



# Slagschaduwonderzoek Wind voor Buren

---

15 december 2020



# Introductie

---

- Slagschaduwonderzoek door Bosch & van Rijn  
*onafhankelijk adviesbureau*
- Presentatie door Jaap Wisse  
*onafhankelijk  
ingenieursadviesbureau Sweco*



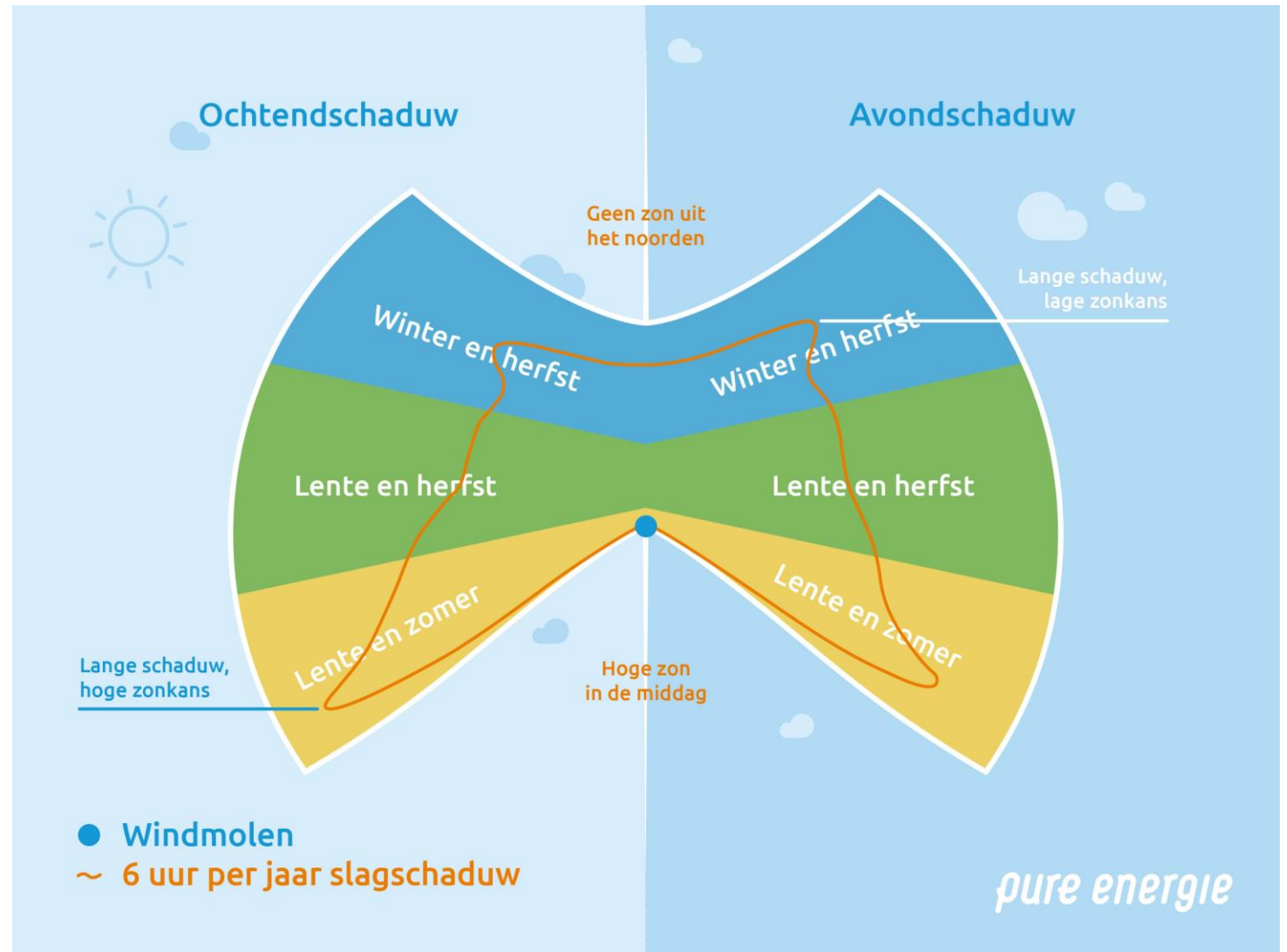
## Slagschaduw - windturbines knooppunt Buren



**Bosch & van Rijn**  
experts in renewable energy

# Uitleg slagschaduw

- Als de zon tegen draaiende wieken schijnt, ontstaan bewegende schaduwen: slagschaduw.
- Het bereik van slagschaduw wisselt over jaargetijden -> vlindervormig figuur rond windturbine.
- Bij zonsopkomst en -ondergang ontstaan de langste schaduwen.
- Hoe groter de afstand, hoe minder waarneembaar de slagschaduw is.
- Slagschaduw over een raam in woning kan hinderlijk zijn (flikkering van licht).
- Óf en hoelang slagschaduw een woning kan bereiken, is afhankelijk van positie ten opzichte van windmolen, afmetingen van de windmolen, datum, tijdstip van de dag en of er objecten tussen woning en windmolen staan.



# Regelgeving (1)

- **Insteek regelgeving**  
Hinder beperken bij gevoelige objecten (zoals woningen).
- **Wettelijk voorschrift**  
Maximaal 17 dagen per jaar, gedurende méér dan 20 minuten per dag slagschaduw op een gevel van een gevoelig object is toegestaan. Overige dagen van het jaar minder dan 20 minuten per dag.
- **Stilstandregeling verplicht**  
Als niet aan voorschrift kan worden voldaan.
- **Aantal en hoogte windmolens**  
De norm geldt binnen een afstand van 12 x rotordiameter en ongeacht het aantal of de hoogte windmolens.



## Regelgeving (2)

- **Praktijk: strenger dan formele norm**  
Gebruikelijke praktijk in windsector en bij Wind voor Buren:  
Per jaar in totaal maximaal 17 x 20 minuten = 5 uur en 40 minuten slagschaduw per gevoelig object.
- **Voor beide windmolens samen**  
Beide windmolens samen mogen maximaal 5 uur en 40 minuten slagschaduw per jaar op een gevoelig object veroorzaken.
- **Stilstandregeling**  
Op de windmolens komt een stilstandregeling. Per gevoelig object wordt datum en tijd van stilstand ingesteld.



# Gegevens voor onderzoek (1)

- **Posities windmolens**  
Twee mogelijke posities westelijke windmolen.  
Beide posities berekend.
- **Afmetingen windmolens**
  - Onderkant bandbreedte  
*Ashoogte 110 meter*  
*Rotordiameter 120 meter*  
*Tiphoogte 170 meter*
  - Bovenkant bandbreedte  
*Ashoogte 150 meter*  
*Rotordiameter 162 meter*  
*Tiphoogte 231 meter*



## Gegevens voor onderzoek (2)

---

- Positie van gevoelige objecten (woningen) ten opzichte van windmolens uit kadastrale gegevens.
- Weerstatistieken over windrichting en windsnelheid. Bepalen hoe de rotor staat en of de rotor draait.
- Weerstatistieken over zonneshijn: bepalen de kans dat slagschaduw optreedt.
- Berekeningen met behulp van programma WindPRO. Specifieke professionele software.



# Resultaten

- **Slagschaduwcontouren**  
Rode lijn toont waar 5 uur en 40 minuten slagschaduw wordt veroorzaakt.
- **Zonder stilstandsvoorziening**  
Contour is rekenresultaat zonder stilstandsvoorziening. Het laat zien waar windmolens de norm overschrijden (alle gevoelige objecten binnen de rode lijn).
- **Stilstandsvoorziening**  
Windmolens worden voor alle gevoelige objecten binnen de rode lijn stilgezet om te voldoen aan de norm.

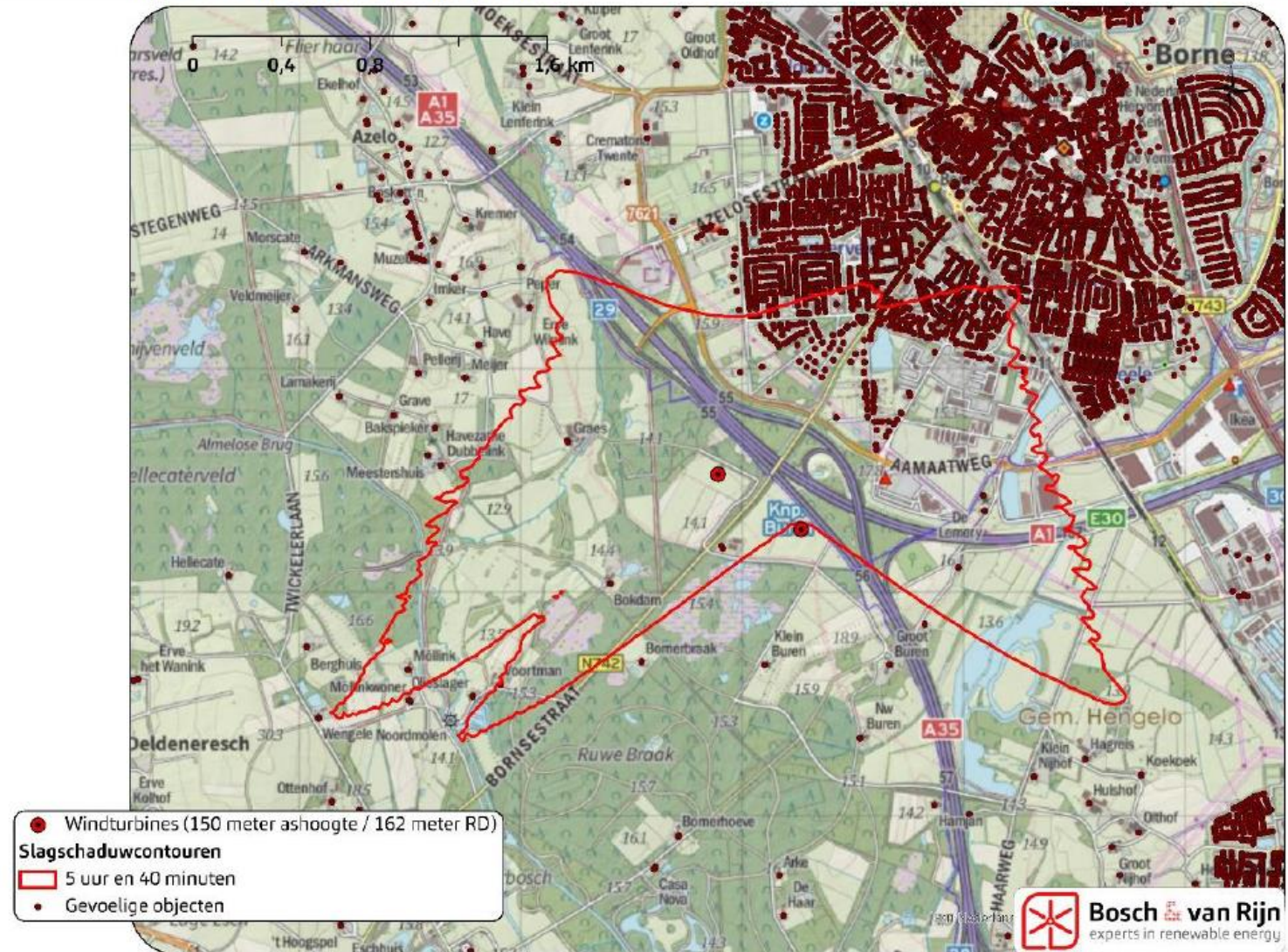


# Slagschaduwcontour 1

- **Afmetingen windmolens**  
- Bovenkant bandbreedte  
Ashoogte 150 meter  
Rotordiameter 162 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Noordelijke positie

Figuur 2

5:40u slagschaduwcontour van WTB oost en West 1 -maximale variant. Hierbij zijn ook de gevoelige objecten van derden weergegeven.

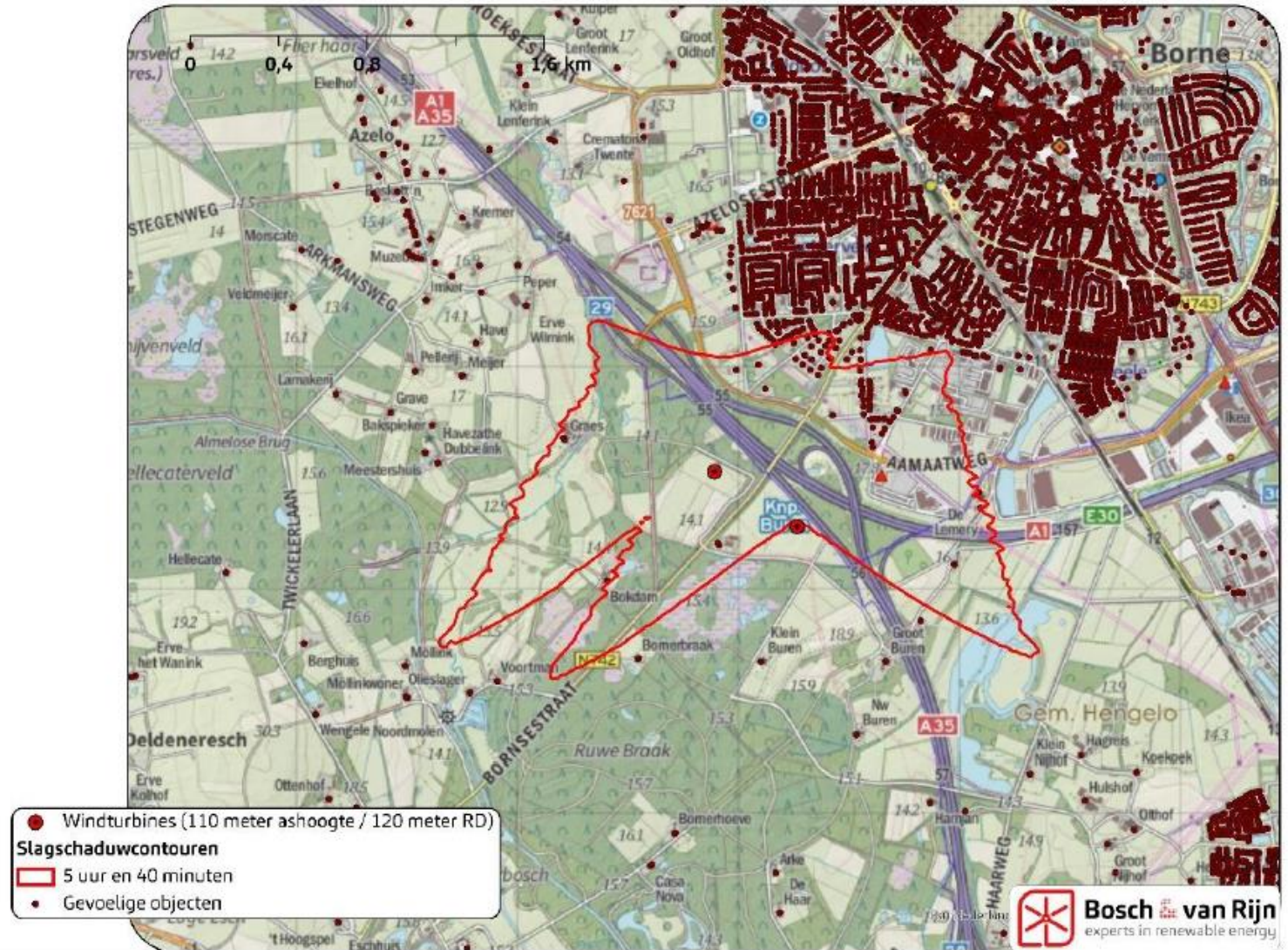


## Slagschaduwcontour 2

- **Afmetingen windmolens**  
- Onderkant bandbreedte  
Ashoogte 110 meter  
Rotordiameter 120 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Noordelijke positie

Figuur 3

5:40u slagschaduwcontour van WTB oost en West 1 - minimale variant. Hierbij zijn ook de gevoelige objecten van derden weergegeven.

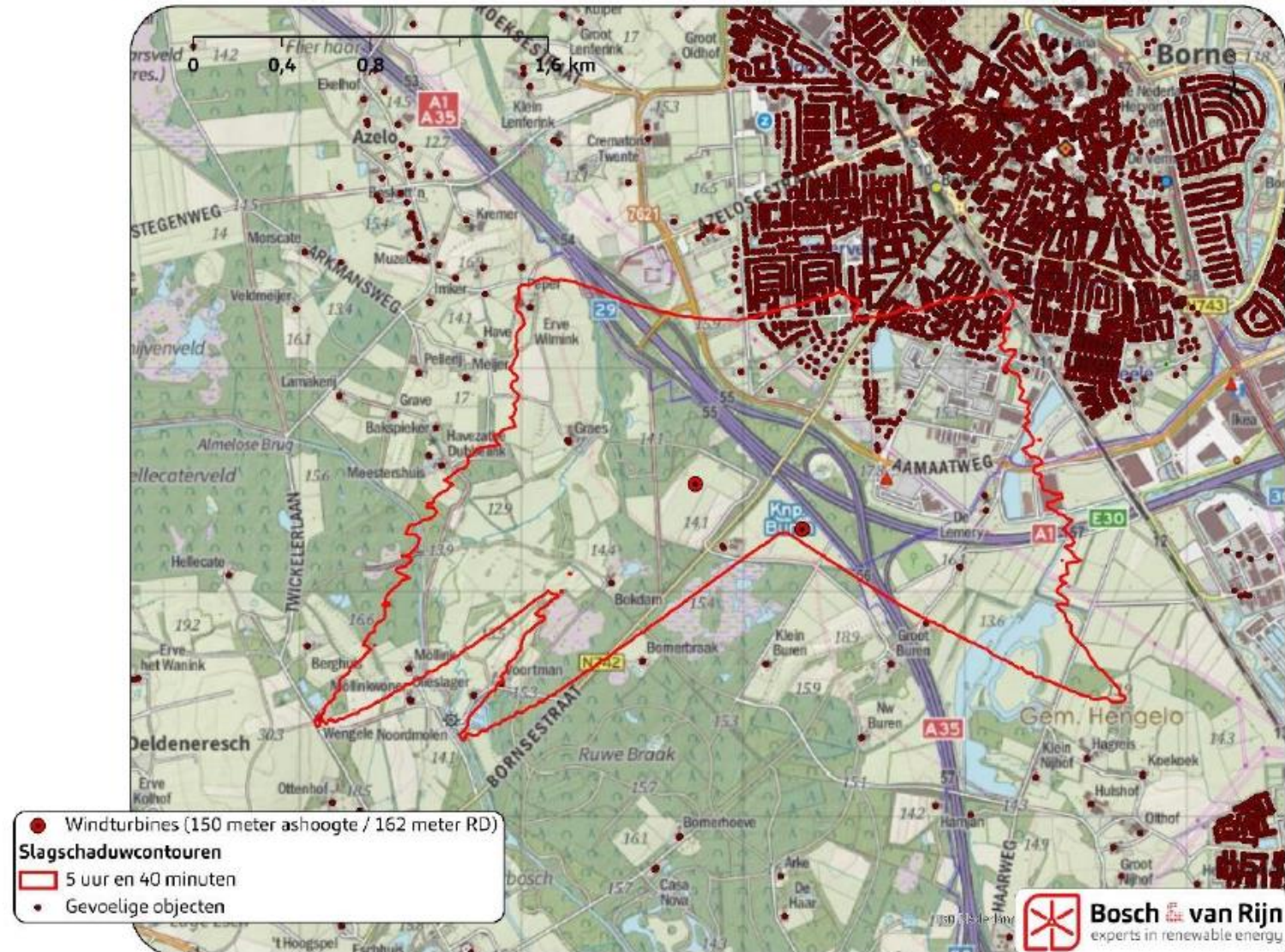


## Slagschaduwcontour 3

- **Afmetingen windmolens**  
- Bovenkant bandbreedte  
Ashoogte 150 meter  
Rotordiameter 162 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Zuidelijke positie

Figuur 4

5:40u slagschaduwcontour van WTB oost en West 2 - maximale variant. Hierbij zijn ook de gevoelige objecten van derden weergegeven.

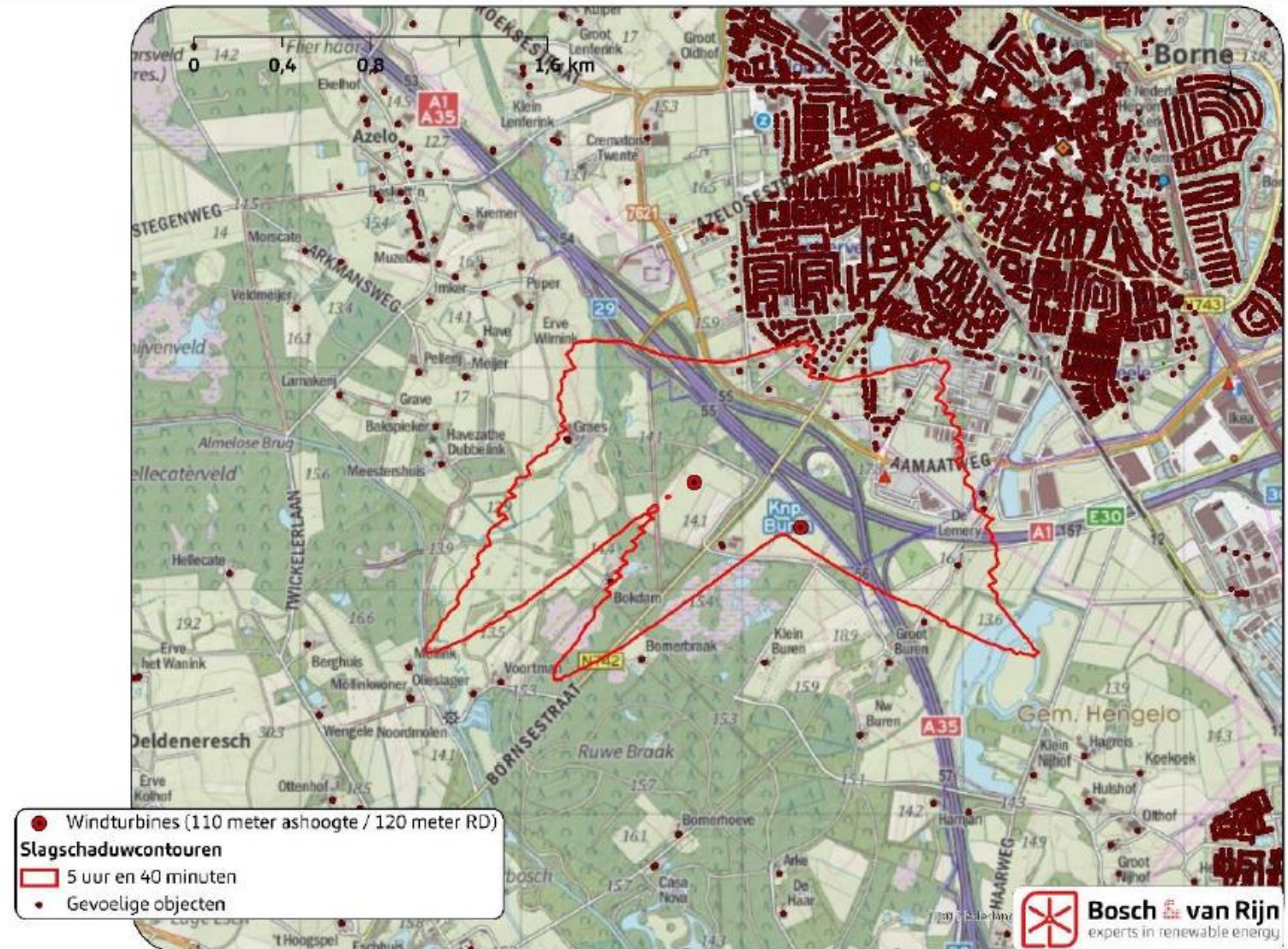


## Slagschaduwcontour 4

- **Afmetingen windmolens**  
- Onderkant bandbreedte  
Ashoogte 110 meter  
Rotordiameter 120 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Zuidelijke positie

Figuur 5

5:40u slagschaduwcontour van WTB oost en West 2 - minimale variant. Hierbij zijn ook de gevoelige objecten van derden weergegeven.



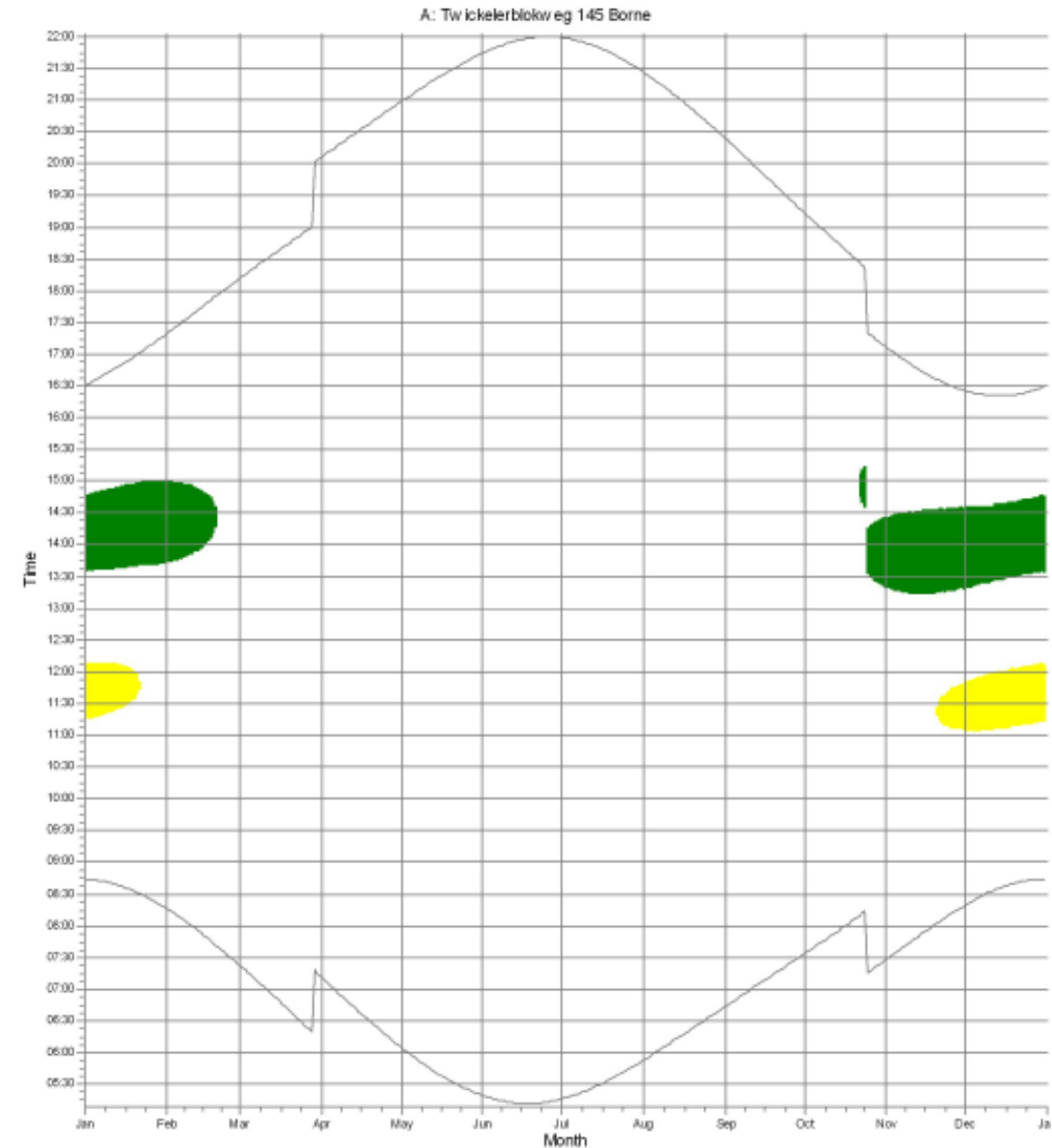
# Slagschaduwkalenders

- **Slagschaduwkalenders**  
Geven gedetailleerd overzicht van datum en tijd waarop slagschaduw op een adres kan optreden.
- **Astronomisch maximum**  
Slagschaduwkalender geeft potentieel maximum per dag zonder correcties voor weersomstandigheden.
- **Verwachte slagschaduw**  
Wordt berekend uit astronomisch maximum en correcties voor weersomstandigheden (zonneshijn en windaanbod).
- **Toetspunten**  
Zelfde toetspunten (adressen) als geluidsonderzoek gehanteerd.



# Voorbeeld slagschaduwkalender

- **Adres**  
Twickelerblokweg 145.
- **Afmetingen windmolens**  
- Bovenkant bandbreedte  
Ashoogte 150 meter  
Rotordiameter 162 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Noordelijke positie.

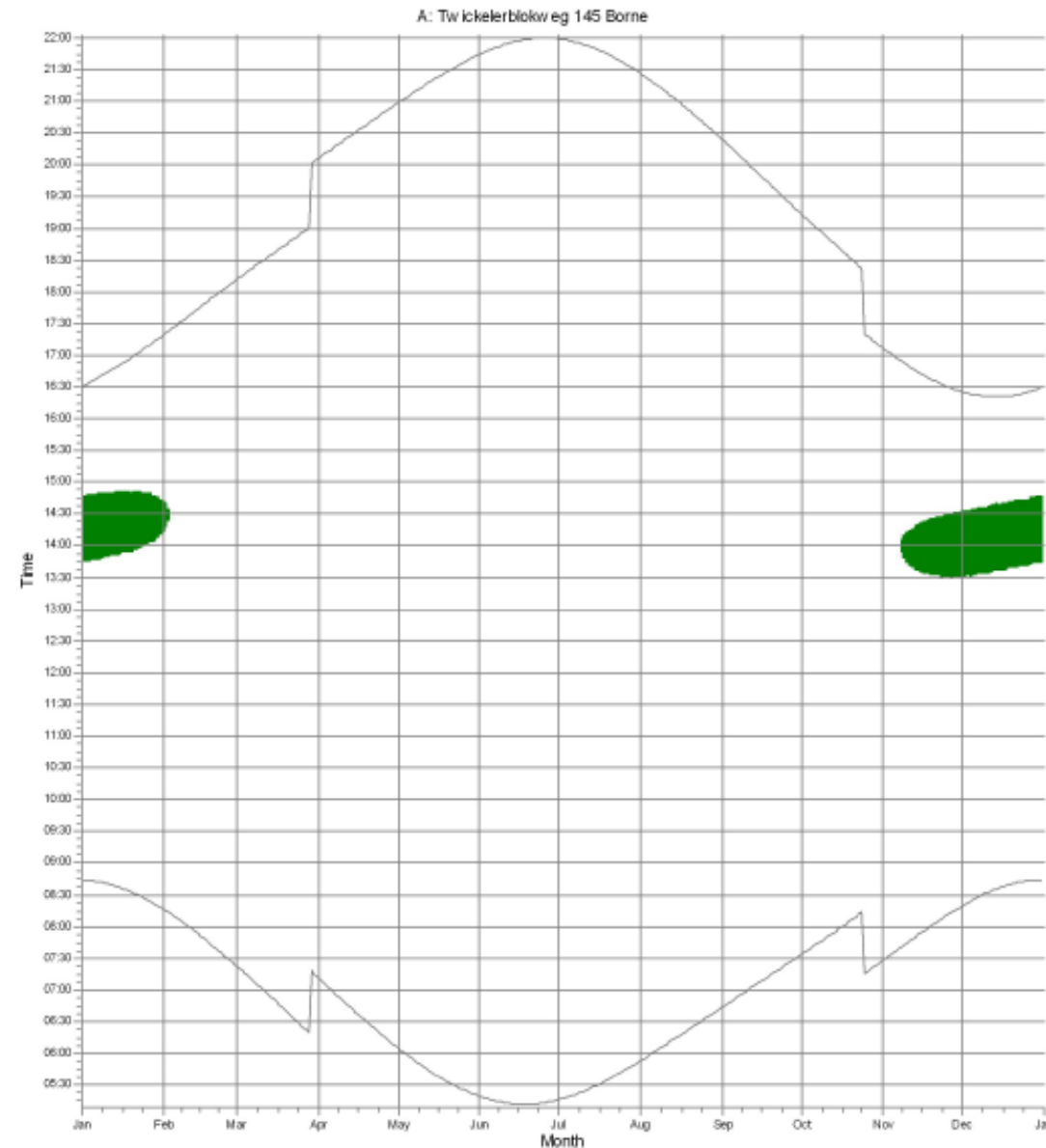


WTGs

1: WTB West 1 2: WTB Oost

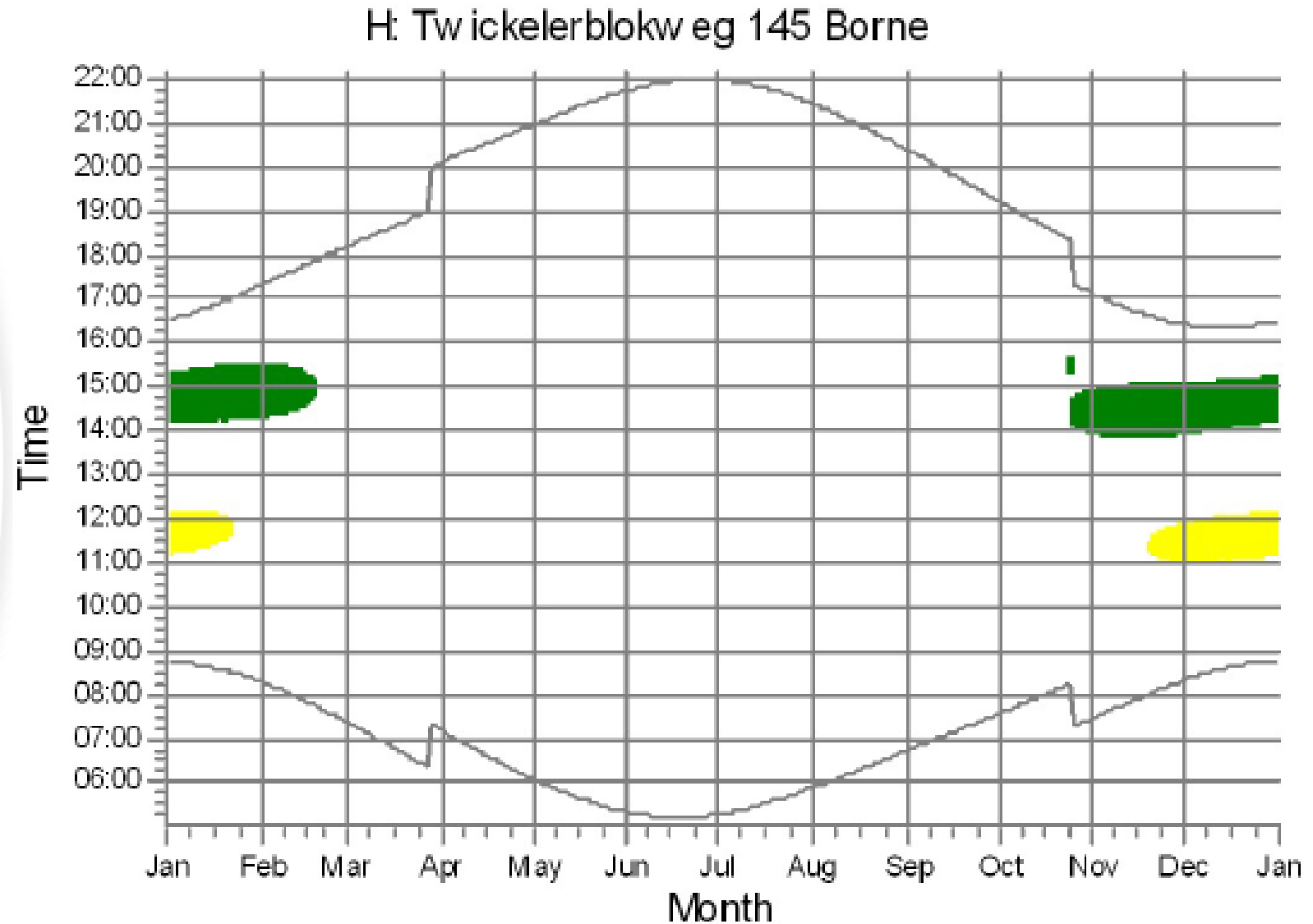
# Voorbeeld slagschaduwkalender

- **Adres**  
Twickelerblokweg 145.
- **Afmetingen windmolens**  
- Onderkant bandbreedte  
Ashoogte 110 meter  
Rotordiameter 120 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Noordelijke positie.



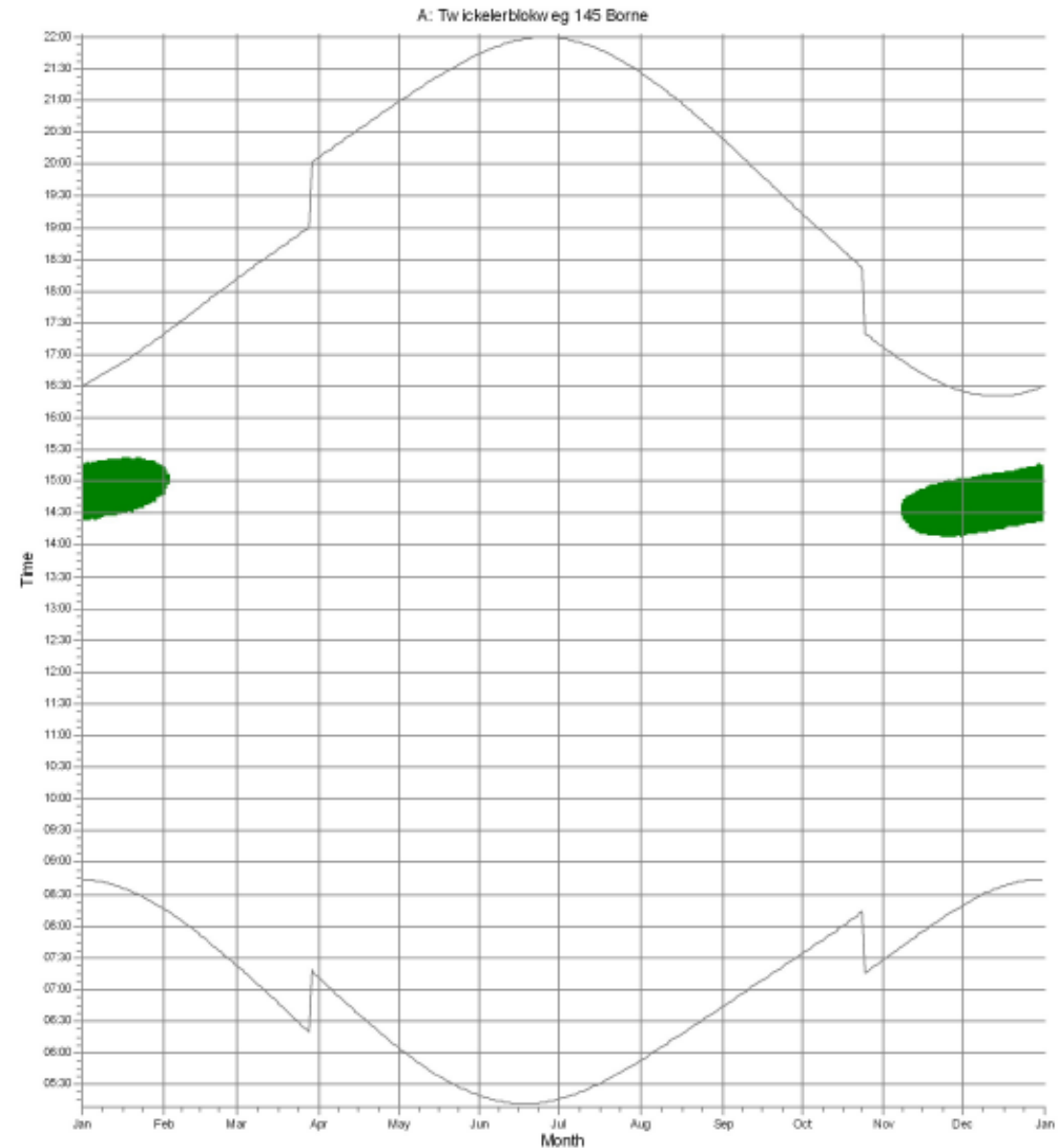
## Voorbeeld slagschaduwkalender

- **Adres**  
Twickelerblokweg 145.
- **Afmetingen windmolens**  
- Bovenkant bandbreedte  
Ashoogte 150 meter  
Rotordiameter 162 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Zuidelijke positie.



# Voorbeeld slagschaduwkalender

- **Adres**  
Twickelerblokweg 145.
- **Afmetingen windmolens**  
- Onderkant bandbreedte  
Ashoogte 110 meter  
Rotordiameter 120 meter
- **Positie westelijke windmolen**  
Zuidelijke positie.



# Stilstandsvoorziening

- **Voldoen aan de norm**  
Windmolens moeten soms stilstaan om te voldoen aan norm van 5 uur en 40 minuten per jaar per gevoelig object.
- **Stilstandsvoorziening**  
Stilstandsvoorziening zet windmolen automatisch stil om slagschaduw te beperken.
- **Opbrengstverlies**  
Windmolens stilzetten betekent opbrengstverlies. Berekening: minder dan 1 procent verlies aan draaiuren op jaarbasis om te kunnen voldoen aan de norm.

| Afmetingen windmolens                   | Positie westelijke windmolen | Benodigde stilstand (uur per jaar) | Percentueel verlies draaiuren op jaarbasis |
|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Ashoogte 150 m.<br>Rotordiameter 162 m. | Noord                        | 161                                | 0,96                                       |
| Ashoogte 110 m.<br>Rotordiameter 120 m. | Noord                        | 96                                 | 0,58                                       |
| Ashoogte 150 m.<br>Rotordiameter 162 m. | Zuid                         | 139                                | 0,83                                       |
| Ashoogte 110 m.<br>Rotordiameter 120 m. | Zuid                         | 94                                 | 0,56                                       |