



KJELLER
VINDTEKNIKK

Analyse av forventet skyggekast fra Innvordfjellet vindpark

Rapportnummer: KVT/AS/2009/002

Rapportnummer	Dato
KVT/AS/2009/002	21.1.2009
Rapporttittel	Klassifisering
Analyse av forventet skyggekast fra Innvordfjellet vindpark	Utgave nummer.
	1
Kunde	Antall sider
Rambøll Norge AS	13
Kundens referanse	Status
Per Ove Skorpen	Ferdig

Sammendrag

For planlagte Innvordfjellet vindpark i Nord-Trøndelag, er det gjort beregninger av skyggekast for 22 omkringliggende bygninger. Videre er det beregnet et skyggekastkart.

En bygning overskrider anbefalt grenseverdi for teoretisk skyggekast på maksimalt 30 timer skyggekast per år. Denne bygningen får skyggekast store deler av året, inkludert sommerstid.

Fire bygninger overskrider anbefalt grenseverdi på maksimalt 30 minutter på en dag for teoretisk skyggekast. Dette er skyggekast på formiddagen i månedene februar/mars og september/oktober.

Ingen bygninger overskrider anbefalt grenseverdi på 8 timer per år med forventet skyggekast.

For 8 av bygningene er det beregnet 0 timer skyggekast.

Forbehold

Selv om det i arbeidet med denne rapporten, så langt vi kjenner til, er benyttet oppdaterte analysemetoder, og vi i vårt arbeid forsøker å gi et så godt resultat som mulig, kan Kjeller vindteknikk AS ikke holdes ansvarlig for resultatene i rapporten eller for framtidig bruk av denne, og heller ikke for eventuelle direkte eller indirekte tap som skyldes eventuelle feil i rapporten.

Revisjonshistorie

Utgave	Dato	Antall eksemplarer	Kommentar	Distribusjon

	Navn	Dato	Signatur
Utført av	Anja Saxebøl	21/1-09	Anja Saxebøl
Kontrollert av	Lars Tallhaug	21/1-09	Lars Tallhaug
Godkjent av	Lars Tallhaug	21/1-09	Lars Tallhaug

Innhold

1	INNLEDNING	3
2	OM SKYGGEKAST OG REFLEKSBLINK	4
	2.1 SKYGGEKAST FRA VINDTURBINER	4
	2.2 KUNNSKAPSNIVÅ	4
	2.3 ANBEFALTE GRENSEVERDIER	4
	2.4 REFLEKSBLINK FRA VINDTURBINER	4
3	BEREGNING AV SKYGGEKAST	5
	3.1 METODE FOR BEREGNING AV SKYGGEKAST	5
	3.1.1 Programvare.....	5
	3.1.2 Datagrunnlag	5
	3.1.3 Forutsetninger.....	8
	3.1.4 Valg av skyggemottakere.....	8
	3.1.5 Feilkilder.....	8
4	RESULTATER SKYGGEKASTBEREGNINGER	9
	4.1 MULIGE AVBØTENDE TILTAK	11
5	REFERANSER	12
6	APPENDIKS	13

1 Innledning

I denne rapporten er det beregnet forventet skyggecast på omkringliggende bebyggelse for planlagte Innvordfjellet vindpark i Flatanger og Namdalseid kommuner. For nærliggende bebyggelse som blir berørt av skyggecast, er det beregnet omfang og variasjon gjennom året og døgnet. Skyggecast fra vindparken er beregnet ved hjelp av dataprogrammet WindPro.

2 Om skyggekast og refleksblink

2.1 Skyggekast fra vindturbiner

Når en vindpark er i drift vil vindturbinene få roterende skygger. Dette kan være sjenerende, spesielt når de faller på lysåpninger som vinduer. Den roterende skyggen vil da for de som sitter innendørs gi en blinkende effekt, gjerne kaldt stroboskopeffekten. Skyggekast kan også være sjenerende når man oppholder seg utendørs. Skyggen av en stillestående turbin vil normalt være uproblematisk.

Hvor og når skyggekast kan oppstå avhenger blant annet av lokaliseringen i forhold til vindparken og den lokale topografien. Man får mest skyggekast når solen står lavt slik at skyggene blir lange. Effekten av skyggene avtar imidlertid med avstanden fra vindturbinen. Turbinbladene vil da dekke en mindre del av solskiven slik at skyggen bli mer diffus.

2.2 Kunnskapsnivå

Kunnskapsnivået rundt effektene av skyggekast er fremdeles forholdsvis begrenset. I Tyskland er det imidlertid gjennomført en feltstudie i 1999 og et laboratorieforsøk i 2000. I feltstudien (J. Pohl, F. Faul og R. Mausfeld, 1999) oppga deltakerne at skyggekast var en belastning.

I laboratorieforsøket (J. Pohl, F. Faul og R. Mausfeld, 2000) ble det påvist stressymptomer hos de som ble utsatt for skyggekast. Yngre personer viste seg å takle belastningen av skyggekast bedre enn eldre. Stressymptomene som ble funnet var moderate. Imidlertid påpekes det at kumulative langtidsvirkninger kan være større.

2.3 Anbefalte grenseverdier

Det fines i dag ingen norske retningslinjer for grenseverdier for skyggekast. I Sverige har man imidlertid følgende grenseverdier (NVE, 2008):

- Totalt 30 timer per år og maksimalt 30 minutter per dag for teoretisk skyggekast.
- Totalt 8 timer per år for faktisk skyggekast.

For forklaring av begrepene teoretisk skyggekast og faktisk skyggekast, se kap. 3.1 under.

2.4 Refleksblink fra vindturbiner

Mulige ulemper knyttet til refleksblink nevnes ofte sammen med temaet skyggekast. Refleksblink forekommer når solen reflekteres i blanke flater på turbinbladene. Turbinbladenes roterende bevegelse vil da gjøre at refleksjonen oppfattes som blink. Refleksblink er mer komplisert å beregne enn skyggekast fordi omfanget av refleksblink også vil avhenge av turbinbladenes utforming og vridning (pitch). Problemet kan imidlertid minimeres ved å velge overflatebehandlinger med meget lave glanstall (under 30) (Danske Energistyrelsen 2002). Dersom det tas tilbørlig hensyn gjennom fargevalg og overflatebehandling av turbinbladene anses ulempen med refleksblink å bli liten.

3 Beregning av skyggekast

3.1 Metode for beregning av skyggekast

Når man kjenner vindturbinens geografiske plassering og plassering i forhold til et gitt område, vindturbinens utforming (høyde og rotordiameter) kan man gjøre en teoretisk beregning av forventet skyggekast for det gitte området. Det er vanlig å beregne totalt antall skyggetimer per år og maksimalt antall skyggetimer per dag. Ved en slik teoretisk beregning tar man ikke hensyn til at faktisk antall timer med skyggekast påvirkes av følgende forhold:

- Dersom vindturbinen står stille vil roterende skygger ikke forekomme.
- Hvis solen er dekket av skyer vil skyggen helt eller delvis elimineres.
- Når vindretningen ikke er den samme som solens innfallsvinkel vil omfanget av skyggekast bli mindre. Vindturbinene dreier med vindretningen for å oppnå høyest mulig energiproduksjon.

For å ta hensyn til disse forholdene er det i tillegg til de teoretiske beregningene derfor vanlig å beregne forventet faktisk antall timer med skyggekast per år hvor man tar hensyn til statistikk for soldata og vindforhold.

Resultatene kan vises på kart eller oppgis for en spesifikk skyggemottaker.

3.1.1 Programvare

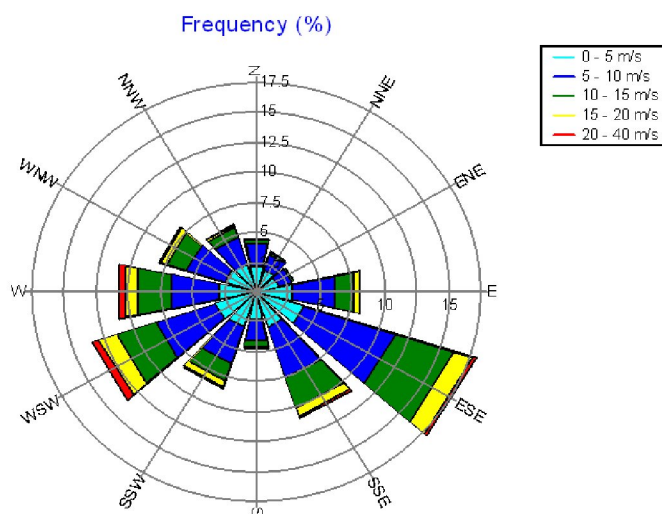
Beregningene er gjort med bruk av programvaren WindPro versjon 2.6.

3.1.2 Datagrunnlag

Det er benyttet rasterkart i målestokk 1:50 000. For å ta hensyn til topografien er det lagt inn høydedata med ekvidistanse 5 m.

I beregningene er det benyttet en Siemens 3.6 MW turbin med rotordiameter 107 m og tårnhøyde 90 m.

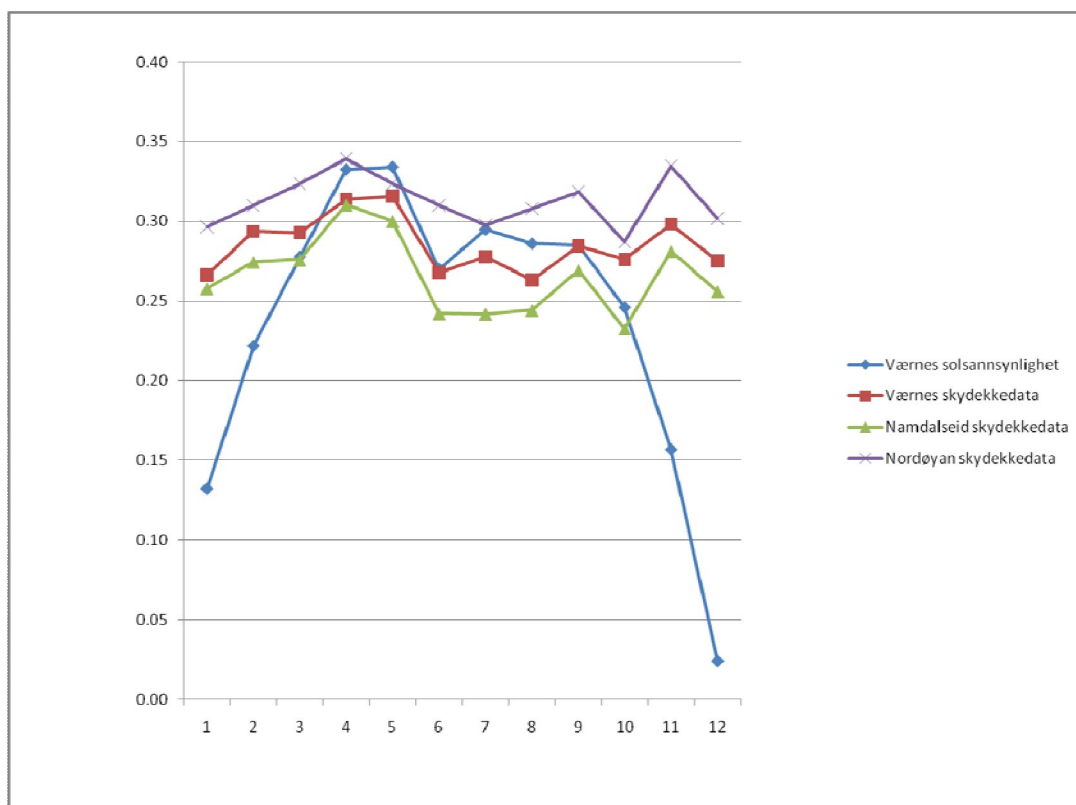
For beregning av driftstid for vindturbinene er det benyttet vindatlas for nordlig mast, mottatt fra Ari Bronstein i Dong Energy. Vindrosen er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1 Vindrose for nordlig målemast på Innvordfjellet

For å fastsette gjennomsnittlig solsannsynlighet fra soloppgang til solnedgang, er soltimedata for Værnes flyplass og skydekkedata fra Værnes flyplass, Nordøyen og Namdalseid vurdert. Nordøyen er en øy ute i havet ca. 35 km nordvest for Innvordfjellet. Namdalseid er lokalisert innenlands ca. 35 km sør for Innvordfjellet. Værnes flyplass ligger ca. 120 km sør for Innvordfjellet.

Figur 3-2 viser at det er godt samsvar mellom solsannsynlighet og skydekkedata for Værnes vår, sommer og høst, mens solsannsynligheten er mye lavere i november til februar. På vinteren står sola lavt og registrering av soltimer antas å kunne være vanskelig i og med at solstrålene lett kan skjermes av omkringliggende terreng og bygninger. Videre er det relativt stor avstand mellom Innvordfjellet og Værnes. På bakgrunn av dette er det antatt at skydekkedataene gir en bedre beskrivelse av værforholdene på Innvordfjellet. Fra figuren kan man se at skydekkedataene gir høyest sannsynlighet for sol på Nordøyen og lavest sannsynlighet for sol på Namdalseid. I beregningene av skyggekast for Innvordfjellet er et gjennomsnitt av disse to dataseriene benyttet.



Figur 3-2. Månedvis solsansynlighet fra soloppgang til solnedgang for Værnes. Månedvis skydekkesansynlighet for Værnes, Namdalseid og Nordøyen.

Tabell 3-1. Forventet sannsynlighet for sol i tidsrommet mellom soloppgang og solnedgang.

Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Sannsynlighet for sol	0.28	0.29	0.30	0.32	0.31	0.28	0.27	0.28	0.29	0.26	0.31	0.28

Forventede vindforhold i planområdet er vist i Tabell 3-2. På bakgrunn av vinddata er det estimert antall driftstimer som funksjon av retning og at vindturbinene vil være i drift ved vindhastigheter mellom 4 m/s og 25 m/s.

Tabell 3-2. Forventet antall driftstimer per vindretning per år for Innvordfjellet vindpark.

Vindretning	N	NNØ	ØNØ	Ø	ØSØ	SSØ	S	SSV	VSV	V	VNV	NNV	Totalt
Antall driftstimer per år	366	250	204	484	1394	910	410	658	929	771	627	488	7490

3.1.3 Forutsetninger

Antall skyggetimer er beregnet dag for dag over ett år i steg på ett minutt. For skyggekastkartet er skyggen beregnet i ruter på 10 m*10 m, tidsstepp hvert 3. minutt hver 3. dag. Programmet beregner solens posisjon på bakgrunn av vindkraftverkets geografiske beliggenhet.

Situasjoner hvor turbinene er mer enn 2 km unna, solen står mindre enn 3° over horisonten eller rotorbladene dekker mindre enn 20 % av solskiven er ikke tatt med i beregningene. Skyggeeffekten antas for disse situasjonene å være så diffus at den er neglisjerbar. Det er lagt til grunn tyske retningslinjer (EMD 2004) siden det ikke finnes norske retningslinjer om dette.

Det er ikke gjort en individuell vurdering av størrelsen på vinduene på de enkelte byggene eller utvendig bruk av områdene rundt bygningene. For alle bygningene er det antatt at vinduet som mottar skygge har vinkel på 90 ° med bakkenivå, har størrelse 2 m*2 m og en høyde fra bakken til nederste del av vinduet på 1 m. Videre er det antatt at bygningene har slike vinduer i alle retninger. Med denne antagelsen har beregninger med ulike vindusstørrelser vist at antatt vindusstørrelse har liten betydning for beregningsresultatet.

3.1.4 Valg av skyggemottakere

For beregning av skyggekast er det valgt alle nærliggende bygninger som har en avstand til de planlagte turbinene på ca. 1800 m eller mindre. Der det ligger flere bygninger tett inntil hverandre, er den bygningen som ligger nærmest turbinene valgt ut for beregningene.

Plasseringen av skyggemottakerne er vist på vedlagt skyggekastkart merket Appendiks A.

3.1.5 Feilkilder

Det er knyttet usikkerhet til de meteorologiske dataene. For vinddataene skyldes dette usikkerhet i beregnet langtidsvindforhold i målepunktet, og at terrenget i planområdet er forholdsvis komplekst slik at beregnet vindforhold ikke gir en like god beskrivelse av vindforholdene ved den enkelte turbin. For solsannsynligheten er det blant annet usikkerhet knyttet til avstanden mellom målestasjonene og planområdet. For mer om beregningen av solsannsynlighet, se kap 3.1.2. Usikkerheter knyttet til ovennevnte gjør at faktisk skyggekast kan være lavere eller høyere enn beregnet.

Lokalitetene det er beregnet skyggekast for er valgt på bakgrunn av shp-fil mottatt fra Rambøll. Status for bygningene er nylig gjennomgått av Flatanger kommune, og skal være godt oppdatert.

I og med at det er antatt at bygningene har vinduer i alle retninger, har man overestimert vinduernes størrelser.

Som følge av ovennevnte feilkilder må det understrekes at beregningsresultatene for enkeltbygninger har en betydelig feilmargin. For å få en mest mulig korrekt beregning av forventet skyggekast må man gjøre en mer detaljert vurdering bygning for bygning om hvilken størrelse og retning vinduene har mot turbinene. For berørt bygning som får høye beregnede verdier for skyggekast bør det derfor gjennomføres grundigere analyser før man eventuelt bestemmer seg for å gjennomføre kostbare avbøtende tiltak.

4 Resultater skyggecastberegninger

Beregnet skyggecastkart, som også viser lokalitetene det er beregnet skyggecast for, er vedlagt og merket Appendiks A.

Tabell 4-1 viser de beregnede resultatene.

Tabell 4-1. Resultat skyggecastberegninger.

Lokalitet	Status for bygning	Teoretiske beregninger			Beregning faktisk skyggecast
		Skyggetimer per år	Skyggedager per år	Maksimalt antall skyggetimer per dag	Skyggetimer per år
		Svensk grenseverdi 30 t/år		Svensk grenseverdi 0:30 t/dag	Svensk grenseverdi 8 t/år
A	Bolig	15:50	41	0:35	2:25
B	Bolig	18:47	41	0:42	2:45
C	Fritidsbolig	21:14	42	0:50	3:01
D	Bolig	27:30	49	0:57	3:56
E	Fritidsbolig	26:49	47	0:51	3:44
F	Bolig	23:49	96	0:22	4:03
G	Fritidsbolig	17:11	73	0:21	2:25
H	Fritidsbolig	27:37	108	0:23	4:22
I	Bolig	13:39	52	0:22	1:48
J	Fritidsbolig	9:25	42	0:18	1:26
K	Fritidsbolig	4:29	21	0:16	0:37
L	Bolig	45:57	165	0:27	7:49
M	Bolig	28:51	127	0:20	5:00
N	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00

Forts. Tabell 4-1.

Lokalitet	Status for bygning	Teoretiske beregninger			Beregning faktisk skyggekast
		Skyggetimer per år	Skyggedager per år	Maksimalt antall skyggetimer per dag	Skyggetimer per år
		Svensk grenseverdi 30 t/år		Svensk grenseverdi 30 min/dag	Svensk grenseverdi 8 t/år
O	Bolig	0:00	0	0:00	0:00
P	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00
Q	Bolig	0:00	0	0:00	0:00
R	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00
S	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00
T	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00
U	Fritidsbolig	0:00	0	0:00	0:00
V	Bolig	14:37	42	0:27	2:39

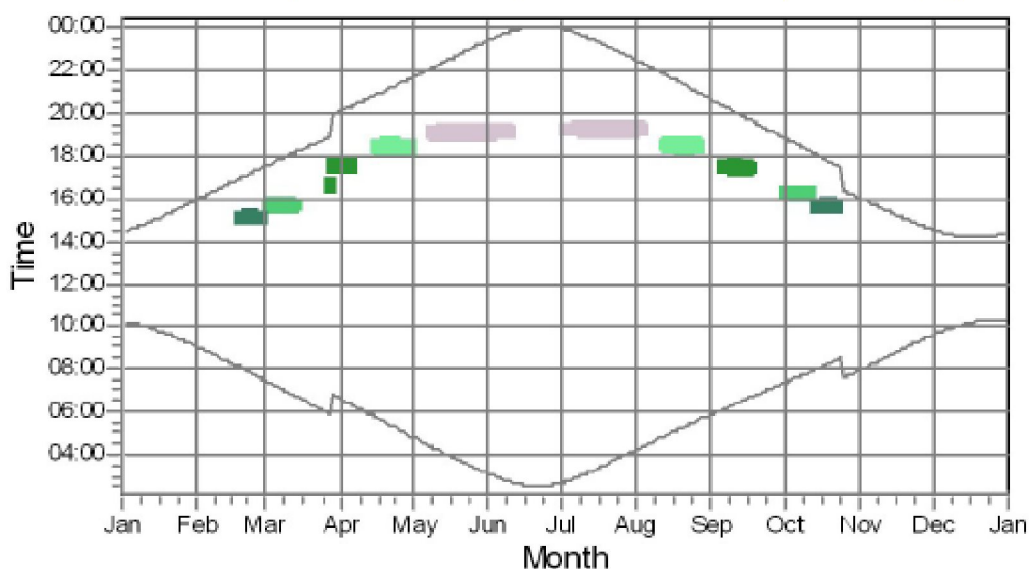
Tabell 4-1 viser at det er bygning L som har høyest antall beregnede timer med skyggekast. Tabellen viser videre at de beregnede verdiene er høyere enn anbefalte grenseverdier for følgende bygninger:

- Beregnet teoretisk antall timer per år er høyere enn 30 timer
 - Bygning L
- Beregnet forventet antall timer per år er høyere enn 8 timer
 - Ingen bygninger. Bygning L er nær grenseverdien.
- Maksimalt antall minutter skyggekast på en dag er mer enn 30 minutter
 - Bygningene A, B, C, D og E.










Beregningene viser at bygningene A, B, C, D og E vil få skyggekast på formiddagen i februar/mars og september/oktober. Skyggekastene vil komme fra turbinene 5, 6 og 11.

Figur 4-1 viser at bygning L vil få skyggekast i perioden midten av februar til slutten av oktober. Mest skyggekast er forventet å komme fra turbin 28. Denne vil gi skyggekast fra begynnelsen av mai til begynnelsen av august. Beregnet kalender for alle de 22 bygningene er gitt i Appendiks D.

L: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (37)



WTGs

	12: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (232)		29: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (249)
	13: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (233)		30: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (250)
	24: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (244)		31: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (251)
	25: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (245)		32: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (252)
	28: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 IOI hub: 90.0 m (248)		

Figur 4-1. Grafisk beskrivelse av når på året skyggekast vil inntreffe og fra hvilke turbiner.

4.1 Mulige avbøtende tiltak

Mulige avbøtende tiltak er redusering av antall turbiner, stopp av turbiner i kritiske perioder og skjerming av vinduer hos skyggemottaker.

5 Referanser

Olsen, A. og Johnsson, N. H. 2008. *Bakgrunn for vedtak for Mehuken vindpark*, KTE- notat 12/2008

Vindmøller på land Dreiebog for VVM, Danske Energistyrelsen Februar 2002

Pohl J., Faul F. og Mausfeld R., *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen - Laborpilotstudie*, Staatliches Umweltamt Schleswig 2000

Pohl J., Faul F. og Mausfeld R., *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen - Feldstudie*, Staatliches Umweltamt Schleswig 1999

WindPRO 2.4 User Guide, EMD International AS 2004

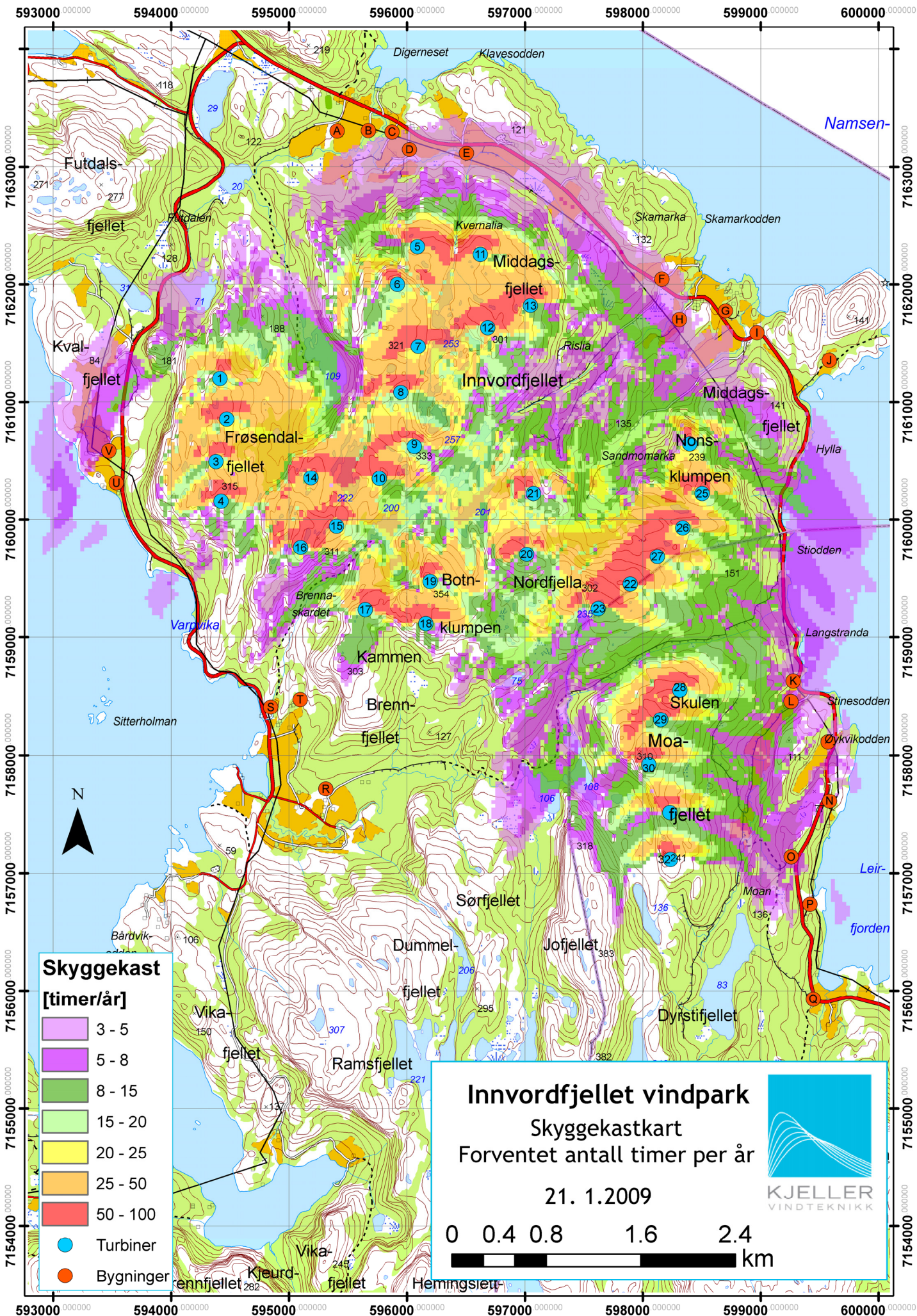
6 Appendiks

Appendiks A - Skyggekart med plassering av turbiner og bygningene det er beregnet skyggekast for

Appendiks B - Koordinatene til bygningene det er beregnet skyggekast for

Appendiks C - Resultat fra WindPro-beregningene. Hovedresultatet.

Appendiks D - Resultat fra WindPro-beregningene. Kalender.



Appendiks B - Koordinater for bygningene det er beregnet skyggekast for

Koordinatene er oppgitt i UTM WGS 84 sone 32

Bygning	x-koordinat	y-koordinat	Status bygning
A	595671.4	7163307	Bolig
B	595406.1	7163305	Bolig
C	595872.1	7163296	Fritidsbolig
D	596020.2	7163146	Bolig
E	596503	7163115	Fritidsbolig
F	598161.5	7162044	Bolig
G	598701.6	7161774	Fritidsbolig
H	598310.3	7161699	Fritidsbolig
I	598968	7161588	Bolig
J	599582.8	7161353	Fritidsbolig
K	599276.8	7158627	Fritidsbolig
L	599258.3	7158454	Bolig
M	599572.4	7158114	Bolig
N	599584.2	7157612	Fritidsbolig
O	599259.4	7157138	Bolig
P	599418	7156735	Fritidsbolig
Q	599446.3	7155929	Bolig
R	595309.8	7157715	Fritidsbolig
S	594842.6	7158405	Fritidsbolig
T	595093.1	7158470	Fritidsbolig
U	593534.5	7160311	Fritidsbolig
V	593470.5	7160584	Bolig

Project:
Innvordfjellet

Printed/Page
20.01.2009 10:05 / 1
Licensed user:
Kjeller Vindteknikk AS
Instituttveien 18
NO-2025 Kjeller
+47 63 80 62 11
Calculated:
20.01.2009 09:48/2.6.0.235

SHADOW - Main Result

Calculation: Innvordfjellet

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

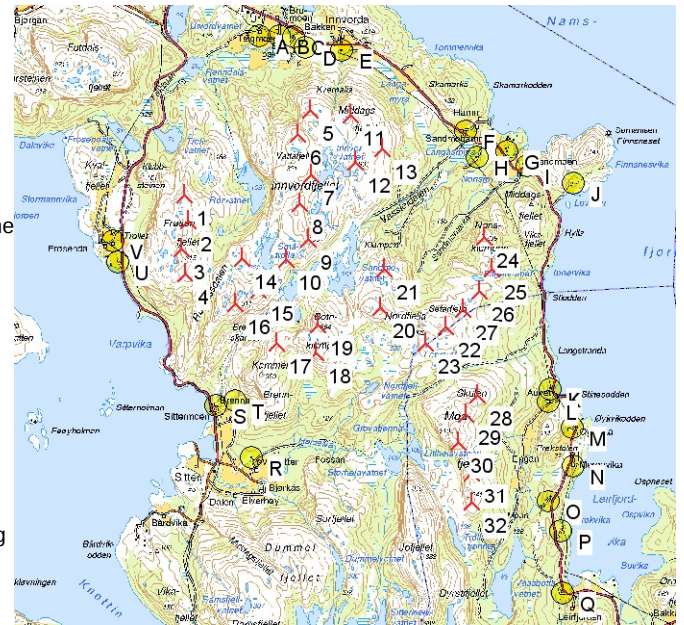
Sun shine probabilities (part of time from sun rise to sun set with sun shine)
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
0.28 0.29 0.30 0.32 0.31 0.28 0.27 0.28 0.29 0.26 0.31 0.28

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
North Mast WAsP - Matrix MCP - cleaned - NCAR Adjusted

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
366 250 204 484 1394 910 410 658 929 771 627 488 7490

To avoid flicker from WTGs not visible a ZVI calculation is performed before the flicker calculation. The ZVI calculation is based on the following assumptions

Height contours used: Height Contours
Obstacles used in calculation
Eye height: 1.5 m
Grid resolution: 10 m



Scale 1:100 000
New WTG Shadow receptor

WTGs

UTM WGS84 Zone: 32 East			Z [m]	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
North	East	Valid			Manufact.	Type-generator	Calculation distance [m]				RPM [RPM]	
UTM WGS84 Zone: 32			[m]									
1	594 413	7 161 200	251.4	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
2	594 471	7 160 855	270.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
3	594 379	7 160 493	297.4	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
4	594 422	7 160 157	285.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
5	596 087	7 162 319	270.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
6	595 917	7 161 999	310.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
7	596 094	7 161 471	290.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
8	595 947	7 161 082	310.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
9	596 062	7 160 621	335.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
10	595 765	7 160 349	271.5	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
11	596 621	7 162 255	279.9	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
12	596 685	7 161 630	296.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
13	597 045	7 161 819	248.5	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
14	595 185	7 160 354	270.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
15	595 402	7 159 944	298.5	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
16	595 097	7 159 762	300.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
17	595 645	7 159 234	284.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
18	596 160	7 159 116	316.7	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
19	596 196	7 159 475	350.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
20	597 014	7 159 705	320.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
21	597 072	7 160 223	280.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
22	597 893	7 159 453	270.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
23	597 620	7 159 242	280.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
24	598 397	7 160 643	235.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
25	598 503	7 160 221	221.9	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
26	598 338	7 159 929	215.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
27	598 122	7 159 685	222.3	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
28	598 313	7 158 547	252.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
29	598 151	7 158 299	265.0	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
30	598 050	7 157 921	282.2	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
31	598 229	7 157 515	221.4	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0
32	598 234	7 157 116	226.3	Siemens SWT-3.6-10...	Yes	Siemens	SWT-3.6-107-3 600	3 600	107.0	90.0	1 769	13.0

Project:

Innvordfjellet

Printed/Page

20.01.2009 10:05 / 2

Licensed user:

Kjeller Vindteknikk AS

Instituttveien 18

NO-2025 Kjeller

+47 63 80 62 11

Calculated:

20.01.2009 09:48/2.6.0.235

SHADOW - Main Result

Calculation: Innvordfjellet

Shadow receptor-Input

UTM WGS84 Zone: 32

No.	East	North	Z	Width	Height	Height a.g.l.	Degrees from south cw	Slope of window	Direction mode
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
A	595 406	7 163 305	21.8	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
B	595 671	7 163 307	15.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
C	595 872	7 163 296	19.5	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
D	596 020	7 163 146	25.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
E	596 503	7 163 115	30.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
F	598 162	7 162 044	28.4	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
G	598 702	7 161 774	30.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
H	598 310	7 161 699	32.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
I	598 968	7 161 588	23.3	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
J	599 583	7 161 353	18.1	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
K	599 277	7 158 627	23.6	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
L	599 258	7 158 454	16.8	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
M	599 572	7 158 114	25.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
N	599 584	7 157 612	35.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
O	599 259	7 157 138	74.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
P	599 418	7 156 735	15.6	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
Q	599 446	7 155 929	13.2	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
R	595 310	7 157 716	30.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
S	594 843	7 158 405	12.3	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
T	595 093	7 158 470	36.1	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
U	593 535	7 160 311	17.5	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"
V	593 470	7 160 584	30.0	2.0	2.0	1.0	0.0	90.0	"Green house mode"

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	
A	15:50	41	0:35	2:25	
B	18:47	41	0:42	2:45	
C	21:14	42	0:50	3:01	
D	27:30	49	0:57	3:56	
E	26:49	47	0:51	3:44	
F	23:49	96	0:22	4:03	
G	17:11	73	0:21	2:25	
H	27:37	108	0:23	4:22	
I	13:39	52	0:22	1:48	
J	9:25	42	0:18	1:26	
K	4:29	21	0:16	0:37	
L	45:57	165	0:27	7:49	
M	28:51	127	0:20	5:00	
N	0:00	0	0:00	0:00	
O	0:00	0	0:00	0:00	
P	0:00	0	0:00	0:00	
Q	0:00	0	0:00	0:00	
R	0:00	0	0:00	0:00	
S	0:00	0	0:00	0:00	
T	0:00	0	0:00	0:00	
U	0:00	0	0:00	0:00	
V	14:37	42	0:27	2:39	

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

No.	Name	Worst case [h/year]
1	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (221)	0:00
2	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (222)	0:00

Continued on next page...

Project:

Innvordfjellet

Printed/Page

20.01.2009 10:05 / 3

Licensed user:

Kjeller Vindteknikk AS
 Instituttveien 18
 NO-2025 Kjeller
 +47 63 80 62 11

Calculated:

20.01.2009 09:48/2.6.0.235

SHADOW - Main Result**Calculation:** Innvordfjellet

...continued from previous page

No.	Name	Worst case [h/year]
3	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (223)	14:37
4	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (224)	0:00
5	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (225)	47:18
6	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (226)	30:02
7	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (227)	0:00
8	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (228)	0:00
9	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (229)	0:00
10	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (230)	0:00
11	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (231)	37:56
12	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (232)	8:39
13	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (233)	20:29
14	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (234)	0:00
15	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (235)	0:00
16	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (236)	0:00
17	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (237)	0:00
18	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (238)	0:00
19	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (239)	0:00
20	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (240)	0:00
21	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (241)	0:00
22	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (242)	0:00
23	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (243)	0:00
24	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (244)	36:08
25	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (245)	20:52
26	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (246)	0:00
27	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (247)	0:00
28	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (248)	36:23
29	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (249)	15:37
30	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (250)	10:05
31	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (251)	9:37
32	Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (252)	7:35

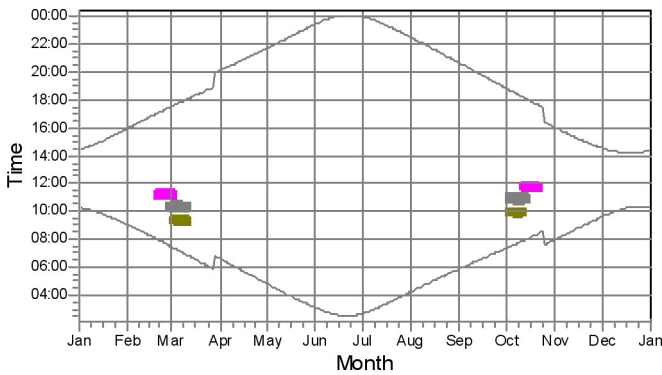
Project:
Innvordfjellet

Printed/Page
20.01.2009 10:07 / 1
Licensed user:
Kjeller Vindteknikk AS
Instituttveien 18
NO-2025 Kjeller
+47 63 80 62 11
Calculated:
20.01.2009 09:48/2.6.0.235

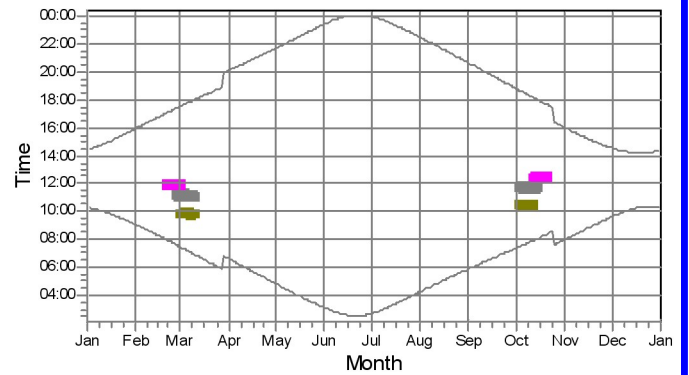
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Innvordfjellet

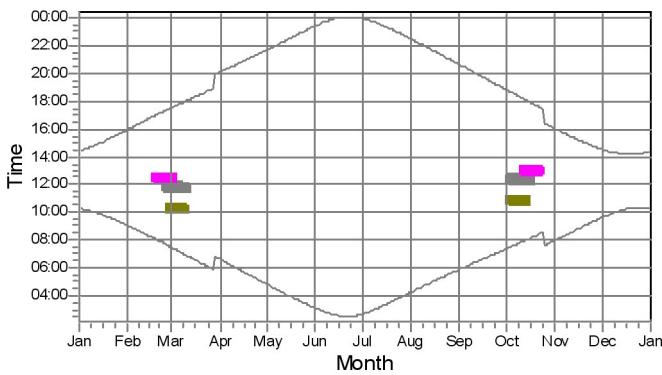
A: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (27)



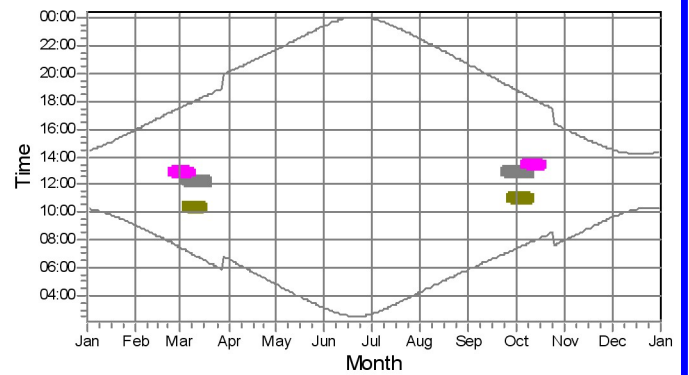
B: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (26)



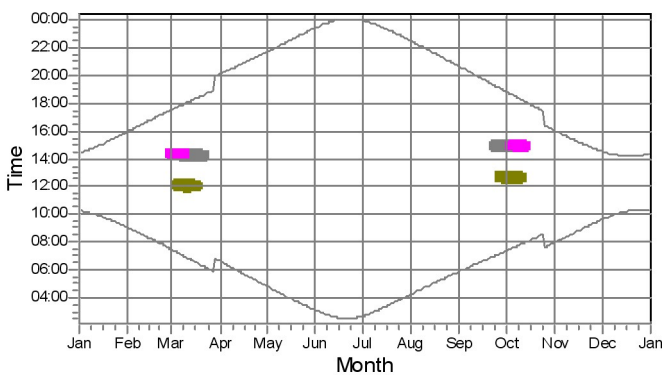
C: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (28)



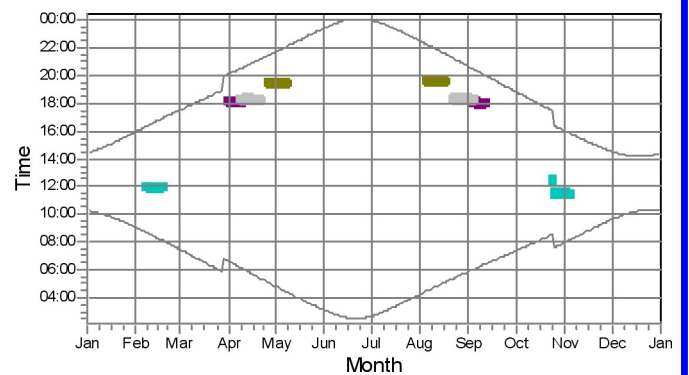
D: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (29)



E: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (30)



F: Shadow Receptor: 2.0 x 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (31)



WTGs

-  5: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (225)
-  6: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (226)
-  11: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (231)
-  12: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (232)
-  13: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (233)
-  24: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (244)

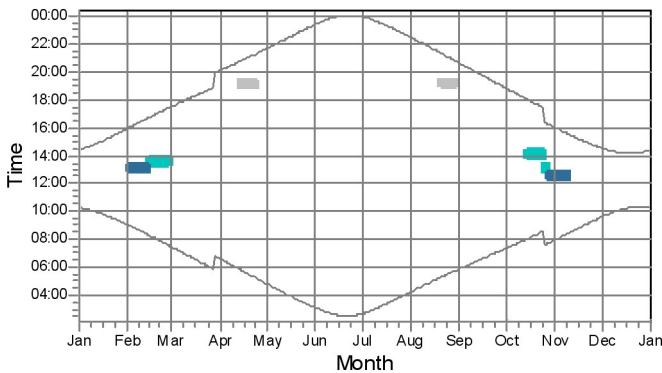
Project:
Innvordfjellet

Printed/Page
20.01.2009 10:07 / 2
Licensed user:
Kjeller Vindteknikk AS
Instituttveien 18
NO-2025 Kjeller
+47 63 80 62 11
Calculated:
20.01.2009 09:48/2.6.0.235

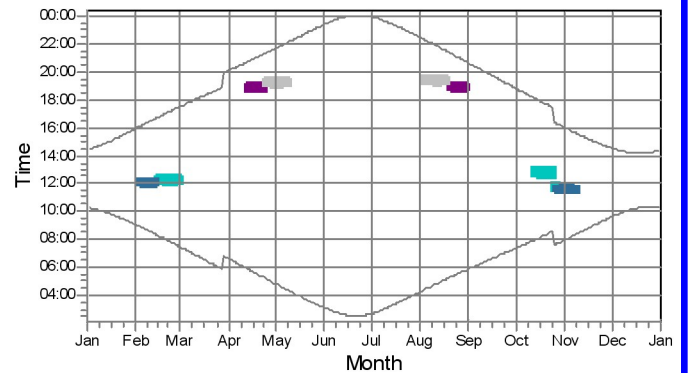
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Innvordfjellet

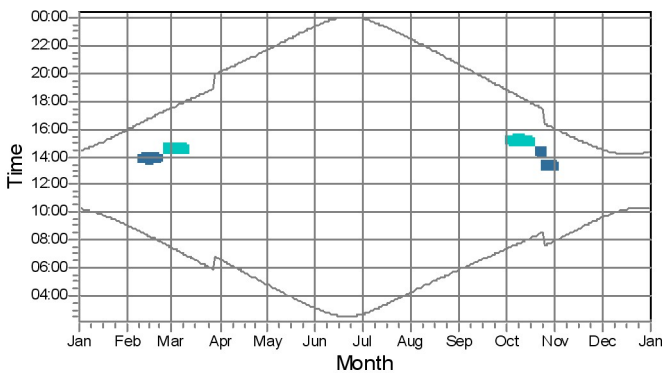
G: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (32)



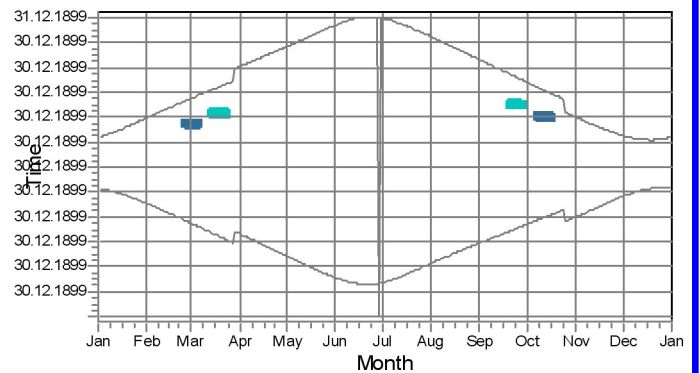
H: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (33)



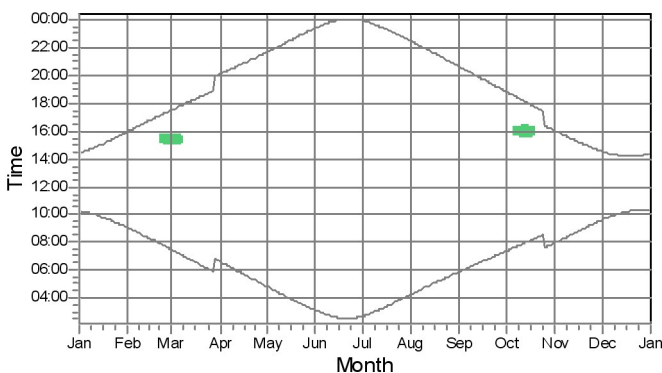
I: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (34)



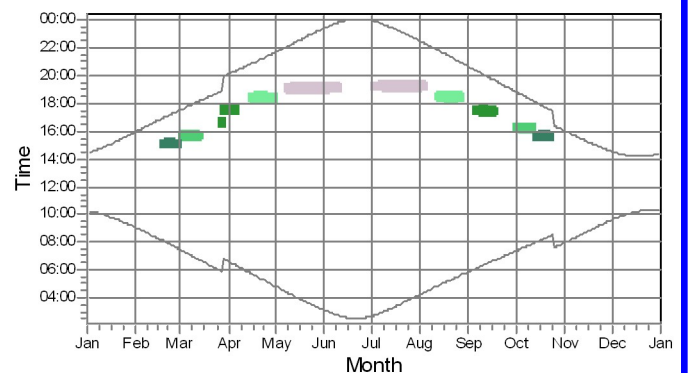
J: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (35)












K: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (36)



L: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (37)



WTGs

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | 12: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (232) |  | 29: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (249) |
|  | 13: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (233) |  | 30: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (250) |
|  | 24: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (244) |  | 31: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (251) |
|  | 25: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (245) |  | 32: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (252) |
|  | 28: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (248) | | |

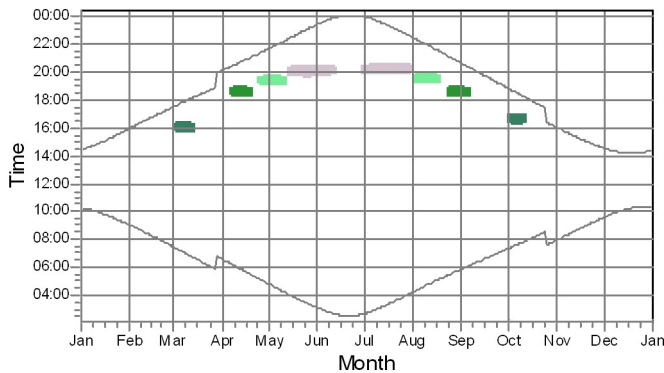
Project:
Innvordfjellet

Printed/Page
20.01.2009 10:07 / 3
Licensed user:
Kjeller Vindteknikk AS
Instituttveien 18
NO-2025 Kjeller
+47 63 80 62 11
Calculated:
20.01.2009 09:48/2.6.0.235

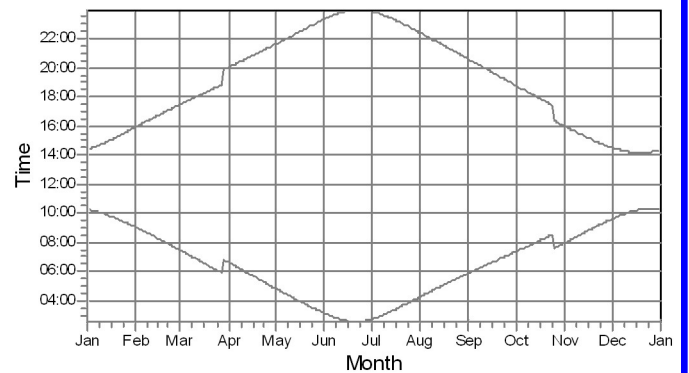
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Innvordfjellet

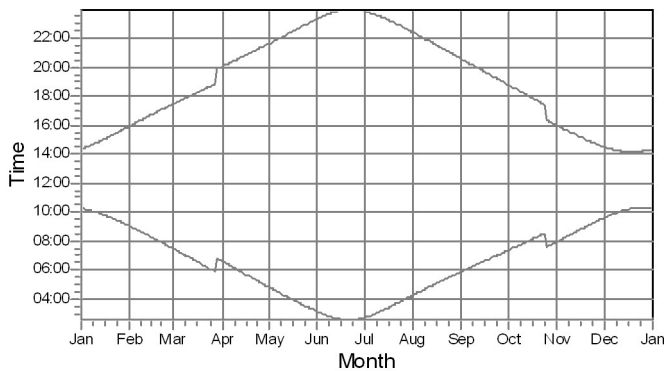
M: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (38)



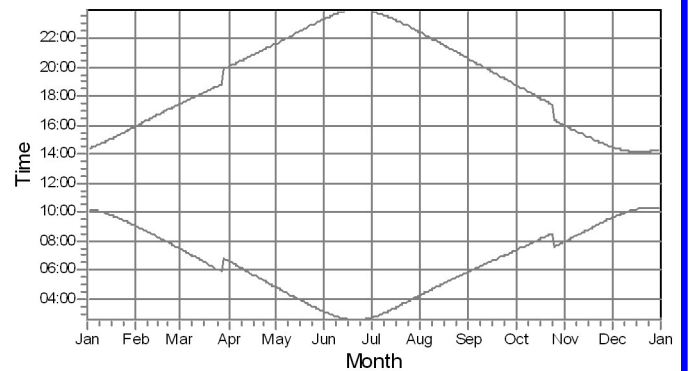
N: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (39)



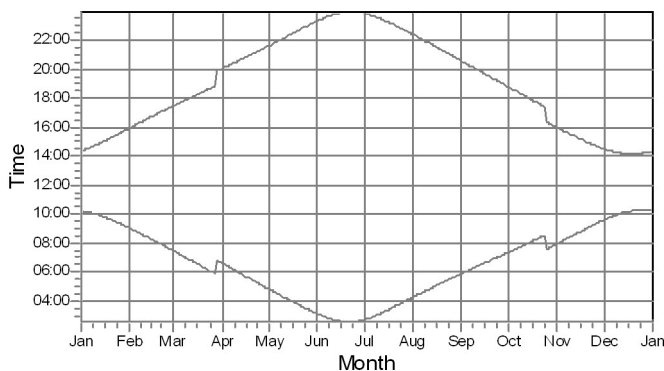
O: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (40)



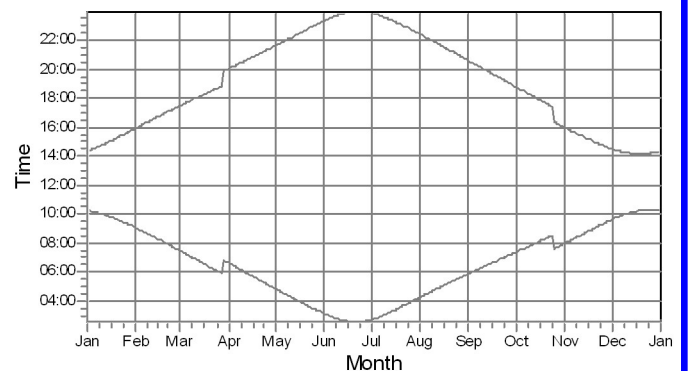
P: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (41)



Q: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (42)



R: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (43)



WTGs

- 28: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (248)
- 29: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (249)
- 30: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (250)
- 32: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (252)

Project:

Innvordfjellet

Printed/Page

20.01.2009 10:07 / 4

Licensed user:

Kjeller Vindteknikk AS

Instituttveien 18

NO-2025 Kjeller

+47 63 80 62 11

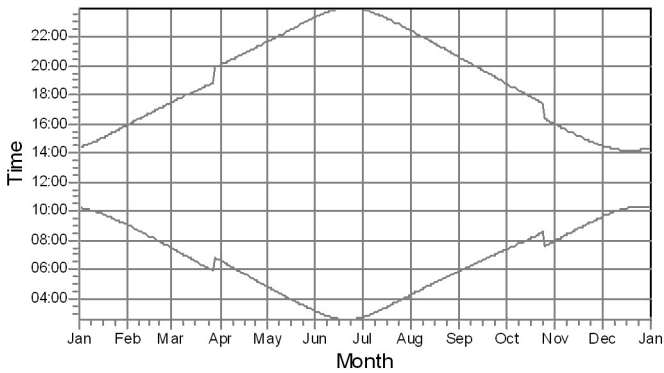
Calculated:

20.01.2009 09:48/2.6.0.235

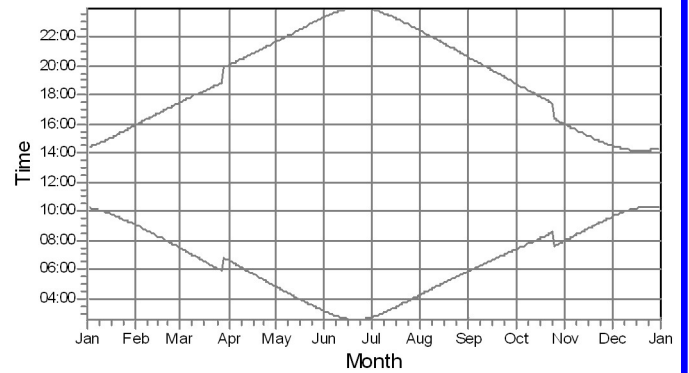
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Innvordfjellet

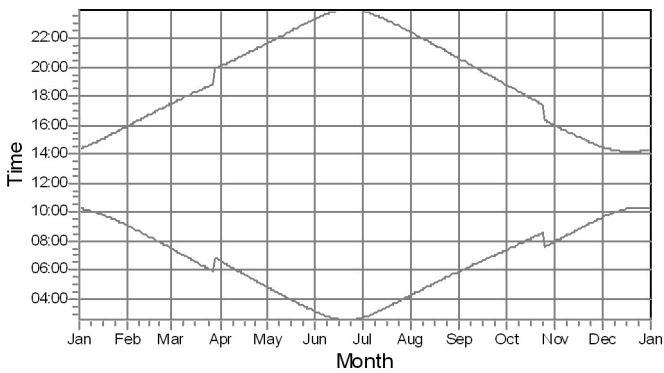
S: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (44)



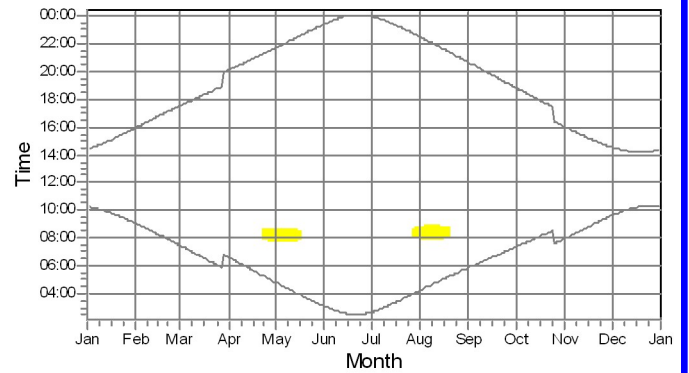
T: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (45)



U: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (46)



V: Shadow Receptor: 2.0 × 2.0 Azimuth: 0.0° Slope: 0.0° (47)



WTGs

3: Siemens SWT-3.6-107 3600 107.0 !O! hub: 90.0 m (223)