

SR Energy

SR Energy

Agenda

- SR Energy
- Grundläggande teori om vindkraft
- Ett vindkraftverk – ekonomi, teknik och komponenter
- Stödtjänster och nätkoder
- Ljud och skuggor
- Vindpark Gotland

- Anders Rylin, SR Energy, 0704855392
- Andreas Björkqvist, Windeye, 0709205857



Vi möter framtidens
energibehov

SR Energy är ett grönt energibolag. Vi investerar långsiktigt i förnybar energi för att säkra en hållbar framtid.



SR Energy

Vi tar ansvar hela vägen

SR Energy projekterar, bygger och förvaltar effektiva vindparker för ett långsiktigt ägande



SR Energy

Våra värderingar – långsiktighet, effektivitet och omtanke – har väglett oss sedan starten



SR Energy

Svensk vindkraft gör skillnad

Förnybar energi bidrar till industrins konkurrenskraft och trygghet för Sverige

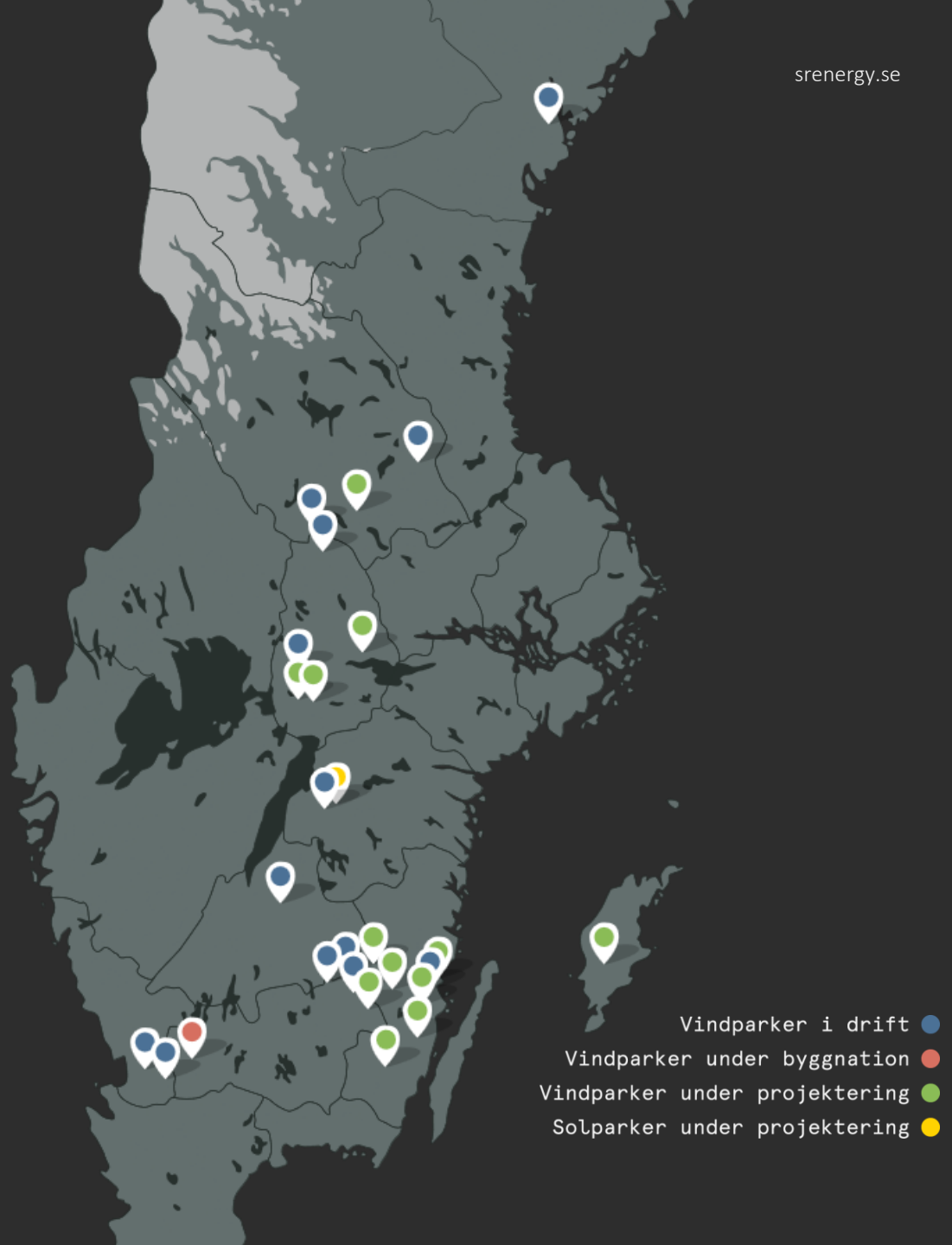


SR Energy

srenergy.se

SR Energy är Sveriges största vindkraftsproducent

Vi fokuserar på södra Sverige, där behovet av energi är som störst



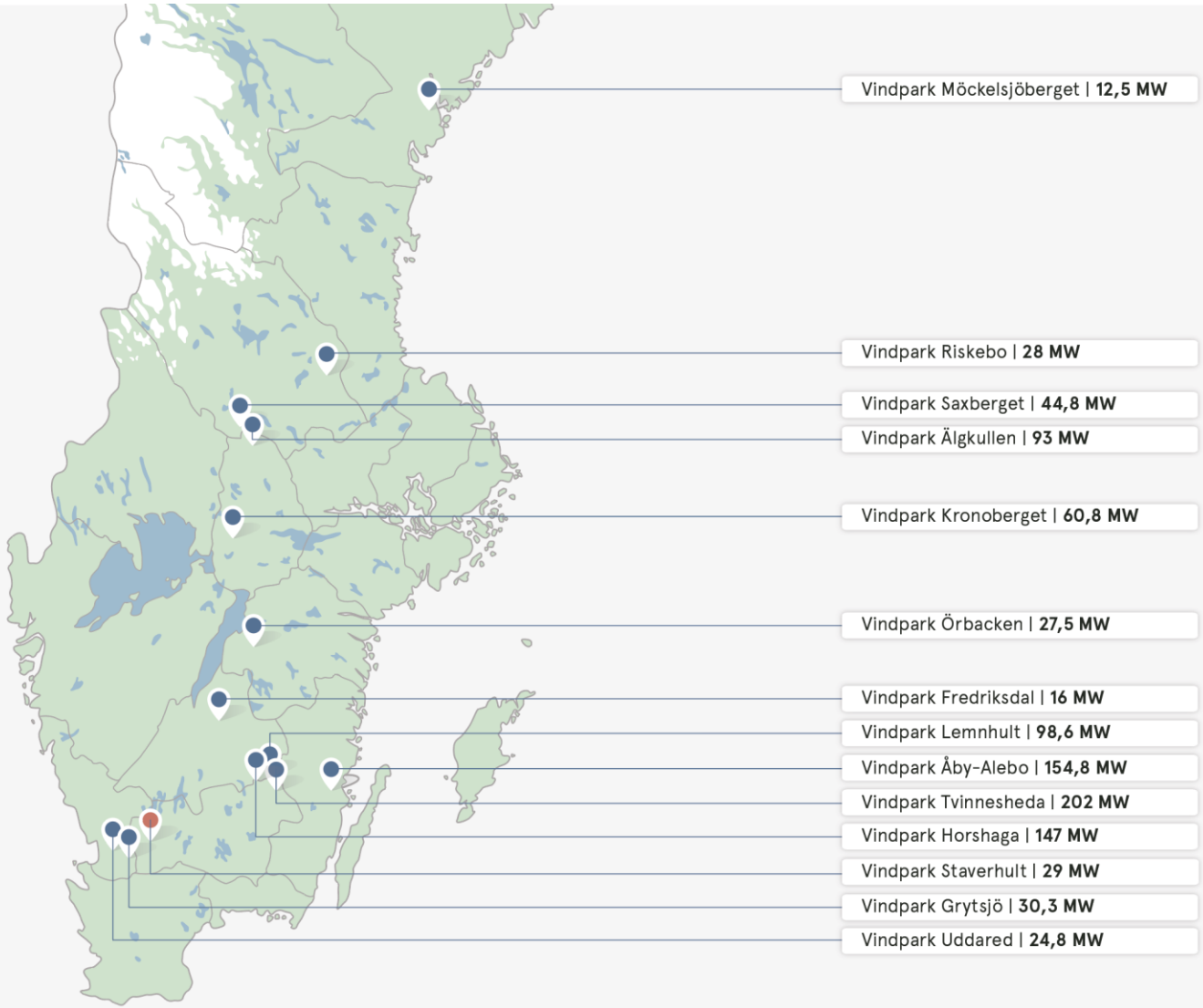
Långsiktigt ägande:

AMF KLP alecta Stena Adactum

Vindparker i drift och under byggnation

Vindparker i drift
Vindparker under byggnation

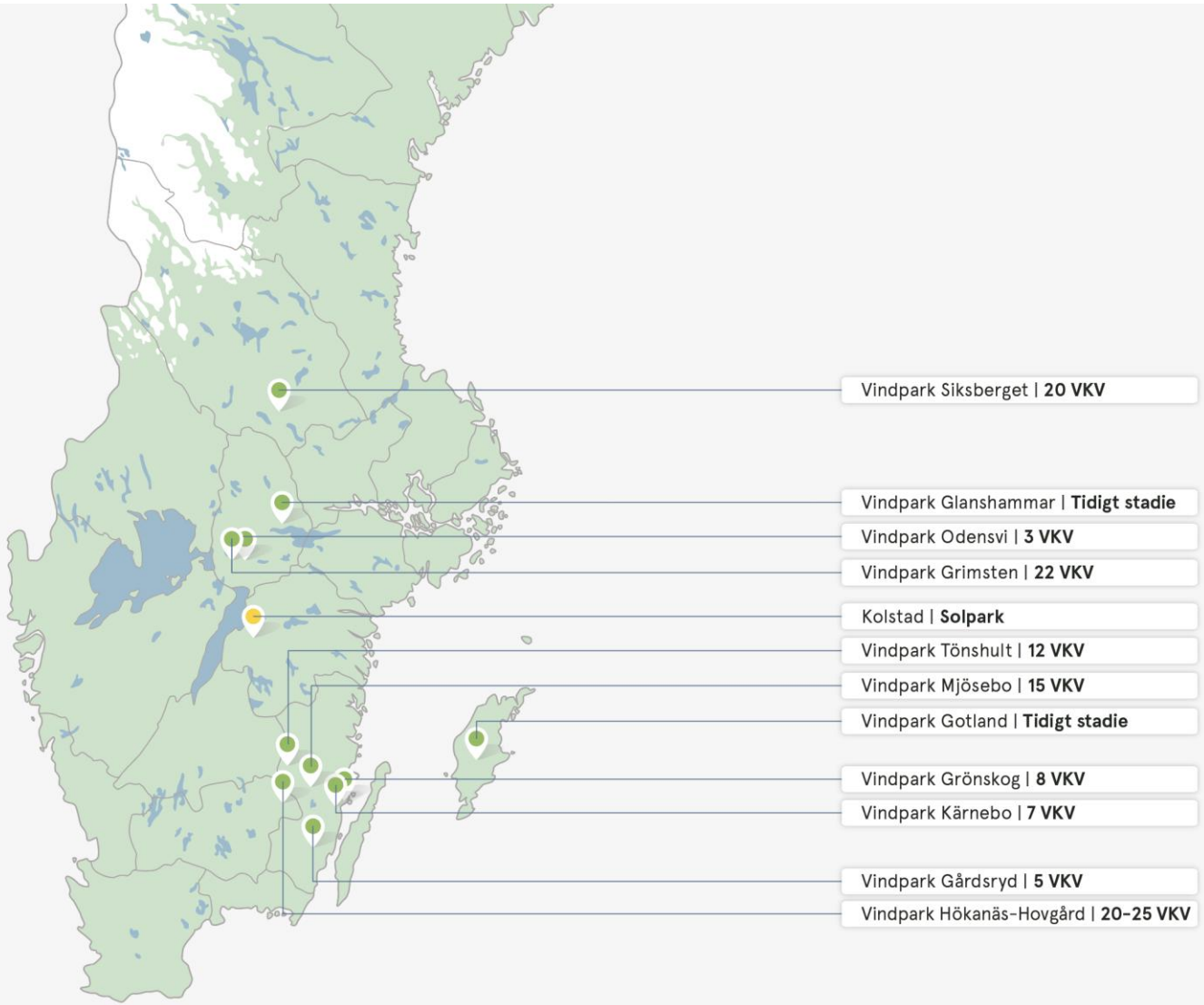
14 Vindparker i drift/byggnation
969 MW installerad kapacitet
32 anställda
SEK 12,5 MDR investerat



Vindparker och solparker under projektering

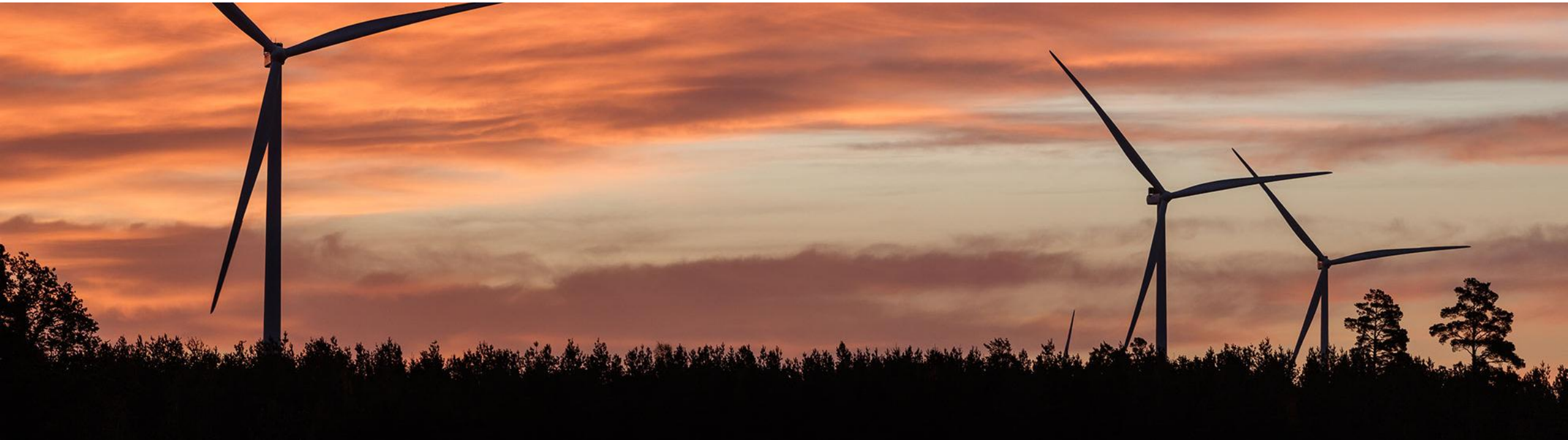
Vindparker under projektering
Solparker under projektering

12 Vindparker under utveckling
1 solpark under utveckling
Cirka 1 300 MW kapacitet



Agenda

Grundläggande teori om vindkraft



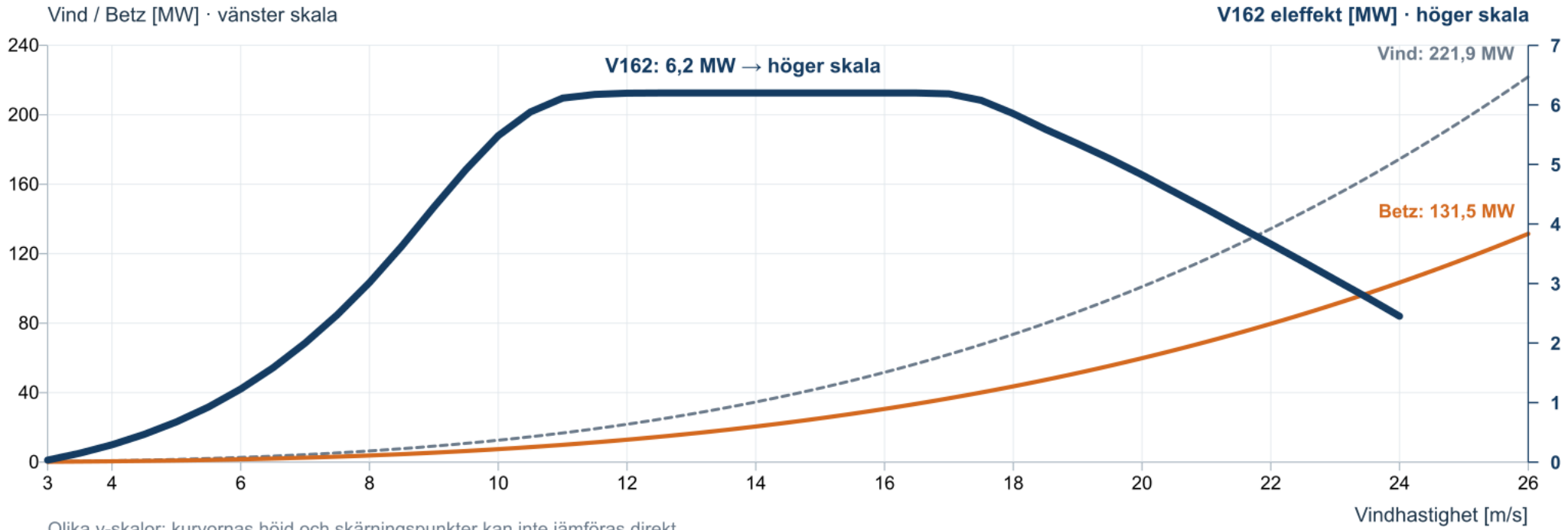
V162 jämförd med Betzgränsen

Driftläge PO6200/PO6200-0S | D = 162 m | A = 20 612 m² | Luftdensitet 1,225 kg/m³

Vindens effekt = ½ × luftdensitet × rotorarea × vindhastighet³

Betzgräns = 16/27 av vindens effekt = 59,3 %

A Effekt i vinden, Betzgräns och elektrisk effekt

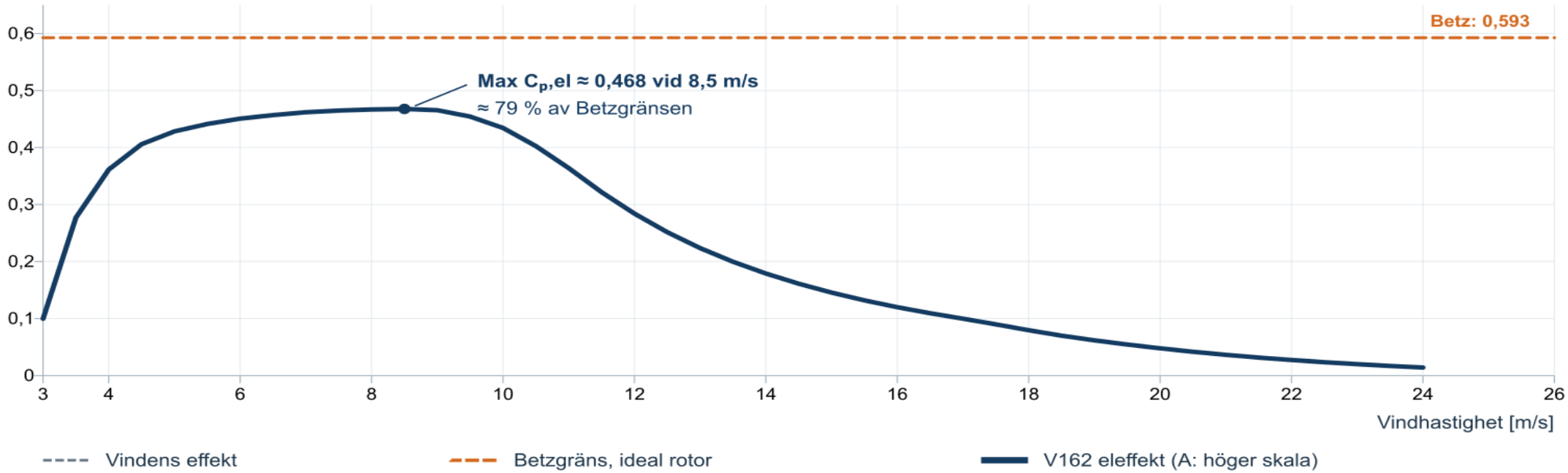


Olika y-skalor: kurvornas höjd och skärningspunkter kan inte jämföras direkt.

Vid 10 m/s: Betzgräns 7,48 MW (vänster) och V162 eleffekt 5,48 MW (höger).

B Andel av vindens effekt som blir elektrisk effekt

C_p,el = elektrisk effekt / vindens effekt [-]

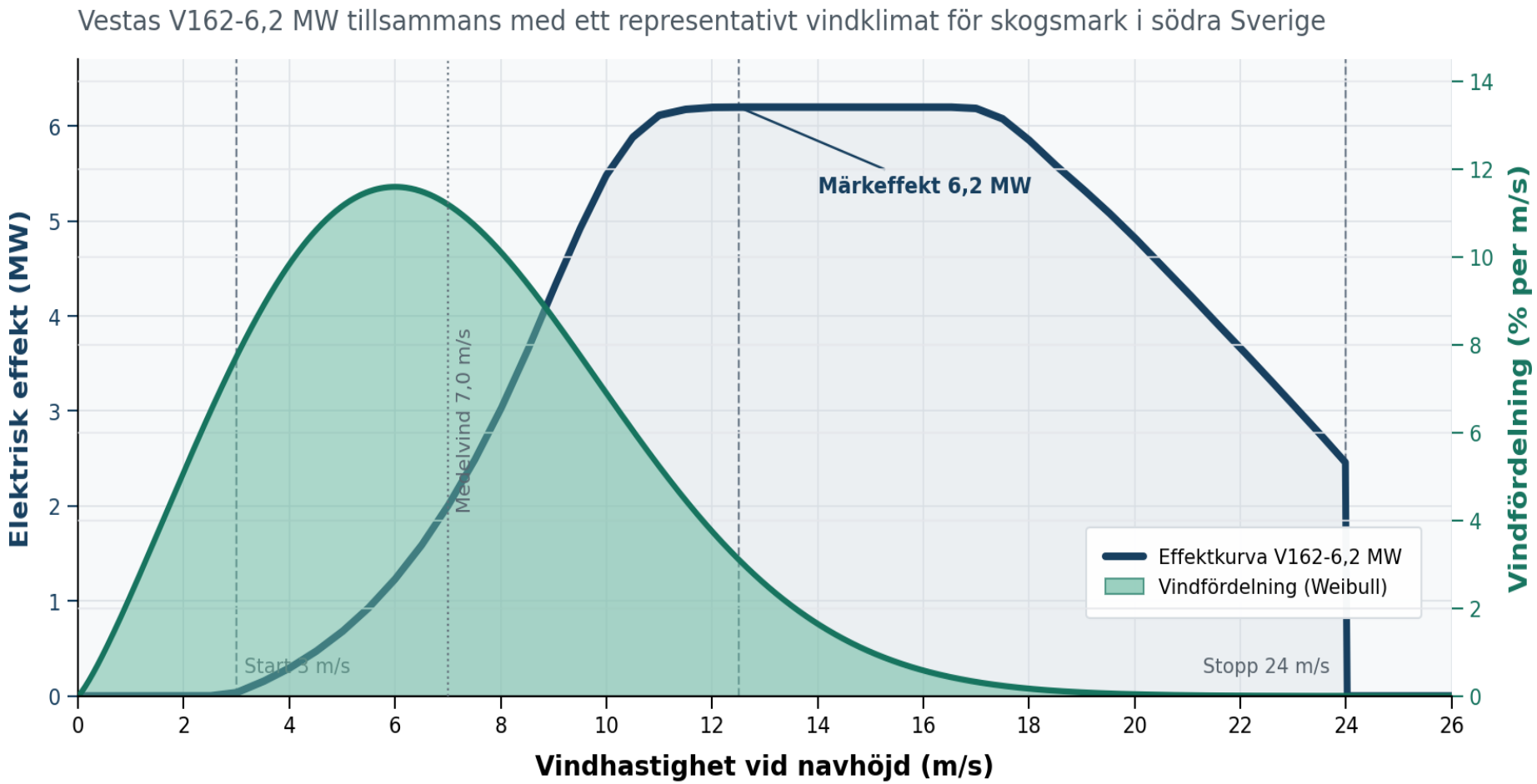


Betzgränsen gäller aerodynamisk rotoreffekt. C_p,el inkluderar även mekaniska och elektriska förluster.
Ct är en dragkraftskoefficient och är inte samma storhet som C_p. Ct används inte i denna beräkning.

Data: användarens effekttabell. Rotordiameter: Vestas V162. Betzgräns: U.S. Department of Energy.

Axlar: 3–26 m/s. Verkets tabellkurvor slutar vid 24 m/s; inga värden har extrapolerats.

Effektkurva och vindfördelning

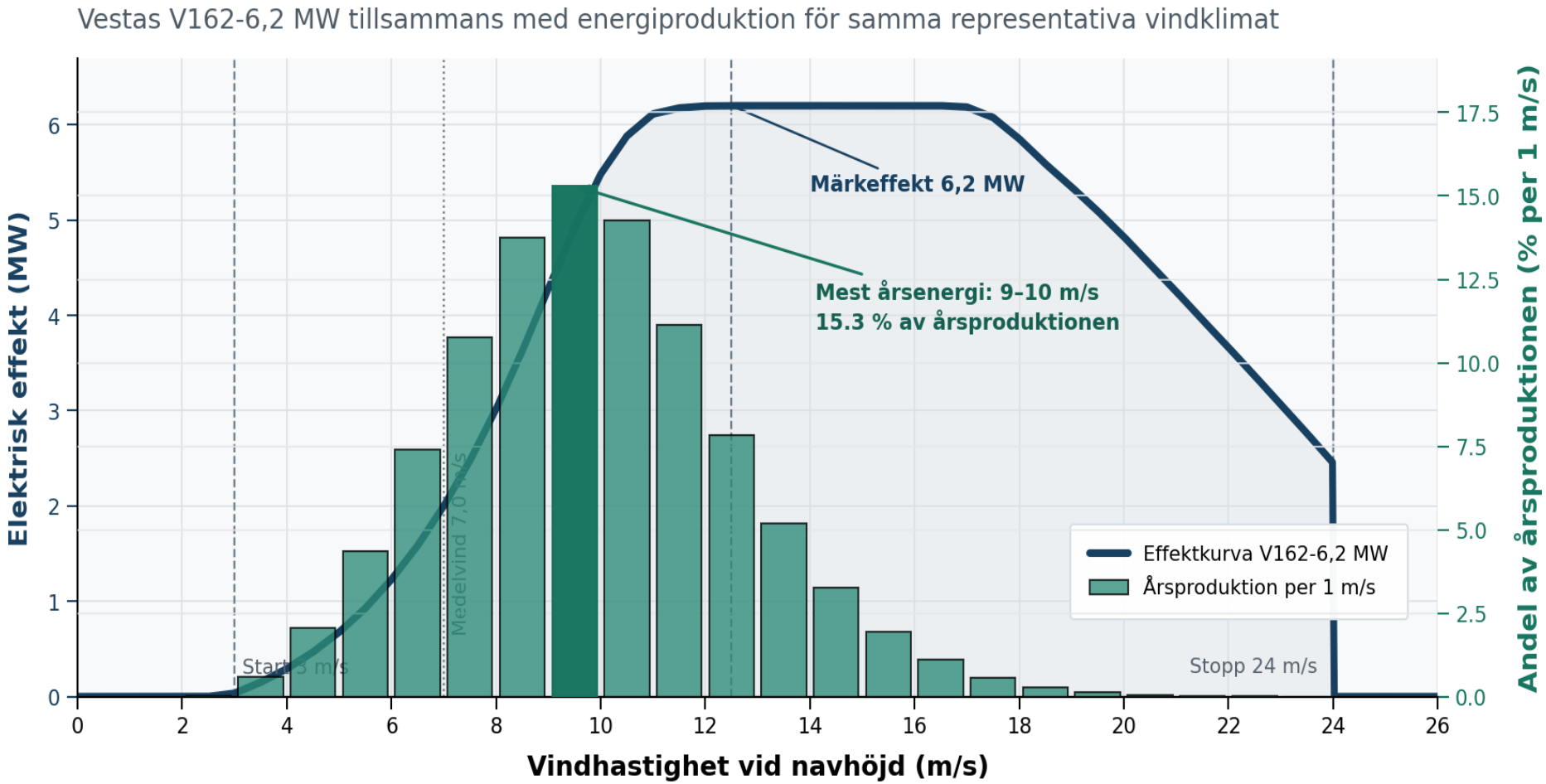


Normal nyttjandegrad/ kapacitetsfaktor ~25-40% (av Max 8760 h/år)

Typiskt vindprojekt i Sverige 6,5-7,5 m/s i medel

Vindklimat: Weibull k = 2,2 och årsmedelvind 7,0 m/s vid navhöjd. Effektkurva: PO6200, luftdensitet 1,225 kg/m³. Illustrativ figur, inte projektspecifik energiberäkning.

Effektkurva, produktion och livslängd



Mest produktion ~ totalt vid runt 10m/s

Effektkurvan når maxeffekt ca 12-14 m/s

Mycket laster över 18 m/s

Livstidsoptimering kan vara att begränsa stoppvinden och istället få längre livslängd – från 25 år till ca 35 år

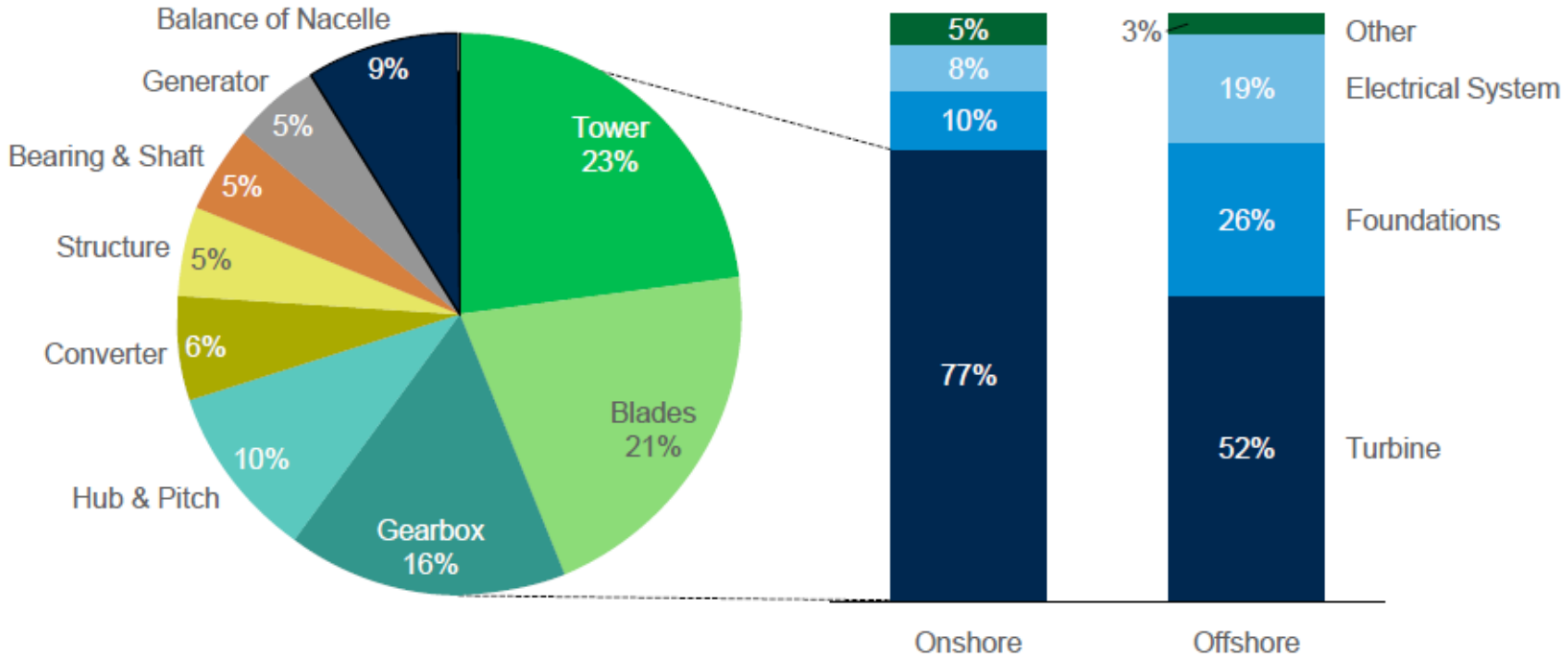
Vindklimat: Weibull k = 2,2 och årsmedelvind 7,0 m/s vid navhöjd. Effektkurva: PO6200, luftdensitet 1,225 kg/m³. Illustrativ figur utan projektförluster.

Agenda

Ett vindkraftverk – ekonomi, teknik och komponenter



Kostnadsfördelning av ett projekt och ett vindkraftverk



Source: MAKE
Note: Baseline Turbine: 2-2.5MW, 90-110m rotor glass blades, DFIG electrical system, 80m steel tubular tower
Onshore wind plant: 100MW, flat terrain, 33 kV interarray, 220 kV collector. Wind turbine = 2.0MW, 80m towers
Offshore wind plant: 396MW, 50m depth, 30km from shore, 33kV interarray, 2x 220 kV collector, 1 substation. Wind turbine = 6.0MW, quadrapod foundation

Fundament V162 HH 125

Gravitationsfundament V162 HH 125

Ca 750-1000 M³ Betong

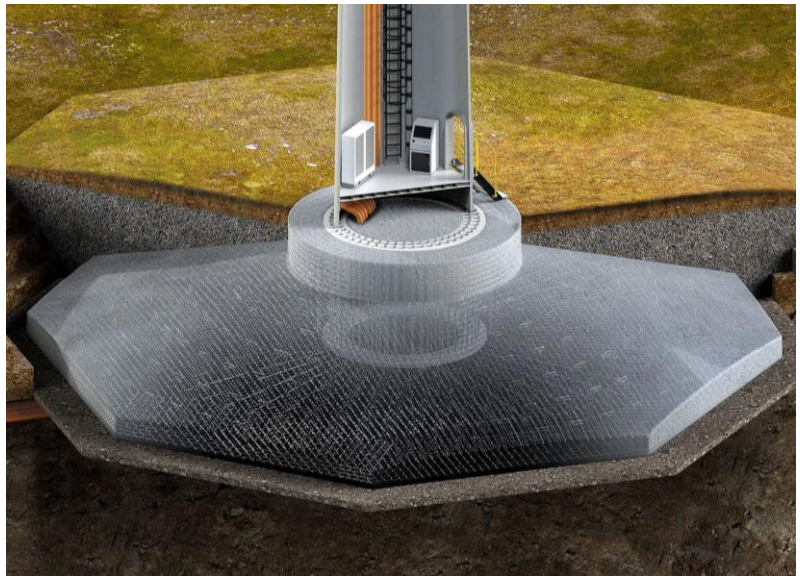
70-120 Ton armering

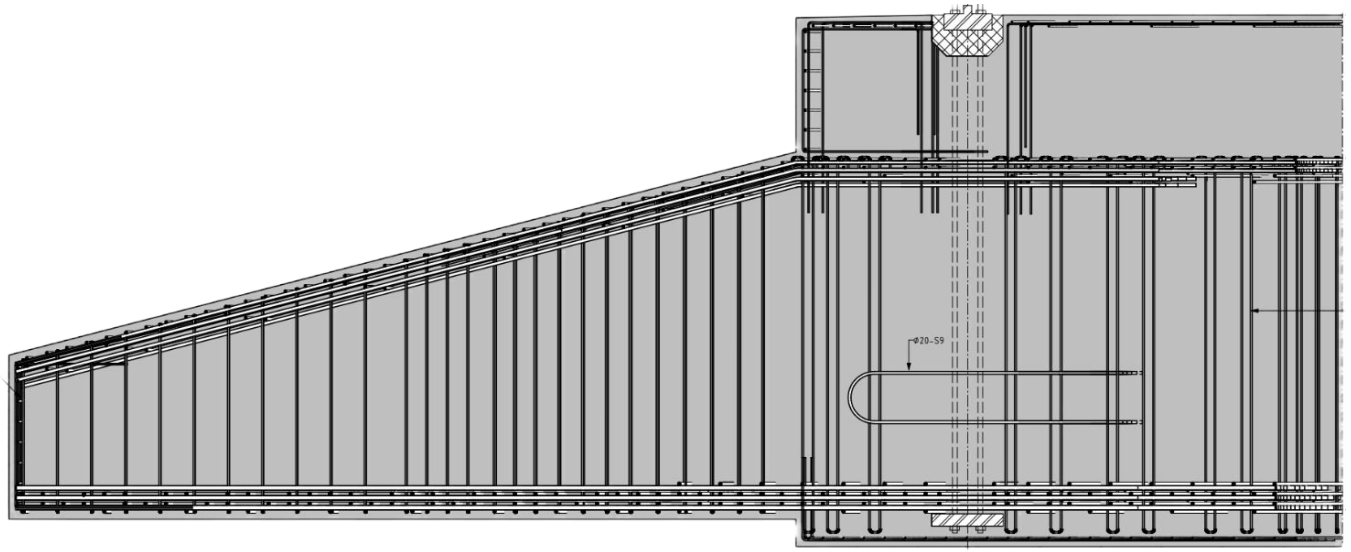
Bergsförankrat fundament

200-350 m³

20-40 Ton armering

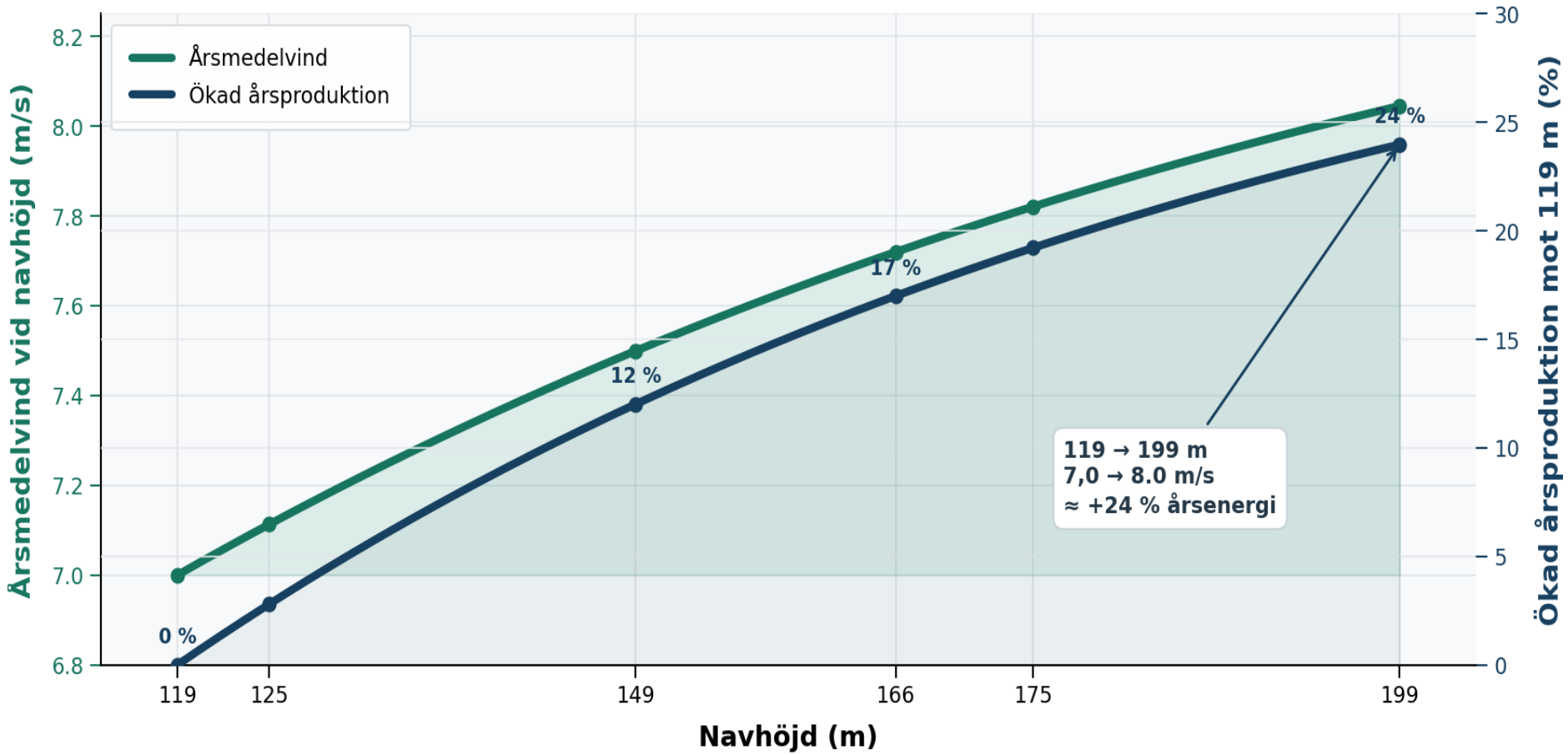
Tornet ställs på plats och undergjuts







Illustrativt exempel med Vestas V162-6,2 MW och avtagande vindskjuvning med höjden



Ökad navhöjd ger mer produktion

Tornet kostar typiskt ca ¼ vad ett vindkraftverk kostar

Men hur når vi högre navhöjder på ett effektivt sätt.

Antaganden: 7,0 m/s vid 119 m. Lokal vindskjuvning α avtar linjärt med höjd från 0,33 vid 119 m till 0,20 vid 199 m. Weibull k = 2,2. Brutto, utan projektförluster.

SR Energy

Tornkoncept

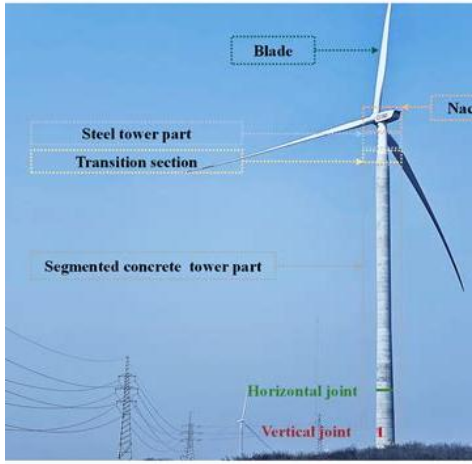
I Sverige har konventionella ståltorn dominerat marknaden, ibland med ”over-sized” bottensektioner.

Trätorn, fackverk, hybrid torn och andra koncept testats, eller fortsätts utvecklas kontinuerligt.



Högsta vindkraftverket i världen är 365 meter högt med 300 meters navhöjd och byggdes 2026 i Tyskland

Torn och navhöjd



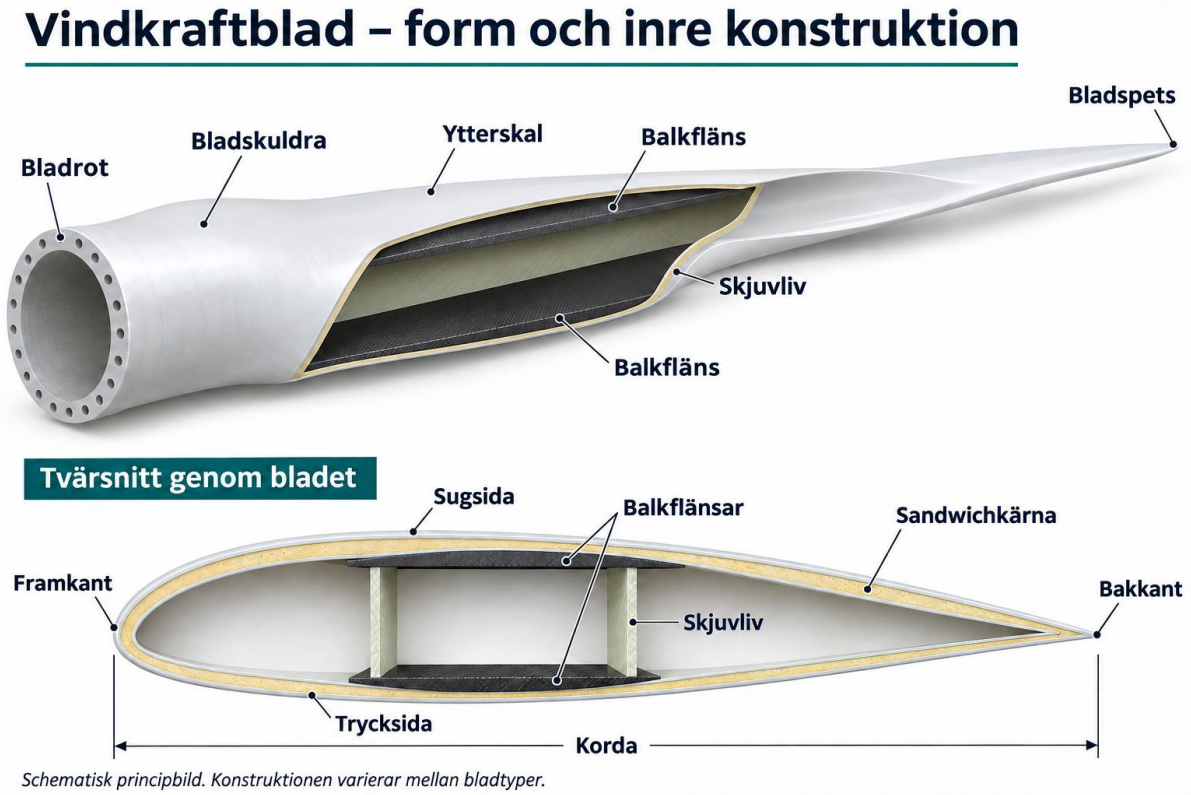








Rotorblad





Rotor	Exempel	Spetshastighet
Enbladig	Monopteros	Upp till 120 m/s ≈ 432 km/h
Tvåbladig	WES80, diameter 17,9 m och 60–120 rpm	56–112 m/s ≈ 202–405 km/h under drift
Trebladig, som jämförelse	Vestas V162–6,2 MW	81 m/s ≈ 291 km/h vid nominellt varvtal

https://vimeo.com/1003654637?fl=pl&fe=cm

Effekt/varvtalsreglering

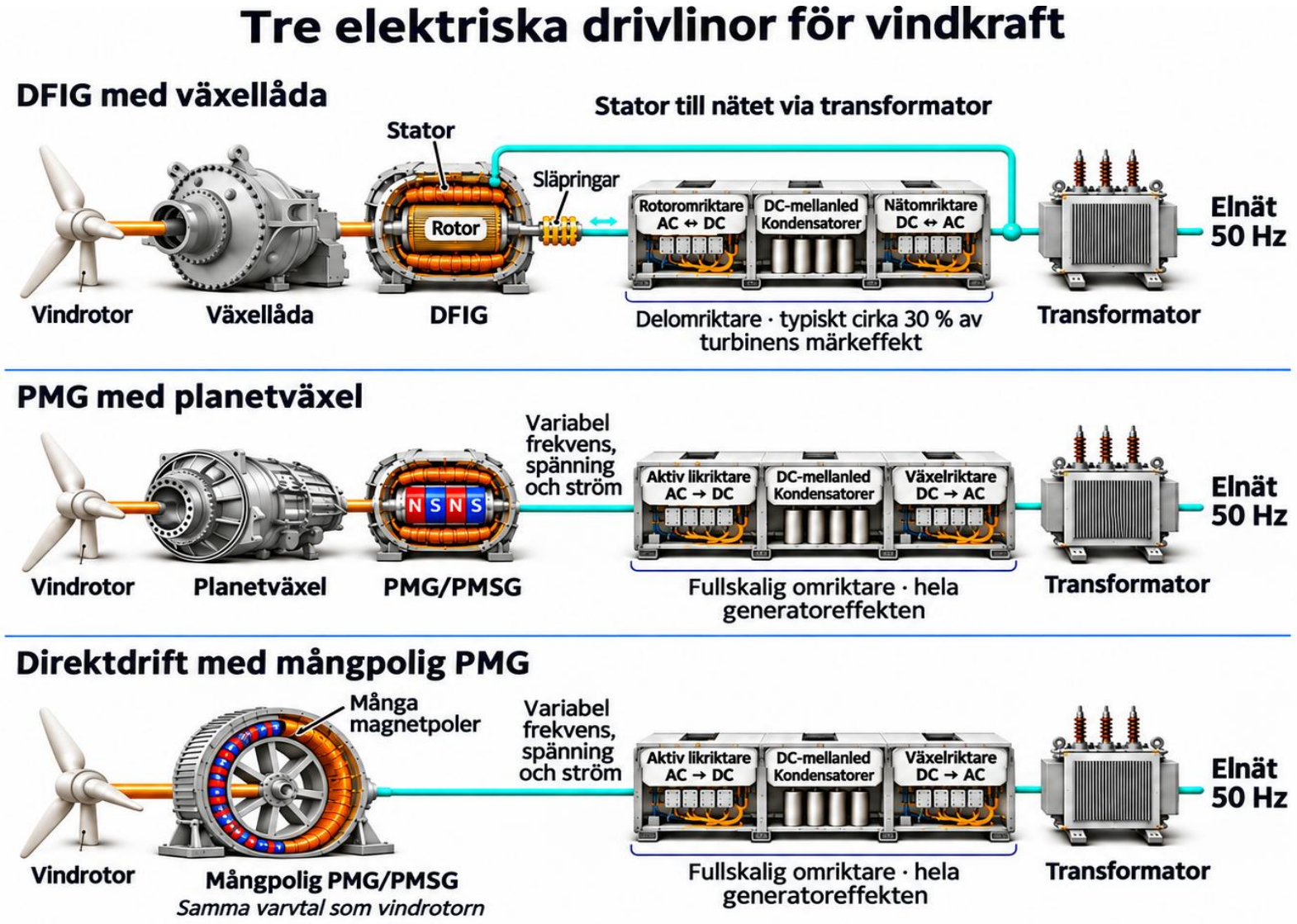
Driftområde	Varvtalsreglering via generatorn	Pitchreglering	Syfte
Under märkvindhastigheten	Omriktaren styr generatorns moment. Rotorvarvtalet får normalt öka med vinden.	Bladen hålls nära den vinkel som ger bäst energiupptag (Anfallsvinkel/Löptal).	Maximera energiutbytet.
Nära märkvindhastigheten	Regleringen begränsar varvtalet och samordnar generatorns moment med pitch.	Bladen börjar vridas när energiupptaget behöver begränsas.	Ge en jämn övergång till märkeffekt.
Över märkvindhastigheten	Generatorregleringen håller effekten eller momentet nära sitt börvärde.	Bladen vrids mot flöjling så att det aerodynamiska momentet minskar.	Hålla varvtal och effekt nära märkvärdena.
Vid stopp	Generatorns moment ingår i den samordnade stoppsekvensen.	Bladen vrids mot flöjlat läge för att minska drivmomentet och bromsa rotorn aerodynamiskt.	Stoppa verket kontrollerat.

Under dellast anpassas varvtalet för att hålla ett gynnsamt **löptal**, alltså förhållandet mellan bladspetsens hastighet och vindhastigheten.

- DFIG- Växellåda
- Kräver växellåda med stor utväxling normalt tre steg Ca 100:1
- Relativt standardiserad generator normalt 4 polig
- Variabelt varvtal i ett snävt intervall.
- Vanligt för maskiner 250 kW-3 MW
- Låg vikt
- Klarar normalt inte RFG

- PMG- växellåda
- Variabelt varvtal I ett stort interval
- Specialgenerator Ca 6-40 poler
- Kräver växellåda vanligt med två 2 Planetsteg Ca 40:1 (större utväxling vid färre generatorpolar)
- “Full scale converter”
- “Mellanväg”

- Direktdrift
- Saknar Växellåda
- Specialgenerator Ca 100 eller fler poler
- “Full scale converter”
- Hög vikt för generatorn
- Hög kostnad



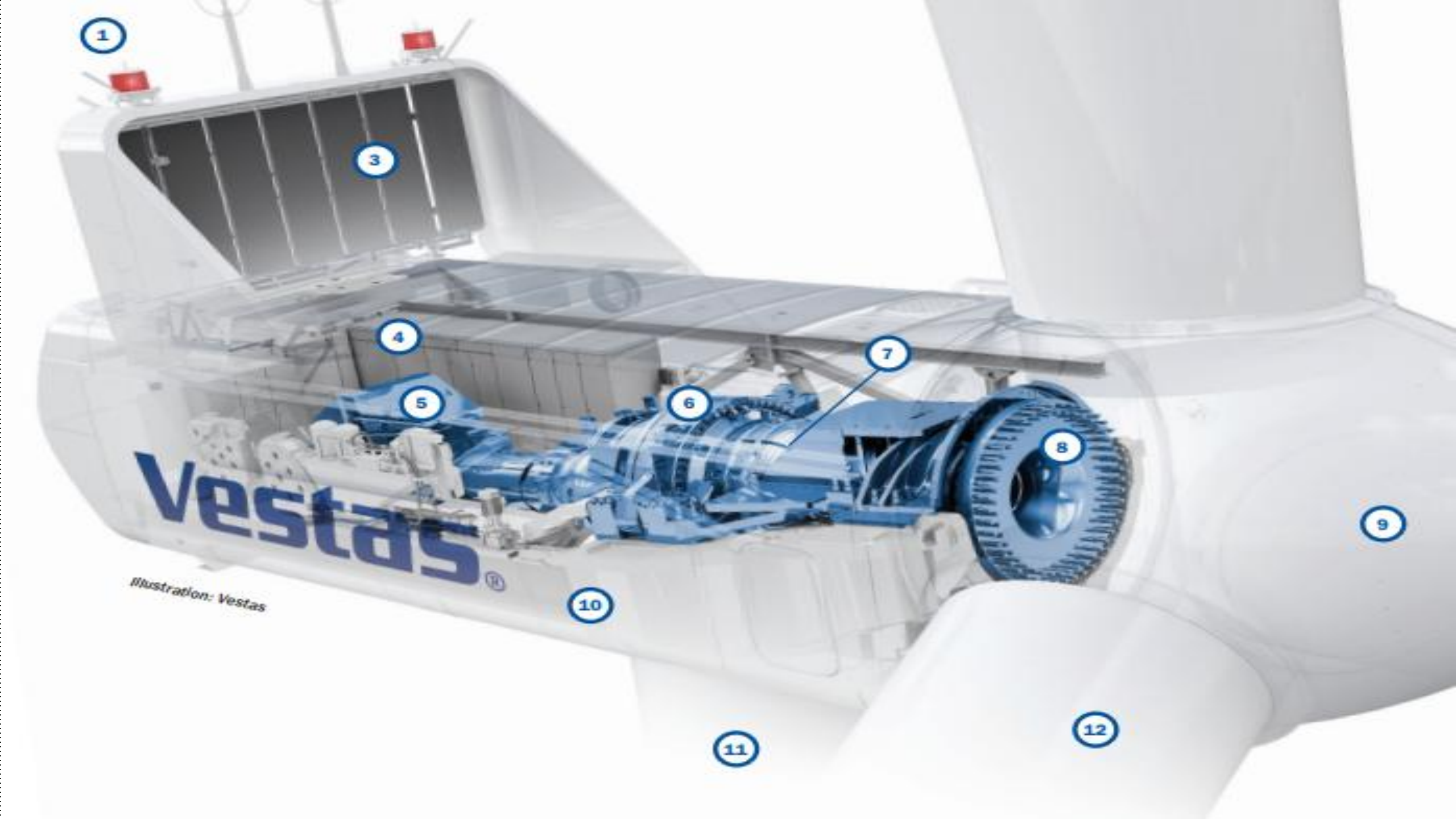


Illustration: Vestas

Agenda

Stödtjänster och Nätkoder



RfG-processen för vindkraft

Förenklad översikt från kravbild till verifierad drift

Steg	Aktivitet	Vad händer?	Resultat
1	Fastställ kraven	Ägaren och nätägaren går igenom typklass och anslutningskrav. Svenska kraftnät deltar i samrådet.	Fastställd kravbild med projektspecifika krav.
2	Redovisa teknisk förmåga	Ägaren lämnar tekniska data, skyddsinställningar, reglerfunktioner och simuleringsmodeller för granskning.	Tekniskt underlag för kravverifiering.
3	Spänningssätt	Nätägaren godkänner spänningssättning av det interna nätet och hjälpsystemen.	EON [1] Spänningssättning.
4	Börja provdrift	Granskat underlag och simuleringar ligger till grund för tillfällig drift och provning.	ION [2] Tillfällig produktion och provning.
5	Prova och verifiera	Ägaren provar funktionerna, jämför med modellerna och åtgärdar brister. Modellerna valideras. (nolmal tidsfrist 2 år)	Verifierad kravuppfyllnad och validerade modeller.
6	Slutligt godkännande	Nätägaren bedömer att den samlade redovisningen visar att tillämpliga krav är uppfyllda.	FON [3] Slutligt driftsmeddelande.
7	Upprätthåll förmågan	Ägaren behåller funktionerna, dokumenterar ändringar och verifierar förmågan vid behov.	Fortsatt kravuppfyllnad under driften.

[1] EON = Energisation Operational Notification. Driftsmeddelande om spänningssättning.

[2] ION = Interim Operational Notification. Tillfälligt driftsmeddelande för produktion och provning under begränsad tid.

[3] FON = Final Operational Notification. Slutligt driftsmeddelande efter verifierad kravuppfyllnad.

Ägaren visar kravuppfyllnaden. Nätägaren bedömer underlaget och utfärdar driftsmeddelandena.

Källa: Energiföretagens anslutningsguide för kraftparksmoduler, s. 5 och 10–15. Detaljer och ansvar följer den aktuella anslutningsprocessen.

Nätanslutningskrav för vindkraft (RfG, Requirements for Generators)

Typ A	Typ B	Typ C	Typ D
0,8 kW ≤ Pmax < 1,5 MW och spänning < 110 kV	1,5 MW ≤ Pmax < 10 MW och spänning < 110 kV	10 MW ≤ Pmax < 30 MW och spänning < 110 kV	Pmax ≥ 30 MW eller spänning ≥ 110 kV

Svenska typklasser enligt RfG. Pmax = maximal kontinuerlig effekt för kraftproduktionsmodulen, med spänning i anslutningspunkten.

TYP D – Frekvens och aktiv effekt

Kravområde	Krav i korthet	Praktisk innebörd	Aktivering / driftstatus
Frekvenstålighet	49–51 Hz kontinuerligt. 47,5–49 och 51–51,5 Hz minst 30 min.	Fortsatt drift vid avvikande nätfrekvens.	Alltid tillgänglig tålighet. Ingen separat aktivering.
Snabba frekvensändringar RoCoF	Tåla 2 Hz/s, beräknat över 500 ms.	Undvika bortkoppling vid snabba frekvensändringar.	Alltid tillgänglig tålighet.
Överfrekvens LFSM-O	Minska effekt över 50,5 Hz. Primär statik 8 %. (2,5 % per 0,1 Hz över aktiveringströskeln)	Motverka effektöverskott.	Ska vara inkopplad. Ingriper automatiskt över tröskeln.
Underfrekvens LFSM-U	Öka effekt under 49,5 Hz. Statik 8 %.	Motverka effektunderskott inom tillgänglig effektförmåga.	Ska vara inkopplad. Ingriper automatiskt under tröskeln.*
Frekvensreglering FSM	Statik 2–12 %. Grunddödband ±0,1 Hz.	Reglera aktiv effekt efter nätfrekvensen.	Aktiveras på order av systemansvarig myndighet. Förmågan ska finnas.
Styrning av aktiv effekt	Start inom 10 s. Från 100 till 50 % inom 60 s.	Följa effektbörvärde från nätägaren.	Styrförmågan alltid tillgänglig. Reglering efter börvärde.

* LFSM-U kräver tillgänglig effektmarginal för en varaktig ökning. Funktionen innebär inte i sig ett krav på ständig effektreserv.

Sverige, landbaserad kraftparksmodul. Översikt enligt EIFS 2018:2 och RfG. Projektspecifika krav och driftinställningar tillkommer.

Nätanslutningskrav för vindkraft, typ D

Spänning, nätfel och stabilitet

Kravområde	Krav i korthet	Praktisk innebörd	Aktivering / driftstatus
Spänningstålighet	Aktiv effekt vid 90–105 % spänning. Ytterligare tidskrav tillkommer.	Fortsatt produktion vid spänningsvariationer.	Alltid tillgänglig tålighet.
Reaktiv effekt, Q	Grundförmåga: producera P/3 vid 90–102 %, ta upp P/3 vid 95–105 % spänning.	Stödja nätspänningen. Nätägaren kan ange annan kravbild.	Förmågan alltid tillgänglig. Används enligt valt reglerläge.
Spänningsreglering	Automatisk spänningsreglering som grundläge.	Reglera reaktiv effekt för att stödja spänningen.	Aktiv som grundläge, om nätägaren inte anger annat.
Övergång från Q-/cos ϕ-reglering	Spänning under 95 % i reglerpunkten.	Ge spänningsstöd vid spänningsfall.	Automatisk övergång till spänningsreglering. Återgång tidigast 5 min efter återhämtning över 95 %.
Feltålighet FRT	Föreskriven spänningsprofil, inklusive 0 % under 200 ms.	Förbli ansluten under kortvarigt nätfel.	Alltid tillgänglig. Felhanteringen ingriper automatiskt.
Effektåterhämtning efter fel	Inom 2 s efter spänning över 90 %. Effektavvikelse mindre än 5 %.	Återställa produktionen efter nätfelet.	Automatisk efter felet.
Pendeldämpning POD-Q POD-P/PSS	Dämpa effektpendlingar inom 0,25–1 Hz.	Bidra till stabilitet i kraftsystemet.	Ska vara aktiverad och aktivt dämpande.

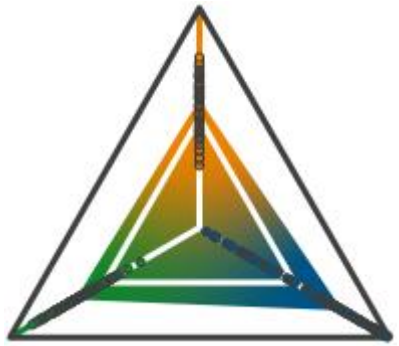
P = momentan aktiv effekt. Alltid tillgänglig = förmågan finns under drift. Automatiska funktioner ingriper vid sitt gränsvärde.

Sverige, landbaserad kraftparksmodul. Översikt enligt EIFS 2018:2 och RfG. Projektspecifika krav och driftinställningar tillkommer.

Sveriges elnät

Best i världen 2021, 2022 och 2023

Energy Security



Sustanability

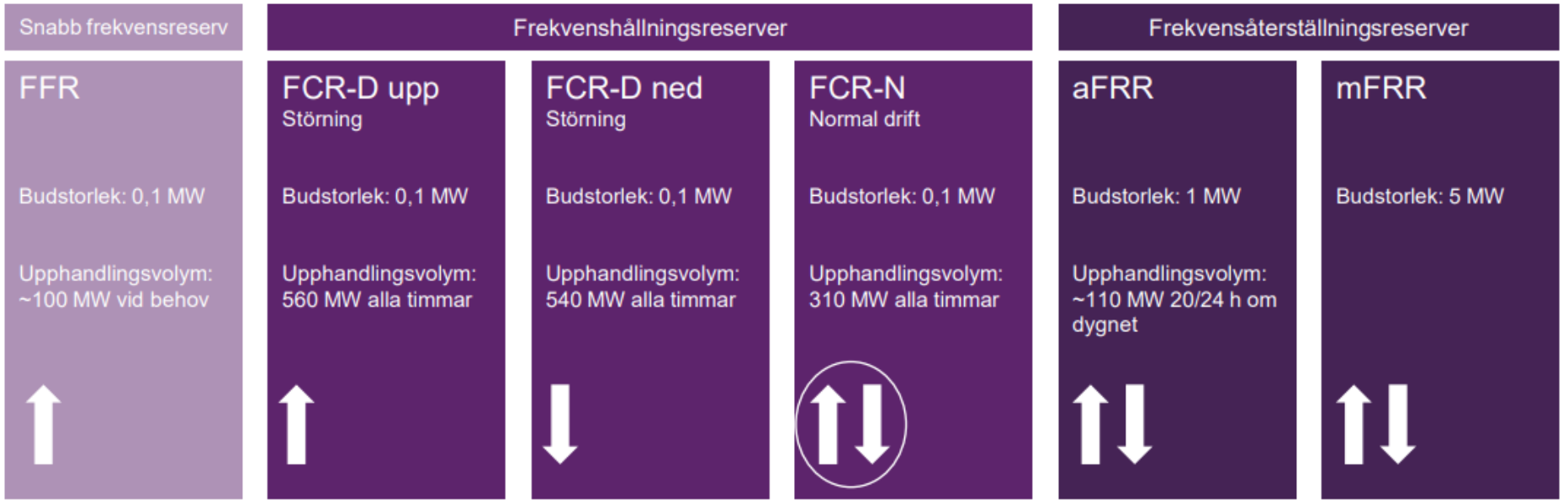
Energy Equity

Figure 26: World Energy Trilemma Index 2023

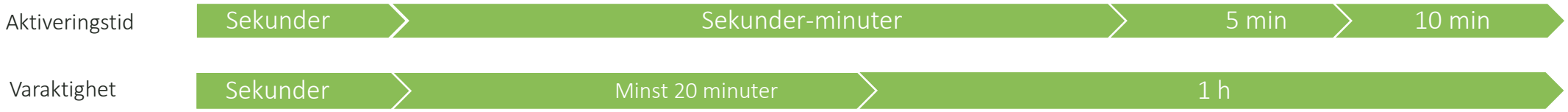
Country	Rank	2022 Rank	Grade
Denmark	1	3	AAAa
Sweden	1	1	AAAa
Finland	2	4	AAAa
Switzerland	3	2	AAAa
Canada	4	7	AABa
Austria	5	6	AAAa
France	6	8	AAAa
Germany	7	9	AAAa
Estonia	7	12	ABAa
United Kingdom	8	5	AAAa
Norway	8	10	BAAa
New Zealand	9	11	AAAa
United States	10	12	AABa

Trilemma Index, World Energy Council

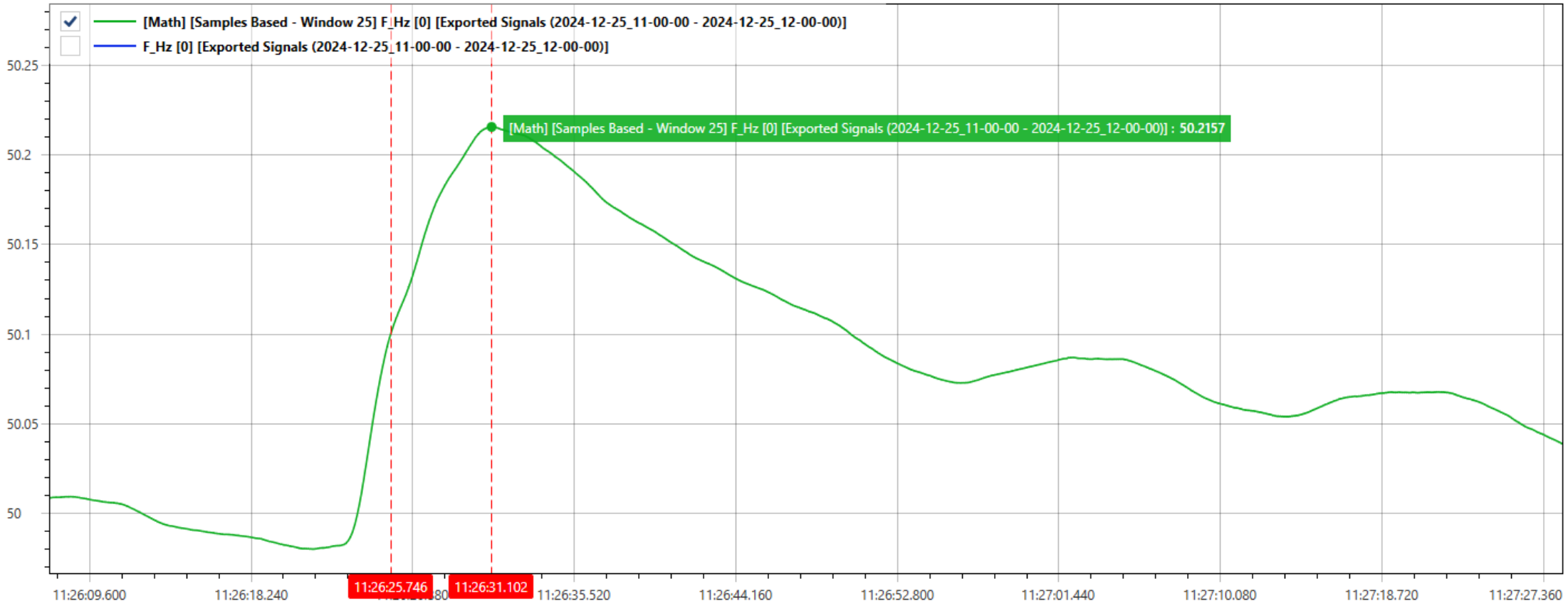
Stödtjänster för frekvensstabilitet och balansering i nätet



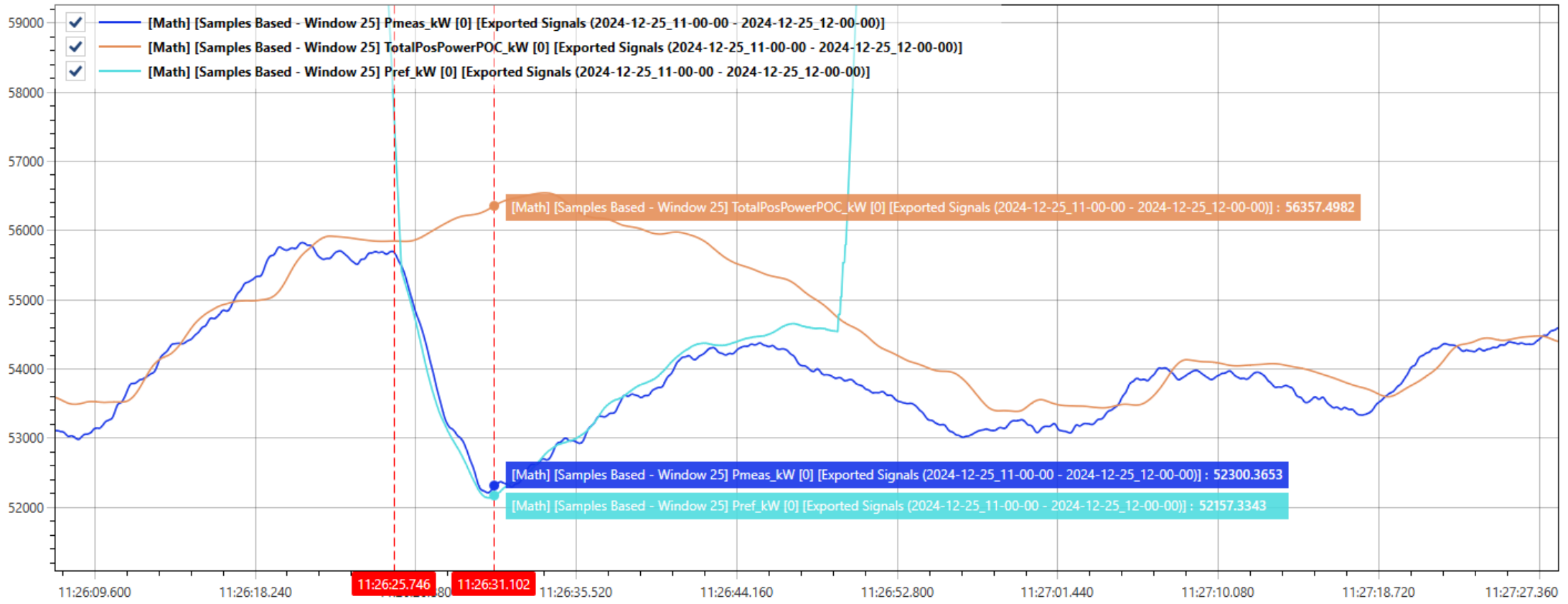
Källa: Svenska kraftnät



FCR D Ned


[Math] [Samples Based - Window 25] F_Hz [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)]
F_Hz [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)]
[Math] [Samples Based - Window 25] F_Hz [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)] : 50.2157
50.25
50.2
50.15
50.1
50.05
50
11:26:09.600
11:26:18.240
11:26:25.746
11:26:31.102
11:26:35.520
11:26:44.160
11:26:52.800
11:27:01.440
11:27:10.080
11:27:18.720
11:27:27.360

FCR D Ned


[Math] [Samples Based - Window 25] Pmeas_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)]
[Math] [Samples Based - Window 25] TotalPosPowerPOC_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)]
[Math] [Samples Based - Window 25] Pref_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)]
59000
58000
57000
56000
55000
54000
53000
52000
[Math] [Samples Based - Window 25] TotalPosPowerPOC_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)] : 56357.4982
[Math] [Samples Based - Window 25] Pmeas_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)] : 52300.3653
[Math] [Samples Based - Window 25] Pref_kW [0] [Exported Signals (2024-12-25_11-00-00 - 2024-12-25_12-00-00)] : 52157.3343
11:26:25.746
11:26:31.102
11:26:09.600
11:26:18.240
11:26:35.520
11:26:44.160
11:26:52.800
11:27:01.440
11:27:10.080
11:27:18.720
11:27:27.360

Agenda

Ljud och skuggor



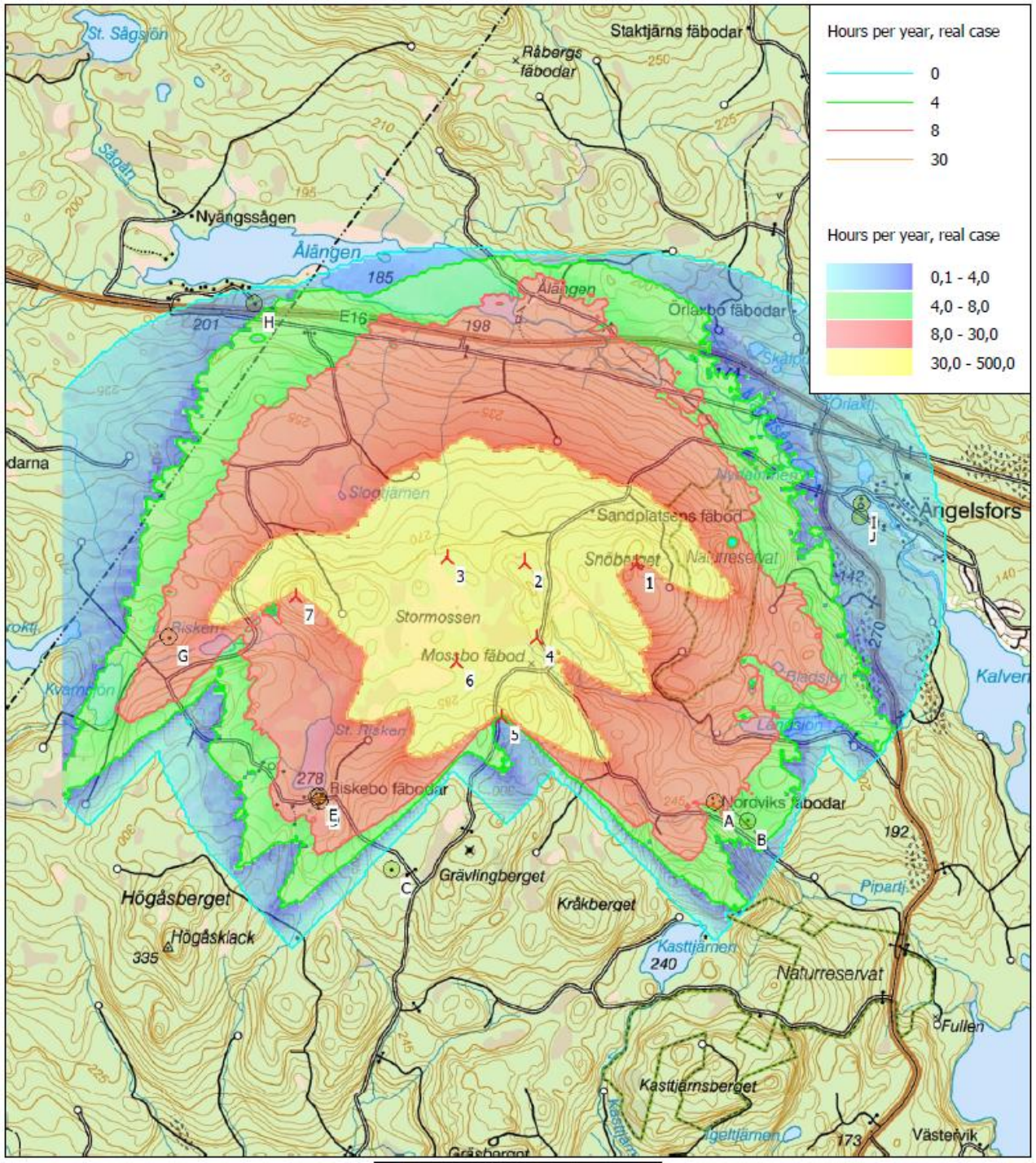
SR Energy

Skuggor

Maximalt 8h/år

Maximalt 30 minuter/tillfälle

Skuggor kan styras bort med kalender och skuggsensorer

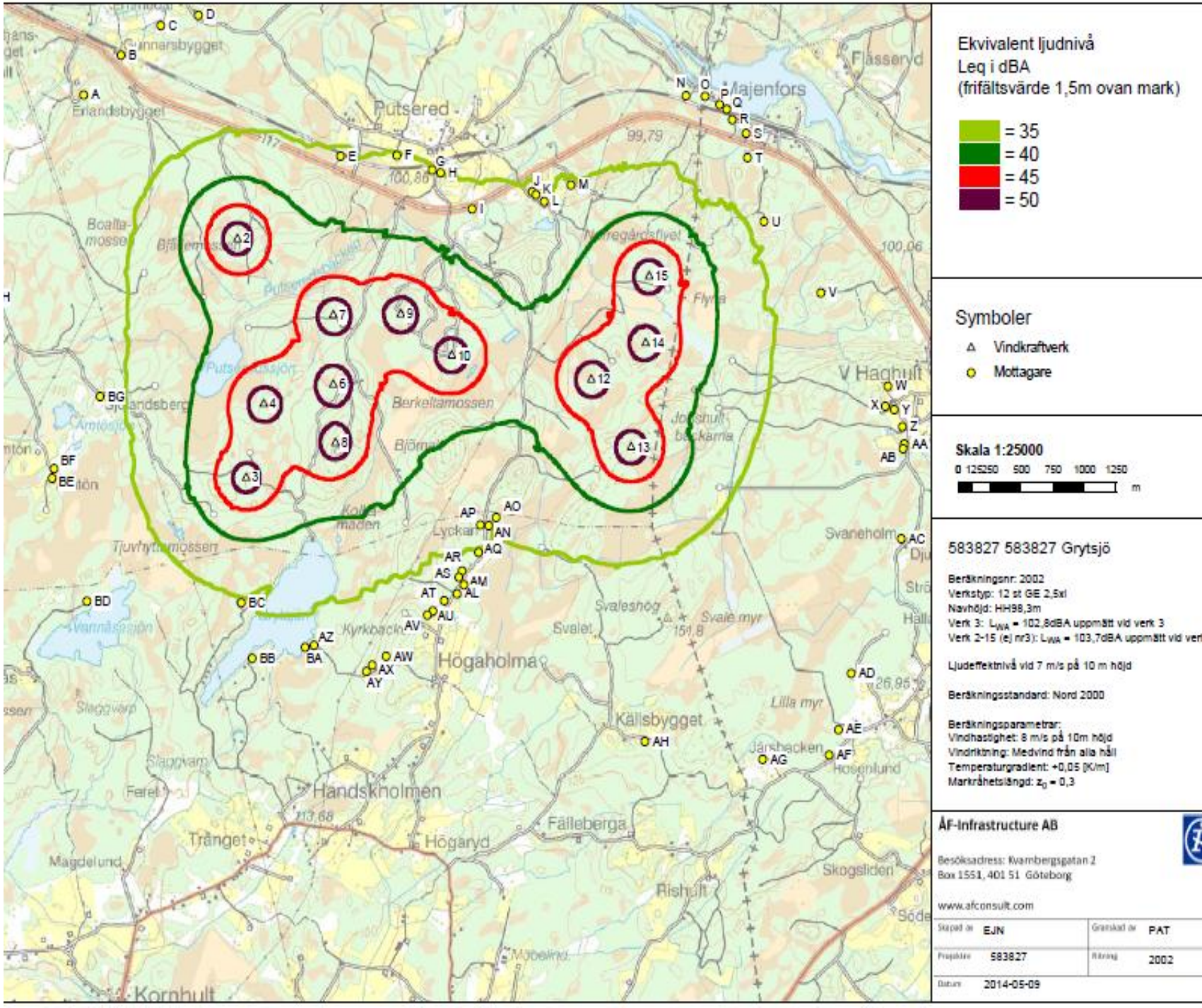


SR Energy

Ljud

Maximalt 40dBA vid uteplats

Ljud minskas med hjälp av ”hajtänder” och alternativa ljudoptimerade modes – möjligt i olika tider och vindriktningar



SR Energy

srenergy.se

Agenda

Vindpark Gotland



Caroline Daun
Projektledare

Dan Sandros
Projektchef

Sebastian Zartmann
Projektledare

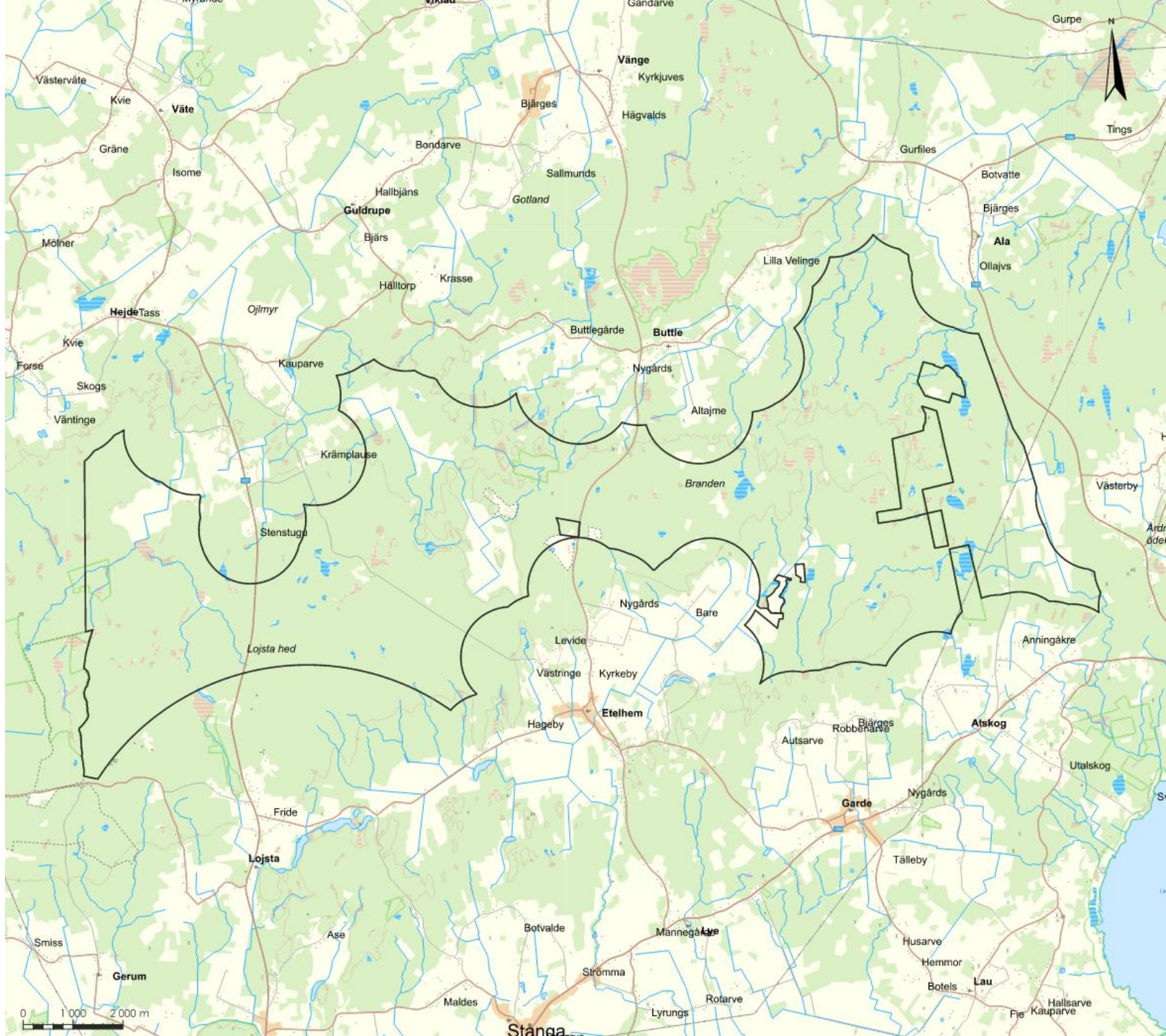
SR Energy

Vindpark Gotland

Projektområde: 8141 ha

Antal fastigheter: 261 st

Antal fastighetsägare: 271 st



SR Energy

Vi bygger hållbara vindparker med hänsyn till både människor och miljö.



Incitament

En ny intäkt till kommunen

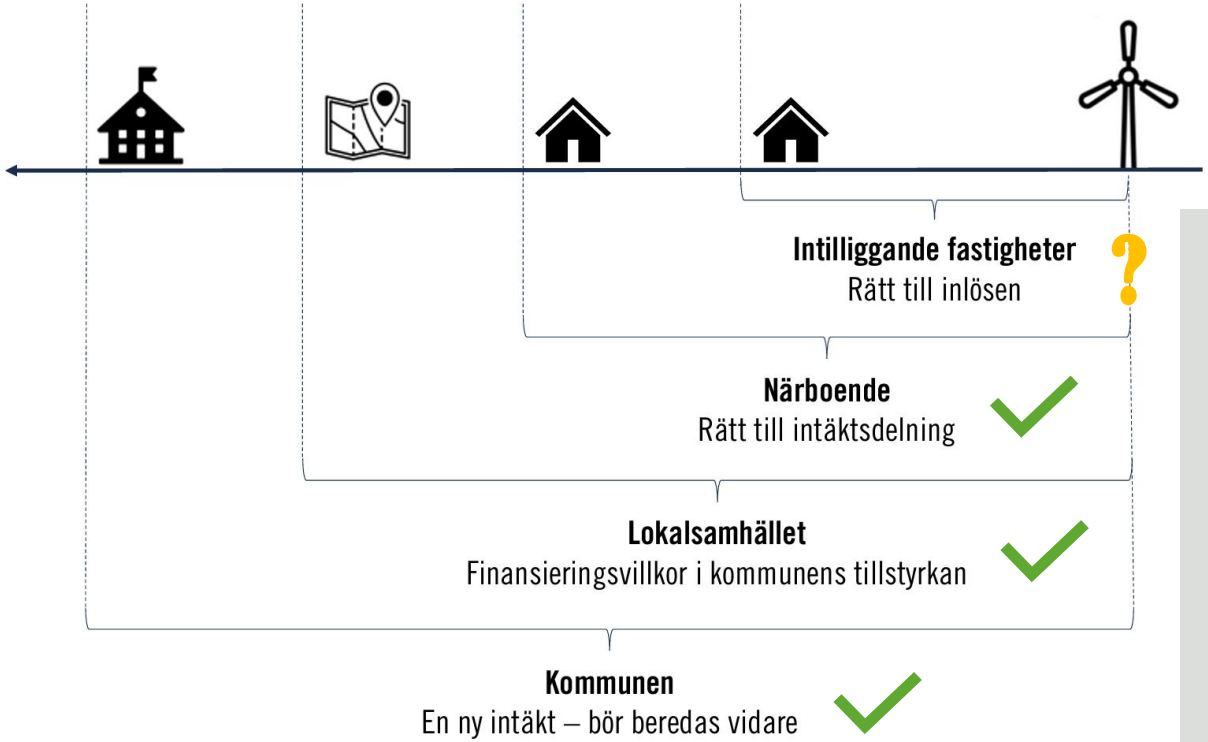
Ersättning till lokalsamhället (Vindbonus)

Rätt till intäktsdelning

Rätt till inlösen

	Kommunal tillstyrkan ökar väsentligt	Fortsatt låg kommunal tillstyrkan
Fortsatt tillräckligt investeringsintresse	✓	✗
Investeringsintresset minskar väsentligt	✗	✗

Illustration: Incitamentsutredningen.



Utredning tillsatt.
Redovisning 1 april 2027

Intäktsdelning fr o m 1 juli 2026, max 2 %

Vindbonus eller motsvarande ≈ 0,25 %

”Återförande” av fastighetsskatten fr o m 2025

Utredningen om stärkta incitament för utbyggd vindkraft
SOU 2023:18 - Incitamentsutredningen

Utredning tillsatt april 2022

Tilläggsdirektiv november 2022

Överlämnad till regeringen april 2023

SR Energy

Fastighetsskatten

En ny intäkt till kommunen – ”återförande” av fastighetsskatten

Budgeterat för 2025-2027

Förväntan från branschen om ett permanentande

Uppskattningsvis ca 160 000 kr per vindkraftverk.



SR Energy

Lokalsamhället/ Vindbonus

30-40 kkr/vkv & år, motsvarande cirka 0,25% av intäkterna

För en park med ca 40-50 vkv ca 1-2 MSEK om året till föreningslivet på Gotland.



Intäktsdelning till närboende

Lag trätt i kraft från och med 1 juli 2026

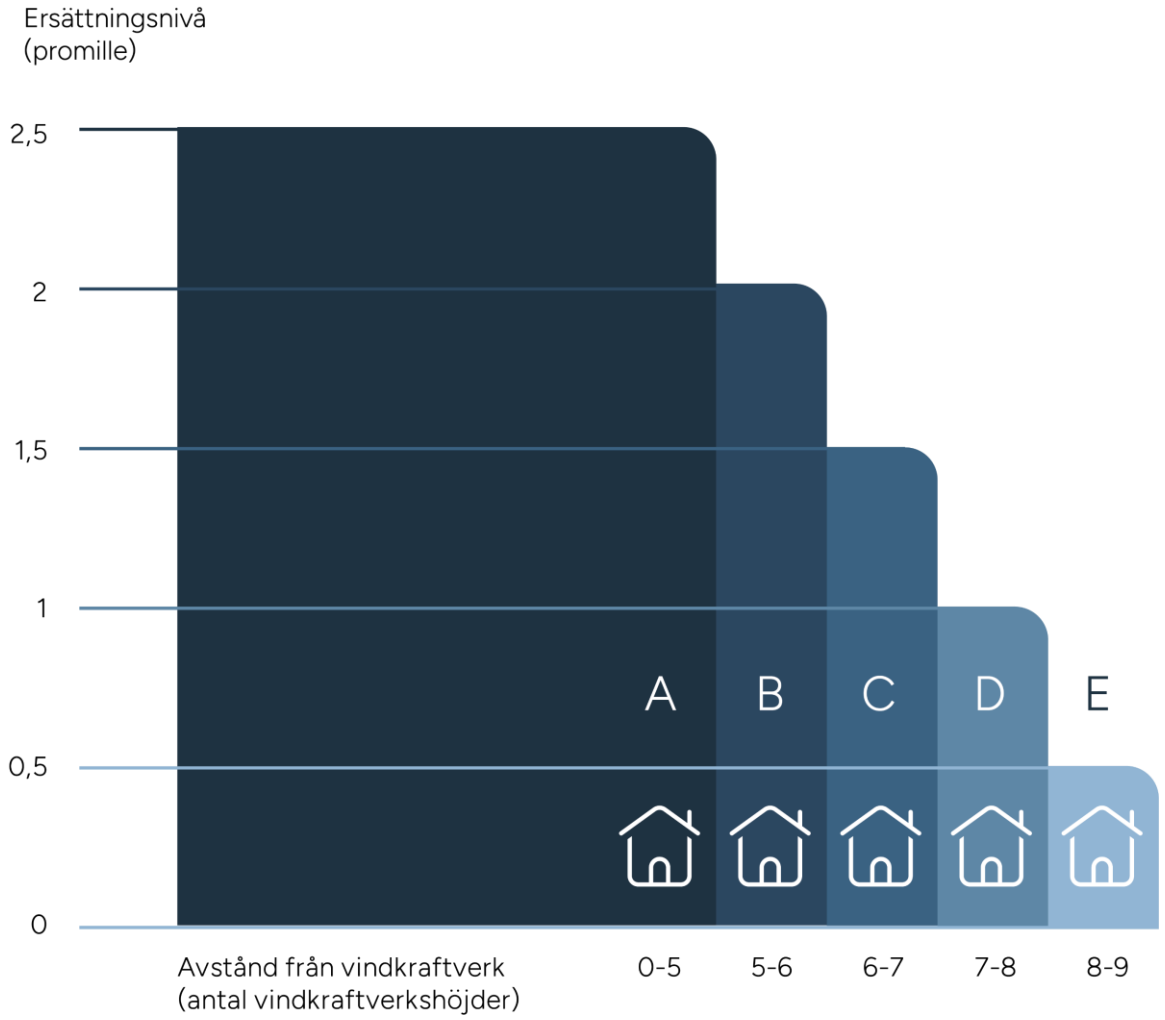
Årlig ersättning upp till nio gånger vindkraftverks totalhöjd

Ersättning från upp till två vindkraftverk

Ersättningen är skattefri

Max 2 % av vindparkens intäkter

2 430 meter vid 270 meters total-höjd

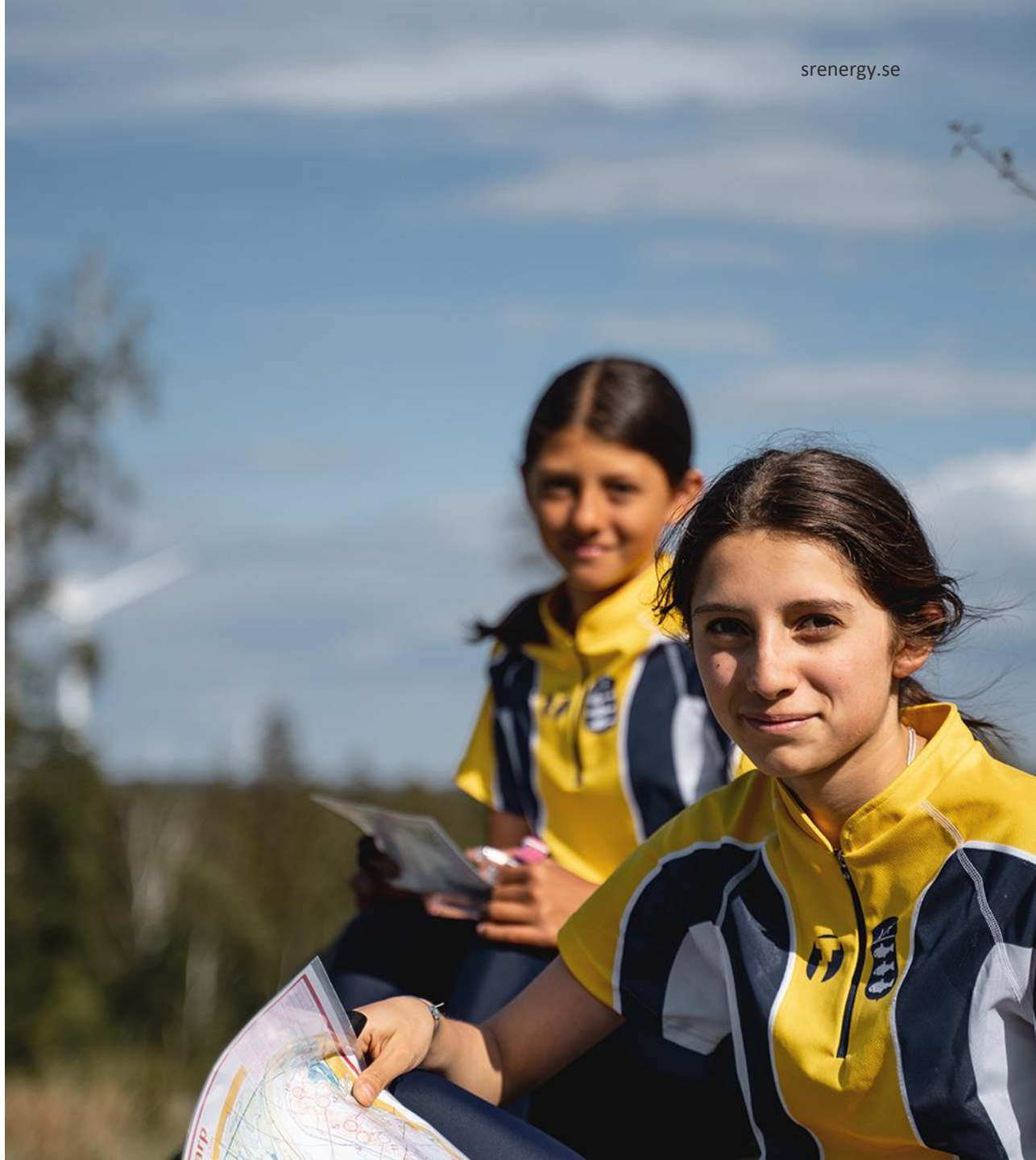


SR Energy

srenergy.se

SR Energy delar varje år ut Vindbonus® till föreningar i närheten av våra vindparker

vindbonus®



SR Energy



Caroline Daun
Projektledare



Dan Sandros
Projektchef



Sebastian Zartmann
Projektledare