

FLIMMERMODELLERINGSRAPPORT

Vindkraftsparken i Markjärv

Winda Energy Oy

24.2.2026

Innehåll

1. Inledning.....	3
2. Riktvärden för flimmer från vindkraft	3
3. Inställningar och utgångsdata för flimmermodelleringen	4
4. Resultat av flimmermodellering	7
5. Källor	13

Bilagor

Bilaga 1: WindPRO-utskrift av flimmermodelleringen inklusive grafer över flimmereffekten per modelleringspunkt

1. Inledning

Denna rapport avser modellering av flimmer som Markjärvs vindkraftsprojekt i Kronoby kommun medför. Modelleringen har utförts för utkastet för en delgeneralplan för Markjärvs vindkraftspark. Flimmermodelleringen har utförts med WindPRO-programvarans SHADOW-modul.

Denna flimmermodellering har utförts efter flimmermodelleringen i projektets miljökonsekvensbedömning. Denna rapport inkluderar även den 'worst case'-flimmermodellering som MKB-kontaktmyndigheten begärt i sin motiverade slutsats där det antas att vindkraftverken alltid roterar och att solen alltid skiner under dagen.

Flimmer som orsakas av vindkraftverk beror på de rörliga skuggor som skapas av deras roterande rotor. När ett vindkraftverks blad roterar mellan solen och en människa kan skuggan som blixtar förbi uppfattas som störande. Flimmereffekten sträcker sig bara till ett avstånd på cirka tre kilometer från vindkraftverket eftersom bladet på större avstånd täcker en så liten del av solen att det inte uppstår någon skarp skugga.

Flimmermodelleringen har upprättats av diplomingenjör Aapeli Junkala vid Winda Energy.

2. Riktvärden för flimmer från vindkraft

I Finland har myndigheterna inte fastställt några riktvärden för flimmer från vindkraftverk, men flimmer får inte orsaka orimlig olägenhet för de boende i närheten av vindkraftverket. I miljöförvaltningen anvisning *Planering av vindkraftsutbyggnad* (2016) rekommenderas att flimmer bedöms enligt andra länders rekommendationer. Till exempel i Tyskland, Danmark och Sverige används följande riktvärden för flimmer i bostadsområden:

Tyskland:

- Utan att beakta soltimmar (så kallad worst-case): 30 timmar per år och 30 minuter per dag.
- Med beaktande av soltimmar och vindkraftverkets drifttimmar (så kallad real-case): åtta timmar per år.

Danmark:

- Enligt real-case-modellering får flimmer förekomma under högst tio timmar per år.

Sverige:

- Enligt real-case-modellering får flimmer förekomma under högst åtta timmar per år och 30 minuter per dag.

Vid real-case-modellering tar man hänsyn till den månatliga sannolikheten för solsken på basis av meteorologiska data samt variationer i vindhastigheten och vindriktningen. Vid worst-case-modellering antar man att solen alltid skiner under dagen och att vindhastigheten är tillräckligt hög så att vindkraftverken aldrig står stilla.

3. Inställningar och utgångsdata för flimmermodelleringen

3.1 Modelleringspunkter

Placeringen av vindkraftverken i delgeneralplanen för Markjärvs vindkraftspark, planområdet, bosättningen samt de modelleringspunkter som använts i flimmermodelleringen visas i bild 1. Modelleringspunkterna är de bostads- och fritidsbyggnader som ligger närmast projektet, och de är desamma som i flimmermodelleringen i miljökonsekvensbeskrivningen för Markjärv. Modelleringspunkternas koordinater samt byggnadstyperna visas i tabell 1.

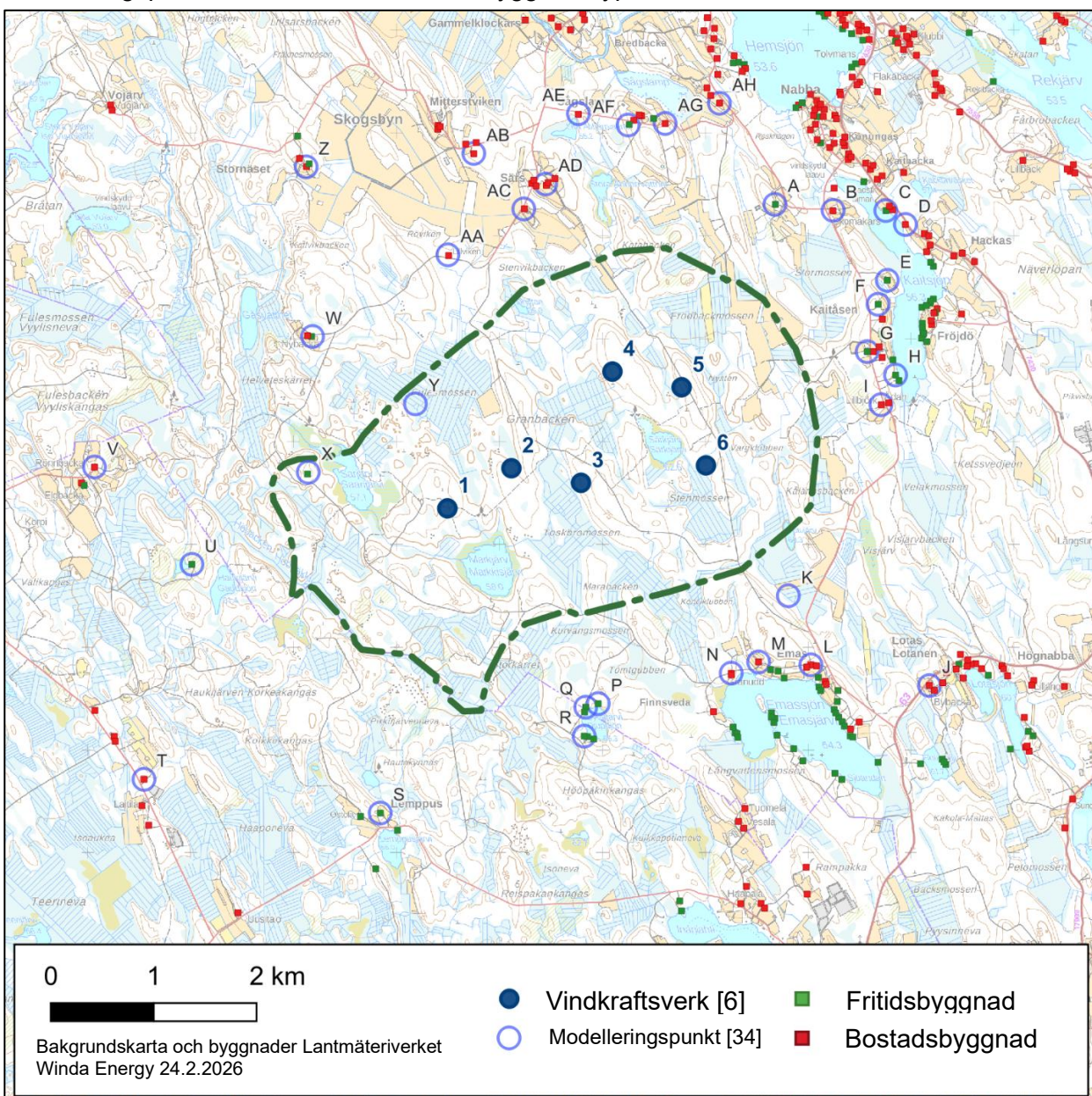


Bild 1. Delgeneralplanområdet för Markjärvs vindkraftspark, vindkraftverkens placeringar och modelleringspunkterna.

Punkt	Byggnad	E	N
A	Fritidsbyggnad 1	326677	7048304
B	Bostadsbyggnad 1	327243	7048247
C	Fritidsbyggnad 2	327755	7048244
D	Bostadsbyggnad 2	327946	7048109
E	Fritidsbyggnad 3	327770	7047566
F	Fritidsbyggnad 4	327680	7047333
G	Fritidsbyggnad 5	327574	7046873
H	Fritidsbyggnad 6	327850	7046645
I	Bostadsbyggnad 3	327708	7046357
J	Bostadsbyggnad 4	328179	7043627
K	Bygglov för fritidsbyggnad	326808	7044500
L	Bostadsbyggnad 5	327027	7043828
M	Bostadsbyggnad 6	326519	7043856
N	Bostadsbyggnad 7	326253	7043747
O	Bostadsbyggnad 8	326082	7043371
P	Fritidsbyggnad 7	324961	7043451
Q	Fritidsbyggnad 8	324839	7043416

Punkt	Byggnad	E	N
R	Fritidsbyggnad 9	324824	7043135
S	Fritidsbyggnad 10	322842	7042387
T	Bostadsbyggnad 9	320546	7042715
U	Fritidsbyggnad 11	321012	7044805
V	Bostadsbyggnad 10	320065	7045751
W	Fritidsbyggnad 12	322184	7047020
X	Fritidsbyggnad 13	322143	7045700
Y	Bygglov för jaktstuga	323184	7046365
Z	Bostadsbyggnad 11	322122	7048669
AA	Bostadsbyggnad 12	323500	7047814
AB	Bostadsbyggnad 13	323751	7048800
AC	Bostadsbyggnad 14	324237	7048260
AD	Bostadsbyggnad 15	324449	7048502
AE	Bostadsbyggnad 16	324768	7049186
AF	Fritidsbyggnad 14	325251	7049076
AG	Bostadsbyggnad 17	325611	7049091
AH	Bostadsbyggnad 18	326138	7049287

Tabell 1. Koordinaterna för beräkningspunkterna i flimmermodelleringen i ETRS-TM35FIN-format

3.2 Flimmermodelleringsens inställningar

Tabell 2 visar inställningarna för programvaran som använts vid flimmermodelleringen samt utgångsdata för modelleringen och vindkraftverket. Modelleringens utgångsdata är i övrigt desamma som i flimmermodelleringen i projektets miljökonsekvensbeskrivning, men bredden på bladet av det vindkraftverk som använts i denna modellering har ökat något. Bladets dimensioner har erhållits genom att linjärt skala bladet på en Nordex N175-vindkraftverk så att rotordiametern blir 200 meter.

Enligt Tysklands anvisningar för flimmermodellering tas flimmer inte i beaktande om solljusvinkeln är mindre än 3° över horisonten. Vid beräkningen tar man hänsyn till flimmer endast om vindkraftverkets blad täcker minst 20 % av solen. Med de bladdimensioner som använts i modelleringen inträffar detta när avståndet från beräkningspunkten till närmaste vindkraftverk är högst 2 090 meter.

Vid modelleringen tar man hänsyn till terränghöjden, dock inte skogar eller andra hinder ovanför marken som potentiellt skulle kunna minska flimmerpåverkan.

Tabell 2. Utgångsdata för den programvara som använts vid flimmermodelleringen och för vindkraftverket.

UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET											
Modellprogram och version: WindPRO 4.0, SHADOW-modul						Modelleringsmetoder: worst case & real case					
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKET											
Vindkraftverk som modelleras baseras på: Nordex N175/6.X med skalade blad											
Maximal bladbredd: 4,78 m			Bladbredd 1/10 från spetsen: 1,39 m			Navhöjd: 220			Rotordiameter: 200		
MODULLERINGSINSTÄLLNINGAR											
Beräkningshöjd: 1,0 m			Beräkningsfönster: 1 m x 1 m "Green house mode"			Maximalt avstånd och grund för beräkningen: 2 090 m Bladet ska täcka 20% av vingen					
Terrängmodell: Triangelnät som baseras på Lantmäteriverkets höjdmodell HM10											
METEOROLOGISKA DATA I REAL-CASE-MODELLERINGAR											
Uppgifter om soltimmar: Meteorologiska institutets Pelmaa observationsstation i Seinäjoki 1991–2020											
Genomsnittligt solsken per månad (soltimmar per dag):											
1. 0.97	2. 2.51	3. 4.68	4. 6.30	5. 8.62	6. 9.20	7. 5.42	8. 6.68	9. 4.67	10. 2.58	11. 1.03	12. 0.55
Uppgifter om vind: EMD WRF Europe+ (ERA5) [vindhastigheter och vindriktningar vid navhöjd i projektområdet]											
Vindkraftverkens drifttimmar per vindriktning (12 st. 30° sektorer, i grader från norr):											
0° P 650	30° 463	60° 252	90° I 414	120° 359	150° 725	180° E 1214	210° 1331	240° 1151	270° L 906	300° 613	330° 672

4. Resultat av flimmermodellering

Resultaten av flimmermodelleringen har visats i form av kartor i bilderna 2–5 och numeriskt i tabell 3. Vid real-case-modellering överskrids Tysklands och Sveriges gränsvärde på 8 h/år inte för någon av bostads- eller fritidsbyggnaderna eller för de bygglov som möjliggör uppförandet av sådana byggnader. Gränsvärdet överskrids endast vid modelleringspunkt Y där det finns bygglov för en jaktstuga. Sveriges real-case-gränsvärde på 30 min/dag överskrids inte vid någon av modelleringspunkterna.

Vid worst-case-modelleringar överskrids Tysklands gränsvärde på 30 h/år endast vid modelleringspunkt Y, men Tysklands gränsvärde på 30 min/dag överskrids utöver Y även vid X där det finns en fritidsbyggnad. Om sannolikheten för solljus och vindkraftverkens rotation inte beaktas kan flimmer upplevas under högst 42 min/dag vid punkt X.

I tabell 3 visas de årliga real-case- och worst-case-timmarna av flimmer samlade samt huruvida flimmer överskrider Tysklands, Danmarks eller Sveriges riktvärden vid modelleringspunkten.

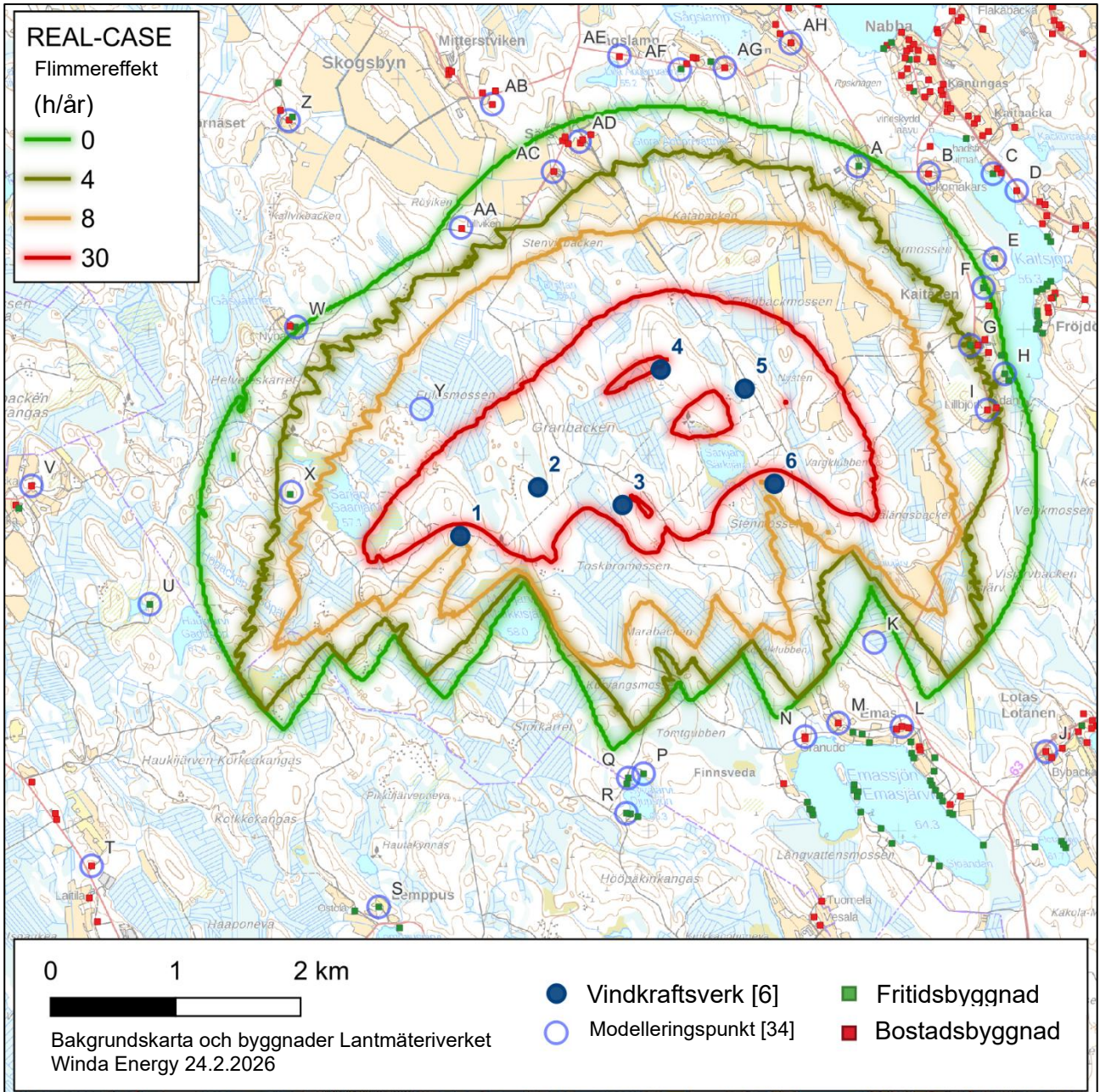


Bild 2: Flimmereffektens varaktighet per år vid real-case-modellering

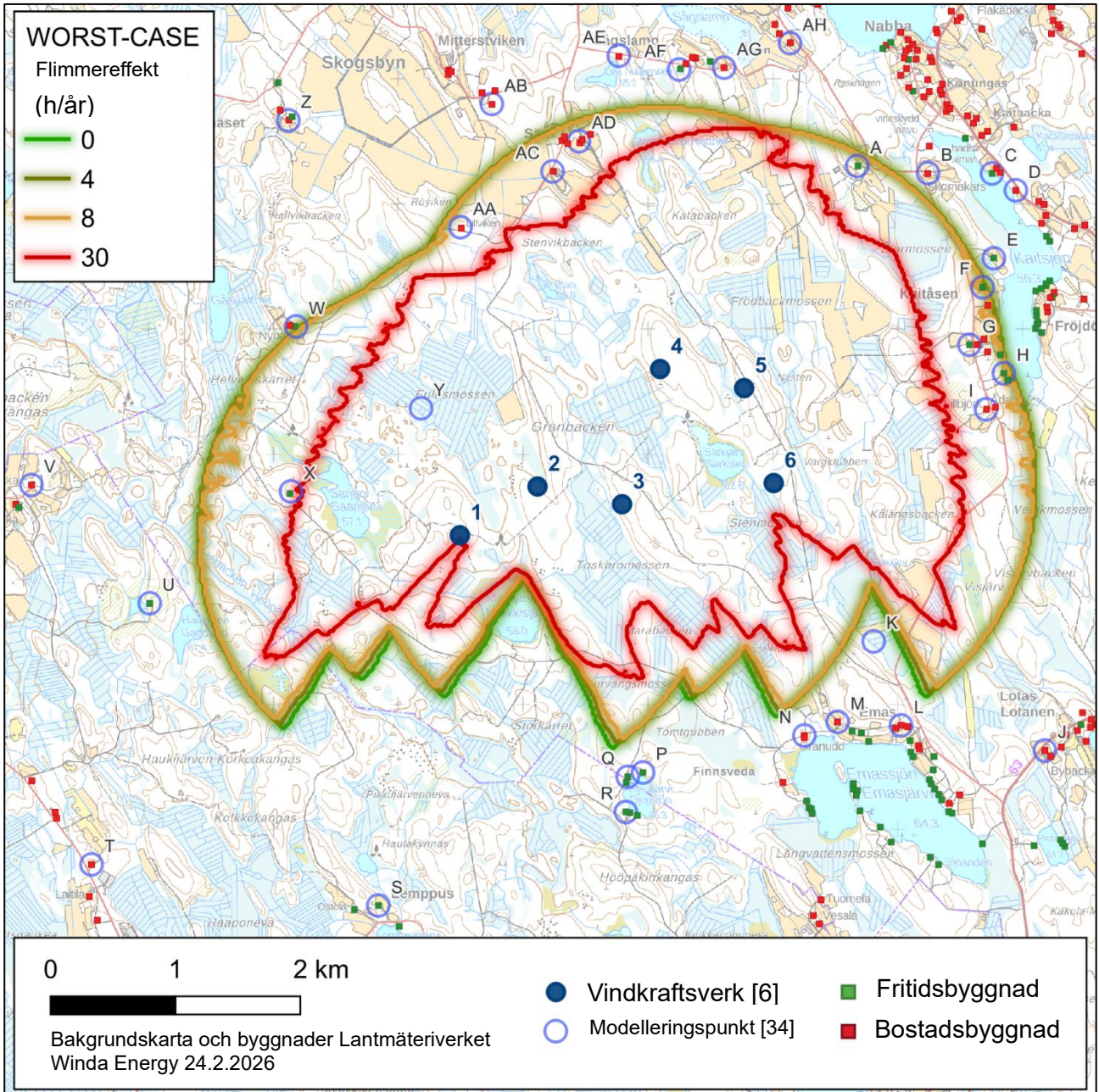


Bild 3: Flimmereffektens varaktighet per år vid worst-case-modellering. Gränserna på 0–8 h/år ligger nära varandra på grund av modelleringens maximivstånd.

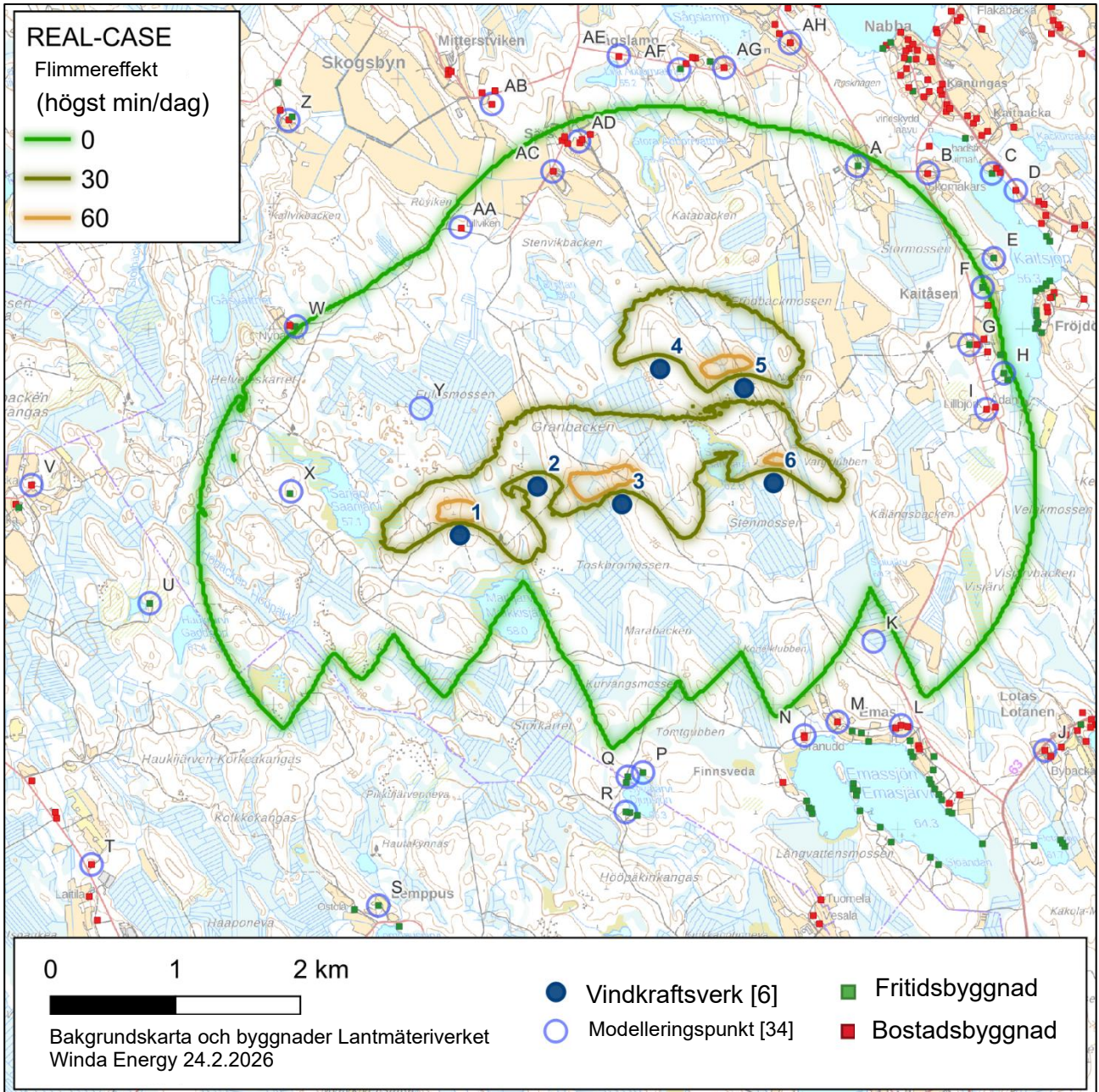


Bild 4: Flimmereffektens maximala varaktighet per dag vid real-case-modellering

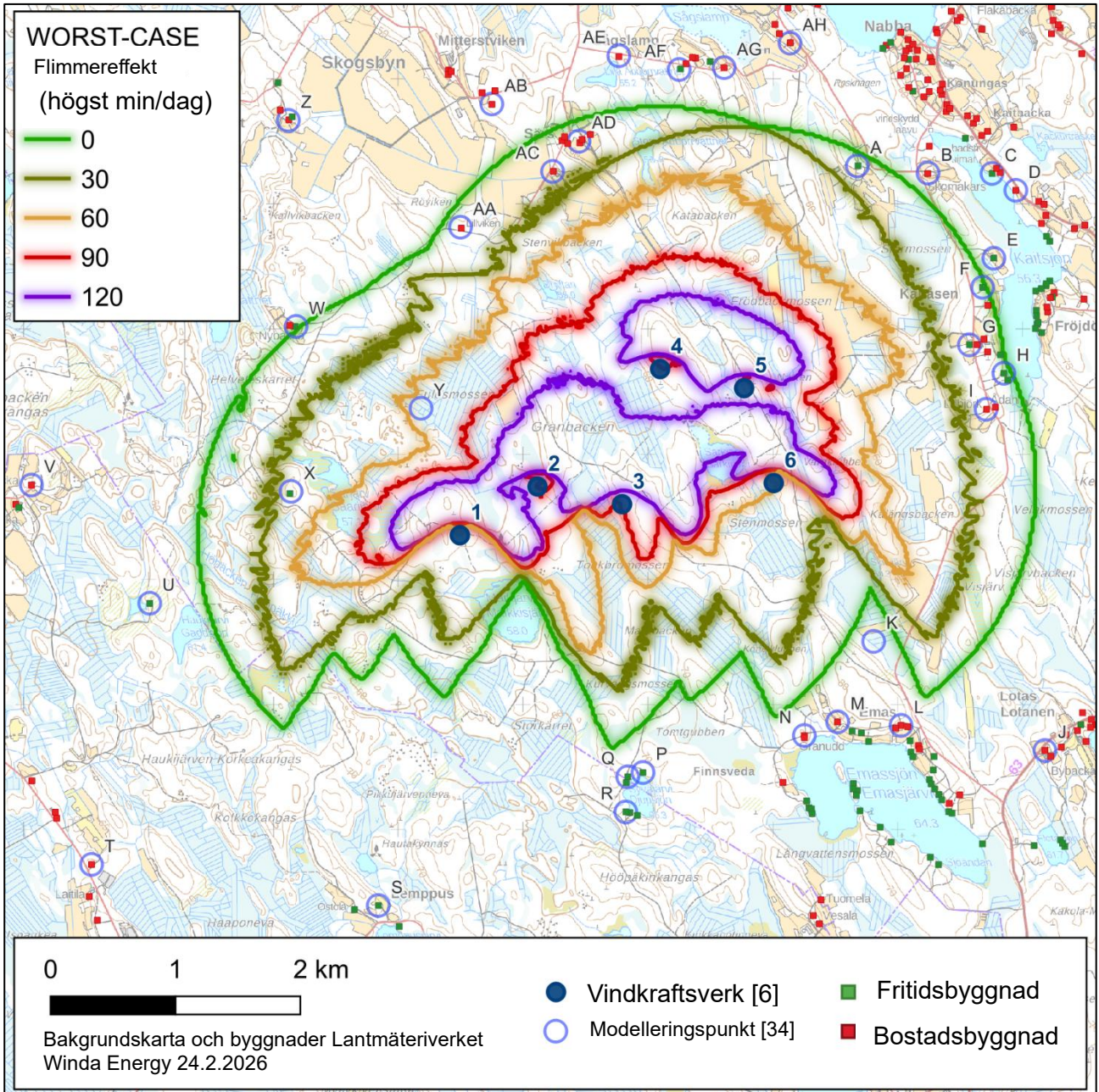


Bild 4: Flimmereffektens maximala varaktighet per dag vid worst-case-modellering. Tysklands worst-case-riktvärde 30 min/dag överskrids vid beräkningspunkterna X och Y.

Tabell 3: Flimmertimmar vid modelleringspunkterna och modelleringsresultatet i förhållande till Tysklands, Danmarks och Sveriges gränsvärden.

Punkt	Byggnad	Flimmer (h/år)		Tyskland		Danmark	Sverige
		Real-case	Worst-case	Worst-case (30 h/år & 30 min/dag)	Real-case (8 h/år)	Real-case (10 h/år)	Real-case (8 h/år & 30 min/dag)
A	Fritidsbyggnad 1	1:42	13:40	OK	OK	OK	OK
B	Bostadsbyggnad 1	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
C	Fritidsbyggnad 2	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
D	Bostadsbyggnad 2	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
E	Fritidsbyggnad 3	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
F	Fritidsbyggnad 4	1:40	8:21	OK	OK	OK	OK
G	Fritidsbyggnad 5	4:06	20:56	OK	OK	OK	OK
H	Fritidsbyggnad 6	3:31	16:56	OK	OK	OK	OK
I	Bostadsbyggnad 3	4:32	20:36	OK	OK	OK	OK
J	Bostadsbyggnad 4	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
K	Bygglov för fritidsbyggnad	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
L	Bostadsbyggnad 5	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
M	Bostadsbyggnad 6	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
N	Bostadsbyggnad 7	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
O	Bostadsbyggnad 8	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
P	Fritidsbyggnad 7	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
Q	Fritidsbyggnad 8	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
R	Fritidsbyggnad 9	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
S	Fritidsbyggnad 10	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
T	Bostadsbyggnad 9	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
U	Fritidsbyggnad 11	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
V	Bostadsbyggnad 10	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
W	Fritidsbyggnad 12	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
X	Fritidsbyggnad 13	6:07	27:16	(42 min/dag)	OK	OK	OK
Y	Bygglov för jaktstuga	16:41	83:26	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Z	Bostadsbyggnad 11	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
AA	Bostadsbyggnad 12	1:46	9:26	OK	OK	OK	OK
AB	Bostadsbyggnad 13	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
AC	Bostadsbyggnad 14	2:07	13:51	OK	OK	OK	OK
AD	Bostadsbyggnad 15	1:44	14:22	OK	OK	OK	OK
AE	Bostadsbyggnad 16	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
AF	Fritidsbyggnad 14	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
AG	Bostadsbyggnad 17	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK
AH	Bostadsbyggnad 18	0:00	0:00	OK	OK	OK	OK

Bilaga 2 innehåller en WindPRO-utskrift av flimmermodelleringen där sidorna 3–8 visar grafer över flimmereffekt som modelleringspunkterna upplevt under året. Bild 5 nedan visar att flimmer kan upplevas vid modelleringspunkt X (fritidsbyggnad) under morgonsolen i mars-april och augusti-september.

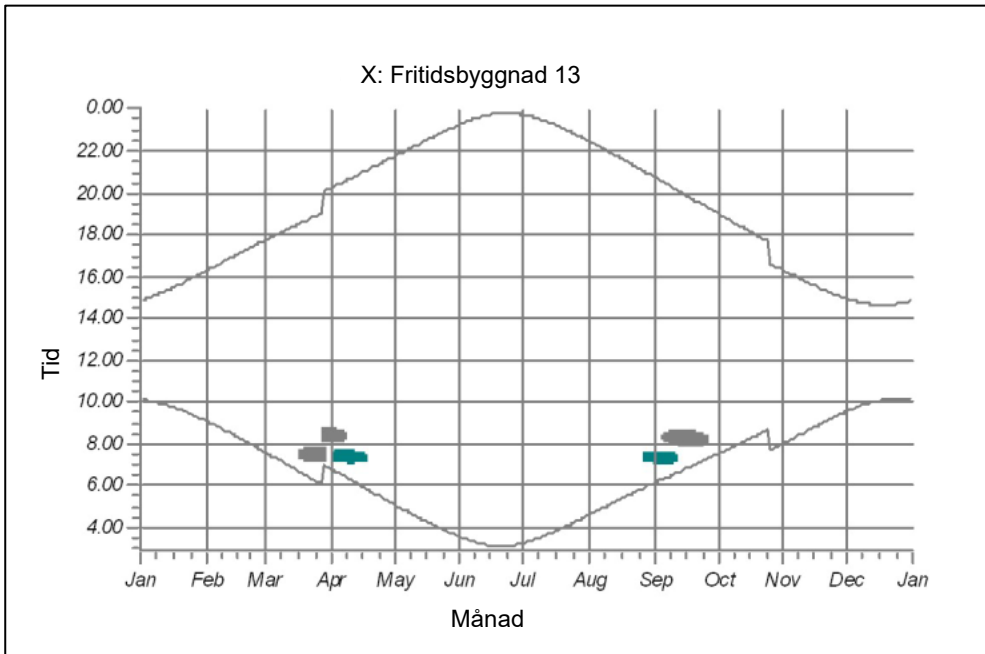


Bild 5: Graf över flimmereffekt vid modelleringspunkt X under ett kalenderår. Kurvorna visar soluppgångs- och solnedgångstiderna. De grå områdena visar de tider då vindkraftverk 1 orsakar flimmer och de turkosa områdena flimmer som orsakas av vindkraftverk 2.

5. Källor

Miljöförvaltningen (2016). Planering av vindkraftsutbyggnad, Miljöförvaltningens anvisningar.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/items/ec724218-19e3-46f2-90df-e2a708a51979>.

Rejlers Finland (2025), Flimmermodelleringsrapport, Markjärvs vindkraftspark och elöverföring, Kronoby, bilaga 8 till MKB-beskrivningen (på finska).
<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite%208%20V%C3%A4lkemallinnusraportti.pdf>.

Meteorologiska institutet. 1991–2020 statistik över solsken och strålning (på finska).
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>