

Mottagare
Energiequelle Oy

Dokumenttyp
Rapport

Datum
9.1.2025

Referens
1510055894-008

BJÖRKBACKENS VINDKRAFTSPROJEKT MODELLERING AV RÖRLIGA SKUGGOR

VINDKRAFTSPROJEKT MODELLERING AV RÖRLIGA SKUGGOR

Datum **9.1.2025**
Skriven av **Sofia Lybäck**
Granskare **Maria Niemi**

Innehåller material från Lantmäteriverkets Terrängdatabas
2/2024.

Referens **1510055894-008**

INNEHÅLL

1.	Allmänt	1
2.	Referensvärden	1
3.	Påverkningsmekanismer	1
4.	Modelleringsmetod och utgångsinformation	2
4.1	Modelleringsprogram och beräkningsmodell	2
4.2	Beräkning av rörliga skuggor	2
4.3	Terrängmodell	3
4.4	Uppgifter om vindkraftverken	3
4.5	Osäkerhet i beräkningarna	4
5.	Modelleringsresultat	4
6.	Sammandrag och slutsatser	5
KÄLLOR		5
BILAGOR		5

1. ALLMÄNT

Energiequelle Oy planerar bygga en vindkraftspark på området Björkbacken i Nykarleby. I det här arbetet granskades påverkan av rörliga skuggor från Björkbackens vindkraftspark samt den sammanbundna påverkan av rörliga skuggor tillsammans med det närmaste områdets övriga befintliga vindkraftverk. I miljöministeriets guide "Planering av vindkraftsutbyggnad" (Miljöförvaltningens anvisningar 5/2016) kallas de rörliga skuggorna skuggeffekter.

Arbetet utfördes på uppdrag av Energiequelle Oy. För utredningen av rörliga skuggor svarade ing. (YH) Sofia Lybäck.

2. REFERENSVÄRDEN

I Finland finns inga fastställda gräns- eller riktvärden för förekomsten av rörliga skuggor från vindkraftverk. I miljöministeriets guide Planering av vindkraftsutbyggnad (Miljöförvaltningens anvisningar 5/2016), rekommenderas att man ska ta hjälp av andra länders rekommendationer för begränsning av rörliga skuggor. ^[1]

I olika länder finns planeringsvärden eller gränsvärden för mängden rörliga skuggor vid bostäder eller andra platser som utsätts för skuggorna. I Tyskland har anvisningar (WEA-Schattenwurf-Hinweise) getts för modelleringen samt gränsvärden för en situation med maximal mängd rörliga skuggor och för den verkliga situationen ^[2]. I planeringsanvisningarna i Sverige hänvisas till de tyska anvisningarna, och rekommendationerna är till stor del baserade på de tyska anvisningarna ^[3]. I Danmark har det getts som anvisning att den verkliga årliga mängden rörliga skuggor ska begränsas till tio timmar per år ^[4].

Tabell 1. Exempel på andra länders rekommendationer och gränsvärden för förekomst av rörliga skuggor

Land	Real Case	Worst Case
Tyskland	8 timmar/år	30 timmar/år 30 min/dag
Sverige	8 timmar/år 30 min/dag	-
Danmark	10 timmar/år	-

3. PÅVERKNINGSMEKANISMER

Vindkraftverk som är i drift kan ge upphov till rörliga skuggor och blänk i sin omgivning, då solen lyser bakom ett vindkraftverks rotorblad mot en viss iakttagelsepunkt. Rotorbladens rotationsrörelse ger då upphov till rörliga skuggor. Skuggornas rörelsehastighet beror på rotorns rotationshastighet.

Rörliga skuggor uppkommer beroende på väderförhållandena, årstiden och tiden på dygnet. Vid en viss iakttagelsepunkt kan rörliga skuggor därför observeras endast vid vissa belysningsförhållanden och vid vissa tidpunkter på dygnet och året. Inga rörliga skuggor förekommer då solen är i moln eller då vindkraftverket inte är i gång eller om solens läge är ogynnsamt för uppkomst av rörliga skuggor. Vindriktningen påverkar också uppkomsten av rörliga skuggor. Ett kraftverk som står på tvären i förhållande till solen ger upphov till en annorlunda skugga än ett kraftverk som står vinkelrätt mot solen.

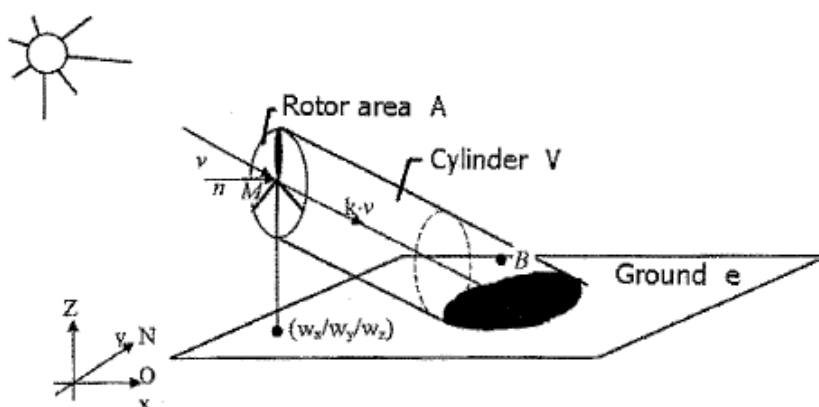
Skuggan når längst då solen står lågt. Då solen går tillräckligt lågt ned uppkommer å andra sidan inte mera någon enhetlig skugga. Det här beror på att solstrålarna då måste färdas en längre sträcka genom atmosfären, varvid strålningen sprids. Influensområdets storlek beror på vindkraftverksmodellens dimensioner och rotorbladens form, väderförhållandena i området samt terrängförhållandena (skog, backar m.m.).

4. MODELLERINGSMETOD OCH UTGÅNGSINFORMATION

4.1 Modelleringsprogram och beräkningsmodell

Området där rörliga skuggor från vindkraftverken förekommer och förekomstfrekvensen beräknades med modulen Shadow i programmet EMD WindPRO 4.0, som beräknar hur ofta och i hur långa perioder en viss plats utsätts för rörliga skuggor från vindkraftverken. Det här programmet används allmänt för modellering av rörliga skuggor från vindkraftverk. Mera information om programmet och en beskrivning av beräkningsmodellen finns i programmets bruksanvisning på adressen <http://www.emd.dk/> [5].

Programmet kan göra två typer av beräkningar, den s.k. Värsta situationen (Worst Case) och den Verkliga situationen (Real Case). Utöver kartan som visar zoner med rörliga skuggor kan man med hjälp av programmet också beräkna de rörliga skuggorna vid enskilda receptorpunkter.



Figur 1. Område där rörliga skuggor från ett vindkraftverk förekommer [5]

4.2 Beräkning av rörliga skuggor

Som avstånd mellan beräkningspunkterna valdes 10 meter. Beräkningen gjordes för 1,5 meters höjd, dvs. en människas ungefärliga ögonhöjd. Enligt de tyska anvisningar som användes i beräkningen (och som är det beräkningssätt som allmänt används) är gränsen för solstrålarnas vinkel från horisonten vid beräkning av rörliga skuggor tre grader. Solstrålar som ligger under den gränsen beaktas inte och rotorbladen ska täcka minst 20 % av solen i beräkningen [2].

I modelleringen beaktas inte att träd och byggnader skymmer och avsevärt kan begränsa förekomsten av rörliga skuggor på marknivå.

Beräkningen av Worst Case ger en teoretisk maximal mängd av rörliga skuggor. I beräkningen antas att solen skiner hela tiden (från soluppgång till solnedgång) och att vindkraftverken snurrar hela tiden samt att vindriktningen följer solen så att det alltid uppstår maximal mängd rörliga skuggor vid iakttagelsepunkten. Årsvärdena i beräkningen av Worst Case motsvarar därför inte den kommande verkliga, årliga förekomsten av rörliga skuggor i vindkraftverkens omgivning.

I beräkningarna enligt Real Case beaktas uppgifter om områdets vind- och solförhållanden. Från Worst Case-resultatet görs avdrag på basis av uppgifterna om solförhållanden och driftstimmar (per vindriktningssektor), varvid man får resultatet för Real Case. Som uppgifter om solförhållandena användes uppgifter om medeltal från Meteorologiska institutets väderstation i Korsholm från den klimatologiska jämförelseperioden 1981–2010 [6]. Vindkraftverkens årliga driftstid antogs enligt Finlands Vindatlas vara 95 %. Driftstiderna beräknades för 12 riktningssektorer under antagande att vindkraftverken är i drift då vindhastigheten på navhöjd är över 3 m/s.

Tabell 2. Genomsnittligt antal soltimmar som använts i beräkningen enligt Real Case under olika månader (timmar per dag)

Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,03	2,71	3,97	6,77	9,52	10,20	9,52	7,58	5,07	2,61	1,20	0,65

Tabell 3. Årlig drifttid (timmar per år) som använts i beräkningen enligt Real Case per vindriktningssektor

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
705	609	369	324	443	652	883	1359	1298	776	461	458	8337

Utöver beräkningen av zoner där rörliga skuggor förekommer i Real Case beräknades också situationen vid enskilda receptorpunkter i projektområdets omgivning.

4.3 Terrängmodell

Terrängmodellen har utarbetats utgående från materialet i Lantmäteriverket höjdmodell. I terrängmodellen beaktades inte träd eller byggnader.

4.4 Uppgifter om vindkraftverken

I beräkningarna beaktades 22 vindkraftverk och deras läge enligt tabell 4. I modelleringarna av sammantagna effekter beaktades dessutom också vindkraftverk i närområdet. För Björkbackens kraftverk gjordes modelleringen med en rotordiameter på 172 m och navhöjd 194 m, alltså totalhöjd 280 m. Utöver rotorstorleken och navhöjden påverkar rotorbladens form och bredd också det maximala avståndet för rörliga skuggor. Uppgifter om rotorbladens bredd:

- Max blade width = 4,5 m
- Blade width for 90 % radius = 1,5 m

Enligt kraftverksmodellernas dimensioner beräknar modelleringsprogrammet det maximala avståndet för rörliga skuggor till cirka 2035 m.

Tabell 4. Vindkraftverkens koordinater (ETRS-TM35FIN)

Nr	x	y
2	277899	7039806
3	278477	7040034
4	277897	7039150
5	278490	7039135
6	278906	7039594
7	277374	7037969
8	278449	7038469
9	279022	7038811
11	277358	7037240
12	277969	7037504
13	278984	7038035
14	279606	7038270
17	277980	7036893
18	278677	7036871
19	279442	7037609
20	280100	7037911
21	278003	7036248
22	278565	7036089
23	279205	7036422
24	280130	7037012
25	278973	7035543
26	279588	7035781

4.5 Osäkerhet i beräkningarna

Eftersom beräkningen av Worst Case är baserad på solens position i förhållande till vindkraftverket och iakttagelsepunkten kan beräkningens exakthet anses vara mycket tillförlitlig, då man beräknar de tidpunkter då rörliga skuggor kan förekomma. Då avsikten är att förutspå den verkliga förekomsten av rörliga skuggor på området under ett år motsvarar modelleringen enligt Worst Case inte verkligheten.

I modelleringen av Real Case används genomsnittliga uppgifter om solsken och tiderna för olika vindriktningar enligt vindatlasen. Resultaten enligt modelleringen i Real Case beskriver situationen under ett vanligt år. Den verkliga situationen i fråga om rörliga skuggor varierar alltså under olika år, eftersom förekomst av rörliga skuggor vid en viss iakttagelsepunkt i ett visst ögonblick förutsätter att

- solen lyser bakom vindkraftverkets rotor mot iakttagelsepunkten
- vindkraftverket snurrar och rotorns position möjliggör uppkomst av rörliga skuggor vid den bakomliggande iakttagelsepunkten
- luftens klarhet möjliggör uppkomst av rörliga skuggor

Modelleringen av Real Case ger bästa möjliga prognos för den kommande situationen i fråga om rörliga skuggor på området. I modellen beaktas dock inte att byggnader och träd skymmer sikten. Om vindkraftverken inte syns orsakar de inte heller några rörliga skuggor.

5. MODELLERINGSRESULTAT

En karta över förekomsten av rörliga skuggor från Björkbackens vindkraftsprojekt enligt en beräkning för Real Case presenteras i bilaga 1 och en karta över förekomsten enligt modelleringen av sammantagna effekter i bilaga 3. Förutom beräkningen av zoner med rörliga skuggor gjordes också beräkningar för de 13 närmaste receptorpunkterna. Resultaten visas i tabell 5.

Mängden rörliga skuggor från Björkbackens vindkraftverk årligen överskrider inte 8 timmar per år vid ett enda bostadshus eller fritidshus. Enligt modelleringen av sammantagna effekter uppkommer inga sammantagna effekter tillsammans med de övriga projekten.

Tabell 5. Resultat av beräkningen vid receptorpunkterna

Receptor	Björkbacken, Real Case, h/a*	Modellering av sammantagna effekter, Real Case, h/a*
1	0:00	0:00
2	0:00	0:00
3	4:37	4:37
4	0:00	0:00
5	7:04	7:04
6	3:04	3:04
7	0:00	0:00
8	0:00	0:00
9	5:56	5:56
10	3:44	3:44
11	3:05	3:05
12	1:24	1:24
13	2:48	2:48

*timmar per år

Potentiella tidpunkter för förekomst av rörliga skuggor vid receptorerna presenteras i bilaga 2 och 4.

6. SAMMANDRAG OCH SLUTSATSER

Genom modellering undersöktes förekomsten av rörliga skuggor i omgivningen kring de vindkraftverk som planeras på området Björkbacken. Modelleringarna gjordes både för Björkbackens kraftverk och som modellering av sammantagna effekter tillsammans med andra närbelägna kraftverk.

I finländska författningar finns inga bindande rikt- eller gränsvärden för rörliga skuggor från vindkraftverk. Enligt modelleringen blir den årliga mängden rörliga skuggor från Björkbackens vindkraftverk mindre än 8 timmar (gräns i Tyskland och Sverige) vid alla bostadshus och fritidshus i omgivningen. Enligt modelleringen av sammantagna effekter uppkommer inga sammantagna effekter tillsammans med de övriga projekten.

Modelleringen ger ett kalkylmässigt resultat för påverkan av rörliga skuggor i omgivningen. Den årliga verkliga mängden rörliga skuggor påverkas av hur noggrant vindkraftverkens årliga drift och väderförhållandena motsvarar de värden som använts i modelleringen samt bland annat om kraftverken syns eller om sikten är skyddad till exempel på grund av träd eller byggnader. Träd eller bostads- och fritidshus i omgivningen har inte beaktats i modellen. Träden måste dock vara tillräckligt täta och höga samt skydda den exponerade platsen helt. Årstidsvariationerna ska också beaktas beträffande trädens förmåga att begränsa vindkraftverkens synlighet. Om vindkraftverken inte syns till en viss plats, uppkommer inte heller några rörliga skuggor där.

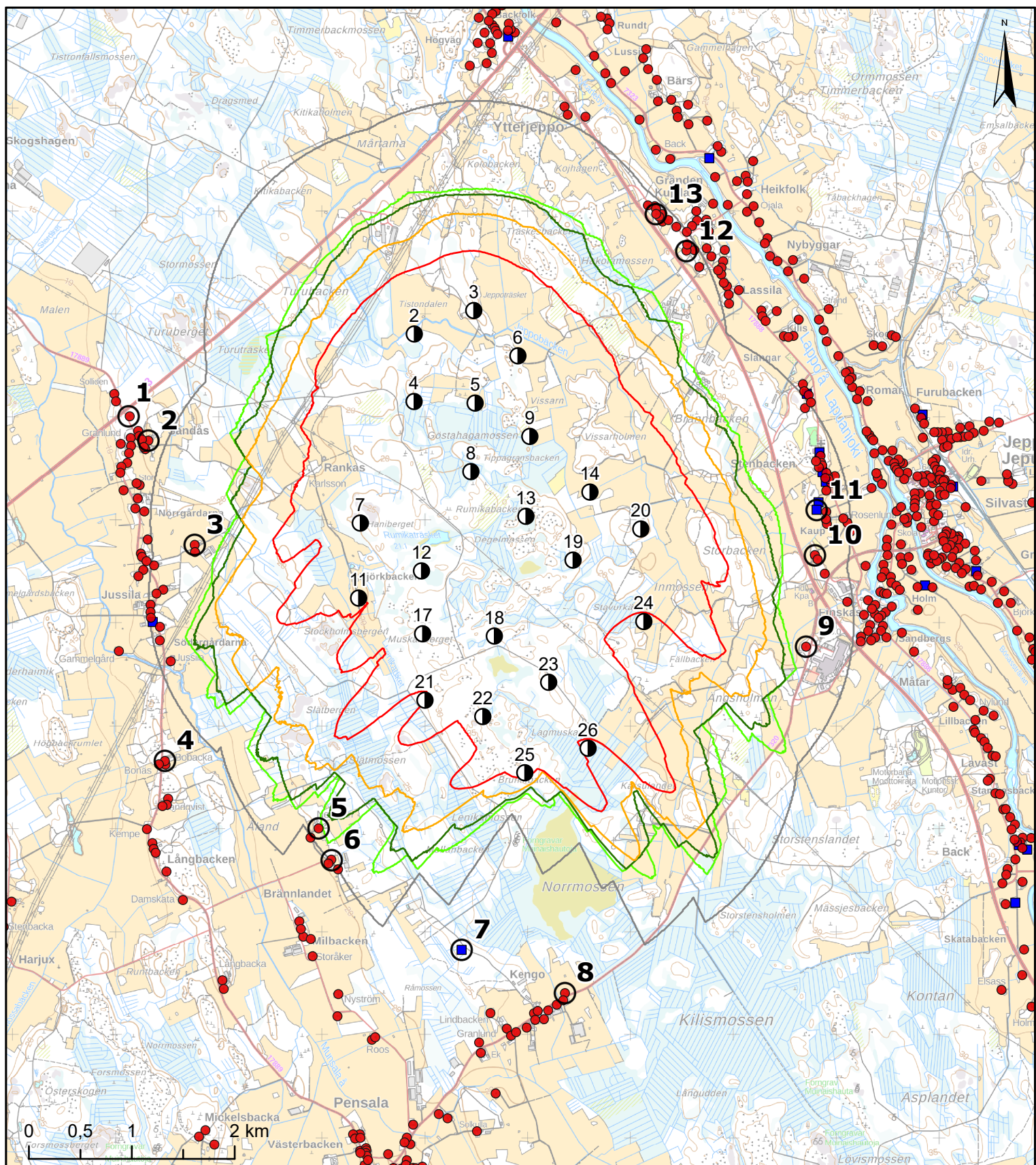
Uppkomsten av rörliga skuggor kan påverkas genom att vindkraftverken utrustas med teknisk styrning så att kraftverken kan stoppas vid behov. Med hjälp av systemet övervakas uppkomsten av rörliga skuggor vid en viss punkt med hjälp av ljussensorer som fästs ovanpå kraftverkets nacell eller på tornet. De här sensorerna beräknar möjligheten för rörliga skuggor i en viss riktning utgående från ljusheten och rotorns position.

KÄLLOR

1. Planering av vindkraftsutbyggnad, Miljöförvaltningens anvisningar 5/2016
2. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
3. Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, Boverket 2009
4. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2015
5. WindPRO 4.0 User Manual
6. Meteorologiska institutet, Statistik över Finlands klimat 1981–2010, Rapporter 2012:1
7. Finlands vindatlas

BILAGOR

- | | |
|----------|--|
| Bilaga 1 | Zoner där rörliga skuggor förekommer (Björkbacken) enligt en beräkning för Real Case |
| Bilaga 2 | Kalendrar över tidpunkter då rörliga skuggor eventuellt kan förekomma vid receptor-punkterna (Björkbacken) |
| Bilaga 3 | Zoner där rörliga skuggor förekommer (modellering av sammantagna effekter) enligt en beräkning för Real Case |
| Bilaga 4 | Kalendrar över tidpunkter då rörliga skuggor eventuellt kan förekomma vid receptor-punkterna (modellering av sammantagna effekter) |


RAMBOLL

Energiequelle Oy
Björkbacken tuulivoimapaisto
Björkbacken vindkraftspark
Välkemallinnus
Skuggningsmodellering

Björkbacken:
-layout 22 WTGs
-Vestas V172
-hub height HH 194 m
-rotor diameter, RD 172 m
-total height TH 280 m

Välketuntia vuodessa
Antal skuggtimmar per år
Real Case (h/a)

— 0
— 8
— 10
— 15
— 30

○ Reseptorit / Receptor
● Tuulivoimala/Vindkraftverk,
Björkbacken, TH280
● Asuinrakennus / Fast bostad
■ Lomarakennus / Fritidsbostad

SLy, 9.1.2025

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

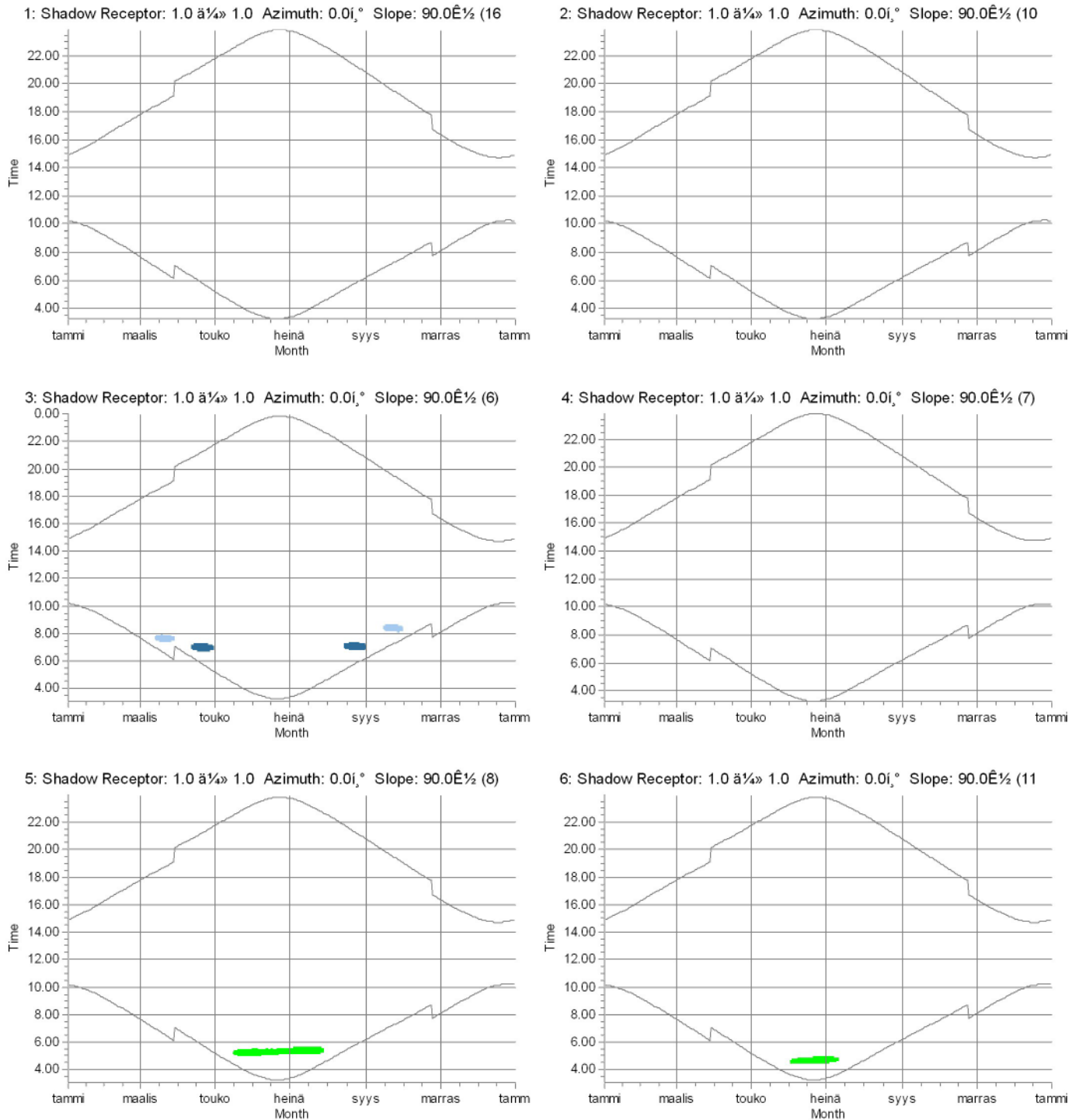
Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

9.1.2025 15.05/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical**Calculation:** Valkemallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025

WTGs

22: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (9)

11: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (15)

7: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (22)

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

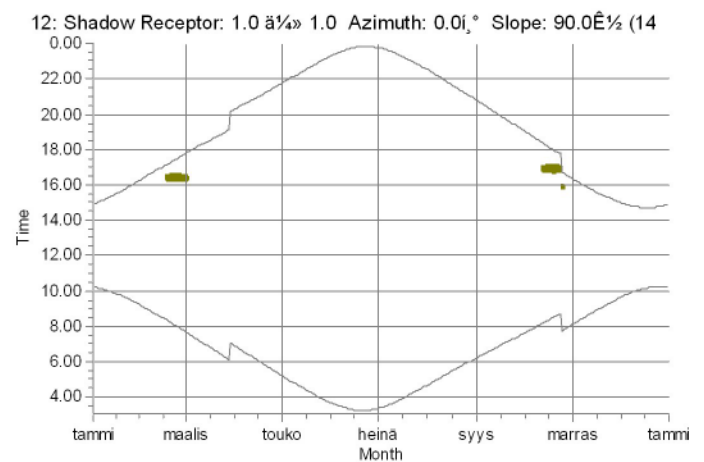
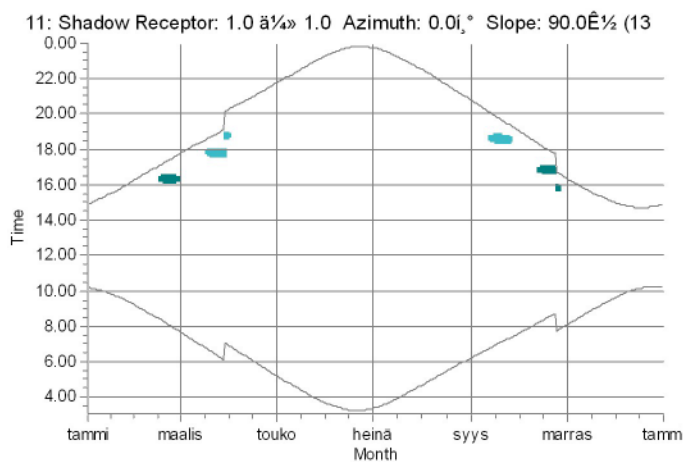
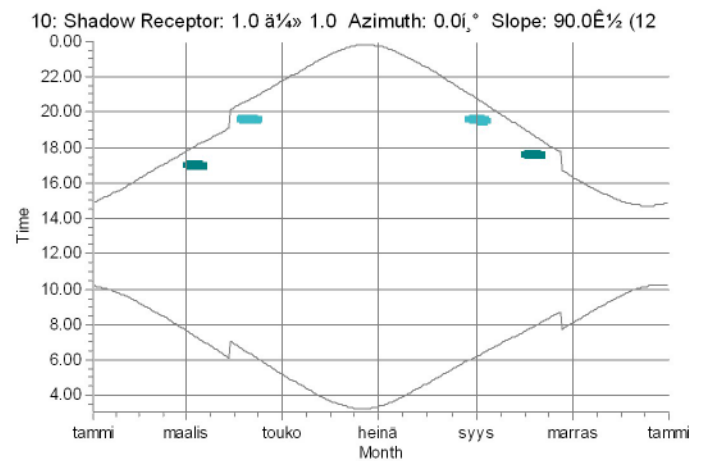
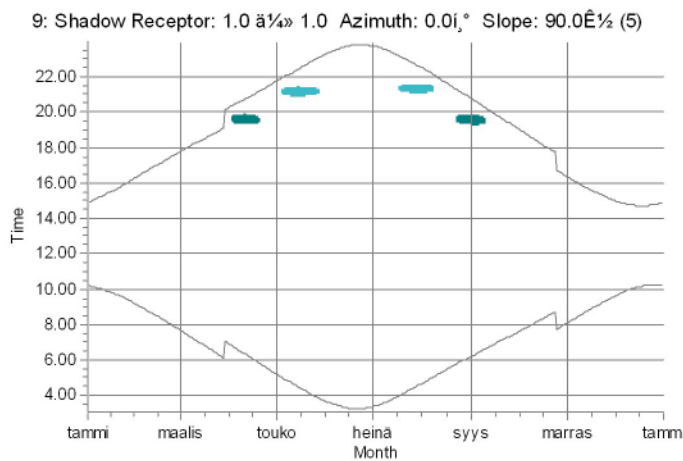
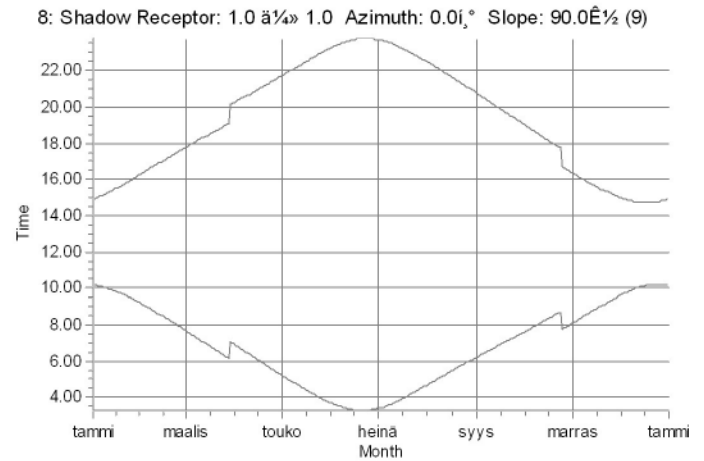
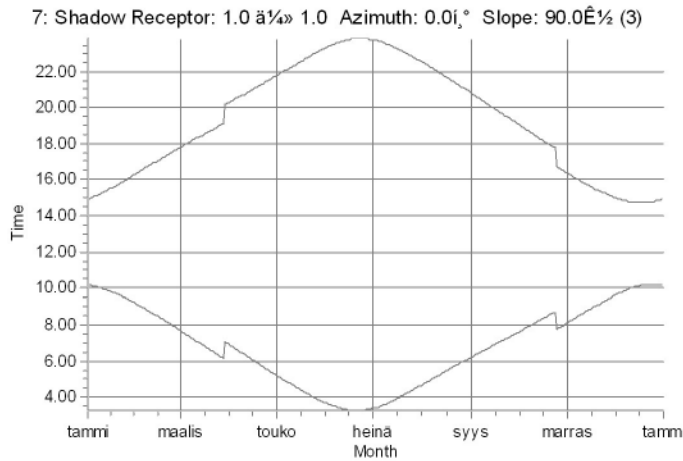
Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

9.1.2025 15.05/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical**Calculation:** Valkemallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025

WTGs

24: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (6)

6: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (10)

20: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (19)

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH
Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

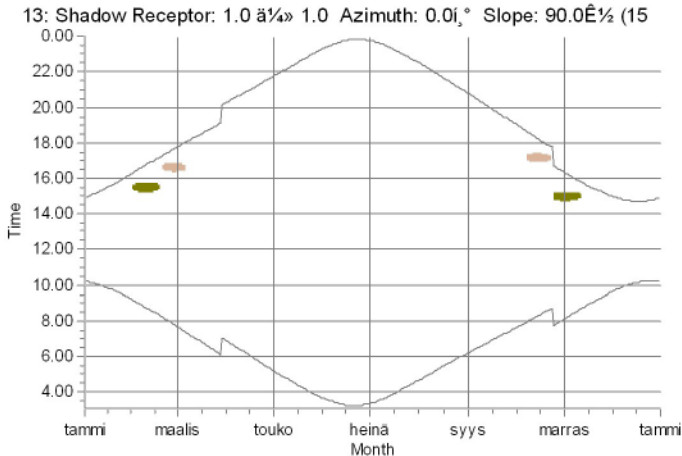
Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

9.1.2025 15.05/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical

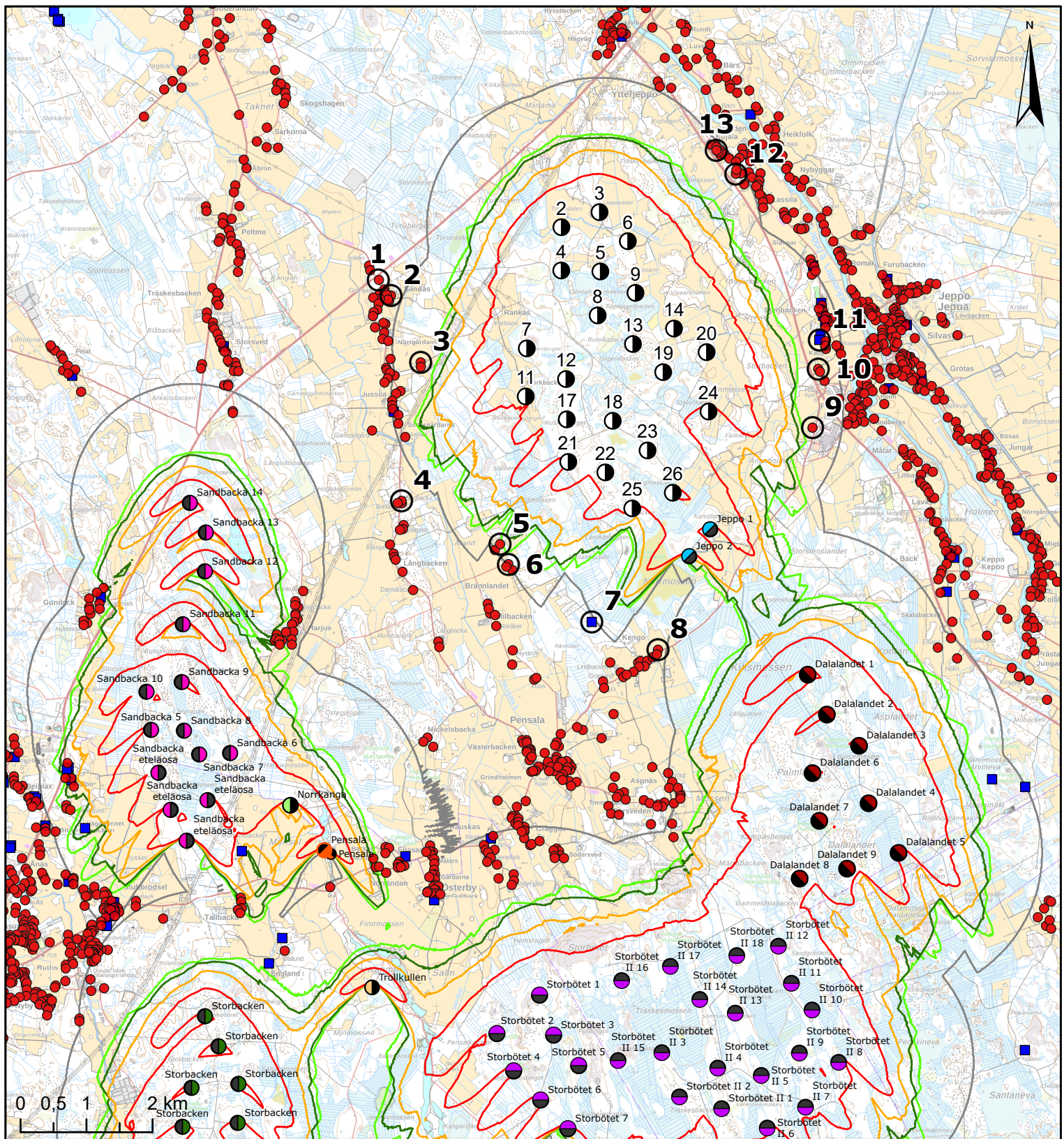
Calculation: Valkemallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025



WTGs

6: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (10)

3: VESTAS V172-7.2 HH194 TH280 7200 172.0 !0! hub: 194,0 m (TOT: 280,0 m) (17)



RAMBOLL

Energiequelle Oy
Björkbacken tuulivoimapuisto
Björkbackens vindkraftspark
Yhteisvälkemallinnus
Sammantagna skuggningsmodelleringar

Björkbacken:
-layout 22 WTGs
-Vestas V172
-hub height HH 194 m
-rotor diameter, RD 172 m
-total height TH 280 m

SLy 9.1.2025

Välketuntia vuodessa
Antal skuggtimmar per år
Real Case (h/a)

— 0
— 8
— 10
— 15
— 30

○ Reseptorit /
Receptor
● Asuinrakennus /
Fast bostad
■ Lomarakennus /
Fritidsbostad
● Tuulivoimala /
Vindkraftverk,
Björkbacken, TH280

● Dalalandet, TH300
● Jeppo, TH200
● Norrkanga, TH250
● Pensala, TH50
● Pensala, TH148
● Sandbacka, TH210
● Sandbacka eteläosa,
TH210
● Storbacken, TH220
● Storböten, TH270
● Storböten II, TH250
● Trollkullen, TH200

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

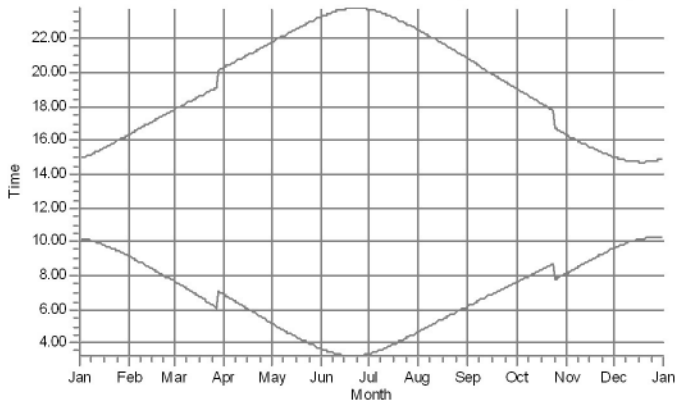
Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

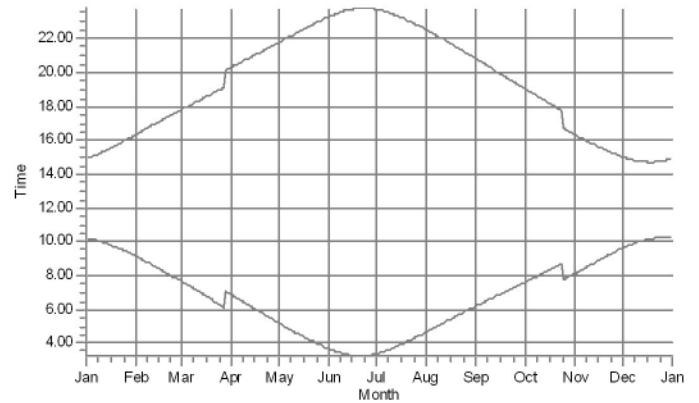
9.1.2025 17:51/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical**Calculation:** Yhteismallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025

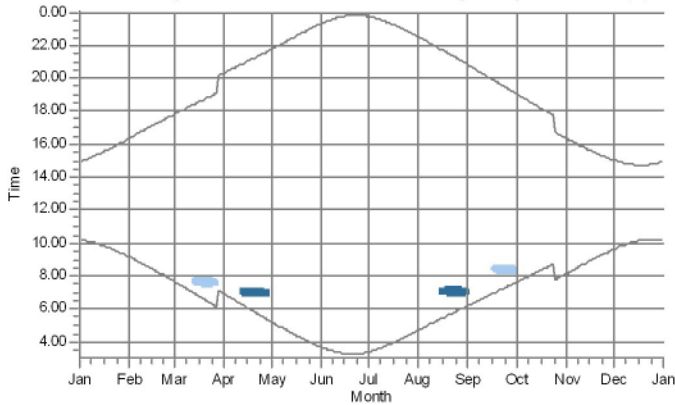
1: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (16)



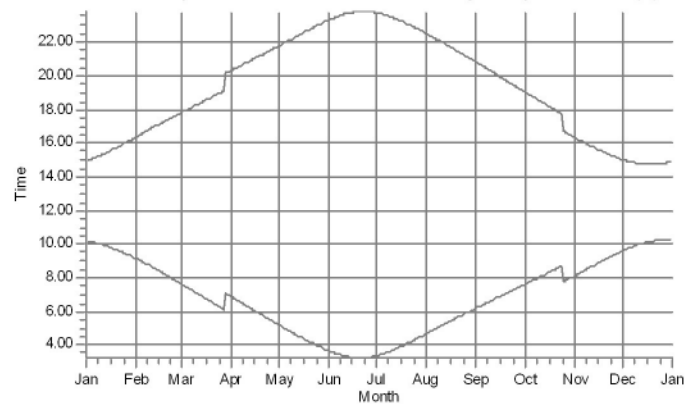
2: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (10)



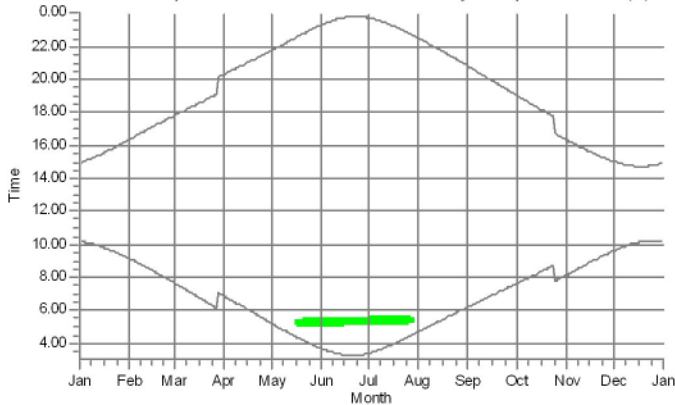
3: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (6)



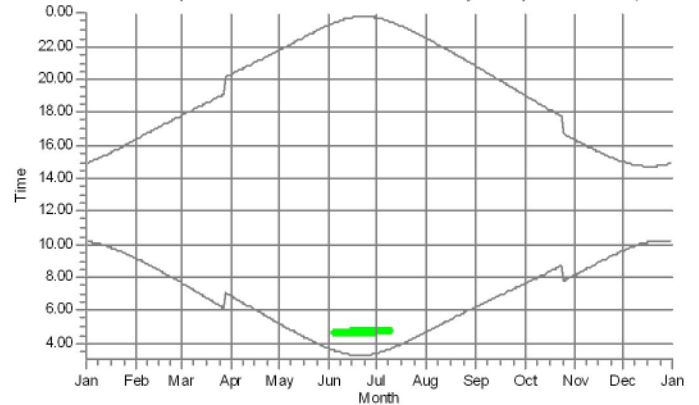
4: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (7)



5: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (8)



6: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (11)



WTO

22: VESTAG V175-7.2 H1034 TH030 7200 172.0 K01 hub: 194.0 m (TOT: 280.0 m) (9)

11: VESTAG V175-7.2 H1034 TH030 7200 172.0 K01 hub: 194.0 m (TOT: 280.0 m) (15)

7: VESTAG V175-7.2 H1034 TH030 7200 172.0 K01 hub: 194.0 m (TOT: 280.0 m) (22)

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

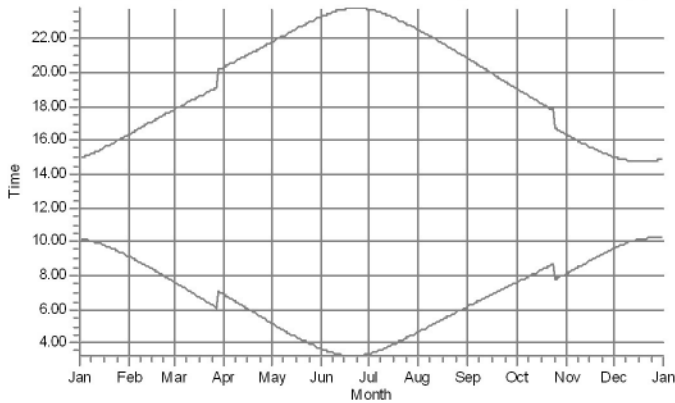
Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

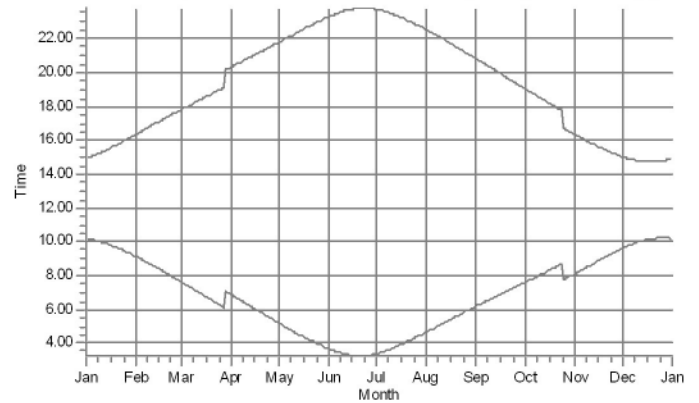
9.1.2025 17:51/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical**Calculation:** Yhteismallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025

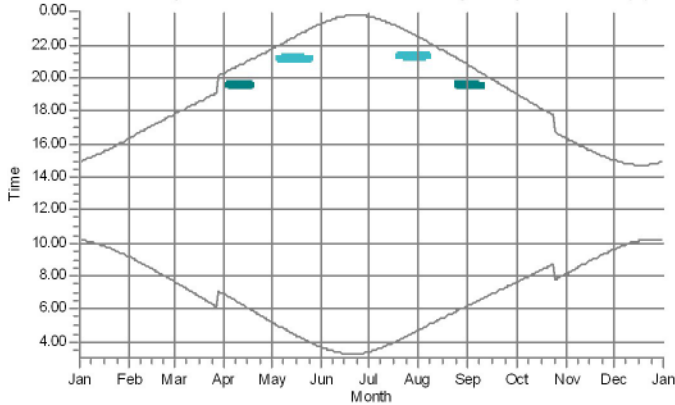
7: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (3)



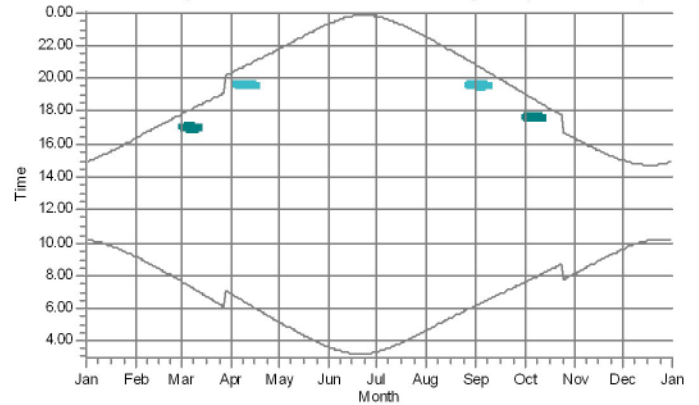
8: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (9)



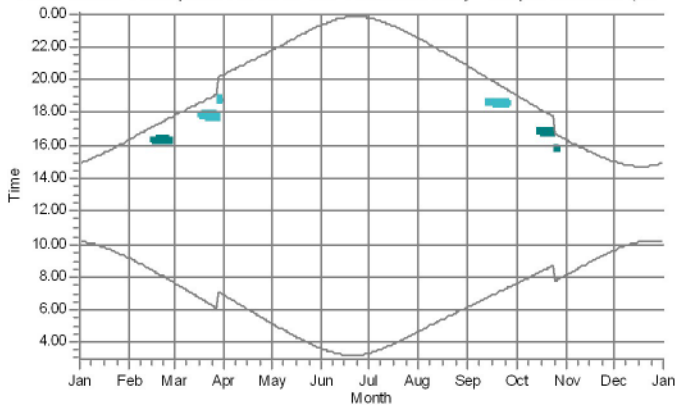
9: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (5)



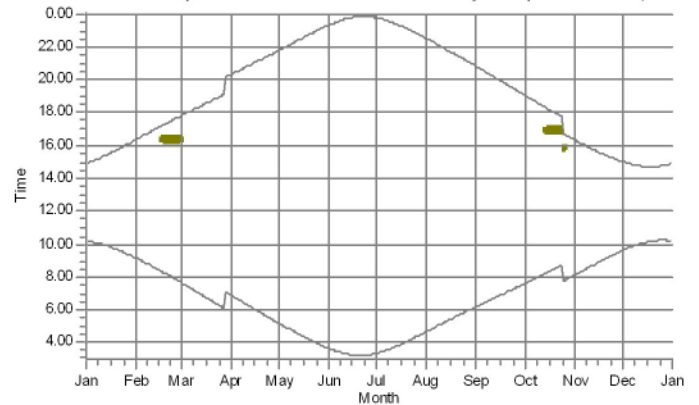
10: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (12)



11: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (13)



12: Shadow Receptor: 1.0 ä¼» 1.0 Azimuth: 0.0j° Slope: 90.0Ê½ (14)



WTO

24: VESTAS V175-2.2 (H1034) T1030 7200 172.0 KOI h= 194.0 m (TOT: 280.0 m) (S)

6: VESTAS V175-2.2 (H1034) T1030 7200 172.0 KOI h= 194.0 m (TOT: 280.0 m) (S)

26: VESTAS V175-2.2 (H1034) T1030 7200 172.0 KOI h= 194.0 m (TOT: 280.0 m) (S)

Project:

Bjorkbacken_kaavaehdotus_2025

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbHElisabeth-Consbruch-Straße 3
DE-34131 Kassel

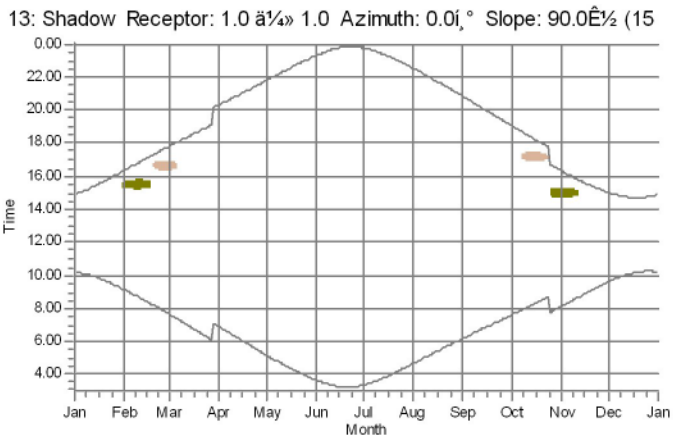
-

Sofia Lybäck / sofia.lyback@ramboll.fi

Calculated:

9.1.2025 17.51/4.0.552

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Yhteismallinnus_Bjorkbacken_kaavaehdotus_09012025

WT04

6: VESTAS V175-7.2 (H1094) T1020 7200 172.0 KOI hub: 194.0 m (TOT: 280.0 m) (16)

3: VESTAS V175-7.2 (H1094) T1020 7200 172.0 KOI hub: 194.0 m (TOT: 280.0 m) (17)