

PHASE TO PHASE

**B4U, Invloed van decentrale opwekking en
opslagsystemen op de modellering van LS-netten.
Beschrijving model decentrale opwekkers**

01 171 pmo

20-7-2001

Phase to Phase BV
Utrechtseweg 310
Postbus 100
6800 AC Arnhem
T: 026 356 38 00
F: 026 356 36 36
www.phasetophase.nl

INHOUD

1 Inleiding3

 1.1 Probleemstelling3

 1.2 Doelstelling3

 1.3 Aanpak.....3

2 Modelling verbruikers.....5

3 Modelling windturbine8

4 Modelling PV systeem 9

5 Modelling micro WKK 11

6 Conclusie..... 11

1 INLEIDING

1.1 Probleemstelling

De huidige elektriciteitsnetten zullen steeds dichterbij de grenzen van hun capaciteit worden bedreven. Netstructuren en hiermee ook de leveringszekerheid veranderen door steeds meer toepassing van WKK en de introductie van opwekking met behulp van wind, zon, brandstofcel en de mini WK. Daarnaast zullen ook elektrische opslagsystemen hun intrede gaan vinden. Naast de leveringszekerheid van dergelijke systemen zijn er ook andere vraagstukken die een directe relatie hebben met decentrale opslag en opwekking in elektriciteitsnetten. Een belangrijk vraagstuk in de nabije toekomst zal bijvoorbeeld zijn waar men decentrale opslag of opwekking dient te plaatsen in het netwerk (lokaal bij de verbruikers of op middenspanningsniveau) en hoeveel en hoe groot de te gebruiken componenten dienen te zijn. De ontwerpen moeten bovendien worden beoordeeld op technische haalbaarheid, waar zaken aan de orde komen als: netbelasting, over- en onderspanning, spanningsfluctuaties en aanraakveiligheid.

Het gedrag van decentrale opwekkers varieert sterk in de tijd. Het is onzeker welk tijdsinterval benodigd is om de opwekkers optimaal te beschrijven. Een te groot tijdsinterval geeft een onvoldoende beschrijving. Een te klein tijdsinterval vraagt een onnodig grote inspanning van de ontwerper. Het model van PV-systemen is nog niet voldoende beschreven voor implementatie in netberekeningen. De invloed van temperatuur op de opwekking met micro WKK is een complicatie. Het gedrag van opslagsystemen is afhankelijk van externe aansturing, invloed van spanning en stroom op het opslaan, het specifieke oplaad- en ontladgedrag van de accu en de capaciteit (geheugenwerking). De invloed van een opslagsysteem is nog niet eerder meegenomen in een netberekening. Dit zijn factoren die een gedegen netstudie in de toekomst vrij complex kunnen maken. Een goede netberekeningsmethode die op een praktisch bruikbare wijze met deze factoren rekening houdt, is nog niet op de markt.

1.2 Doelstelling

Ontwikkeling van een praktisch bruikbare methode om het gedrag van decentrale opwekkers en opslagsystemen in te voeren in de bestaande methode voor ontwerp van netten voor laagspanningsdistributie (230/400 V).

1.3 Aanpak

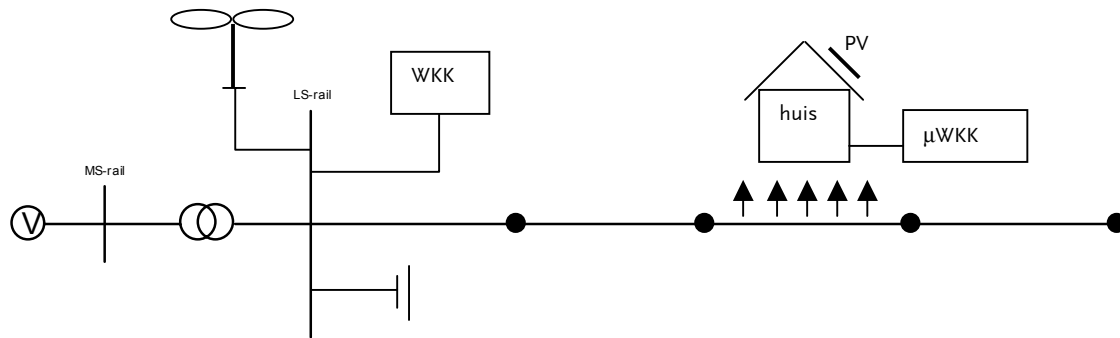
De belastingen en decentrale opwekkers in een net worden beschreven met behulp van tijdreeksen. Een tijdreeks beschrijft het gedrag van een bepaald type belasting of opwekking. In combinatie met andere kenmerken, zoals maximum grootte van de belasting of opwekking, kunnen de momentane waarden worden vastgesteld, waarmee de netberekening kan worden uitgevoerd. In principe is een netberekening niet tijdafhankelijk, maar het gedrag van opslagsystemen maakt een nieuwe voorziening voor de tijdafhankelijkheid nodig in de netberekening.

Momenteel voeren de elektriciteitsbedrijven diverse projecten uit, waarin de invloed van decentrale opwekking en decentrale batterij opslag bestudeerd wordt. In die projecten worden diverse simulaties uitgevoerd aan MS/LS netten, waar de belasting en opwekking in discrete tijdstappen van meestal 5 minuten gedefinieerd zijn.

Onderstaande elementen komen in de studienetten op LS-niveau (400 V) voor:

- belasting in MS/LS distributiestations
- decentrale opwekking (middelgrote WKK's) in MS/LS distributiestations
- windturbines in MS/LS distributiestations
- batterij opslag in MS/LS distributiestations
- belastingen achter huisaansluitingen

- micro WKK's achter huisaansluitingen
- zonnecellen (PV) achter huisaansluitingen.



Figuur 1 Elementen in de studienetten op LS-niveau

Het te ontwikkelen computerprogramma (werknaam B4U) rekent de gevolgen van momentane opname of afname van elektrisch vermogen uit. Het in tijd variërende gedrag van belasting en opwekking wordt met behulp van tijdreeksen beschreven. Hiermee kan worden gesimuleerd:

- willekeurig ongelijktijdig gedrag elektriciteitsverbruiker
- willekeurig gelijktijdig gedrag PV
- willekeurig zwak gelijktijdig gedrag micro WKK's
- gepland gedrag WKK
- willekeurig gedrag windturbine
- vermogensuitwisseling batterij opslag met oplaad- en ontladgedrag als functie van tijd.

De elementen kunnen op de knooppunten in het netwerk worden aangesloten en op de kabels als verdeelde belasting.

Het model van de batterij opslag is een constante PQ-belasting, die wordt aangestuurd door een model van een vermogenselektronische regelaar. Het model heeft onderstaande eigenschappen:

- aansturing extern (opslaan/ontladen)
- spannings- en stroomgeregeld opslaan/ontladen (eventueel voorrang boven aansturing)
- oplaad-/ontlaadcurve
- capaciteit (geheugenwerking).

De tijdreeksen worden ingevoerd met behulp van een Excel-bestand. Daarvan beschrijft elke kolom het gedrag van een specifieke belasting of opwekking. Elke kolom bevat een tijdreeks van een factor, waarmee de hoeveelheid belasting of opwekking wordt geregeld. Het model van de regeling van de batterij opslag kent een aantal nader te specificeren parameters.

Het onderzoek wordt uitgevoerd met de volgende fasering:

- Beschrijving modellen van de decentrale opwekkers
- Beschrijving modellen van de opslagsystemen.

Dit rapport beschrijft de modellen van de decentrale opwekkers.

2 MODELLERING VERBRUIKERS

De modellering van de decentrale opwekkers kan niet los gezien worden van het gedrag van de verbruikers. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de modellering van de verbruikers. Een verbruiker is een klant die alleen energie verbruikt en niet opwekt. Verbruikers kunnen worden ingedeeld in onderstaande categoriën:

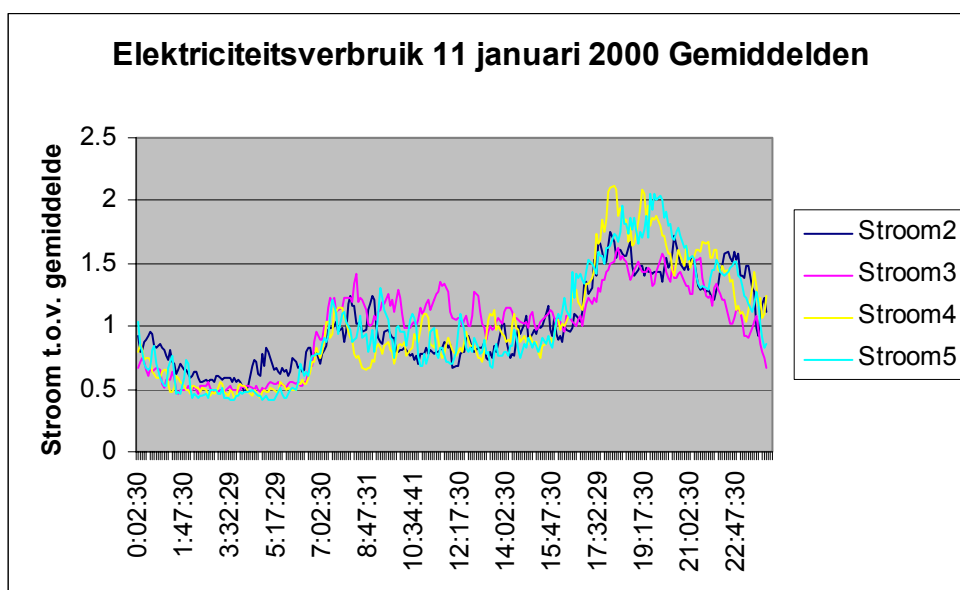
- Woningen
- Winkels
- Kantoren
- Kleinschalige industrie
- Grootschalige industrie
- Elektrisch aangedreven openbaar vervoer
- Openbare verlichting

Het indelen in categoriën is vrij willekeurig. Het doel is een onderscheid te kunnen maken in typisch gedrag. In het geval van woningen is dat het eenvoudigst. In het geval van industrie en openbaar vervoer is dat veel moeilijker. Zeker wanneer de betreffende industrie ook eigen opwekking inzet. De laatste twee categoriën worden dan ook in de meeste gevallen individueel beschouwd. Het doel van deze studie is een beschrijving te geven van belastingen en opwekkers in een laagspanningsnet. Op zulke netten worden doorgaans geen grootschalige industrie en openbaar vervoer aangesloten, waardoor het lijstje zich beperkt.

De belasting gedraagt zich in principe willekeurig, maar volgt in grote lijn een bepaald typerend patroon. Dit patroon kenmerkt zich door:

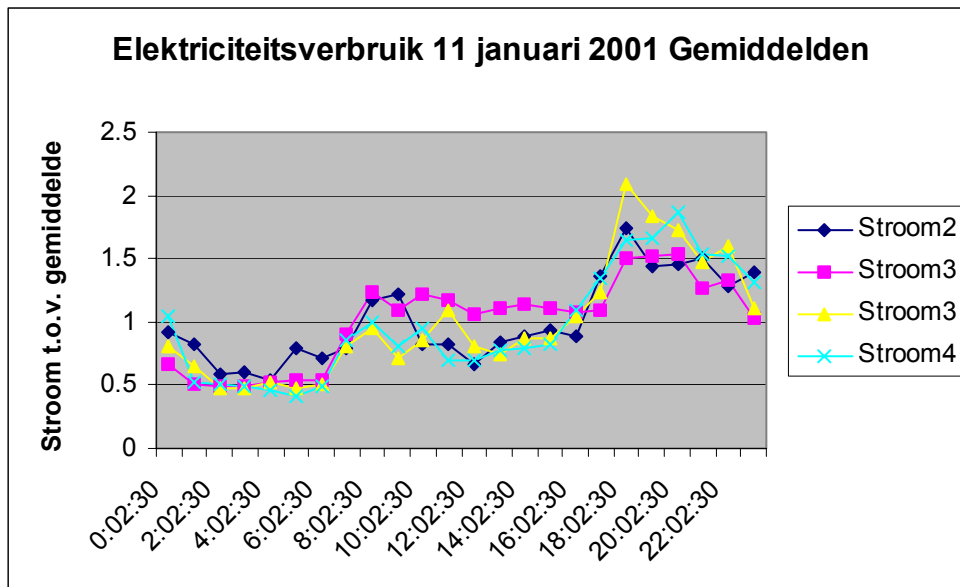
- Dagelijks patroon (ochtend/dag/avond/nacht)
- Wekelijks patroon (werkdagen/zaterdag/zondag)
- Jaarlijks patroon (winter/lente/zomer/herfst).

Onderstaand figuur geeft een voorbeeld van een dagelijks patroon van vier verschillende belastingen. De belastingen bevatten elk een aantal woonhuizen. De vier patronen zijn elk genormeerd naar hun eigen gemiddelde, zodat de gelijkvormigheid goed opvalt.



Figuur 1 Dagbelastingcurve van vier belastingen

Bovenstaande figuur illustreert het dagbelastingsgedrag op een dinsdag in januari. Duidelijk zichtbaar zijn de nachtbelasting, de ochtendspits, de belasting overdag, de avondspits (koken, boilers, verlichting) en de avondbelasting (langzaam overgaand in de nachtbelasting). In dit voorbeeld is de belasting weergegeven in 5-minutenwaarden. Het is vandaag de dag gebruikelijk een tijdsinterval van 5 minuten aan te houden. Ook met het oog op toekomstige mogelijkheden van verrekening van het elektriciteitsgebruik is dit een geaccepteerde waarde. Ter illustratie van het onderscheid geeft onderstaand figuur het zelfde gedrag weer in een uurrooster.

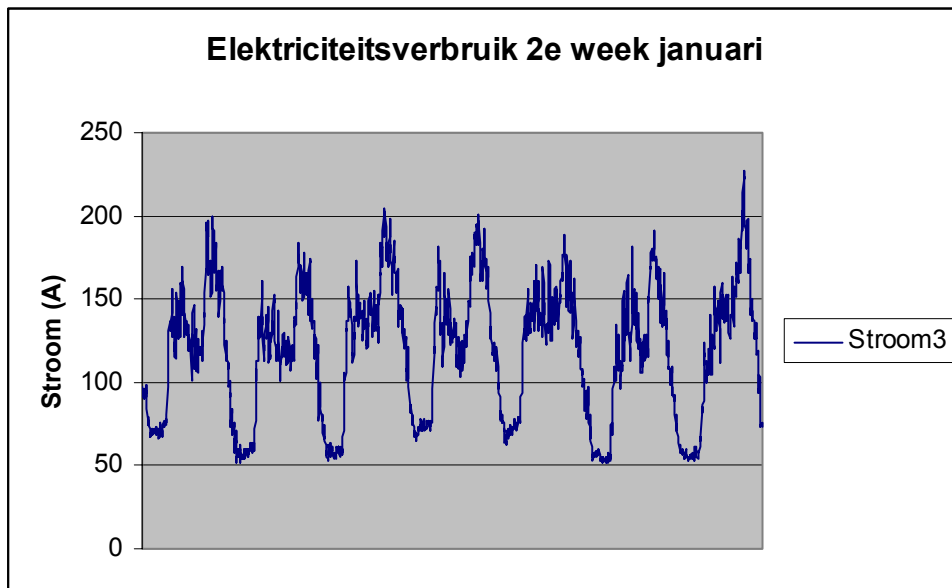


Figuur 2 Dagbelastingcurve van vier belastingen in een uurrooster

Het voordeel van de beschrijving met een uurrooster ten opzichte van een 5-minutenrooster is de veel kleinere benodigde opslagcapaciteit (een factor 12) voor de meetwaarden. Goed zichtbaar is de verminderde resolutie ten opzichte van het 5-minutenrooster.

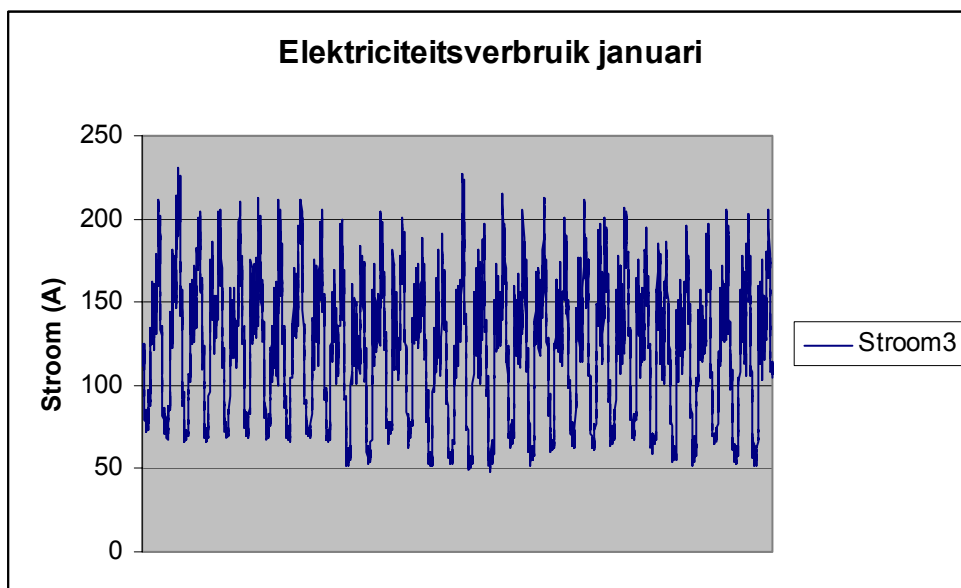
Op een richting in het LS-net zijn meerdere klanten aangesloten, die ieder een min of meer eigen willekeurig gedrag vertonen. Ook niet alle klanten van hetzelfde type vertonen een gelijktijdig gedrag. Dit is gedefinieerd als de gelijktijdigheid (EnergieNed, 1996). Hoe minder klanten in een deelnet aanwezig zijn, hoe kleiner de gelijktijdigheid is. In het geval van de laagspanningsnetten is het aantal klanten op een laagspanningskabel meestal relatief klein. Hierdoor kan de gelijktijdigheid in de te onderzoeken netten vrij klein zijn, hetgeen pleit voor een 5-minutenrooster voor de beschrijving van het dagelijkse belastingsgedrag.

Het dagelijks gedrag vertoont een duidelijk zichzelf herhalend patroon in de week. Onderstaand figuur illustreert het belastingsgedrag van een gedeelte van het laagspanningsnet (Stroom3) gedurende de tweede week van januari. De eerste dag is maandag 10 januari en de laatste dag is zondag 16 januari. Duidelijk zichtbaar is het afwijkende patroon op de zondag.



Figuur 3 Weekbelastingskromme elektriciteitsverbruik

Hetzelfde kan gedaan worden voor de terugkerende patronen in een maand. In onderstaande figuur is de invloed van andere factoren, zoals het weer, terug zien. In een jaaroverzicht zou de invloed van de seizoenen heel duidelijk zichtbaar zijn.

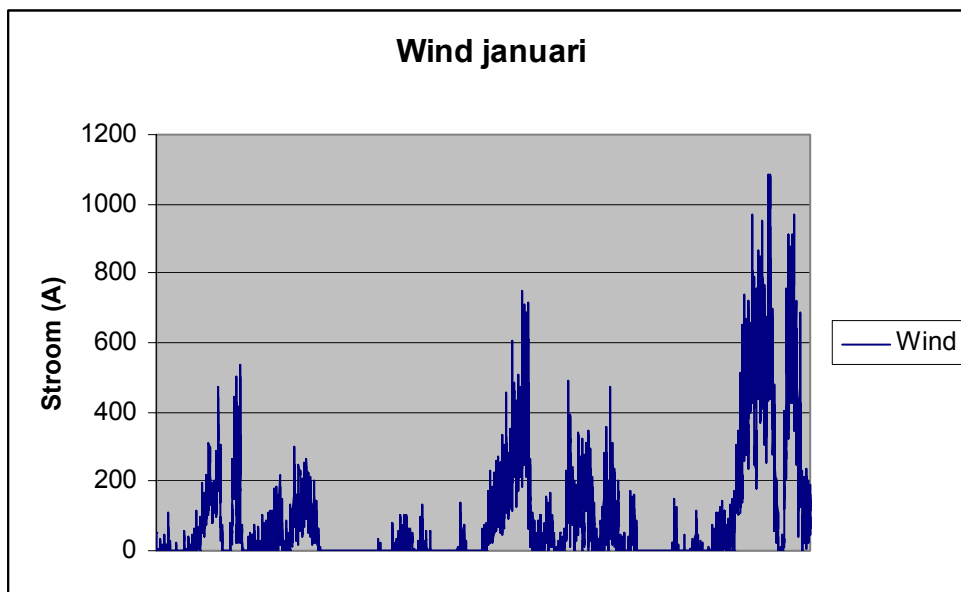


Figuur 4 Maandbelastingskromme elektriciteitsverbruik

3 MODELLERING WINDTURBINE

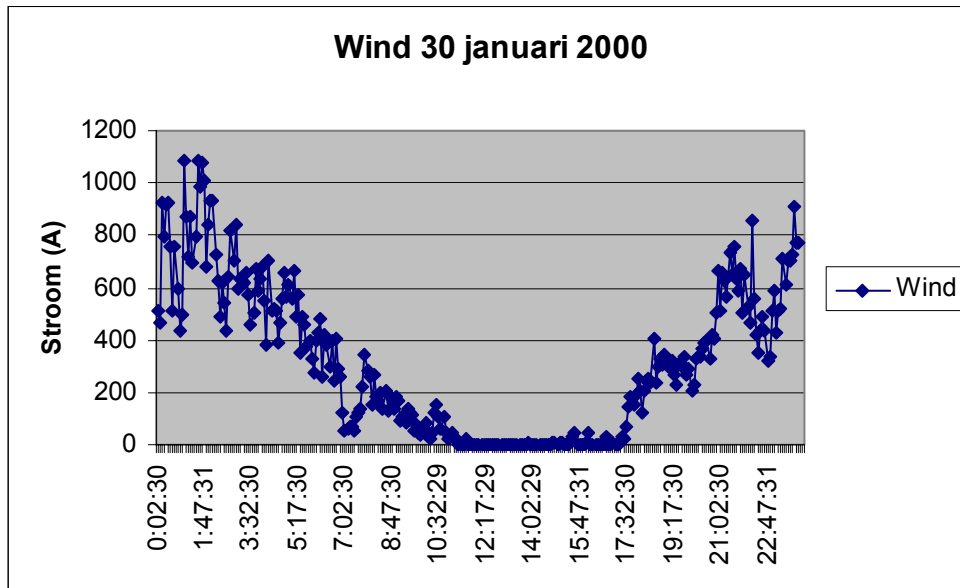
Kleine windturbines en zonnepanelen kunnen een aanzienlijk deel van de stroomvoorziening voor hun rekening nemen. Een van de problemen, waar een Delfts onderzoek (Energietechniek, 2001) zich op heeft gericht, is de mogelijke overbelasting van de distributietransformatoren. Conclusie uit dat onderzoek is dat in een berekend voorbeeldsysteem (een woonwijk) op elk vijfde huis een windturbine met een nominaal vermogen van 5 kW kan worden geplaatst.

In hetzelfde meetproject uit het vorige hoofdstuk is de opbrengst van een bestaande windmolen daadwerkelijk gemeten. Onderstaande figuur geeft een beeld van de opbrengst gedurende de maand januari.

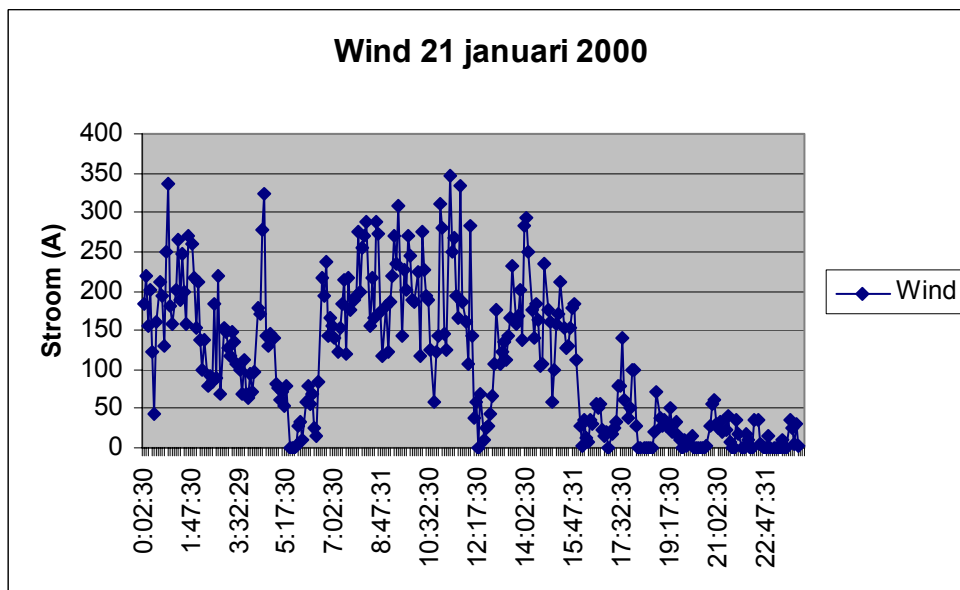


Figuur 5 Opbrengst windmolen gedurende de maand januari

In bovenstaande figuur is goed te zien hoe de opbrengst varieert tussen nul en 1100 A (760 kW). Dit vermogen is weliswaar veel te groot voor aansluiting op een laagspanningsnet, maar het gaat in dit onderzoek om het fluctuerende gedrag. Onderstaande figuren geven een beeld van de opbrengst op twee dagen in januari. Op 30 januari was de opbrengst in de nacht en in de avond groot. De grootste sprong is van 500 A naar 1100 A. Op 21 januari was de opbrengst minder hoog, maar wel sterk wisselend. Sprongen van meer dan 200 A komen een aantal malen voor.



Figuur 6 Opbrengst windmolen op 30 januari 2000



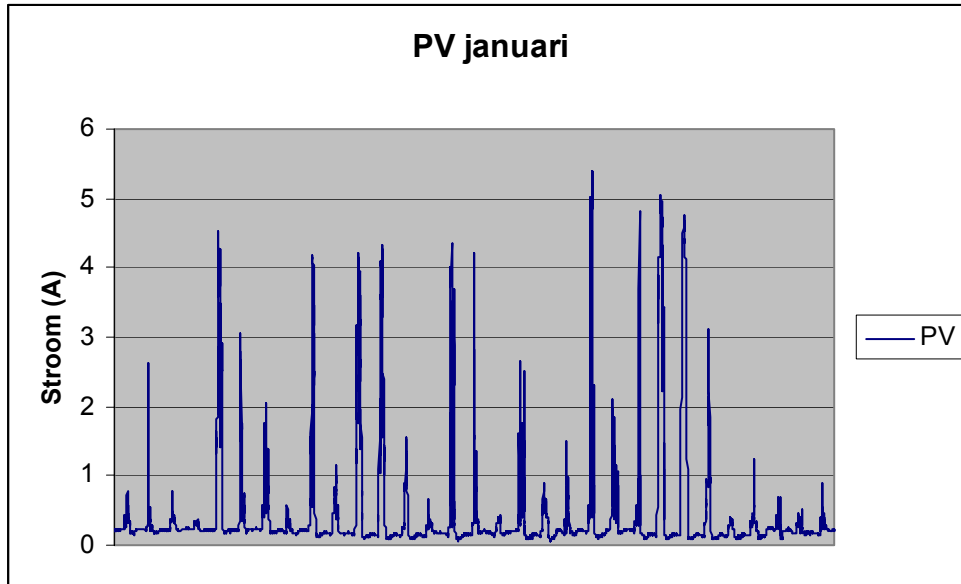
Figuur 7 Opbrengst windmolen op 21 januari 2000

In bovenstaande figuren is af te lezen dat sprongen van halfvast naar vollast kunnen voorkomen. Om de snelle variaties goed in beeld te krijgen is een 5-minutenrooster te prefereren boven een uurrooster.

4 MODELLERING PV SYSTEEM

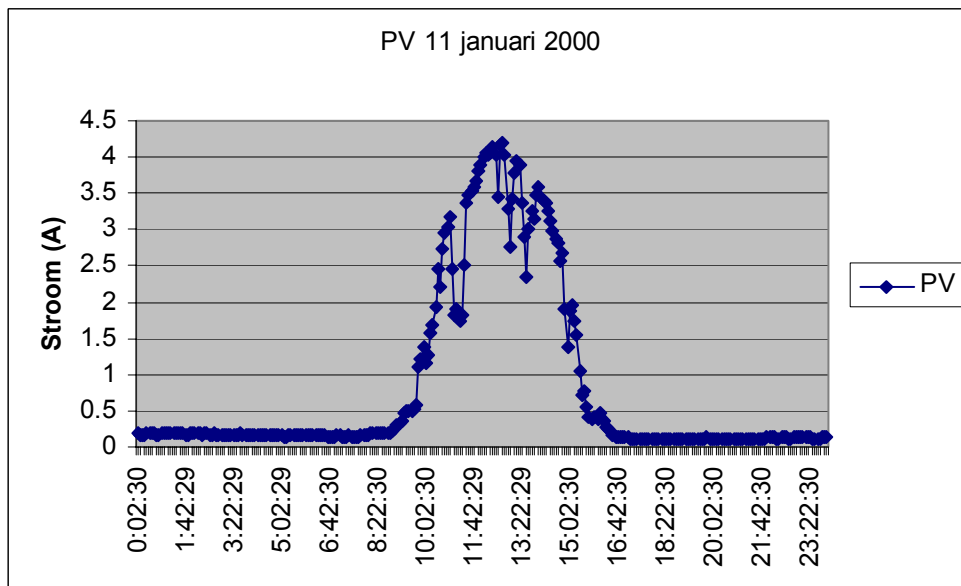
Zonnepanelen kunnen naast windmolens een aanzienlijk deel van de stroomvoorziening voor hun rekening nemen. Conclusie uit hetzelfde Delftse onderzoek uit het vorige hoofdstuk is dat in een berekend voorbeeldsysteem (een woonwijk) op elk huis 3 vierkante meter aan zonnepanelen kan worden geplaatst.

In een woonwijk is de opbrengst van een PV-systeem daadwerkelijk gemeten. Onderstaande figuur geeft een beeld van de opbrengst gedurende de maand januari. Duidelijk zichtbaar is de invloed van het dagelijkse patroon. 's-Nachts is de opbrengst namelijk per definitie nul.

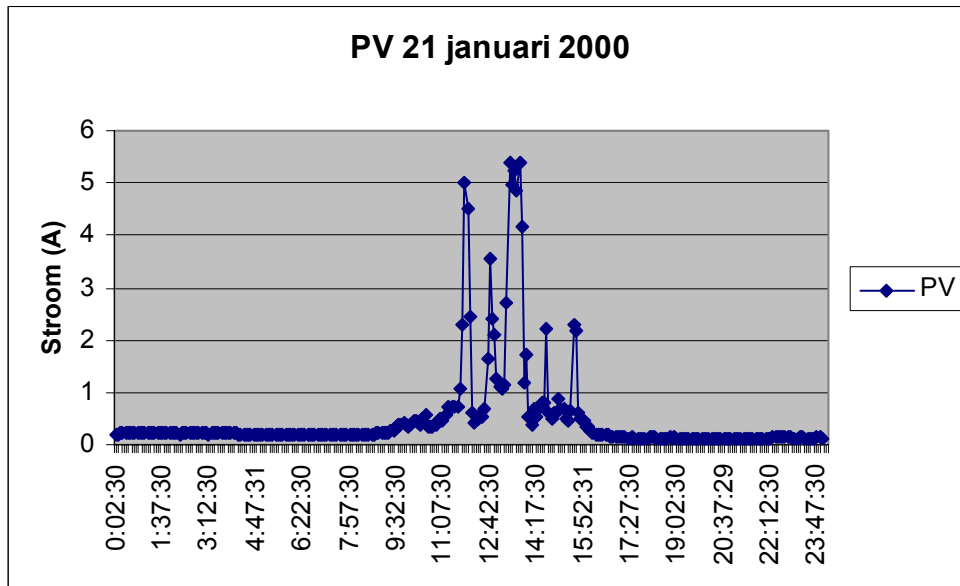


Figuur 8 Opbrengst PV-systeem gedurende de maand januari

Onderstaand figuren geven het gedrag weer op de dagen 11 en 21 januari 2000. Volgens de figuren was 11 januari een overwegend zonnige dag, met zo nu en dan een wolk voor de zon. Op 21 januari was het een overwegend bewolkte dag, met zo nu en dan een fikse opklaring. Tijdens de opklaringen steeg de elektriciteitsproductie plotseling van bijna nullast naar vollast.



Figuur 9 Opbrengst PV-systeem op 11 januari 2000



Figuur 10 Opbrengst PV-systeem op 21 januari 2000

Voor het beschrijven van het wispelturige karakter van de zonne-energie is een 5-minutenrooster te prefereren boven een uurrooster.

5 MODELLERING MICRO WKK

Micro WKK heeft de mogelijkheid in zich de bedrijfsvoering van het elektriciteitsnet op economisch en technisch vlak te verstoren (CIRED, 2001). Het heeft een potentiële capaciteit die vergelijkbaar is met de totale bestaande nucleaire opwekking in Europa. Micro WKK zal in de toekomst de dagelijks variërende elektriciteitsvraag in laagspanningsnetten verminderen en mogelijk in enkele gevallen de stroomrichting in distributietransformatoren omkeren. Dit zal zeker economische invloed hebben voor de netwerkbeheerder, maar zal zeker veel invloed hebben op het ontwerp van het laagspanningsnet.

Een reeks van micro WKK technologieën nadert de commerciële inzetbaarheid. De eenheden hebben een grootte van 1 kW elektrisch voor de modale huizenmarkt of 3 kW elektrisch (gecombineerd met een beter rendement) voor de grotere huizenmarkt. De eenheden zullen waarschijnlijk op dezelfde manier als verwarmingsketels werken, dus intermitterend vollast en uit. Dat betekent voor het laagspanningsnet een wisselende belasting, die sterk afhangt van het aantal eenheden die niet gelijktijdig werken. Metingen zijn niet voorhanden, maar een uurrooster zal niet voldoende zijn voor een beschrijving van het gedrag.

6 CONCLUSIE

In het geval van de laagspanningsnetten is het aantal klanten op een laagspanningskabel meestal relatief klein. Hierdoor kan de gelijktijdigheid in de te onderzoeken netten vrij klein zijn, hetgeen pleit voor een 5-minutenrooster voor de beschrijving van het degelijke belastingsgedrag.

Windmolens kunnen een sterk fluctuerend gedrag vertonen. Sprongen van halflast naar vollast kunnen voorkomen. Om de snelle variaties goed in beeld te krijgen is een 5-minutenrooster te prefereren boven een uurrooster.

De opwekking met PV-systemen staat onder sterke invloed van de bewolking. De geleverde elektriciteit kan binnen het 5-minutenrooster plotseling stijgen van nul naar vollast en terug. Ook dips, het omgekeerde gedrag bij vollast, zijn gemeten. Dit gedrag is met een uurrooster niet te beschrijven.

De micro WKK systemen combineren huisverwarming met opwekking van elektriciteit. Door het intermitterende gedrag van de verwarmingsinstallatie zal ook de opwekking een intermitterend karakter vertonen. Dit vraagt om een 5-minutenrooster.

Alle vormen van opwekking vertonen een sterk fluctuerend gedrag. Een uurrooster is niet voldoende om dit gedrag te beschrijven, zeker wanneer de werking en de invloed van een batterijsysteem moet worden onderzocht. Aangezien de trend is om bij metingen van uurwaarden naar 5-minutenwaarden te gaan, is de aanbeveling om voor bestudering van laagspanningsnetten met decentrale opwekking en opslag een 5-minutenrooster toe te passen.

LITERATUUR

EnergieNed, 1996: "Elektriciteitsdistributienetten", Kluwer Techniek.

Energietechniek, 2001: "Potentieel voor duurzame energie in bestaande distributienetten", Ir. A.M. van Voorden, Ir. J.G. Sloopweg, Dr.Ir. G.C. Paap, Prof.Ir. L. van der Sluis, Energietechniek 6, jaargang 79 (juni) 2001.

CIREN, 2001: "Micro Combined Heat & Power; potential impact on the electricity supply industry", J.D. Harrison, IEE-CIREN 2001 Conference, Amsterdam.