



ETHA WIND



## SKUGGEFFEKTUTREDNING

Kvarnbackens Vindkraftspark

17.11.2023

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	SAMMANFATTNING .....	2
2	BAKGRUND .....	3
3	HUR SKUGGEFFEKTER BILDAS .....	4
3.1	Riktvärden och gränsvärden .....	4
3.2	Beräkningsmetoder och utgångsdata .....	5
4	SKUGGEFFEKTER .....	8
4.1	Kvarnbackens skuggeffektpåverkan (ALT1) .....	8
4.2	Kvarnbackens skuggeffektpåverkan (ALT2) .....	10
4.3	Skuggeffektpåverkan när växtlighetens inverkan har beaktas (ALT1) .....	11
4.4	Skuggeffektpåverkan när växtlighetens inverkan har beaktas (ALT2) .....	13
4.5	Modellering med skuggeffekthanteringssystem .....	15
4.6	Osäkerhetsfaktorer i beräkningarna .....	17
4.7	Uppföljning och hantering av skuggproblem .....	18
5	REFERENSER .....	19
	Bilaga 1: Vindkraftverkens positioner .....	20

## VERSIONSHISTORIK

Version, Datum	Författare	Granskare	Godkännare	Sammanfattning
Ver 1	Christian Granlund, 2023-11-17	Arina Makarova, 2023-11-20	Arina Makarova, 2023-11-20	Skuggeffektutredning för Kvarnbackens vindkraftspark.

# 1 SAMMANFATTNING

## Uppgift:

Skuggeffektutredning för Kvarnbackens vindkraftspark.

## Arbetsmetod:

För utredningen har aktuella uppgifter om vindkraftverkens skuggning, gränsvärden för skuggeffekter, lokala förhållanden och modelleringsmetoder insamlats. Modelleringen utfördes i huvudsak i windPRO 3.6 med SHADOW-modulen. Modelleringen och rapporteringen följer Miljöministeriets anvisningar i Tuulivoimarakentamisen suunnittelu rapporten från 2016 (Miljöministeriet, 2016). De beräkningsparametrar som använts i utvärderingen finns angivna i denna rapport.

## Resultat:

Inga gränsvärden eller rekommendationsvärden för skuggeffektpåverkan har fastslagits i den finska lagstiftningen. I miljöministeriets anvisning OH 5/2016 rekommenderas det att använda andra länders riktvärden för att bedöma skuggeffektpåverkan i Finland.

I modelleringen med sju vindkraftverk (ALT1) överskrids det i Sverige och Tyskland rekommenderade gränsvärdet på 8 timmar skuggeffekt per år vid åtta närliggande bostäder/fritidsbostäder. I modelleringen med sex vindkraftverk (ALT2) överskrids gränsvärdet inte vid några närliggande bostäder eller fritidsbostäder. Den teoretiska årliga maxgränsen på 30 timmar skuggeffekt per år och den teoretiska dagliga maxgränsen på 30 minuter skuggeffekt per dag överskrids också vid ett flertal bostäder (Tabell 1).

Ifall de slutgiltiga turbindimensionerna är sådana att något av rekommendationsvärdena överskrids kommer ett skuggeffekthanteringssystem att användas. Överdriven skuggpåverkan kommer då att begränsas genom att tillfälligt stanna de vindkraftverk som orsakar skuggeffekt vid närliggande bostäder. Vindkraftverken kommer då att programmeras så att de automatiskt stannar vid väderförhållanden då skuggeffekter uppstår vid känsliga områden.

Tabell 1. Sammanfattning av jämförelsevärdenas överskridelser. Tabellen anger vid hur många bostäder (fasta bostäder eller fritidsbostäder) det angivna jämförelsevärdet överskrids. Modellering utan skog.

Rekommendationsvärde	Kvarnbacken, ALT1	Kvarnbacken, ALT2	ALT1 med flicker control system	ALT2 med flicker control system
> 10 h/år, verklig situation	1	0	0	0
> 8 h/år, verklig situation	7	0	0	0
> 30 h/år, teoretisk maxsituation	12	8	0	0
> 30 min/dag, teoretisk maxsituation	8	6	0	0

Tabell 2. Sammanfattning av jämförelsevärdenas överskridelser. Tabellen anger vid hur många bostäder (fasta bostäder eller fritidsbostäder) det angivna jämförelsevärdet överskrids. Modellering med skog.

Rekommendationsvärde	Kvarnbacken, ALT1	Kvarnbacken, ALT2
> 10 h/år, verklig situation	0	0
> 8 h/år, verklig situation	4	0
> 30 h/år, teoretisk maxsituation	7	4
> 30 min/dag, teoretisk maxsituation	3	2

## 2 BAKGRUND

Den här skuggeffektutredningen har utförts för Kvarnbackens vindkraftspark i Kronoby kommun. Två placeringsalternativ har beaktats i modelleringarna. Alternativ ALT1 består av sju vindkraftverk, och alternativ ALT2 består av sex vindkraftverk. I både ALT1 och ALT2 har skuggeffektmodelleringen gjorts med en vindkraftverkstyp med navhöjden 210 meter och rotordiametern 180 meter. Vindkraftverkets totalhöjd är 300 m.

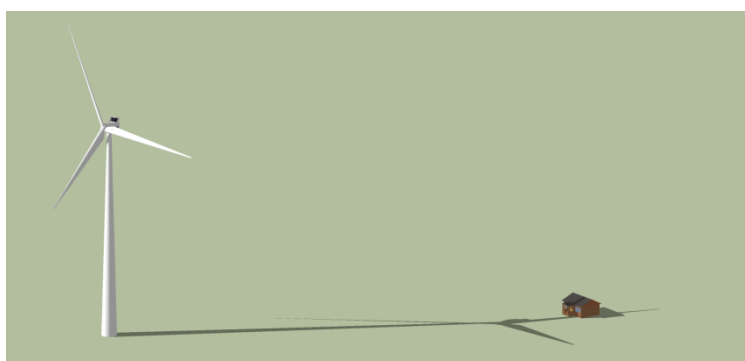
Utredningen är gjord med windPRO 3.6 och dess SHADOW-modul. Vid bedömningen av resultaten användes riktvärdena (LAI, 2002; Boverket, 2009) som rekommenderas av miljöministeriet i rapporten Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (2016). Etha Wind Oy har kontrollerat de angivna uppgifterna och beräkningarna och ansvarar för att beräkningen har utförts korrekt.

### 3 HUR SKUGGEFFEKTER BILDAS

När vindkraftverkens rotor snurrar uppstår en regelbundet blinkande skugga då kraftverket befinner sig mellan solen och observationspunkten. Mängden skuggeffekter är beroende av väderförhållanden så att till exempel om det är mulet så uppstår det inga skuggeffekter. På sommaren förekommer skuggeffekter på morgonen och kvällen, då solen ligger lågt. På vintern förekommer skuggeffekterna också mitt på dagen. Ju längre avståndet mellan vindkraftverket och observationspunkten är, desto mindre blir skuggeffekterna. När vindkraftverken inte snurrar förekommer inga skuggeffekter. Skuggeffekterna påverkas också av vindriktningen och vilket håll rotorn är vänd, eftersom effekterna beaktas från en specifik observationspunkt.

Tidpunkten för skuggeffekter samt längden på perioderna med skuggeffekter varierar under dygnet och under olika årstider. Vanligtvis varar en skuggeffektperiod mellan någon minut till upp emot 30 minuter, beroende på observationspunktens läge i förhållande till skuggeffektkällan.

Människor reagerar olika på skuggeffekter. Höga nivåer skuggeffekter vid bostäder kan påverka välbefinnandet för de boende. Huruvida skuggeffekten uppstår vid ett bostadshus, en fritidsbostad eller en arbetsplats påverkar hur störande skuggeffekten upplevs. Också den kumulativa skuggeffekten från flera projekt kan påverka närområdets bostadstrivsel samt friluftsanvändning.



*Figur 1. Skuggeffekter bildas vid soligt och klart väder då vindkraftverket snurrar mellan solen och observationspunkten.*

#### 3.1 RIKTVÄRDEN OCH GRÄNSVÄRDEN

Inga gränsvärden eller rekommendationsvärden för skuggeffektpåverkan har fastslagits i den finska lagstiftningen. I miljöministeriets anvisning OH 5/2016 rekommenderas det att använda

andra länders riktvärden för att bedöma skuggeffektpåverkan. I Tyskland och Sverige har man gett följande rekommendationsvärden för närliggande bosättning: högst 8 timmar skuggeffekt per år (så kallad verklig situation, där man beaktar solskenstimmar och vindförhållanden), högst 30 minuter skuggeffekt per dag samt högst 30 timmar skuggeffekt i året (teoretiska maxgränser). I Danmark används generellt 10 timmar per år som rekommendationsvärde i verklig situation.

Teoretisk maxsituation definieras som en situation där alla vindkraftverk antas vara i drift utan uppehåll, och där himlen alltid är molnfri. Under soliga perioder kan den teoretiska maxsituationen inträffa enskilda dagar, men i praktiken aldrig på årsbasis.

Skuggeffektresultaten i den här rapporten har jämförts mot de ovan nämnda rekommendationsvärdena.

### 3.2 BERÄKNINGSMETODER OCH UTGÅNGSDATA

Faktorer som påverkar bildandet av skuggeffekter är förutom väderförhållanden också vindkraftverkens höjd, rotordiameter och driftstid. Även träd och växtlighet påverkar, men detta har inte beaktats i modelleringen. Det är därför sannolikt att det ställvis förekommer mindre skuggning än beräknat.

Områden som påverkas av vindkraftverkens skuggning samt omfattningen av skuggeffekten beräknas i windPRO-programmet, i vilket statistiska uppgifter som motsvarar de lokala förhållandena har använts som basuppgifter. Programmet beräknar både skuggeffekten i enskilda punkter och skuggningen i hela vindkraftsområdet. Beräkningarna görs enligt verkliga förhållanden och följande parametrar beaktas: antalet timmar med solsken, vindförhållanden, vindkraftverkens höjd och positioner samt rotorns diameter. Träd och annan växtlighet har inte beaktats, vilket leder till att det ställvis rapporteras för höga skuggeffekter. Brukstiden och vindriktningen beräknas utgående från data från EMD-WRF.

Skuggeffektmodelleringen har genomförts enligt bästa praxis, genom att beakta vindkraftverkens bladbredd, utgående från vilket det maximala observationsavståndet från vindkraftverken beräknas (LAI 2002). Det maximala observationsområdet definieras så att vindkraftverkets blad täcker minst 20 % av solen i observationspunkten. Ifall observationspunkten är så långt borta från vindkraftverket att bladet täcker mindre än 20 % av solen, så är skuggeffekten så svag att den inte bedöms vara störande i observationspunkten.

I modelleringen har den s.k. växthusinställningen använts för bostäderna, dvs. skuggeffekter beräknas vara observerbara alltid då skuggområdet innefattar husets position. I verkligheten uppstår skuggeffekter enbart i rum som har fönster mot vindkraftverken.

Lantmäteriverkets uppgifter om terrängen används i modelleringen (med två meters resolution). Väderuppgifter togs från Seinäjoki väderstation. Seinäjoki väderstation befinner sig ca 75 km från parken. I beräkningarna antas att vindkraftverkens rotor snurrar endast då vindhastigheten är lämplig. Skuggeffekten beaktas på 2 m höjd, dvs. ungefär på människans observationshöjd. I tabellerna nedan presenteras de uppgifter om antalet solskenstimmar vilka användes i beräkningen samt uppgifter om vindkraftverkens drifttid.

*Tabell 3. Inställningar i modelleringen.*

Modellering	Beskrivning
<b>Solskenstimmar</b>	Uppgifter från Seinäjoki väderstation, Finska meteorologiska institutet (Tabell 3)
<b>Drifttid</b>	Baserat på EMD-WRF (Tabell 4)
<b>Inställningar för bostäder</b>	Växthus-inställningen
<b>Modellering</b>	Skuggeffektberäkning, standard (LAI 2002)
<b>Bladparametrar</b>	Vindkraftverkstillverkarens bladparametrar har använts
<b>Jämförelsevärden</b>	10 h/år verklig situation
	8 h/år verklig situation
	30 h/år teoretisk situation
	30 min/dag teoretisk situation

Tabell 4. Uppgifter om antalet solskenstimmar i beräkningen.

Månad	Medelantal solskenstimmar per dag
Januari	1,00
Februari	2,82
Mars	4,23
April	6,60
Maj	8,78
Juni	9,10
Juli	8,87
Augusti	6,81
September	4,67
Oktober	2,52
November	1,17
December	0,58
<b>Medeltal</b>	<b>4,76</b>

Tabell 5. Vindkraftverkens driftstid.

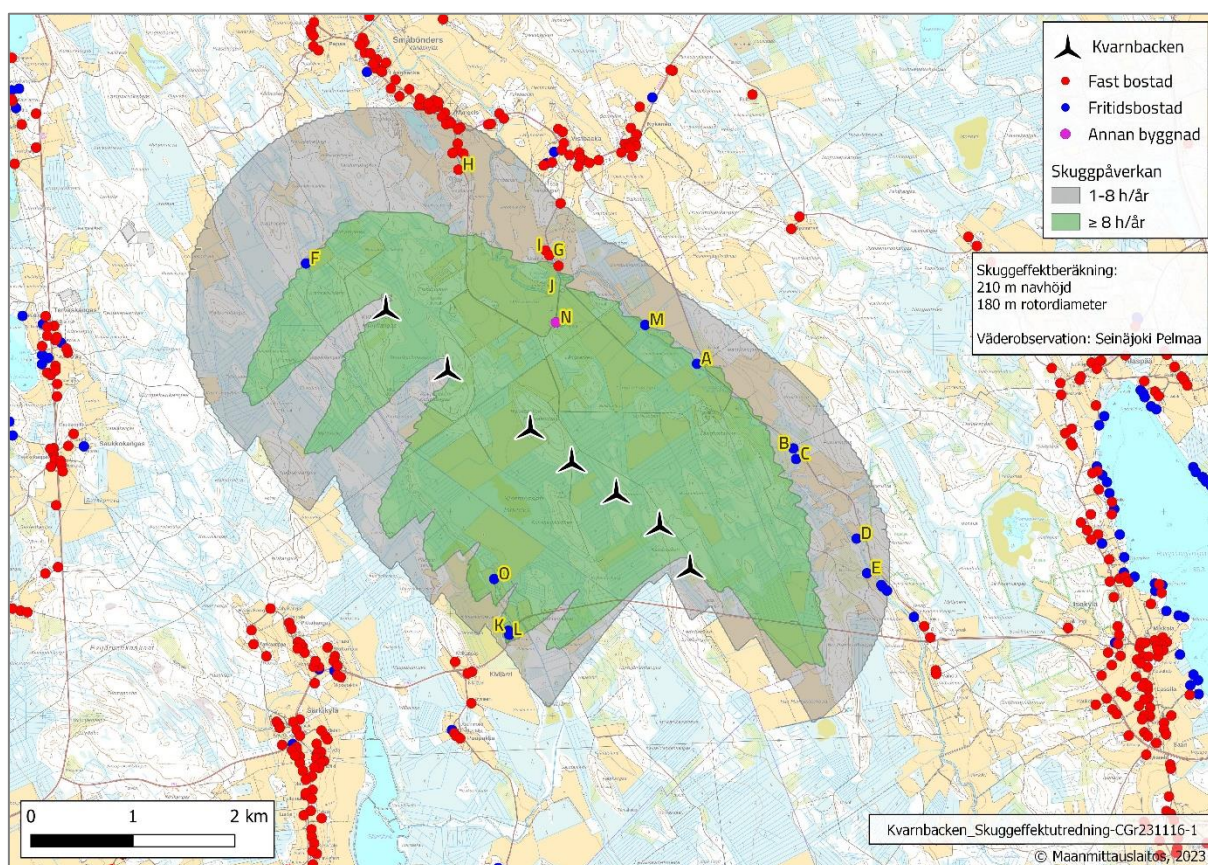
Vindriktning	Driftstid (h/år)
N	619
NNE	443
ENE	385
E	384
ESE	491
SSE	690
S	1017
SSW	1196
WSW	836
W	743
WNW	563
NNW	572
<b>Medeltal</b>	<b>7939</b>



## 4 SKUGGEFFEKTER

### 4.1 KVARNBACKENS SKUGGEFFEKTPÅVERKAN (ALT1)

Resultaten av beräkningarna presenteras här grafiskt och förklaras sedan skriftligt i detalj. På kartorna presenteras jämförelsevärdet på 8 h/år i verklig situation. I den här modelleringen har skogens skyddande inverkan inte beaktats.



Figur 2. Skuggeffektpåverkan på Kvarnbackens vindkraftsområde, ALT1 med sju turbiner. Observationspunkterna har märkts ut i bilden (A-O) och deras skuggnivåer redogörs för i tabell 6.

Utanför den gröna linjen förekommer det enligt beräkningarna mindre än 8 timmar skuggeffektpåverkan från vindkraftverken per år. Det rekommenderade värdet på högst 8 timmar skuggeffekt per år överskrids i alternativ ALT1 vid sex fritidsbostäder (A, F, K, L, M och O) och en fast bostad (J). Den teoretiska maxgränsen 30 h/år överskrids vid tolv bostäder (fast bostad eller fritidsbostad). Den teoretiska maxgränsen 30 min/dag överskrids vid åtta bostäder (fast bostad eller fritidsbostad).

Byggnaden N klassas i nuläget som en bostad, men beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom det är avtalat att användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad" ifall planen för Kvarnbackens vindkraftspark godkänns.

I beräkningen så kontrolleras också skuggeffektnivåerna i specifika observationspunkter. I följande tabell presenteras de beräknade resultaten vid närliggande fasta bostäder och fritidsbostäder.

Tabell 6. Resultat från skuggberäkningen, Kvarnbacken ALT1.

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	8:49	57:53	0:49	Ja
B	Fritidsbostad	335366	7034620	6:26	36:48	0:31	Delvis
C	Fritidsbostad	335393	7034516	6:37	37:16	0:35	Delvis
D	Fritidsbostad	335986	7033736	3:42	18:39	0:25	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	2:07	10:01	0:25	Nej
F**	Fritidsbostad	330584	7036433	8:37	44:44	0:46	Ja
G	Fast bostad	332971	7036513	6:38	44:03	0:29	Delvis
H	Fast bostad	332080	7037352	4:09	33:32	0:36	Delvis
I	Fast bostad	332935	7036561	6:32	43:54	0:29	Delvis
J	Fast bostad	333062	7036409	8:20	59:32	0:50	Ja
K	Fritidsbostad	332570	7032833	9:30	37:03	0:25	Ja
L	Fritidsbostad	332580	7032794	9:11	35:46	0:25	Ja
M	Fritidsbostad	333912	7035830	8:37	65:06	1:05	Ja
N	Annan byggnad	333037	7035855	16:38	102:58	1:32	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	12:09	48:51	0:31	Ja

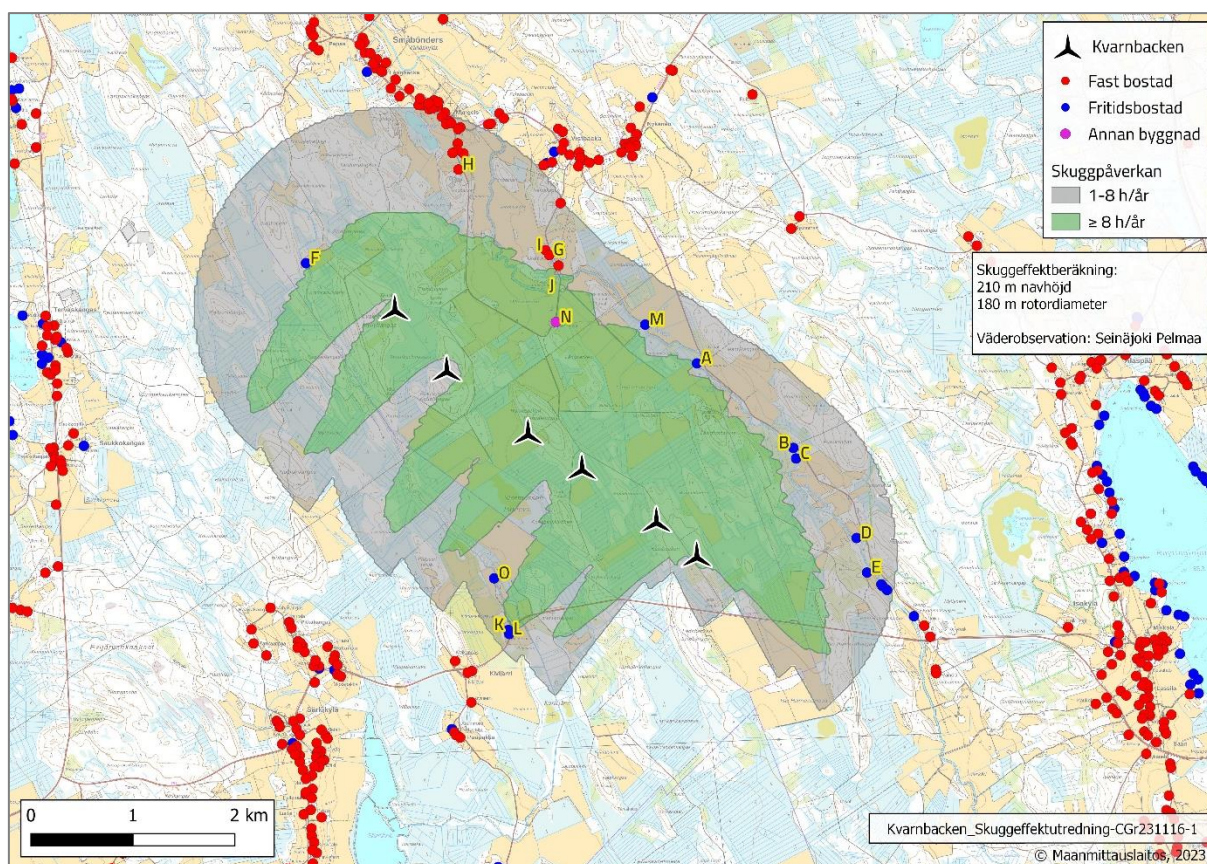
Att rekommendationsvärdena överskrids "delvis" betyder att enbart de teoretiska maxvärdena överskrids.

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

\*\* Fritidsbostad F har bygglov, men har lämnat i ofärdigt skick en längre tid.



## 4.2 KVARNBACKENS SKUGGEFFEKTPÅVERKAN (ALT2)



Figur 3. Skuggeffektpåverkan på Kvarnbackens vindkraftsområde, ALT2 med sex turbiner. Observationspunkterna har märkts ut i bilden (A-O) och deras skuggnivåer redogörs för i tabell 7.

Utanför den gröna linjen förekommer det enligt beräkningarna mindre än 8 timmar skuggeffektpåverkan från vindkraftverken per år. Det rekommenderade värdet på högst 8 timmar skuggeffekt per år överskrids inte vid några bostäder eller fritidsbostäder i alternativ ALT2. Den teoretiska maxgränsen 30 h/år överskrids vid åtta bostäder (fast bostad eller fritidsbostad). Den teoretiska maxgränsen 30 min/dag överskrids vid sex bostäder (fast bostad eller fritidsbostad).

Byggnaden N klassas i nuläget som en bostad, men beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom det är avtalat att användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad" ifall planen för Kvarnbackens vindkraftspark godkänns.

I följande tabell presenteras de beräknade resultaten vid närliggande fasta bostäder och fritidsbostäder.

Tabell 7. Resultat från skuggberäkningen, Kvarnbacken ALT2.

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	7:58	57:40	0:50	Delvis
B	Fritidsbostad	335366	7034620	5:02	29:21	0:31	Delvis
C	Fritidsbostad	335393	7034516	5:17	30:14	0:32	Delvis
D	Fritidsbostad	335986	7033736	2:18	11:48	0:27	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	2:24	10:51	0:25	Nej
F**	Fritidsbostad	330584	7036433	7:33	39:56	0:43	Delvis
G	Fast bostad	332971	7036513	6:40	44:28	0:29	Delvis
H	Fast bostad	332080	7037352	4:12	34:47	0:41	Delvis
I	Fast bostad	332935	7036561	6:35	44:27	0:29	Delvis
J	Fast bostad	333062	7036409	6:38	43:25	0:29	Delvis
K	Fritidsbostad	332570	7032833	6:12	23:52	0:26	Nej
L	Fritidsbostad	332580	7032794	5:40	21:54	0:25	Nej
M	Fritidsbostad	333912	7035830	6:17	46:51	0:45	Delvis
N	Annan byggnad	333037	7035855	14:05	84:48	1:08	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	3:48	15:12	0:26	Nej

Att rekommendationsvärdena överskrids "delvis" betyder att enbart de teoretiska maxvärdena överskrids.

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

\*\* Fritidsbostad F har bygglov, men har lämnat i ofärdigt skick en längre tid.

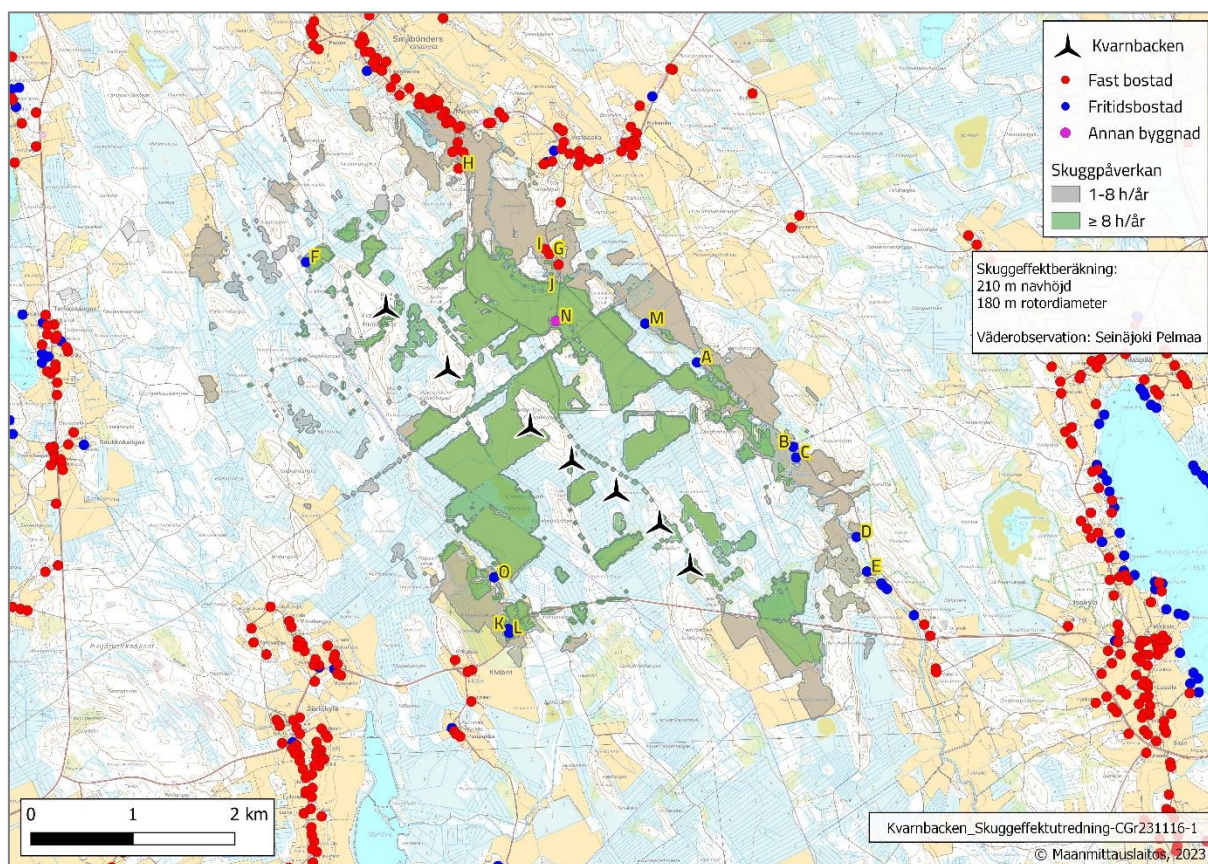
## 4.3 SKUGGEFFEKTPÅVERKAN NÄR VÄXTLIGHETENS INVERKAN HAR BEAKTAS (ALT1)

Ifall hög skog skymmer vindkraftverken så förekommer ingen skuggeffektpåverkan alls vid observationspunkterna. Ifall växtligheten skymmer vissa vindkraftverk så minskar skuggeffektpåverkan i observationspunkterna.

Höjddata för skogen har hämtats från skogsforskningsinstitutets laddningstjänst (METLA, 2021).

Skuggeffektmodelleringens resultat när växtlighetens inverkan har beaktats redovisas nedan.





Figur 4. Skuggeffektpåverkan på Kvarnbackens vindkraftsområde då skogens inverkan har beaktats. Observationspunkterna har märkts ut i bilden (A-O) och deras skuggnivåer redogörs för i tabell 8.

Från kartan kan man se att skuggeffektens spridningsområde är betydligt mindre när skogens inverkan har beaktats (jfr. figur 2). Skuggeffektnivåerna minskar vid flera observationspunkter när växtlighetens skyddande inverkan har beaktats. Det rekommenderade värdet på högst 8 timmar skuggeffekt per år överskrids vid fyra bostäder (fast bostad eller fritidsbostad). Den teoretiska maxgränsen 30 h/år överskrids vid sju bostäder (fast bostad eller fritidsbostad). Den teoretiska maxgränsen 30 min/dag överskrids vid tre bostäder (fast bostad eller fritidsbostad).

Resultaten från skuggeffektberäkningen då skogens inverkan har beaktats redovisas för 15 observationspunkter i tabell 8.

Tabell 8. Resultat från skuggberäkningen då skogens inverkan har beaktats, Kvarnbacken ALT1.

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	0:00	0:00	0:00	Nej
B	Fritidsbostad	335366	7034620	6:26	36:48	0:31	Delvis
C	Fritidsbostad	335393	7034516	0:00	0:00	0:00	Nej
D	Fritidsbostad	335986	7033736	0:00	0:00	0:00	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	0:00	0:00	0:00	Nej
F**	Fritidsbostad	330584	7036433	8:37	44:44	0:46	Ja
G	Fast bostad	332971	7036513	6:38	44:03	0:29	Delvis
H	Fast bostad	332080	7037352	0:00	0:00	0:00	Nej
I	Fast bostad	332935	7036561	6:32	43:54	0:29	Delvis
J	Fast bostad	333062	7036409	8:20	59:32	0:50	Ja
K	Fritidsbostad	332570	7032833	9:30	37:03	0:25	Ja
L	Fritidsbostad	332580	7032794	9:11	35:46	0:25	Ja
M	Fritidsbostad	333912	7035830	0:00	0:00	0:00	Nej
N	Annan byggnad	333037	7035855	14:06	91:55	1:32	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	0:00	0:00	0:00	Nej

Att rekommendationsvärdena överskrids "delvis" betyder att enbart de teoretiska maxvärdena överskrids.

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

\*\* Fritidsbostad F har bygglov, men har lämnat i ofärdigt skick en längre tid.

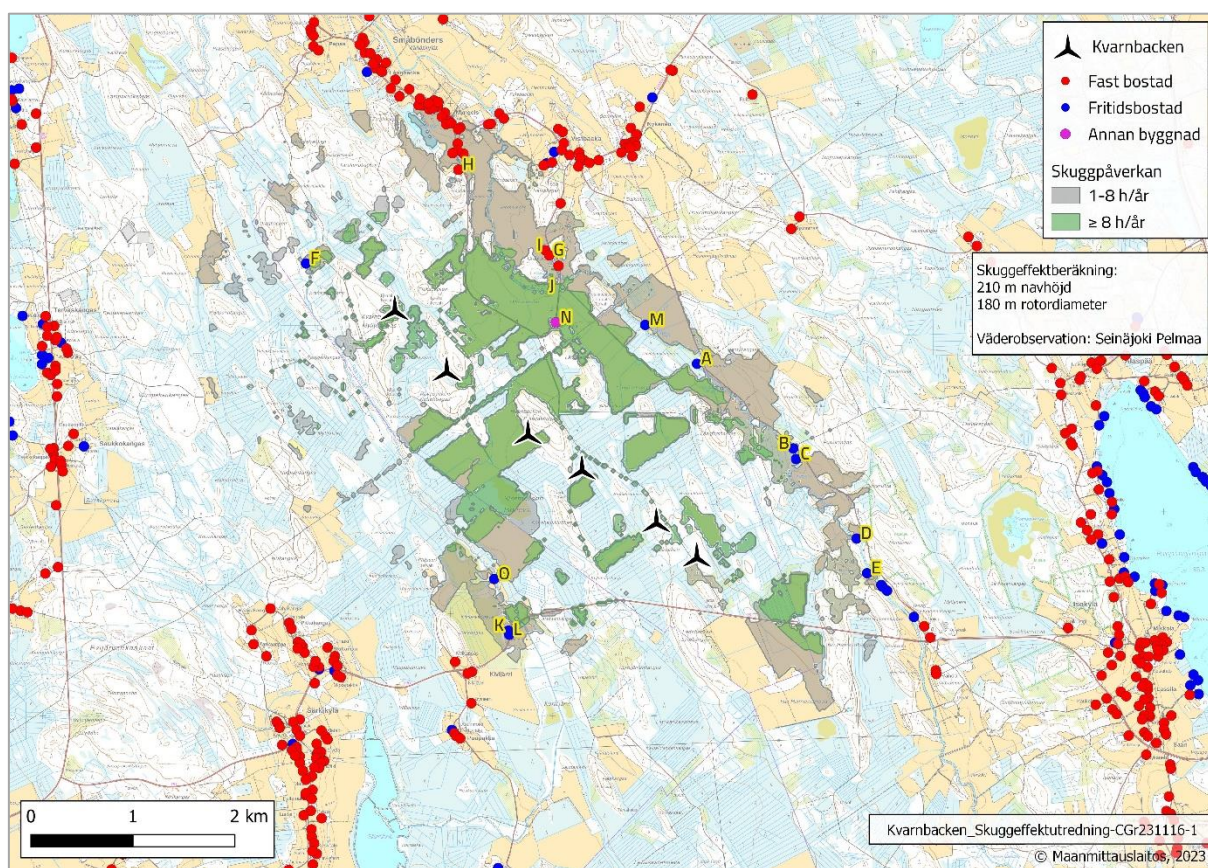
## 4.4 SKUGGEFFEKTPÅVERKAN NÄR VÄXTLIGHETENS INVERKAN HAR BEAKTAS (ALT2)

Ifall hög skog skymmer vindkraftverken så förekommer ingen skuggeffektpåverkan alls vid observationspunkterna. Ifall växtligheten skymmer vissa vindkraftverk så minskar skuggeffektpåverkan i observationspunkterna.

Höjddata för skogen har hämtats från skogsforskningsinstitutets laddningstjänst (METLA, 2021).

Skuggeffektmodelleringens resultat när växtlighetens inverkan har beaktats redovisas nedan.





Figur 5. Skuggeffektpåverkan på Kvarnbackens vindkraftsområde då skogens inverkan har beaktats. Observationspunkterna har märkts ut i bilden (A-O) och deras skuggnivåer redogörs för i tabell 9.

Från kartan kan man se att skuggeffektens spridningsområde är betydligt mindre när skogens inverkan har beaktats (jfr. figur 3). Skuggeffektnivåerna minskar vid flera observationspunkter när växtlighetens skyddande inverkan har beaktats. Det rekommenderade värdet på högst 8 timmar skuggeffekt per år överskrids inte vid några bostäder eller fritidsbostäder i alternativ ALT2. Den teoretiska maxgränsen 30 h/år överskrids vid fyra bostäder (fast bostad eller fritidsbostad). Den teoretiska maxgränsen 30 min/dag överskrids vid två bostäder (fast bostad eller fritidsbostad).

Resultaten från skuggeffektberäkningen då skogens inverkan har beaktats redovisas för 15 observationspunkter i tabell 9.

Tabell 9. Resultat från skuggberäkningen då skogens inverkan har beaktats, Kvarnbacken ALT2.

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	0:00	00:00	0:00	Nej
B	Fritidsbostad	335366	7034620	5:02	29:21	0:31	Delvis
C	Fritidsbostad	335393	7034516	0:00	00:00	0:00	Nej
D	Fritidsbostad	335986	7033736	0:00	00:00	0:00	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	0:00	00:00	0:00	Nej
F**	Fritidsbostad	330584	7036433	7:33	39:56	0:43	Delvis
G	Fast bostad	332971	7036513	6:40	44:28	0:29	Delvis
H	Fast bostad	332080	7037352	0:00	00:00	0:00	Nej
I	Fast bostad	332935	7036561	6:35	44:27	0:29	Delvis
J	Fast bostad	333062	7036409	6:38	43:25	0:29	Delvis
K	Fritidsbostad	332570	7032833	6:12	23:52	0:26	Nej
L	Fritidsbostad	332580	7032794	5:40	21:54	0:25	Nej
M	Fritidsbostad	333912	7035830	0:00	00:00	0:00	Nej
N	Annan byggnad	333037	7035855	11:17	72:33	1:08	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	0:00	00:00	0:00	Nej

Att rekommendationsvärdena överskrids "delvis" betyder att enbart de teoretiska maxvärdena överskrids.

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

\*\* Fritidsbostad F har bygglov, men har lämnat i ofärdigt skick en längre tid.

## 4.5 MODELLERING MED SKUGGEFFEKTHANteringSSYSTEM

Ifall de slutgiltiga turbindimensionerna är sådana att något av rekommendationsvärdena överskrids, kommer ett skuggeffekthanteringssystem att användas för att minska påverkan vid närliggande bostäder och sommarstugor. Nedan presenteras en strategi för att säkerställa att inga jämförelsevärden överskrids, samt de modellerade resultaten ifall dessa driftinställningar implementeras. Skuggeffektmodelleringen är gjord med en vindkraftverkstyp med navhöjden 210 meter och rotordiametern 180 meter.

Syftet med skuggeffekthanteringssystemet är att säkerställa att rekommendationsvärdena för skuggeffekt inte överskrids. Systemet kan köras med annorlunda driftinställningar, vilket ger annorlunda resultat, förutsatt att inga rekommendationsvärden överskrids. Resultaten i tabellen nedan skall därför ses som ett exempel med installerat skuggeffekthanteringssystem.



För alternativ ALT1 med sju vindkraftverk behöver skuggeffekthanteringssystemet installeras i fem kraftverk: 1, 2, 4, 5 och 6. För alternativ ALT2 med sex vindkraftverk skulle sensorn installeras i fyra kraftverk: 1, 3, 5 och 6. Med dessa konfigurationer är det möjligt att se till att skuggpåverkan underskrider de rekommenderade värdena.

Resultaten av skuggmodelleringar, där skuggeffekthanteringssystem har beaktats, finns för båda placeringsalternativen i tabellerna nedan. I båda alternativen förekommer skuggeffekter från vindkraftverken i huvudsak under våren och hösten. I korta perioder under våren och hösten är det nödvändigt att stoppa kraftverken. Kraftverket stoppas automatiskt vid vissa tidpunkter förutsatt att solen skiner.

*Tabell 10. Resultaten av skuggberäkningen av placeringsplanen ALT1 när skuggeffekthanteringssystemet (flicker control system) är på plats. Skogens inverkan har inte beaktats i modelleringen.*

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	1:43	9:34	0:24	Nej
B	Fritidsbostad	335366	7034620	4:10	23:39	0:28	Nej
C	Fritidsbostad	335393	7034516	4:16	24:07	0:29	Nej
D	Fritidsbostad	335986	7033736	3:42	18:39	0:25	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	2:07	10:01	0:25	Nej
F	Fritidsbostad	330584	7036433	1:43	10:14	0:25	Nej
G	Fast bostad	332971	7036513	2:42	22:15	0:27	Nej
H	Fast bostad	332080	7037352	1:42	16:28	0:24	Nej
I	Fast bostad	332935	7036561	2:45	22:07	0:26	Nej
J	Fast bostad	333062	7036409	3:44	26:31	0:28	Nej
K	Fritidsbostad	332570	7032833	2:50	11:29	0:23	Nej
L	Fritidsbostad	332580	7032794	2:58	11:53	0:24	Nej
M	Fritidsbostad	333912	7035830	2:21	14:04	0:29	Nej
N	Annan byggnad	333037	7035855	15:55	96:24	1:32	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	5:26	22:56	0:26	Nej

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

Tabell 11. Resultaten av skuggberäkningen av placeringsplanen ALT2 när skuggeffekthanteringssystemet (flicker control system) är på plats. Skogens inverkan har inte beaktats i modelleringen.

Bostad	Klassificering	Östlig (ETRS TM35FIN)	Nordlig (ETRS TM35FIN)	Skuggeffekt (h/år, verklig situation)	Skuggeffekt (h/år, teoretisk maxsituation)	Skuggeffekt (h/dag, teoretisk maxsituation)	Överskrider rekommendation
A	Fritidsbostad	334421	7035450	2:19	13:55	0:28	Nej
B	Fritidsbostad	335366	7034620	2:14	12:51	0:28	Nej
C	Fritidsbostad	335393	7034516	4:10	23:40	0:29	Nej
D	Fritidsbostad	335986	7033736	2:18	11:48	0:27	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	2:24	10:51	0:25	Nej
F	Fritidsbostad	330584	7036433	1:44	10:19	0:25	Nej
G	Fast bostad	332971	7036513	2:42	16:39	0:29	Nej
H	Fast bostad	332080	7037352	1:42	16:29	0:23	Nej
I	Fast bostad	332935	7036561	3:20	19:43	0:29	Nej
J	Fast bostad	333062	7036409	3:59	22:39	0:29	Nej
K	Fritidsbostad	332570	7032833	6:12	23:52	0:26	Nej
L	Fritidsbostad	332580	7032794	5:40	21:54	0:25	Nej
M	Fritidsbostad	333912	7035830	2:23	17:52	0:29	Nej
N	Annan byggnad	333037	7035855	13:27	79:46	1:06	Nej*
O	Fritidsbostad	332431	7033340	3:48	15:12	0:26	Nej

\* Byggnaden N beaktas inte i skuggeffektresultaten, eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

## 4.6 OSÄKERHETSFAKTORER I BERÄKNINGARNA

I skuggberäkningen har statistiska långtidsväderförhållanden använts, och därmed resulterar beräkningen i en genomsnittlig skuggningseffekt. Ifall väderförhållandena skiljer sig kraftigt från de statistiska uppgifterna som använts i modelleringen kan de verkliga skuggeffekterna vara annorlunda än beräknat.

Driftstiden, dvs. tiden som vindkraftverken snurrar och producerar elektricitet, är en annan osäkerhetsfaktor i beräkningen. Då driftstiden varierar från det antagna kan skuggningseffekterna i någon mån variera vid vissa punkter. Osäkerheten i de antagna vindriktningarna kan också påverka resultatet i viss mån.

Modelleringarna som beaktar vegetationens höjd innehåller osäkerhet relaterad till det använt vegetationsdata. Detta gäller främst ifall skog har huggits bort efter datainsamlingen. I så fall kommer modelleringen att ställvis visa för få skuggtimmar.

## 4.7 UPPFÖLJNING OCH HANTERING AV SKUGGPROBLEM

Vindkraftverkens skuggeffektpåverkan kan begränsas redan i planeringsskedet. Man har strävat efter att placera vindkraftverken så att de orsakar så lite skuggeffekter som möjligt på känsliga områden. Tornets höjd, rotorns diameter och bladens bredd påverkar på mängden skuggeffekt som uppkommer. Om vindkraftverkstypen som byggs skiljer sig signifikant från den vindkraftverkstyp som använts i den här studien, bör skuggeffektmodelleringen uppdateras i bygglovsskedet.

Ifall det förekommer problem med skuggningseffekter är det möjligt att stanna vindkraftverken vid de specifika tidpunkterna då de orsakar problem. Vindkraftverken kan programmeras så att de automatiskt stannar vid väderförhållanden då skuggeffekter uppstår vid känsliga områden (användning av så kallad flicker control).

## 5 REFERENSER

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). *Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.*

Miljöministeriet (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu / OH 5/2016. Helsinki.*

LAI (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), Länderausschuss für Immissionsschutz-Arbeitsgruppe Schattenwurf.*

Boverket (2009). *Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden.*

Etha Wind Oy (2022). *02\_Flicker\_Checklist\_ArM220711-1.* Internal work description.

## BILAGA 1: VINDKRAFTVERKENS POSITIONER

Vindkraftverkens positioner presenteras i följande tabeller.

*Tabell 12. Vindkraftverkens koordinater, Kvarnbacken ALT1.*

Vindkraftverk	Östlig koord. (ETRS-TM35-FIN)	Nordlig koord. (ETRS-TM35-FIN)
1	331367	7036005
2	331971	7035409
3	332783	7034840
4	333190	7034512
5	333627	7034204
6	334053	7033890
7	334352	7033472

*Tabell 13. Vindkraftverkens koordinater, Kvarnbacken ALT2.*

Vindkraftverk	Östlig koord. (ETRS-TM35-FIN)	Nordlig koord. (ETRS-TM35-FIN)
1	331454	7036001
2	331963	7035403
3	332761	7034784
4	333290	7034438
5	334020	7033922
6	334417	7033582