



ENERGIERIJK DEN HAAG

Handreiking Innovatie Windturbine

Voor professionals in de energietransitie die overwegen om een windturbine op het dak van stedelijk vastgoed te plaatsen.



Inleiding EnergieRijk Den Haag

Het doel van programma EnergieRijk Den Haag is het klimaatneutraal maken van (semi-)overheidsgebouwen in het centrum van Den Haag met een repeteerbare, gebiedsgerichte aanpak. In een serie handreikingen lichten we toe wat deze ERDH-aanpak inhoudt.

Het programma ERDH hanteert een werkfilosofie om het hoofddoel te bereiken, genaamd Trias Territoria. Deze aanpak is drieledig: het besparen van energie, het gebruiken van lokale energiebronnen en het duurzaam inkopen van energie. De Trias Territoria wordt versterkt door het opbouwen van een samenwerkingsinfrastructuur en het ontwikkelen en delen van kennis. De focus van deze handreiking ligt op de innovatie Windturbines. Alle handreikingen samen dragen bij aan het ontwikkelen en delen van kennis.

Deze handreiking is bedoeld voor professionals in de energietransitie die overwegen om een windturbine op het dak van stedelijk vastgoed te plaatsen.





Kennishouders



Fay van Zeijl
Thematrekker Innovatie



Maarten Veerman
Thematrekker Innovatie

Indien u in contact wilt komen met een van deze kennishouders, stuur dan een mail naar postbuserdh@rijksoverheid.nl



Aanleiding

In een succesvolle energietransitie moet er zo veel mogelijk hernieuwbare energie lokaal worden opgewekt. Dit is een uitdaging, met name in stedelijk gebied waar weinig ruimte beschikbaar is. Momenteel wordt er voornamelijk energie opgewekt met zonnepanelen. Opwek met gebruik van windturbines komt niet of nauwelijks voor in stedelijk gebied.

Recentelijk zijn er middelgrote turbines op de markt gekomen die volgens de gegevens van de leveranciers in potentie meer energie per vierkante meter kunnen opwekken dan zonnepanelen. Uitgangspunt van ons onderzoek was een windturbine met een rotordiameter van 3,5 meter die, volgens de beschikbare gegevens, op 50 meter hoogte evenveel kon opleveren als circa 100 vierkante meter aan zonnepanelen. Daarnaast kunnen windturbines op het dak als testlocatie dienen en bijdragen aan de zichtbaarheid van duurzame energie. Aanleiding genoeg om vanuit ERDH te onderzoeken wat de haalbaarheid is om twee windturbines te plaatsen op het dak van Rijnstraat 8, Den Haag.

Waar moet je nu op letten bij de afweging om een windturbine te plaatsen? In deze handreiking vertellen betrokkenen over de inzichten die zijn opgedaan.



Foto: Bart van Hoek



Over de windturbine

Voor het haalbaarheidsonderzoek is gekeken naar gebouwgebonden windturbines. Voorafgaand aan het onderzoek waren geen gegevens bekend van turbines op soortgelijke daken (op 60 meter hoogte) in stedelijk gebied. Na een studie onder leveranciers is er uiteindelijk één windturbine verder onderzocht met de volgende kenmerken.

Rotordiameter	3,5 m
Hoogte	4,5 m (vanaf voetplaat, exclusief mast)
Gewicht	900 kg (exclusief mast)
Vermogen (nominaal)	10 kW bij 18 m/s
Toerental (nominaal)	180 rpm



Foto: Bart van Hoek



Haalbaarheid

Het onderzoek vanuit ERDH naar de haalbaarheid van windturbines op Rijnstraat 8 heeft in totaal zes aspecten beschouwd:

1. Energieopbrengst

2. Businesscase

3. Technische inpassing

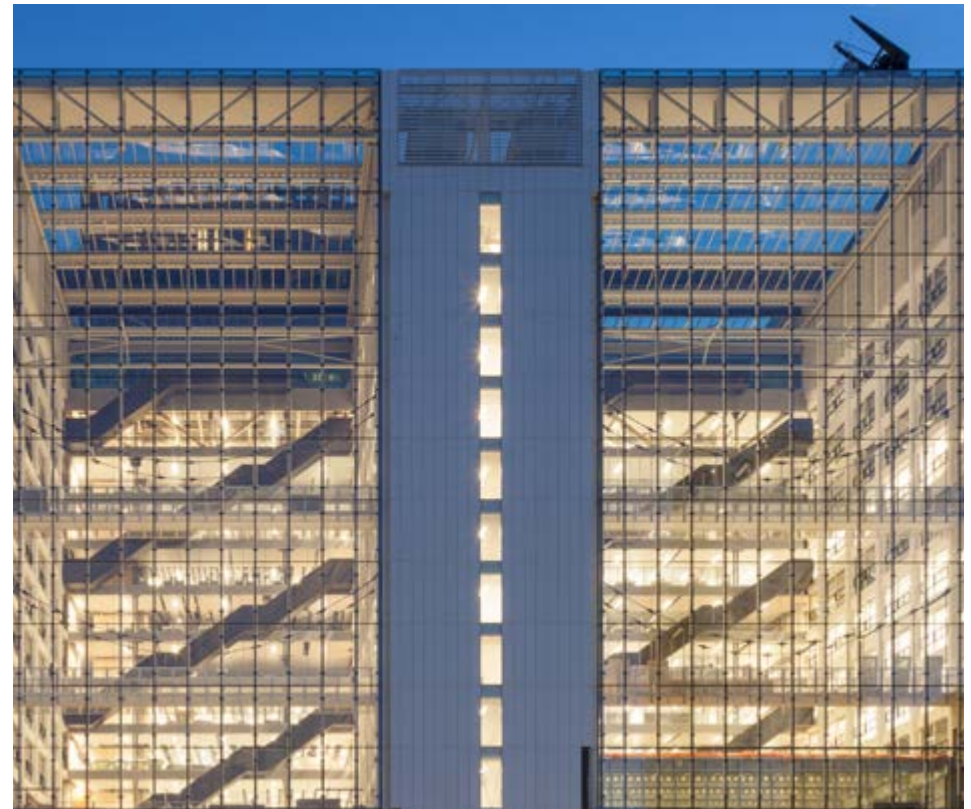
4. Omgevingshinder

5. Architectuur

6. Vergunning

Het programmabureau van EnergieRijk Den Haag heeft besloten om niet te investeren in de aanschaf van twee windturbines, bestemd voor Rijnstraat 8. Dit besluit is genomen om twee redenen. Ten eerste: de energieopbrengst is naar verwachting een stuk lager dan de eerste prognoses. Daardoor zijn de jaarlijkse opbrengsten aan energie zelfs lager dan de onderhoudskosten. Hoge investeringskosten vormen een tweede reden. Dit komt doordat de turbine op een bestaand gebouw komt en het gebouw aangepast moet worden.

ERDH ziet meerwaarde in het plaatsen van de windturbine om de daadwerkelijke opbrengsten in de praktijk te kunnen monitoren. Echter, de leereffecten van zo'n experiment wegen onvoldoende op tegen de hoge investeringskosten. Een windturbine is meer geschikt voor nieuwbouwprojecten, vanwege lagere plaatsingskosten. Bovendien kan de energieopbrengst een stuk hoger uitvallen bij minder windhinder van gebouwen ten zuidwesten van de windturbine.





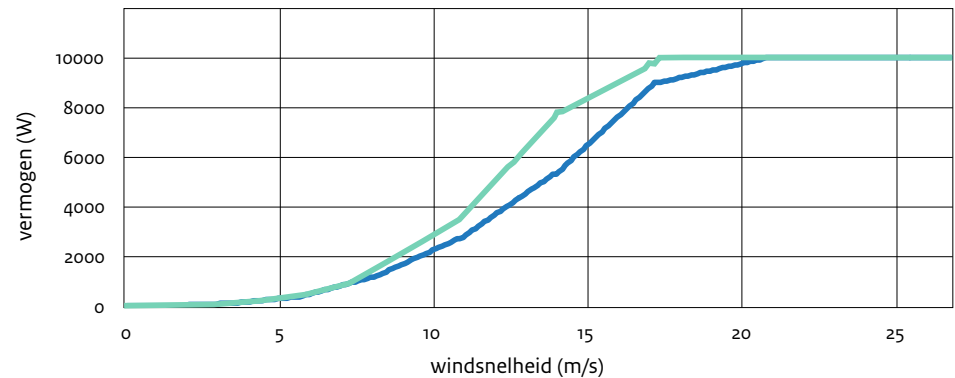
1. Energieopbrengst

Aanleiding voor het haalbaarheidsonderzoek was de verwachting dat een windturbine meer energie per vierkante meter kan opwekken dan een zonnepaneel. Op basis van informatie van de leverancier was de verwachting dat een windturbine met een rotordiameter van 3,5 meter op 50 meter hoogte naar verwachting 15.317 kWh per jaar kon opbrengen. Met twee windturbines zou op het dak van Rijnstraat 8 meer energie opgewekt kunnen worden dan 200 m² aan zonnepanelen.* Met deze waarden is waarschijnlijk een sluitende businesscase te maken, waarop is besloten de studie naar werkelijke plaatsing te starten.

Aan de hand van een powercurve kunnen de te verwachte energieopbrengsten van de turbine worden berekend. De powercurve is een grafiek met het vermogen (in W) uitgezet tegen de windsnelheid (in m/s).

Gedurende de studie zijn op enkele locaties in Nederland soortgelijke windturbines geplaatst. Van een van deze locaties heeft de leverancier gegevens verstrekt over de opbrengst van de turbine (NB: de verstrekte gegevens betreffen metingen van slechts 1 week). De gegevens zijn gecombineerd met datasets van meetlocaties met wind-gemiddelde op dag- en uur-niveau (KNMI etmaal gemiddelden en Klimaatdata uurgemiddelden).

In de grafiek rechts is de powercurve weergegeven gebaseerd op de meting bij een van de locaties (in blauw). Uit de meting lijkt het vermogen lager dan verwacht. Na toetsing bij de leverancier is de powercurve geoptimaliseerd (in groen). Ook deze optimalisatie laat een lager vermogen zien dan verwacht.



Het gebouw op Rijnstraat 8 is omgeven door andere hoge gebouwen. Op het dak zijn mogelijk windluwe plekken. Om te verzekeren dat de windturbines op een gunstige plek zouden komen, zijn windmetingen uitgevoerd. Met de geoptimaliseerde powercurve en de gemiddelde windsnelheden op het dak van Rijnstraat 8 is een berekening gemaakt van de verwachte energieopbrengsten. Ook zijn er berekeningen gemaakt met gegevens van de windmeter op het gebouw aan de Turfmarkt (meting per 5 minuten).

Uit de berekeningen bleek de energieopbrengst op locatie Rijnstraat 8 tegen te vallen. En dat heeft gevolgen voor de businesscase, zoals beschreven op de volgende pagina.

* De berekening gaat uit van een vermogen van 10 kWh per windturbine en 1532 vollasturen per jaar. Voor de vergelijking met zonnepanelen gaan we per vierkante meter uit van 150 kWh per jaar.



2. Businesscase

Om zicht te krijgen op de financiële haalbaarheid moeten de investeringskosten (CAPEX), operationele kosten (OPEX) en jaarlijkse opbrengsten in kaart worden gebracht.

Onze studie leidde tot het inzicht dat de CAPEX een veelvoud zijn van de aanschafkosten van de windturbines. Het plaatsen van een turbine op een bestaand pand vereist namelijk de nodige aanpassingen aan het gebouw. En in een drukke, stedelijke omgeving zijn veel extra kosten voor de uitvoering nodig. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de kostenposten.

Uitsplitsing investeringskosten (CAPEX)

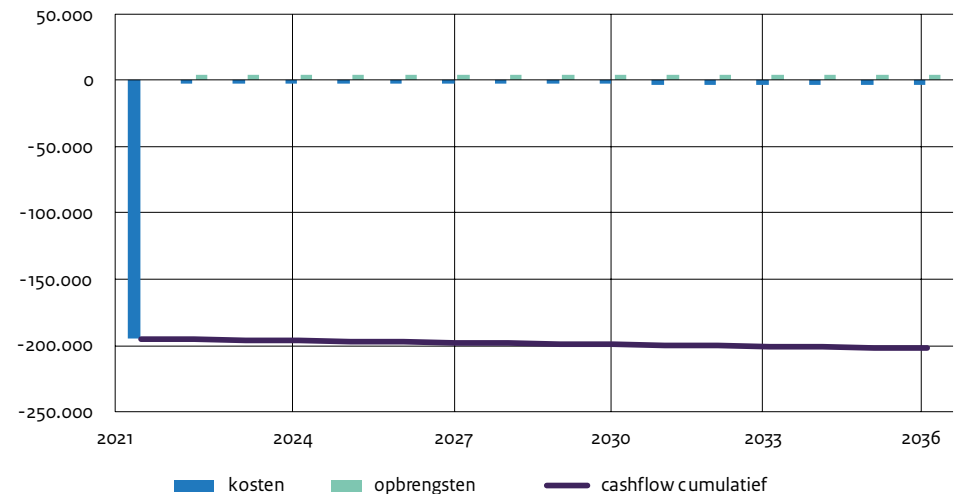
Aanschaf en levering 2 windturbines	€ 65.000
Elektrotechnische werkzaamheden en materialen	€ 60.000
Engineeringskosten	€ 21.000
Uitvoeringskosten	€ 17.000
Kwaliteitscontrole	€ 10.000
Bouwplaatsinrichting	€ 4.000
Bouwkundige werkzaamheden	€ 10.000
Winst en risico DBFMO-partij (5%)	€ 9.350
Totaal	€ 196.350

De OPEX zijn vastgesteld door de DBFMO contracthouder en vallen hoger uit dan bij zonnepanelen, vanwege mechanische onderdelen in de turbine.

Op basis van onze berekening van het verwachte geleverde vermogen zijn de jaarlijkse opbrengsten bepaald. Energie wordt groot ingekocht waardoor met lagere tarieven per kWh is gerekend. Dat helpt niet bij het maken van een sluitende businesscase, want: hoe hoger de tarieven, des te gunstiger de businesscase voor windturbines (of andere lokale opwek).

De hoge CAPEX, gecombineerd met verwachte energieopbrengst en het lage energietarief maken dat de windturbine geen positieve cashflow heeft en niet binnen 30 jaar terugverdiend kan worden. Dit is weergegeven in de onderstaande grafiek.

Deze uitkomst geldt voor de specifieke situatie op Rijnstraat 8: een turbine op een bestaand gebouw in een stedelijke omgeving, waarbij de gebruiker lage energietarieven heeft. Voor nieuwbouw kan de CAPEX zeer sterk verlaagd worden door de plaatsing mee te nemen in het ontwerp en de kosten opgaan in het gehele project. Als daarnaast ook nog de energietarieven worden gehanteerd zoals die gelden voor standaardgebruikers dan kan de businesscase sluitend worden.





3. Technische inpassing

Positionering op het dak

Het dak moet onderzocht worden op welke plekken het constructief sterk genoeg is om de windturbines te plaatsen. Vanuit het programma was een nadrukkelijke wens om de windturbines zo veel mogelijk aan de rand van het gebouw te zetten, zodat de turbines zichtbaar zijn. Op die manier wordt de energietransitie en duurzame opwekking zichtbaar vanaf de straat, omliggende gebouwen, hoger gelegen wegen en voor treinverkeer. Bij Rijnstraat 8 konden de turbines enkel op een zijde van het dak geplaatst worden. Op een andere zijde en rond de glazenwasinstallatie is het gebouw constructief te zwak.

Ook moet de locatie gunstig zijn qua windsnelheden. Door omliggende hoogbouw of stuwing door de dakrand kan de wind gehinderd worden. Op de beoogde locatie heeft een windmeting plaatsgevonden. Door de ashoogte van 63 meter lijkt de beoogde locatie gunstig. Vanwege hinder van omliggende gebouwen in het zuidwesten (de meest voorkomende windrichting in Nederland) is de windsnelheid (en daarmee de opbrengst) 10% lager dan die van de omgeving. Dit percentage werd acceptabel geacht.

Tot slot moet een deel van de bestaande zonnepanelen (inclusief constructief frame) plaats maken voor de windturbines. De leverancier geeft aan dat 20 panelen per windturbine verwijderd moeten worden. Echter, met technische aanpassingen kan het aantal te verwijderen zonnepanelen mogelijk worden gereduceerd.

Bouwkundige haalbaarheid

De windturbines moeten aan het dak bevestigd worden. Met een constructief frame kan weerstand worden gegeven aan het totale krachten spel dat op en rond de turbines plaatsvindt.

Locatie omvormers en dumploads

Omwille van de aansluiting van de turbines dienen er een omvormer en vier stuks dumploads per windturbine op een locatie in het pand geïnstalleerd te worden. In het gebouw Rijnstraat 8 is een techniekruimte geschikt bevonden als definitieve locatie.

Aanpassingen elektrotechnisch systeem

Om de windturbines aan te sluiten op het bestaande elektrotechnisch systeem zijn een aantal aanpassingen nodig. Denk aan het bijplaatsen van nieuwe bliksembeveiliging en het uitbreiden van de verdeelkast. Ook moet het gebouwbeheersysteem (GBS) aangepast worden, met nieuwe kWh-meters en overspanningsbeveiliging.

Uitvoering

Om de windturbines te plaatsen, moeten de turbines met constructief frame omhoog worden gehesen en de zonnepanelen naar beneden. Om de windturbines veilig naar het dak van Rijnstraat 8 te transporteren, zou een 250-tons kraan inclusief hulpgeriekt nodig zijn. Naar verwachting is het mogelijk dat de hijswerkzaamheden in een dag plaatsvinden. Het plaatsen van de windturbines in stedelijk gebied zorgt op deze manier voor hoge investeringskosten.



4. Omgevingshinder

Trillingen

De windturbines zorgen voor trillingen, die met isolatie kunnen worden beperkt. Bij Rijnstraat 8 zouden de trillingsniveaus op de 16e verdieping voldoende worden beperkt met isolerende voorzieningen.

Geluid

De geluidsproductie van de windturbine kan zorgen voor omgevingshinder. Ook is het een belangrijk aspect voor de vergunningverlening.

Voor de windturbines op Rijnstraat 8 is geconcludeerd dat het geluidsniveau geen probleem is. De plaatsing van een eerder type windturbine (dec 2020 – jan 2021) bleek niet haalbaar omdat er niet werd voldaan aan de geluidseisen conform het Activiteitenbesluit milieubeheer. Dit type windturbine maakte gebruik van tandwieloverbrenging. Het nieuwe, beoogde type turbine maakt geen gebruik van tandwieloverbrenging en is daardoor stiller. Uit geluidsmetingen blijkt dat wanneer de windturbine maximaal draait, deze een geluidsniveau van 71 dB(A) kan hebben. Omdat de turbine op 60 meter hoogte staat is het geluid op maaiveldniveau, direct naast het gebouw, slechts 38 dB(A). Ter referentie: dat geluidsniveau is te vergelijken met een rustige woonkamer, kantoor, of woonbuurt. Bovendien bevinden zich op het dak diverse gebouwinstallaties met een geluidsvermogen tot 100 dB(A).

Gevaar voor vogels

Omdat de schoepen ook bij lage windsnelheden draaien zijn de turbines voor vogels zichtbaar als een vlak. Dit betekent dat de kans dat een vogel in de turbine vliegt even groot is als de kans dat een vogel tegen een gevel aanvliegt.

Schittering

Naar verwachting is er nauwelijks sprake van schittering vanwege de hoek waaronder de schoepen staan. Invallend zonlicht weerkaatst tegen de binnenkant van de mantel.



5. Architectuur

Windturbines op het dak zorgen voor een ander aanzicht van het gebouw. De architect dient daarom akkoord te gaan met deze aanpassing. De architect van Rijnstraat 8, OMA, heeft aangegeven geen bezwaar te hebben op het nieuwe gevelbeeld.



6. Vergunning

Voor de plaatsing van een eerder type windturbine werd geen vergunning verstrekt vanwege het geluid dat de turbine zou produceren bij hogere windsnelheden. Het type wat voor Rijnstraat 8 werd beoogd, maakt aanzienlijk minder geluid. Om die reden is het niet aannemelijk dat geluid een belemmering zou vormen voor de vergunning.

Een ander aandachtspunt bij de vergunningverlening is de welstand. Vanuit welstand gezien kan het wenselijk zijn om windturbines buiten het zicht te houden. In dat kader kan gevraagd worden om turbines naar het midden van het dak te verschuiven. Echter, vanwege de energieopbrengsten is de plaats aan de rand van het dak aantrekkelijker.

Deze ERDH handreiking is onderdeel van een serie handreikingen. Op basis van nieuwe inzichten uit de praktijk worden de handreikingen aangevuld. Uw suggesties ter verbetering van deze uitgave worden gewaardeerd. Deze kunt u insturen via postbus.erdh@rijksoverheid.nl.

Een volledig overzicht van handreikingen kunt u vinden op onze website <https://www.energieshaag.nl/onderwerpen/kennis> of scan de QR-code.



www.energieshaag.nl