



RI.  
SE

# Solel i norr, visst är det möjligt!

Alexander Granlund & Mattias Lindh

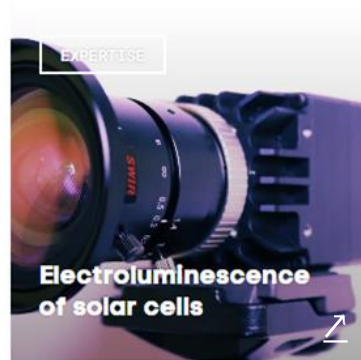
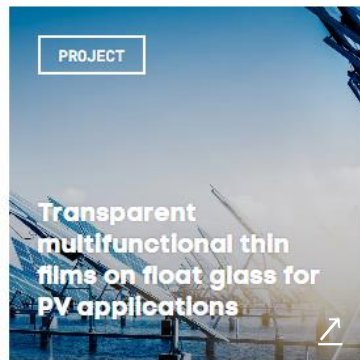
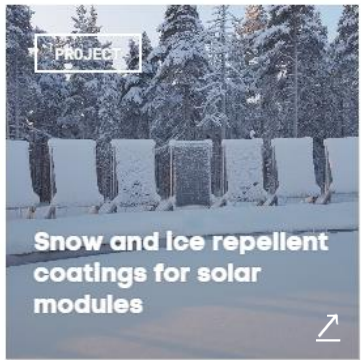
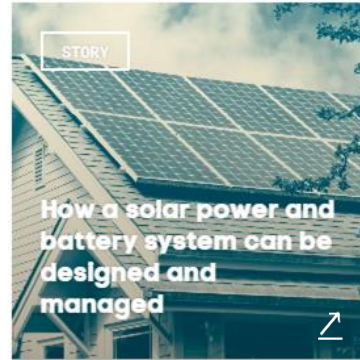
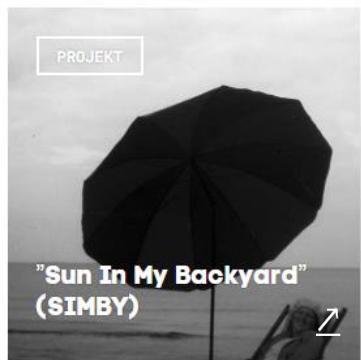
# RISE Solenergi

RISE arbetar aktivt med att stötta den svenska solenergibranschen i frågor som i första hand rör:

- solelens roll i energisystemet
- kvalitet i utförande av anläggningar
- kunskapsunderlag för utformning av regler och rekommendationer
- test och utveckling av tekniska system och material
- Solel i nordliga förhållanden
- Solceller som byggprodukt

RISE arbetar i dagsläget inom 15+ aktiva forsknings- och utvecklingsprojekt med direkt koppling till solenergi.







**Michiel van Noord**

Projektledare

michiel.van.noord@ri.se



**Malin Unger**

Projektledare/ Arkitekt

malin.unger@ri.se



**Karin Morell**

Projektledare

karin.morell@ri.se



**Alexander Granlund**

Forsknings- och utvecklingsingenjör

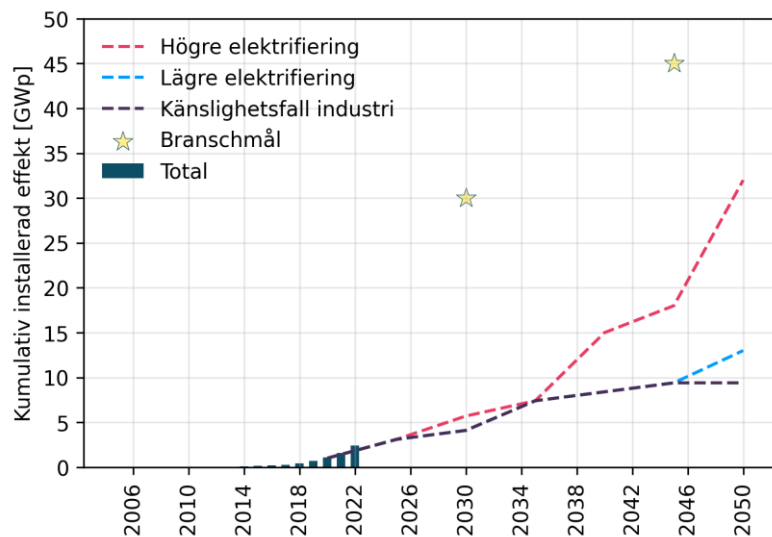
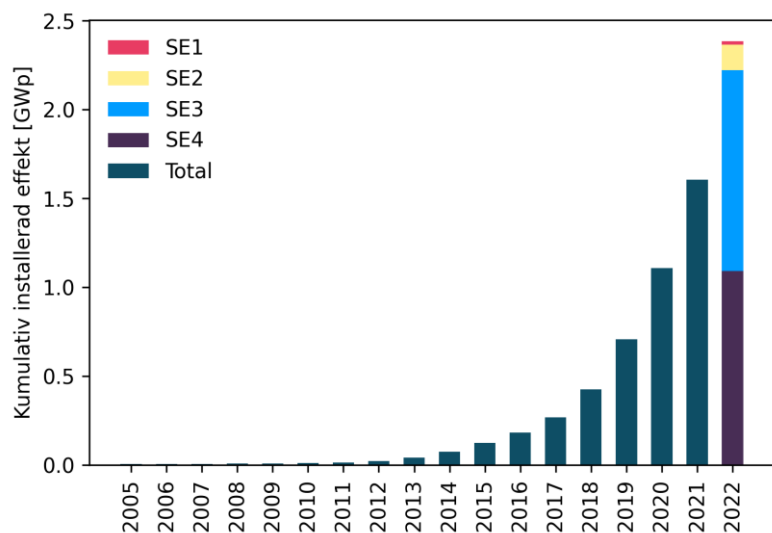
alexander.granlund@ri.se



**Mattias Lindh**

Forskare

mattias.lindh@ri.se



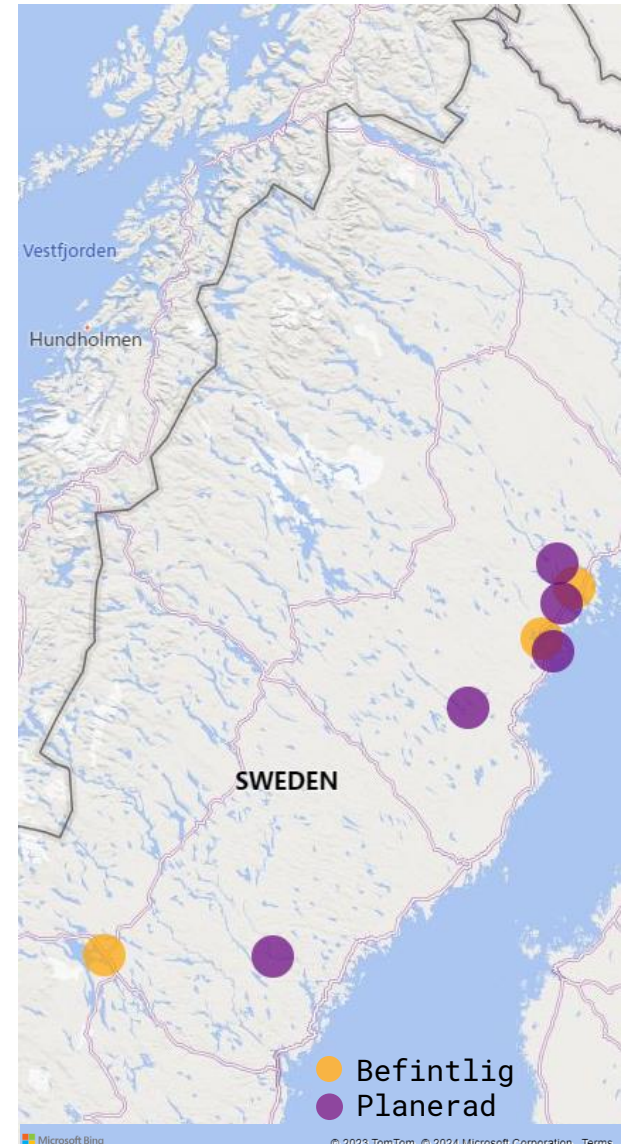
# Svensk installationstakt

- Avsevärt lägre installerad effekt i SE1 & SE2
  - Redan mycket förnybar elproduktion från vatten och vind
  - Låg befolkning och lågt elbehov
  - Lägre elpriser i norr ger lägre lönsamhet för elproduktion
- Kommer sannolikt öka kraftigt... också i norr?

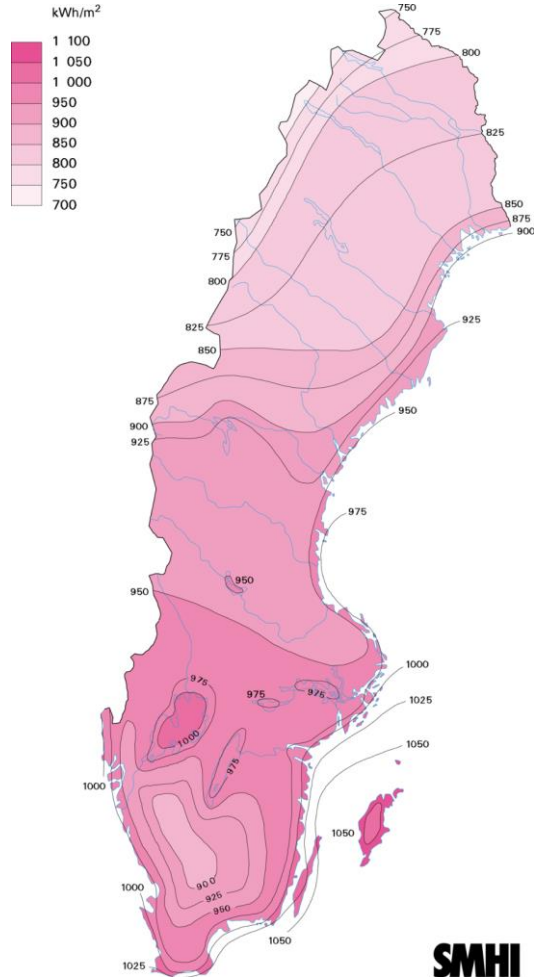
[Källor: IEA PVPS National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2022, Energiföretagen Sverige Energiåret 2022 Tabeller, Energimyndigheten Scenarier över Sveriges energisystem 2023, Svensk Solenergi Solenergiolitiskt Program]

## Framtidsspaning Norrland

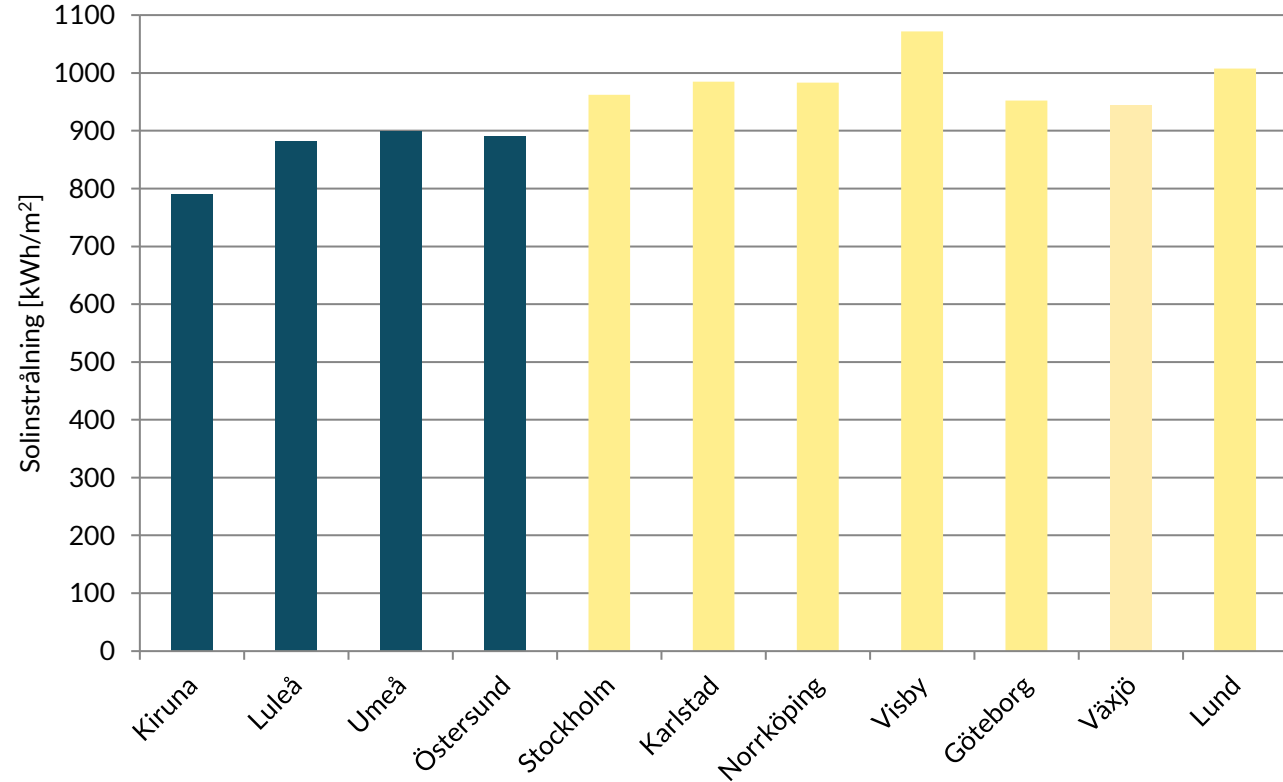
- Utbud och efterfrågan
  - Stora industrietableringar och omställningar
  - Norrbottens elproduktionen 2019 var 18 TWh, elanvändning kan gå från 8 TWh 2019 till 40 TWh 2030 [Energikontor Norr 2022]
- Utbyggnad av markmonterade solcellsparker
  - Finns i dagsläget flera planerade, samtliga större än befintliga

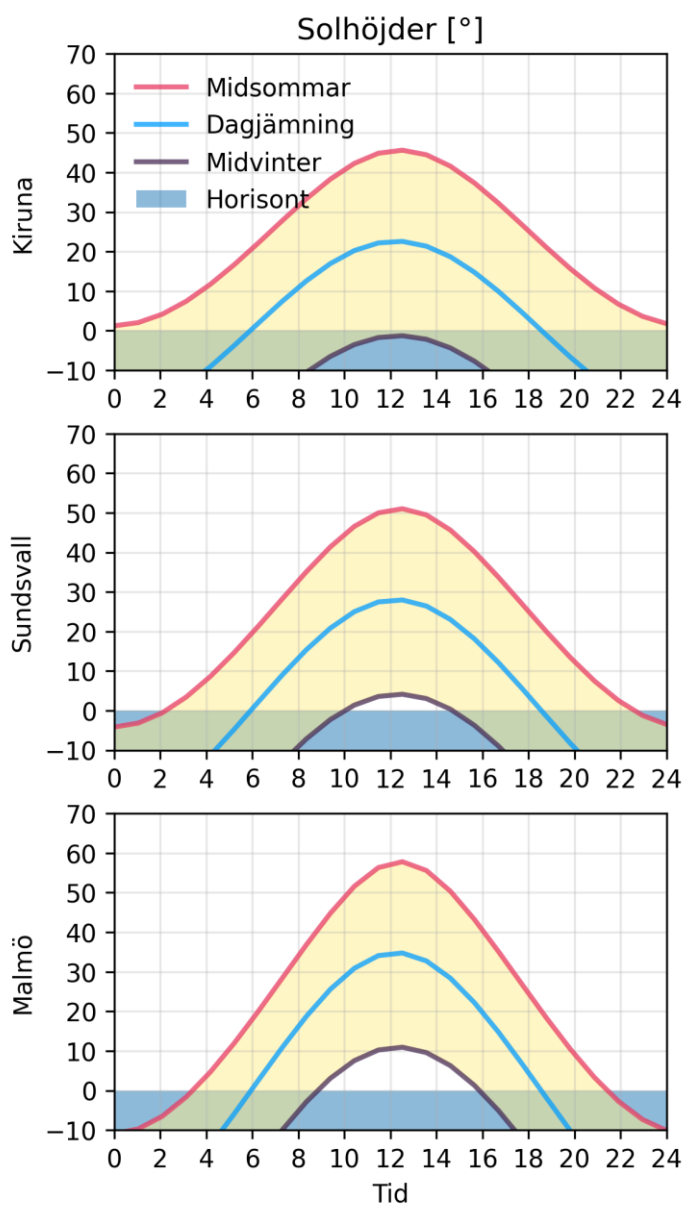


# Solinstrålning i Sverige



Medelvärde årlig globalstrålning 1983-2014 (SMHI)





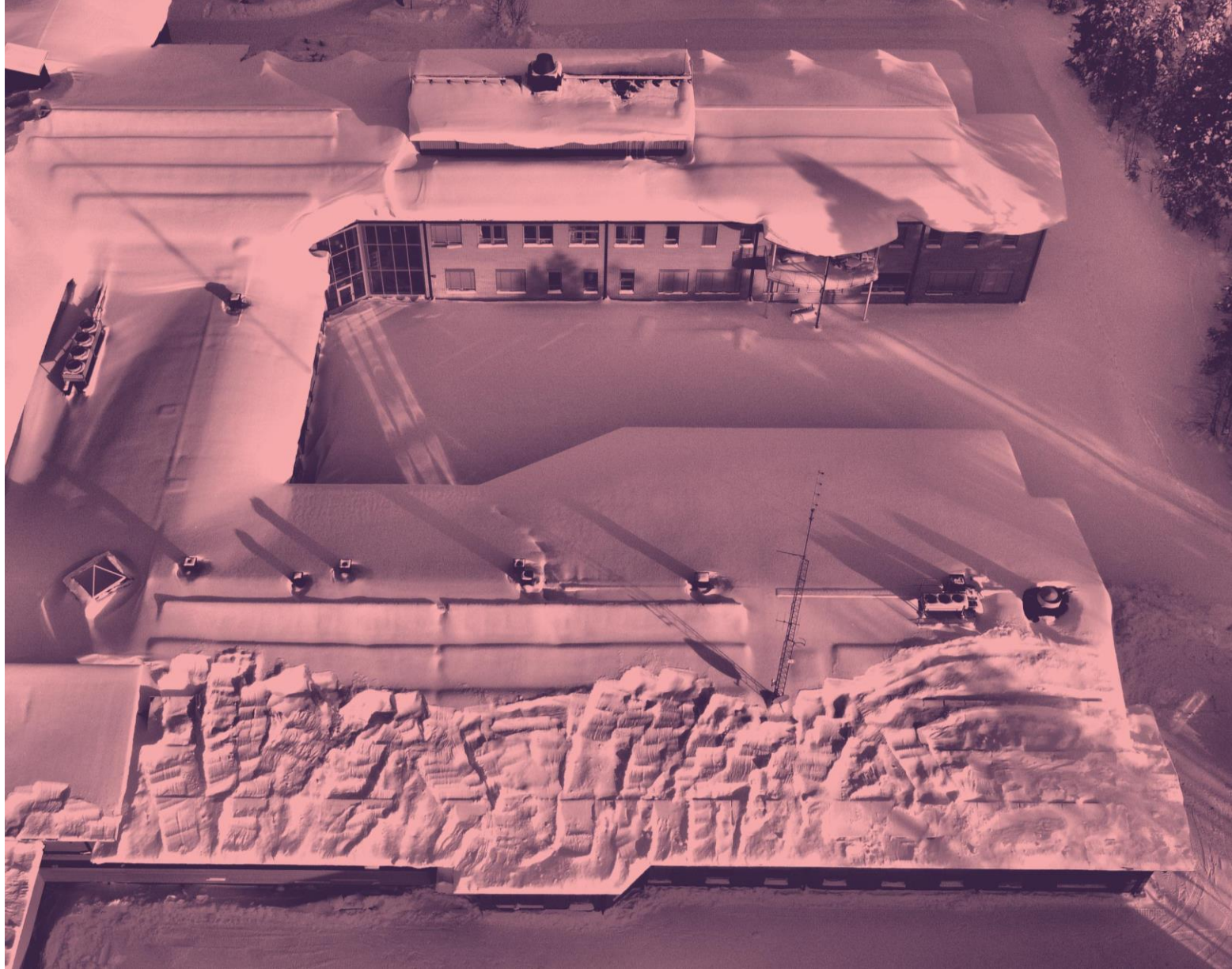
## Skillnader från nord till syd – Instrålning och klimatdata

- Lägre solbana
  - Skuggning
  - Strålningens sammansättning och intensitet
- Säsongsbetoning
  - Midnattssol och polarnatt
- Lägre upplöst och tillförlitlig satellitdata
  - Svårare att modellera elproduktionen tillförlitligt
  - Svårare att få ihop lönsamhetskalkyler



# Snö

- På solcellerna
  - Skuggar
  - Belastar
- I omgivningen
  - Reflekterar

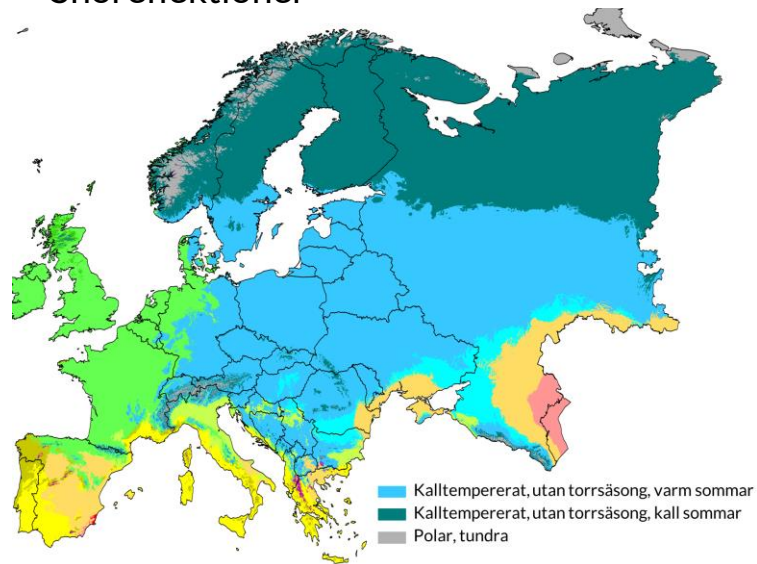


# Kyla

- Ökad spänning och effekt
- Kan minska degradering
- Kan påverka hållbarheten

# Fördelar

- Kyla – högre spänning och effekt
- Små degraderingsfaktorer
- Snöreflektioner



Beck, et al. *Sci Data* 5, 180214 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

# Nackdelar

- Säsongsbetonad elproduktion
- Lägre instrålning
- Snölaster & -skuggning
- Ökad risk för skuggning

Ljusets sammansättning  
Livslängd  
Kyla - hållbarhet



# Vårt arbete

Avslutat projekt om:

- Allmänna riktlinjer för nordlig solet
- Informationsspredning
- Upphandlingsunderlag för lantbrukare
- Snölast på tak med solceller
- Utformning av stora takanläggningar i norr
- Dubbelsidiga solcellsmoduler
- Byggnadsintegrerade solceller BIPV



# Aktuella rapporter

Handbok för nordlig solex (2020):

<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1450744>

Slutrapport för projekt om snölast på tak (2024):

<https://www.e2b2.se/media/nv0jrg2h/slutrapport-p2018-016202.pdf>

Slutrapport för projekt om nya monteringsätt för att undvika snöskuggningsförluster på stora tak i norr (2022):

<https://www.e2b2.se/media/gowcgozu/anpassning-av-solelanläggningar-till-nordiska-förhållanden.pdf>



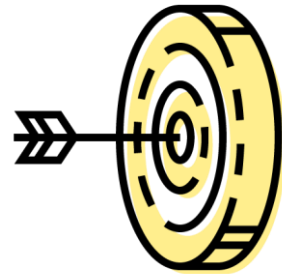
# Internationellt samarbete

Vi bidrar till International Energy Agency's Photovoltaic Power Systems globala samarbete inom tillförlitlighet och prestanda, Task 13, tillsammans med Checkwatt och Mälardalens Universitet.

- Rapporter publiceras under 2024, 2025 och 2026.

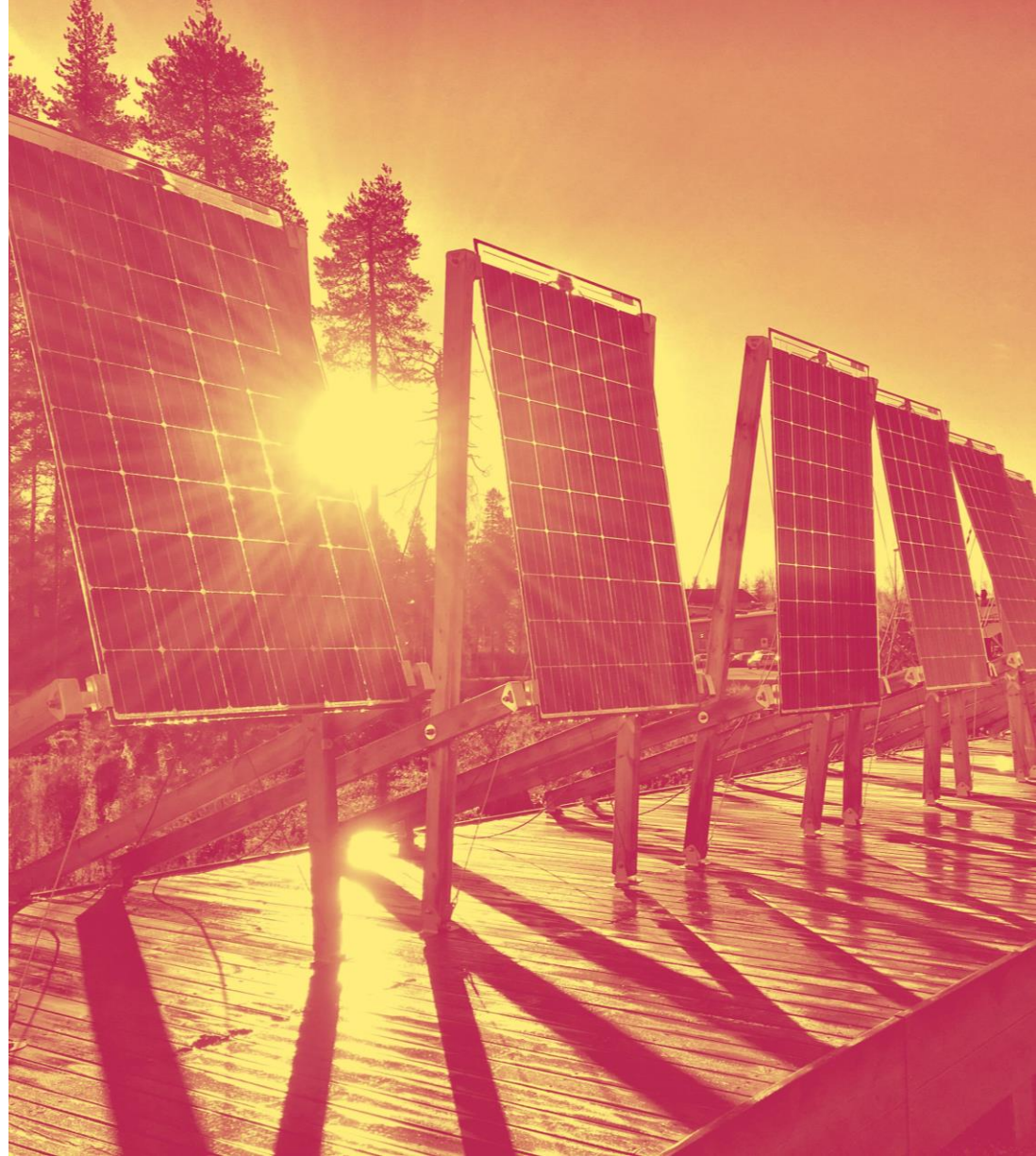
# Framtida arbeten

- Livslängd och hållbarhet
- Mark- och intressekonflikter
- Utformning av större parker och sambruk
- Tillförlitlighet av klimatdata och modellering i norr



# Tre fokusområden

1. Snölaster
2. Produktionsförluster
3. Snöröjning







# Varför bry sig om snölast?

- Solkraft på tak en viktig pusselbit – får inte riskera tak och byggnader!
- Anpassning till nordliga förhållanden krävs för att det ska fungera bra – länge!
- (Nästan) hela Sverige har inom en driftstid stora mängder snö *någon* gång.

1. Snö kan förstöra anläggningar, tak och byggnader
2. Solceller kan påverka hur stora snölasterna blir och hur man kan hantera dem

*Men hur?*





## Hur har vi mätt?

- Tillvägagångssätt
  - Stege och försiktighet...
  - Rör, våg, spade, drönare
  - Övervakningskamera
  - Egna snömätningar och från SMHI samt modellerad SMHI-data
- Observationer från besök vid ett 30-tal takanläggningar mellan Jukkasjärvi och Borås.

# Observerad maxlast vs. byggnorm

- Mätning av maximal snölast under vintrarna 19/20 - 21/22 (varierande metod)
- Äldre normer inte alltid tillräckliga
- Medel inom rimligt spann, krävs säkerhetsmarginal!
- Byggnader i norr snöröjs ofta, men hur gör man det med moduler på taket?

**Slutsats:** Äldre byggnader med solceller kan ibland kraftigt överskrida de byggnormer som gällde när de byggdes! Dock gäller detta även utan solceller...

Nuvarande normer är bättre.

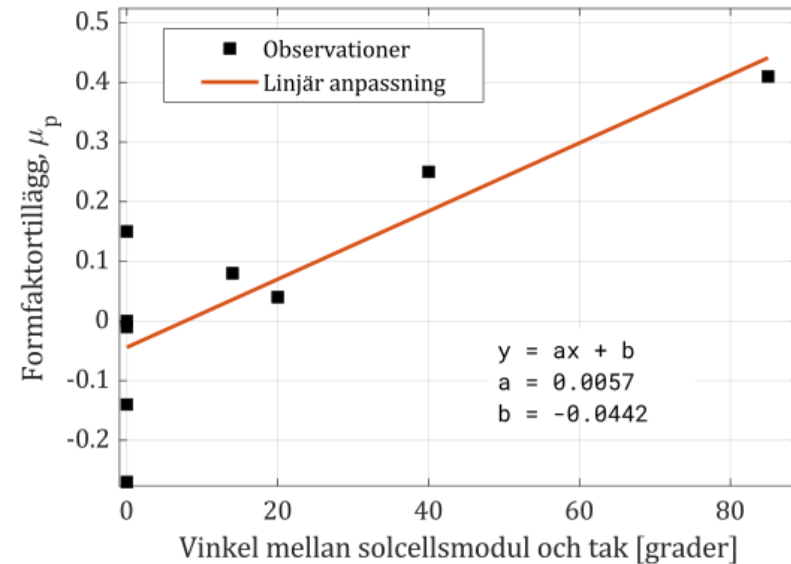
Id.	Snözon [kN/m <sup>2</sup> ]	Byggår	Snölast [kN/m <sup>2</sup> ]	Diff. Dim [%]	Diff. EKS11 [%]
Luleå 1	3	1995	1,45	-51	-52
Luleå 2	3	2008	2,32	-3	-9
Piteå 1*	3	1989–2003	2,06	3	-29
Piteå 2	3	2017	2,58	1	1
Piteå 3	3	2014	0,83	-65	-73
Piteå 4*	3	40-tal	1,46	4	-39
Umeå 1	3	efter 2006	1,24	-59	-59
Umeå 2	3	2014	2,58	8	-21
Umeå 3	3	1959	1,57	5	-35
Umeå 4a	3	2000	3,85	28	24
Umeå 4b	3	1971	2,47	70	-3
Östersund 1	2,5	Okänt	1,81	-	-17

\* Dimensionerande snölast vid uppförande av byggnaden är svårbedömd.

# Extra snölast med upplutade moduler!

Tydlig trend:

- Ju mer upplutade modulerna är från taket, desto mer snö samlas på taken.
- Omräknat till takets formfaktor för snölast ser det ut enligt figur ->



## Besök i Västerbotten med mycket snö



- På baksidan ser det inte så farligt ut kanske - fint väder också.
- Öppet odlingslandskap, hård vind och kraftigt snöfall februari 2021.



## Framsidan

- Ca två meter snö på modulerna
- Vindtransporterad snö med relativt hög densitet.  $\sim 3,5 \text{ kN/m}^2$
- Gammalt hus
- Huset (med kontor i) måste snöröjas!

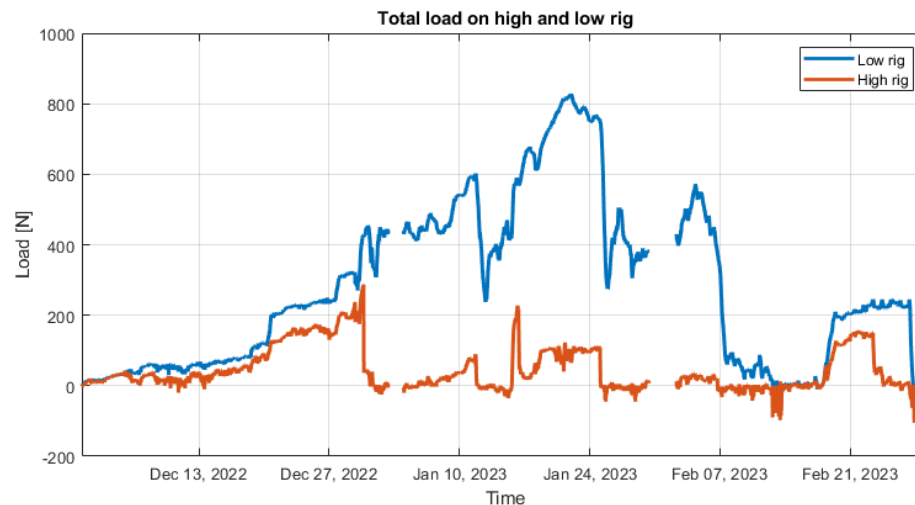
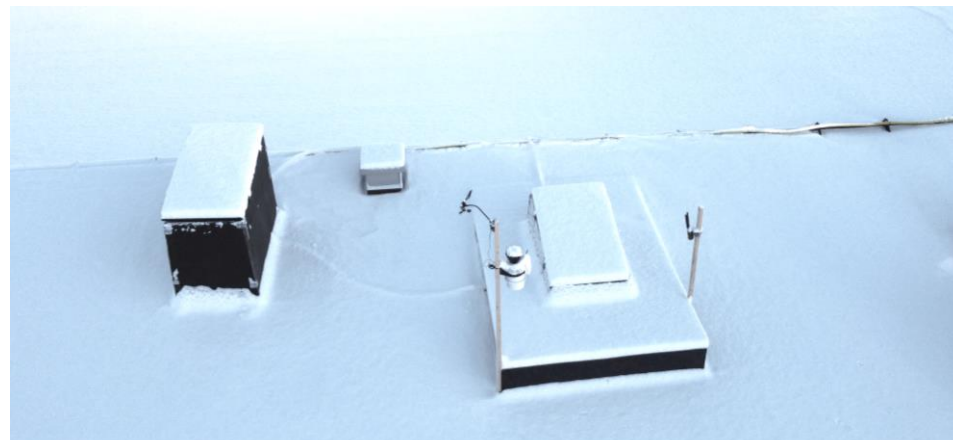
# Snölaster på moduler i verkliga förhållanden

Verklig last skiljer sig från standardiserade tester (inomhustemp, homogen last etc). Två fall:

1. Hög rigg (vänster) motsvarar upphöjt på tak eller vanlig markanläggning
2. Låg rigg (höger) motsvarar del av upplutad anläggning på låglutande tak eller nedersta raden i en villataksanläggning.

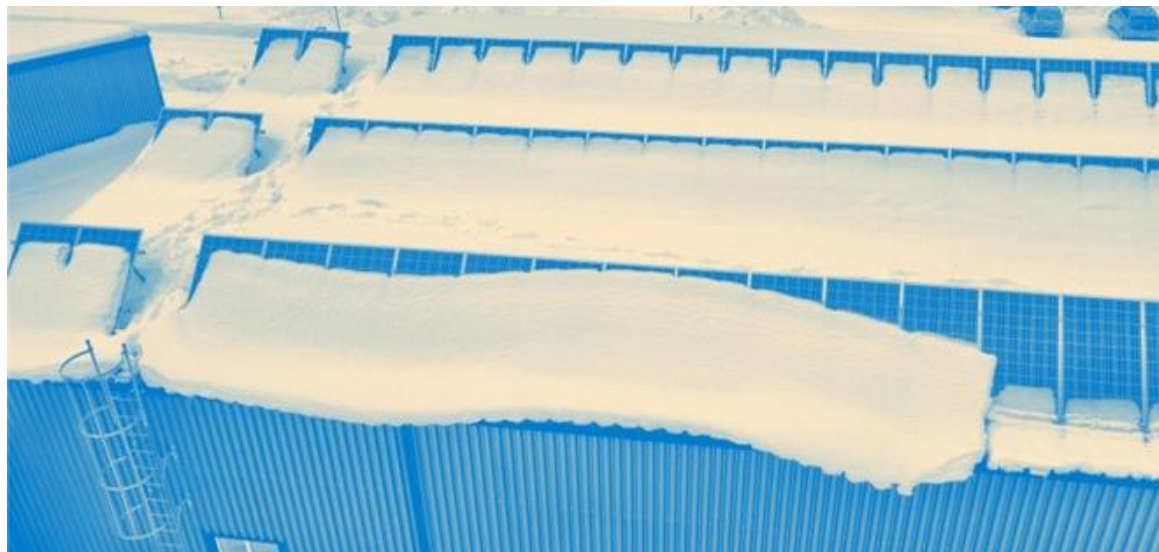
Svårt att mäta detta och få stabila data över lång tid.

- Hög rigg samlar mindre snö vid "vanligt snöfall" (slut dec)
- Snön glider inte av den låga riggen under säsongen som den gör för den höga, men även höga riggen kan ha partiell avglidning (mitten jan)
- Högre laster under längre sammanhängande tid för låg rigg
- Som mest ca 10 mm nedböjning i mitten av en den låga panelen, 5 mm på den höga.



# Kombination av snölaster på tak och moduler

- Upplutade montage utan upphöjning:
  - Mer snö samlas på tak
  - Snön har svårare att glida av
  - Större laster i nederdelen av moduler
- Gamla byggnader kan vara lågt dimensionerade
- Takparallella system kan samla *mindre* snö, men osäkert på grund av vind och omgivning!
- Komplexa tak är svåra att förutse snölasterna för då det varierar mycket på taket.
- **Planera för snöröjning om taket kräver det!**



**Liten varning:** Äldre byggnader, upplutade moduler eller kombinationen av dem kan utgöra en risk om man inte noggrant undersöker byggnadens konstruktion.

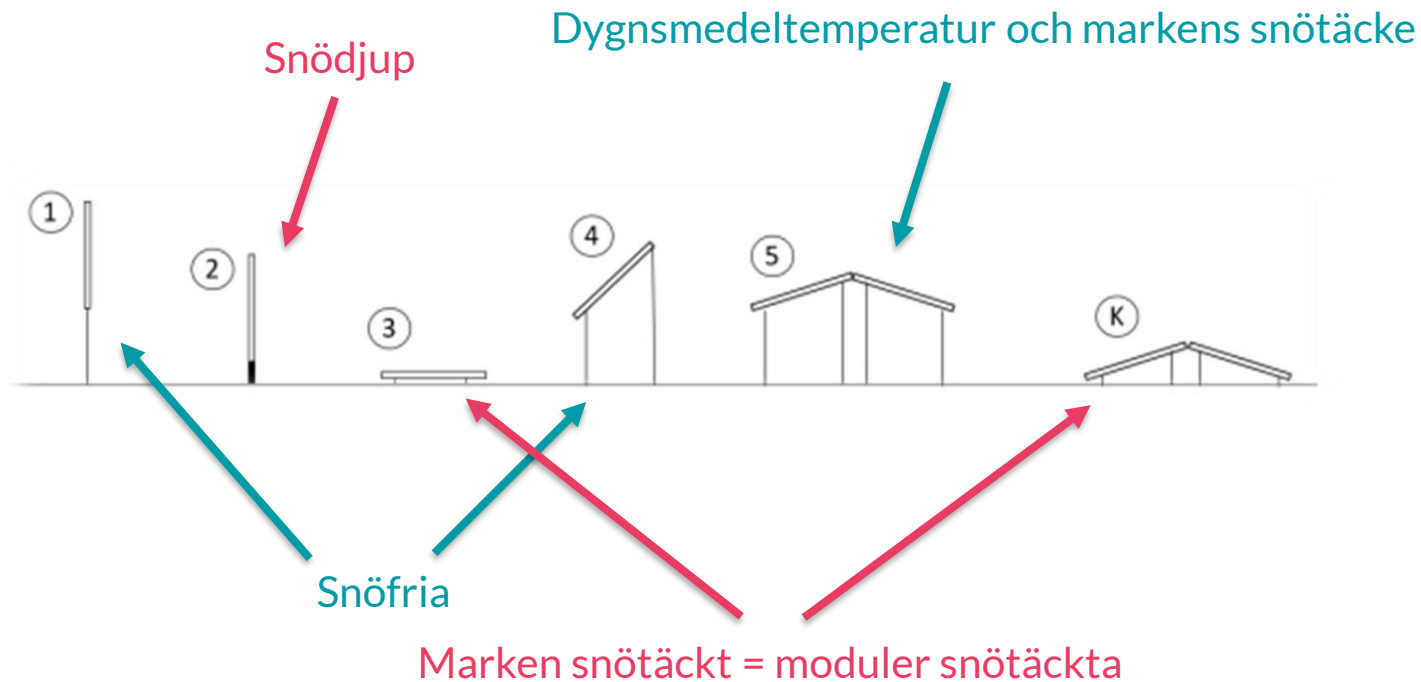


# Vad då stora snöskuggningsförluster?



**Lindbäcks Bygg (Haraholmen, Piteå)**

# Undersökta utformningar



# Simulerade vindlaster

→ Dragkraft (FD)  
 ↑ Lyftkraft (FL)

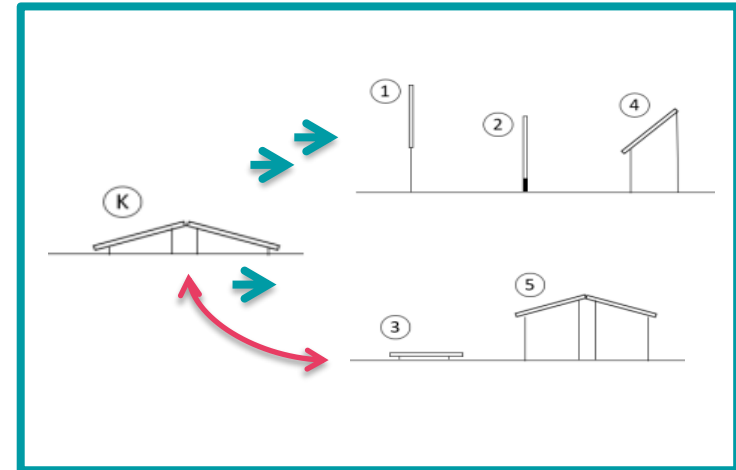
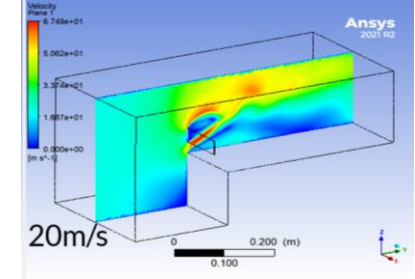
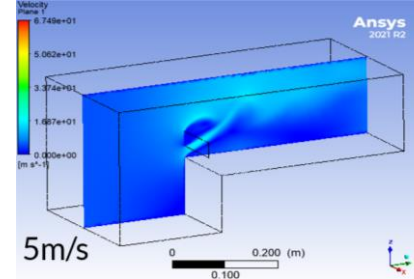


Koncept	1	2	3	4	5	K
$F_D$ [N/m <sup>2</sup> ]*	1516	1427	1	831	0/-62**	155/-164**
$F_L$ [N/m <sup>2</sup> ]*	-2	-4	-974	-826	52/-413**	-859/-933**

\*Modultryck vid inloppshastighet på 20 m/s

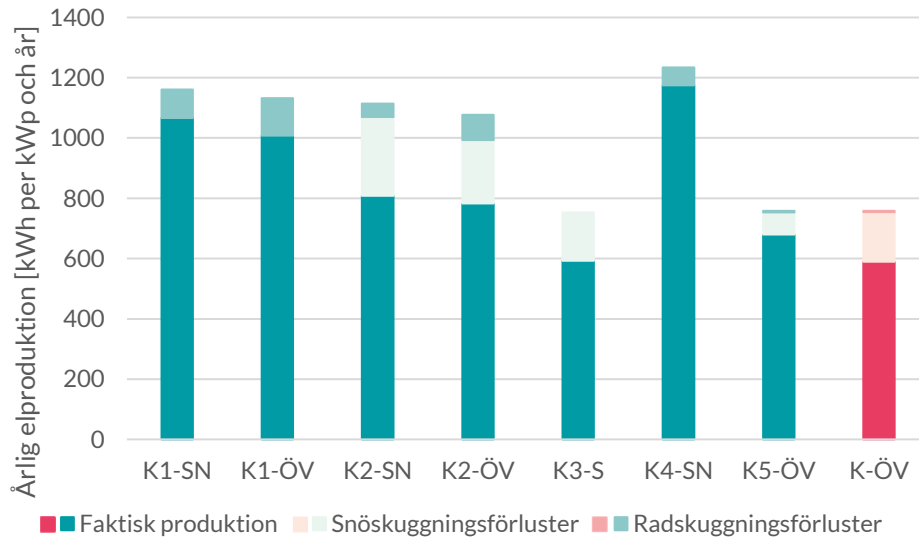
\*\*Främre/bakre modulen

- Uppvinklade och vertikala system -> mycket större draglaster.
- Inte några stora lyftkrafter för upphöjda system

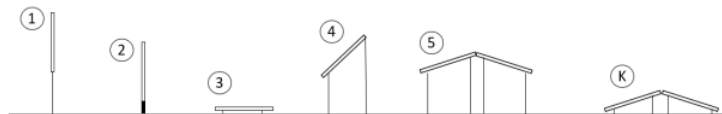
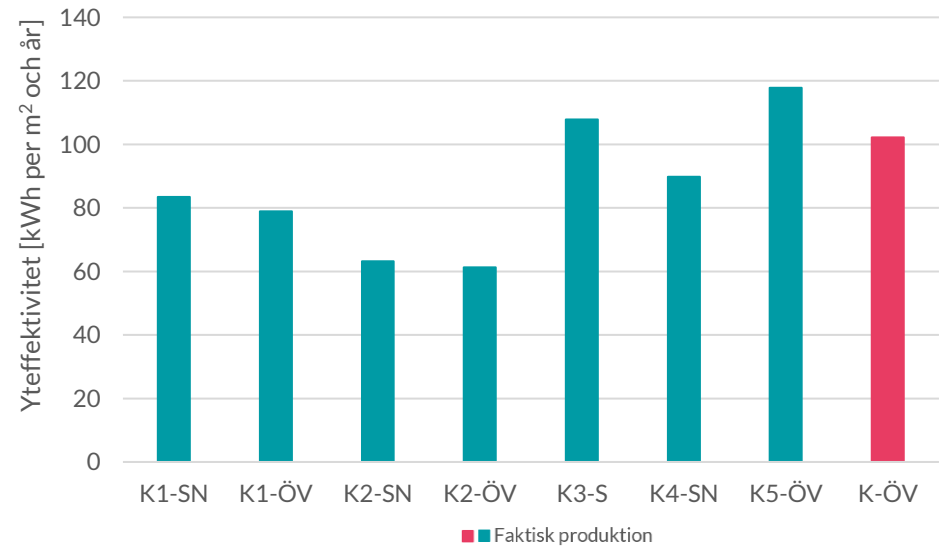


# Simulerad årsproduktion (Luleå)

Årlig produktion – kWh per kWp och år



Yteffektivitet – kWh per kvm och år



# Tre snöröjningsspår

- Mekanisk snöröjning av solcellsmoduler
  - Takraka
  - Takhyvel med hjul och glidmatta
  - Borstar
- Elektrisk uppvärmning av modulen
- Snö och isavstötande ytbeläggningar





## Testsite i Piteå

- Låg lutning (14°)
- Test pågick under 3 vintrar från 2019
- 5 modulgrupper
  - 4 med snöborttagningsmetoder
  - 1 kontrollgrupp
  - Alla moduler oinkopplade
- Snölastzon, 3 kPa
  - De flesta modulerna klassade för 5,4 kPa snölast enligt IEC 61215

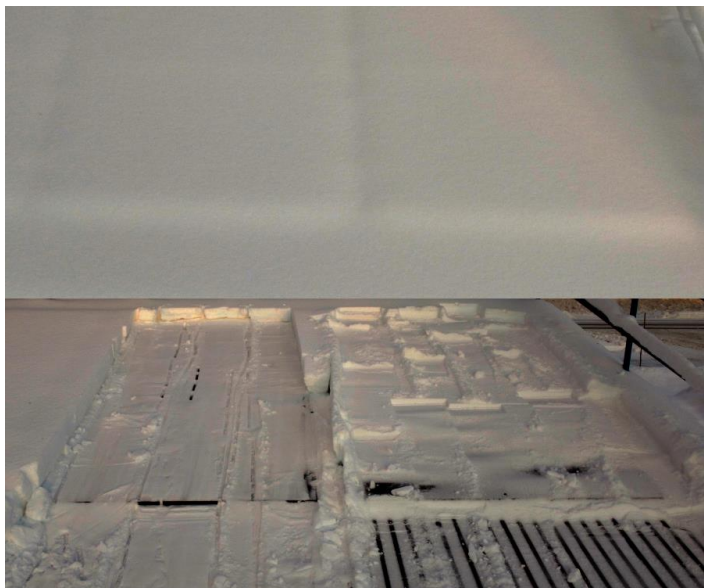
*Med fel metoder spelar inte snölastklassningen någon roll...*

## Takraka och hyvel

Hur bra beror på snötyp

Hyveln generellt bättre (utom vid tung blöt snö)

Innebär risk för paneler



## Elektrisk uppvärmning

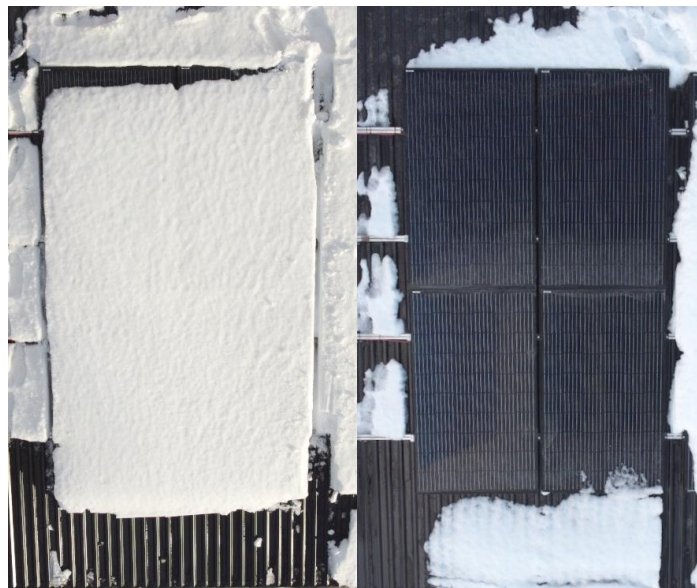
Kan smälta snön

Snön hänger fast i strukturer

Krävde friläggning för att snötäcket skulle glida

Dyr och komplicerad installation

Vatten lika tungt som snö...



# Snö och isavvisande ytbeläggningar då?



Kommersiella ytbeläggningar funkar inte så bra...

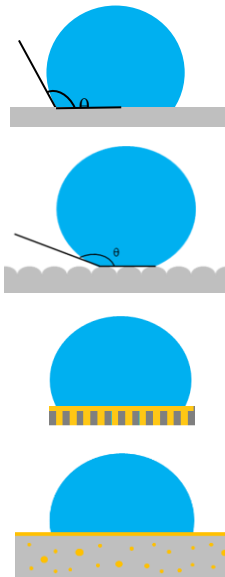
Nyutveckling och test av flera olika lovande koncept!

Speciella krav för solceller:

1. Genomskinlighet
2. Tålighet
3. Mycket låg snö och isvidhäftning!

Mycket lovande resultat i lab!

Beläggning	T <sub>sw</sub> (%)	Kontaktvinkel (°)
Glas	89,7	ca. 10
Hydrofob (slät)	93,9	105 ± 1
Superhydrofob (grov)	90,9	160 ± 2
SLIPS (med smörjmedel)	91,9	105 ± 2
Elastomer (med smörjmedel)	90,2	106 ± 1





# Fälttest av nyutvecklade beläggningar

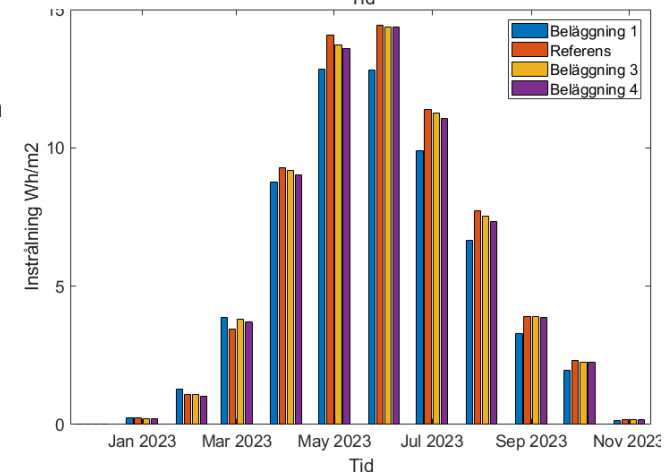
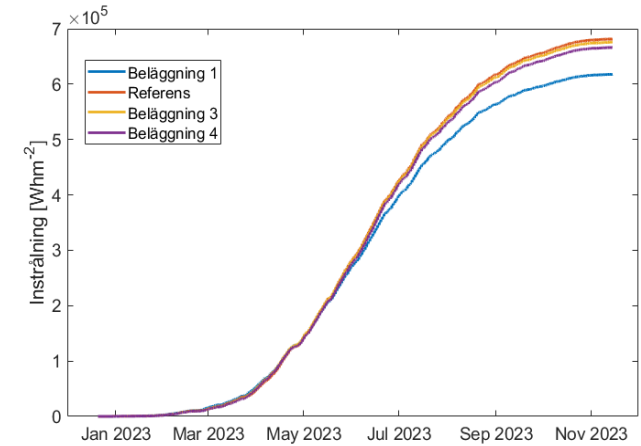


- Test i Umeå av mindre prover
- Snösäsong dec-apr, max snödjup 22/23 var 85 cm. Temp-spänn ca 60° C
- Test av nio beläggningar med vinkel 0°, 10°, and 25°
- Jämförelse av hur mycket ljus de släpper igenom
- Stor skillnad mellan labb och verkliga förhållanden!
- Genomsnittlighet är HELT avgörande! Även någon enstaka procent ger utslag på årsproduktion. Utgå från AR-egenskaper.



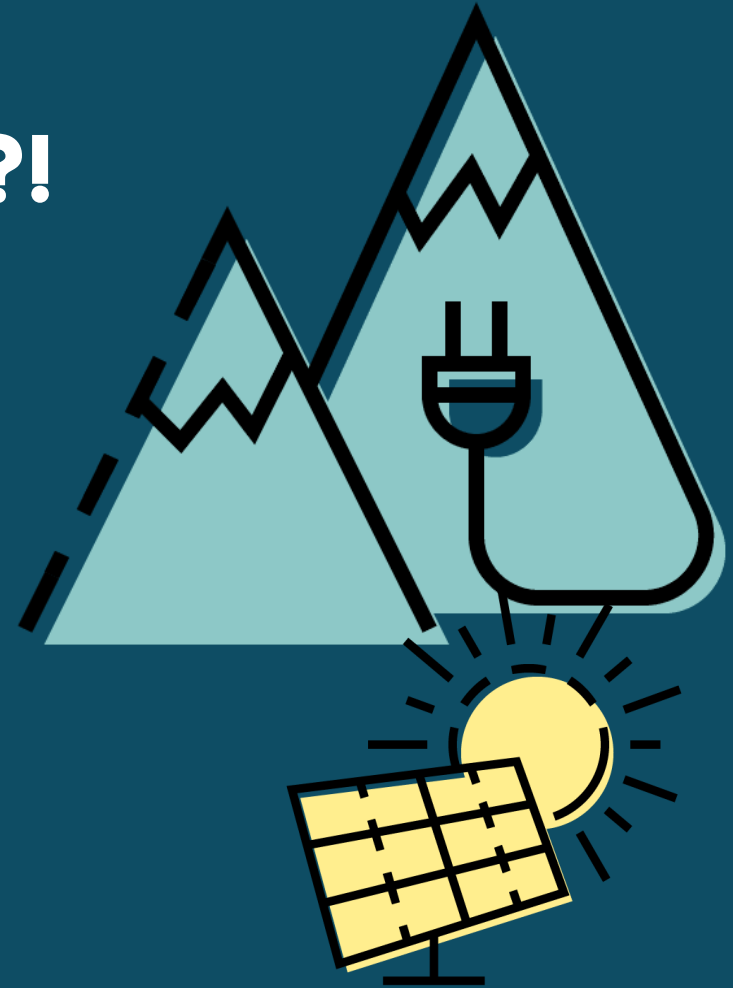
Svårt att göra beläggningar som funkar i ett verkligt klimat!

Coating	Årlig avvikelse
Beläggning 1	-9,3 %
Beläggning 3	-0,8 %
Beläggning 4	-2,2 %



# Solel i norr, är det möjligt?!

- Läget då, nu och sen?
- Förutsättningar som behöver hanteras
- Vad vill vi undersöka framåt?
  
- Goda förutsättningar för solkraft i norr
- Kräver noggrannhet och ödmjukhet



# Tack!

Till finansiärer, kollegor, anläggningsägare, installatörer och alla andra som berikat och möjliggjort våra studier.

Alexander Granlund [alexander.granlund@ri.se](mailto:alexander.granlund@ri.se)

Mattias Lindh [mattias.lindh@ri.se](mailto:mattias.lindh@ri.se)



EUROPEISKA  
UNIONEN  
Europeiska  
regionala  
utvecklingsfonden



Piteå kommun



REGION  
NORRBOTTEN



PITEÅ  
SCIENCE  
PARK



RI.  
SE