltning av de solföljande solcellsmodulerna är också viktigt.

För söderfasaden kommer modulerna att vara stängda merparten av dagen.

Utvändiga glaspartier med täta solceller monterade med 10-15 mm distans, sett inifrån



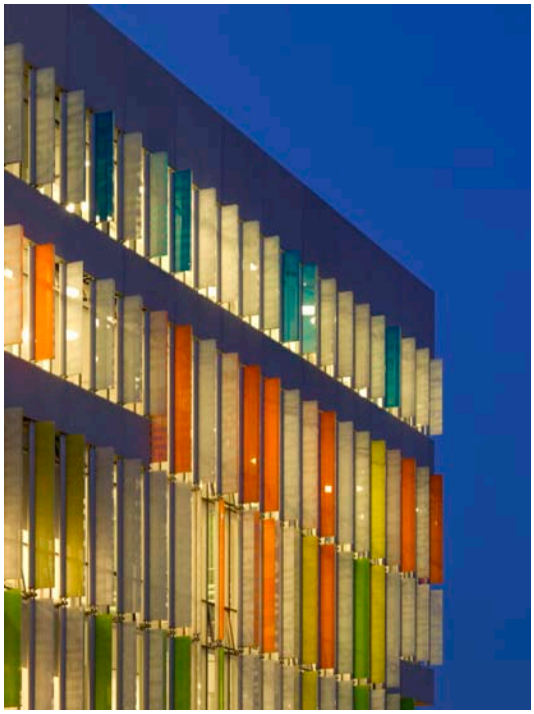
Arabiska institutet i Paris / Jean Nouvel 1987

Örestadens Gymnasium / Danmark

5.5.1 Utblick / Ljusinsläpp forts.

Örestadens Gymnasium / Danmark

Detta är ett bra exempel på hur man kan göra ett arkitektoniskt helhetsgrepp av en teknisk funktion, i detta fall solavskärmningen.

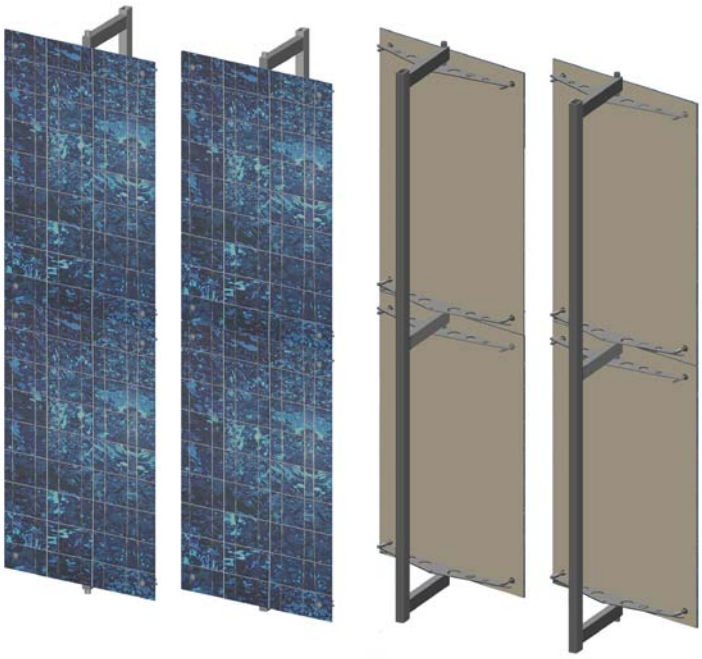


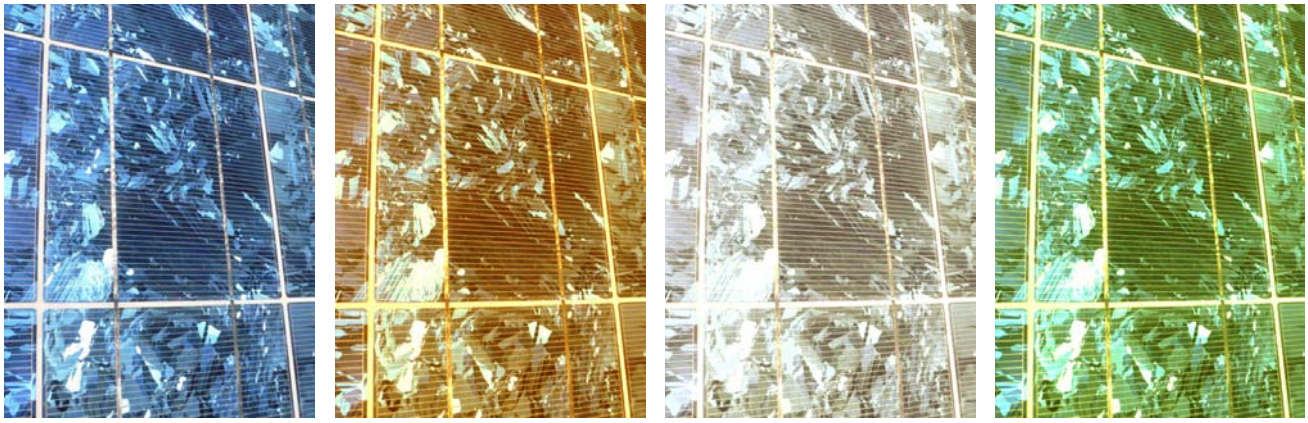
5.5.2 Detaljutformning / Fasaduttryck

Inventering bör göras av vilka typer av solcellskonstruktioner som finns på marknaden idag och som är lämplig för detta projekt , dels avseende effektivitet, men även avseende estetiska värden som mönster, kulörer, olika konstruktioner för transperens.

Förutom vikten av den yttre gestaltningen är även utformning av bärverk samt mekaniska delar på panelernas baksida (för motorstyrning) viktiga, dessa kommer att exponeras inåt vid uppglasade delar och bör vara arkitektoniska tillskott.

Teknikbevakning görs av framtida system. I nästa generation solceller kommer det tex. att finnas betydligt fler variationer av både färger och mönster och problemet man har idag med energiförluster på grund av partiell skuggning kommer inte finnas. I framtiden kommer solcellerna kunna vara integrerade i fönsterglasen med valfri grad av transperens.





Exempel på kulörer för Polykristallina kiselsolceller genom att variera antireflebehandlingens tjocklek. På detta sett kan man få fram i stort sett vilken kulör som helst.

Exempel på fasad med repeterade solcellspaneler i samma storlek, mönster och kulör.

6 CO_2 besparing - olika synsätt

6.1 Bakgrund

Frågan om hur CO_2 belastning i det Svenska elnätet och i synnerhet hur en förändring i belastning för en enskild anläggning ska beräknas har under senare år diskuterats intensivt. Denna rapport berör endast frågan mycket översiktligt. Frågan är mångfasseterad och någon konsensus i branschen finns inte. De olika mixer av el som diskuteras och som är någorlunda etablerad är; Svensk elmix, Nordisk elmix och Europeisk mix. Därtill kommer en marginalbetraktelse för den Europeiska mixen. När man fastställer CO_2 belastning i Sverige för en anläggning/byggnad på årsbasis är det vanligt att utgå från antingen Svensk eller Nordisk elmix. Branschorganet Svensk Energi fastställer årligen (inofficiellt) CO_2 belastningen per kWh för dessa två senare mixer och variationer mellan åren beror bl.a. på tillgång till vattenkraft, tillgänglighet hos kärnkraftverken samt import – export. För den Svenska elproduktionen brukar det fossilbaserade inslaget understiga 5% och i Europa är inslaget betydligt större vilket är det huvudsakliga skälet till bristen på samsyn i frågan. Miljövärderingsprincip förefaller ofta väljas för att passa det egna synsättet vilket dock inte utesluter att man försökt sätta sig in i frågan.

6.2 Frågeställningar

De frågeställningar gällande CO_2 belastning är mycket förenklat ofta kopplade till förändringar i lasten. Om t.ex. en fastighetsägare genomför en effektivisering och reducerar behovet av el alternativt om man t.ex. uppför en ny byggnad och därmed ökar behovet av el, hur ska en sådan förändring värderas miljömässigt? Ett synsätt är att den enskilda förändringen (i Sverige), ingen annan förändring beaktas, innebär att förändringen inträffar ”på marginalen” och man därmed påverkar den kraftproduktion som senast kopplades in i Europa. Den senast inkopplade produktionsanläggningen brukar vara den som är dyrast i drift och är ofta fossilbaserad. Alternativt kan man anta Europeisk medelel som har en lägre belastning jämfört med en marginalbetraktelse. Ett annat synsätt är att man inte kan betrakta en enskild förändring isolerat från övriga förändringar då det kontinuerligt inträffar förändringar i hela elnätet. De går då inte att värdera alla förändringar på marginalen samtidigt vilket i princip skulle innebära att all el produceras med kolkraft. Tidsdimensionen är också av intresse i frågan. Ett ytterligare synsätt är att frågan är ointressant då det finns ett fastställt gemensamt utsläppstak och handel med utsläppsrätter i Europa. Det kan tilläggas att av den nya elproduktionen i Europa svarar den förnyelsebara för en allt större del.

6.3 Hur ser kunskapsläget ut ?

Vad säger då vetenskapen i frågan? Kan man härleda en enskild förändring i belastning till en specifik typ av elproduktionsanläggning eller typ av CO_2 belastning? För något år sedan prövades frågan i Miljööverdomstolen som då inhämtade underlag från bl.a. experter hos Energimyndigheten. Domstolen kom då fram till att det var för komplicerat att fastsälla ett sådant samband. Vi tycker oss kunna konstatera att kunskapsläget inte är tillräckligt belyst för att kunna fastställa några entydiga samband. Det finns ett antal rapporter i ämnet [5,6,7,8] som belyser svårigheten att fastställa miljöbelastningen från förändrad elanvändning. Frågan ska på nytt utredas av KTH i samarbete med Svenska Kraftnät för den nya stadsdelen Norra Djurgårdsstaden i Stockholm.

6.4 Några ytterligare infallsvinklar

Svårigheten att fastställa CO_2 belastning har kommit att utnyttjas i affärssammanhang och starka särintressen behandlar frågan på ett kreativt sätt för att förhärliga den egna produktens förträfflighet. Swedish Standards Institute, SIS, har försökt att ta fram en standard för området men misslyckats. Klimatkompensation är ytterligare en affärsverksamhet som genom satsningar på projekt, som reducerar CO_2 belastning, säljs till företag som vill klimatkompensera sin verksamhet. Ett EU direktiv om ursprungsmärkning av el finns men har inte implementerats i Sverige. Energimyndighetens nuvarande ståndpunkt är att miljöbelastning av el är en fråga mellan kunden och leverantören, köper man ”grön el” så får man ”grön el” i kontakten. Tanken är att det på sikt ska öka efterfrågan på denna produkt. Kvotplikt är en annan mekanism som på sikt ska öka produktionen av förnyelsebar el vilket i princip innebär att alla elkonsumenter får en viss andel förnyelsebar el.

6.5 CO_2 i Kristineberg

Vad betyder då alla olika infallsvinklar för det studerade projektet i Kristineberg? Som framgår ovan är det förenat med viss svårighet att på ett entydigt sätt redovisa en CO_2 belastning. En utgångspunkt är att man med de 2900 m^2 solcellerna producerar ca 238 000 kWh el på årsbasis och för att driva geoenergianläggningen behövs ca 170 000 kWh per år för att förse byggnaden med all kyla och värme som krävs. På årsbasis är det då möjligt att uppnå ett CO_2 neutralt energisystem för byggnaden. Om man i stället tittar på energibalansen per månad så klarar man 71% av energibehovet med den egna produktionsanläggningen dvs. man når inte riktigt fram till målet om ett CO_2 neutralt energisystem. En jämförelse med en traditionell lösning med fjärrvärme och fjärrkyla visas nedan för energiförsörjningen i projektets 15000 m^2. Observera att verksamhetsel (hyresgästel) som inte omfattas av energikraven i BBR inte ingår.

Utsläppen nedan redovisas i ton CO_2 per år. Inom NCC koncernen tillämpas Nordisk elmix vid uträkning av klimatbelastning.

Förutsättningar

Nordisk Elmix antas till 100 g/kWh

Europeisk medelel antas till 400 g/kWh

Europeisk marginalel antas till 900g/kWh

Fjärrvärme antas till 100 g/kWh (35 kWh/m2,år)

Fjärrkyla antas till 25 g/kWh (20 kWh/m2,år)

Solceller och geoenergi med årsavräkning	0
Solceller och geoenergi med månadsavräkning, Nordisk Elmix	5
Solceller och geoenergi med månadsavräkning, Europeisk medelel	19,7
Solceller och geoenergi med månadsavräkning, Europeisk marginalel	45
Fjärrvärme	52,5
Fjärrkyla	7,5

7 Ekonomi

NCCs investeringar i fastighetsprojekt är alltid förknippade med krav på lönsamhet. I en utvärdering av energilösningen bör därför även de ekonomiska aspekterna bedömas.

Det är en tydlig trend bland fastighetsbolag och andra fastighetsägare att energi- och miljöfrågor får större fokus. Det tar sig bland annat uttryck i att vissa investerare har som investeringskriterie att fastigheten ska klassas enligt ett givet klassificeringssystem, exempelvis Breeam. Även efterfrågan för ”gröna kontor” hos kontorshyresgäster har ökat betydligt de senaste åren.

7.1 kostnader

Investeringarna och kostnaderna enligt nedan är bedömningar baserade på erfarenhetsvärden och nyckeltal.

Geoenergi:

Totalentreprenad: 6-7 mkr

Drift- och serviceavtal: 200 000 kr/år

Solceller:

Alt: 371 kW, dvs en maximering av solcellsytan i förhållande till husets form och läge

Byggnadsdel	**Solceller m^2**	**kW**	**kWh/år**	**kWh/m^2**	**Kr/kWh**	**Investering**
Fasad mot syd	530	60	36 000	68	166	6 mkr
Fasad mot öst	1740	220	120 000	69	91	11 mkr
Tak	634	91	80 000	126	50	4 mkr
Totalt	**2904**	**371**	**236 000**	**83**	**89**	**21 mkr**

Drift- och serviceavtal: 100 000 kr/år

Total investering: 21 000 000 kr

7.2 Lönsamhet

Lönsamheten i investeringen är bedömd utifrån antagandet att NCC inte är en långsiktig ägare till fastigheten. Vidare antas det att en investerare värdesätter och kapitaliserar de minskade driftskostnaderna som investeringen innebär jämfört med ett traditionellt alternativ som exempelvis fjärrvärme/fjärrkyla.

Alt 371 kW

Den totala investeringen bedöms uppgå till cirka 28 000 000 kr. Därtill följer årliga drift- och servicekostnader om 300 000 kr/år. Under antagande att den producerade elen används till 70% av geoenergianläggningen (se energiprofilen), genereras 165 MWh per år. Med ett antaget elpris om 1,2 kr/kWh, och en COP om 6,0 för geoenergianläggningen, kan ca 1 188 MWh per år genereras i form av värme och/eller kyla till fastigheten. Om även värme och kyla ansätts ett värde om 1 kr/kWh är besparingen 1 188 000 kr/år, före avdrag för de 300 000 kr i drift och service. Därtill tillkommer intäkten för den del av elproduktionen som säljs till hyresgäster/elnätet. Vår bedömning är att intäkten är 1,45 kr/kWh (inkl elcertifikat) vilket innebär att de kvarvarande 30% av elproduktionen motsvarar ett årligt värde om ca 102 000 kr.

Om man förutsätter att en rationell investerare kapitaliserar hela besparingen till ett fastighetsvärde så innebär det att det årliga sammanlagda nettot kapitaliseras med ett direktavkastningskrav, vilket här uppskattas till 6,0 procent, till cirka 16 500 000 kr.

Värde	
Geoenergi, besparing	1 188 000 kr
Värde övrig elproduktion	102 000 kr
Drift och underhåll	300 000 kr
Netto	**990 000 kr**
Direktavkastningskrav	6,00 %
Kapitaliserat värde	**16 500 000 kr**

Investeringen om 28 000 000 kr bör regleras för ett bedömt investeringsbidrag om 2 000 000 kr samt den besparing i form av integrerad solavskärmning som solcellerna på syd- och östfasaden utgör. Vår bedömning är att investeringen kalkylmässigt bör reduceras med ett sammanlagt belopp om 3 000 000 kr.

Investering	
Solceller	21 000 000 kr
Geoenergi	7 000 000 kr
Investeringsbidrag	-2 000 000 kr
Minskat behov av solavskärmning	-1 000 000 kr
Investering	**25 000 000 kr**

Sammantaget innebär detta att investeringen i denna kombinerade solcells- och geoenergilösning sannolikt inte är lönsam i strikt företagsekonomisk mening, givet våra antaganden.

8 Slutsatser – sammanfattande diskussion

Förstudien visar att en kombination av i huvudsak tre olika parametrar reducerar inköp av energi och därmed CO_2 belastning väsentligt i projektet samt bidrar till utnyttjandet av förnyelsebar energi.

- En byggnad med goda energiegenskaper.
- Geoenergianläggning.
- En stor mängd solceller.

Anläggningen kan inte räknas hem med de fastighetsekonomiska kriterier som tillämpas för nyproduktion av kontor. Kostnaden [9] för solceller sjunker dock med ca 20% vid varje fördubbling av antalet installerade moduler och genom att betrakta både solceller och geoenergianläggningen som en gemensam investering vid lönsamhetsberäkningen underlättas satsningar på solel. Frågan om hur CO_2 belastningen ska betraktas är som framgår problematisk men vi tycker att lösningen står sig mycket bra jämfört med alternativet fjärrvärme-fjärrkyla. Det minskade beroendet av framtida prishöjningar för energi och det stora inslaget av förnyelsebar energi för den föreslagna lösningen uppfattar vi som positivt och tror även att den synen kan delas av blivande hyresgäster och investerare. Ett litet orosmoln är den ökade komplexiteten jämfört med en traditionell lösning. Vi noterar även att vissa kommuner i Sverige har andra energikrav jämfört med Boverket och det är inte säkert att den lösning som studerats skulle vara möjlig att utföra överallt.

9 Referenser

1. Magnus Bonde och Aniezka Jonsson vid Institutionen för Samhällsbyggnad
2. http://www.epbd-ca.org/
3. http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Bygg--och-konstruktionsregler-ESK/Boverkets byggreg ler/BBR-avsnitt-9/
4. http://fastighetsagarna2010.litium.se/web/Sveby.aspx delprojekt brukarindata för kontor
5. Effekter av förändrad elproduktion/elanvändning. Sköldeberg, Unger. Elforskrapport 8:30.
6. Koldioxidvärdering av elanvändning. Underlagsrapport Energimyndigheten 2008
7. Marginalel och miljövärdering av el. Sköldeberg, Unger, Olofsson. Elforsk rapport 06:52
8. Energianvändningens klimatpåverkan. Energimyndigheten 2008. Tobias Persson
9. Solelrapport – Konferensbevakning PVSEC Valencia. Joakim Byström 2010.