

# Rapport om skuggmodellering

Markjärvs vindkraftspark, Kronoby

Winda Energy Oy

2.9.2026

| Rev. | Datum    | Beskrivning                 | Upprättad av | Granskad av    | Godkänd av     |
|------|----------|-----------------------------|--------------|----------------|----------------|
| 1    | 2.9.2026 | Rapport om skuggmodellering | Terhi Porkka | Tiina Tuominen | Kaisa Vaskinen |
| 2    |          |                             |              |                |                |
| 3    |          |                             |              |                |                |
| 4    |          |                             |              |                |                |

## Innehåll

|   |                                                     |    |
|---|-----------------------------------------------------|----|
| 1 | Inledning .....                                     | 3  |
| 2 | Allmänt om rörliga skuggor från vindkraftverk ..... | 3  |
| 3 | Riktvärden .....                                    | 4  |
| 4 | Utgångsdata .....                                   | 4  |
| 5 | Resultat .....                                      | 8  |
| 6 | Sammanfattning .....                                | 14 |

## Bilagor

Bilaga 1. Modelleringsuppgifter för real case-modelleringen

Bilaga 2. Förekomst av rörliga skuggor per modelleringspunkt i real case-modelleringen

Bilaga 3. Modelleringsuppgifter för worst case-modelleringen

Bilaga 4. Förekomst av rörliga skuggor per modelleringspunkt i worst case-modelleringen

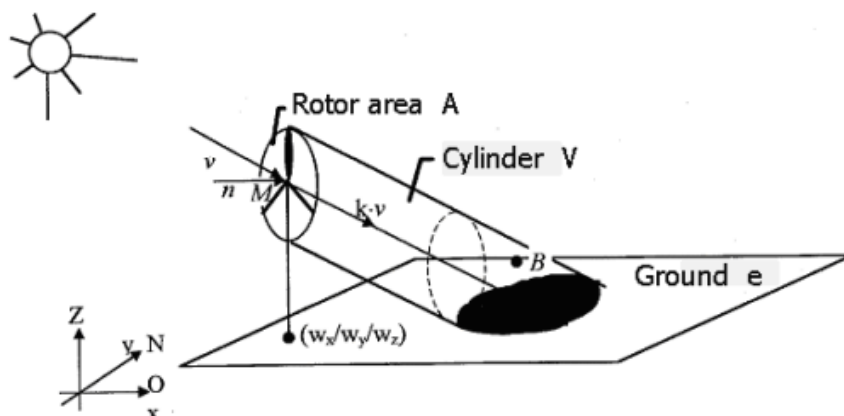
## 1 Inledning

Denna skuggmodellering har utförts som en del av planförslagsskedet för en vindkraftspark med sex vindkraftverk som planeras i Markjärvsområdet. Modelleringen gjordes om i planförslagsskedet eftersom vindkraftverkens placeringar har ändrats efter planutkastsskedet. I planförslagsskedet flyttades placeringen av en del av vindkraftverken. Dessutom minskades vindkraftverkens navhöjd från 220 meter till 200 meter. Skuggmodelleringen utfördes med SHADOW-modulen i beräkningsprogrammet WindPRO v 4.1.

## 2 Allmänt om rörliga skuggor från vindkraftverk

Vindkraftverkens rotorblad ger upphov till rörliga skuggor när de roterar i soligt väder. Vid en enskild granskningspunkt upplevs detta som en snabb växling mellan ljus och skugga, det vill säga som skuggflimmer. Vid molnigt väder kommer ljuset inte tydligt från en enda punkt, och rotorbladet bildar därför inga tydliga skuggor. Förekomsten av rörliga skuggor påverkas utöver solskenet av solens riktning och höjd, vindriktningen och därmed rotorns läge samt granskningspunktens avstånd till vindkraftverket. På större avstånd täcker rotorbladet en så liten del av solen att de rörliga skuggorna inte längre kan upptäckas. En del människor upplever rörliga skuggor som störande, medan andra inte gör det. Den eventuella störningen beror också på om människor vistas i området vid de tidpunkter då rörliga skuggor kan förekomma och om det finns permanentbostäder eller fritidsbostäder i området.

Rörliga skuggor uppstår inom ett så stort område som vindkraftverkens skuggor når, vilket visas nedan (Figur 1). Influensområdets omfattning beror på rotordiametern och totalhöjden hos den vindkraftverksmodell som används. Skuggeffekten kan sträcka sig ända till 1–3 kilometers avstånd från vindkraftverket. Effekten sträcker sig längst på morgnar och kvällar när solen står lågt.



Figur 1. Skuggmodellering i WindPRO (WindPRO Knowledgebase, 2024).

Vid skuggmodelleringen bedöms, med beaktande av solens riktning, terrängformerna i omgivningen och vindkraftverkets läge, hur stor del av året eller dagen en person vid granskningspunkten utsätts för rörliga skuggor.

### 3 Riktvärden

I Finland finns inga av myndigheterna fastställda riktvärden för hur länge rörliga skuggor får förekomma. I anvisningen Planering av vindkraftsutbyggnad, som publicerats av Miljöministeriet (Miljöministeriet 2016), rekommenderas att rekommendationer från andra länder används som stöd för att begränsa rörliga skuggor. I följande tabell presenteras rekommenderade värden för rörliga skuggor i olika länder (Tabell 1). Mängden rörliga skuggor kan granskas per dag (minuter per dag, min/d) eller per år (timmar per år, h/a).

Tabell 1. Rekommenderade värden för rörliga skuggor i olika länder (LAI 2020, By-, Land- og Kirkeministeriet 2022, Boverket 2012).

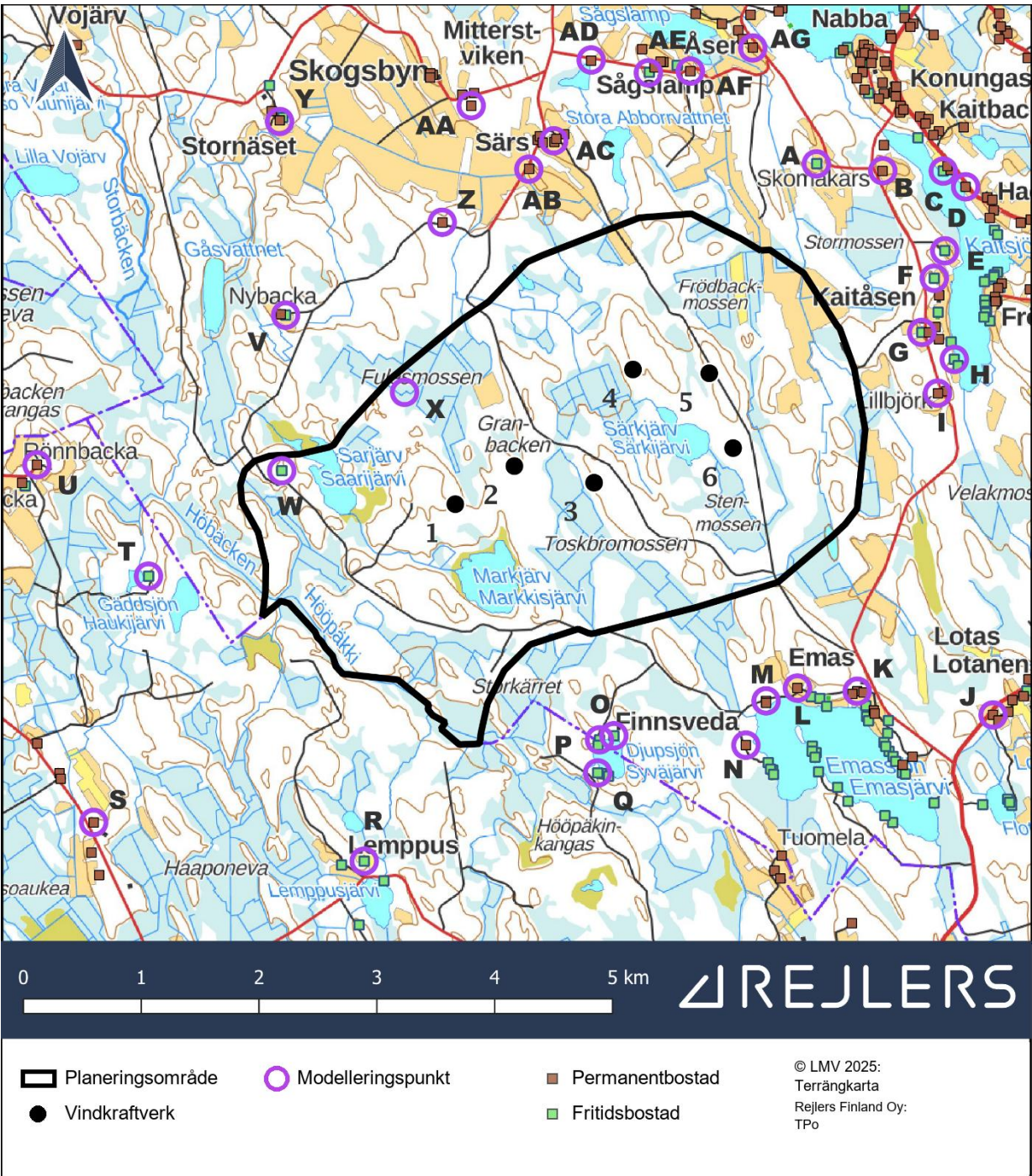
| Land     | Real case | Worst case            |
|----------|-----------|-----------------------|
| Tyskland | 8 h/a     | 30 h/a eller 30 min/d |
| Sverige  | 8 h/a     |                       |
| Danmark  | 10 h/a    | -                     |

Rörliga skuggor kan modelleras som ett scenario som motsvarar den verkliga situationen (real case) och som ett scenario som beskriver den värsta situationen (worst case). Vid modelleringen av det teoretiska värsta fallet (worst case) antas solen vara synlig hela tiden mellan soluppgång och solnedgång och vindkraftverken vara i kontinuerlig drift så att rotern hela tiden är riktad antingen mot granskningspunkten eller bort från den, vilket ger största möjliga skuggeffekt. I praktiken kan detta inträffa för en enskild granskningspunkt under en dag, men det beskriver inte den verkliga situationen på lång sikt.

Real case-modelleringen, som beskriver den verkliga situationen, beaktar den årstidsvarierande mängden solsken baserad på meteorologiska data, vindriktningen och vindkraftverkens drifttid. Med real case-modelleringen strävar man efter att bedöma den faktiska olägenheten under en lång granskningsperiod. Denna skuggmodellering genomförs både som real case- och worst case-modellering.

### 4 Utgångsdata

Med hjälp av skuggmodelleringen fastställs hur ofta skuggeffekten förekommer och vilka områden som berörs. I modelleringen beräknas mängden rörliga skuggor vid utvalda modelleringspunkter i omgivningen kring planeringsområdet. Modelleringspunkterna har placerats i olika riktningar från planeringsområdet vid de permanent- och fritidsbostäder som ligger närmast planeringsområdet. I områden med tät bebyggelse har flera närliggande modelleringspunkter valts. Följande figur visar vindkraftverkens placering i området samt de valda modelleringspunkterna (Figur 2).



Figur 2. Vindkraftverkens placeringar i planeringsområdet. De modelleringspunkter för vilka resultaten redovisas är markerade med lila cirklar.

I området planeras sex vindkraftverk. Koordinaterna för vindkraftverksplatserna presenteras i följande tabell (Tabell 2).

Tabell 2. Koordinater för de vindkraftverksplatser som planerats i planförslagsskedet. Koordinaterna anges i koordinatsystemet ETRS-TM35FIN.

| Verk nr | Koordinat, N | Koordinat, E |
|---------|--------------|--------------|
| 1       | 7045416      | 323615       |
| 2       | 7045739      | 324117       |
| 3       | 7045597      | 324794       |
| 4       | 7046558      | 325123       |
| 5       | 7046526      | 325771       |
| 6       | 7045891      | 325973       |

I modelleringen användes ett vindkraftverk med en navhöjd på 200 meter. Rotorbladens mått fastställdes genom linjär uppskalning av vindkraftstillverkaren Nordex modell N175/6.8 så att rotordiametern blev 200 meter. I följande tabell presenteras uppgifterna om det vindkraftverk som användes i modelleringen (Tabell 3).

Tabell 3. Uppgifter om det vindkraftverk som användes i modelleringen.

|                                                 |                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Typ av vindkraftverk</b>                     | Nordex N175 uppskalad |
| <b>Vindkraftverkets märkeffekt</b>              | 6,8 MW                |
| <b>Vindkraftverkets navhöjd</b>                 | 200 m                 |
| <b>Rotordiameter</b>                            | 200 m                 |
| <b>Rotorbladets maximala bredd</b>              | 4,91 m                |
| <b>Rotorbladets bredd 1/10 från bladspetsen</b> | 1,46 m                |

I modelleringen beaktas rörliga skuggor när solen står mer än 3 grader över horisonten, och som skugga räknas en situation där vindkraftverkets rotorblad täcker minst 20 % av solen. Med de använda måtten kan rörliga skuggor observeras på högst 2 161 meters avstånd från vindkraftverken. Modelleringen beaktar terrängformerna (Lantmäteriverkets höjdmodell med 10 meters upplösning), men inte skog eller byggnader som eventuellt kan minska skuggeffekten. Skog beaktas inte eftersom dess höjd och därmed även dess avskärmande effekt förändras med tiden till följd av avverkningar och trädens tillväxt.

Som beräkningsprogram användes SHADOW-modulen i WindPRO. Modelleringen genomfördes både enligt real case- och worst case-scenarierna. I real case-modelleringen,

som beskriver den verkliga situationen, beaktades mängden solsken i området och solens läge över horisonten vid olika tider på dygnet och året. Som uppgifter om solsken användes meteorologiska data som uppmätts 1991–2020 vid Meteorologiska institutets observationsstation Seinäjoki Pelmaa (Tabell 4). I modelleringen beaktades också vindkraftverkens uppskattade årliga drifttid, som fastställdes utifrån vindriktning och vindhastighet i området. Vid fastställandet av drifttiden användes vinddata baserade på materialet EMD WRF Europe (ERA5) (Tabell 5).

Vid modelleringspunkterna modellerades de rörliga skuggorna på ett modelleringsfönster på en gång en meter på en meters höjd. Modelleringen utfördes med växthusinställningen (green house mode), där modelleringsfönstret är vinkelrätt mot samtliga vindkraftverk. Då räknas rörliga skuggor som observerbara alltid när skuggor från något av vindkraftverken träffar modelleringspunkten. Modelleringshöjden vid framställningen av skuggkartorna var 1,5 meter.

Tabell 4. Genomsnittlig solskenstid per dygn under olika månader som användes i modelleringen, uppmätt vid Meteorologiska institutets observationsstation Seinäjoki Pelmaa 1991–2020.

| Månad     | Solskenstid (h) |
|-----------|-----------------|
| Januari   | 0,97            |
| Februari  | 2,51            |
| Mars      | 4,68            |
| April     | 6,30            |
| Maj       | 8,61            |
| Juni      | 9,20            |
| Juli      | 5,42            |
| Augusti   | 6,68            |
| September | 4,76            |
| Oktober   | 2,58            |
| November  | 1,03            |
| December  | 0,55            |

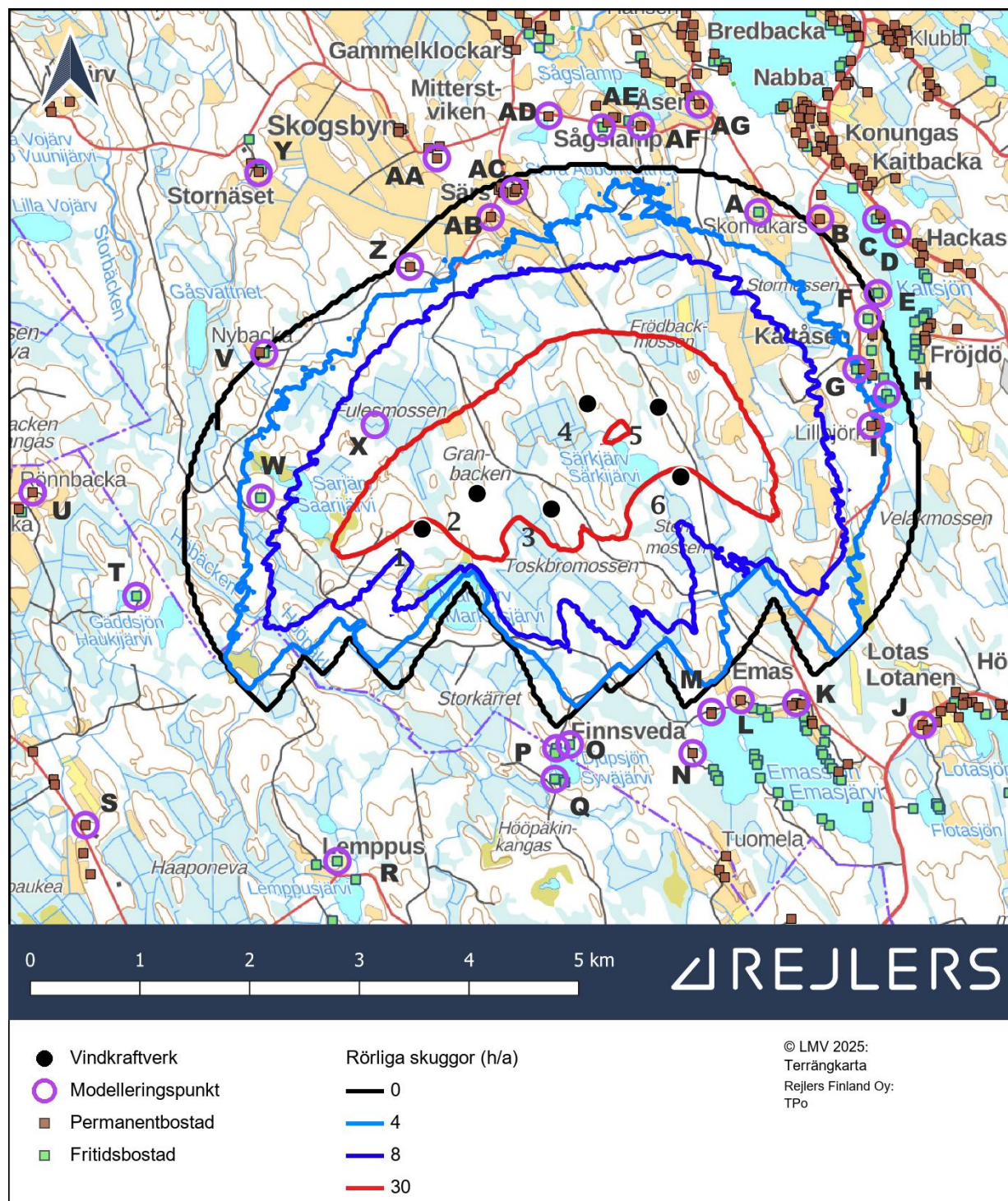
Tabell 5. Vindkraftverkens årliga drifttid som användes i modelleringen, fastställd utifrån materialet EMD WRF Europe (ERA5).

| Vindriktning  | Drifttid per år (h) |
|---------------|---------------------|
| 0° (norr)     | 650                 |
| 30°           | 463                 |
| 60°           | 252                 |
| 90° (öster)   | 414                 |
| 120°          | 359                 |
| 150°          | 725                 |
| 180° (söder)  | 1214                |
| 210°          | 1331                |
| 240°          | 1161                |
| 270° (väster) | 906                 |
| 300°          | 613                 |
| 330°          | 672                 |

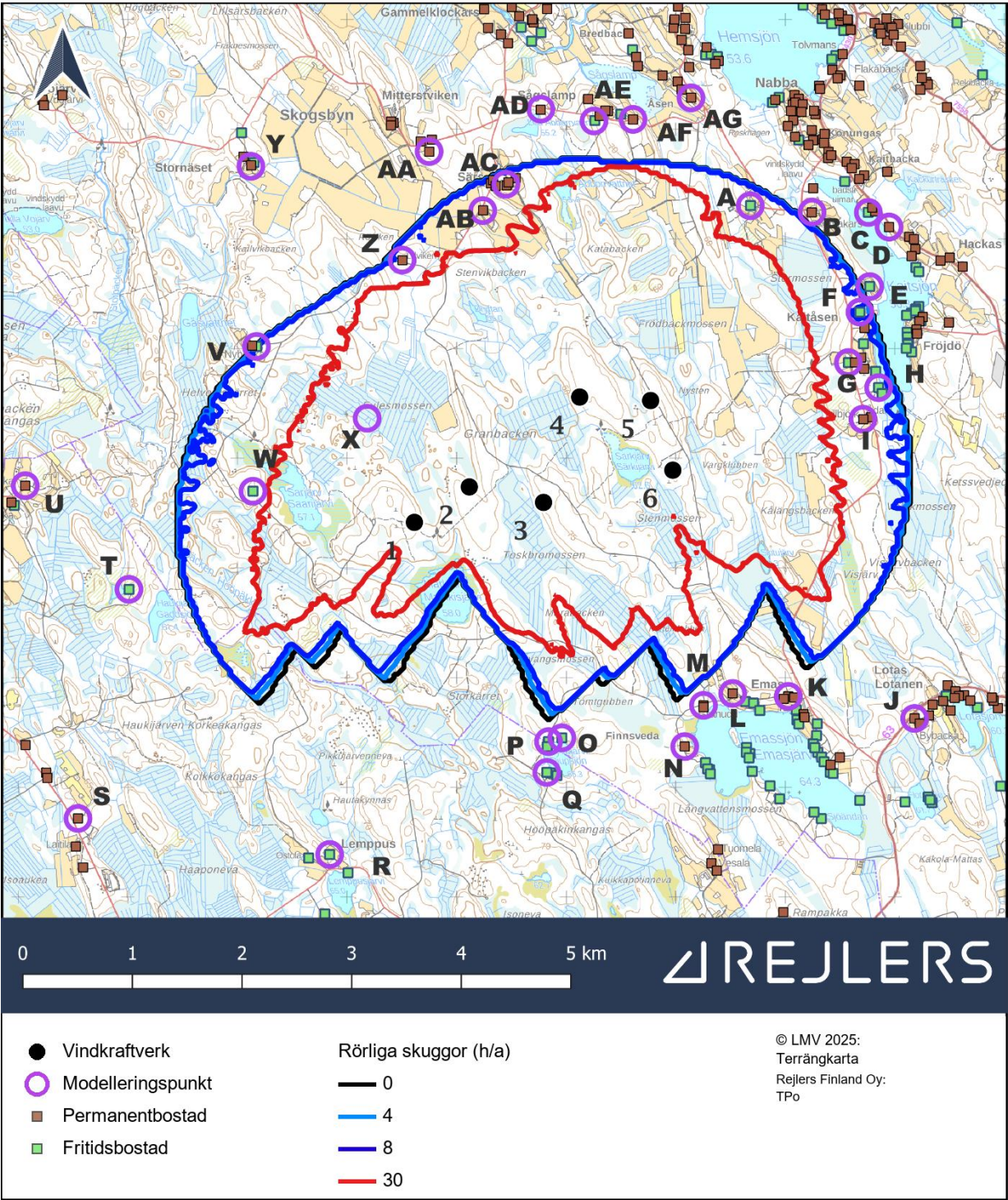
## 5 Resultat

I skuggmodelleringen granskades förekomsten av rörliga skuggor i vindkraftverkens omgivning. Enligt real case-modelleringen, som beskriver den verkliga situationen, överskrider det i Tyskland använda riktvärdet 8 h/a inte vid någon permanent- eller fritidsbostad (Figur 3). Enligt worst case-modelleringen, som beskriver den värsta möjliga situationen, överskrider det i Tyskland använda riktvärdet 30 h/a inte vid någon permanent- eller fritidsbostad (Figur 4). Mängden rörliga skuggor vid de olika modelleringspunkterna redovisas i tabellen efter följande figurer (Tabell 6). Enligt real case-modelleringen är den största årliga mängden rörliga skuggor vid en permanentbostad 4 h 33 min vid modelleringspunkt I och vid en fritidsbostad 5 h 40 min vid modelleringspunkt W. Enligt worst case-modelleringen är den största årliga mängden rörliga skuggor vid en permanentbostad 20 h 40 min vid modelleringspunkt I och vid en fritidsbostad 25 h 9 min vid modelleringspunkt W. Bland permanentbostäderna förekommer mest rörliga skuggor per dygn vid modelleringspunkt I, där den dagliga mängden enligt real case-modelleringen är högst 5 minuter och enligt worst case-modelleringen högst 25 minuter. Bland fritidsbostäderna är den dagliga mängden störst vid modelleringspunkt W, där rörliga skuggor enligt real case-modelleringen förekommer högst 8 minuter och enligt worst case-modelleringen högst 44 minuter. Vid denna fritidsbostad överskrider det i Tyskland använda riktvärdet 30 min/d för worst case-modellering. Vid övriga permanent- eller fritidsbostäder överskrider riktvärdet inte.

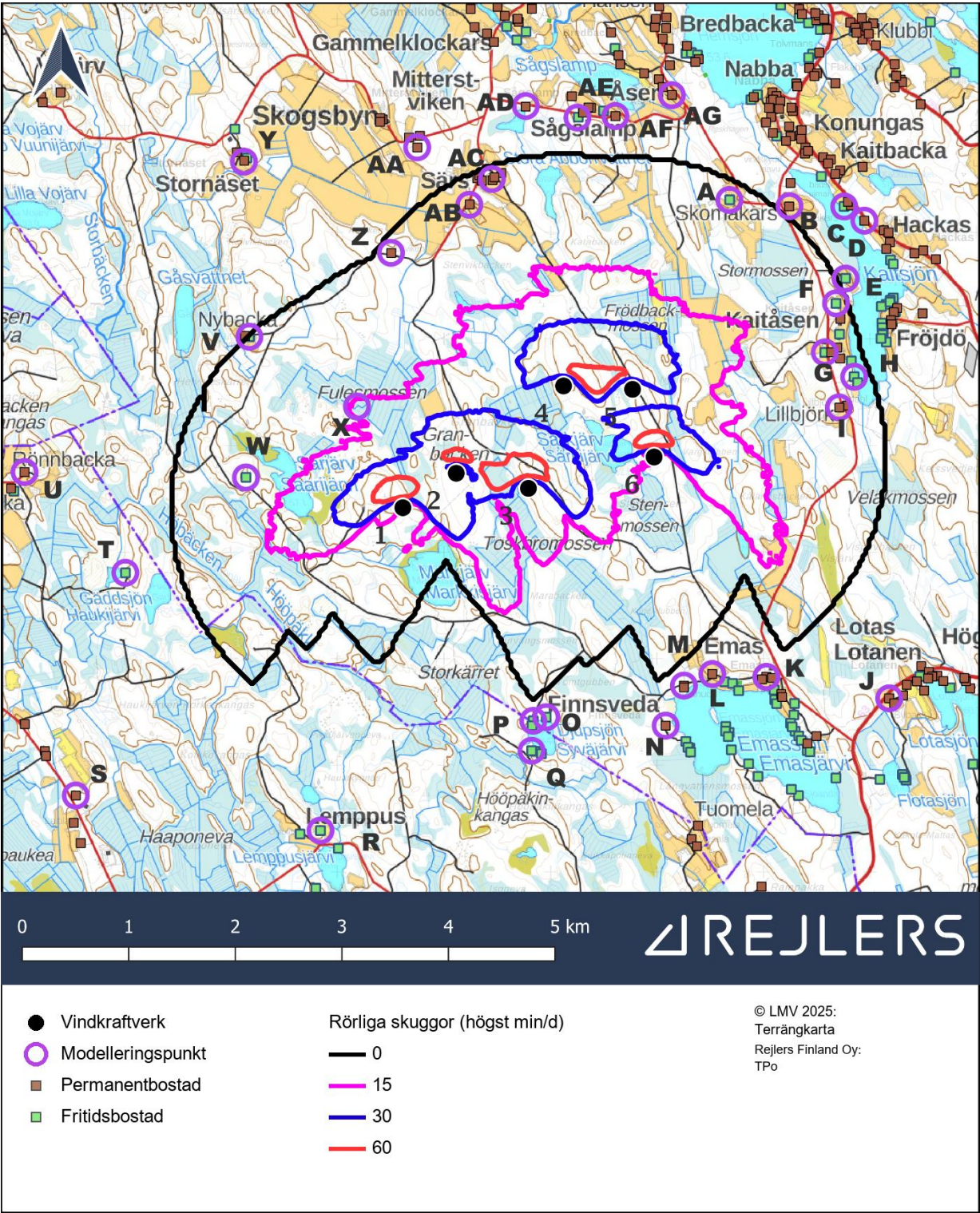
Bilagorna 2 och 4 visar under vilka tider på året och dygnet rörliga skuggor förekommer vid modelleringspunkterna. Vid de flesta modelleringspunkter där rörliga skuggor förekommer kan de observeras på våren och hösten, antingen i morgon- eller kvällssol.



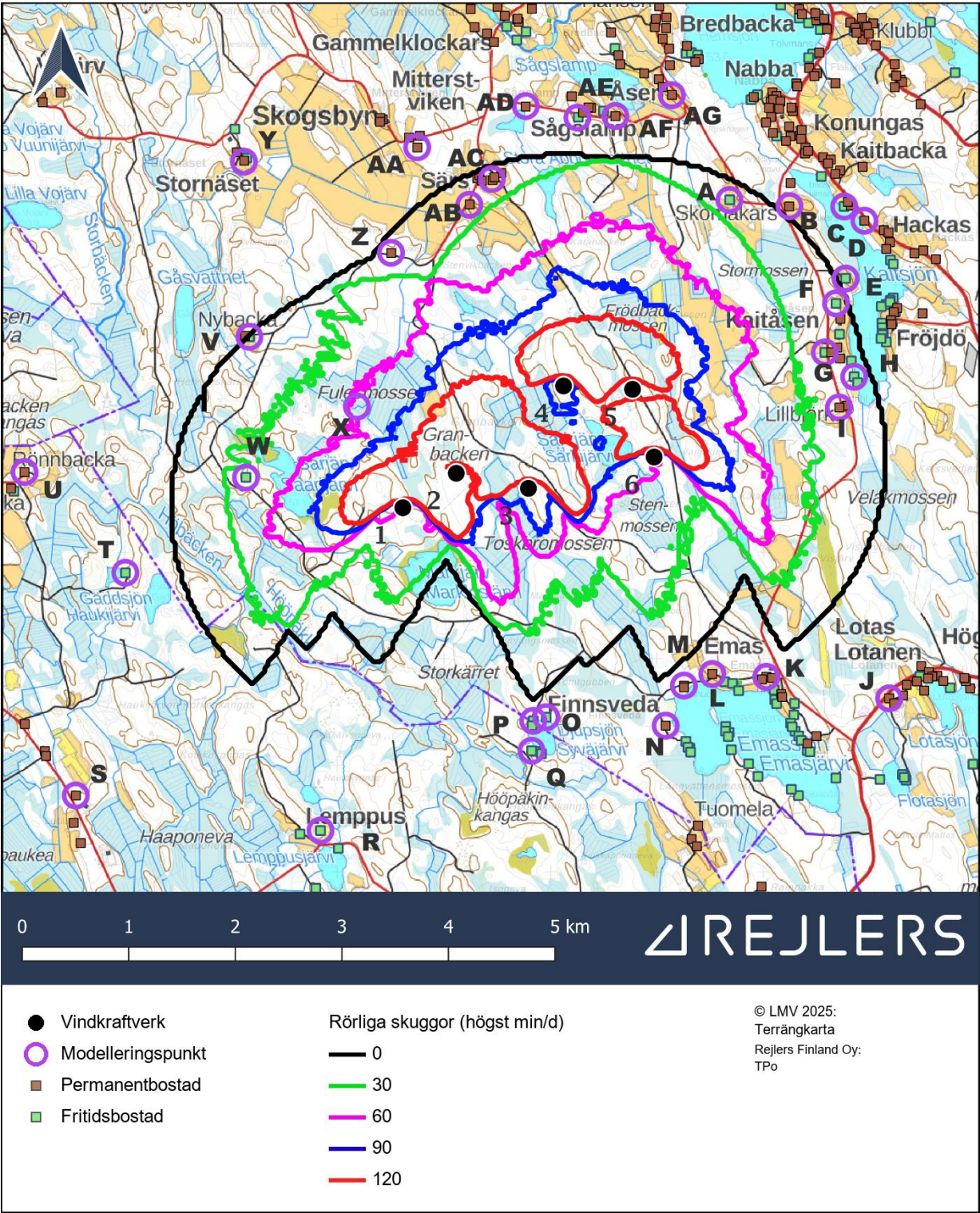
Figur 3. Resultat från real case-modelleringen av förekomsten av rörliga skuggor under året.



Figur 4. Resultat från worst case-modelleringen av förekomsten av rörliga skuggor under året.



Figur 5. Resultat från real case-modelleringen av förekomsten av rörliga skuggor under ett dygn.



Figur 6. Resultat från worst case-modelleringen av förekomsten av rörliga skuggor under ett dygn.

Tabell 6. Mängden rörliga skuggor vid modelleringspunkterna i real case- och worst case-modelleringarna.

| Bokstav på kartan | Objekt          | Rörliga skuggor (h/a) real case | Rörliga skuggor (h/a) worst case | Rörliga skuggor (högst min/d) real case | Rörliga skuggor (högst min/d) worst case |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| A                 | Fritidsbostad   | 1:43                            | 14:23                            | 3                                       | 24                                       |
| B                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| C                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| D                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| E                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| F                 | Fritidsbostad   | 1:38                            | 8:16                             | 3                                       | 23                                       |
| G                 | Fritidsbostad   | 4:06                            | 20:47                            | 5                                       | 25                                       |
| H                 | Fritidsbostad   | 3:32                            | 16:50                            | 5                                       | 23                                       |
| I                 | Permanentbostad | 4:33                            | 20:40                            | 5                                       | 25                                       |
| J                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| K                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| L                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| M                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| N                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| O                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| P                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| Q                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| R                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| S                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| T                 | Fritidsbostad   | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| U                 | Permanentbostad | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| V                 | Fritidsbostad   | 1:25                            | 8:53                             | 4                                       | 22                                       |

| Bokstav på kartan | Objekt                                                                                           | Rörliga skuggor (h/a) real case | Rörliga skuggor (h/a) worst case | Rörliga skuggor (högst min/d) real case | Rörliga skuggor (högst min/d) worst case |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| W                 | Fritidsbostad                                                                                    | 5:40                            | 25:09                            | 8                                       | 44                                       |
| X                 | Bygglov för jaktstuga; enligt uppgifter från kommunen har lovet förfallit och gäller inte längre | 16:45                           | 84:20                            | 16                                      | 67                                       |
| Y                 | Permanentbostad                                                                                  | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| Z                 | Permanentbostad                                                                                  | 1:35                            | 9:00                             | 4                                       | 23                                       |
| AA                | Permanentbostad                                                                                  | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| AB                | Permanentbostad                                                                                  | 1:48                            | 13:23                            | 2                                       | 25                                       |
| AC                | Permanentbostad                                                                                  | 1:36                            | 14:10                            | 3                                       | 24                                       |
| AD                | Permanentbostad                                                                                  | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| AE                | Fritidsbostad                                                                                    | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| AF                | Permanentbostad                                                                                  | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |
| AG                | Permanentbostad                                                                                  | 0                               | 0                                | 0                                       | 0                                        |

## 6 Sammanfattning

Enligt modelleringen överskrider de rörliga skuggorna från vindkraftverken inte de riktvärden för mängden rörliga skuggor som används i Tyskland, Danmark och Sverige i real case-modelleringen vid någon permanent- eller fritidsbostad. Det i Tyskland använda riktvärdet 30 min/d för worst case-modellering överskrids vid en fritidsbostad.

# Källor

Boverket. Vindkraftshandboken Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden. 23.10.2012.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI). Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise). 23.01.2020

By-, Land- og Kirkeministeriet. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller. VEJ nr 9317 af 26/01/2022

Meteorologiska institutet. Statistik över solsken och strålning 1991–2020. Tillgänglig: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>

Miljöförvaltningen. Planering av vindkraftsutbyggnad. Miljöförvaltningens anvisningar. 5/2016

WindPRO. WindPRO Knowledgebase - 6 Environment. September 2024. <https://help.emd.dk/knowledgebase/>

# Bilaga 1. Modelleringsuppgifter för real case-modelleringen

Project: 3411261\_Markjärv  
Description: Markjärv, skuggmodellering för planförslaget, real case

Licensed user:  
Rejlers Finland Oy 6030 EHS Common  
PL 1000  
FI-0781 Helsinki

Terhi Porkka / terhi.porkka@rejlers.fi  
Calculated:  
28.8.2026 11.15/4.1.292

## SHADOW - Main Result

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case  
Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence  
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade  
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °  
Day step for calculation 1 days  
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []  
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
0,97 2,51 4,68 6,30 8,61 9,20 5,42 6,68 4,67 2,58 1,03 0,55

Operational time  
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum  
650 463 252 414 359 725 1 214 1 331 1 161 906 613 672 8 760

Monthly aggregation of real case reduction  
A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:  
DHM: Maanmittauslaitoksen maastomalli  
Receptor grid resolution: 1,0 m  
Topographic shadow included in calculation

All coordinates are in  
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



Scale 1:125 000  
New WTG  
Shadow receptor

## WTGs

|   | East    | North     | Z    | Row data/Description                | WTG type |           |                | Power, rated [kW] | Rotor diameter [m] | Hub height [m] | Shadow data              |           |
|---|---------|-----------|------|-------------------------------------|----------|-----------|----------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------------|-----------|
|   |         |           |      |                                     | Valid    | Manufact. | Type-generator |                   |                    |                | Calculation distance [m] | RPM [RPM] |
| 1 | 323 615 | 7 045 416 | 67,2 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |
| 2 | 325 123 | 7 046 558 | 69,1 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |
| 3 | 325 771 | 7 046 526 | 71,8 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |
| 4 | 325 973 | 7 045 891 | 63,5 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |
| 5 | 324 794 | 7 045 597 | 71,5 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |
| 6 | 324 117 | 7 045 739 | 66,2 | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! h... | Yes      | NORDEX    | N175/6.X-6 800 | 6 800             | 200,0              | 200,0          | 2 161                    | 10,8      |

## Shadow receptor-Input

| No. | Name             | East    | North     | Z    | Width | Height | Elevation a.g.l. | Slope of window | Direction mode     | Eye height (ZVI) a.g.l. |
|-----|------------------|---------|-----------|------|-------|--------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|
|     |                  |         |           |      |       |        |                  |                 |                    |                         |
|     |                  |         |           | [m]  | [m]   | [m]    | [m]              | [°]             |                    | [m]                     |
| A   | Lomarakenus 1    | 326 677 | 7 048 304 | 65,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| B   | Asuinrakennus 1  | 327 243 | 7 048 247 | 61,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| C   | Lomarakenus 2    | 327 755 | 7 048 244 | 57,4 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| D   | Asuinrakennus 2  | 327 946 | 7 048 109 | 58,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| E   | Lomarakenus 3    | 327 770 | 7 047 566 | 62,0 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| F   | Lomarakenus 4    | 327 680 | 7 047 333 | 70,1 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| G   | Lomarakenus 5    | 327 574 | 7 046 873 | 70,7 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| H   | Lomarakenus 6    | 327 850 | 7 046 645 | 59,6 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| I   | Asuinrakennus 3  | 327 708 | 7 046 357 | 65,6 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| J   | Asuinrakennus 4  | 328 179 | 7 043 627 | 70,1 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| K   | Asuinrakennus 5  | 327 027 | 7 043 828 | 71,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| L   | Asuinrakennus 6  | 326 519 | 7 043 856 | 72,8 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| M   | Asuinrakennus 7  | 326 253 | 7 043 747 | 68,1 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| N   | Asuinrakennus 8  | 326 082 | 7 043 371 | 68,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| O   | Lomarakenus 7    | 324 961 | 7 043 451 | 66,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| P   | Lomarakenus 8    | 324 839 | 7 043 416 | 68,0 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| Q   | Lomarakenus 9    | 324 824 | 7 043 135 | 67,9 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| R   | Lomarakenus 10   | 322 842 | 7 042 387 | 73,1 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| S   | Asuinrakennus 9  | 320 546 | 7 042 715 | 71,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| T   | Lomarakenus 11   | 321 012 | 7 044 805 | 67,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| U   | Asuinrakennus 10 | 320 065 | 7 045 751 | 69,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |
| V   | Lomarakenus 12   | 322 184 | 7 047 020 | 66,4 | 1,0   | 1,0    | 1,0              | 90,0            | "Green house mode" | 2,0                     |

To be continued on next page...

Project:

3411261\_Markjärv

Description:

Markjärv, skuggmodellering för planförslaget, real case

Licensed user:

Rejlers Finland Oy 6030 EHS Common  
PL 1000  
FI-0781 Helsinki

Terhi Porkka / terhi.porkka@rejlers.fi

Calculated:

28.8.2026 11.15/4.1.292

## SHADOW - Main Result

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case

...continued from previous page

| No. | Name                          | East    | North     | Z    | Width | Height | Elevation<br>a.g.l. | Slope of<br>window | Direction mode     | Eye height<br>(ZVI) a.g.l. |
|-----|-------------------------------|---------|-----------|------|-------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
|     |                               |         |           | [m]  | [m]   | [m]    | [m]                 | [°]                |                    | [m]                        |
|     | W Lomarakennus 13             | 322 143 | 7 045 700 | 71,1 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | X Metsästysmajan rakennuslupa | 323 184 | 7 046 365 | 52,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | Y Asuinrakennus 11            | 322 122 | 7 048 669 | 57,4 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | Z Asuinrakennus 12            | 323 500 | 7 047 814 | 53,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AA Asuinrakennus 13           | 323 751 | 7 048 800 | 56,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AB Asuinrakennus 14           | 324 237 | 7 048 260 | 50,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AC Asuinrakennus 15           | 324 449 | 7 048 502 | 63,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AD Asuinrakennus 16           | 324 768 | 7 049 186 | 58,0 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AE Lomarakennus 14            | 325 251 | 7 049 076 | 64,8 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AF Asuinrakennus 17           | 325 611 | 7 049 091 | 63,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AG Asuinrakennus 18           | 326 138 | 7 049 287 | 53,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |

## Calculation Results

Shadow receptor

| No. | Name                          | Shadow, expected values<br>Shadow hours<br>per year<br>[h/year] |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|     | A Lomarakennus 1              | 1:43                                                            |
|     | B Asuinrakennus 1             | 0:00                                                            |
|     | C Lomarakennus 2              | 0:00                                                            |
|     | D Asuinrakennus 2             | 0:00                                                            |
|     | E Lomarakennus 3              | 0:00                                                            |
|     | F Lomarakennus 4              | 1:38                                                            |
|     | G Lomarakennus 5              | 4:06                                                            |
|     | H Lomarakennus 6              | 3:32                                                            |
|     | I Asuinrakennus 3             | 4:33                                                            |
|     | J Asuinrakennus 4             | 0:00                                                            |
|     | K Asuinrakennus 5             | 0:00                                                            |
|     | L Asuinrakennus 6             | 0:00                                                            |
|     | M Asuinrakennus 7             | 0:00                                                            |
|     | N Asuinrakennus 8             | 0:00                                                            |
|     | O Lomarakennus 7              | 0:00                                                            |
|     | P Lomarakennus 8              | 0:00                                                            |
|     | Q Lomarakennus 9              | 0:00                                                            |
|     | R Lomarakennus 10             | 0:00                                                            |
|     | S Asuinrakennus 9             | 0:00                                                            |
|     | T Lomarakennus 11             | 0:00                                                            |
|     | U Asuinrakennus 10            | 0:00                                                            |
|     | V Lomarakennus 12             | 1:25                                                            |
|     | W Lomarakennus 13             | 5:40                                                            |
|     | X Metsästysmajan rakennuslupa | 16:45                                                           |
|     | Y Asuinrakennus 11            | 0:00                                                            |
|     | Z Asuinrakennus 12            | 1:35                                                            |
|     | AA Asuinrakennus 13           | 0:00                                                            |
|     | AB Asuinrakennus 14           | 1:48                                                            |
|     | AC Asuinrakennus 15           | 1:36                                                            |
|     | AD Asuinrakennus 16           | 0:00                                                            |
|     | AE Lomarakennus 14            | 0:00                                                            |
|     | AF Asuinrakennus 17           | 0:00                                                            |
|     | AG Asuinrakennus 18           | 0:00                                                            |

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

| No. | Name                                                             | Expected<br>[h/year] |
|-----|------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (185) | 11:15                |
| 2   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186) | 7:25                 |
| 3   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187) | 9:37                 |
| 4   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (188) | 5:57                 |
| 5   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (189) | 2:15                 |
| 6   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (190) | 7:56                 |

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

# Bilaga 2. Förekomst av rörliga skuggor per modelleringspunkt i real case-modelleringen

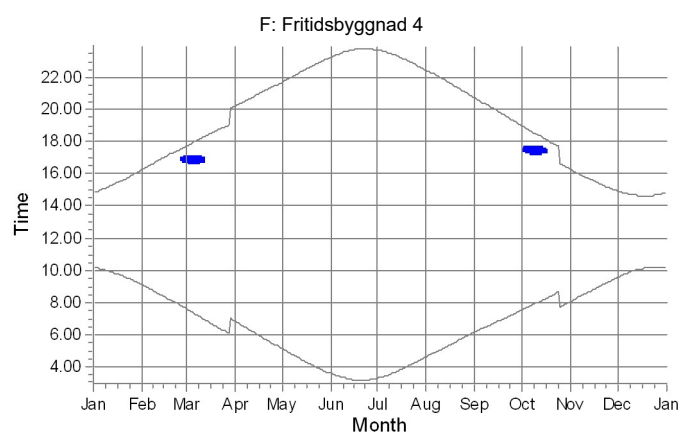
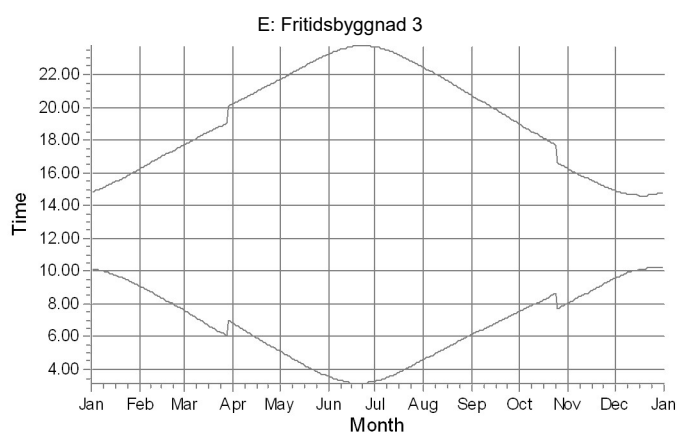
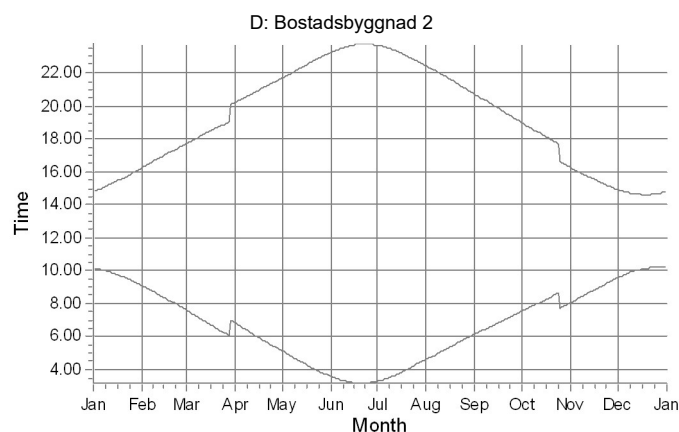
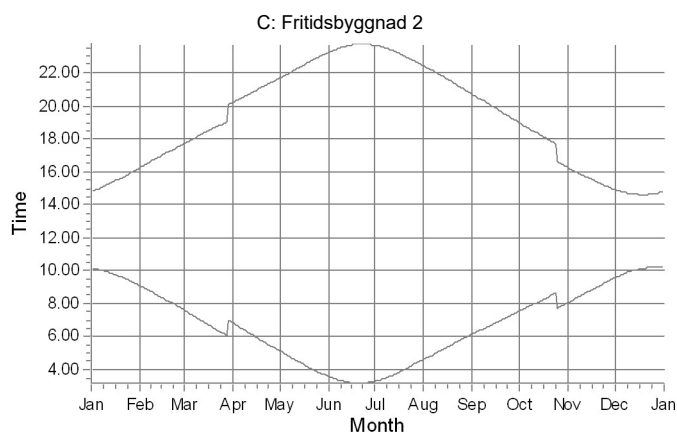
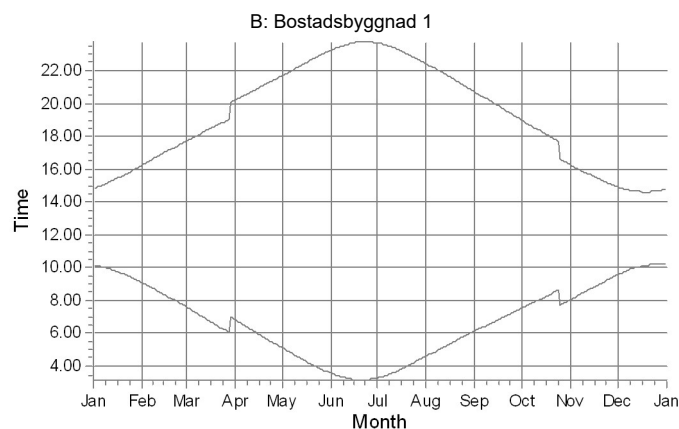
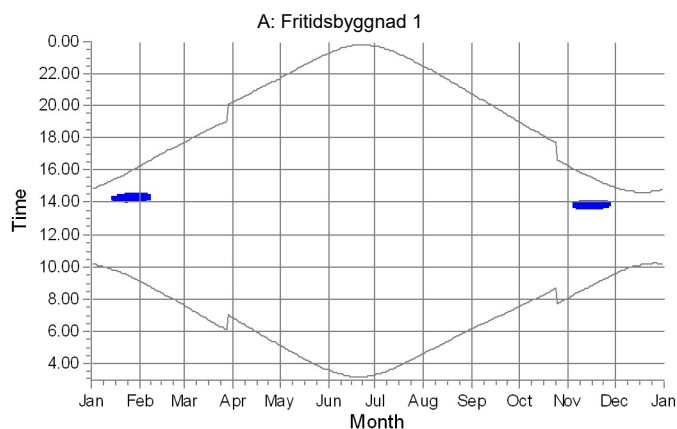
Project: 3411261\_Markjärv Description: Markjärv, skuggmodellering för planförslaget, real case

Licensed user: Rejlers Finland Oy 6030 EHS Common PL 1000 FI-0781 Helsinki

Terhi Porkka / terhi.porkka@rejlers.fi  
Calculated: 28.8.2026 11.15/4.1.292

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case

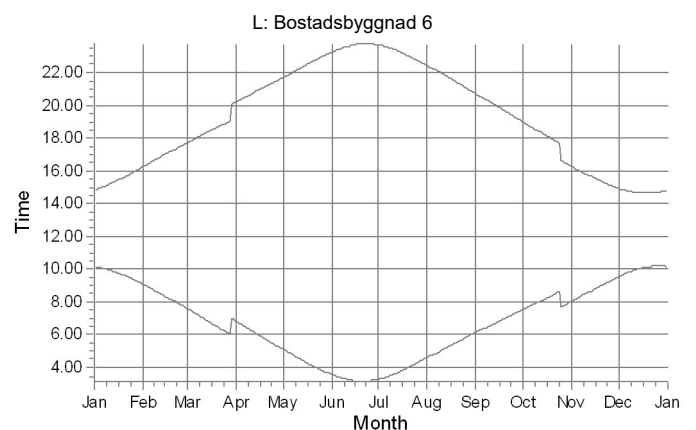
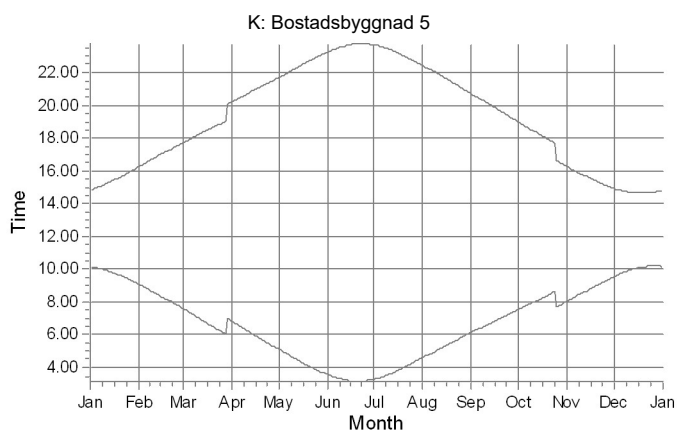
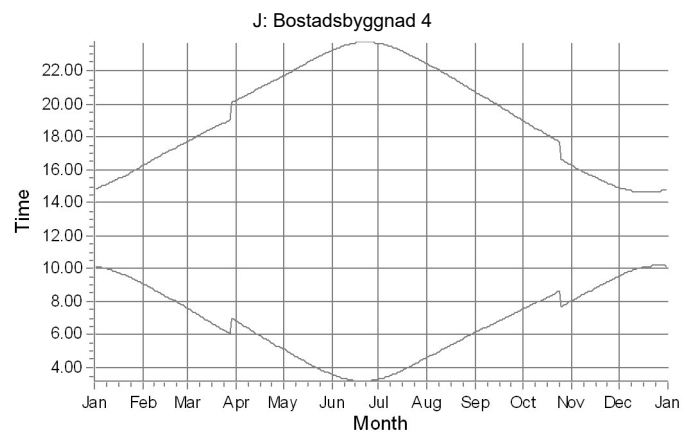
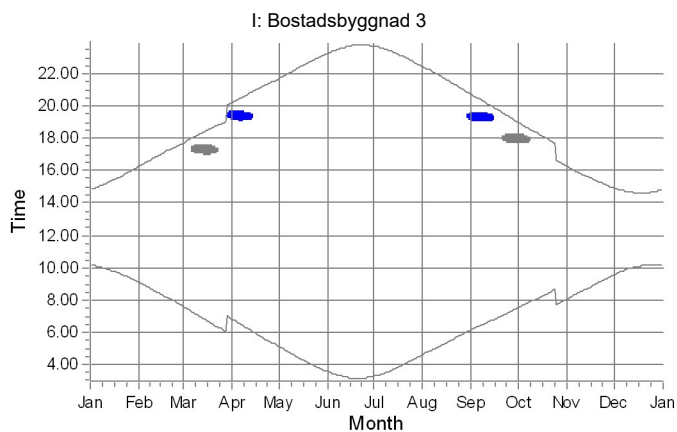
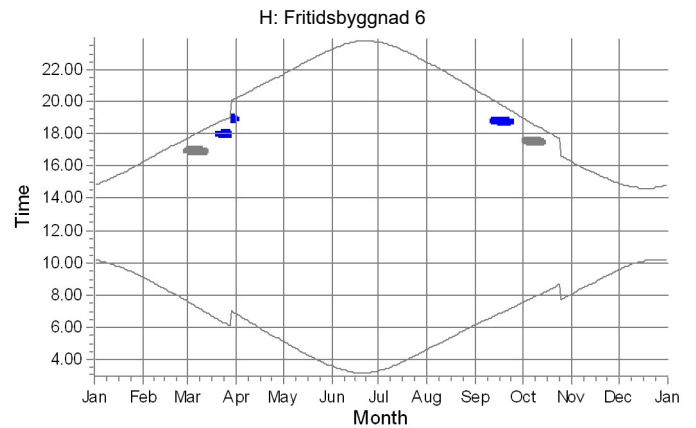
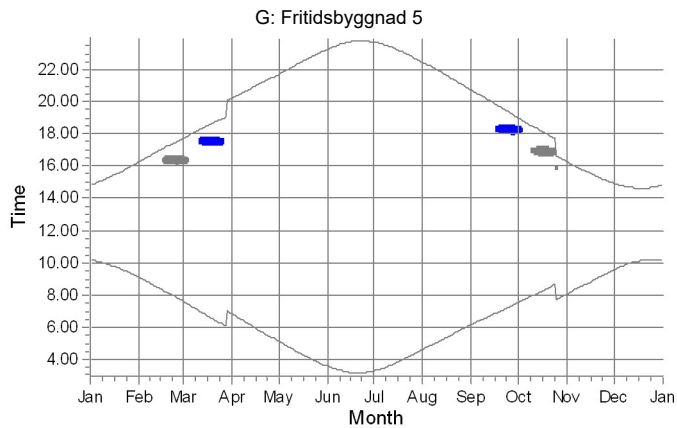


WTGs

3: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187)

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case

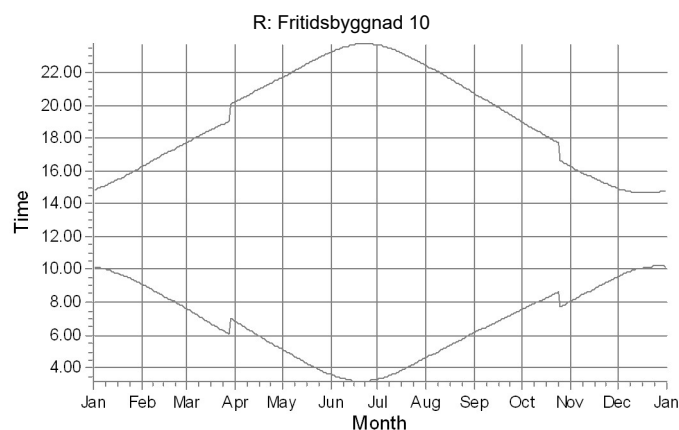
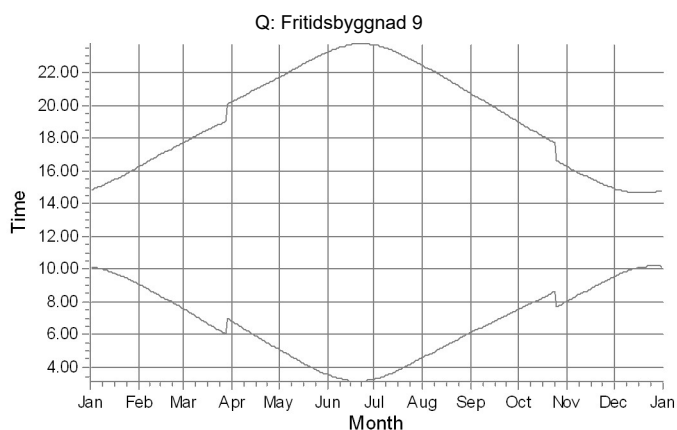
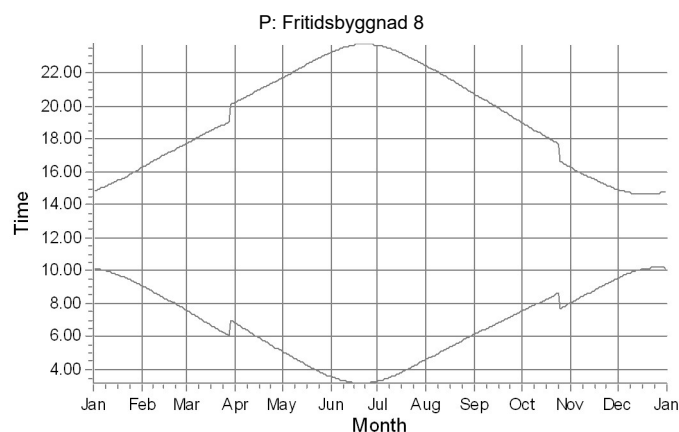
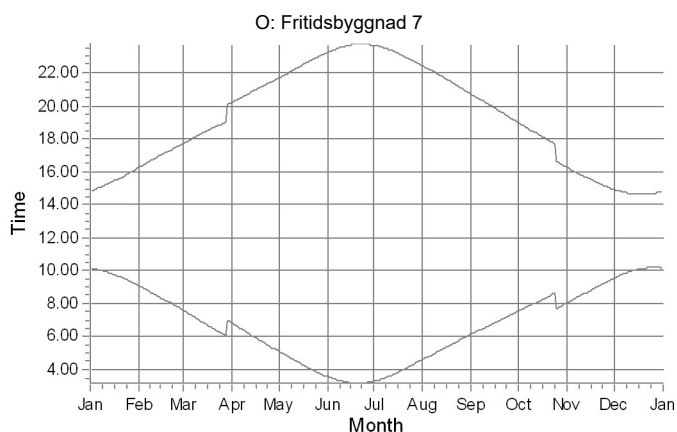
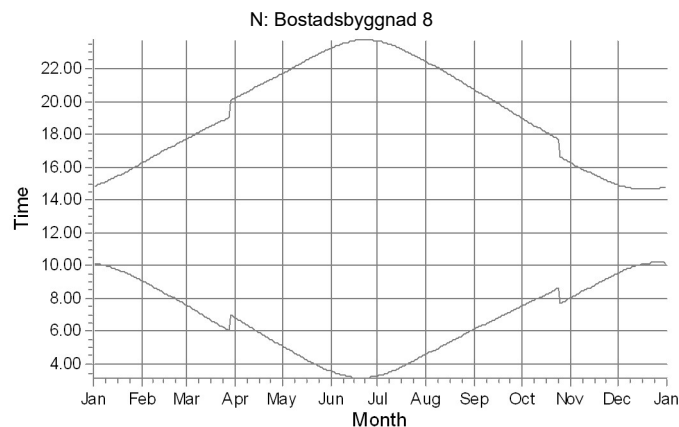
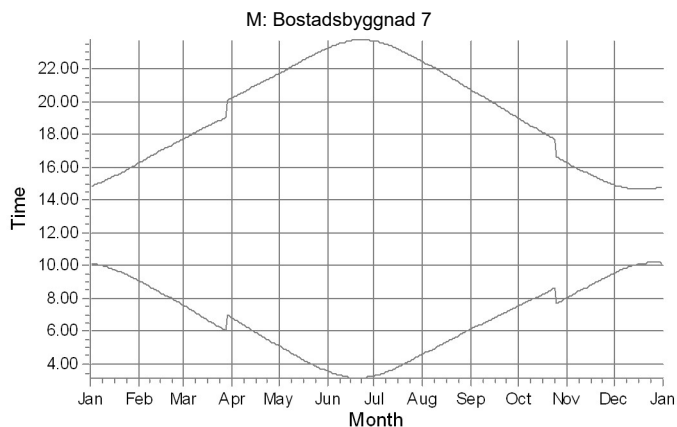


WTGs

- 3: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187)
- 4: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (188)

## SHADOW - Calendar, graphical

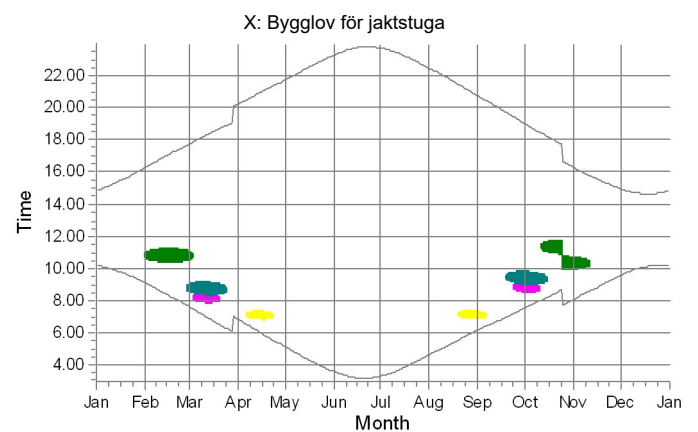
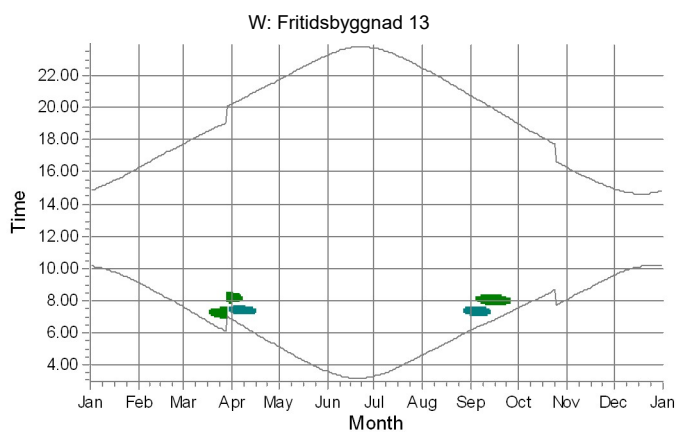
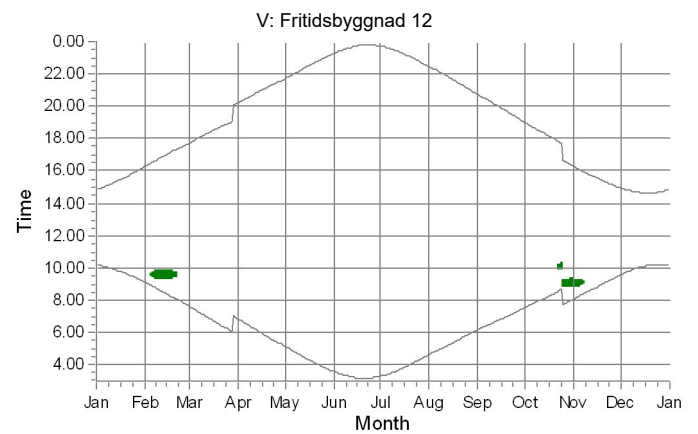
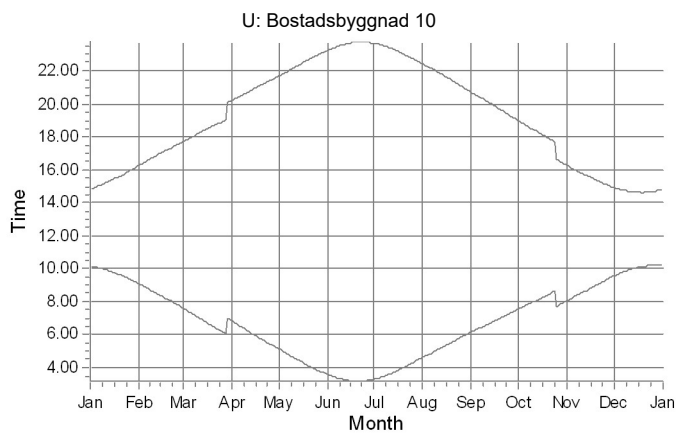
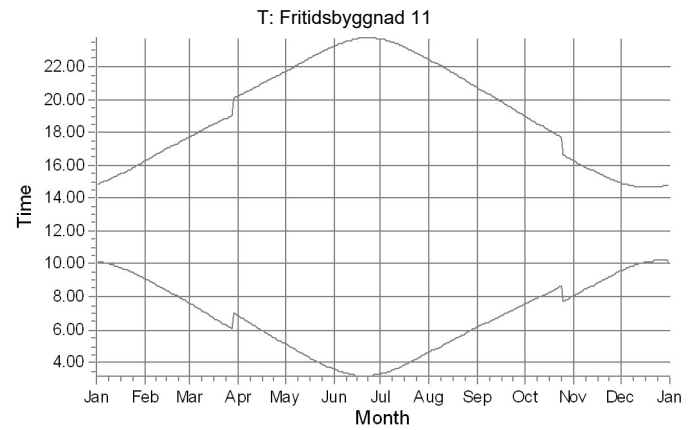
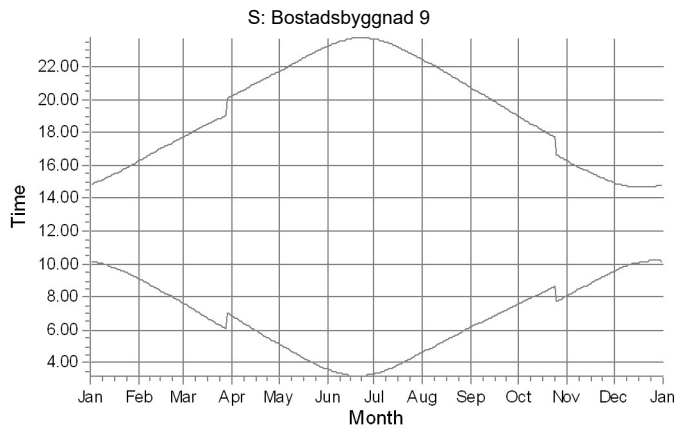
Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case



WTGs

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case

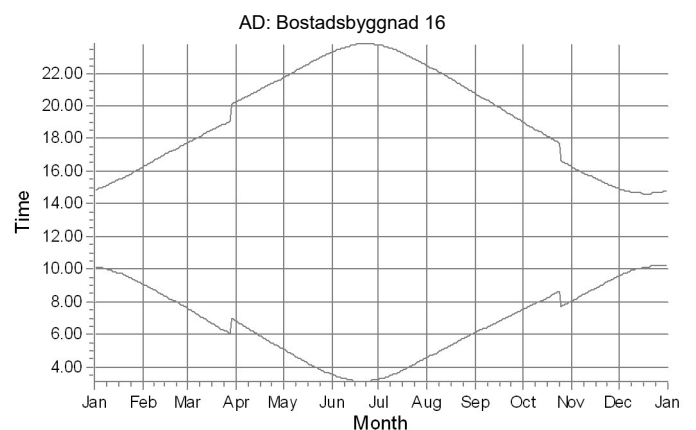
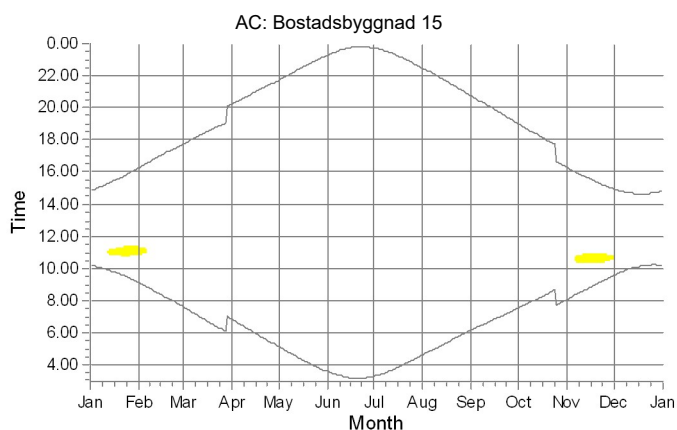
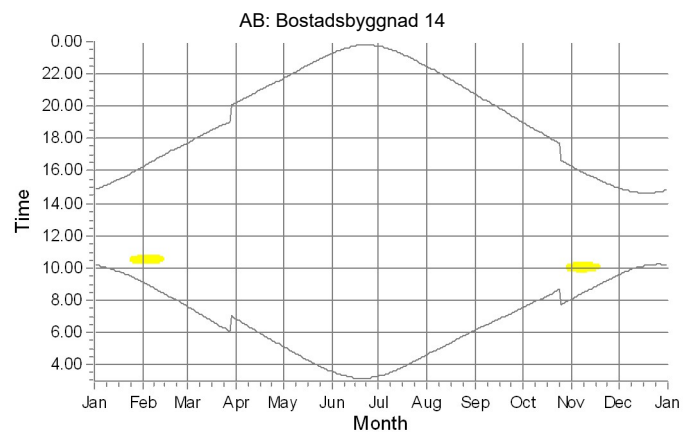
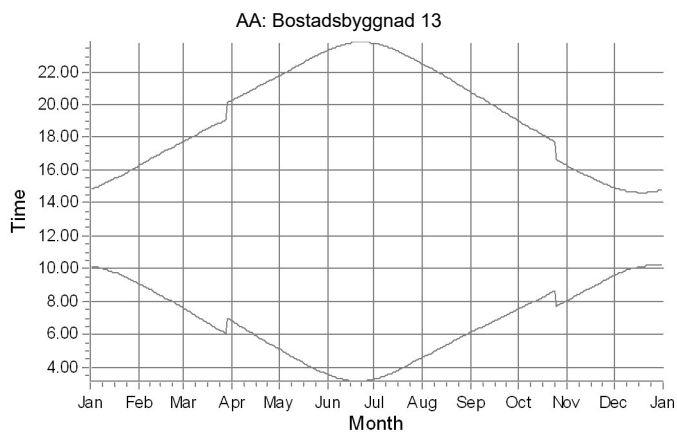
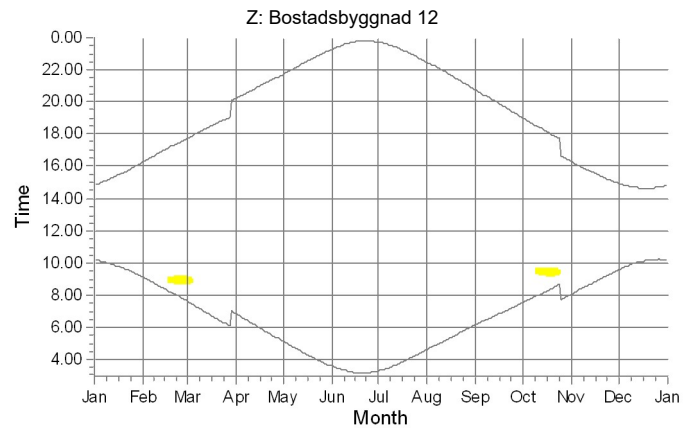
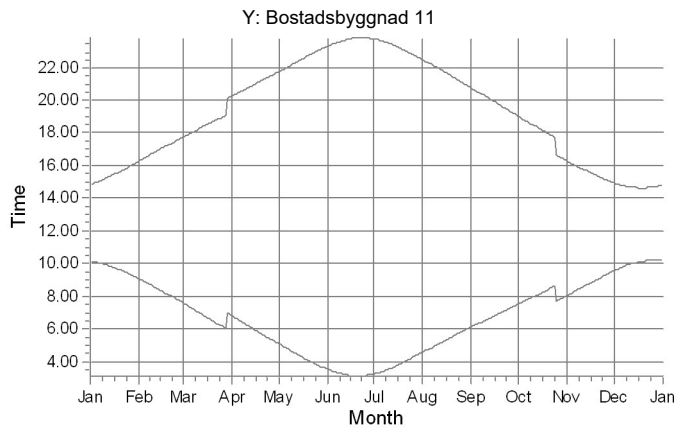


### WTGs

- 1: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (185)
- 2: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186)
- 5: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (189)
- 6: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (190)

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case

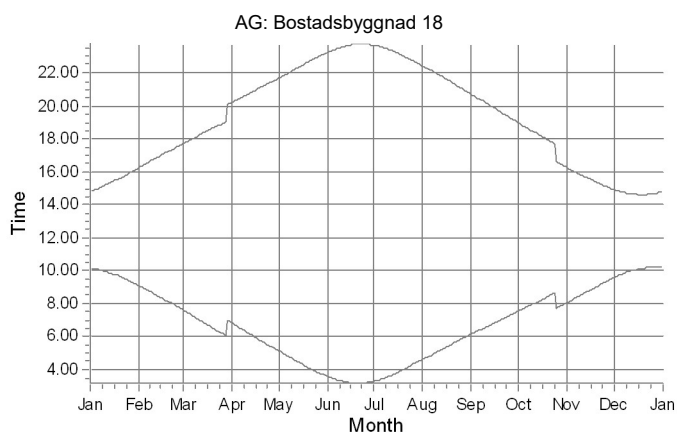
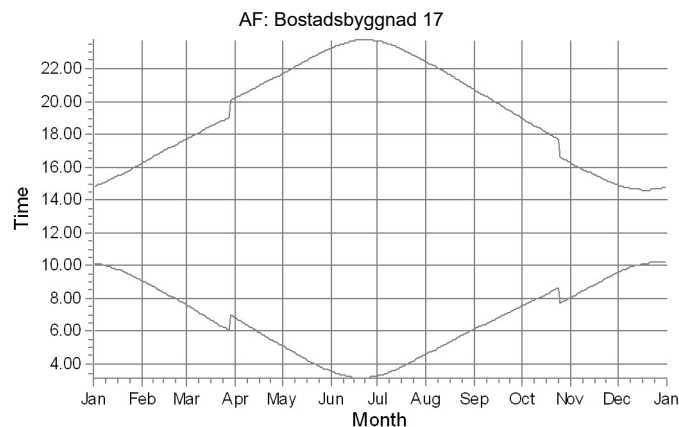
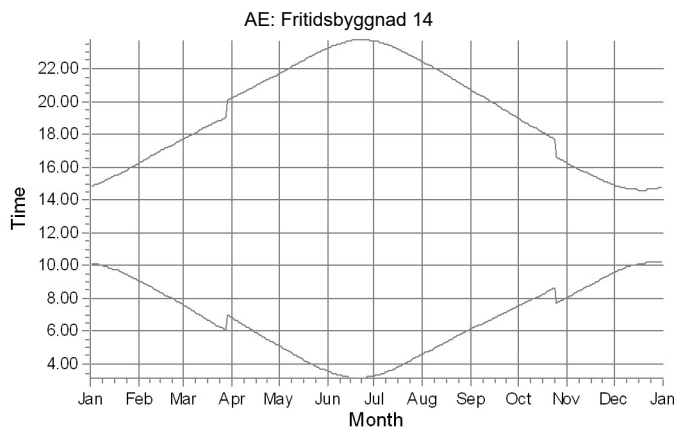


WTGs

2: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186)

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, real case



WTGs



## SHADOW - Main Result

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case

...continued from previous page

| No. | Name                | East    | North     | Z    | Width | Height | Elevation<br>a.g.l. | Slope of<br>window | Direction mode     | Eye height<br>(ZVI) a.g.l. |
|-----|---------------------|---------|-----------|------|-------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
|     |                     |         |           | [m]  | [m]   | [m]    | [m]                 | [°]                |                    | [m]                        |
|     | Y Asuinrakennus 11  | 322 122 | 7 048 669 | 57,4 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | Z Asuinrakennus 12  | 323 500 | 7 047 814 | 53,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AA Asuinrakennus 13 | 323 751 | 7 048 800 | 56,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AB Asuinrakennus 14 | 324 237 | 7 048 260 | 50,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AC Asuinrakennus 15 | 324 449 | 7 048 502 | 63,3 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AD Asuinrakennus 16 | 324 768 | 7 049 186 | 58,0 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AE Lomarakenus 14   | 325 251 | 7 049 076 | 64,8 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AF Asuinrakennus 17 | 325 611 | 7 049 091 | 63,2 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |
|     | AG Asuinrakennus 18 | 326 138 | 7 049 287 | 53,5 | 1,0   | 1,0    | 1,0                 | 90,0               | "Green house mode" | 2,0                        |

## Calculation Results

Shadow receptor

| No. | Name                          | Shadow, worst case                   |                                        |                                        |
|-----|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|     |                               | Shadow hours<br>per year<br>[h/year] | Shadow days<br>per year<br>[days/year] | Max shadow<br>hours per day<br>[h/day] |
|     | A Lomarakenus 1               | 14:23                                | 46                                     | 0:24                                   |
|     | B Asuinrakennus 1             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | C Lomarakenus 2               | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | D Asuinrakennus 2             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | E Lomarakenus 3               | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | F Lomarakenus 4               | 8:16                                 | 29                                     | 0:23                                   |
|     | G Lomarakenus 5               | 20:47                                | 63                                     | 0:25                                   |
|     | H Lomarakenus 6               | 16:50                                | 57                                     | 0:23                                   |
|     | I Asuinrakennus 3             | 20:40                                | 65                                     | 0:25                                   |
|     | J Asuinrakennus 4             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | K Asuinrakennus 5             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | L Asuinrakennus 6             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | M Asuinrakennus 7             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | N Asuinrakennus 8             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | O Lomarakenus 7               | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | P Lomarakenus 8               | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | Q Lomarakenus 9               | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | R Lomarakenus 10              | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | S Asuinrakennus 9             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | T Lomarakenus 11              | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | U Asuinrakennus 10            | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | V Lomarakenus 12              | 8:53                                 | 32                                     | 0:22                                   |
|     | W Lomarakenus 13              | 25:09                                | 56                                     | 0:44                                   |
|     | X Metsästysmajan rakennuslupa | 84:20                                | 138                                    | 1:07                                   |
|     | Y Asuinrakennus 11            | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | Z Asuinrakennus 12            | 9:00                                 | 30                                     | 0:23                                   |
|     | AA Asuinrakennus 13           | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | AB Asuinrakennus 14           | 13:23                                | 42                                     | 0:25                                   |
|     | AC Asuinrakennus 15           | 14:10                                | 46                                     | 0:24                                   |
|     | AD Asuinrakennus 16           | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | AE Lomarakenus 14             | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | AF Asuinrakennus 17           | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |
|     | AG Asuinrakennus 18           | 0:00                                 | 0                                      | 0:00                                   |

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

| No. | Name                                                             | Worst case<br>[h/year] |
|-----|------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (185) | 60:42                  |
| 2   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186) | 46:45                  |
| 3   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187) | 50:55                  |
| 4   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (188) | 30:01                  |
| 5   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (189) | 11:00                  |
| 6   | NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (190) | 36:28                  |

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

Bilaga 4. Förekomst av rörliga skuggor per modelleringsspunkt i worst case-modelleringen

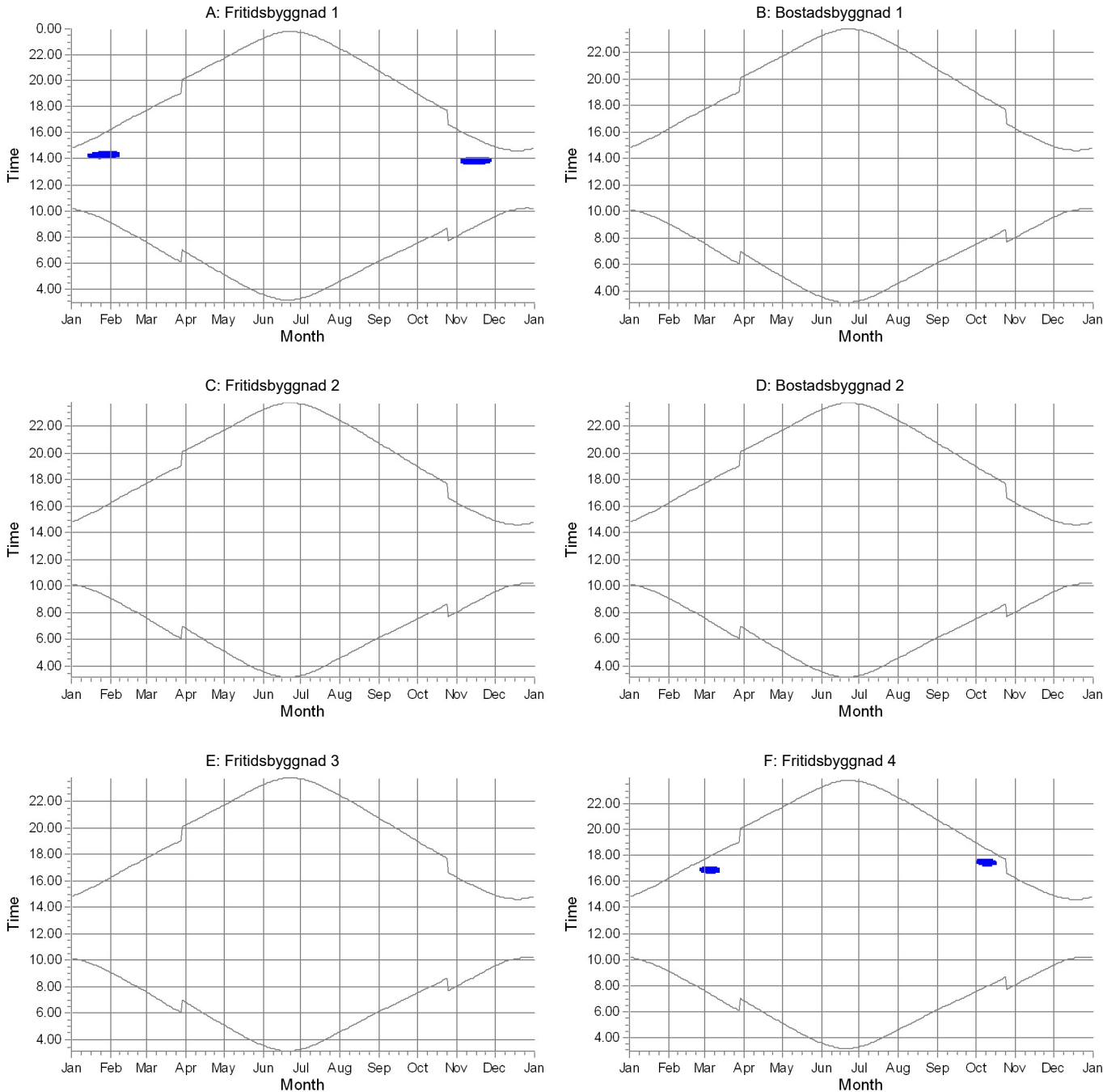
Project: 3411261\_Markjärv Description: Markjärv, skuggmodellering för planförslaget, worst case

Licensed user: Rejlers Finland Oy 6030 EHS Common PL 1000 FI-0781 Helsinki

Terhi Porkka / terhi.porkka@rejlers.fi  
Calculated: 28.8.2026 13.06/4.1.292

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case

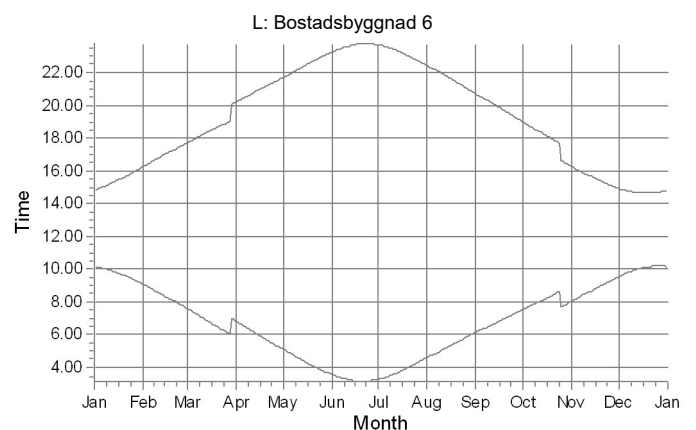
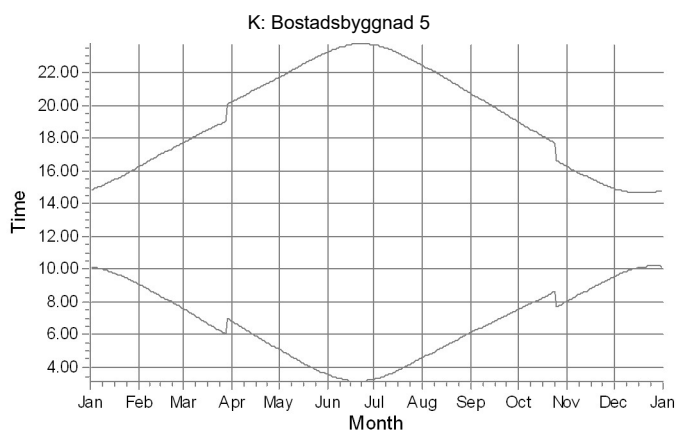
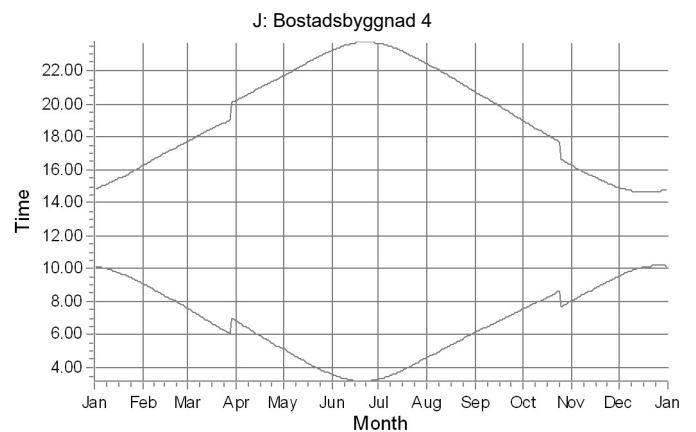
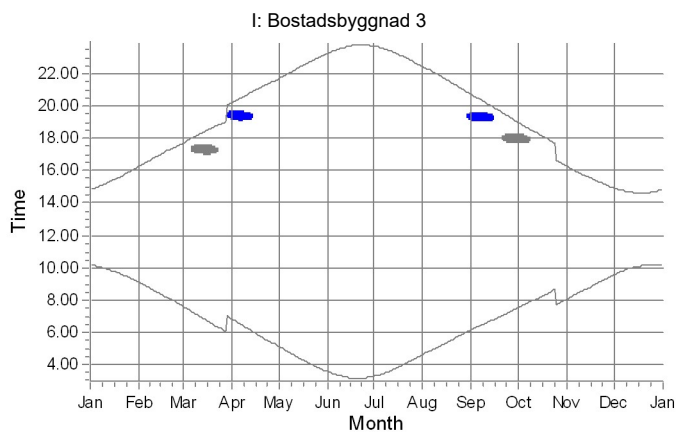
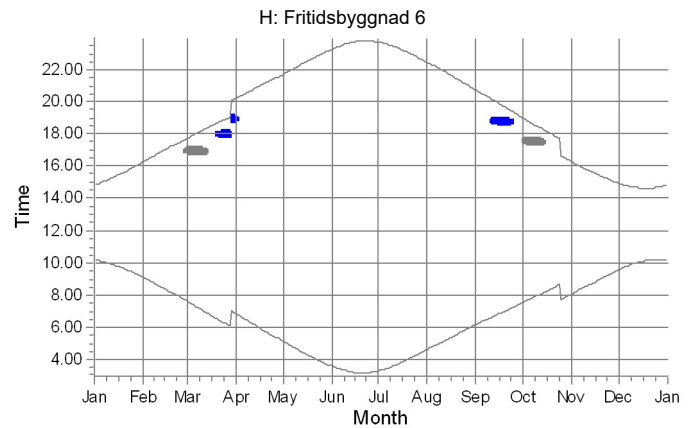
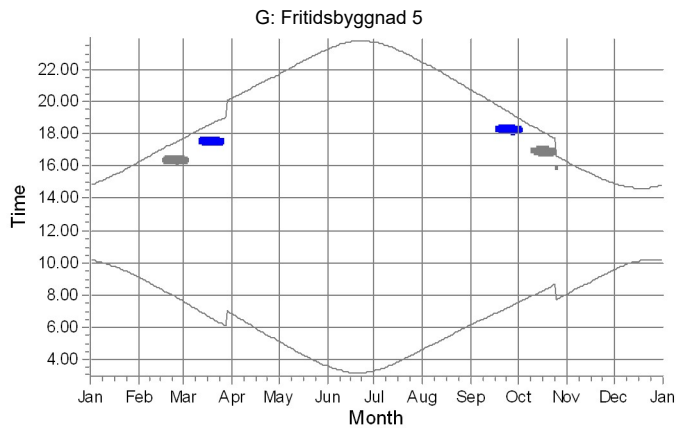


WTGs

3: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187)

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case

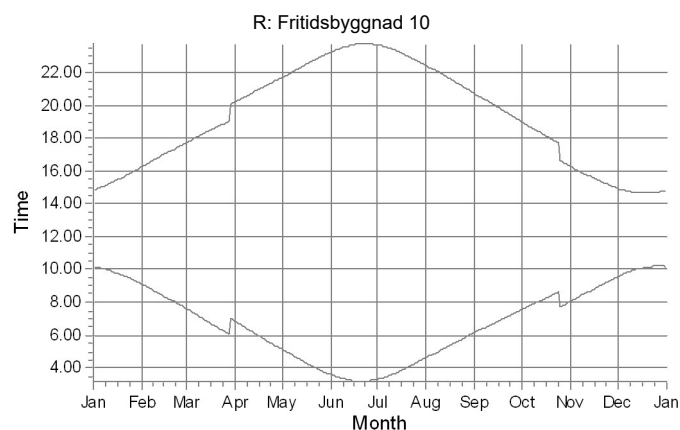
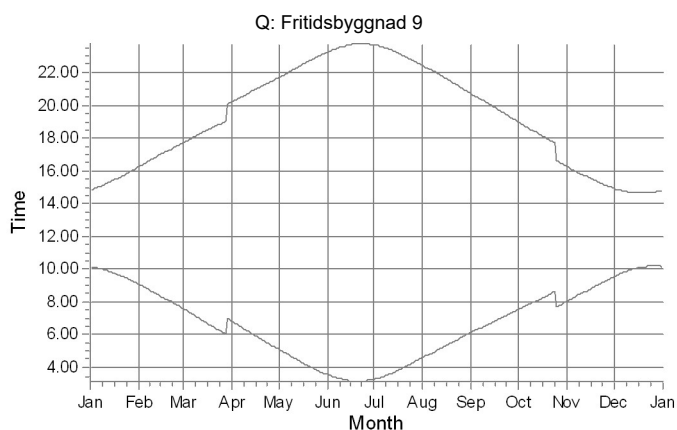
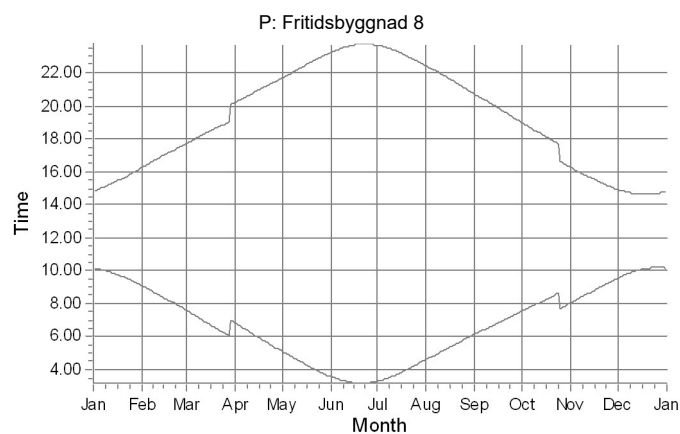
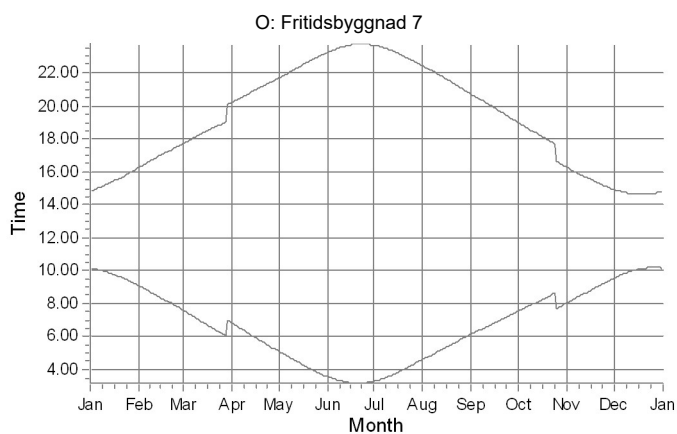
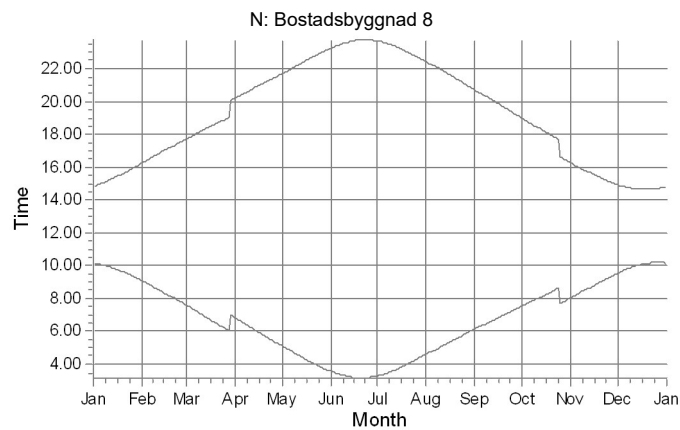
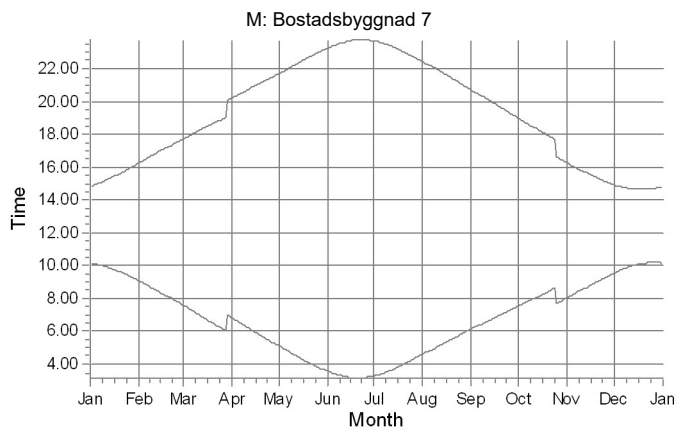


WTGs

- 3: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (187)
- 4: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (188)

**SHADOW - Calendar, graphical**

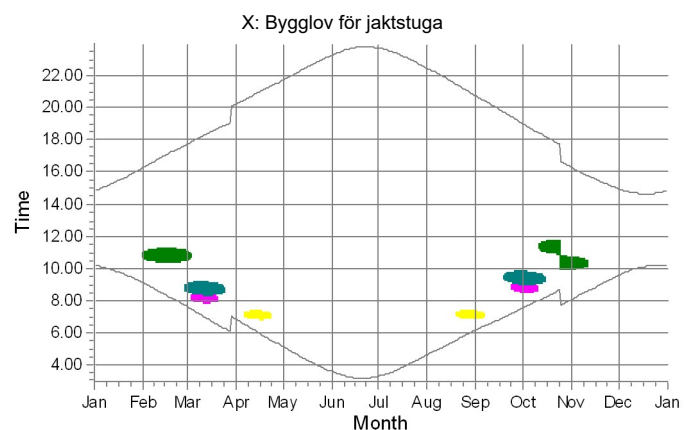
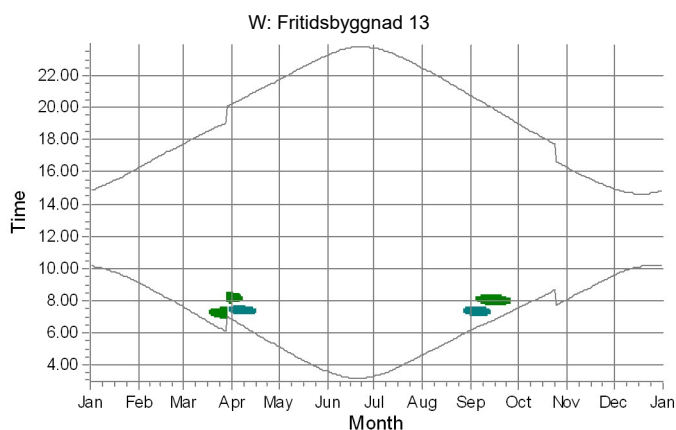
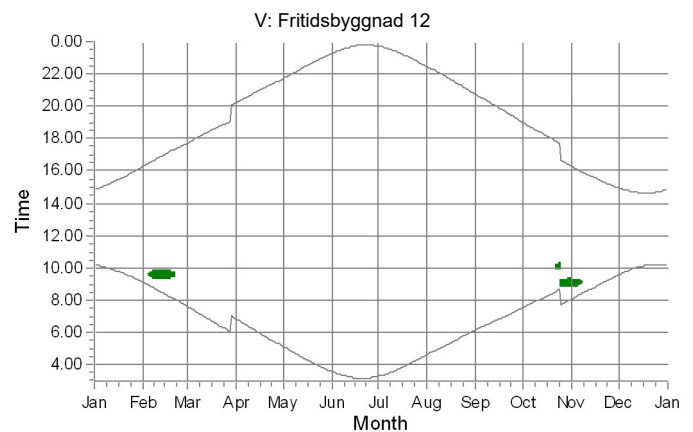
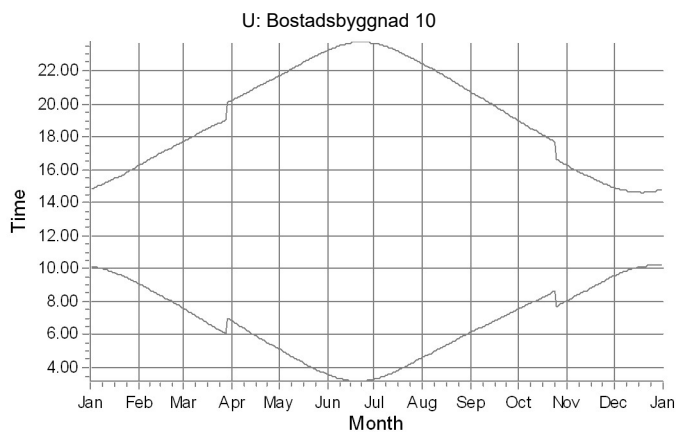
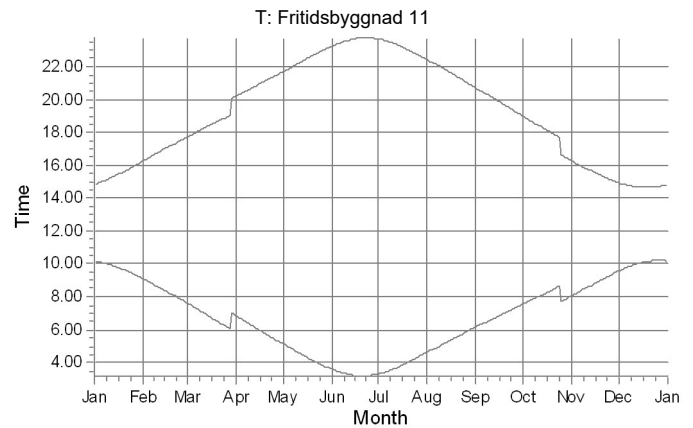
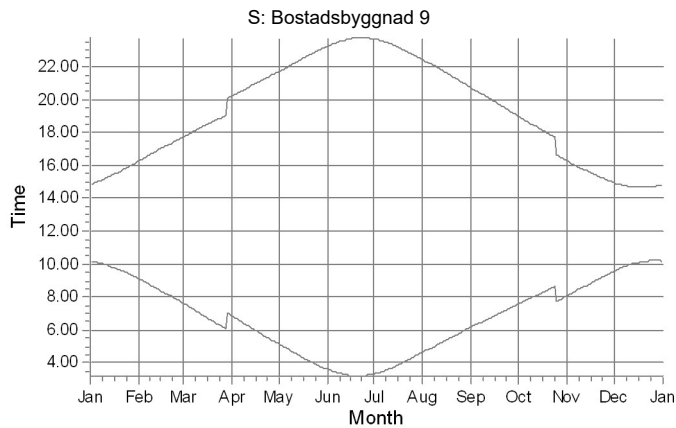
Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case



WTGs

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case

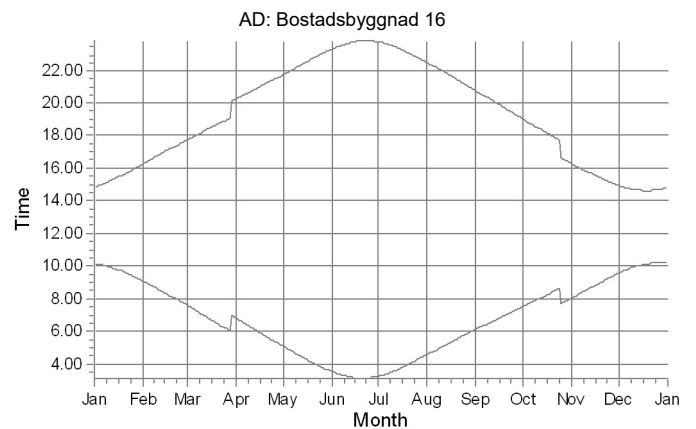
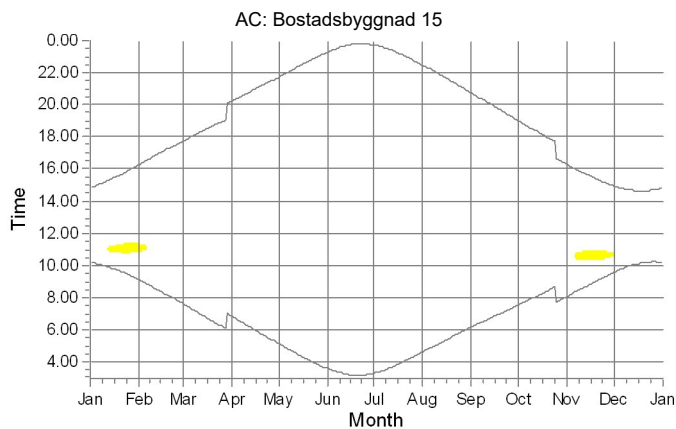
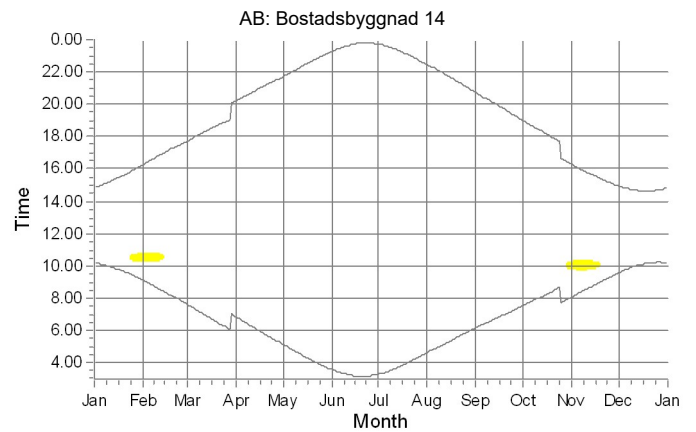
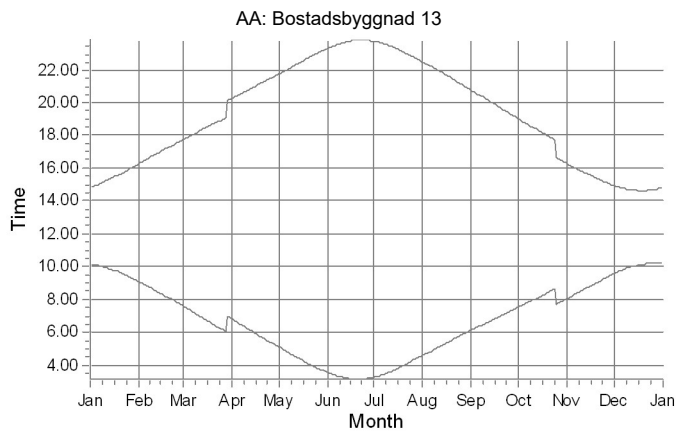
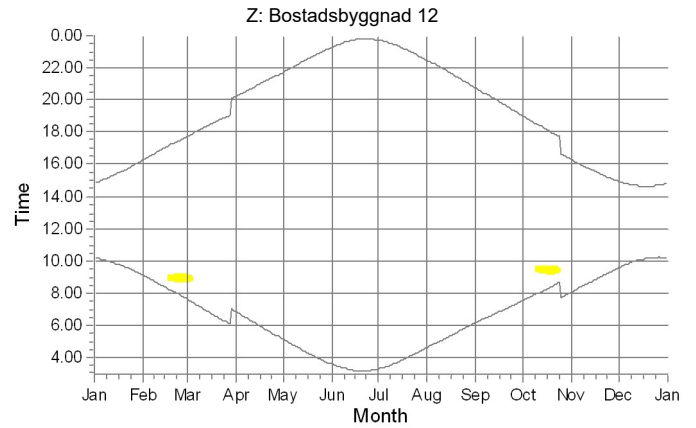
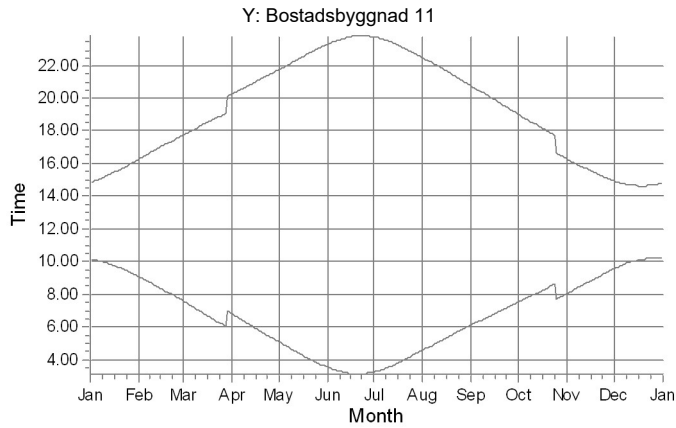


### WTGs

- |  |                                                                     |
|--|---------------------------------------------------------------------|
|  | 1: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (185) |
|  | 2: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186) |
|  | 5: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (189) |
|  | 6: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (190) |

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case

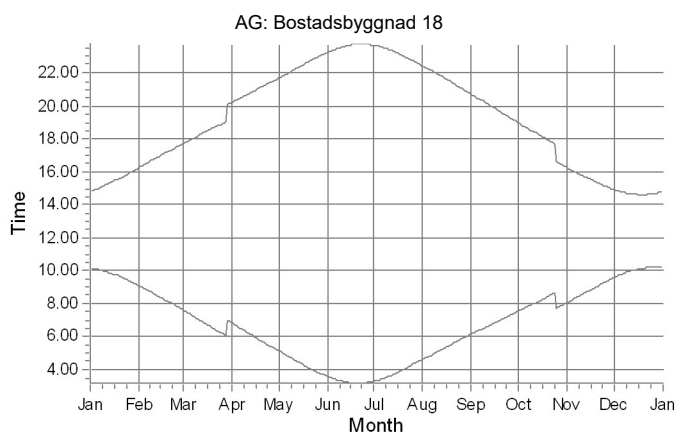
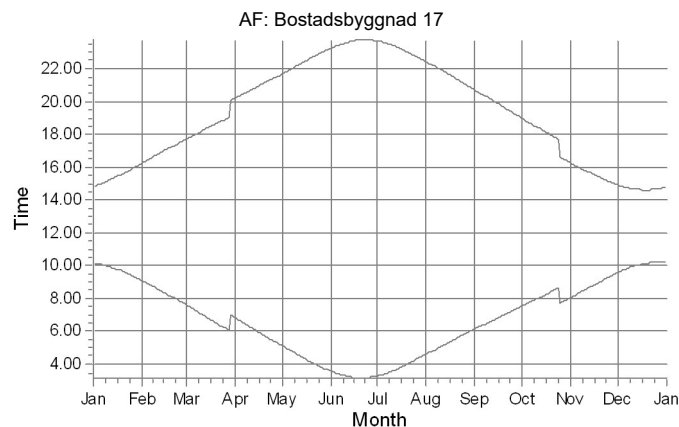
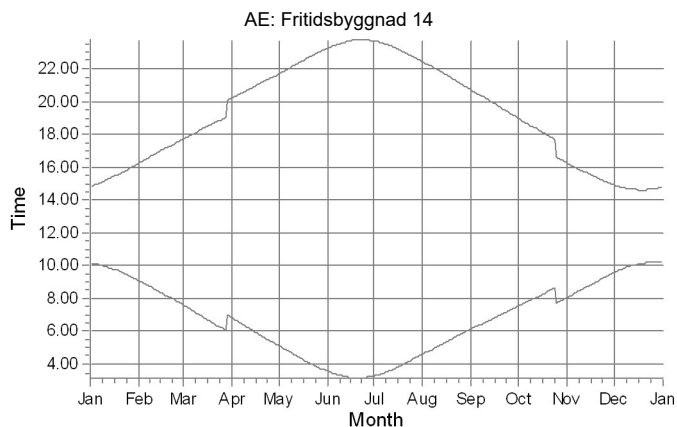


WTGs

2: NORDEX N175/6.X 6800 200.0 !-! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (186)

## SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Skuggmodellering för planförslaget, worst case



WTGs