



Duitsland als gidsland

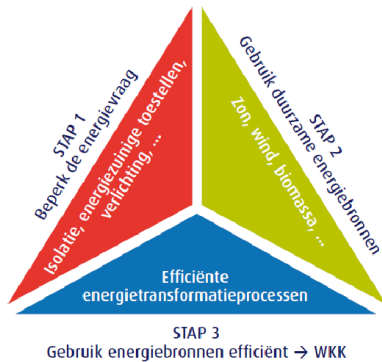
***De “Energiewende” levert ons belangrijke inzichten over de
mogelijke rol van WKK in een elektriciteitsnet met een toenemend
aandeel hernieuwbare elektriciteitsproductie***

Zwartzustersstraat 16, bus 0102 - 3000 Leuven

016 58 59 97 | info@cogenvlaanderen.be | www.cogenvlaanderen.be



Duiding en Opzet



Centraal in de energievisie van COGEN staat de “trias energetica”, vandaar ook dat wij dit symbool voor ons nieuwe logo hebben gekozen. Elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen is bijgevolg ook voor ons duurzamer dan deze uit fossiele brandstoffen, en tegelijkertijd pleiten wij er ook voor dat wanneer deze laatste worden ingezet dit gebeurt op de meest efficiënte wijze. Warmte-krachtkoppeling is hiervoor bij uitstek geschikt, aangezien zij de in de brandstof aanwezige energie zo efficiënt mogelijk benut. Hernieuwbare elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare bronnen heeft echter vooralsnog haar beperkingen. Er zijn momenteel reeds tal van technieken en toepassingen (batterijen, demand site management, power to gas ...) die deze beperkingen deels kunnen opvangen, en naar de toekomst toe zullen deze steeds performanter worden. Hoe dan ook zal een holistische aanpak van de **elektriciteitsmix** -en bij uitbreiding de **energiemix**- van morgen een “**en-en-verhaal**” worden, met de meest aangewezen oplossing op de juiste plaats op het juiste moment. Ons inziens heeft ook WKK een rol te spelen hierbij. Gezien haar vele toepassingsmogelijkheden en haar betrouwbaarheid kan WKK op een energie-efficiënte wijze de ontplooiing van hernieuwbare energie faciliteren, zeker ook met het oog op het efficiënt invullen van de vraag naar die andere belangrijke energieverbruiker, namelijk warmte, die goed is voor maar liefst 60% van het fossiele energieverbruik. Met de studie van effectieve data van een elektriciteitsnet met een groter aandeel intermitterende hernieuwbare elektriciteitsproductie wilden wij nagaan of onze aanname ook effectief met cijfergegevens kan worden onderbouwd.

Executive Summary

Gisteren, vandaag en morgen

Het net moet in evenwicht zijn. Een toenemende (piek)vraag door elektrificatie en toename van intermitterende productie-eenheden maakt dat dit in de toekomst een grotere uitdaging wordt dan in het verleden.

De productie en afname van elektriciteit moeten op elk moment in **evenwicht** zijn: er moet evenveel geproduceerd worden als dat er verbruikt wordt. Waar vroeger enkel stuurbare productie-eenheden ingezet werden en de vraag zelf relatief goed te voorspellen was, was het relatief eenvoudig om ervoor te zorgen dat er altijd evenveel productie was als verbruik. In de nabije toekomst wordt dit minder evident. Ten eerste is het productiepark niet langer volledig stuurbaar: bij een **toenemend aandeel elektriciteit uit wind en zon** hangt de beschikbaarheid van heel wat productievermogen (synchroon) af van de weerselementen. Ook de vraag zal sterk wijzigen, o.a. door een **toenemende elektrificatie** (verwarming, transport). Hierdoor kan men verwachten dat de piekvraag op bepaalde momenten sterk zal toenemen. Er treedt dus een grotere **discrepancie op tussen vraag en aanbod van elektriciteit** en er moet dus gezocht worden naar een ideale invulling van het productiepark en invulling van de stuurbaarheid van de vraag zodat het evenwicht bewaard zou blijven.

Lessen trekken uit de Duitse Energiewende

Duitsland kent een hoog aandeel aan intermittente hernieuwbare bronnen, en staat toe een blik in de toekomst te werken.

De vraag die zich stelt is dan ook wat **de meest efficiënte en meest effectieve invulling van het productiepark** is voor België - en dus ook Vlaanderen - tussen nu en 2030, en bij uitbreiding tot 2050. Een deel van het antwoord hierop kan gezocht worden in de huidige resultaten van de **Duitse Energiewende**. Duitsland heeft als gidsland de laatste jaren ingrijpend geïnvesteerd in hernieuwbare energie. Uit de cijfergegevens van het Duitse elektriciteitsnetwerk kunnen dus belangrijke lessen getrokken worden over de mogelijkheden die HE kan bieden, maar ook over de beperkingen die het aandeel **Intermittente Hernieuwbare Energie (IHE)** met zich meebrengen. Onder IHE verstaan wij weersafhankelijke, niet continu beschikbare energiebronnen, in essentie wind en PV. Zelfs bij een aandeel IHE van 40 à 50% in het opgesteld vermogen, dient er nog steeds een substantieel deel van de **baseload** en van de **piekvraag** te worden ingevuld met niet-hernieuwbare elektriciteitsproductie, waarbij vanuit het duurzaamheidsprincipe WKK de meest aangewezen invulling biedt.

Het is belangrijk te noteren dat verschillende studies – en bijvoorbeeld ook de vergelijking van productiegegevens bij Elia en bij 50Herz – aantonen dat **productie van IHE vaak synchroon gebeurt over grote geografische gebieden**. Dit betekent dat interconnectie alleen niet afdoende een antwoord biedt op variabele productie.

Belangrijkste vaststellingen bij situatie met 19% IHE in totale elektriciteitsproductie (Duitsland)

Bij een aandeel in totale productie van ca. 20% aan IHE in de elektriciteitsproductie blijft er een substantiële rol voor baseload-productie weggelegd.

Duitsland kende anno 2015 een situatie waarin IHE 38,4% uitmaakte van het totaal opgesteld vermogen doch dit opgesteld vermogen IHE is wel al gelijk aan de piek van de totale afname. De effectieve IHE-productie bedroeg echter slechts 23% tov de totale afname. Bovendien blijkt dat na inrekening neming van de IHE productie de piek van de afname slechts met 8% verlaagd is.

Uit analyse blijkt dat de residuele afname een vrij hoge gebruiksduur heeft en een baseload bevat van +/- 30.000 MW en bijkomend ook nog 15.000 MW met gemiddeld 5000 uur gebruiksduur. Er is in deze energiemix dus zeker ruimte voor een technisch en economisch interessante invulling van de resterende productie via WKK.

Belangrijkste vaststellingen bij situatie met aandeel van 44,3% IHE t.o.v. de afname (50Hertz-net)

En zelfs bij een aandeel van meer dan 44% in de totale elektriciteitsvraag blijft er een aanzienlijke nood aan productie-eenheden die een groot aantal draaiuren realiseren.

We hebben ervoor gekozen om de situatie voor het 50 Hertz-net ook apart onder de loep te nemen om twee redenen. Enerzijds is hier het aandeel IHE al goed voor 44,3% van de totale afname en anderzijds stemmen de globale afname van 81,82 TWh en de piekafname van 13,8 GW zeer goed **overeen met de behoefte in België**. In het opgesteld vermogen is IHE goed voor ca. 50%.

Desondanks stelt zich ook in dit elektriciteitsnet het probleem van **asynchroniteit tussen vraag en aanbod** (productie), waardoor de piekvraag slechts met 11% wordt verlaagd door de IHE productie.

Uit de analyse van het aantal en de duurtijd van de onderbrekingen van stuurbare eenheden in deze energiemix blijkt duidelijk dat er ook hier nog een erg groot potentieel is voor deze resterende productie met een nog vrij groot vermogen en een substantieel aantal draaiuren (grootteorde 5000 u).

Conclusie

Dit betekent dat voor WKK een belangrijke rol is weggelegd in het energiesysteem van de toekomst, gezien het enerzijds zaak is de aanvulling van hernieuwbare bronnen zo duurzaam mogelijk te voltrekken, en er anderzijds nog een hele tijd nood blijft aan productie-eenheden met een belangrijke aantal productie-uren. Wel zullen deze eenheden zich op termijn flexibel moeten kunnen gedragen.

Wanneer alle landen n.a.v. de **Europese doelstelling** tot een productiepark evolueren met IHE producties zoals momenteel in het 50Hertz-gebied (IHE goed voor 44% van de afname), zal er regelmatig overproductie zijn, wat – zonder de impact van vraagsturing of opslag mee te nemen – zou leiden tot een **curtailing** van meerdere percenten van de geproduceerde energie. Daarbij zouden de stuurbare eenheden in een ideale wereld (waar de voorspellingen van vraag en productie perfect kloppen in de real time) enkele honderden malen moeten schakelen om te fitten t.g.v. de variabele productie met IHE.

We zien ook dat de **huidige intermittente technologieën** enerzijds slechts een **bepaalde afdekking van de piekvraag** geven, zelfs bij een situatie met >40% IHE t.o.v. de totale vraag en anderzijds zeer **grote schommelingen** veroorzaken bij de complementaire productietechnologieën zodat zeker moet gezocht worden naar een systeem (groepering van oplossingen) dat best kan voldoen aan de **continuïteit van elektriciteitsvoorziening**.

Uit de data die we hebben onderzocht blijkt dat er zelfs bij een groot aandeel IHE er nood is aan meerdere duizenden MW stuurbare productie met utilisaties boven 5000 uur. **Er is bijgevolg zelfs in de Europese scenario's voor 2030 en 2050 een substantiële plaats voor WKK in de energiemix.**

Inhoudsopgave

1	Introductie.....	5
1.1	Situatie in Duitsland goede graadmeter voor 2030 en 2050	6
2	Duitsland.....	6
3	Net 50Hertz	8
3.1	Gegevens over onderbreking van de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz.....	10
3.2	Gegevens over de duurtijd van de operationele periodes voor de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz.....	12
3.3	Impact van beperking van de opgestelde elektrische vermogens van windturbines in een net type 50Hertz.....	12
3.4	Overzicht van de schommelingen in vermogen voor de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz	13
4	Uitwisselbaarheid van de IHE overproductie	14
5	Besluit.....	16

1 Introductie

De hamvraag, die dit document wil beantwoorden, is welke de rol is van warmte-krachtkoppeling (WKK) is in een energiesysteem dat verduurzaming en ontkoolstoffing vooropstelt. Wat is met andere woorden de meest efficiënte en **meest effectieve energiemix voor België** – en dus ook Vlaanderen – **tussen nu en 2030 en bij uitbreiding tot 2050?**

Het antwoord hierop kan realistisch worden ingeschat op basis van de huidige resultaten van de Duitse Energiewende. Duitsland heeft als gidsland de laatste jaren ingrijpend geïnvesteerd in hernieuwbare energie (HE). Uit de cijfergegevens van het Duitse elektriciteitsnetwerk kunnen dus belangrijke lessen getrokken worden over de **mogelijkheden** die HE kan bieden, maar ook over de **beperkingen** die het aandeel **Intermittente Hernieuwbare Energie (IHE)** met zich meebrengen. Onder IHE verstaan wij weersafhankelijke, niet continu beschikbare energiebronnen, in essentie windenergie en PV.

Uit deze data blijkt dat het fluctuerende karakter van deze energiebronnen maakt dat er zelf bij een toename aan IHE tot 30 à 40% van de totale elektriciteitsbehoefte, er nog steeds een substantieel aandeel van de **baseload** en van de **piekvraag** dient te worden ingevuld met brandstof-aangedreven stroomopwekking. En hierbij biedt vanuit het duurzaamheidsprincipe, WKK de meest aangewezen invulling.

1.1 Situatie in Duitsland goede graadmeter voor 2030 en 2050

COGEN Vlaanderen maakte reeds meerdere malen simulaties van hoe de elektriciteitsvoorziening mogelijk wordt bij een groeiend aandeel intermitterende productie. In deze simulaties diende de huidige productie met deze technologieën vermenigvuldigd te worden met een factor 5 à 10 om een niveau te bereiken van 30 à 40 % zoals verwacht wordt tussen 2030 en 2040 (conform de Europese doelstellingen). Gezien de vrij grote toename van de PV- en windturbine-installaties in Duitsland onder het Energiewende-project is het mogelijk effectieve data te vinden voor een **situatie** met tot **20% intermitterende productie** (Duitsland globaal) **en >40%** ("50Hertz"¹ gebied – het vroegere Oost-Duitsland inclusief Berlijn). We stelden reeds vast (oefening over de data van 2011 en 2014) dat de productiepatronen weinig verschillen tussen een kleinere productie in België en een grotere productie in het 50Hertz-gebied met tevens heel regelmatige synchroniteit tijdens de momenten van lage productie evenals de momenten van hoge productieniveaus (bevestiging van Pöyry studies uit 2009 en 2011² vanuit een analyse van weerkundige data).

Hieronder volgt een analyse van de **data uit 2015** van de elektriciteitsproductie en -vraag in Duitsland en respectievelijk het 50Hertz-gebied. We noteren ook dat het **afnamepatroon** in dit **50Hertz-gebied qua afname en qua piekafname zeer sterk lijkt op dit van België** (88 TWh en 13,8 GW piek). Op basis hiervan kunnen lessen getrokken worden voor de toekomstige energiemix in België met het oog op bevoorradingszekerheid en correcte investeringen.

2 Duitsland

We bekijken eerst de situatie in Duitsland omdat de evaluatie van de resultaten van de Energiewende normaal op landniveau worden bekeken en de impact hiervan meestal op het eigen land en NW Europa wordt besproken.

De gegevens van de Duitse netbeheerders verzameld op de **ENTSOE**-website geven ons een duidelijk beeld van de situatie in 2015:

	nucleair	bruinkool	steenkool	aardgas	hydro	bio	wind	solar	andere	totaal
vermogen 2015 GW	12,2	22	27,7	30,2	5,2	6,6	38,2	37,3	17,3	196,7
energieprod 2015 TWh	86,8	143	107	53,1	16,1	38	75,7	35,1	24,9	579,7
gebruiksduur (x1000 h)	7,1	6,5	3,9	1,8	3,1	5,8	2,0	0,9	1,4	
aandeel in %	15,0	24,7	18,5	9,2	2,8	6,6	13,1	6,1	4,3	100

Fig. 1: De Duitse productie in 2015 verdeeld per brandstof of energievorm

¹ 50Hertz Transmission GmbH is een Duitse netbeheerder met zijn hoofdvestiging in Berlijn. Het Duitse net van TenneT, 50Hertz, Amprion en TransnetBW. Eigenaar is Eurogrid GmbH en daarmee indirect het Belgische Elia (netbeheerder). Oorspronkelijk kocht Elia het bedrijf van Vattenfall, toen het nog Vattenfall Europe Transmission GmbH heette. 50Hertz is lid van European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) (bron: Wikipedia)

We stellen het volgende vast:

- Door de onderverdeling naar brandstof is het aandeel WKK (dat in Duitsland op basis van aardgas, steenkool en bio wordt geopereerd) niet “zichtbaar”.
- In de **totale elektriciteitsproductie** is **28% hernieuwbaar**, en is zo’n ruime **19% IHE** (wind en PV).
- Het **opgesteld vermogen** intermitterende productie (75,5 GW) is echter gelijk aan **38,4%** van het **totaal opgestelde vermogen** (196,7 GW) en wel al **gelijk aan het piekvermogen** van de **afname**.
- De totale **Duitse productie** (580 TWh) is **substantieel hoger** dan de **Duitse afname** (bijgevolg een grote netto export van 52 TWh).
- De afname volgens de productiedata van ENTSOE bedraagt dan 528 TWh, waarvan 8 TWh voor pompcentrales. De total load die ook op die website wordt opgegeven bedraagt 478 TWh. We merken dus op dat **42 TWh** niet werd toegewezen aan verbruik en dus normaal als **netverlies** zou beschouwd moeten worden (zou dan 8% bedragen).

De kwartuurwaarden van enerzijds de afname en anderzijds de som van PV en wind laten ons toe om de synchroon resulterende afname verlaagd met de intermitterende productie te berekenen. Indien we nu die drie getallenreeksen (totale afname, totale productie PV+wind en resulterende afname) niet chronologisch rangschikken maar in volgorde van grootte (de grootste waarde eerst, de kleinste laatst) krijgen we de volgende “**monotonen**” die weergeven **hoeveel uur een bepaald niveau bereikt of overschreden werd** (het maximum vermogensniveau dus slechts 1 uur, het minimum dus logisch 8760 uur).

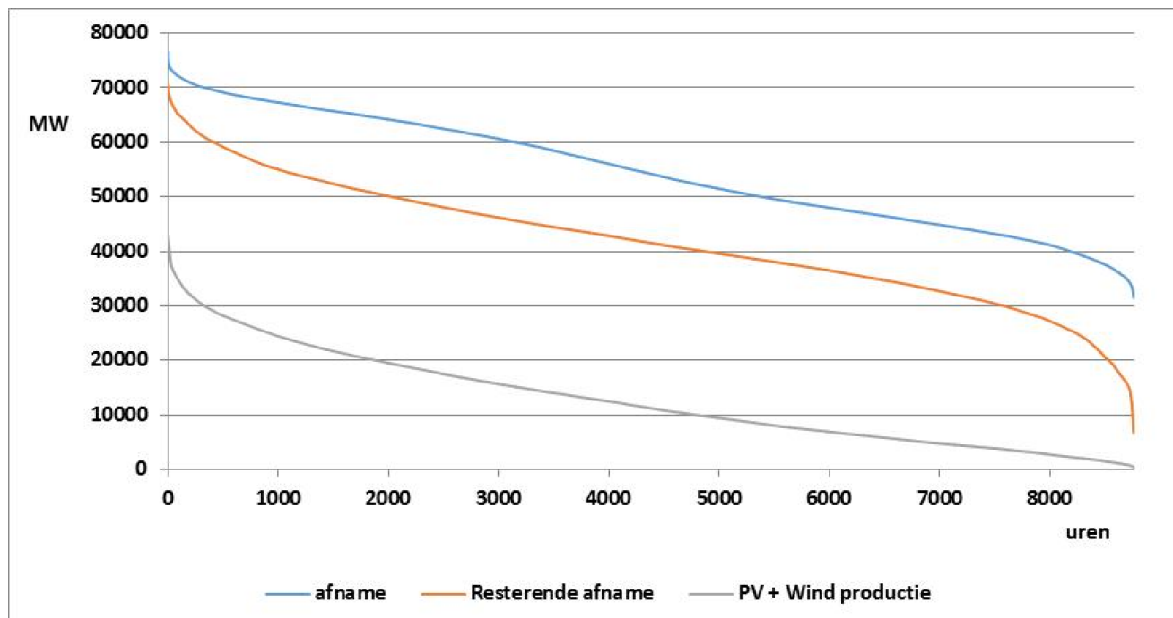


Fig. 2: afname, IHE-productie en resterende afname voor Duitsland (na gebruik van de beschikbare IHE-productie) - (verticaal: Afname of productie in MWe – horizontaal: aantal uur dat een bepaald niveau werd bereikt)

Opvallend is dat:

- de **synchrone som van PV en wind is 43 GW**, ondanks 76 GW aan opgesteld vermogen;
- Ondanks dit opgesteld vermogen aan IHE de **piek van de afname slechts daalt van 76,6 GW naar 70,6 GW** (m.a.w. slechts **8% afdekking** van de piekvraag door het opgestelde vermogen PV + wind in 2015);
- dat de **resulterende gebruiksduur** van de **resterende afname** is nog **5200 uur** [(478.000-110.800)/ 70,6], daar waar de globale afnamegebruiksduur 6240 uur (478.000/ 76,6) bedraagt;
- de **productie door wind en PV** in 2015 **23,2%** (110,8/478) bedroeg **t.o.v. de afname**, de export van stroom even niet meegerekend.

We merken op dat de monotoon van de residuele te beleveren afname een vrij **hoge gebruiksduur** (>7500 u) heeft en een **baseload** bevat van +/- 30.000 MW en bijkomend ook nog eens 15.000 MW met gemiddeld 5000 uur. Deze productie wordt thans vooral verzorgd door nucleaire productie en steenkool en bruinkool gebaseerde centrales. In de toekomst is de vervanging voor het nucleair gedeelte tegen 2022 voorzien en wil Duitsland ook zijn steenkoolproductie gaan afbouwen.

Op basis hiervan kunnen we concluderen dat er in deze situatie ruimte is voor **warmtekrachtkoppeling (WKK)** als een **technisch en economisch interessante invulling** van deze resterende productie.

Indien de nucleaire productie tegen 2022 wordt stilgelegd zal die in eerste instantie hoofdzakelijk worden opgevangen door steenkoolproductie (dit betreft immers bestaande installaties en actueel de goedkoopste productietechniek, tenzij de CO₂-kost drastisch stijgt) wat een stijging van CO₂-emissies van rond 70 Mton/j zou kunnen betekenen. Ter vergelijking, de 110TWh, die IHE-bronnen in 2015 in Duitsland produceerden, hebben net ook ongeveer 70 Mton CO₂ aan kolen- en gasstook voor stroomproductie verdrongen.

Om de tenietdoening van de emissiebesparing van deze investeringen in wind en zon te vermijden kan bijkomende investering in wind en zon niet helpen (immers intermitterend), en zou alleen massale investering in bio dit kunnen vermijden, wat de bouw van 12.000 MW biomassa-centrales zou vereisen en de plotse verhoging van de beschikbare biobrandstof tot 330% van het huidige niveau. Dit is echter zelfs technisch niet mogelijk tegen 2022 (los van andere belemmeringen zoals die enorme bijkomende biomassa-behoefte en de kostprijs die hieraan zou gekoppeld zijn).

3 Net 50Hertz

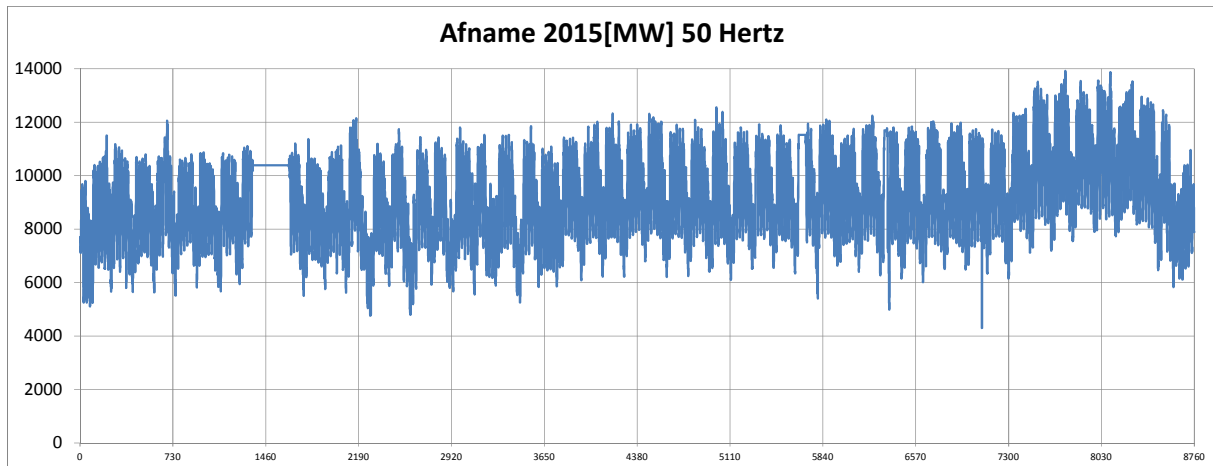
Om te zien wat de ruimte voor WKK zou zijn bij een intensere aanwezigheid van intermitterende productie (>40%) analyseerden we ook data van het 50Hertz-net. Hier worden wederom enkel data zoals gepubliceerd door ENTSOE gebruikt.

In dit gebied is het **totaal opgesteld vermogen wind + PV 22,4 GW** en dus **substantieel hoger** dan de **piekvraag van 13,8 GW**.

50Hertz	bruinkool	steenkool	aardgas	hydro	bio	wind	solar	andere	Totaal
vermogen 2015 GW	10	1,5	4,3	0,2	1,7	14,3	8,1	4,4	44,5

Fig. 3: Opgesteld vermogen in 50hertz-net verdeeld per brandstof of energievorm

De grafiek hieronder geeft de voorstelling weer van de afname in het 50 Hertz-gebied. We stellen vast dat de data die ENTSOE beschikbaar stelt niet volledig zijn (zoals in de maand februari-maart en augustus).



Figuur 4: afname op het 50Hertz net in MWe voor 2015

De monotonen van de afname, de som van wind + PV en de resulterende afname zijn :

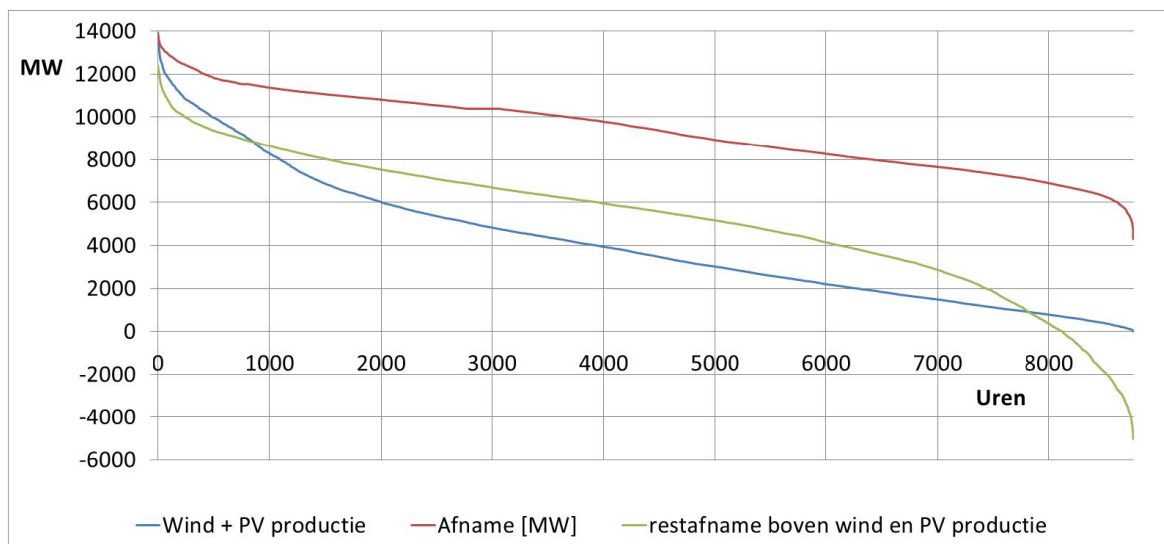


Fig. 5: afname, IHE-productie en resterende afname voor 50Hertz-net (na gebruik van de beschikbare IHE-productie) - (verticaal: Afname of productie in MWe – horizontaal: aantal uur dat een bepaald niveau werd bereikt)

Opvallende kenmerken zijn:

- De **globale afname** van **81,82 TWh** en de **piekafname** van **13,8 GW** stemt zeer goed overeen met de behoefte in België (zie 1.1 2§).
- De **synchrone som** van de **elektriciteitsproductie door PV en wind** bedraagt slechts **13,8 GW t.o.v. 22,4 GW opgesteld vermogen**.
- Ondanks dit opgesteld vermogen aan IHE is de **piek van de resterende afname** slechts **1,4 GW lager** dan de volledige afname; m.a.w. de **IHE-bronnen dekken** op het **piekmoment** slechts **11%** van de vraag af;
- de **resulterende gebruiksduur** van de **afname** is nog 3674 uur $[(81.825 - 36.270)/12,4]$, de globale afname was 5880 uur $(81.825/13,92)$;
- De **resulterende afname** wordt zo'n **600 uur negatief**, m.a.w. de productie PV + wind is gedurende 600 uur in real time groter dan de afname (goed voor 1,08 TWh);
- De **productie door wind en PV** stemt overeen met **44,3% van de afname** en zou in real time 43% van de afname kunnen dekken indien op bepaalde momenten alle andere productie wordt uitgeschakeld (zo'n 600 uur, zie hiervoor).
- Zo er echter steeds een **1000 MW minimale productie** door **stuurbare eenheden** wordt verondersteld (bv. als reserve) stellen we vast dat er zelfs **1,9 TWh productie van IHE** (wind en zon) moet kunnen **geëxporteerd of afgeschakeld** (curtailment) worden, doch dan is er **nog steeds 42% van de vraag door die IHE gedekt**.

3.1 Gegevens over onderbreking van de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz

In de grafiek hieronder stellen we op uurbasis de behoefte aan stuurbare productie in real time voor om de resterende afname te dekken voor het jaar 2015 .

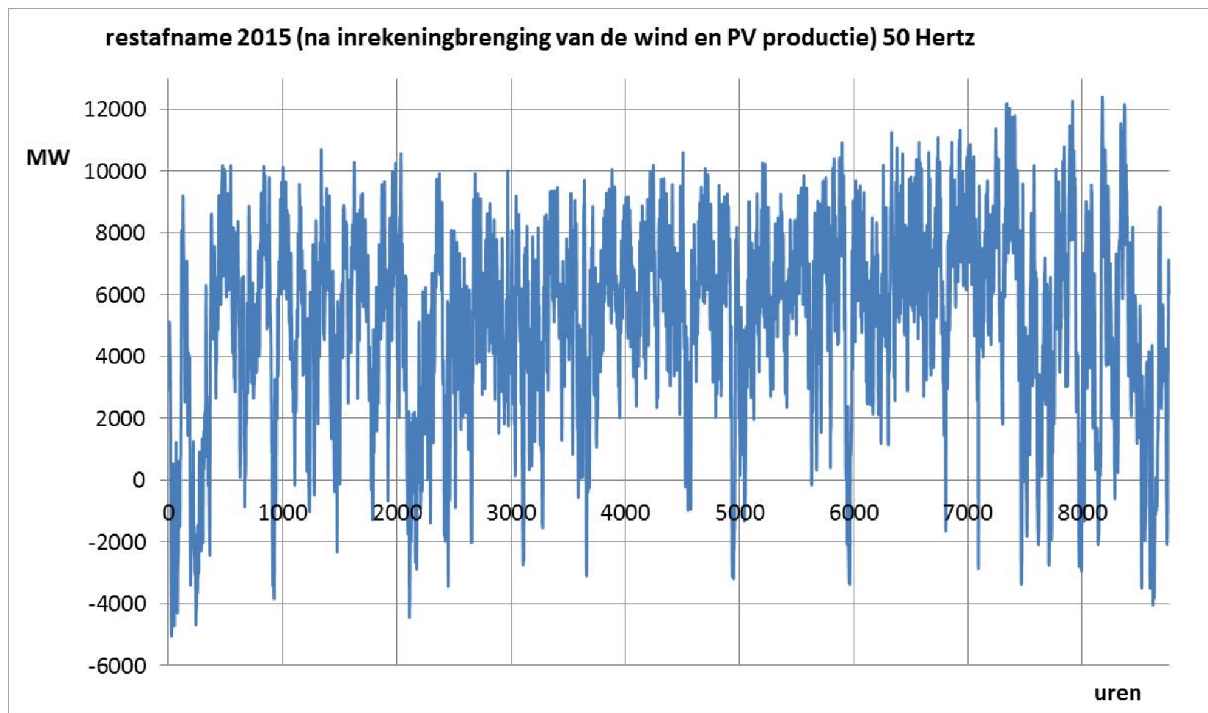


Fig. 6: real time weergave van de restafname in MWe die in het 50Hertz gebied diende gedekt te worden door andere bronnen dan IHE (wind en zon).

We zien dat de 600 u waarbij de productie van PV + wind groter is dan de afname verspreid is over het ganse jaar.

Het complement van de intermittente bronnen zal via stuurbare productie-eenheden gebeuren (onafhankelijk van de gebruikte techniek). Op de markt wordt dit gerealiseerd door de “**stapeling**” van de **aangeboden eenheden of technieken**. Die stapeling houdt in dat de verschillende beschikbare productie eenheden in volgorde **van lagere marginale kostprijs naar hogere marginale kostprijs** worden geordend en het goedkoopste volume overeenstemmend met de restafname voor het betrokken uur zal kunnen leveren. We zien de volgende kenmerken voor de groepen(of technieken) die in de **stapeling** in de verschillende **schijven van vermogen** voorkomen (per schijf van 1000 MW beschouwd en weerom mogelijke export van stroom niet meegerekend):

tussen A MW en B MW	van 0 tot 1000	van 1000 tot 2000	van 2000 tot 3000	van 3000 tot 4000	van 4000 tot 5000	van 5000 tot 6000	van 6000 tot 7000	van 7000 tot 8000
gebruiksduur	7900	7600	7200	6500	5700	4500	3200	2000
aantal afschakelingen op uurbasis	90	110	145	200	260	310	335	300
gemiddelde duur afschakeling in u	9	11	11	11	12	13	16	22

Fig. 7: kenmerken van vermogensranges van 1000 MW in de stapeling van de andere productiemiddelen.

De 1000 MW die zich het **goedkoopst** op de stapeling aanbiedt zou **7900 uur** kunnen draaien in het jaar 2015 en zou tot **90 maal** in dat jaar moeten **uitschakelen** t.g.v. overproductie van de som wind + PV t.o.v. de afname. Voor de eenheden die **hoger gerangschikt** zijn op de stapeling **verlaagt** uiteraard de **mogelijke gebruiksduur** en **verhoogt** het **aantal in- en uitschakelingen**. Toch moet minstens 6 GW van de 12,4 GW de helft van het jaar operationeel zijn.

Onderstaande grafieken zoomen in op de **onderbrekingen** en zetten **de duurtijd van de onderbrekingen** uit t.o.v. de **gemiddelde duurtijd** (zie fig. 7). De verschillende duurtijden van de onderbrekingen staan dus in volgorde van hoog naar laag en dit respectievelijk voor de best geplaatste productie-eenheid (78 onderbrekingen) in de rangschikking en voor de eenheid die door een 7000 MW wordt voorafgegaan in de stapeling (335 onderbrekingen). Zo zien we dat de beste geplaatste eenheid (1^{ste} MW in de stapeling) één onderbreking van 50 uur heeft en slechts een 5 tal van meer dan 20 uur.

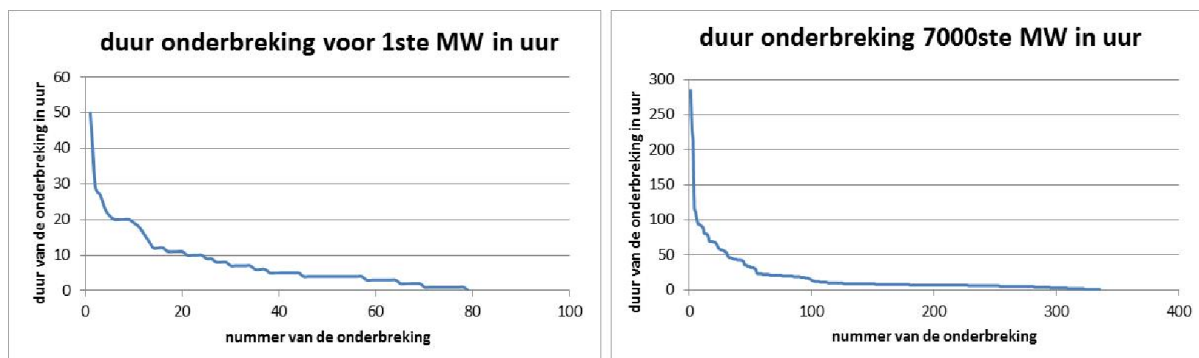


Fig. 8: monotoon van de onderbrekingen die een eenheid die de goedkoopste is in de stapeling of die zich rond de 7000 MW plaatst in die stapeling zou ondervinden (zo geen export mogelijk is op die ogenblikken)

We stellen dan ook vast dat de betrokken eenheden of technieken vrij **veel schakelingen** moeten kunnen verwerken. Dit is nu wel net wat WKK's normaal vrij vlot kunnen (frequenties tot 1 maal per dag zijn haalbaar) en ze kunnen dan overgangen op warmtevoorziening activeren vanuit **stockage** of andere bron ook overeenstemmen. **WKK's** zullen in de **stapeling** normaal bij de **laagste marginale kosten** staan en dus mogelijkheid hebben om **vrij grote gebruiksduren** te realiseren. WKK's in de industrie en baseload van verwarmingstoepassingen of sanitair warm water-bereiding kunnen in die "baseload" met onderbrekingen goed aarden.

3.2 Gegevens over de duurtijd van de operationele periodes voor de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz

We kunnen ook checken hoelang de **operationele periodes** zijn, m.a.w. hoelang kan een eenheid operationeel blijven telkens hij opgestart wordt. We hebben die periodes uitgezet in monotone vorm voor bv. een eenheid die zich in de stapeling (na opstelling van de wind- en PV-productie) op de plaats van 4000^{ste} MW bevindt. De gemiddelde duur is 26 uur en de langste periode 250 uur, de kortste 1 uur en in totaal een 250 tal starts (waarvan echter een 150-tal keer met duurtijd van 15 uur of minder).

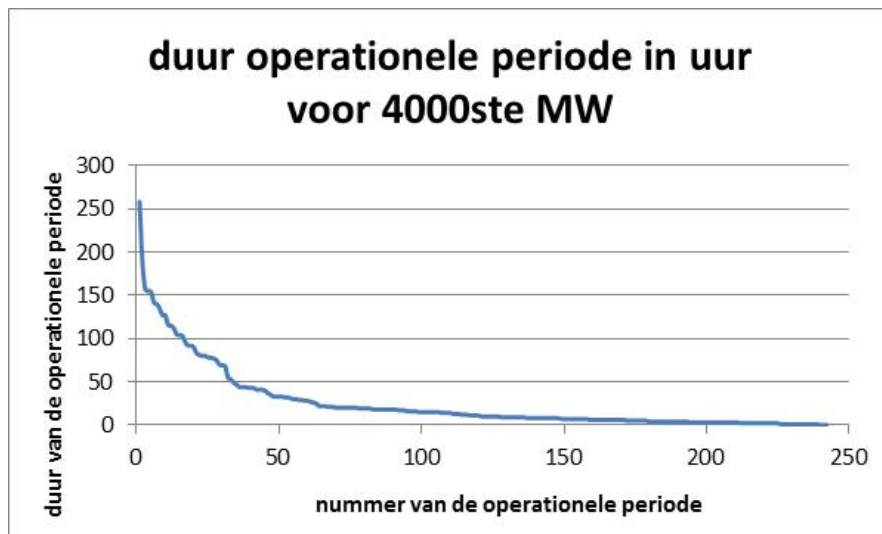


Fig. 9: monotoon van de operationele periodes voor een eenheid die in de stapeling door een 4000 MW productie eenheden wordt voorafgegaan

3.3 Impact van beperking van de opgestelde elektrische vermogens van windturbines in een net type 50Hertz

Hieronder simuleren we een situatie waarbij een **minimale stuurbare productie van 1000 MW** en een **reductie van de powertrains van de windproductie naar 65%**. We merken op dat indien we de hypothese maken dat het opgesteld elektrisch vermogen van de windturbines tot 65% zou verlaagd zijn, er ongeveer 1,1 TWh minder IHE-productie zou zijn, doch dat het overschot t.o.v. een minimale

stuurbare productie van 1000 MW nog slechts 1,08 TWh zou bedragen t.o.v. de 1,9 TWh in de huidige situatie (of indien er curtailment nodig blijkt zou dit dus netto quasi geen verlies betekenen van IHE-productie).

De eenheden die eerst aan bod komen in de stapelingen zouden dan ook een 78 maal onderbroken worden maar iets minder lange onderbrekingen kennen, namelijk gemiddeld 6 uur en voor de eenheid die het laagst in de stapeling zou staan; voor de eenheden die hoger in de stapeling voorkomen wijzigt de duur slecht beperkt. De figuur hieronder toont de monotoon voor de laagst gerangschikte eenheid (die hier ook > 8000 uur zou mogen draaien) en de vergelijking met fig 8.

Bij de case van fig. 8 (realiteit 2015) zou de **gemiddelde onderbrekingsduur 8,2 uur** zijn, bij het geval dat het **generatorvermogen tot 65%** zou beperkt geweest zijn, zou de **gemiddelde onderbrekingsduur 5,8 uur** bedragen.

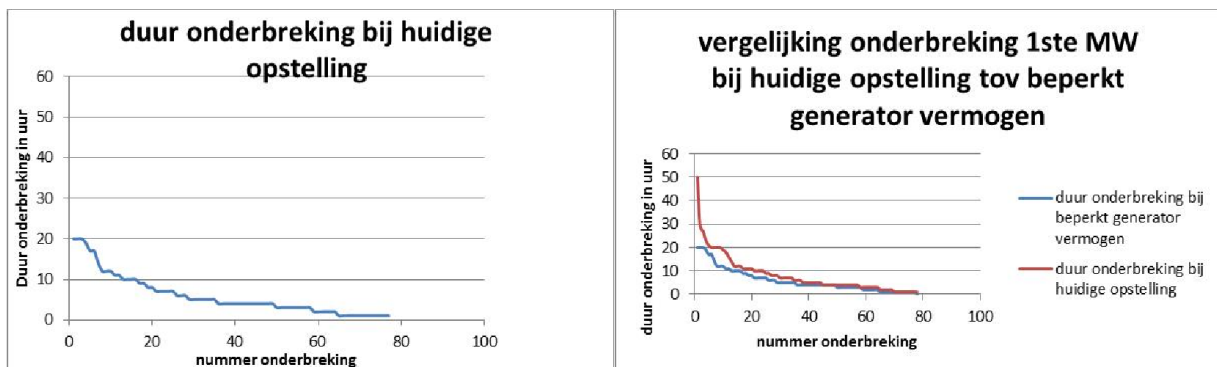


Fig. 10: monotoon van de onderbrekingen die een eenheid die de goedkoopste in de stapeling zou ondervinden (zo geen export mogelijk is op die ogenblikken) zo het generatorvermogen van de windturbines beperkt zou zijn.

3.4 Overzicht van de schommelingen in vermogen voor de stuurbare eenheden in een net type 50Hertz

We stellen vast dat er grote gradiënten zijn in restafname die gedekt dient te worden door andere productie-eenheden. In een park met een **piekafname van grootteorde 12000 MW** en “normaal opgesteld vermogen” aan stuurbare eenheden van bv. 14000 MW (we noteren actueel in het 50Hertz-net een opgesteld vermogen van 44 500 MW) zijn de **op te vangen schommelingen** op basis van de wijzigingen op 2–uur-basis (een zeer korte tijd om klassieke eenheden op te lijnen) als volgt :

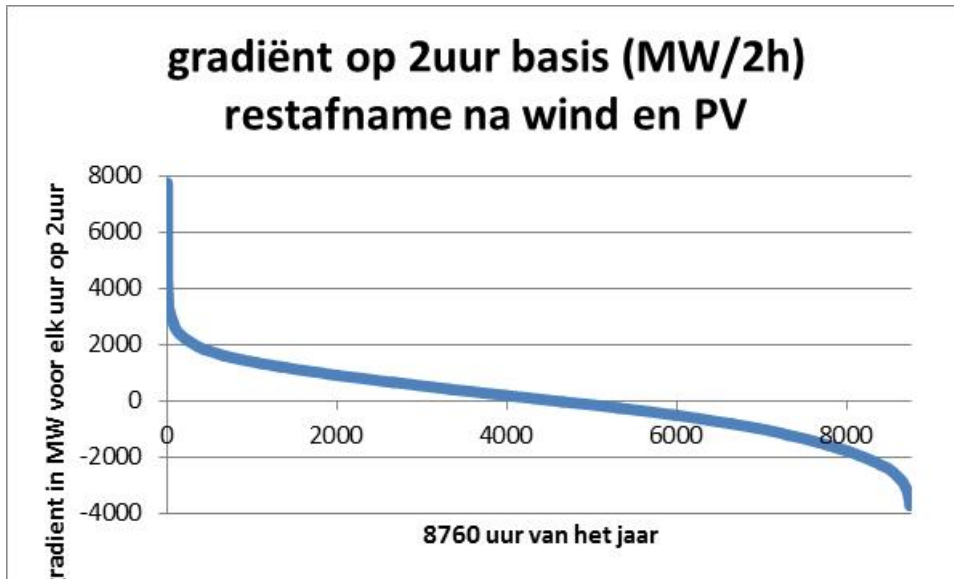


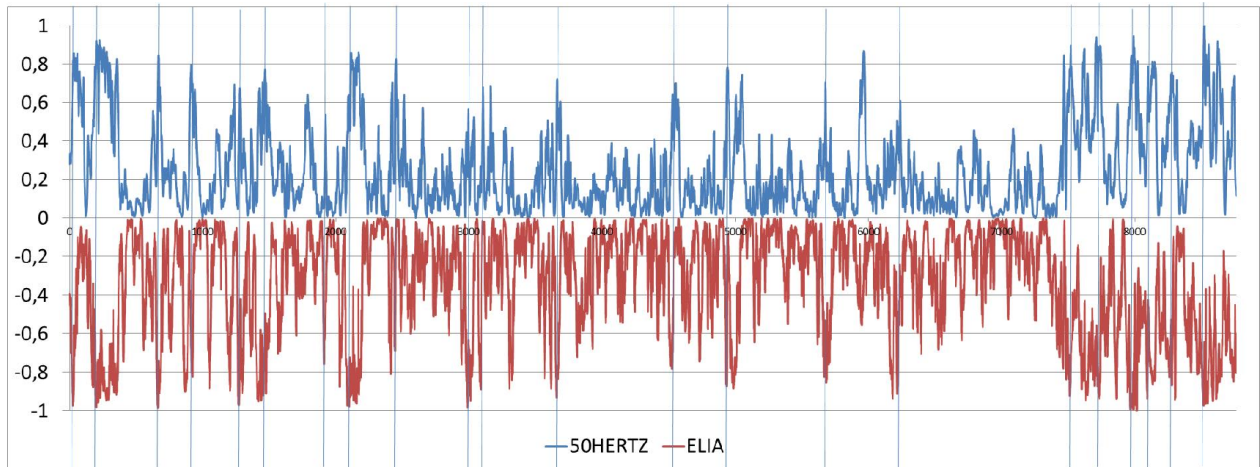
Fig. 11: *monotoon van de gradiënt van de restafname na wind en PV productie op 2 uur basis beschouwd en uur per uur berekend*

Er komen met andere woorden een 50-tal situaties voor waarin op 2 uur tijd meer dan 3000 MW moet worden afgeschakeld (met pieken van 8000 MW) en 60-tal situaties waarin dat meer dan 3000 MW op 2 uur tijd moet worden bijgeschakeld. Dit betekent dat er naar **snel stuurbare technieken** zal moeten gezocht worden (bv. batterijen, motoren WKK's, DSM ...), **gecombineerd met opstart of stop van andere tragere eenheden**.

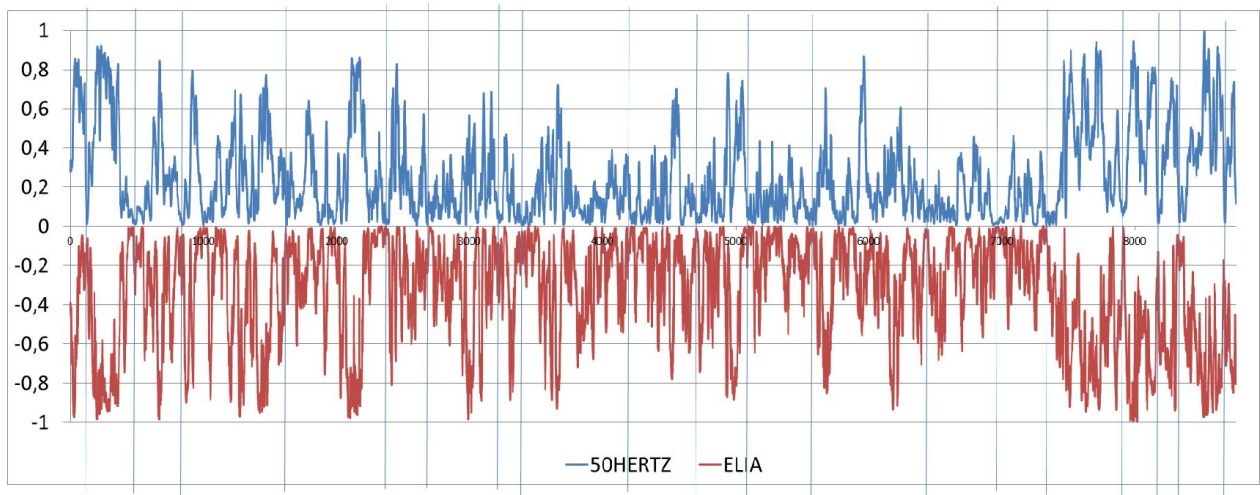
4 Uitwisselbaarheid van de IHE overproductie

Er wordt in de besprekingen met betrekking tot hoge percentages IHE producties vaak verondersteld of geopperd dat er **uitwisselbaarheid** zal zijn met de **gebuurlanden** zodat er compensatie zou zijn van de periodes met hoge en respectievelijk lage productie (m.a.w. asynchroniteit tussen de hogere resp. lagere productie in een land ten opzichte van de buur). Om dit te checken dienen we te evalueren of de **regelmatige IHE-overproducties** bij introductie van **grootteorde 40 % IHE uitwisselbaar** zullen zijn met de **aangrenzende netwerken**. Hiertoe gingen we nogmaals (zoals ook voor 2011 en 2014 gebeurde) na of er synchrone productie is van IHE-productie in respectievelijk **België (=Elia-net)** en het **50 Hertz-gebied**. Uit deze analyse blijkt opnieuw dat **zowel bij hoge productieniveaus als bij lage productieniveaus er zeer vaak synchroniteit is tussen de beide gebieden**.

In de twee onderstaande figuren werd de **windproductie** van het 50Hz-gebied samengebracht met de windproductie in het Elia-gebied uitgedrukt per eenheid (dus t.o.v. de maximale jaarproductie) en op een gespiegelde as uitgezet voor de productie in België om de vergelijkbaarheid mogelijk te maken. Met hulplijnen op de eerste figuur worden enkele piekproducties aangegeven die corresponderen met piekproducties in het andere gebied.



Analoog hebben we in de tweede figuur ook even de **momenten van nulproductie** opgegeven met hulplijnen om de twee gebieden ook hierop te vergelijken en opnieuw de synchroniteit aan te geven.



We stellen vast dat de momenten van zowel **hoge productie** (de momenten waarom er zou moeten kunnen uitgevoerd worden) als deze van **lage productie** (de momenten dat de regelbare producties hoog moeten produceren) echt heel vaak **synchroon** zijn. **Dit patroon vinden we in alle onderzochte jaren terug.**

Ook wanneer men de synchroniteit van de wind-en PV-productie over **grotere gebieden** analyseert komt men tot **dezelfde bevindingen**. In de studie “The European Power System in 2030: Flexibility Challenges and Integration Benefits “ die het Fraunhofer-Institute for Wind Energy and Energy System Technology (IWES) in opdracht van Agora Energiewende in 2015 uitvoerde, wordt de synchroniteit op nationaal vlak vergeleken met het **Pentalateral Energy Forum** (PLEF: Benelux, Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland) en **Europa**.

Hieruit blijkt dat op landniveau de synchroniteit t.o.v. het opgestelde vermogen rond 60% ligt, op PLEF-niveau op 54% en op Europees niveau 46%. De **piekmomenten herhalen zich regelmatig** (zie bv. de windkenmerken van resp. België en 50Hertz hierboven) waardoor we kunnen stellen dat bij een geïnstalleerd vermogen zoals momenteel in 50Hertz (40% aandeel IHE) het synchroon vermogen over de PLEF-grenzen heen voor 50Hertz op een vermogen van $22,4 \times 0,54 = 12,1$ GW komt, wat slechts een 370 uur in het jaar door de afname wordt bereikt.

Deze **(a)synchroniteitsanalyse** toont wel aan dat bij **hoge IHE-productieniveaus**, vaak ook **hoge IHE-niveaus gelden in de buurlanden / nabijgelegen landen**. Zo kunnen dus de **hoge IHE-producties slechts beperkt** of zelfs niet naar deze landen kunnen **geëxporteerd** worden.

Dit bevestigt ook dat het **beperken van de generatorvermogens** zoals toegelicht in 3.3 zeker nuttig kan zijn (m.a.w. de hypothese dat veel van de geproduceerde IHE tijdens de uitzonderlijk winderige of zonnige dagen in feite anders toch zou “gecurtailed” worden en dus nog duidelijker een effectieve besparing betekent).

In de Agora- studie wordt wel een **substantiële beperking** naar voor geschoven van het volume te “curtailen” energie door het gebruik van **export/import**, dit komt echter door de veronderstelde situatie, namelijk dat enkel Duitsland een IHE-productie heeft vergelijkbaar met de huidige 50Hertz-situatie en alle andere landen een veel lager aandeel van IHE hebben enerzijds en doordat er een copper plate over heel europa wordt verondersteld, wat niet realistisch is, anderzijds.

We merken bijkomend op dat de studie ook vermeldt dat de synchroniteit van de momenten van veel wind of geen wind groter is (conform de Pöyry-studies).

5 Besluit

Indien alle landen n.a.v. de **Europese doelstelling** tot een opstelling zouden komen van HE zoals momenteel in het 50Hertz-gebied aanwezig is (IHE goed voor 40% van de afname), zou er **regelmatig overproductie zijn t.g.v. de zon- en windenergie**, wat zal leiden tot een **curtailing** van meerdere percenten van de geproduceerde energie en dan zouden de **stuurbare eenheden** in een ideale wereld (waar de voorspellingen van vraag en productie perfect kloppen in de real time) enkele honderden malen moeten **schakelen om te fitten** t.g.v. de variabele productie met IHE.

We zien ook dat de **huidige intermittente technologieën** (zon en windenergie) enerzijds slechts een **beperkte afdekking** van de **piekvraag** geven, zelfs bij een situatie met **>40% IHE** t.o.v. de totale vraag en anderzijds zeer **grote schommelingen** veroorzaken bij de **complementaire productietechnologieën** zodat zeker moet gezocht worden naar een systeem (groepering van oplossingen) dat best kan voldoen aan de **continuïteit van elektriciteitsvoorziening**.

Uit de data die we hebben onderzocht blijkt dat er zelfs bij een groot aandeel intermittente hernieuwbare energie er **nood** is aan **meerdere duizenden MW stuurbare productie** met **utilisaties boven 5000 uur**. *Er is bijgevolg zelfs in de Europese scenario's voor 2030 en 2050 een substantiële plaats voor WKK in de energiemix.*