

Gebruik van een windturbine met een rotordiameter van 20 m in Meierijstad

In De Mooi Rooi Krant van 25-5-2022 staat het artikel: “Geen extra windmolens in Meierijstad”. De gemeente Meierijstad heeft door TNO laten onderzoeken of nieuwe grote windmolens door de radartoets zouden komen maar dat blijkt niet het geval te zijn. In het artikel staat niet waar de molens geplaatst zouden worden, om welk vliegveld het gaat en hoe groot de molens zijn die zouden worden toegepast maar ik denk dat het om megawatt windturbines gaat waarvan de top van de rotor wel op een hoogte van 160 m kan liggen. Dit wil niet zeggen dat kleinere middelgrote windturbines niet door de radartoets zouden komen.

Om een indruk te geven wat er met een middelgrote windturbine gedaan kan worden heb ik daar wat berekeningen aan uitgevoerd. Basisinformatie over windturbines wordt gegeven in mijn openbare rapport KD 35 “Rotorontwerp en matching voor horizontale as windturbines” dat gratis te kopiëren is van mijn website: www.kdwindturbines.nl onder het menu “KD-reports”. Het uitgangspunt is de toepassing van een netgekoppelde windturbine met een rotordiameter van 20 m, geplaatst op een toren met een hoogte van 30 m. De onderkant van de rotor ligt dan op een hoogte van 20 m waardoor er nagenoeg geen last zal zijn van turbulentie veroorzaakt door begroeiing of bebouwing. De bovenkant van de rotor ligt dan op een hoogte van 40 m waardoor er veel minder verstoring zal zijn van de radar van het vliegveld Volkel of het vliegveld Welschap dan voor een megawatt windturbine. Er is momenteel waarschijnlijk geen aanbod in dergelijke windturbines waardoor deze nog ontworpen zal moeten worden.

Het mechanische vermogen P van de rotor wordt gegeven door formule 4.1 uit KD 35. Het elektrische vermogen P_{el} dat uit de generator komt wordt gegeven door formule 4.2 uit KD 35. De in deze formule gebruikte rendementen worden niet in procenten gegeven maar zijn een factor van 1. Bij een netgekoppelde windturbine is een inverter nodig die er voor zorgt dat de door de generator geleverde 3-fasen wisselspanning gelijkgericht wordt en omgezet wordt in een 3-fasen wisselspanning met de juiste spanning en frequentie van het net. Deze inverter heeft een rendement η_{inv} en formule 4.2 uit KD 35 verandert dan in:

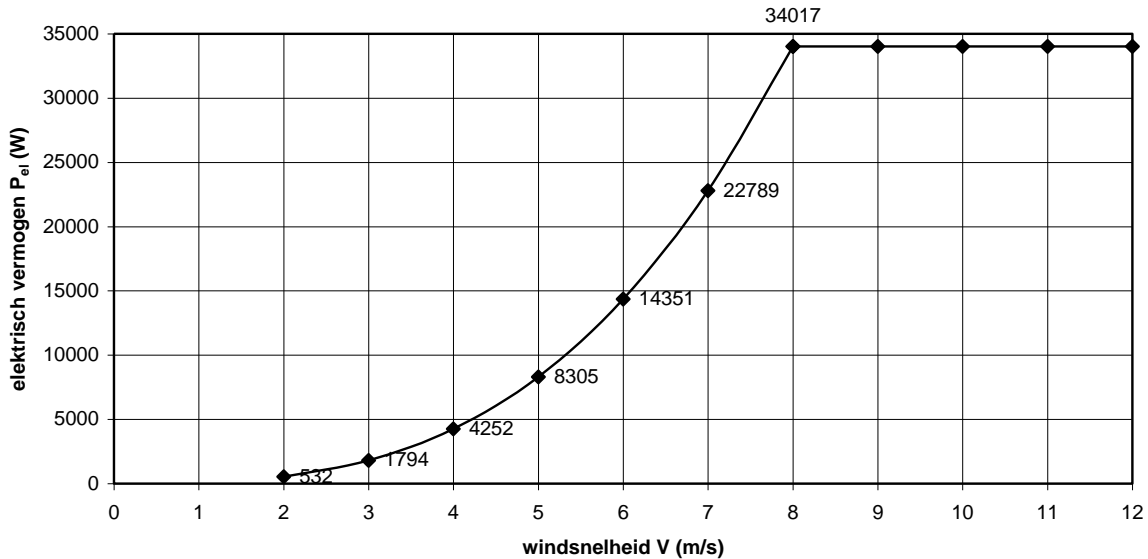
$$P_{el} = C_p * \eta_{tr} * \eta_{gen} * \eta_{inv} * \frac{1}{2} \rho V^3 * \pi R^2 \quad (W) \quad (1)$$

Hierin is P_{el} het elektrische vermogen (W), C_p de vermogenscoëfficiënt van de rotor (-), η_{tr} het transmissierendement (-), η_{gen} het generatorrendement (-), η_{inv} het inverterrendement (-), ρ de luchtdichtheid (kg/m^3), V de ongestoorde windsnelheid ver vóór de rotor (m/s) en R de rotorstraal (m).

Door Betz werd aangetoond dat de vermogenscoëfficiënt C_p nooit groter kan zijn dan $16/27$ ofte wel 0,59 (zie hoofdstuk 4.2 KD 35). De werkelijke C_p ligt aanzienlijk lager dan 0,59 vanwege vier oorzaken die gegeven worden in hoofdstuk 4.3 van KD 35. Voorlopig wordt uitgegaan van $C_p = 0,45$. Het transmissierendement hangt af van het type overbrenging en van het aantal stappen. Voorlopig wordt er vanuit gegaan dat een 1-traps tandriem overbrenging wordt toegepast met $\eta_{tr} = 0,97$. Voor de generator wordt uitgegaan van een langzaam lopende 3-fasen generator met permanent magneten en dat $\eta_{gen} = 0,85$. Moderne inverters hebben een hoog rendement en aangenomen wordt dat $\eta_{inv} = 0,95$. De luchtdichtheid ρ is ongeveer $1,2 \text{ kg/m}^3$ voor lucht met een temperatuur van $20 \text{ }^\circ\text{C}$ op zeeniveau. De rotorstraal R is de helft van de rotordiameter D en dit geeft dat $R = 10 \text{ m}$ voor $D = 20 \text{ m}$. Invulling van deze waarden in formule (1) geeft dat:

$$P_{el} = 66,44 * V^3 \quad (W) \quad (2)$$

De inverter werkt pas bij een bepaalde minimale generatorspanning. Aangenomen wordt dat deze spanning bereikt wordt bij een windsnelheid van 2 m/s. De molen moet voorzien zijn van een beveiliging die het vermogen bij hoge windsnelheden beperkt. Aangenomen wordt dat deze beveiliging zodanig werkt dat opgewekte vermogen voor windsnelheden boven 8 m/s constant blijft. Het opgewekte vermogen werd nu m.b.v. formule 2 berekend voor windsnelheden tussen 2 m/s en 8 m/s en weergegeven in de P_{el} -V kromme van figuur 1.



Figuur 1 Geschatte P_{el} -V kromme voor een windturbine met een rotordiameter $D = 20$ m

De P_{el} -V kromme geeft dus het elektrische vermogen dat aan het net geleverd wordt voor een bepaalde constante ongestoorde windsnelheid V . Het vermogen dat bij een bepaalde gemiddelde windsnelheid geleverd wordt is hoger dan het vermogen bij dezelfde constante windsnelheid omdat het vermogen toeneemt met de derde macht van de windsnelheid. Hoeveel hoger hangt af van de fluctuatie van de windsnelheid en van de periode waarover gemiddeld wordt. Dit effect is eenvoudig aan te tonen.

Stel dat we een constante windsnelheid hebben van 5 m/s. In figuur 1 is dan af te lezen dat $P_{el} = 8305$ W. Stel nu dat we een uur lang een windsnelheid hebben van 3 m/s en een uur lang een windsnelheid hebben van 7 m/s. Dit geeft een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s. Het vermogen bij 3 m/s is 1794 W en bij 7 m/s is 22789 W. Het gemiddelde vermogen is dus $(1794 + 22789) / 2 = 12292$ W. Dit 3987 W hoger dan bij een constante windsnelheid van 5 m/s ofte wel een factor $12292 / 8305 = 1,48$ hoger.

Om een indruk te krijgen wat een dergelijke molen opbrengt in Meerijstad moet het windregime bekend zijn. Op de windkaart van Nederland is af te lezen dat de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid in Meerijstad ongeveer 4 m/s is op 10 m hoogte in open terrein. De gemiddelde windsnelheid gedurende de drie wintermaanden is hoger, stel 5 m/s op 10 m hoogte in open terrein. Maar op 30 m hoogte in bebouwd terrein zal hij nog hoger zijn. Stel $V = 5,5$ m/s. De P_{el} -V kromme geldt voor constante windsnelheden. Maar de opbrengst voor een bepaalde gemiddelde windsnelheid is hoger dan voor dezelfde constante windsnelheid. Stel dat de P_{el} -V kromme voor de wintermaanden afgelezen mag worden voor een windsnelheid van 6 m/s. In figuur 1 is dan af te lezen dan $P_{el} = 14351$ W.

Stel nu eens dat er één molen gebruikt wordt voor een nieuwe woonwijk met veertig goed geïsoleerde halfvrijstaande huizen. In mijn openbare rapport: "Ideeën over 34 halfvrijstaande huizen geschikt voor dubbele bewoning in Boskant" wordt dit type huis toegepast. Dit rapport is gratis te kopiëren van mijn website: www.kdwindturbines.nl onder het menu "No wind energy".

In dit rapport wordt geen windturbine toegepast omdat daar in het plan geen plaats voor is maar stel dat dit type huis wordt toegepast in een ander plan waar wel plaats is voor een windturbine. Het huis wordt beschreven in hoofdstuk 4 van het rapport. Het warmteverlies wordt berekend in hoofdstuk 5 van het rapport. Elk half vrijstaand huis is voorzien van 28 zonnepanelen van 300 W piek. December is voor zonnepanelen de slechtste maand omdat de opbrengst dan maar ongeveer 2 % is van de jaaropbrengst.

Er werd berekend dat het warmteverlies in december gemiddeld ongeveer 1360 W is. Wanneer een warmtepomp met een COP van 4 wordt toegepast is dus gemiddeld een elektrisch vermogen nodig van $1360 / 4 = 340$ W. Berekend werd dat de 28 zonnepanelen in december gemiddeld 196 W opbrengen wat dus veel te weinig is waardoor er in december zeker energie ingekocht zal moeten worden wanneer er alleen maar zonne-energie wordt toegepast. Momenteel geldt de salderingsregeling nog waardoor men evenveel voor geleverde energie terugkrijgt als men voor afgenomen energie moet betalen. Maar vanaf 2023 wordt deze regeling afgebouwd en in 2030 zal men veel meer voor afgenomen energie moeten betalen dan men voor geleverde energie terugkrijgt.

Een windmolen heeft juist de hoogste opbrengst gedurende de wintermaanden en sluit dus veel beter aan op het hoge energieverbruik in de winter wanneer er verwarmd wordt met een warmtepomp. De beschreven molen heeft dan in december een gemiddelde opbrengst van 14351 W. Als deze opbrengst gelijkmatig verdeeld wordt over 40 huizen dan ontvangt elk huis dus ongeveer 359 W. Dit is al meer dan het benodigde vermogen voor de warmtepomp van 340 W waardoor alleen de molen al in staat is om de warmtebehoefte in december te dekken. Het is niet zo dat elk huis werkelijk met de windmolen verbonden is maar er moet een contract gesloten worden zodanig dat de momentaan geleverde energie verrekend mag worden met de momentaan gebruikte energie van de huizen. De huizen moeten zeer goed geïsoleerd zijn. Indien vloerverwarming wordt toegepast, heeft het huis ook een grote warmtecapaciteit waardoor de dagelijkse fluctuaties in de toevoer aan wind- en zonne-energie opgenomen kunnen worden zonder dat dit tot grote temperatuursvariaties in het huis leidt.

Behalve voor de warmtepomp is er ook elektrische energie nodig voor andere elektrische apparatuur. Het gemiddeld Nederlands verbruik ligt ongeveer op 3500 kWh per jaar. Met een bewuster omgaan met energie moet dit zeker te halveren zijn en ongeveer 1750 kWh per jaar worden. Een jaar heeft $24 * 365 = 8760$ uur en het gemiddelde vermogen is dan $1750 / 8760 = 0,2$ kWh = 200 W. Dit is ongeveer het gemiddelde vermogen dat in december door de zonnepanelen wordt opgewekt. De windmolen en de zonnepanelen samen kunnen dus zelfs in december de totale energiebehoefte dekken als het vermogen gemiddeld wordt. Deze berekening toont aan dat het wel degelijk zinnig is om voor een nieuwe woonwijk de toepassing van een middelgrote windturbine te overwegen en dat niet alleen maar naar megawatt turbines gekeken moet worden.

Hoe de molen er uit komt te zien is nog niet bekend omdat de molen nog ontworpen moet worden. Essentieel is dat de molen weinig geluid maakt en er acceptabel uitziet. Nederland heeft vol gestaan met klassieke 4-bladige molens die we allemaal prachtig vinden en die in Brabant rotordiameters van ongeveer 25 m hadden. In mijn openbare rapport KD 727 wordt de VIRYA-12 beschreven (zie website menu KD-reports). Deze molen heeft een 4-bladige houten rotor met een rotordiameter van 12 m en een lage ontwerpneloependheid van 5 waardoor de geluidsproductie maar gering is. Een plaatje van de rotor wordt gegeven in figuur 1 van KD 727. Deze rotor kan opgeschaald worden naar een rotordiameter van 20 m. Voor deze rotordiameter kan waarschijnlijk dezelfde beveiliging toegepast worden waarbij de hele rotor bij hoge windsnelheden om een horizontale as uit de wind draait. Het lijkt mogelijk om twee Chinese axial flux PM-generatoren te gebruiken die ook in de VIRYA-10 worden toegepast (zie KD 715). Deze worden dan aangedreven door de zwaarste HTD 14 tandriemoverbrenging met een versnellende overbrenging van 4,8 : 1. Ik wil wel meedenken over het ontwerp maar de uitwerking van het ontwerp, de fabricage en de verkoop zullen door een professioneel bedrijf uitgevoerd moeten worden.