

Eindverslag Smart Farmer Grid

Projecten LTO Noord en L'orèl Consultancy

Januari 2016

Smart Farmer Grid is een initiatief van LTO Noord, de Provincie Groningen en Enexis



Het wordt mogelijk gemaakt door Productschap Zuivel, de LTO Noord Fondsen, Provincie Groningen en RVO



Het project wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doelstelling	6
2. Aanpak en opzet.....	7
2.1 Achtergrond en aannames	7
2.1.1 Geselecteerd stroomnetwerk.....	7
2.1.2 Achtergrond belasting stroomnetwerk.....	9
2.1.3 Aannames	9
2.1.4 Specificaties referentiebedrijf.....	10
2.2 Power Quality	10
2.2.1 Wat is Power Quality	10
2.2.2 Verschil meting extern en intern net	12
2.2.3 Bij wie ligt de verantwoordelijkheid van de Power Quality?	12
2.3 Spanningshuishouding in het openbare net	13
2.3.1 Eisen rondom de PV-installatie	14
2.3.2 Eisen rondom de aansluiting	15
3. Huidige netwerk en zes groeiscenario's	16
3.1 Onderzocht netwerk	16
3.1.1 Deel netwerk 1, vijf zakelijke aansluitingen	16
3.2 Metingen	16
4. Scenario's met PV-opwekking	19
4.1 Scenario 1: Bestaande afnemers (elektrisch neutraal) (bijlage 1)	19
4.2 Scenario 2: Bestaande afnemers (elektrisch en gasneutraal) (bijlage 2)	19
4.3 Scenario 3: Transformator 50% extra belasten door afnemers 50% te laten groeien (bijlage 3)	20
4.4 Scenario 4: Afnemers groeien 50%, melkveehouders 40% zuiniger op energie (bijlage 4)	20
4.5 Uitgestelde koeling en warmte levering, scenario 5 en 6	20
4.6 Scenario 5: 50% groei, 40% energiezuiniger en uitgestelde koeling (bijlage 5).....	20
4.7 Scenario 6, 50% groei, 40% energiezuiniger, uitgestelde koeling en warmtelevering aan de woning	21
4.8 Conclusie opties uit scenario's	21
5. De effecten van pieklastverschuiving van diverse scenario's uitgewerkt voor deelnetwerk 1 met vijf zakelijke afnemers	22

6. Effecten terug levering zonne-energie.....	24
7. De effecten van afstemming van het afnamepatroon op opwekkingspatroon, bij 50% meer afname per afnemer	28
8. Nieuwste ontwikkelingen	29
9. Kosten- en batenanalyse	32
10. Vertaalslag naar andere landelijke netwerken	35
11. Organisatie en planning.....	36
12. Conclusies en aanbevelingen.....	37
13. Communicatie	39
14. Resultaten.....	40
15. Bijlagen.....	45

Samenvatting

Het doel van het onderzoek was om de Power Quality van het elektriciteitsnet in een landelijk gebied – waar name melkveehouderijen zijn gevestigd – te beoordelen.

Bij de metingen is naar de diverse aspecten van Power Quality gekeken waaronder de belasting zelf maar ook naar stoorsignalen als harmonischen en het spanningsniveau in de leidingen achter de meter.

In de haalbaarheidsstudie Smart Farmer Grid is onderzocht of aanpassing in het energieverbruik en de energieopwekking van agrarische afnemers het stroomnetwerk in landelijke netwerken kan ontlasten. Hiervoor zijn een zestal scenario's onderzocht die de komende jaren mogelijk plaats gaan vinden als de energietransitie (gebruikers worden naast stroomafnemers ook steeds vaker stroomproducent) verder doorzet. Doel van het onderzoek is inzicht te krijgen welke financiële gevolgen de verschillende scenario's hebben op de investering van de gebruikers (in deze studie agrariërs) en de maatschappelijke kosten van de netwerkbedrijven.

In de provincie Groningen is een netwerk bestaande uit twee transformatorhuisjes en 18 afnemers volledig van nieuw ontwikkelde meters voorzien en zijn de agrarische bedrijven gedetailleerd energetisch doorgemeten. Op deze manier is het effect van een bepaald agrarisch apparaat (zoals melkkoeling, compressor, et cetera) zichtbaar op het interne net van de agrariër tot aan de transformatorhuisjes.

De effecten van energie neutrale zakelijke afnemers zijn in zes verschillende scenario's verder uitgewerkt, voor één transformatorhuisje met vijf zakelijke afnemers (melkveehouders). In deze scenario's worden combinaties van maatregelen zoals energiebesparing, verschuiving van afnamepatronen, optimalisatie van zonopwekking en afstemming van stroomproductie en –afname doorgerekend. Hierbij worden de voor deze scenario's noodzakelijke investeringen van de afnemers (melkveehouders) vergeleken met de daarbij behorende maatschappelijke kosten van het netwerk.

In de huidige (netwerk) situatie wordt het transformatorhuisje gedurende enkele uren per maand maximaal 50% belast (dit betreft alleen stroomafname). Als vier tot vijf melkveehouders energieneutraal worden met zonenergieproductie dan moet in vijf van de zes scenario's worden geïnvesteerd in het netwerk (€ 93.000,- - € 117.000,-). In deze vijf scenario's hebben de investeringen voor de melkveehouder de beste terugverdientijd, maar is de maatschappelijke investering in het netwerk hoog. In het zesde scenario zijn de aanpassingskosten aan het netwerk slechts € 500,-, maar zijn de terugverdientijden op investeringen door de melkveehouders zo ongunstig dat deze niet gedaan worden.

Worden de investeringskosten van de melkveehouders samengevoegd met de netwerkkosten, dan is de 'overall terugverdientijd' veruit het laagste (het zesde scenario). Dit vergt dan wel een nieuw soort werkwijze van de netwerkbedrijven met hun stroomafnemers.

Conclusie: het is economisch interessant om te kijken naar de totale kosten van het netwerk bij groeiende bedrijven/afnemers die willen investeren in energieproductie om de maatschappelijke kosten voor de netwerkbedrijven beperkt te houden.

Netwerkbedrijven in Nederland werken binnen een reguleringskader. Een rechtstreekse onderlinge verrekening ligt, uit dat oogpunt alleen al, niet voor de hand. De verwachting is echter wel, dat we over een paar jaar (2020?) naar een situatie gaan, dat de "vervuiler betaald". Minister Kamp geeft voortdurend signalen af dat salderingsregelingen worden afgeschaft of aangepast. Daarmee wordt stroomafname duur op het moment dat er veel afname is en geen aanbod (lees: de zon schijnt niet en geen wind. Dag/nacht, zomer/winter), terwijl terug levering weinig gaat opleveren bij veel aanbod. Het omgekeerde is uiteraard ook waar. De technieken, waar we

nu mee bezig zijn kunnen de agrarische sector straks een groot voordeel opleveren, of andersom, niet meegaan kan wel eens duur worden.

Aanbeveling: in de praktijk ontwerpen, testen en meten van het zesde scenario. Dit is noodzakelijk voor een verdere uitrol in landelijke netwerken in Nederland. Opzetten van werkmethoden en investeringsafspraken waarbij netwerkbeheerders en afnemers in het landelijk gebied komen tot slimmere en goedkopere totaaloplossingen bij groeiende stroomafname en/of –productie.

1. Inleiding

Om invulling te geven aan de energietransitie is de vorming van slimme en goed werkende elektriciteitsnetwerken (Smart Grids) noodzakelijk. Ook in het landelijke gebied zijn dit soort elektriciteitsnetwerken nodig. Agrarische ondernemers werken aan het verduurzamen van hun productie, enerzijds door energie te besparen en anderzijds door de productie van energie. Omdat afname en productie vaak niet samenvallen, zijn Smart Farmer Grids nodig om voor meerdere agrarische ondernemers afname en productie optimaal af te stemmen. Dit project beoogt de realisatie van deze Smart Farmer Grids binnen handbereik te brengen door knelpunten in beeld te brengen en oplossingen aan te dragen.

1.1 Aanleiding

Ook in Nederland is de energietransitie volledig op gang. Dit betekent niet alleen een verschuiving van volledige afhankelijkheid van fossiele brandstoffen naar een mix van fossiel en duurzame energie, maar ook een verschuiving van centrale opwekking van energie naar meer decentrale opwekking. Tegelijkertijd, en hiermee samenhangend, wordt van bedrijven een omslag naar meer duurzame productie verwacht. Dit geldt zeker voor de agrarische sector. Burgers stellen op dit vlak hogere eisen aan hun voedsel en de voedselproductieketen vertaalt deze eisen door aan de boeren. Voor de boer wordt energiebesparing en energie-efficiëntie steeds belangrijker. Op het gebied van energie en klimaat is dit het meest duidelijk zichtbaar in het initiatief van de Duurzame Zuivelketen, welke voortkomt uit het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren. Voor beide is het doel het streven naar reductie van broeikasgassen, energiebesparing en opwekking van duurzame energie. Het verminderen van het energieverbruik is daarbij het startpunt. Het bereiken van een energieneutrale bedrijfsvoering is een belangrijk middel. Hiervoor is het essentieel dat de energieproductie, -besparing, -afname en levering van energie zo optimaal mogelijk op elkaar afgestemd zijn.

Duurzame landbouw en de kwaliteit van de stroomvoorziening in netwerken

Bij de verduurzaming van de zuivelproductie gaat de aandacht tot nu toe vooral uit naar de opwekking van energie. Soms blijkt dat dit bedrijfseconomisch niet interessant is en dat er technisch-infrastructurele belemmeringen zijn (deze zijn echter altijd van tijdelijke aard). Bij bedrijven die de stap naar energieneutraal maken (het streven voor de komende jaren van de melkveebedrijven) is de terugleveringspiek ongeveer het dubbele in vergelijking tot de afnamepiek. Daarom zijn er enkele melkveehouders waar de energieproductie van de zonnepanelen stilvalt omdat het netwerk de energie in de piek niet kan afvoeren. Dit kan verschillende oorzaken hebben maar vaak wordt naar bedrijven als Enexis en dergelijke gewezen. Als dit voorkomt dan wordt te allen tijde het netwerk aangepast, zodat teruglevering wel mogelijk wordt. Daarnaast moeten deze bedrijven aan de door de overheid vastgestelde en voorgeschreven netcode voldoen (en doen dit ook).

Een niet optimaal functionerend netwerk leidt tot ongewenste pieken en dalen in de stroomvoorziening en heeft een aantal gevolgen voor de agrarische bedrijven op dat netwerk (dit is tijdelijk en ligt niet altijd aan het netwerk). Allereerst zijn er hogere kosten door verminderde levensduur van apparatuur en extra onderhoudskosten. Daarnaast zijn er gereduceerde opbrengsten wanneer bedrijven met Zon-PV niet kunnen leveren op zonnige dagen omdat de energie niet het net op kan. Tenslotte wordt de vraag naar energie bij melkveebedrijven hoger door investeringen in meer en meestal grotere geautomatiseerde productiemiddelen zoals melk- en voersystemen.

Knelpunten om de kwaliteit van het netwerk te verbeteren en de capaciteit te vergroten

Netwerkbedrijven herkennen en erkennen de problemen in een netwerk meestal tijdig. De randvoorwaarden voor de geleverde kwaliteit van de stroom zijn vastgelegd in normen met zogenaamde afwijkingpercentages (gemiddeld over een periode van 24 uur, zogeheten 24 uursgemiddelden). Deze 24 uursgemiddelden zijn voor melkveehouders nadelig omdat zij tweemaal daags één tot twee uur melken waarbij alle apparatuur tegelijk aanstaat, terwijl in de overige uren een veel lagere afname van energie is. Hierdoor worden de afwijkingpercentages veel moeilijker gehaald. De netwerkbedrijven voldoen aan de netcode en aan de normen die zijn opgelegd door de ACM. Ze hechten er een groot belang aan en stellen alles in werking voor een goed en betrouwbaar netwerk.

Als de netwerkbedrijven actie ondernemen om de kwaliteit te verbeteren, dan is de oplossing het plaatsen van extra transformatorhuisjes en/of het verzwaren van de leidingen. Hier zijn kosten mee gemoeid die door de maatschappij gedragen moeten worden.

1.2 Doelstelling

Voor de energietransitie en om te kunnen voldoen aan de eisen en wensen vanuit keten en maatschappij, is het nodig om te komen tot slimme energienetwerken voor slimme boeren: Smart Farmer Grids. Naar Smart Grids wordt al het nodige onderzoek gedaan. Maar niet in de meer 'marginale' energiegebieden, daar waar de kwaliteit van het elektriciteitsnetwerk anders is. Ook in deze gebieden willen ondernemers aan de slag met de energietransitie.

Om Smart Farmer Grids mogelijk te maken is het nodig te onderzoeken hoe de netwerkbedrijven het duurzaam opwekken van stroom kunnen faciliteren op hun netwerk. Deze mogelijkheden kunnen liggen in het verzwaren van het net (de huidige kostbare oplossing voor het verbeteren van de capaciteit van een netwerk), maar ook in het maximaal besparen van energie door de bedrijven. Met deze kennis wordt het mogelijk een goed onderbouwde beslissing te maken tussen het verzwaren van het net en andere oplossingen.

Het doel is dan ook het binnen handbereik brengen van Smart Farmer Grids door het inventariseren van het energiebesparingspotentieel en de inpassing van duurzame energie in de melkveehouderij. Dit op basis van praktijkmetingen in relatie tot de mogelijkheden van het lokale elektriciteitsnet.

Deelnemers

Deelnemende agrariërs hebben de individuele resultaten ontvangen van het gedetailleerde onderzoek op bedrijfsniveau en een analyse van het energieverbruik. Ze zijn actief betrokken bij dit project.

2. Aanpak en opzet

2.1 Achtergrond en aannames

Een elektriciteitsnetwerk dat gedurende de dag homogeen wordt belast, zorgt voor de beste leveringszekerheid en de minste problemen met de Power Quality (kwaliteit van de stroomvoorzieningen, zie 2.2). Dit is gunstig voor zowel de afnemers als de netwerkleverancier.

In de praktijk wordt een stroomnetwerk in het landelijk gebied (lange leidingen naar een beperkt aantal aansluitingen) niet gelijkmatig en niet gelijktijdig belast. In het landelijk gebied zijn er hoofdzakelijk afnamepieken tijdens het melken (ochtend en avond). Bij energieopwekking door zonnepanelen komt daar meestal een hogere opwekkingpiek overdag bij (zie ook grafiek 2).

Om inzicht te krijgen in het energieverbruik en de energieproductie in een afgebakend gebied is een stroomnetwerk geselecteerd in de provincie Groningen (zie 2.1.1). Dit op basis van eerdere metingen, de bereidheid van aangesloten agrariërs om inzicht te geven in hun energetische bedrijfshuishouding en de bekendheid met uitbreidingsplannen van deze boeren.

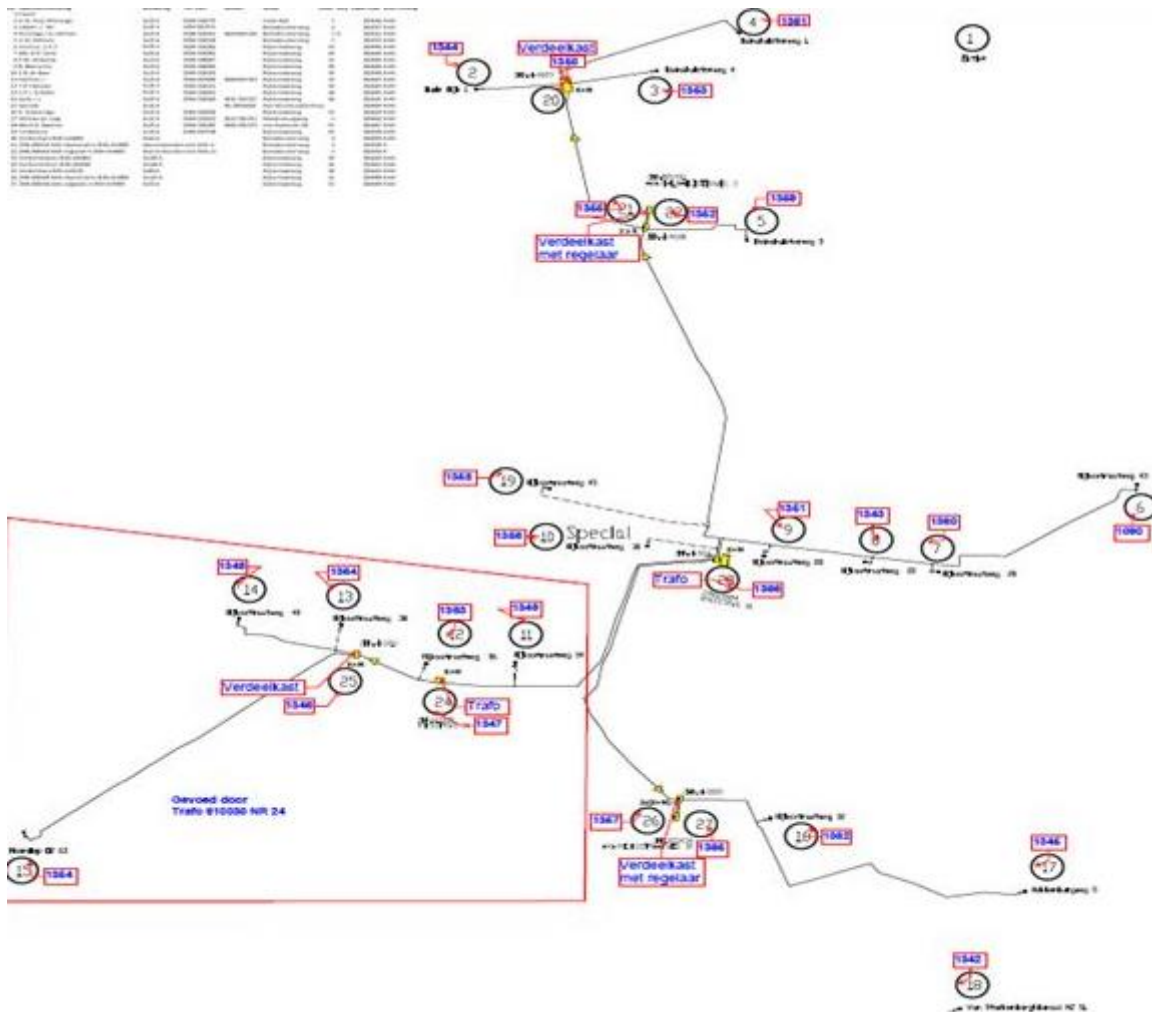
Als er energie wordt bespaard, hoeft er minder energie geleverd te worden door het netwerk. Door energie gelijkmatiger af te nemen, (pieklast verschuiving) wordt het netwerk gelijkmatiger belast. Door deze twee invalshoeken in de praktijk uit te testen, wordt verwacht dat het netwerk een betere levenszekerheid en Power Quality levert. Daarnaast is de verwachting dat energiebesparing en de pieklastverschuiving ervoor zorgen dat bedrijven minder energie hoeven op te wekken om 'energieneutraal' te worden. Tenslotte is de verwachting dat er meer op het bedrijf zelf geproduceerde stroom wordt verbruikt op de bedrijven. Dit heeft het voordeel dat het niet getransporteerd hoeft te worden over het netwerk.

Steeds meer agrarische bedrijven streven er naar om 'energieneutraal' te worden. Enerzijds vanwege de energiekosten en anderzijds vanwege het imago en het maatschappelijk verantwoord willen produceren. Verreweg de meeste agrariërs worden energieneutraal door zonnepanelen. Wat op dit moment de goedkoopste duurzame energiebron is, die daarnaast het voordeel heeft zonder vergunningen geïnstalleerd te kunnen worden. Windenergie is per kWh duurder en heeft meer subsidie nodig om break-even te zijn. Bovendien mogen windmolens niet overal geplaatst worden. De grotere windmolens zitten daarnaast allemaal op een ander (600 Volt) netwerk. De ontwikkelingen rond stroomopwekking door biovergisting liggen momenteel nagenoeg stil en wordt op weinig agrarische bedrijven toegepast.

In dit project zijn er praktisch getoetste berekeningen uitgevoerd met stroomopwekking door zonnepanelen.

2.1.1 Geselecteerd stroomnetwerk

Het geselecteerde stroomnetwerk bestaat uit twee transformatorhuisjes met 18 aansluitingen. Tien melkveehouders (één grotendeels gestopt met agrarische activiteiten en één stopt met agrarische activiteiten per 2016. Beide worden gezien als 'particulieren'), één akkerbouwer, één gemaal en zeven particuliere aansluitingen. Elke aansluiting heeft een eigen nummer. Daarnaast zijn er vier verdeelkasten en twee verdeelkasten met regelaar. Alle punten (27 in totaal) zijn van meters voorzien en worden volcontinue gemonitord op diverse 'stroom technische' parameters (zie onderstaand kaartje. Een grotere kaart is te vinden in de bijlagen bij dit rapport; bijlage A).



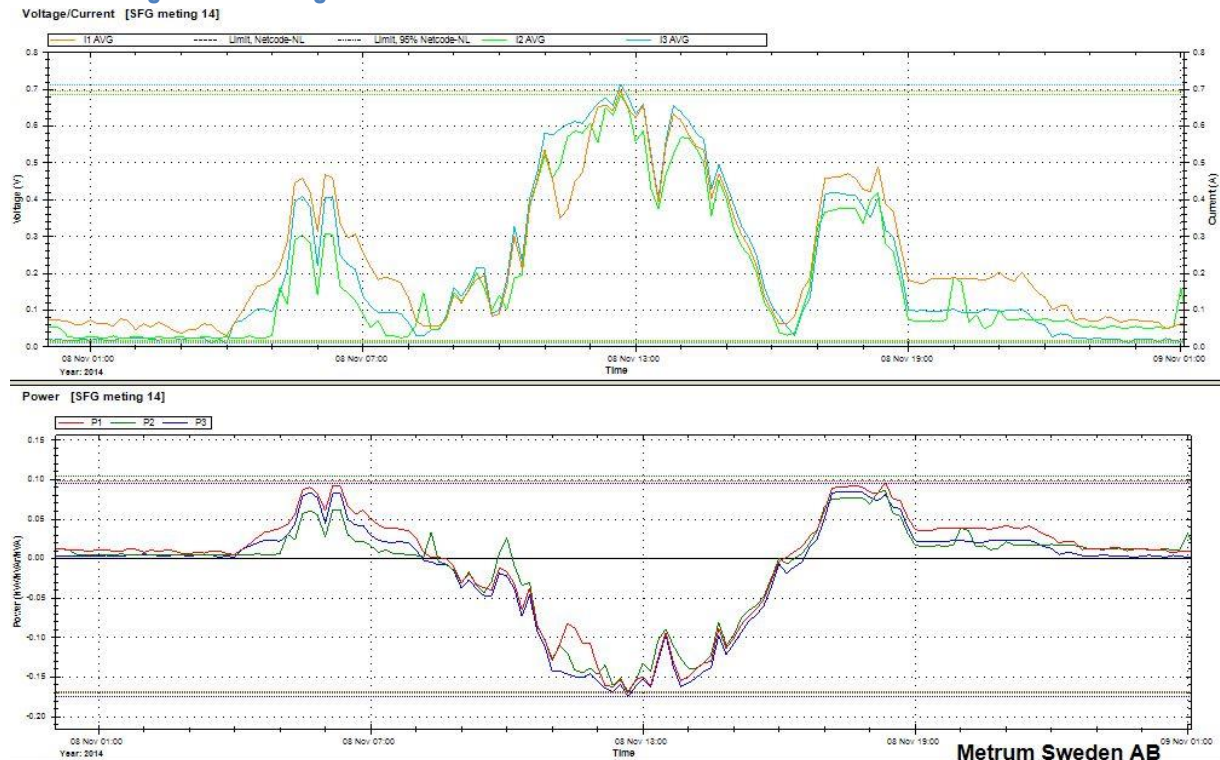
Grafiek 1:gekozen netwerk Smart Farmer Grid

In het totale netwerk zijn de twee transformatorhuisjes gesplitst:

- Transformatorhuisje 1 met vier melkveehouders (één stopt met zijn agrarische activiteiten per 2016) en één gemaal. Dit maakt transformatorhuisje 1 tot een 'melkveebedrijvennetwerk'. Transformatorhuisje 1 is het westelijk deel van het netwerk en grenst aan een klein dorpje.
- Transformatorhuisje 2 met vijf melkveehouders (één net gestopt met agrarische activiteiten), één akkerbouwer en zeven particulieren. Dit maakt transformatorhuisje 2 tot een 'gemengd landelijk netwerk'. Transformatorhuisje 2 is het oostelijk deel van het netwerk en grenst aan een klein industriegebied.

Tenslotte is er nog een 'losse' melkveehouder die in het verleden aangesloten was op transformatorhuisje 2. Vanwege toenmalige capaciteitsproblemen is deze melkveehouder in het verleden aangesloten op een ander netwerk. Later is er nog een transformatorhuis (nummer 1) bij gekomen.

2.1.2 Achtergrond belasting stroomnetwerk



Grafiek 2: laat het verloop van ampèrage (stroom) zien gedurende de dag. In de ochtend en middag loopt er stroom naar de boerderij en in de middag loopt er (zonne)stroom van de boerderij af. De onderste grafiek laat het (betaalde) vermogen zie. In de ochtend en avond moet er betaald worden en in de middag levert de zonnestroom geld op.

Hoe zwaarder en onevenwichtiger een netwerk wordt belast, hoe groter de kans dat de Power Quality (PQ) slechter wordt. Hetgeen kan leiden tot spanningsklachten en uiteindelijk tot schade aan de apparatuur. Naar aanleiding van deze spanningsklachten kwam en komt het netwerkbedrijf in actie. Zij zorgt dat het netwerk voldoet aan de vraag. Netwerkbedrijven worden vaak niet of te laat meegenomen bij verzwaringen en/of uitbreidingen, zoals bij de aanschaf van zonnepanelen door de agrariër. Het verzwaren van het netwerk kost veel geld maar levert maatschappelijk (qua duurzame energie) ook weer het nodige op.

2.1.3 Aannames

Meting en berekening netwerk

- Vaste waarde voor spanningsval en spanningsverliezen over de kabels en/of het netwerk. In de metingen worden veel parameters gemeten, zoals bijvoorbeeld ook de spanningsval en spanningsverliezen van het netwerk. De verbruiken in combinatie met de leidingverliezen bepalen het totale geleverde vermogen door het transformatorhuisje. De leidingverliezen worden groter bij zwaardere belasting, maar dit nemen we in de berekeningen en scenario's niet mee. Het is aan te raden om in een vervolg de leidingverliezen wel te meten.

Groei bedrijven en het streven naar energie neutrale melkveebedrijven

- Uit gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek en het LEI blijkt dat de meeste melkveebedrijven met 5 – 10% per jaar groeien. Daarnaast zien we ook steeds meer melkveebedrijven stoppen met hun agrarische activiteiten. In totaal neemt de totale melkproductie elk jaar met 2 – 5% toe. Er komen dus steeds minder melkveebedrijven, die echter wel steeds groter worden en dus ook individueel meer stroom vragen. De verwachting is dat er over tien jaar 10 – 20% minder melkveehouders zijn en over 20 jaar zelfs 25 – 35% minder (gebaseerd op cijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek en LEI Wageningen UR).
- In dit onderzoek gaan we er vanuit dat één kWpiek ongeveer 900 kWh per jaar opwekt.
- 'Gas energieneutraal' betekent dat het gasverbruik van de gasboiler gecompenseerd wordt. Als dit gebeurt door het plaatsen van meer zonnepanelen, moet er voor elke 1.000 m³ gas omgerekend 8.800 kWh opgewekt worden door de zonnepanelen.

2.1.4 Specificaties referentiebedrijf

In het voor deze studie gebruikte netwerk hebben we een melkveebedrijf (achter meetinstallatie 14) met een landelijk gemiddelde melkproductie en een nagenoeg landelijk gemiddeld energieverbruik. Het bedrijf is ook nog elektrisch energieneutraal met zonnepanelen en daarmee energetisch een voorloperbedrijf in de sector. Andere bedrijven op dit deelnetwerk zullen individueel afwijken. Gemiddeld komen we uit op dit bedrijf bij elektrische energie neutraliteit. Dit bedrijf is gekozen als referentiebedrijf waar in het gekozen deelnetwerk meegerekend wordt.

- **Melkproductie 750 ton**
 - Volgens de gegevens uit de database van de zuivelindustrie is het gemiddeld verbruik van een traditioneel bedrijf 48,4 kWh/1.000 kg melk. De detailmetingen in augustus en september 2014 laten voor dit bedrijf een verbruik van ongeveer 46 kWh/1.000 kg melk zien. Het jaarverbruik van dit bedrijf ligt tussen 35.000 en 37.000 kWh.
 - Op het dak ligt een zonninstallatie die ongeveer 36.000 kWh produceert en een piek heeft van 40 kWpiek.
 - Daarnaast verbruikt de gasboiler in de stal ongeveer 1.500 m³ gas per jaar voor het spoelen van de melkinstallatie en de melktank. Dit verbruik komt overeen met eerdere metingen op vergelijkbare melkveehouderijen.
- **Energieneutraal**
 - Het bedrijf is 'elektrisch energieneutraal'. Er ligt een installatie van 40 kWpiek (of 57.7 Ampère), die gemiddeld 36.000 kWh per jaar aan zonnestroom opwekt.
 - De gasboiler verbruikt 1.500 m³ gas, er moet 13.200 kWh of 14,7 kWpiek (of 21.2 Ampère) opgewekt worden.
 - Zowel **gas- als elektrisch energieneutraal** voor het referentiebedrijf betekent dit dat 49.200 kWh of 54,7 kWpiek opgewekt wordt. Dit komt overeen met afgerond 80 Ampère.

2.2 Power Quality

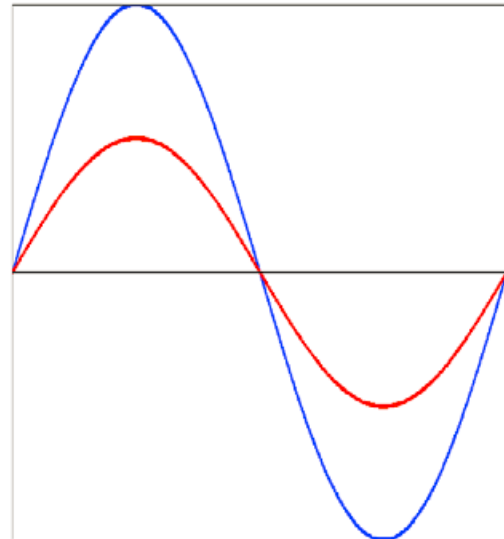
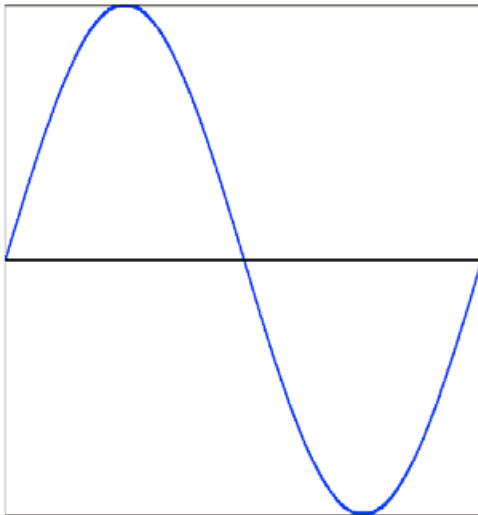
2.2.1 Wat is Power Quality

Power Quality of - in gewoon Nederlands de stroom - en spanningskwaliteit gaat over de kwaliteit van elektrische energie. Wat er mis mee kan gaan, hoe dat veroorzaakt wordt en wat de mogelijkheden zijn om problemen op te lossen.

Power Quality is dus een verzamelnaam voor een aantal problemen, onder andere voltagedips, harmonische vervormingen en onbalans, die op kunnen treden rondom elektriciteit. Zoals vermogen beschreven kan worden met stroom en spanning, zo kan Power Quality beschreven worden door stroom- en spanningskwaliteit.

De gevolgen van Power Quality afwijkingen variëren van onaangenaam (flikkeren) en onwenselijk (verstoort beeld televisie) tot zeer schadelijk, als bijvoorbeeld productie die stilgelegd moet worden of halffabricaten die niet aan de kwaliteitseisen voldoen en daardoor weggegooid moeten worden.

In Nederland heeft de netbeheerder de taak om zorg te dragen voor veilige en betrouwbare elektriciteitsnetten. Dit om elektriciteit zo efficiënt mogelijk te transporteren naar de gebruiker en om een zo zuiver mogelijke sinusvorm af te leveren. Hiermee wordt bedoeld dat zowel de spanning als de stroom een nette sinusgolf met een constante frequentie van 50 Hz moet hebben.



Figuur 1: zuivere sinusvorm van één golflengte oftewel fase

Figuur 2: zuivere sinusvormen in fase

Bij een sinus van 50 Hz zitten er 50 golflengtes in een seconde en wisselt de stroom 100 keer per seconde van richting. Een golflengte duurt dan 20 milliseconde en is een fase van 360 graden. Verder moet de amplitude van de sinus ook constant zijn en moeten spanning & stroom met elkaar in fase zijn. Dit betekent dat als de spanning positief is, de stroom dat ook moet zijn. Helaas ontvangt de gebruiker deze zuivere sinus niet en heeft daarom geen optimale Power Quality. De leverancier heeft niet volledig in eigen hand hoe de geleverde stroom eruit ziet. Zo kan het zijn dat door (een overigens zeldzame) plotselinge blikseminslag er tijdelijk een te hoge spanning op het net komt en dat de amplitude niet constant is. Vaak leidt deze overspanning tot het uitvallen van de stroom omdat het netwerk overbelast wordt. Maar ook het tegenovergestelde kan gebeuren. Zo trekt een puntlasmachine iedere keer wanneer hij een stuk last enorm veel stroom, waardoor de spanning inzakt. Wanneer dit met een bepaalde regelmaat gebeurt, kan bijvoorbeeld de verlichting gaan 'knipperen'. Hetzelfde, maar dan in mindere mate, kan gebeuren in een ruimte met meerdere kopieermachines. Als deze machine op een bepaalde frequentie kopieën moet maken, is te zien dat elke keer wanneer er redelijk grote stromen worden getrokken, de spanning een beetje terugvalt. Dit is bij de verlichting weer te zien als 'knipperen'. Dit zijn enkele voorbeelden van verschijnselen die de Power Quality beïnvloeden. Het is duidelijk dat, hoe minder het elektriciteitsnetwerk wordt beïnvloed, hoe beter de Power Quality is. Het is dus zaak om als gebruiker bewust om te gaan met de Power Quality. Dit is niet alleen de taak van de netbeheerder.

2.2.2 Verschil meting extern en intern net

De netbeheerder werkt volgens de Europese NEN-EN 50160 norm. De apparatuur op de boerderij voldoet aan de IEC 61000 normen.

Netbeheerders meten volgens de 50160 norm en werken met tien minuten gemiddelden. Daarbij geldt dat het gemiddelde resultaat in een periode van tien minuten als uitgangspunt wordt genomen. Daar moet het externe net aan voldoen om de kans op schade bij de afnemers te minimaliseren.

Wanneer het externe net op orde is, wil dat nog niet zeggen dat er geen Power Quality problemen kunnen ontstaan. Ook het interne net dient op orde te zijn. Iets wat de gebruiker zelf voor elkaar moet hebben.

Het interne netwerk is in dit project per minuut gemeten, omdat veel apparatuur bij agrariërs veel korter aanstaat dan tien minuten. Hierbij valt te denken aan compressoren, hydroforen, vijzels, en dergelijke. Vooral deze apparatuur wil nog wel eens problemen geven in het interne netwerk. Voor het externe netwerk zijn deze problemen meestal geen probleem, omdat ze vanwege de afstand tot de volgende gebruiker geen problemen opleveren.

De problemen in het interne netwerk ontstaan vaak door korte diepe voltagedips, waardoor onder andere lampen gaan knipperen. Af en toe een keer knipperen leidt niet direct tot schade, maar tientallen keren per uur wel. Lampen en elektronica gaan hierdoor sneller stuk en verder kan dit soms leiden tot 'vreemde' en niet verklaarbare processen. Bijvoorbeeld vacuümpomp valt om onverklaarbare redenen uit en dergelijke. Om deze problemen inzichtelijk te krijgen, zijn kortere metingen noodzakelijk.

Daarnaast zijn de interne netwerken nog uit de tijd dat er veel minder elektrische apparaten waren. Het komt vaak voor dat de apparatuur meer stroom trekt dan waar de stroomkabels ooit voor aangelegd waren. Dit zorgt ook voor problemen, terwijl de apparatuur wel gewoon lijkt te werken. Ook hier zijn snelle korte metingen noodzakelijk.

Tenslotte komen er steeds meer elektronisch gestuurde apparaten, frequentieregelingen, drivers, voedingen, en dergelijke, die geen keurige sinus meer afnemen en snel in afnameverbruik wisselen. Dit zorgt voor stroomvervormingen die elkaar soms versterken en hierdoor zorgen voor schade aan apparatuur. Ook voor het meten van deze vervormingen zijn korte metingen noodzakelijk.

Het oplossen van bovengenoemde 'snelle problemen' is vaak lastig en zonder snel reagerende apparatuur niet mogelijk.

2.2.3 Bij wie ligt de verantwoordelijkheid van de Power Quality?

De verantwoordelijkheid voor een goede Power Quality is een verantwoordelijkheid die gedeeld wordt door de netbeheerders, fabrikanten van elektronische apparatuur en gebruikers, adviseurs of installateurs. De netbeheerder moet zorgen voor een betrouwbaar net dat voorziet in een spanning van voldoende kwaliteit en dat de benodigde stroom aan kan. Deze kwaliteit wordt getoetst aan de hand van de NEN-EN 50160 norm. Een Nederlandse en Europese norm voor spanningskarakteristieken. De fabrikant is er verantwoordelijk voor dat zijn producten voldoen aan de eisen die gesteld worden door de IEC 61000 normen. Dit moet voor een groot deel garanderen dat de producten normaal werken bij normale spanningen. De International Electrotechnical Commission, kortweg IEC, ontwikkelt de algemene internationale normen voor de veiligheid van elektrische componenten en apparatuur. De laatste partij, de gebruiker of installateur, heeft eigenlijk de grootste verantwoordelijkheid aangezien deze partij de samenhang van de gehele installatie bepaalt. Dit moet bewust gebeuren. Hierbij moet rekening worden gehouden met alle nadelige invloeden die alle apparaten hebben op het net. Anders kan het zo zijn dat allerlei effecten elkaar versterken zodat er een afname komt van de veiligheid en de betrouwbaarheid van het bedrijfsproces. Maar ook de kosten kunnen flink afnemen doordat er minder slijtage aan de apparatuur is. Dit doordat er minder verliezen in de kabels zijn en dat er zich minder onverwachte gebeurtenissen op het gebied van elektriciteit voordoen.

2.3 Spanningshuishouding in het openbare net

Bij de toenemende belangstelling voor zonnestroom speelt de invloed van PV op het openbare elektriciteitsnet een steeds grotere rol.

De spanning in het net varieert normaal gesproken tussen de 215 en 235 Volt. Deze waarden voldoen aan de wettelijk gestelde grenzen van minimaal 207 en maximaal 253 Volt (230 Volt +/-10%). De aanwezigheid van zonnepanelen zorgt voor hogere spanningen in het openbare net. De hoogst optredende spanning wordt hoger. 235 Volt wordt bijvoorbeeld 240 Volt of meer.

Problemen in het net kunnen ontstaan wanneer de spanning groter dan 253 Volt wordt. Dat kan wanneer er grote hoeveelheden PV op het net worden aangesloten. Te denken valt aan woonwijken waarbij ieder huis wordt uitgerust met PV (collectief veel PV), of bijvoorbeeld bedrijven waar individueel grote PV-installaties worden geplaatst.

Vanuit het net zijn er een aantal aandachtspunten (waar tevens eisen worden gesteld):

- Melden van aan te sluiten PV. Is verstandig om vooraf in te kunnen schatten of er wel of geen netproblemen gaan ontstaan. Bijzondere aandacht voor grote of grootschalige PV.
- De spanningstoename in het net wordt groter wanneer alle PV's op één fase worden aangesloten. De PV's goed verdelen over de fasen voorkomt problemen. Symmetrisch aansluiten heeft voor kleinere PV de voorkeur, voor grotere installatie is dat verplicht.
- Om schade in het net te voorkomen mag de spanning niet hoger worden dan 253 Volt. Dit is de achtergrond van de eis om PV-installaties af te laten schakelen bij hogere spanningen (kleinere installaties 253 Volt en grotere: 244 Volt).
- Een belangrijk punt is de spanningsval in de verbinding tussen meterkast en de omvormer(s) van de PV-cellen. Het is in eigen belang om deze spanningsval zo laag mogelijk te houden. De spanningsuitschakeling van omvormers meet namelijk de spanning ter plekke van de omvormer en niet op de plek van de meterkast. Bij een groot spanningsverschil tussen meterkast en omvormer en meterkast zal er eerder worden afgeschakeld op de grens van 253 Volt. Dit levert (onnodig) productieverlies op.

2.3.1 Eisen rondom de PV-installatie

Voor PV-installaties gelden vanuit de Netcode die de overheid heeft opgesteld voor netbeheerders de volgende algemene eisen:

- Netcode 2.1.5.3.: *“Onverminderd het in of krachtens deze regeling bepaalde voldoen alle bedrijfsmiddelen en toestellen in of aangesloten op de elektrische installaties aan de op deze bedrijfsmiddelen en toestellen van toepassing zijnde normen.”*
- Netcode 2.1.5.7.: *“De in een elektrische installatie opgenomen machines, toestellen, materialen en onderdelen voldoen aan de voor de handel daarin of het gebruik daarvan vastgestelde wettelijke voorschriften .”*
- Netcode 2.1.5.5.: *“Elektrische installaties en de daarop aangesloten toestellen veroorzaken via het net van de netbeheerder geen ontoelaatbare hinder.”*

Daarnaast worden eisen gesteld aan het aanmelden van PV, aansluitwijze en beveiliging.

Die eisen worden ter plaatse van het overdrachtspunt gesteld (de meterkast van het netwerkbedrijf).

Voor de eisen is het van belang wat de grootte en omvang is van de aan te sluiten PV-installatie. De grens voor de omvang wordt gelegd op 3 x 16A. De grens wordt bepaald per fase. Voorbeeld: wanneer op enige fase een groep van 25A wordt aangesloten, valt de installatie in de categorie “groter dan 3x16A”.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende eisen.

Ontwerpeis	Categorie t/m 3x16A	Categorie groter dan 3x16A
Meldingsplicht bij netbeheerder	Achteraf / vooraf ¹	Vooraf
Overspanningsbeveiliging	110% (253 Volt) bij 2 sec	106% (244 Volt) bij 2 sec
Onderspanningsbeveiliging	80% (184 Volt) bij 2 sec	80% (184 Volt) bij 2 sec
Frequentie	Uit bij < 48Hz of > 51 Hz	Uit bij < 48Hz of > 51 Hz
Symmetrisch verdelen omvormers over fasen	Voorkeur	Verplicht
Selectiviteit eindgroep – aansluiting	Volgens NEN 1010	Volgens NEN 1010

¹ Individuele gevallen kunnen achteraf worden gemeld. Wanneer het gaat om grootschalige toepassing van PV in de categorie t/m 3x16A, moet dat vooraf worden gemeld.

2.3.2 Eisen rondom de aansluiting

De aansluiting op het net van de netbeheerder moet voldoende capaciteit hebben om de opgewekte stroom te transporteren. De maximale capaciteit (uitgedrukt in Ampère of VA) is afhankelijk van het type aansluiting. Onderstaande tabel geeft de maximaal toelaatbare waarden.

Aansluitingstype	Maximale capaciteit per fase, in Ampère	Maximale capaciteit per fase, in VA
LS: 1 x 25A	25 Ampère	5.750 VA
LS: 1 x 40A (of 1 x 35A)	40 Ampère	9.200 VA
LS: 3 x 25A	25 Ampère	5.750 VA
LS: 3 x 40A (of 3 x 35A)	40 Ampère	9.200 VA
LS: 3 x 50A	50 Ampère	11.500 VA
LS: 3 x 63A	63 Ampère	14.500 VA
LS: 3 x 80A	80 Ampère	18.400 VA
MS/LS: 3 x 100A	100 Ampère	23.000 VA
MS/LS: 3 x 160A	160 Ampère	36.800 VA
MS/LS: 3 x 250A	250 Ampère	57.500 VA

Opmerkingen

In de tabel is de maximale waarde per fase gegeven. Dit limiet wordt in de praktijk het eerst bereikt (en niet de vaak genoemde totale aansluitcapaciteit. Dit voor alle drie de fasen).

De capaciteit van zonnepanelen wordt vaak uitgedrukt in $\text{Watt}_{\text{piek}}$. Deze waarde komt in de praktijk overeen met de in de tabel genoemde capaciteit "VA"; dus: 1 $\text{Watt}_{\text{piek}}$ is 1 VA.

In de tabel staan de meest voorkomende aansluittypen. Per netwerkbedrijf kunnen afwijkende typen voorkomen.

De maximale aansluitcapaciteit wordt in de praktijk nooit bereikt, omdat de groepen voor PV in de praktijk lager worden afgezekerd (vanuit selectiviteit en NEN1010).

3. Huidige netwerk en zes groeiscenario's

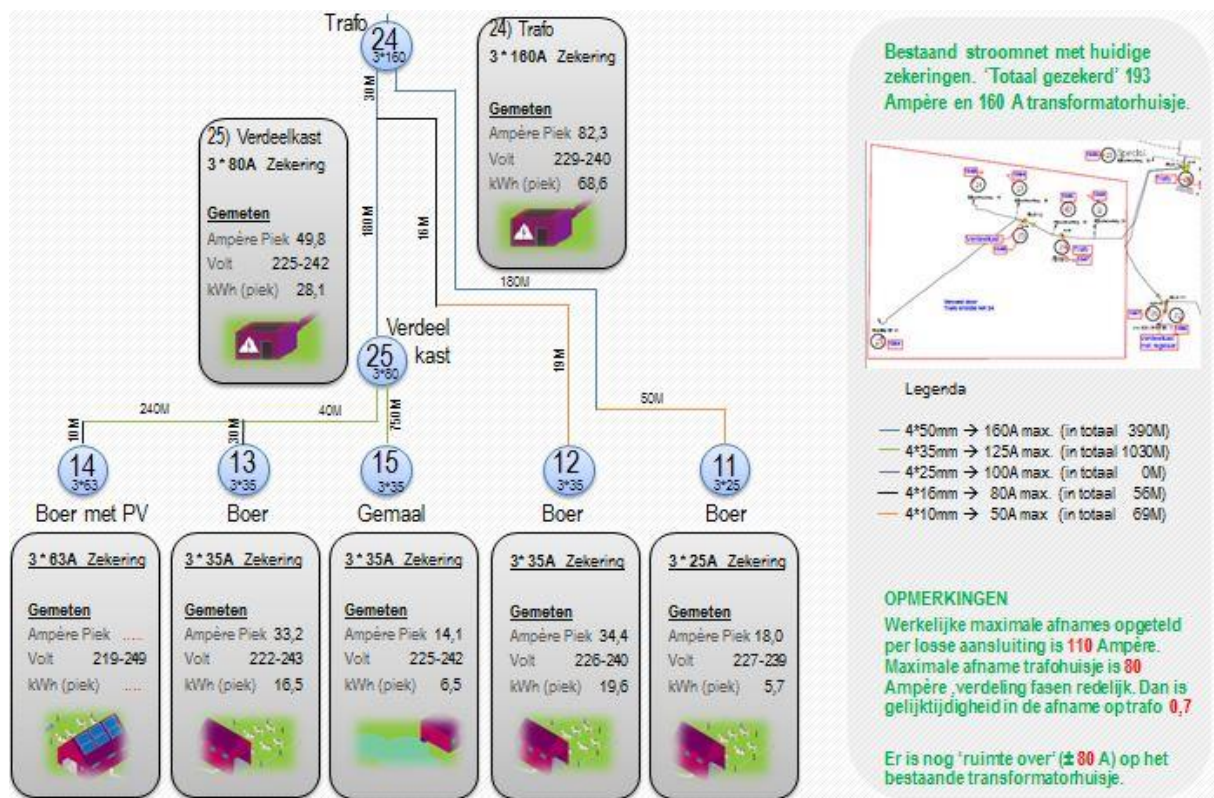
3.1 Onderzocht netwerk

In het onderzochte netwerk zijn 27 meetinstallaties aangesloten: 11 agrariërs, zeven particulieren, één gemeal, zes verdeelunits en twee transformatorhuisjes. Het netwerk is voor het onderzoek gesplitst in twee deelnetwerken met elk een eigen transformatorhuisje (zie bijlage A). Hierna behandelen we de bevindingen in deel netwerk 1.

3.1.1 Deel netwerk 1, vijf zakelijke aansluitingen

Vanaf het transformatorhuisje lopen laagspanningsdistributiekabels naar de vijf zakelijke afnemers. De afnemers hebben allemaal een aansluiting variërend van 3 x 25 tot 3 x 63 ampère. Dit houdt in dat er drie fasen binnenkomen waarover een maximaal ampèreage mag lopen (in dit geval 25, 35 of 63. De aansluitwaarde).

Zakelijke afnemers hebben drie fasen (ook wel 400 Volt aansluiting of krachtstroom genoemd), welke noodzakelijk is voor de zware apparatuur en een fase, 230 V voor apparaten (bijvoorbeeld verlichting, computers, en dergelijke), aangesloten op één van de drie fasen.



3.2 Metingen

- Het totaal van alle aansluitwaarden in deelnetwerk 1 is opgeteld 193 Ampère. Als alle afnemers tegelijk hun maximale aansluitwaarde afnemen dan is dit 193 Ampère (100% gelijktijdigheid), dit komt logischerwijs nooit voor. In de praktijk wordt door Enexis uitgegaan van een gelijktijdigheid van 60% in het 'buitengebied'. In deelnetwerk 1 is dit 116 Ampère. De transformator van 160 Ampère wordt dan voor maximaal 73% belast.

- In deelnetwerk 1 is 77 – 83 Ampère gemeten. Dan hebben we een gelijktijdigheid van 80 - 193 (ongeveer 42%, verdeeld over de fasen met een verdeling van 40 - 43%).
- De metingen laten zien dat de transformator van maximaal 160 Ampère op het gebied van stroom gemiddeld voor 50% belast wordt in de absolute piek. Het verschil in de fasen is ook zichtbaar.
 - Fase 1 heeft een maximale afname van 80 Ampère en 50% belast.
 - Fase 2 heeft een maximale afname van 77 Ampère en 48% belast.
 - Fase 3 heeft een maximale afname van 83 Ampère en 52% belast.
- Losse afnemers 11, 12, 13, 14 & 15 worden belast in de piek (zie plaatje). Tellen we de gemeten piekwaarden bij elkaar op dan zien we een totaal op de fasen van 130, 121 of 123 Ampère (fase 1-3). De meetgegevens laten een gelijktijdigheid van de afname van 62 – 68% (fase 1-3) in dit specifieke netwerk zien.

Conclusie: transformator 1 wordt in de piek gedurende enkele uren per maand voor 50% belast (gemiddeld over de drie fasen).

In het SFG project rekenen we met zes verschillende scenario's naast de nulsituatie.

1. Nulsituatie.
2. Alle agrarische afnemers elektrisch neutraal.
3. Idem elektrisch en gas neutraal.
4. Als 2, maar 150% meer afname (door bijvoorbeeld groei).
5. Als 3 en maatregelen om maximaal energie te besparen.
6. Als 4 met uitgestelde koeling.
7. Als 5 met warmtelevering aan woning.

	Nul situatie en zes scenario's:	E opwekking	kWpiek	Ampère
0	Nulsituatie, zoals gemeten (afname)	0	18,7	27,1
1	Nul situatie, maar elektrisch neutraal (opwekking)	36.000 kWh	40,0	57,7
2	Nul situatie, maar Elektrisch & Gas neutraal	49.200 kWh	54,7	78,9
3	150% bestaand Elektrisch & Gas neutraal	73.800 kWh	82,0	118,4
4	150%, bestaand Elektrisch & Gas neutraal met energiebesparing	44.280 kWh	49,2	71,0
5	150%, bestaand Elektrisch & Gas neutraal met energiebesparing en uitgestelde koeling	44.280 kWh	49,2	65,0
6	150%, bestaand Elektrisch & Gas neutraal met energiebesparing en warmtelevering woning	19.200 kWh	21,3	30,8

Scenario 1 en 2 gaan uit van een transformator belasting van max. 50%.

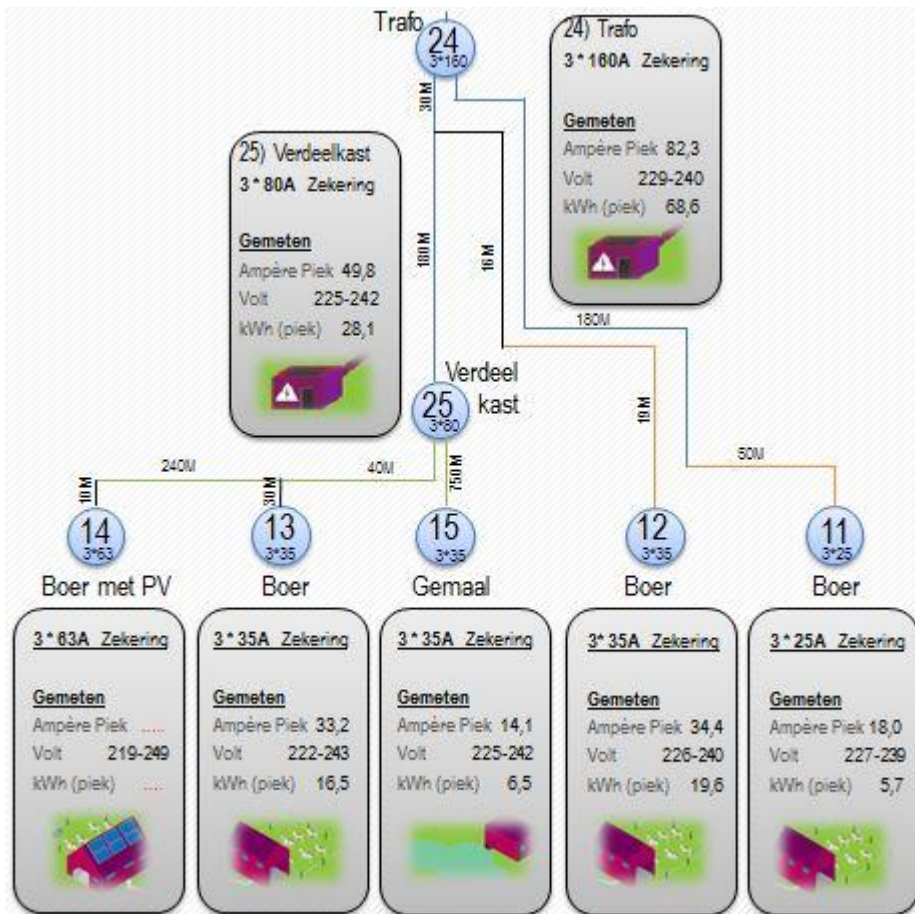
Scenario 3, 4, 5 en 6 gaan uit van een hogere belasting van de transformator (maximaal 75%), deze wordt gerealiseerd door de bestaande afnemers 50% meer te laten verbruiken.

Individuele consequenties voor scenario 3, 4, 5 en 6

De gevolgen zijn minimaal:

- Meetinstallatie 12 en 13 moeten verzwaard worden van 3 x 35 naar 3 x 50 Ampère.
- Meetinstallatie 11 moet verzwaard worden van 3 x 25 naar 3 x 35 Ampère.

Er hoeft niets te gebeuren aan het netwerk. Niet aan de leidingen en niet aan de verdeelkast of de transformator.



4. Scenario's met PV-opwekking

De effecten van zonnepaneleninstallaties gaan groot zijn op het netwerk (één van de aanleidingen voor dit onderzoek). Enerzijds omdat ze het stroomnetwerk andersom gebruiken dan waarvoor het stroomnetwerk gebouwd is en anderzijds is er nagenoeg 100% gelijktijdigheid bij de productie van zonnestroom door de afnemers op een transformatorhuis.

In het gekozen netwerk is er een melkveehouder met veel zonnepanelen (40 kWpiek en 36.000 kWh) die tijdens zijn maximale piek bijna 58 Ampère opwekt. De melkveehouder wil net zoveel stroom opwekken als hij afneemt, zodat zijn elektriciteitsrekening afneemt tot nagenoeg nul. De melkveehouder en zijn burens worden gemeten tot aan het transformatorhuisje. Op deze manier is goed zichtbaar wat het effect is van de geleverde zonnestroom gedurende de tijd.

De gemeten waarden zijn 'getransformeerd' naar een tweede melkveehouder op hetzelfde transformatorhuisje die ook zonnepanelen zou kunnen aanschaffen, 40 kWpiek (of 58 Ampère). Hiermee worden de gevolgen voor dit specifieke stroomnetwerk met transformatorhuisje in kaart gebracht. Dit geeft een beeld van de potentiële knelpunten en de hiermee gemoeide kosten bij een tweede grote zoninstallatie in dit specifieke stroomnetwerk.

Tenslotte worden de gevolgen voor dit specifieke stroomnetwerk met transformatorhuisje in kaart gebracht als een derde, vierde en vijfde melkveehouder wordt toegevoegd na aanschaf van zonnepanelen met een capaciteit van 40 kWpiek (of 58 Ampère). Dit geeft een beeld van de potentiële knelpunten en de hiermee gemoeide kosten in dit specifieke stroomnetwerk.

4.1 Scenario 1: Bestaande afnemers (elektrisch neutraal) (bijlage 1)

De gebruikers wekken zonnestroom op om 'elektrisch neutraal' te worden. Zodra in dit deelnetwerk drie agrariërs 'elektrisch neutraal' willen worden, ontstaan er problemen in het netwerk. Enerzijds vanwege de 100% gelijktijdigheid van de zonopwekking en anderzijds door de hogere opwekkingpiek dan de stroomafnamepiek (zie hoofdstuk 2).

Er zouden dan aanpassingen in het netwerk moeten gebeuren. In de piek wordt per fase 57,7 Ampère opgewekt, waarbij tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 163 Ampère door de transformator, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.

Er kunnen zonder al teveel aanpassingen in het huidige netwerk dus maximaal twee melkveehouders 'elektrisch energieneutraal' worden (40% in dit netwerk).

4.2 Scenario 2: Bestaande afnemers (elektrisch en gasneutraal) (bijlage 2)

De gebruikers wekken zonnestroom op om naast 'elektrisch' ook 'gasneutraal' te worden. Zodra in dit deelnetwerk drie agrariërs 'elektrisch en gas neutraal' willen worden, ontstaan er problemen in het netwerk.

Dan zouden er aanpassingen in het netwerk moeten gebeuren. In de piek wordt er per fase 78,9 Ampère opgewekt, waarbij er tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 227 Ampère door de transformator, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.

Er kunnen zonder al teveel aanpassingen in het huidige netwerk maximaal twee melkveehouders 'elektrisch en gasneutraal' worden (40% in dit netwerk).

4.3 Scenario 3: Transformator 50% extra belasten door afnemers 50% te laten groeien (bijlage 3)

De gebruikers met 50% meer verbruik, wekken zonnestroom op om 'gas en elektrisch neutraal' te worden. Zodra in dit deelnetwerk twee agrariërs 'elektrisch en gas neutraal' willen worden, ontstaan er problemen in het netwerk.

Dan zouden er aanpassingen in het netwerk moeten gebeuren. In de piek wordt per fase 118,4 Ampère opgewekt, waarbij er tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 227 Ampère per fase, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.

Er kan zonder al teveel aanpassingen in het netwerk maximaal één melkveehouder 'elektrisch en gasneutraal' worden (20% in dit netwerk).

4.4 Scenario 4: Afnemers groeien 50%, melkveehouders 40% zuiniger op energie (bijlage 4)

De gebruikers met 50% meer verbruik en 40% energiebesparing wekken zonnestroom op om 'gas en elektrisch neutraal' te worden. Zodra in dit deelnetwerk twee agrariërs 'elektrisch en gas neutraal' willen worden, ontstaan er problemen in het netwerk.

Bij een energiebesparing van 40% gebeuren er twee dingen. Enerzijds wordt er minder energie afgenomen, ook in de afnamepiek en anderzijds hoeft er ook 47,4 Ampère (40 % van 118,4 Ampère) minder opgewekt te worden (zie hoofdstuk 2).

Dan zouden er aanpassingen in het netwerk moeten gebeuren. In de piek wordt er per fase 71,0 Ampère opgewekt, waarbij er tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 203 Ampère per fase, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.

Er kunnen zonder al teveel aanpassingen in het netwerk maximaal twee melkveehouders 'elektrisch en gasneutraal' worden (40% in dit netwerk).

4.5 Uitgestelde koeling en warmte levering, scenario 5 en 6

Er zijn systemen die de warmte uit de melk (tijdens koelen van de melk) halen via een koelbuffer. Bij sommige systemen wordt deze warmte ook gebruikt om bijvoorbeeld de woning en/of het spoelwater in het bedrijf te verwarmen. In traditionele situaties moet dit spoelwater middels een boiler of geiser opgewarmd worden. Daarnaast kunnen deze systemen koelwater koud maken op elk moment van de dag. Dus ook tijdens de productie van zonnestroom of in het nachttarief.

4.6 Scenario 5: 50% groei, 40% energiezuiniger en uitgestelde koeling (bijlage 5)

De gebruikers met 50% meer verbruik en 40% energiebesparing wekken zonnestroom op om 'gas en elektrisch neutraal' te worden, evenveel als in scenario 4. Alleen wordt er veel meer stroom afgenomen (25 Ampère extra door de uitgestelde koeling) tijdens de productie van zonnestroom. Zodra in dit deelnetwerk drie agrariërs 'elektrisch en gas neutraal' willen worden, ontstaan er problemen in het netwerk.

Dan zouden er aanpassingen in het netwerk moeten gebeuren. In de piek wordt er per fase 71,0 Ampère opgewekt, waarbij er $25 + 10 = 35$ Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 178 Ampère per fase, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.

Er kunnen zonder al teveel aanpassingen in het netwerk maximaal twee melkveehouders 'elektrisch en gasneutraal' worden (40% in dit netwerk).

4.7 Scenario 6, 50% groei, 40% energiezuiniger, uitgestelde koeling en warmtelevering aan de woning

De gebruikers met 50% meer verbruik en 40% energiebesparing wekken zonnestroom op om 'gas en elektrisch neutraal' te worden. Alleen wordt er veel meer stroom afgenomen (25 Ampère extra door de uitgestelde koeling) tijdens de productie van zonnestroom, maar ook warmte geleverd aan de woning. In dit deelnetwerk kunnen dan alle vijf agrariërs 'elektrisch en gas neutraal' worden.

Bij een warmtelevering gebeuren er twee dingen. Enerzijds wordt er warmte aan de stal en de woning geleverd en anderzijds hoeft er ook minder opgewekt te worden (zie hoofdstuk 2).

- Door de warmte uit de melk te gebruiken om de gasboiler te vervangen, wordt het gasverbruik in de stal naar nul teruggebracht en hoeft er 11.880 kWh niet meer opgewekt te worden.
- Daarnaast wordt er warmte aan de woning geleverd. Dit is bij onze referentieboerderij 13.200 kWh of 1.500 m³ gas.

Netto hoeft er nog maar $(44.280 - 11.880 - 13.200 = 19.200)$ kWh opgewekt te worden. Dit is 21,3 kWpiek of 30,8 Ampère.

In de piek wordt er per fase 30,8 Ampère opgewekt, waarbij er $25 + 10 = 35$ Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal loopt er dan 119 Ampère per fase. Dit past prima op de transformator die 160 Ampère kan verwerken!

Er kunnen vijf melkveehouders terug leveren, oftewel 100% kan 'elektrisch en gasneutraal' worden. Eén melkveebedrijf moet verzwaard worden en het netwerk hoeft niet aangepast te worden.

4.8 Conclusie opties uit scenario's

De effecten van de verschillende opties (energiebesparing, pieklastverschuiving en zonnestroomopwekking) worden naast elkaar gelegd.

- Het deel netwerk 1 wordt in de nulsituatie maar voor 50% belast, er is nog plaats voor 50% extra gebruik van de bestaande afnemers. Gaan de gebruikers zonnestroom opwekken om elektrisch neutraal te worden dan ontstaat er vanaf drie agrariërs elektrisch neutraalproblemen.
 - Er kunnen net twee melkveehouders naar elektrisch neutraal.
- De bestaande afnemers besparen 40% energie. Er wordt minder afgenomen (ook in de piek) en er hoeft minder opgewekt te worden.
 - Er kunnen ruim twee melkveehouders naar elektrisch neutraal.
- Afnamepatroon wordt aangepast door bijvoorbeeld uitgestelde koeling in combinatie met warmtelevering. Er wordt minder afgenomen in de piek en er wordt meer zonne-energie verbruikt in het netwerk.
 - Er kunnen vijf melkveehouders naar elektrisch neutraal.

(NB: de inspringende bullet is een conclusie naar aanleiding van de tekst erboven).

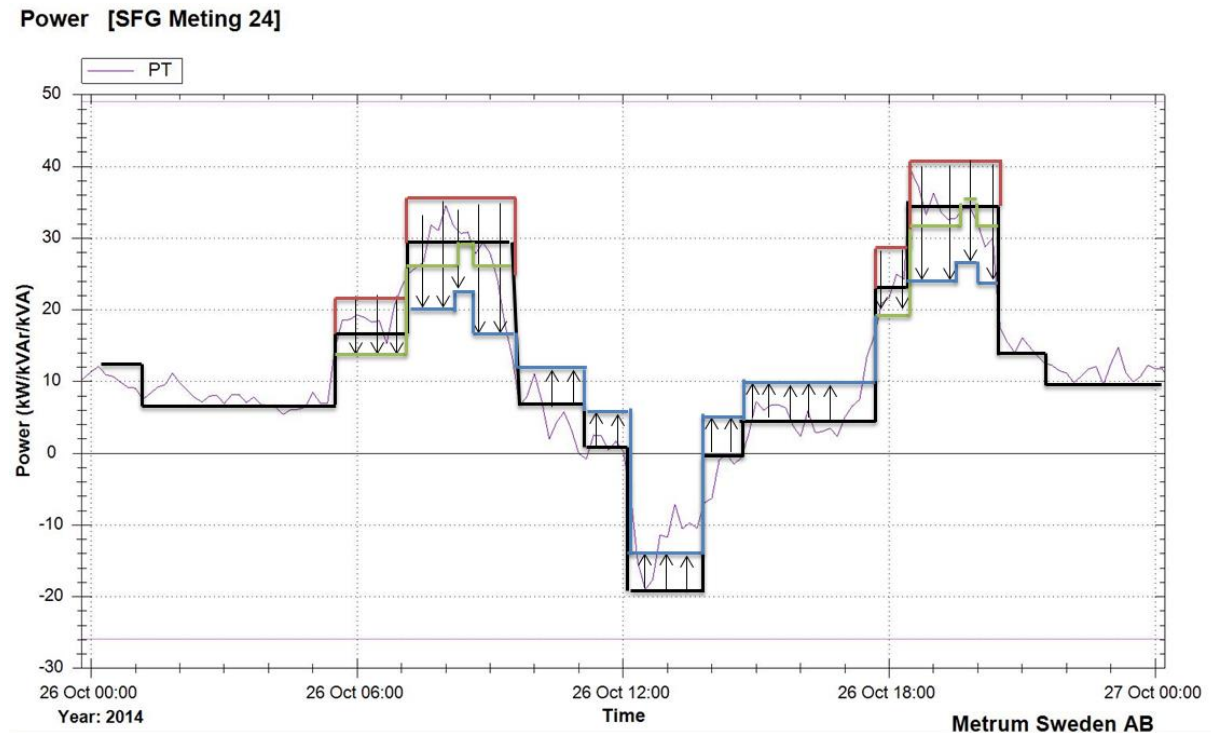
5. De effecten van pieklastverschuiving van diverse scenario's uitgewerkt voor deelnetwerk 1 met vijf zakelijke afnemers

Pieklastverschuiving heeft in principe geen effect op het totale afgenomen vermogen, maar wel op de pieklastafname en de spreiding van het afgenomen vermogen. Dit verschilt per situatie en per agrariër.

Voor melkveehouder 4 (**achter meetinstallatie 12**) zijn de effecten van energiebesparing op het afnamepatroon in de vorige paragraaf uitgewerkt. In hoofdstuk 5 zijn de effecten van pieklastverschuiving toegevoegd aan de effecten van energiebesparing (hoofdstuk 4) en verder uitgewerkt. In deze situatie zijn er geen pieklast verschuivende maatregelen getroffen. In feite zijn voor de nieuwbouw drie scenario's uitgewerkt: Geen pieklast verschuivende maatregelen (zoals huidige situatie), pieklastverlaging door alle bekende besparingsmaatregelen en pieklastverlaging door het spreiden van de stroomafname.

Afnamepatroon transformatorhuisje 1, nieuwe stal met energie- en pieklastverschuiving maatregelen.

Het derde scenario (in blauw) zorgt voor verlaging van de stroom afname en -verbruik tijdens zonopwekking.



Belasting transformator 1 tijdens de drie verschillende scenario's.

Tabel belasting in kW voor de verschillende scenario's:

	Bestaande situatie		Nieuwe situatie met dubbel zo grote stal					
	<i>Zonder energiebesparing</i>		<i>Zonder energiebesparing</i>		<i>Met energiebesparing</i>		<i>Energiebesparing & pieklastverschuiving</i>	
	Melken	Spoelen	Melken	Spoelen	Melken	Spoelen	Melken	Spoelen
Vermogen transformator	30 kW	30 kW	38 kW	38 kW	26 kW	30 kW	20 kW	24 kW

6. Effecten terug levering zonne-energie

Voor de uitwerking zijn vier situaties gehanteerd met als uitgangspunt:

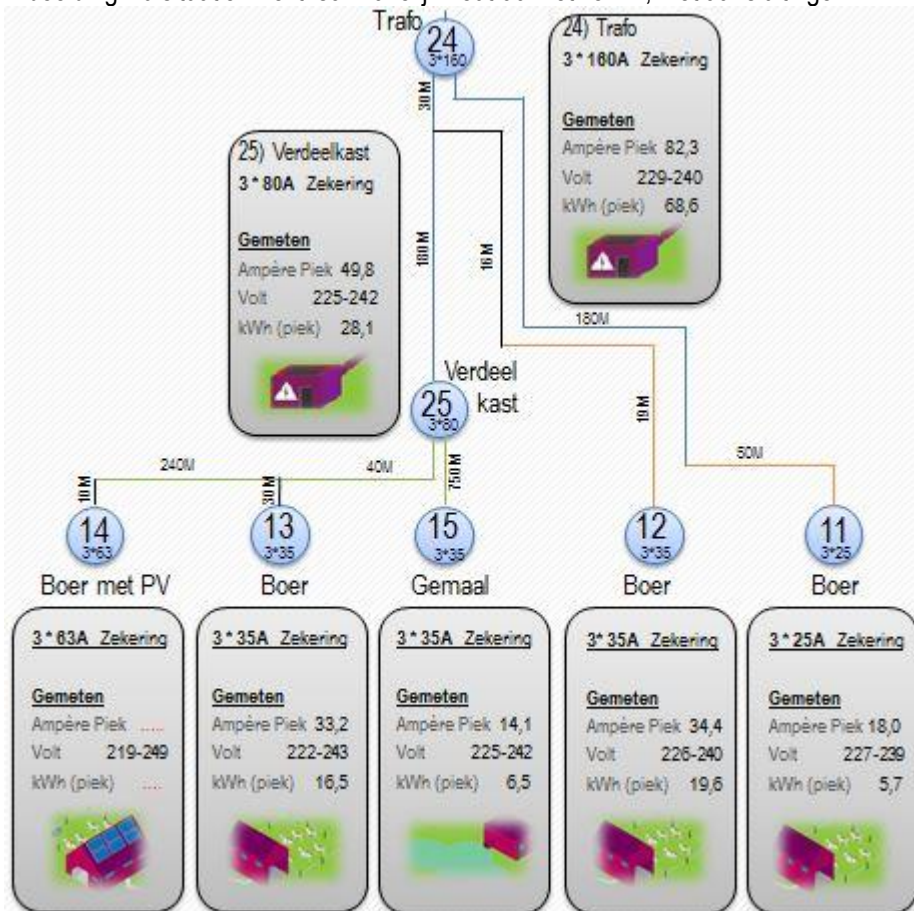
- 1) Bestaande afnemers 'elektrisch neutraal'.
- 2) Bestaande afnemers 'elektrisch en gasneutraal'.
- 3) 50% groei bedrijfsomvang bestaande afnemers 'elektrisch en gasneutraal' (4 & 5 boeren).
- 4) 50% groei bedrijfsomvang maar ook 40% energiebesparing 'elektrisch en gasneutraal' (4 & 5 boeren).

Transformator 1 (meter 24) Ampère:

1) Bestaande afnemers 'elektrisch neutraal'

Het huidige netwerk wordt bij afname voor 50% belast bij de huidige vijf gebruikers waardoor er 'nog plaats is voor twee tot drie extra gebruikers of 50 % meer verbruik van de bestaande afnemers. Gaan de gebruikers ook zonnestroom opwekken om 'elektrisch neutraal' te worden dan is er bij drie melkveehouders een probleem in het huidige netwerk. In de piek wordt 3 x 58 Ampère opgewekt, waarbij tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal gaat er $3 \times 58 - 10 = 164$ Ampère doorheen, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken. **Er kunnen maar twee melkveehouders 'elektrisch energieneutraal' worden of 40% in het huidige netwerk.**

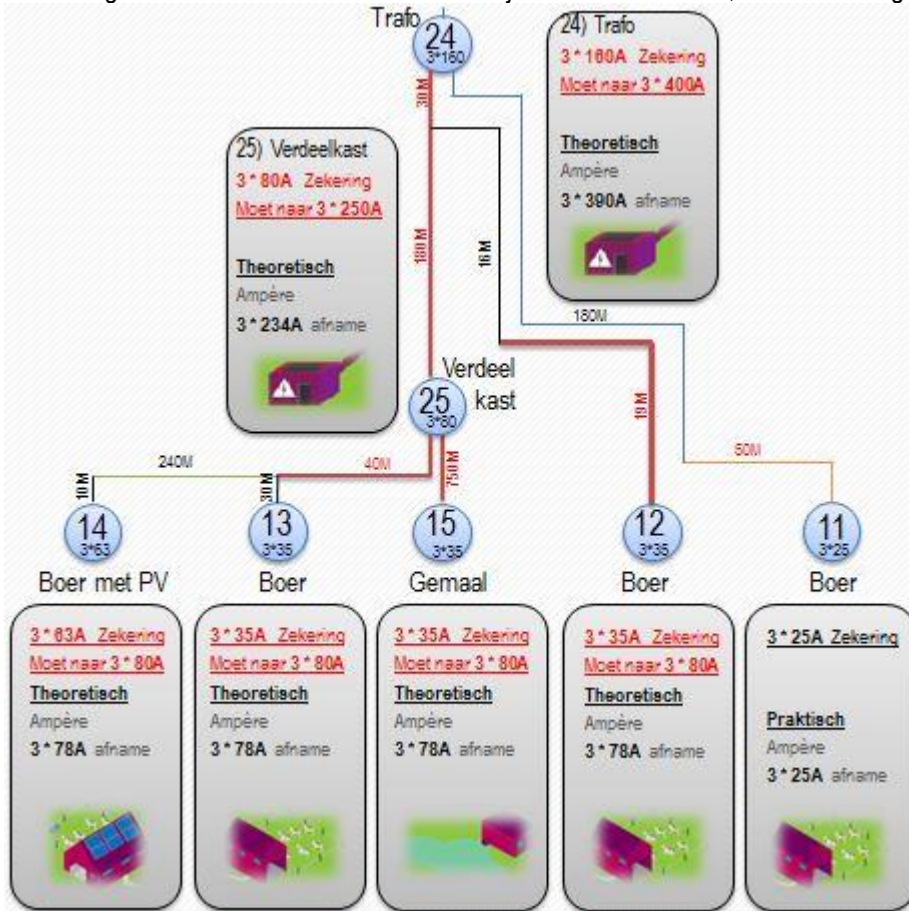
Afbeelding Nulsituatie. Elektrisch zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen



2) Bestaande afnemers (elektrisch en gasneutraal) met 4 of 5 melkveebedrijven:

Gaan we uit van 'elektrisch en gasneutraal', dan moet er in de piek 3 x 78 Ampère opgewekt worden. Bij een verbruik van tien Ampère wordt het totaal dan 3 x 78 – 10 = 224 Ampère, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken. **Er kunnen net twee melkveehouders of 40 % 'elektrisch en gasneutraal' worden.**

Afbeelding Nulsituatie. Elektrisch en Gas zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen (4 & 5 boeren)



3) Extra ruimte transformatorhuisje benutten door afnemers 50% te laten groeien, met 4 of 5 melkvee afnemers:

In de afnamepiek is ruimte voor zeven tot acht afnemers of 50 % meer afname van de bestaande gebruikers. Dit zorgt bij zeven afnemers (transformatorhuisje nagenoeg vol belast) ervoor dat slechts **29% elektrisch energieneutraal** kan worden. **Let op!** Bij zeven afnemers zijn er ook meer leidingverliezen en is er ook meer afname. Daardoor is er mogelijk net genoeg ruimte is voor drie opwekkers. Dan neemt het percentage toe tot 43%.

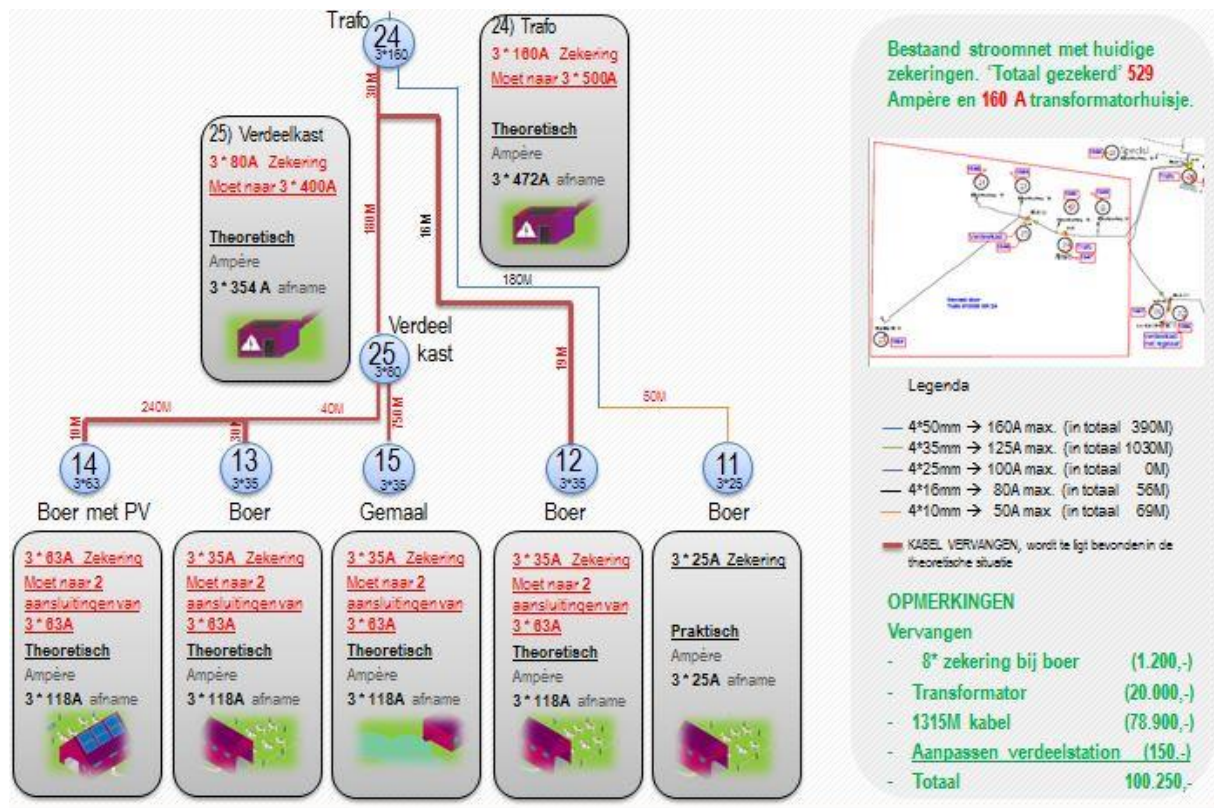
Bestaande afnemers verbruiken 50% meer.

• Scenario:

○ 50% meer verbruik:

- Als dit bedrijf 'gas en elektrisch neutraal' wil worden, bij 50% meer verbruik, dan moet in totaal 54.000 + 19.800 = 73.800 kWh opgewekt worden of 82 kWpiek. Dit komt overeen met 118,4 Ampère.

Afbeelding. Aangepaste situatie met 150% afname Nulsituatie. Elektrisch en Gas zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen (4 & 5 boeren)



4) Bestaande afnemers 50% te laten groeien, maar ook 40% energiezuiniger met vier of vijf melkvee afnemers:

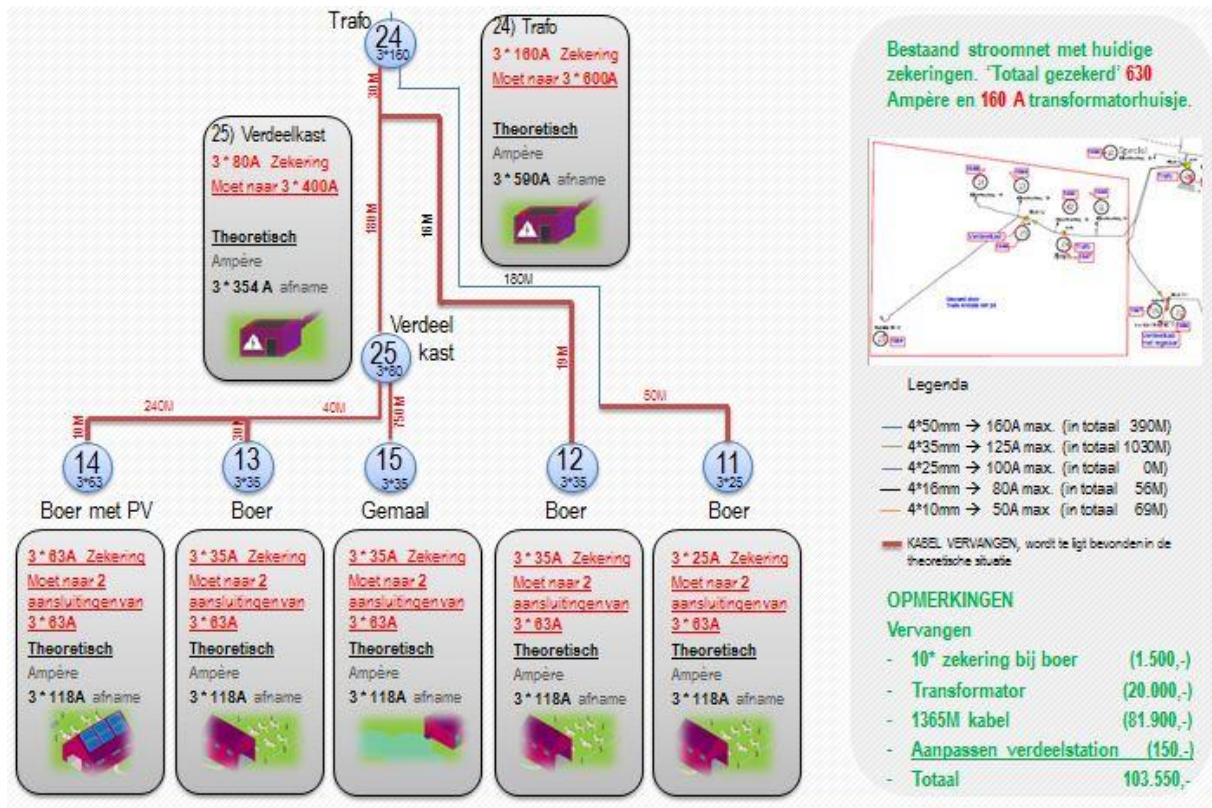
Bij een energiebesparing van 40% gebeuren er twee dingen. Enerzijds wordt er minder energie afgenomen, ook in de piek, en anderzijds hoeft er ook 40% ($58 * 0,6 = 35$ Ampère) minder opgewekt te worden.

Dat betekent dat enerzijds het percentage pieklastbelasting zakt (in theorie kunnen dan 10 afnemers meer melkproductie realiseren op dezelfde transformator) en anderzijds hoeft er veel minder opgewekt te worden en kunnen er net geen vijf melkveehouders naar elektrisch nul $5 * 35 - 10 = 163$ Ampère. **Er kunnen vier melkveehouders 'elektrisch energieneutraal' worden of 80% in het huidige netwerk.**

- **Scenario:**

- **50% meer verbruik, maar nu met 40% energiebesparing door besparingsmaatregelen:**
 - Als het 50% meer verbruikende bedrijf 'gas en elektrisch neutraal' wil worden door met energiebesparende maatregelen 40% te besparen, dan moet er in totaal $32.400 + 11.880 = 44.280$ kWh opgewekt worden of 49,2 kWpiek. Dit komt overeen met 71,1 Ampère.

Abbeelding. Aangepaste situatie met 150% afname Nulsituatie maar ook met 40% energiebesparing. Elektrisch en Gas zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen (4 & 5 boeren)



Overzicht gevolgen voor zonneproductie van de verschillende scenario's:

Scenario:	E opwekking	kWpiek	Ampère
1) Bestaand Elektrisch neutraal	36.000 kWh	39,93	57,7
2) Bestaand Elektrisch & Gas neutraal	49.200 kWh	54,45	78,6
3) 150% van bestaand Elektrisch & Gas neutraal	73.800 kWh	82,0	118,4
4) 150% van bestaand Elektrisch & Gas neutraal met 40% energiebesparing	44.280 kWh	49,2	70,8

7. De effecten van afstemming van het afnamepatroon op opwekkingspatroon, bij 50% meer afname per afnemer

Door de resultaten van de vorige drie paragrafen samen te voegen kunnen de effecten van de verschillende opties, namelijk de effecten van energiebesparing, de effecten van pieklastverschuiving en de gevolgen voor de zonnestroomopwekking, naast elkaar gelegd worden.

Door een combinatie van factoren kan het afnamepatroon flink aangepast worden. Enerzijds zorgt dit voor een flinke verlaging tijdens de pieklast en anderzijds kan ook de afname veel meer samen vallen met de opwekking.

Transformator 1:

Conclusie:

- Basis: het netwerk wordt bij afname maar voor 50% belast bij de huidige vijf gebruikers waardoor er 'nog plaats is voor 50% extra gebruikers van de bestaande afnemers'. Gaan de gebruikers ook zonnestroom opwekken om elektrisch neutraal te worden met het huidige bestaande verbruik, dan is er al bij drie melkveehouders een probleem in het huidige netwerk. In de piek wordt 3×58 Ampère opgewekt, waarbij er tien Ampère verbruikt wordt door het complete netwerk van vijf gebruikers. In totaal gaat er $3 \times 58 - 10 = 164$ Ampère doorheen, terwijl de transformator maar 160 Ampère kan verwerken.
 - In plaats van ruimte voor 50% meer afname is er bij teruglevering plaats voor 2 opwekkers!
- Gaan de bestaande afnemers 40% energie besparen, dan gebeuren er twee dingen. Enerzijds wordt er minder afgenomen, ook in de piek, en anderzijds hoeft er 40% ($58 \times 0,6 = 35$ Ampère) minder opgewekt te worden.
 - Dat betekent dat er enerzijds het percentage pieklastbelasting zakt naar 40% en anderzijds hoeft er veel minder opgewekt te worden. Er kunnen net geen vijf melkveehouders naar elektrisch nul $5 \times 35 - 10 = 163$ Ampère.
- Wordt ook nog het afnamepatroon aangepast, door bijvoorbeeld uitgestelde koeling, dan gebeuren er twee dingen. Enerzijds wordt er minder afgenomen in de piek en anderzijds wordt er meer zonne-energie verbruikt in het netwerk en kan er meer opgewekt worden. Hierbij gaan we er vanuit dat er maximaal twee melkveehouders tegelijk energie verbruiken (15 Ampère) bij de opwekking.
 - Dat betekent dat enerzijds het percentage pieklastbelasting zakt naar 35% en anderzijds dat er meer opgewekt kan worden. Daarnaast kunnen er wel vijf melkveehouders naar elektrisch nul, $5 \times 35 - 25 = 148$ Ampère.

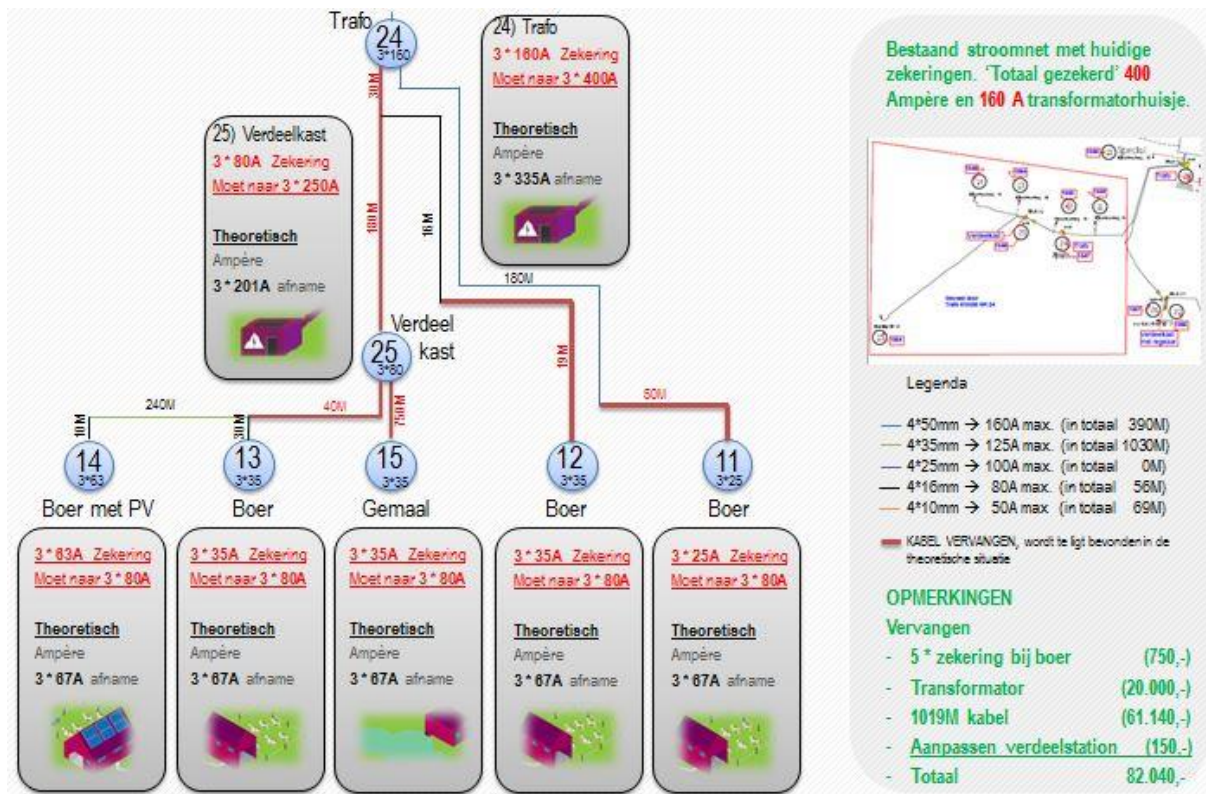
8. Nieuwste ontwikkelingen

Er zijn nieuwe systemen die de warmte uit de melk (tijdens koelen van de melk) via een koelbuffer laten lopen. In sommige systemen wordt deze warmte gebruikt om de woning te verwarmen en/of het spoelwater in het bedrijf. Daarnaast kunnen deze systemen ook koelen op elk moment van de dag, dus ook tijdens de productie van zonnestroom.

- **Scenario's:**
 - **50% meer verbruik, maar nu met 40% energiebesparing door besparingsmaatregelen en pieklastverschuiving (voor vier en vijf boeren afnemers):**
 - Als het 50% meer verbruikende bedrijf 'gas en elektrisch neutraal' wil worden door met energiebesparende maatregelen 40% te besparen, dan moet er in totaal $32.400 + 11.880 = 44.280$ kWh opgewekt worden of 49,2 kWpiek. Dit komt overeen met 71,1 Ampère.
 - Door later te koelen door het creëren van koudebuffers, hoeft er niet tijdens het melken gekoeld te worden, maar op een ander tijdstip. Koelen we tijdens de productie van zonnestroom, dan wordt er meer eigen stroom verbruikt die niet het net op hoeft. Aan het totale afgenomen verbruik verandert niets.
 - Netto moet er nog evenveel worden opgewekt. Dit is 49,2 kWpiek of 71,1 Ampère. Er wordt wel vijf Ampère extra verbruikt.

Deze techniek kan gecombineerd worden met de energiebesparing en afname (wel kleiner dan met standaard koelmachine, van tien naar vijf!) tijdens de zonproductie. Hierdoor ontstaat een situatie dat er aan de afnamekant en aan de productiekant meer ruimte ontstaat voor $5 \times 71,1 - 10 - 5 \times 5 = 320$ ampère. **Dan kunnen er drie melkveehouders terugleveren, oftewel 60% kan 'elektrisch en gas neutraal' worden.**

Afbeelding. Aangepaste situatie met 150% afname Nulsituatie maar ook met 40% energiebesparing en ook pieklastverschuiving door uitgestelde koeling (ijsbankkoeling). Elektrisch en Gas zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen (4 & 5 boeren)



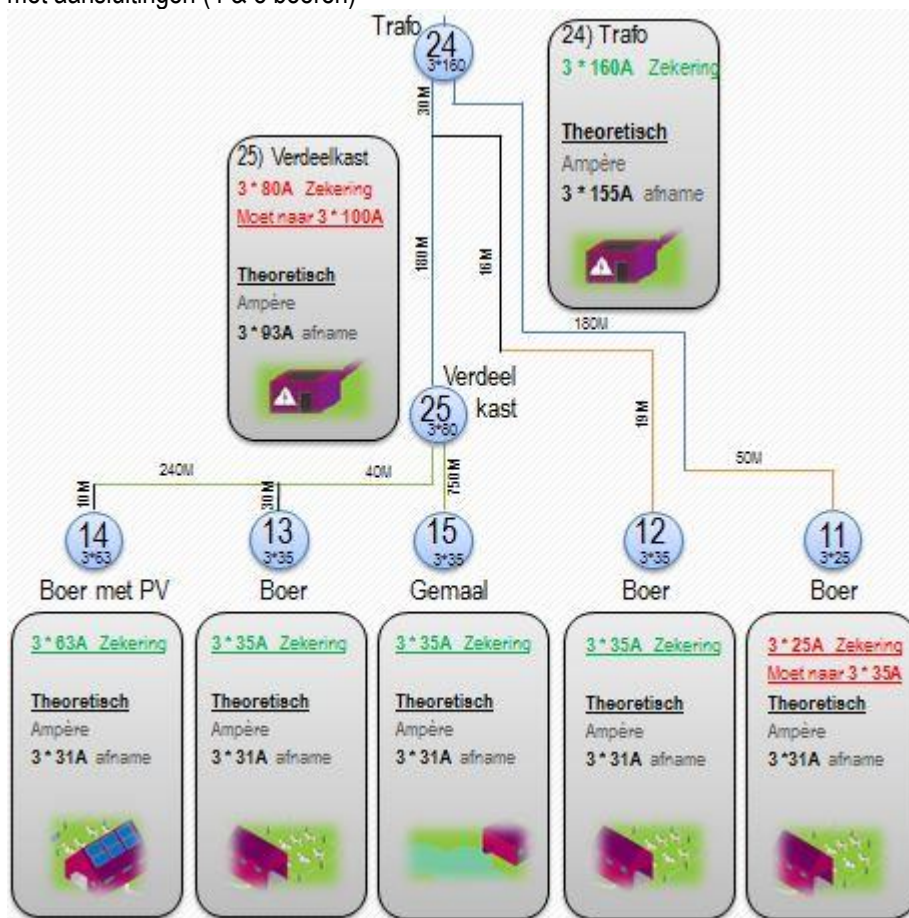
50% meer verbruik, maar nu met 40% energiebesparing door besparingsmaatregelen en warmtelevering aan de woning (voor vier of vijf boeren afnemers):

- Als het 50% meer verbruikende bedrijf 'gas en elektrisch neutraal' wil worden door met energiebesparende maatregelen 40% te besparen dan moet er in totaal $32.400 + 11.880 = 44.280$ kWh opgewekt worden of $49,2$ kWpiek. Dit komt overeen met $71,1$ Ampère.
 - De warmte die 'weggekoeld' moet worden om de melk op de bewaartemperatuur van 4°C te krijgen, kan ook hergebruikt worden. Met deze warmte kan de melkinstallatie en melktank gespoeld worden, kan gedouched worden in de woning en kan de woning (deels) mee verwarmd worden. In 750 ton melk zit ongeveer 3.900 m³ gas. 1.350 m³ gas gaat naar de stal en is het hele jaar noodzakelijk. Voor het douchen geldt 450 m³ en ook dit is het hele jaar nodig. Met de resterende warmte kan het huis deels verwarmd worden. Echter is deze warmte in de zomer niet nodig. Van de resterende 2.100 m³ gas kan ongeveer 50% gebruikt worden. Er gaat dus 1.350 m³ gas naar de stal en er wordt 1.500 m³ gas aan de woning als warmte geleverd. Het bedrijf levert dus warmte, dit komt overeen met $1.500 * - 8,8 = - 13.200$ kWh.
 - Door de warmte uit de melk te gebruiken om de gasboiler te vervangen, wordt het gasverbruik in de stal naar nul teruggebracht en hoeft 11.880 kWh niet meer opgewekt te worden.
 - Netto hoeft er nog maar $32.400 - 13.200 = 19.200$ kWh opgewekt te worden. Dit is $21,3$ kWpiek of $30,8$ Ampère.

Deze techniek kan gecombineerd worden met de energiebesparing en afname (wel kleiner dan met koelmachine, van zeven naar vijf) tijdens de zonproductie. Hierdoor ontstaat een situatie dat er aan de afnamekant nog steeds plaats is voor 14 afnemers, terwijl er aan de productiekant ruimte zou zijn voor $5 \times 30,8 - 10 - 2 \times 5 = 134$ Ampère! **Dan kunnen alle vijf melkveehouders terug leveren, oftewel 100% kan 'elektrisch en gasneutraal' worden.**

Er hoeft maar één melkveebedrijf verzwaard te worden (één kan zelfs terug in afnamepiek) en het netwerk hoeft niet aangepast te worden.

Abbeiding Aangepaste situatie met 150% afname Nulsituatie maar ook met 40% energiebesparing en ook pieklastverschuiving en warmtelevering aan de woning (ECO200). Elektrisch en Gas zakelijk neutraal netwerk 1, met aansluitingen (4 & 5 boeren)



	E opwekking	kWpiek	Ampère
a) Bestaand 'elektrisch neutraal'	36.000 kWh	39,93	57,7
b) Bestaand 'elektrisch & gasneutraal'	49.200 kWh	54,45	78,6
c) 150% bestaand 'elektrisch & gas neutraal'	73.800 kWh	82,0	118,4
d) 150% bestaand 'elektrisch & gas neutraal' met energiebesparing	44.280 kWh	49,2	70,8
e) 150% bestaand 'elektrisch & gas neutraal' met energiebesparing	44.280 kWh	49,2	65,8
f) Warmtelevering aan woning	19.200 kWh	21,3	30,8

9. Kosten- en batenanalyse

Door de resultaten van de hoofdstukken 4 t/m 8 bij elkaar op te tellen, kunnen de effecten van de verschillende opties (te weten de effecten van energiebesparing, de effecten van de pieklastverschuiving en de gevolgen voor de zonnestroomopwekking) voor dit specifieke stroomnetwerk naast elkaar gelegd worden in combinatie met de afstemming van het afnamepatroon en het opwekkingspatroon.

Voor dit specifieke netwerk kan gekeken worden welke optie zorgt voor de gunstigste overall kosten. Met andere woorden, met welke aanpassingen kan de melkveehouder kosten in het netwerk uitsparen?

Aannames referentieboerderij:

Gemiddelde bestaande referentieboerderij:

750 ton melk, E neutraal met jaarverbruik
36.000 kWh (of 48 kWh/1.000 kg melk)

	Diverse scenario's:	E opwekking	kWpiek	Ampère
a)	Bestaand Elektrisch neutraal	36.000 kWh	39,9	57,7
b)	Bestaand Elektrisch & Gas neutraal	49.200 kWh	54,5	78,6
c)	150% bestaand Elektrisch & Gas neutraal	73.800 kWh	82,0	118,4
d)	150% bestaand Elektrisch & Gas neutraal met energiebesparing	44.280 kWh	49,2	70,8
e)	150% bestaand Elektrisch & Gas neutraal met energiebesparing	44.280 kWh	49,2	65,8
f)	Warmtelevering aan woning	19.200 kWh	21,3	30,8

Investeringsplaatje

Toelichting:

Groen: de totale investeringen die de melkveehouder moet maken om energieneutraal te worden.

Rood: de kosten van de energiebesparing.

Oranje: de kosten voor het netwerkbedrijf.

Zwart: de totale kosten van de melkveehouder en het netwerkbedrijf.

	Totale investering Boeren	Totale besparing E kosten	Extra netwerk kosten	Totale kosten
<i>Huidige situatie met afname zoals in gemeten nul-situatie</i>				
4 a) 5 boeren Elektrisch neutraal	€ 198.000	€ -18.000	€ 93.280	€ 291.280
4 b) 5 boeren E + G neutraal	€ 270.600	€ -21.300	€ 96.330	€ 366.930
<i>Scenario's met elke afnemer 159% van gemeten nul-situatie</i>				
1 a) Huidige situatie 150% afname per afnemer (afnamekant)			€ 2.850	€ 2.850
4 c) 150% E + G Neutraal	€ 405.900	€ -31.950	€ 117.050	€ 522.950
4 d) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal	€ 283.540	€ -19.170	€ 96.330	€ 379.870
5 e) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal + ijsbank	€ 298.540	€ -19.170	€ 96.330	€ 394.870
5 f) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal + ECO200	€ 223.000	€ -12.000	€ 500	€ 223.500

Aannames qua kosten exclusief BTW:

- Gaskosten per m³ = € 0,60
- Inkoopkosten elektriciteit per kWh € 0,10
- Extra teruglevering per kWh (speelt vooral bij gas neutraal) per kWh € 0,10
- Investeringskosten per opgewekte kWh € 1,10
- Netwerkkosten
- Vervangen zekering bij afnemer € 250,-
- Vervangen zekering bij verdeelkast € 250,-
- Vervangen (grond)kabel per meter € 70,-
- Vervangen transformator met bekabeling € 20.000,-
- Plaatsen extra transformatorhuis € 80.000,-

Terugverdienplaatje (zonder gebruik te maken van fiscale maatregelen die per afnemer sterk verschillen):

- Terugverdientijd (kaal), hierbij wordt de investering van de afnemer gedeeld door de opbrengst/besparing aan elektriciteitskosten.
- Terugverdientijd inclusief vastrecht, wordt de investering van de afnemer gedeeld door de opbrengst aan stroomkosten minus de extra vastrechtkosten van de noodzakelijke stroomverzwaren.
- Terugverdientijd compleet, wordt de investering van de afnemer + de kosten van het netwerkbedrijf gedeeld door de opbrengst aan stroomkosten minus extra vastrechtkosten van de noodzakelijke stroomverzwaren.
- Percentage boeren, wordt het percentage dat de boer investeert van de totale investering.
- Percentage netwerk, wordt het percentage dat het netwerk investeert van de totale investering.

	Totale investering Boeren	Totale besparing E kosten	Terugver- dientijd (kaal)	Terugver- dientijd Inclusief vastrecht	Extra netwerk kosten	Totale kosten	Terugver- dientijd compleet Inclusief netwerk & vastrecht	Percentage boeren	Percentage netwerk
4 a)	€ 198.000	€ -18.000	11,0	13,4	€ 93.280	€ 291.280	19,7	68,0%	32,0%
4 b)	€ 270.600	€ -21.300	12,7	16,4	€ 96.330	€ 366.930	22,2	73,7%	26,3%
1 a)					€ 2.850	€ 2.850			100,0%
4 c)	€ 405.900	€ -31.950	12,7	18,2	€ 117.050	€ 522.950	23,4	77,6%	22,4%
4 d)	€ 283.540	€ -19.170	14,8	19,7	€ 96.330	€ 379.870	26,4	74,6%	25,4%
5 e)	€ 298.540	€ -19.170	15,6	18,7	€ 96.330	€ 394.870	24,7	75,6%	24,4%
5 f)	€ 223.000	€ -12.000	18,6	18,6	€ 500	€ 223.500	18,6	99,8%	0,2%

10. Vertaalslag naar andere landelijke netwerken

Elk netwerk heeft zijn specifieke eigenschappen, maar er zijn natuurlijk ook overeenkomsten tussen de verschillende netwerken. Door dit onderzoek is er meer inzicht verkregen in de verschillende afnamepatronen van de individuele afnemers, maar ook van het transformatorhuisje.

Van één specifiek netwerk is nu in beeld gebracht wat er energetisch mogelijk is op individueel niveau en welke gevolgen verschillende scenario's en mogelijkheden hebben voor het gezamenlijke transformatorhuisje.

Dit onderzoek geeft daarnaast inzicht in de kosten op individueel niveau, in de collectieve netwerkkosten en in de gecombineerde kosten. De meer- en minderkosten op het ene niveau kunnen kostenverlagend en -verhogend zijn voor het andere niveau.

11.Organisatie en planning

Initiatief

De provincie Groningen, LTO Noord en Enexis hebben het initiatief genomen voor dit project.

Financiers

De financiers van dit project zijn: Zuivel NL (voorheen Productschap Zuivel), LTO Noord Fondsen, Provincie Groningen en RVO.

Uitvoering

Het project is uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis.

Deelnemers

Naast de elf agrariërs hebben ook een aantal particulieren meegedaan. Waterschap Noorderzijlvest is met een pompgemaal in het gebied aangesloten.

Planning

De startdatum was 1 oktober 2013 en de einddatum was in eerste instantie 1 december 2014. In de startbijeenkomst van 27 januari 2014 met de projectgroep is aangegeven dat er vertraging is opgelopen in de aanloop naar de start van het project. Er is bij de financiers verlenging aangevraagd voor de projectperiode. Hier is akkoord op gegeven door de financiers.

12. Conclusies en aanbevelingen

Het doel van het onderzoek was om de Power Quality van het elektriciteitsnet in een landelijk gebied, waarin met name melkveehouderijbedrijven zijn gevestigd, te beoordelen. Hierbij is door netbeheerder Enexis vooral gemeten op het niveau van de aanwezige trafostations en door L”Orel is vooral in detail achter de meter gemeten bij de aangeslotenen.

Bij deze metingen is naar diverse aspecten van Power Quality gekeken, waaronder de belasting zelf (inclusief de verdeling over de 3 fasen), maar ook naar stoorsignalen zoals hogere harmonischen (harmonischen zijn spanningen die een andere frequentie hebben) en het spanningsniveau in de leidingen achter de meter.

Bij de metingen van de transformatorhuisjes in combinatie met de metingen van de verdeelkasten valt op dat de transformatorhuisjes, in de huidige situatie, maar een paar uur per maand voor de helft belast worden. In de praktijk zijn de meeste transformatorhuisjes zwaarder belast. Er zit nog ‘veel ruimte’ op de gemeten transformatorhuisjes. Deze ruimte kan benut worden door extra aansluitingen of door groei van de bestaande afnemers.

Indien echter meerdere afnemers overschakelen op het produceren van duurzame energie (bijv. installeren van PV) dan zijn de grenzen aan de beschikbare capaciteit redelijk snel in zicht.

Een dergelijke ontwikkeling is reëel te verwachten omdat melkveehouderij bedrijven daarmee energieneutraal kunnen worden en op deze manier bijdragen aan de doelstelling van de zuivelsector om CO2 neutraal te worden.

Om, in de toekomst, de gevraagde capaciteit in balans te blijven houden met de beschikbare capaciteit dienen investeringen gedaan te worden. Hiervoor zijn een zestal scenario's uitgewerkt. In de diverse scenario's wordt een variatie aangebracht van maatregelen die puur liggen op het niveau van netverzwaring en investeringen die vooral “achter de meter” bij de afnemer worden gedaan.

Bij pure netverzwaring liggen de kosten primair bij de netbeheerder. Bij investeringen achter de meter liggen de kosten primair bij de eindverbruiker.

Uit het onderzoek is gebleken dat de Power Quality op het niveau van het net voor de meter voldoet aan de hiervoor gestelde wettelijke eisen.

Conclusies:

- Energie neutraliteit van aangesloten bedrijven is uitgangspunt in deze studie. Er is voor een aantal scenario's gekeken naar de gevolgen van het elektriciteitsnetwerk en naar de mogelijke oplossingen.
- De kwaliteit van het onderzochte netwerk is op dit moment meer dan voldoende voor de huidige omvang en inrichting van de aangesloten bedrijven en andere aangeslotenen. De transformator wordt in de piek gedurende enkele uren per maand voor 50% belast (gemiddeld over de 3 fasen).
- Met eenvoudige bedrijfsmaatregelen kunnen de pieken in de afname worden verlaagd c.q. verschoven.
- De capaciteit van dit netwerk is niet toereikend wanneer de aangesloten bedrijven energieneutraal (zowel voor gas als voor elektriciteit) willen worden door opwekking van zonne-energie.
- Het haalbaarheidsonderzoek heeft uitgewezen dat maatregelen achter de meter het net vergaand kan ontlasten. Zie hiervoor de 6 uitgewerkte scenario's.
- Naarmate er meer en verdergaande maatregelen worden genomen nemen de investeringskosten en terugverdientijden voor de bedrijven toe en de investeringskosten voor netwerkbedrijven af.

- De haalbaarheidsstudie laat zien dat met investering achter de meter, investeringen voor de meter kunnen worden voorkomen.
- De mogelijkheid om de besparingen (deels) ten goede te laten komen aan de aangesloten bedrijven is op dit moment wettelijk niet mogelijk omdat netwerkbedrijven niet achter de meter mogen investeren. Hier liggen kansen voor een win-win situatie voor netwerkbedrijven en agrarische bedrijven.
- Het is economisch interessant om te kijken naar de totale kosten van het netwerk bij groeiende bedrijven/afnemers die willen investeren in energieproductie om de maatschappelijke kosten voor de netwerkbedrijven beperkt te houden.

Aanbevelingen:

- Verder onderzoek is nodig naar afstemming van vraag en aanbod in meerdere netten in het agrarisch gebied. Dit is noodzakelijk om de controleren of de conclusies uit dit onderzoek geaggregeerd kunnen worden naar het landelijk gebied.
- Belangrijk is ook dat er een aantal algemeen toepasbare smart grid concepten worden ontwikkeld voor het agrarisch gebied.
- Onderzoek naar wet- en regelgeving rollen en bevoegdheden van overheid, netwerkbedrijven en andere betrokken partijen. Hierbij is het belangrijk dat de mogelijkheden maar ook de belemmeringen in kaart worden gebracht waarbij ook nagedacht wordt over mogelijke oplossingen. Een dergelijk onderzoek is wenselijk indien vanuit een breder perspectief blijkt, dat de laagste maatschappelijk kosten bereikt kunnen worden via scenario's waarbij netbeheerders slechts voor een deel hoeven te investeren in netverzwaring in combinatie met maatregelen die vooral achter de meter dienen te gebeuren. Verwacht wordt dat de ontwikkeling van een smart grid met de laagste maatschappelijk kosten zal liggen in scenario's waarbij de netbeheerder ook deels meebetaald aan oplossingen "achter de meter".

Indien deze verwachting wordt onderbouwt bij meerdere vergelijkbare projecten dan ligt het voor de hand om de huidige taken en verantwoordelijkheden van netbeheerders opnieuw tegen het licht te houden.

- Uitwerken van win-win concepten voor netwerkbedrijven en aangesloten bedrijven.
- Opzetten van werkmethoden en investeringsafspraken waarbij netwerkbeheerders en afnemers in het landelijk gebied komen tot slimmere en goedkopere totaaloplossingen bij groeiende stroomafname en/of – productie.
- Belangrijk is dat ondernemers meewerken aan oplossingen en gestimuleerd worden al of niet in combinatie met andere bedrijven de juiste maatregelen te nemen. Onderzoek naar gedrag van ondernemers en hoe dit kan worden gestimuleerd zou onderdeel van een vervolg studie kunnen zijn.

13. Communicatie

Op verschillende websites bij financiers, Verantwoorde Veehouderij, in nieuwsbrieven en artikelen is aandacht besteed aan het project. Ook de resultaten zijn breed gecommuniceerd. Zie hiervoor de bijlagen.

De resultaten zijn niet alleen in de agrarische sector verspreid maar ook gedeeld met de andere netwerkbedrijven in ons land.

Op 29 september 2015 zijn de resultaten tijdens een bijeenkomst gepresenteerd aan de deelnemende boeren en burgers en het Waterschap (eigenaar van het gemaal). Dit in bijzijn van vertegenwoordigers van LTO Noord Fondsen en RvO. Eerst heeft Enexis een toelichting gegeven op het net en de ontwikkelingen hierbij en vervolgens ging L'orèl Consultancy in op de onderzoeksresultaten. LTO Noord ging in op de wensen voor een eventueel vervolg. De deelnemers gaven aan bewust te zijn geworden hoe ze energie kunnen besparen op het eigen bedrijf en ook heeft het ze veel kennis gebracht over allerlei actuele ontwikkelingen op het gebied van elektriciteit en energie.

De pers is bij de start van het project en achteraf geïnformeerd aan de hand van een persbericht.

In het overzicht met bijlagen zijn alle artikelen en persberichten te vinden die verschenen zijn.

14. Resultaten

In het projectplan zijn de verwachte resultaten omschreven, in *cursief* onderstaand een beschrijving van de realisatie:

Op basis van de aanpak en de analyse van de gedetailleerde gegevens uit de metingen zijn de volgende resultaten te verwachten:

1. Inzicht in de actuele netsituatie van het onderzochte gebied met een concrete uitwerking van de voorkomende knelpunten.

Hierbij laat de nulmeting zien dat het huidige netwerk ruim voldoet aan de eisen. Het netwerk wordt slechts een aantal uren in de maand voor 50% belast. Het netwerk kan zelfs een aantal extra afnemers aan of een stijging in de afname met 50% verbruik. Tijdens de afname is er een gelijktijdigheid van 60% van de verschillende afnemers.

2. Inzicht in de benodigde aanpassingen aan het netwerk.

Aanpassingen zijn op het moment in de huidige (praktijk)situatie niet nodig gezien er eerder al een extra trafo station is bijgeplaatst. Hierdoor is nu ruimte in het netwerk aanwezig.

Op het moment dat er opgewekt wordt, gaan alle aansluitingen tegelijk (gelijktijdigheid van 100% op basis van afname) stroom leveren. Hierdoor wordt het net op hetzelfde moment zwaarder belast. Op dit moment zullen er aanpassing in het net noodzakelijk zijn. Dit betekent het vervangen van kabels, trafo, verdeelkast en zekeringen.

3. Inzicht in het effect van energiebesparingsmogelijkheden in relatie tot de kwaliteit van het netwerk en de genoemde parameters.

Door energiebesparing wordt het net minder belast en/of gelijkmatiger belast. Dit heeft een positief effect op de netwerkparameters en zorgt voor een betere kwaliteit van het netwerk. Door het toepassen van energiezuinige verlichting, een voorcoeler op maat, een kleinere koelmachine, frequentieregeling op de vacuümpomp, leidingisolatie en optimalisatie van de spoelleidingen, is een energiebesparing van 40% mogelijk en een pieklastverlaging van 50% tijdens het melken (1,5 uur) en 30% tijdens het spoelen (15 minuten). Ook kan energie neutraliteit eerder bereikt worden omdat minder opwekking (minder panelen) nodig is en minder investeringen (aanpassing) in het net noodzakelijk zijn.

4. Inzicht in de pieklastverschuivingen en de consequenties voor de elektriciteitsvoorziening.

Een zuinige koelmachine verbruikt minder. Dan kan er gekozen worden voor een koelmachine met een hoog Ampère piek, die maar kort in de tijd aanstaat, of voor een koelmachine die langer aanstaat met een lagere Ampère piek. Ook zijn er systemen die op een later tijdstip koelen waardoor pieklasten verlagen en verschuiven. Dit zorgt ervoor dat, indien netwerken tegen hun maximum aanlopen met pieklastverschuiving, weer ruimte gerealiseerd kan worden in hetzelfde net. Pieklastverschuiving zorgt voor een lagere of zelfs uitblijvende netinvestering.

5. Een overzicht van de mogelijkheden en beperkingen voor de inpassing van duurzame energieopties op bedrijfsniveau. Hierbij wordt concreet gekeken naar de realisatie van Zon PV-installaties inclusief de consequenties voor de kwaliteit van het netwerk.

Elke aansluiting kan een Zon PV-installaties plaatsten, de vraag is hoeveel. De toekomst richt zich op energieneutraliteit, waarbij Zon-PV een grote rol gaat spelen. Dit houdt in dat elke aansluiting evenveel kWh aan PV-panelen op het dak legt als dat ze zelf aan energie verbruiken. Het onderzoek toont aan dat in het (kleine)

deelnetwerk met vijf aansluitingen 40% of twee van de vijf elektrisch neutraal kan worden. Wanneer er meer aansluitingen elektrisch neutraal willen worden of de twee aansluitingen zowel elektrisch als gas neutraal willen worden, zal er netverzwaring (investering) moeten plaatsvinden.

- 6. Een overzicht van de mogelijkheden op het gebied van elektriciteitsmanagement door maatregelen in de bedrijfsvoering en de gevolgen voor de kwaliteit van het netwerk. Hieruit volgen de technische en organisatorische randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Smart Farmer Grids.**

Theoretisch zou het optimaal zijn als een aantal boeren op één netwerk om de beurt melken, maar dit is om meerdere redenen (lagere melkproductie en sociale kant melkveehouders) geen optie. Er zijn wel andere maatregelen mogelijk. Als alle boeren elektrisch mestmixen, dan is het voor de belasting van het netwerk belangrijk dat dit niet tegelijk gebeurt, maar ook niet tijdens melken. Bij veel zonopwekking, is het voor het netwerk belangrijk dat bijvoorbeeld mestmixen overdag plaatsvindt. Dan hoeft er minder stroom terug geleverd te worden door het netwerk.

- 7. Een overzicht van de mogelijke investeringen die gedaan kunnen worden door de netbeheerder om de kwaliteit van het net te verbeteren.**

In de huidige situatie voldoet het netwerk en hoeven er geen investeringen in plaats te vinden. Als er veel Zon PV geplaatst gaat worden, kan het netwerk zo zwaar belast worden dat er maatregelen noodzakelijk zijn. Dit omdat de kwaliteit niet meer voldoet. De maatregelen zijn zwaardere zekeringen, dikkere stroomkabels, een regelbare trafo of een grotere trafo en extra trafo's.

- 8. Een overzicht van de noodzakelijke investeringen om te komen tot Smart Farmer Grids.**

Zie ook de toelichting bij 'resultaat 11'.

- 9. Per bedrijf een energiebesparingsplan waarin beschreven staat hoe op economisch verantwoorde wijze energie te besparen, inclusief de terugverdientijden.**

Bij de melkveehouders is aangegeven op welke punten de meeste winst valt te behalen. Ten tijde van het plaatsen van de meetapparatuur is op individueel niveau, samen met de deelnemers, gekeken wat voor de deelnemers veel rendement oplevert. Het werkteam is samen met de agrariër door de stal gegaan om punten te belichten. Als eenvoudige punten kwam veelal naar voren dat leidingen niet geïsoleerd en 'extreem' lang waren en koelmachines niet waren afgetimmerd. Ook is geholpen met een energiezuinig nieuwbouwplan.

Andere prijzige punten zijn benoemd, echter wil het gros van de agrariërs hier pas wat aan doen als het budget het toelaat. Door het toepassen van energiezuinige verlichting, een voorcoeler op maat, een kleinere koelmachine, frequentieregeling op de vacuümpomp, leidingisolatie en optimalisatie van de spoelleidingen, is een energiebesparing van 40% mogelijk. Ook kan energieneutraliteit eerder bereikt worden omdat minder opwekking (minder panelen) nodig is en minder investeringen (aanpassing) in het net noodzakelijk zijn of is.

- 10. Per bedrijf zijn een aantal energiebesparende maatregelen genomen door de ondernemer. Dit is uiteindelijk een ondernemersbeslissing en kan dus niet gegarandeerd worden zonder experimenteerbudget en financiële ruimte bij de ondernemer.**

Gezien de lage melkprijs van dit moment staan de investeringen bij de boeren onder druk. Daarnaast is één deelnemende boer op leeftijd, heeft een andere boer de boerderij net overgenomen en gaat een andere boer komend jaar nieuw bouwen samen met zijn buurman. Eén boer heeft geïnvesteerd in PV panelen. Kleine

investeringen in bijvoorbeeld isolatiemateriaal zijn sporadisch gedaan. De deelnemers geven aan dat, zodra ze meer te besteden hebben, ze wel willen.

11. Een kosten- en batenanalyse van het verbeteren van de kwaliteit van stroomlevering volgens de aanpak zoals uitgevoerd in het project.

Voor het netwerk zijn een zestal mogelijke toekomstige scenario's doorgerekend. Uit de volgende tabellen komt naar voren dat maatregelen zonder pieklastverschuiving voor, bijvoorbeeld PV panelen, voor de agrariër de snelste terugverdientijd heeft. Echter, als we kijken naar de kosten inclusief de investeringen in het netwerk, valt de keuze op maatregelen die veel doen met pieklastverschuiving, zoals eco200.

Investeringsplaatje:

Toelichting:

Groen: de totale investeringen die de melkveehouder moet maken om Energieneutraal te worden.

Rood: de kosten van de energiebesparing.

Oranje: de kosten voor het netwerkbedrijf.

Zwart: de totale kosten van de melkveehouder en het netwerkbedrijf.

	Totale investering Boeren	Totale besparing E kosten	Extra netwerk kosten	Totale kosten
Huidige situatie met afname zoals in gemeten nul-situatie				
4 a) 5 boeren Elektrisch neutraal	€ 198.000	€ -18.000	€ 93.280	€ 291.280
4 b) 5 boeren E + G neutraal	€ 270.600	€ -21.300	€ 96.330	€ 366.930
Scenario's met elke afnemer 159% van gemeten nul-situatie				
1 a) Huidige situatie 150% afname per afnemer (afnamekant)			€ 2.850	€ 2.850
4 c) 150% E + G Neutraal	€ 405.900	€ -31.950	€ 117.050	€ 522.950
4 d) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal	€ 283.540	€ -19.170	€ 96.330	€ 379.870
5 e) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal + ijsbank	€ 298.540	€ -19.170	€ 96.330	€ 394.870
5 f) 150% afname & - 40% E, E + G Neutraal + ECO200	€ 223.000	€ -12.000	€ 500	€ 223.500

Aannames kosten exclusief BTW:

Gaskosten per m³ = € 0,60

Inkoopkosten elektriciteit per kWh € 0,10

Extra teruglevering per kWh (speelt vooral bij gas neutraal) per kWh € 0,10

Investeringskosten per opgewekte kWh € 1,10

Netwerkkosten:

Vervangen zekering bij afnemer € 250,-

Vervangen zekering bij verdeelkast € 250,-

Vervangen (grond)kabel per meter € 70,-

Vervangen transformator met bekabeling € 20.000,-

Plaatsen extra transformatorhuis € 80.000,-

Terugverdienplaatje (zonder gebruik te maken van fiscale maatregelen die per afnemer sterk verschillen)

Terugverdientijd (kaal), hierbij wordt de investering van de afnemer gedeeld door de opbrengst/besparing aan elektriciteitskosten.

Terugverdiendtijd inclusief vastrecht, wordt de investering van de afnemer gedeeld door de opbrengst aan stroomkosten minus de extra vastrechtkosten van de noodzakelijke stroomverzwaring.

Terugverdiendtijd compleet, wordt de investering van de afnemer + de kosten van het netwerkbedrijf gedeeld door de opbrengst aan stroomkosten, minus extra vastrechtkosten van de noodzakelijke stroomverzwaring.

Percentage boeren, wordt het percentage dat de boer investeert van de totale investering.

Percentage netwerk, wordt het percentage dat het netwerk investeert van de totale investering.

	Totale investering Boeren	Totale besparing E kosten	Terugverdiendtijd (kaal)	Terugverdiendtijd Inclusief vastrecht	Extra netwerk kosten	Totale kosten	Terugverdiendtijd compleet Inclusief netwerk & vastrecht	Percentage boeren	Percentage netwerk
4 a)	€ 198.000	€ -18.000	11,0	13,4	€ 93.280	€ 291.280	19,7	68,0%	32,0%
4 b)	€ 270.600	€ -21.300	12,7	16,4	€ 96.330	€ 366.930	22,2	73,7%	26,3%
1 a)					€ 2.850	€ 2.850			100,0%
4 c)	€ 405.900	€ -31.950	12,7	18,2	€ 117.050	€ 522.950	23,4	77,6%	22,4%
4 d)	€ 283.540	€ -19.170	14,8	19,7	€ 96.330	€ 379.870	26,4	74,6%	25,4%
5 e)	€ 298.540	€ -19.170	15,6	18,7	€ 96.330	€ 394.870	24,7	75,6%	24,4%
5 f)	€ 223.000	€ -12.000	18,6	18,6	€ 500	€ 223.500	18,6	99,8%	0,2%

12. Een monitoringoverzicht van de effecten voor de projectperiode, met de optie om dit uit te breiden naar langjarige monitoring (deze uitbreiding maakt geen deel uit van het project).

In het netwerk zijn 27 meetpunten. Deze punten hebben één jaar lang het verbruik gemonitord, waarna conclusies zijn getrokken. Bij de metingen van de transformatorhuisjes in combinatie met de metingen van de verdeelkasten valt op dat de transformatorhuisjes maar een paar uur per maand voor de helft belast worden. Er zit nog 'veel ruimte' op de gemeten transformatorhuisjes. Deze ruimte kan benut worden door extra aansluitingen of door groei van de bestaande afnemers. Op basis van de fysieke meetwaarden is een theoretisch model met een zestal mogelijke scenario's uitgewerkt. Als het theoretisch model met pieklastverschuiving in een vervolproject (SFG II) in de praktijk wordt gebracht kunnen de monitoroverzichten met elkaar worden vergeleken. In project 1 is geen enkel scenario uitgevoerd omdat er door de lage melkprijs weinig is geïnvesteerd door de agrariërs.

13. Aanbevelingen voor een concrete aanpak van een Smart Farmer Grid.

Het blind plaatsen van energieopwekking heeft een negatieve invloed op het netwerk. Dit onderzoek toont aan dat het economisch interessant is om te kijken naar de totale kosten van het netwerk bij groeiende bedrijven en afnemers die willen investeren in energieproductie om de maatschappelijke kosten voor de netwerkbedrijven beperkt te houden.

Aanbeveling: het meest gunstige theoretische scenario in de praktijk realiseren en de effecten in de praktijk monitoren, is noodzakelijk voor een verdere uitrol in landelijke netwerken in Nederland. Opzetten van werkmethode en investeringsafspraken waarbij netwerkbeheerder en afnemers in het landelijk gebied komen tot slimmere en goedkopere totaal oplossingen bij groeiende stroomafname en/of – productie.

- 14. Voor zover mogelijk zal op basis van deze praktijktest ook een globale vertaalslag gemaakt worden naar de effecten in geval van landelijke uitrol.**

De haalbaarheidsstudie toont aan dat het economisch interessant is voor regionale en landelijke overheden om naar de totale kosten te kijken. Maar voor een uitrol is het noodzakelijk de theoretische scenario's in de praktijk te testen.

- 15. Verspreiding van kennis via publicaties op AgroEnergiek en agrarische vakbladen zoals Nieuwe Oogsten via persberichten. Daarnaast verspreiding van kennis in samenwerking met Hanze Hogeschool en andere onderwijsinstellingen.**

De resultaten van het project zijn breed verspreid. Niet alleen in de agrarische sector maar ook binnen de netwerkleveranciers.

- 16. Optioneel, en dus nog niet begroot, is om een eindbijeenkomst te houden waarin de bevindingen van deze studie breder worden uitgedragen dan alleen de direct betrokken partijen. Bijvoorbeeld door landelijke partijen (andere overheden dan Provincie Groningen en Agentschap NL), alle netbeheerders et cetera bij elkaar te brengen.**

Naar aanleiding van de resultaten van het project wordt gewerkt aan een vervolg (zie ook hoofdstuk 14). In het kader daarvan wordt mogelijk nog een brede expertbijeenkomst georganiseerd.

15. Bijlagen

Site Provincie Groningen

Onderzoek naar slim omgaan met energie door boeren

29 oktober 2013 - De provincie Groningen geeft 30.000 euro subsidie aan LTO Noord voor het uitvoeren van het haalbaarheidsonderzoek Smart Farmer Grid. Het doel van het onderzoek is te kijken in hoeverre melkveehouderijen energieneutraal en duurzamer kunnen worden en welke mogelijkheden het elektriciteitsnet hiervoor biedt. LTO Noord werkt hierbij nauw samen met netwerkbedrijf Enexis. De bijdrage komt uit het krediet Energy Valley en het krediet Innovatieve kwaliteitsprongen in de landbouw.

Haalbaarheidsonderzoek

LTO Noord

<http://www.ltonoord.nl/>

en Enexis willen samen onderzoeken hoe melkveehouderijen en netwerkbedrijven in de toekomst slim kunnen omgaan met energie. De uitkomst van het onderzoek kan onder andere gebruikt worden voor de ontwikkeling van slimme energienetwerken op het platteland op de lange termijn. Melkveehouderijen verbruiken steeds meer elektriciteit door automatisering van melkmachines, waardoor er pieken in de vraag naar energie ontstaan. Dit kan overbelasting op het elektriciteitsnet veroorzaken. Het haalbaarheidsonderzoek kan bijdragen aan het Groninger Verdienmodel.

Groninger Verdienmodel

De provincie wil koploper worden in de duurzame landbouw. Daarvoor worden diverse projecten voor verduurzaming en innovatie ondersteund. Ook ontwikkelt de provincie het Groninger Verdienmodel dat bestemd is voor boerenbedrijven die willen uitbreiden. Zij mogen groeien tot 4 hectare grote bouwblokken als zij hun bedrijf verduurzamen. De provincie ontwikkelt het verdienenmodel eerst voor de melkveehouderijbedrijven, samen met LTO, de Natuur en Milieufederatie en deskundigen.



Energieproject 'Smart Farmer Grid' start

dinsdag 20 mei 2014, 15.04 uur

LTO Noord, provincie Groningen en energiebedrijf Enexis gaan onderzoeken hoe agrarische bedrijven omgaan met energie en wat de effecten hiervan zijn op het laagspanningsnetwerk in het buitengebied. Het project 'Smart Farmer Grid' start binnenkort.



Elf akkerbouwers en melkveehouders doen mee aan het project. Ook wordt een aantal particulieren en een pompemaal van waterschap Noorderzijlvest ingezet. Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd in de omgeving van Zuidhorn.

Slim energienet

Volgens de initiatiefnemers vragen duurzame energieproductie, energiebesparing en slimme innovaties vooral in het buitengebied om een slim energienet.

'De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit. Een stabiel net is daarom voor alle partijen van groot belang, ook met het oog op de levensduur van de apparatuur', geven de initiatiefnemers aan.

Tips

Deelnemers krijgen inzicht in hun eigen elektriciteitsverbruik, maar ook in de gevolgen voor het netwerk. Daarnaast krijgen ze tips over hoe slim om te gaan met energie. Voor Enexis zijn de resultaten van belang om te kijken wat de invloed is van het terug leveren van energie aan het netwerk (smart farmer grids).

Het project, dat loopt tot september 2015, wordt uitgevoerd door L'Orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis en heeft een voorbeeldfunctie voor andere gebieden in Nederland.

Auteur:
Tienke Wouda

Nieuwe Oogst, 24 mei 2014

Energieproject Groningen start

GRONINGEN - Elf akkerbouwers en melkveehouders uit Groningen doen mee aan het energieproject 'Smart Farmer Grid' dat binnenkort start.

LTO Noord, provincie Groningen en energiebedrijf Enexis gaan onderzoeken hoe agrarische bedrij-

ven omgaan met energie en wat de effecten hiervan zijn op het laagspanningsnetwerk in het buitengebied.

Naast boeren, worden ook particulieren en een pompemaal van waterschap Noorderzijlvest ingezet. Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd bij Zuidhorn.

'De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit. Een stabiel net is daarom voor alle partijen van groot belang, ook met het oog op de levensduur van de apparatuur', geven de initiatiefnemers aan.

Deelnemers krijgen inzicht in hun eigen elektriciteitsverbruik, maar ook in de gevolgen voor het netwerk. Daarnaast krijgen ze tips over hoe slim om te gaan met energie. Voor Enexis zijn de resultaten van belang om te kijken wat de invloed is van het terugleveren van energie aan het netwerk (smart farmer grids).

Slim de stroompieken verdelen

IDA HYLKEMA

Steeds meer agrarische bedrijven investeren in zonnepanelen met de insteek zo energie-neutraal mogelijk te worden. Deze ontwikkeling heeft gevolgen voor het elektriciteitsnetwerk, dat in de komende jaren wordt ingericht voor de combinatie van energieafname en energieopwekking. In het project Smart Farmer Grid wordt gezocht naar 'slimme energienetwerken' voor deze agrarische klanten.

PROJECTEN LTO NOORD

Het project Smart Farmer Grid ging in mei van start en is een initiatief van LTO Noord en L'Orèl Consultancy uit Groningen. Energieconsulent Rob Jacobs van L'Orèl Consultancy en Menno Douma van Projecten LTO Noord voeren het project uit in samenwerking met netwerkbedrijf Enexis. Het is onderdeel van het Programma Duurzame Energie van LTO Noord.

Aanleiding is onder andere een energiebesparingsproject in Zuidhorn, waarbij Jacobs metingen uitvoerde bij voornamelijk melkveebedrijven. Uit deze metingen bleek dat er spanningsverschillen optreden op deze bedrijven. 'Met name op bedrijven waar zonnepanelen waren geplaatst', vertelt Jacobs. Bij LTO Noord komen soortgelijke klachten van leden binnen.

Met de transitie naar een duurzame, energie-neutrale landbouwsector is te verwachten dat het bestaande netwerk te maken krijgt met een veranderde vraag en aanbod van energie. Dit kan een uitdaging betekenen voor de huidige infrastructuur. Die is mogelijk niet berekend op de stroompiek die ontstaat als de zonnepanelen op de bedrijven bij een strakblauwe lucht optimaal energie produceren. 'Als dat zo is, dan is de vraag: hoe optimaliseer je de energievoorziening op het bedrijf zonder dure kabels en extra transformatorhuisjes te hoeven aanleggen?' legt Douma uit.

Het project Smart Farmer Grid doet daarvoor een haalbaarheidsonderzoek in een netwerk in de regio Zuidhorn waar twee transformatorhuisjes met elf melkveebedrijven, een akkerbouwbedrijf, een gemeel en enkele particuliere woningen zitten.

BESPAREN

De eerste stap in het project is het meten van het afnamepatroon van stroom van een



Menno Douma (links) en Rob Jacobs bij een deelnemer aan het project Smart Farmer Grid in Zuidhorn.

Foto: Ida Hylkema

bedrijf. Per bedrijf wordt gekeken waar energie te besparen is en of het afnamepatroon mogelijk is aan te passen.

Jacobs: 'Het unieke van dit project is dat we uitgaan van besparing en niet van levering. Uit eerder onderzoek blijkt dat op een melkveebedrijf bijna een halvering van het energieverbruik is te realiseren. Voor een melkveebedrijf met melkrobots is dat 40 procent. Wat je bespaart, hoeft je niet op te tekken. Dat betekent dat je minder panelen nodig hebt en geen aanpassingen aan het netwerk hoeft te doen.'

Behalve de besparing is ook het afnamepa-

troon te beïnvloeden. De piek van de stroomafname van een gangbaar melkveebedrijf ligt rond melkerstijd, terwijl de zonnepanelen juist overdag de meeste stroom produceren. Door bijvoorbeeld het koelen van de melk anders te organiseren en meer overdag te koelen kan de piek worden afgevlakt.

'Er komen steeds nieuwe technieken die dit mogelijk maken', zegt Douma. 'Maar je kunt ook denken aan buffering van energie. Het leuke van dit project is dat we samenwerken aan oplossingen. Niet iedereen hoeft hetzelfde te doen. Het gaat om de samenwerking van verschillende producenten en afnemers achter het transformatorhuisje.'

Jacobs vult aan: 'Samen met Enexis onderzoeken we welke keuzes de beste en goedkoopste oplossing bieden voor de BV Nederland.'

Een dergelijke samenwerking kan de netwerkbedrijven en de samenleving een investering besparen die anders in kabels en nieuwe transformatorhuisjes moet worden gedaan.

Daarom heeft Enexis ook belang bij het project, legt Douma uit. 'Het gaat om een gezamenlijk probleem waar we ook gezamenlijk een oplossing voor moeten vinden. Wat we hier leren, geldt voor honderden vergelijkbare kleine netwerken in Nederland. We willen een blauwdruk maken die overal toepasbaar is.'

Programma Duurzame Energie

Het programma Duurzame Energie van LTO Noord is in 2012 gestart onder leiding van portefeuillehouder Eric Douma. Het heeft als doel ondernemers te informeren over en te ondersteunen bij het realiseren van duurzame energie.

LTO Noord werkt op dit gebied samen in LTO Nederland. LTO Nederland heeft in juni 2008 het 'Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren' ondertekend. Daarmee heeft de sector zich verbonden aan de doelstellingen om minder broeikasgassen uit te stoten, energie te besparen en duurzame energie te produceren.

Onderzoek op bedrijven naar pieken elektriciteit

Elf boeren uit de omgeving van Zuidhorn doen komend jaar mee aan een uitgebreid onderzoek naar hun energieverbruik en wat de effecten zijn op het laagspannings-netwerk.

Het doel van dit project 'Smart Farmer Grid' is om inzicht te krijgen in hun energieverbruik zodat ze slimme besparende maatregelen kunnen nemen om het netwerk minder te belasten. Naast de elf akkerbouwers en melkveehouders doen een paar particulieren mee en het waterschap Noorderzijlvest met een pompemaal.

De provincie Groningen, LTO Noord en Enexis hebben het initiatief genomen om te onderzoeken hoe de deelnemers omgaan

met hun energieverbruik. Het is bekend dat piekspanning kan leiden tot uitval van apparatuur en schade aan elektronica.

Melkvee- en akkerbouwbedrijven gebruiken op bepaalde tijdstippen veel elektriciteit waardoor er pieken in de vraag naar energie zijn. Voor melkveebedrijven is dat jaarrond het geval, voor de akkerbouw is dat vooral in de herfst en winter (tijdens opslag en koeling). Daarbij neemt de hoeveelheid zonnestroominstallaties op daken van agrarische bedrijven toe. De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen

maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit.

„We willen onderzoeken of het mogelijk is om het elektriciteitsgebruik beter op elkaar af te stemmen”, zegt Arnoud Smit van Projecten LTO Noord. „Zo zou het pompemaal van het waterschap wellicht op een ander tijdstip kunnen draaien dan de melkmachines van melkveehouders. Zo kun je de druk van het net halen.”

Volgens Smit is het streven om een zo stabiel mogelijk elektriciteitsnetwerk te krijgen. „Als er minder pieken of dalen zijn, is de kans op schade ook weer kleiner. De vraag is of het mogelijk is om dat voor elkaar te krijgen. Wat er theoretisch mogelijk is, willen we komend jaar in kaart brengen.”

Attentiemail



Nieuws

Project 'Smart Farmer Grid' van start

10 juni 2014

Elf agrarische ondernemers, een aantal particulieren en een installatie (pompgemaal) van waterschap Noorderzijlvest doen mee aan het project Smart Farmer Grid dat binnenkort van start gaat.

[mailen](#) [G+](#) [Tweeten](#) [in Delen](#) [f Delen](#) 3

Duurzame energieproductie, energiebesparing en slimme innovaties vragen om een slim energienet. Dit geldt overal maar vooral in het buitengebied. Juist daar wordt met behulp van biomassa en met zonnepanelen op daken van stallen energie geproduceerd. Dat is de reden om onderzoek te doen naar een smart grid in het buitengebied, een 'Smart Farmer Grid'.

Op initiatief van de Provincie Groningen, LTO Noord en Enexis wordt onderzocht hoe agrarische bedrijven, particulieren en netwerkbedrijven omgaan met energie. En wat de effecten hiervan zijn op het laagspannings-netwerk. Met de informatie uit 'Smart Farmer Grid' wordt meer duidelijk over het energiegebruik en de hoeveelheid opgewekte energie bij de deelnemers. Deze informatie helpt bij het maken van keuzes voor de toekomst door leveranciers, gebruikers (ondernemers en particulieren) en netwerkbeheerders.

Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd in de omgeving van Zuidhorn. De resultaten kunnen onder andere worden gebruikt voor de ontwikkeling van slimme energienetwerken (smart farmer grids) in het landelijk gebied. Daarnaast is energiebesparing een belangrijk onderdeel van dit project, omdat dit een positieve invloed heeft op het net.

Stabiel

Agrarische bedrijven, met name melkvee- en akkerbouwbedrijven, verbruiken op bepaalde tijdstippen veel elektriciteit waardoor er pieken in de vraag naar energie zijn. Voor de melkveebedrijven is dat jaarrond het geval, voor de akkerbouw is dat met name in de herfst en winter het geval (tijdens opslag en koeling). Daarnaast neemt de hoeveelheid zonne-stroominstallaties op daken van agrarische bedrijven toe. De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit. Een stabiel net is daarom voor alle partijen van groot belang, ook met het oog op de levensduur van de apparatuur.

Involed

Deelnemers krijgen inzicht in hun eigen elektriciteitsverbruik maar ook in de gevolgen voor het netwerk. Daarnaast krijgen ze tips over hoe slim om te gaan met energie. Voor Enexis zijn de resultaten van belang om te kijken wat de invloed is van het terug leveren van energie aan het netwerk. De provincie Groningen ondersteunt innovatieve projecten op het gebied van energiebesparing en duurzame energieproductie. Het project, dat loopt tot september 2015, wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis en heeft een voorbeeldfunctie voor andere gebieden in Nederland.

>>

nieuws vacaturebank

> nieuws

21/05/2014



Project 'Smart Farmer Grid' van start

Elf agrarische ondernemers, een aantal particulieren en waterschap Noorderzijlvest doen mee aan het project Smart Farmer Grid dat binnenkort van start gaat. Duurzame energieproductie, energiebesparing en slimme innovaties vragen om een slim energienet. Dit geldt overal maar vooral in het buitengebied. Juist daar wordt met behulp van biomassa en met zonnepanelen op daken van stallen energie geproduceerd. Dat is de reden om onderzoek te doen naar een smart grid in het buitengebied.

Op initiatief van de provincie Groningen, LTO Noord en Enexis wordt onderzocht hoe agrarische bedrijven, particulieren en netwerkbedrijven omgaan met energie. En wat de effecten hiervan zijn op het laagspannings-netwerk. Met de informatie uit 'Smart Farmer Grid' wordt meer duidelijk over het energiegebruik en de hoeveelheid opgewekte energie bij de deelnemers. Deze informatie helpt bij het maken van keuzes voor de toekomst door leveranciers, gebruikers en netwerkbeheerders. Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd in de omgeving van Zuidhorn. De resultaten kunnen onder andere worden gebruikt voor de ontwikkeling van slimme energienetwerken in het landelijk gebied. Daarnaast is energiebesparing een belangrijk onderdeel van dit project, omdat dit een positieve invloed heeft op het net.

Agrarische bedrijven, met name melkvee- en akkerbouwbedrijven, verbruiken op bepaalde tijdstippen veel elektriciteit waardoor er pieken in de vraag naar energie zijn. Voor de melkveebedrijven is dat jaarrond het geval, voor de akkerbouw is dat met name in de herfst en winter het geval. Daarbij neemt de hoeveelheid zonne-stroominstallaties op daken van agrarische bedrijven toe. De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit. Een stabiel net is daarom voor alle partijen van groot belang, ook met het oog op de levensduur van de apparatuur.

Deelnemers krijgen inzicht in hun eigen elektriciteitsverbruik maar ook in de gevolgen voor het netwerk. Daarnaast krijgen ze tips over hoe slim om te gaan met energie. Voor Enexis zijn de resultaten van belang om te kijken wat de invloed is van het terug leveren van energie aan het netwerk. De provincie Groningen ondersteunt innovatieve projecten op het gebied van energiebesparing en duurzame energieproductie. Het project, dat loopt tot september 2015, wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis en heeft een voorbeeldfunctie voor andere gebieden in Nederland.



Onderzoek en projecten melkveehouderij

[ONDERZOEK EN DIERGEZONDHEID](#)

[VERANTWOORDE VEEHOUDERIJ](#)

Project 'Smart Farmer Grid' van start

Op initiatief van de provincie Groningen, LTO Noord en Enexis wordt in dit project beoogd om in een bepaald gebied (omgeving Zuidhorn, provincie Groningen) met o.a. een aantal melkveebedrijven en in samenwerking met de netbeheerder een oplossing te vinden voor de problemen rond het leveren van energie uit biomassa en zonnepanelen aan het elektriciteitsnetwerk. Meer informatie over dit project is te lezen in het [nieuwsbericht](#) dat Nieuwe Oogst hieraan wijdde.

Bedrijfsspecifieke excretiewijzer (BEX) levert in 2013 groot voordeel op bij Koeien & Kansen-bedrijven

De Koeien & Kansen bedrijven bespaarden in 2013 gemiddeld 566 ton mestafvoer door het toepassen van BEX. Het grootste voordeel wordt gehaald op bedrijven met een groot aandeel mais. Voor meer informatie, klik [hier](#).

Slepen, beluchten, wassen en eggen beïnvloeden nauwelijks effect van mestflatten

Op proefbedrijf Zegveld zijn in 2013 in het kader van het onderzoek Amazing Grazing verschillende machines getest voor het verspreiden van mestflatten. Hieruit is gebleken, dat het slepen, beluchten, wassen of eggen van mestflatten na weiden nauwelijks effect heeft op de grasopbrengst en – opname in de volgende snede. Klik [hier](#) om meer over dit onderzoek te lezen op de website van Verantwoorde Veehouderij.



Voortgang bij Proeftuin Natura 2000: proefvelden mestaanwending en kansen ruw eiwitverlaging



De komende maanden ligt de focus van de zes melkveehouders in de pilotgroep van Proeftuin Natura 2000 Overijssel vooral op mest-gebruik en rantsoen. Daar is voor hen de meeste winst te behalen. Een aantal beoogde maatregelen vraagt echter om meer onderzoek en ervaring. De betrokken veehouders spelen daarom met ondersteuning van de Proeftuin een actieve rol in het praktijkrijp maken hiervan. Aanpassingen in het rantsoen hebben al sinds de start van de Proeftuin de aandacht. Minder eiwitrijk krachtvoer, stro en brok voor droge koeien, natuurgras voor jongvee: het zijn enkele van de maatregelen die de melkveehouders in de praktijk uitproberen. Het blijft voor ondernemers steeds opnieuw een uitdaging om het vee een zo optimaal rantsoen aan te bieden, gericht op een goede productie én vermindering van ammoniakemissie. Kijk voor meer informatie op de [website](#) van de Proeftuin Natura 2000.

Project 'Smart Farmer Grid' van start

Duurzame energieproductie, energiebesparing en slimme innovaties vragen om een slim energienet. Dit geldt overal maar vooral in het buitengebied. Juist daar wordt met behulp van biomassa en met zonnepanelen op daken van stallen ook energie geproduceerd. Dat is de reden om onderzoek te doen naar een smart grid in het buitengebied, een 'Smart Farmer Grid'. Elf agrarische ondernemers, een aantal particulieren en een installatie (pompemaal) van waterschap Noorderzijlvest doen mee aan dit project.

Op initiatief van de Provincie Groningen, LTO Noord en Enexis wordt onderzocht hoe agrarische bedrijven, particulieren en netwerkbedrijven omgaan met energie. En wat de effecten hiervan zijn op het laagspanningsnetwerk. Met de informatie uit 'Smart Farmer Grid' wordt meer duidelijk over het energiegebruik en de hoeveelheid opgewekte energie bij de deelnemers. Deze informatie helpt bij het maken van keuzes voor de toekomst door leveranciers, gebruikers (ondernemers en particulieren) en netwerkbeheerders.

Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd in de omgeving van Zuidhorn. De resultaten kunnen onder andere worden gebruikt voor de ontwikkeling van slimme energienetwerken (smart farmer grids) in het landelijk gebied. Daarnaast is energiebesparing een belangrijk onderdeel van dit project, omdat dit een positieve invloed heeft op het net. Het project wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis. Het wordt mogelijk gemaakt door Productschap Zuivel, de LTO Noord Fondsen, Provincie Groningen en RVO.

Contactpersoon: Sylvia Koenders

PERSBERICHT

Project 'Smart Farmer Grid' van start

Elf agrarische ondernemers, een aantal particulieren en een installatie (pompgemaal) van waterschap Noorderzijvest doen mee aan het project Smart Farmer Grid dat binnenkort van start gaat.

Duurzame energieproductie, energiebesparing en slimme innovaties vragen om een slim energienet. Dit geldt overal maar vooral in het buitengebied. Juist daar wordt met behulp van biomassa en met zonnepanelen op daken van stallen energie geproduceerd. Dat is de reden om onderzoek te doen naar een smart grid in het buitengebied, een 'Smart Farmer Grid'.

Op initiatief van de Provincie Groningen, LTO Noord en Enexis wordt onderzocht hoe agrarische bedrijven, particulieren en netwerkbedrijven omgaan met energie. En wat de effecten hiervan zijn op het laagspanningsnetwerk. Met de informatie uit 'Smart Farmer Grid' wordt meer duidelijk over het energiegebruik en de hoeveelheid opgewekte energie bij de deelnemers. Deze informatie helpt bij het maken van keuzes voor de toekomst door leveranciers, gebruikers (ondernemers en particulieren) en netwerkbeheerders.

Voor het project is een elektriciteitsnetwerk geselecteerd in de omgeving van Zuidhorn. De resultaten kunnen onder andere worden gebruikt voor de ontwikkeling van slimme energienetwerken (smart farmer grids) in het landelijk gebied. Daarnaast is energiebesparing een belangrijk onderdeel van dit project, omdat dit een positieve invloed heeft op het net.

Stabiel

Agrarische bedrijven, met name melkvee- en akkerbouwbedrijven, verbruiken op bepaalde tijdstippen veel elektriciteit waardoor er pieken in de vraag naar energie zijn. Voor de melkveebedrijven is dat jaarrond het geval, voor de akkerbouw is dat met name in de herfst en winter het geval (tijdens opslag en koeling). Daarbij neemt de hoeveelheid zonne-stroominstallaties op daken van agrarische bedrijven toe. De toename van het aantal zonnepanelen betekent voor het huidige elektriciteitsnetwerk, dat het nu niet alleen voor de levering van reguliere elektriciteit moet zorgen maar ook voor de afvoer van de opgewekte elektriciteit. Een stabiel net is daarom voor alle partijen van groot belang, ook met het oog op de levensduur van de apparatuur.

Involed

Deelnemers krijgen inzicht in hun eigen elektriciteitsverbruik maar ook in de gevolgen voor het netwerk. Daarnaast krijgen ze tips over hoe slim om te gaan met energie. Voor Enexis zijn de resultaten van belang om te kijken wat de invloed is van het terug leveren van energie aan het netwerk. De provincie Groningen ondersteunt innovatieve projecten op het gebied van energiebesparing en duurzame energieproductie. Het project, dat loopt tot september 2015, wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis en heeft een voorbeeldfunctie voor andere gebieden in Nederland.

Drachten, 20 mei 2014

Noot voor de redactie, niet voor publicatie: Voor meer informatie:

Menno Douma, LTO Noord, 088 – 888 66 66, Arnoud Smit, Projecten LTO Noord, 088-888 66 77

Smart Farmer Grid is een initiatief van LTO Noord, de Provincie Groningen en Enexis



Het wordt mogelijk gemaakt door Productschap Zuivel, de LTO Noord Fondsen, Provincie Groningen en RVO



Het project wordt uitgevoerd door L'orèl Consultancy en Projecten LTO Noord in samenwerking met Enexis



LTO Noord - Morra 2 - 9204 KH Drachten - Postbus 186 - 9200 AD Drachten
T 088 - 888 66 66 - F 088 - 888 66 60 - E info@ltonoord.nl - I www.ltonoord.nl
Het hoofdkantoor is gevestigd in Zwolle - KvK 08 13 06 50