

# **STUDIE BETREFFENDE HET FOTOVOLTAÏSCHE PARK IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST - 2019**

## **Studie op initiatief (BRUGEL-Studie- 20210604-38)**

**Betreffende het fotovoltaïsche park in het Brussels  
Hoofdstedelijk Gewest  
2019**

**Opgesteld op basis van artikel 30bis § 2, 2° van de ordonnantie  
van 19 juli 2001 betreffende de organisatie van de  
elektriciteitsmarkt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest**

**04.06.2021**

**Verslag opgesteld door het consortium Becquerel Institute –  
LuciSUN – SUN7 voor rekening van BRUGEL**

# Inhoud

1	Executive summary.....	5
2	Inleiding.....	7
2.1	Juridische grondslag.....	7
2.2	Voorwerp van het verslag.....	7
2.3	Inhoud van het verslag.....	8
2.4	Wijziging in vergelijking met eerdere oefeningen .....	8
3	Inhoud en methodologie .....	9
4	Staat van het geïnstalleerde fotovoltaïsche (FV-) park.....	11
4.1	Samenvatting van de markante feiten.....	11
4.2	Situatie in 2019.....	11
4.3	Evolutie van het FV-park per eigenaar.....	15
4.4	Evolutie van het park per vermogensklasse .....	19
4.5	Europese en interregionale vergelijking.....	21
5	Geïnstalleerd materiaal.....	23
5.1	Samenvatting van de markante feiten.....	23
5.2	Specifiek vermogen van de panelen.....	24
5.3	Dimensionering van de omvormers.....	26
5.4	Marktaandelen van de fabrikanten van panelen.....	28
5.5	Marktaandelen van de fabrikanten van omvormers.....	32
6	Prijs van de installaties .....	35
6.1	Samenvatting van de markante feiten.....	35
6.2	Prijs per kWp naargelang de vermogenscategorieën in 2019.....	36
6.3	Prijs per kWp naargelang het jaar van indienstname en de vermogenscategorieën.....	39
6.4	Prijs in functie van de specifieke vermogens en van de vermogenscategorieën.....	40
6.5	Bijdrage tot het Brussels BBP .....	42
7	Productiviteit van de installaties.....	43
7.1	Samenvatting van de markante feiten.....	43
7.2	Zonne-energie .....	44
7.3	Analyse van de oriëntatie van de panelen van het fotovoltaïsch park .....	46
7.4	Beschikbaarheid en filtering van de gegevens.....	50
7.5	Specifieke energieproductiviteit.....	55
7.6	Performance Ratio (PR) .....	57
7.7	Statistische analyses.....	65
8	Zelfverbruik en zelfvoorziening.....	72
9	Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park.....	73
9.1	Samenvatting van de markante feiten.....	73
9.2	Voorgestelde indicatoren.....	73
9.3	Geanalyseerde steekproef.....	73
9.4	Resultaten .....	74
9.5	Zonnepotentieel per gemeente.....	82
10	Verklarende woordenlijst .....	87
11	Afkortingen.....	88

## Lijst van de illustraties

Figuur 3-1: Illustratie van de begrippen installaties en gecertificeerde eenheden (CU).....	9
Figuur 4-1: Verdeling van het aantal installaties en het vermogen per eigenaar voor het volledige actieve park eind 2019.....	12
Figuur 4-2: Verdeling van het aantal installaties en het geïnstalleerd vermogen per vermogenscategorie voor het volledige actieve park eind 2019.....	13
Figuur 4-3: Verdeling van het aantal FV-installaties per vermogenscategorie en per eigenaar eind 2019 .....	13
Figuur 4-4: Evolutie van de premies en fiscale voordelen in het BHG.....	15
Figuur 4-5: Evolutie van het geïnstalleerd FV-vermogen per type eigenaar en per jaar van indienstname (2008-2019).....	16
Figuur 4-6: Evolutie van het aantal FV-installaties in het BHG per type eigenaar en per jaar (2008-2019).....	17
Figuur 4-7: Relatieve evolutie van de marktaandeelen van de verschillende vermogenscategorieën.....	19
Figuur 4-8: Evolutie van het gecumuleerde in gebruik genomen vermogen van de installaties van het FV-park in het BHG tussen 2008 en 2019, uitgesplitst per vermogenscategorie .....	20
Figuur 4-9: Vergelijking van de Wp/inwoner met 13 andere steden (2019).....	21
Figuur 4-10: Vergelijking van de geïnstalleerde kWp/km <sup>2</sup> met 13 andere steden (2019).....	22
Figuur 5-1: Frequenties van de specifieke vermogens van de panelen: Staat van het Brusselse park eind 2019 .....	24
Figuur 5-2: Frequenties van de specifieke vermogens van de panelen: Installaties in dienst genomen in 2009 (bovenaan) en in 2019 (onderaan) .....	25
Figuur 5-3: Evolutie van de gemiddelde verhouding GS/WS per jaar van indienstname.....	27
Figuur 5-4: Spreiding van de vermogensverhoudingen GS/WS in 2009 en in 2019 .....	27
Figuur 6-1: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (€/kWp) – jaar van indienstname 2019.....	37
Figuur 6-2: Prijs van de installaties per vermogenscategorie in het segment onder 5 kWp (EUR/kWp) IDN 2019.....	38
Figuur 6-3: Prijs van de installaties over de periode 2012-2018 (€/kWp).....	40
Figuur 6-4: Verband tussen specifiek vermogen en prijs voor de categorie ]4-5] kWp in 2019.....	41
Figuur 6-5: Verband tussen specifiek vermogen en prijs voor de categorie ]5-36] kWp in 2019 .....	41
Figuur 6-6: bijdrage van het FV-park aan het BBP in percent (2019) bron: IEA-PVPS.....	42
Figuur 7-1: Jaarlijkse globale horizontale zoninstraling gemeten in Ukkel Bron: KMI, 2019.....	44
Figuur 7-2: Achtereenvolgens toegepaste filters en resulterend aantal installaties .....	47
Figuur 7-3: Verdeling van de oriëntaties van de installaties in de steekproef van BRUGEL .....	48
Figuur 7-4: Beeld van het stadscentrum van Brussel (Vijfhoek) vanuit de lucht.....	49
Figuur 7-6: Overzichtsschema van de filters toegepast op de brutogegevens vóór filtering van de outliers, voor de volledige analyseperiode, van 2008 tot 2019 (filters 1 tot 3).....	51
Figuur 7-7: Aantal beschikbare installaties per productiejaar voor de analyse van de productiviteit (2008-2019).....	52
Figuur 7-8: Beschikbaarheid van de gegevens van 2008 tot 2019 voor elke installatie na filtering van de gegevens.....	53
Figuur 7-9: Verdeling van de jaarlijkse productiviteit van de installaties in het voorbije decennium (2009-2019).....	55
Figuur 7-10: Verdeling van de jaarlijkse productiviteit van de FV-installaties voor referentiejaar 2018.....	56
Figuur 7-11: Evolutie van de jaarlijkse productiviteit in de loop van de tijd, gedurende een decennium (2009-2019).....	57
Figuur 7-12: Jaarlijkse PR voor referentiejaar 2018 voor de steekproef met gekende oriëntatie .....	58
Figuur 7-13: Verdeling van de jaarlijkse PR in het BHG voor referentiejaar 2018.....	59
Figuur 7-14: Evolutie van de jaarlijkse PR in het decennium 2009-2019 .....	60
Figuur 7-15: Verdeling van de jaarlijkse PR van de installaties in het BHG voor het decennium 2009-2019 .....	61
Figuur 7-16: PR in functie van het jaar van indienstname van de fotovoltaïsche installaties .....	62
Figuur 7-17: Verdeling van de maandelijkse PR voor referentiejaar 2018 .....	63
Figuur 7-18: Evolutie van de maandelijkse PR in de loop van referentiejaar 2018.....	64
Figuur 7-19: PR in functie van de vermogenscategorieën.....	65
Figuur 7-20: PR in functie van het type eigenaar van de installatie .....	66
Figuur 7-21: Jaarlijkse PR (2009-2019) in functie van het merk fotovoltaïsche panelen .....	67
Figuur 7-22: Vergelijking van de piekvermogens van de installaties in functie van het merk gebruikte panelen.....	69
Figuur 7-23: Jaarlijkse PR (2009-2019) in functie van het specifiek vermogen van de fotovoltaïsche panelen.....	70
Figuur 7-24: PR van een installatie in functie van de kostprijs van deze installatie.....	71
Figuur 9-1: Gemeentelijke verdeling van het aantal installaties per type eigenaar.....	74
Figuur 9-2: Aantal installaties van het FV-park eind 2019 in het BHG per 1000 inwoners, per gemeente.....	75
Figuur 9-3: Aantal installaties per vermogenscategorie en per gemeente .....	76
Figuur 9-4: Geïnstalleerd vermogen per gemeente en per type eigenaar.....	77
Figuur 9-5: Totaal in 2019 geïnstalleerd vermogen per gemeente, opgesplitst in vermogensklassen.....	78
Figuur 9-6: Totaal geïnstalleerd vermogen / 1000 inw. en per gemeente.....	79
Figuur 9-7: Dichtheid van het totaal geïnstalleerd FV-vermogen per type eigenaar en per gemeente in 2019 .....	80
Figuur 9-8: Installaties < 5kWp: vermogen per gemeente en dichtheid (2019) .....	81
Figuur 9-9: Eind 2019 verwezenlijkt FV-potentieel voor de 19 Brusselse gemeentes.....	84
Figuur 9-10: Cartografie van het geëxploiteerd zonnepotentieel per gemeente.....	85
Figuur 9-11: Geïnstalleerde FV-oppervlakten voor de 19 gemeenten van het BHG .....	86

## Lijst van de tabellen

Tabel 4-1: Staat van het actieve fotovoltaïsche productiepark eind 2019 in het BHG .....	12
Tabel 4-2: Evolutie van het aantal en het vermogen van de actieve installaties van het FV-park in het BHG, uitgesplitst per jaar van indienstname en type eigenaar .....	18
Tabel 4-3: evolutie van het aantal en het vermogen van de installaties van het FV-park in het BHG, uitgesplitst per jaar van indienstname en vermogenscategorie tussen 2006 en 2019 .....	20
Tabel 5-1: Top 25 van de in het BHG geïnstalleerde panelen/modules .....	29
Tabel 5-2: Top 10 van fabrikanten van panelen .....	30
Tabel 5-3: Relatieve marktaandeelen van de Top 25 op het vlak van vermogen .....	31
Tabel 5-4: Top 10 van de merken van omvormers van het FV-park eind 2019 in het BHG .....	32
Tabel 5-5: Top 5 van de fabrikanten van omvormers in het residentieel segment .....	33
Tabel 5-6: Top 5 van de fabrikanten van omvormers in het commercieel/industriële segment .....	33
Tabel 5-7: Relatieve marktaandeelen van de top 10 van omvormers op het vlak van vermogen .....	33
Tabel 6-1: Omvang en representativiteit van de steekproef - jaar 2019 .....	36
Tabel 6-2: Statistische gegevens van de prijzen per vermogenscategorie - jaar 2019 .....	37
Tabel 6-3: Omvang en representativiteit van de steekproef .....	39
Tabel 6-4: Gemiddelde prijs van de panelen per jaar van IDN in €/kWp (2012-2018) .....	39
Tabel 7-1: Brutogegevens voor een analyseperiode van 2008 tot 2019 (Voor filter 1) .....	51
Tabel 7-2: Gegevens na filteren van de installaties met minder dan 95% jaarlijkse beschikbaarheid (na filters 1 tot 3) .....	51
Tabel 7-3: Statistieken van de gefilterde afwijkende gegevens (Filters 1 tot 3) .....	54
Tabel 9-1: raming van de netto dakoppervlakte in het BHG .....	82
Tabel 9-2: Verdeling van de netto in aanmerking genomen dakoppervlakte en van de in het BHG per gemeente geïnstalleerde oppervlakten tussen 2018 en 2019 .....	83

## I Executive summary

De analyses die in dit verslag worden voorgesteld, hebben betrekking op de toestand van het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) op 31 december 2019 op basis van door BRUGEL verzamelde gegevens. Ze tonen de volgende trends:

- A. 2019 werd gekenmerkt door de grootste groei sinds het begin van de ontwikkeling van het fotovoltaïsch park, met een verdrievoudiging van het aantal in dienst genomen installaties in verhouding tot de in dienst genomen installaties in 2018. Op het eind van het jaar bestond het park uit 6636 actieve installaties.  
De toename van het in dienst genomen vermogen op een jaar (+38 MWp) is eveneens aanzienlijk, 62 % meer dan in 2018, tot een gecumuleerd totaal van 129 MWp. Deze toename kan zowel in de private als in de publieke sector worden vastgesteld.  
De markt groeit ook bij de particulieren, met meer dan het dubbele aantal nieuwe in dienst genomen installaties in 2019 ten opzichte van 2018. Deze markt bestaat hoofdzakelijk uit installaties van minder dan 5 kWp.
- B. Met betrekking tot het materieel (hoofdstuk 5) en het ontwerp van de installaties, blijven we een toename van het specifiek vermogen ( $Wc/m^2$ ) van de panelen vaststellen, evenals een tendens in de richting van overdimensionering van het zonnepanelenveld in verhouding tot het vermogen van de omvormers. Sinds 2017 is deze tendens in de dimensionering steeds opvallender geworden. De gemiddelde verhouding van het vermogen in gelijkstroom/vermogen in wisselstroom (verhouding GS/WS) van het fotovoltaïsch park bedraagt 124 % in 2019 tegenover 100 tot 106 % in 2017.  
Het huidige fotovoltaïsch park in het BHG bestaat uit fotovoltaïsche zonnepanelen afkomstig van meer dan 150 fabrikanten. Sommige hiervan zijn van de markt verdwenen, andere bestaan nog steeds. Sinds 2018 wordt de markt van de fotovoltaïsche panelen duidelijk gedomineerd door de Chinese fabrikant JA Solar (19 %) in alle installatiesegmenten.  
De markt van fotovoltaïsche omvormers bestaat uit een dertigtal fabrikanten en wordt grotendeels gedomineerd door de Duitse fabrikant SMA (34 %), in alle installatiesegmenten, behalve voor de categorie van meer dan 250 kWp.
- C. De analyse van de installatieprijzen (hoofdstuk 6) toont een dalende tendens van de prijzen, die in 2019 wordt voortgezet met een prijsdaling van 5 % voor grote systemen tot 16 % voor kleine, residentiële systemen in vergelijking met het vorige jaar.  
Sinds 2013 is de prijs in de verschillende vermogenscategorieën met gemiddeld bijna 40 % gedaald.  
Zoals elk jaar stellen we vast dat de prijzen per kWp een neerwaartse trend vertonen naarmate het vermogen van de installatie toeneemt, met een verschil van ongeveer 58 % tussen >250 kWp (gemiddelde van € 893/kWp en [0-5] kWp (€ 1.411/kWp)).  
De kruising van de prijsgegevens met de specifieke rendementen van de installaties toont geen duidelijk verband tussen de twee aan. Het rendement van een paneel is dus niet het voornaamste element om de prijs van een installatie te bepalen.

- D. De productiviteit van de installaties (hoofdstuk 7) werd geanalyseerd aan de hand van de Performance Ratio (PR), een in de fotovoltaïsche industrie veel gebruikte prestatie-indicator die informatie geeft over de goede werking van het FV-park, en die wordt opgebouwd door een normalisatie van de energieproductie door het piekvermogen en de zinstraling. De voorbije vier decennia is de zonne-energie in Brussel steeds toegenomen. In de loop van de voorbije veertig jaar bedroeg de gemiddelde globale horizontale zinstraling ongeveer 1000 kWh/m<sup>2</sup>. De laatste tien jaar bedraagt deze gemiddelde waarde 1078 kWh/m<sup>2</sup>, ongeveer 8 % boven het gemiddelde van de vier laatste decennia. In 2018 werd een historisch maximum geregistreerd, met 1172 kWh/m<sup>2</sup>, wat ongeveer 17 % meer is dan het gemiddelde van de vier laatste decennia.

De mediane specifieke energieproductie van fotovoltaïsche installaties in het BHG bedroeg ongeveer 850 kWh/kWp in het voorbije decennium, wat beschouwd kan worden als een typische en representatieve waarde voor het park.

De mediane Performance Ratio van fotovoltaïsche installaties in het BHG bedroeg ongeveer 65 % in het voorbije decennium, wat beschouwd kan worden als een typische en representatieve waarde voor het park. Ter vergelijking: de typische Performance Ratio's vastgesteld in Europa schommelen tussen 70-80 %, wat een goede kwaliteit van de installaties aantoont.

Statistische analyses toonden een verband aan tussen de prestaties van de installaties en bepaalde essentiële parameters zoals het geïnstalleerd piekvermogen, hun jaar van indiening, het merk van de fotovoltaïsche panelen, de vermogenscategorie of het type eigenaar van de installatie.

- E. Voor deze oefening konden het zelfverbruik en de zelfvoorziening (hoofdstuk 8) niet geanalyseerd worden.
- F. De analyse van de verspreiding per gemeente (hoofdstuk 9) toont aan dat:
- Eind 2019 is de gemeente Brussel goed voor 33,7 % van het volledige in de 19 gemeentes geïnstalleerde vermogen.
  - Watermaal-Bosvoorde heeft het hoogste aantal installaties per 1000 inwoners van de 19 gemeentes (11,9).
  - Voor wat vermogen per inwoner betreft, doet Vorst beter dan Brussel-Stad, met 272 Wp/1000 inwoners.
  - Het investeringsprogramma SolarClick werpt zijn vruchten af op het vlak van installaties op openbare gebouwen.
  - Momenteel wordt 4,2 % van het Brusselse zonnepotentieel geëxploiteerd.

## 2 Inleiding

### 2.1 Juridische grondslag

De ordonnantie van 19 juli 2001 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bepaalt in haar artikel 30bis §2, 7°, ingevoegd door artikel 56 van de ordonnantie van 14 december 2006, wat volgt:

*"... BRUGEL is bekleed met een adviesopdracht ten aanzien van de overheid over de organisatie en de werking van de gewestelijke energiemarkt enerzijds, en met een algemene toezicht- en controleopdracht inzake de toepassing van de hiermee verband houdende ordonnanties en besluiten anderzijds.*

*BRUGEL is belast met volgende opdrachten:*

*2° op eigen initiatief of op vraag van de Minister of de Regering, het uitvoeren van onderzoeken en studies of het geven van adviezen, betreffende de elektriciteits- en gasmarkt. (...)"*

De werking van de markt van de groenestroomcertificaten en de garanties van oorsprong werd tot 1 februari 2016 wettelijk geregeld door het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 6 mei 2004 betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling. Dit besluit werd op 1 februari 2016 opgeheven en vervangen door het Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 17 december 2015 betreffende de promotie van groene elektriciteit.

Deze studie past in het voornoemde kader.

### 2.2 Voorwerp van het verslag

In het jaarverslag van BRUGEL over de werking van de markt van de groenestroomcertificaten en de garanties van oorsprong worden de Brusselse productieparken voor groene elektriciteit en in het bijzonder het park van fotovoltaïsche panelen (FV) geanalyseerd en gedetailleerd beschreven. Deze informatie is voornamelijk opgebouwd rond vier sleutelindicatoren: aantal en vermogen van de installaties, geproduceerde elektriciteit, aantal toegekende garanties van oorsprong (GO) die ermee verbonden zijn en aantal toegekende groenestroomcertificaten (GSC).

Het doel van deze studie is de informatie in de databank van BRUGEL die niet in het jaarverslag is opgenomen, te benutten. De studie maakt het mogelijk een aantal relevante indicatoren voor het fotovoltaïsche park te identificeren, te analyseren en te interpreteren en de resultaten te vergelijken met de gemeentelijke gegevens.

Dit verslag heeft betrekking op de resultaten van een studie die door het consortium Becquerel Institute – LuciSun – SUN7 voor rekening van BRUGEL werd uitgevoerd als update van de drie vorige studies, uitgevoerd vanaf 2014 en beschikbaar op de site van BRUGEL in de rubriek Studie: [https://www.brugel.brussels/nl\\_BE/documents/surveys/rechercher](https://www.brugel.brussels/nl_BE/documents/surveys/rechercher).

Tenzij anders vermeld, resulteren de gegevensbronnen, tabellen en cijfers uit de analyse van de gegevens van BRUGEL en van SIBELGA in het kader van deze studie.

De voorgestelde resultaten focussen op specifieke analyses die als bijzonder relevant werden geïdentificeerd om de evolutie van het Brusselse FV-park te begrijpen. De studie heeft betrekking op de toestand van het park eind 2019, per vermogen en per eigenaar, en op de productie van fotovoltaïsche installaties tot eind 2019.

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn alle installaties die groene stroom produceren sedert 2007 uitgerust met bidirectionele elektriciteitsmeters waarmee de van het distributienet afgenomen energie en de op het net geïnjecteerde energie afzonderlijk kunnen worden gemeten. Ook al werd de compensatie (op het deel "commodity" en "kosten van het net" nog steeds toegepast in 2019, garanderen deze gegevens een nauwkeurige studie van het zelfverbruik, namelijk de productie die niet op het net wordt geïnjecteerd, maar direct ter plaatse wordt verbruikt. Door gebrek aan beschikbare gegevens konden deze analyses echter niet worden uitgevoerd.

## 2.3 Inhoud van het verslag

Dit verslag is onderverdeeld in zeven grote delen:

1. **Inhoud en Methodologie:** dat de in het verslag gebruikte gegevensbronnen voorstelt en de verwerking die ze hebben ondergaan.
2. **Staat van het geïnstalleerde fotovoltaïsche park:** dat de algemene kenmerken van het fotovoltaïsche productiepark in het BHG eind 2019 beschrijft.
3. **Geïnstalleerde apparatuur:** dat het vorige hoofdstuk aanvult met de evolutie van de specifieke geïnstalleerde vermogens en de marktaandelen van de verschillende fabrikanten van panelen en omvormers.
4. **Prijs van de installatie:** dat de prijzen van de FV-installaties per kWp voorstelt en deze prijzen vergelijkt op basis van de vermogenscategorieën en de rendementen van de modules.
5. **Productiviteit van de installatie:** dat de productiviteit van het park weergeeft, gedefinieerd als de jaarlijkse productie van de installatie (kWh) gedeeld door het geïnstalleerd vermogen (kWp).
6. **Zelfverbruik/zelfvoorziening** dit deel zal in het volgende boekjaar worden geanalyseerd aangezien de brongegevens voor de oefening van 2019 nog niet geëxploiteerd konden worden.
7. **Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park:** dat het aantal installaties en het geïnstalleerd vermogen per gemeente weergeeft.

Deze verschillende hoofdstukken zijn onafhankelijk van elkaar en het is niet noodzakelijk alle hoofdstukken te lezen om een hoofdstuk te begrijpen. De lezer kan dus kennis nemen van het hoofdstuk dat hem interesseert zonder dat hij het hele verslag hoeft te lezen. Aan het begin van elk hoofdstuk wordt eveneens een samenvatting van de markante feiten gegeven.

Aan het einde van het verslag bevindt zich een verklarende woordenlijst waarin meerdere belangrijke termen die regelmatig gebruikt worden in dit verslag worden uitgelegd. De afkortingen worden in het begin van het verslag verklaard.

## 2.4 Wijziging in vergelijking met eerdere oefeningen

Naast de verandering van inschrijver dient opgemerkt te worden dat de databank door BRUGEL herwerkt werd, wat een gerichtere en kwalitatief meer hoogstaande analyse dan in de vorige oefeningen mogelijk maakte. Door deze wijziging gebeurden de analyses op basis van gecertificeerde eenheden en niet op basis van groene meters. Het verschil tussen deze twee wordt in het volgende hoofdstuk uiteengezet.

Daarnaast werd het specifieke criterium vermogensbegrenzer voor de FV-panelen van 215 Wp/m<sup>2</sup> opgetrokken tot 220 Wp/m<sup>2</sup> om rekening te houden met de technische vooruitgang.

Op de datasets werden eveneens filters toegepast om redundante of afwijkende gegevens te groeperen.

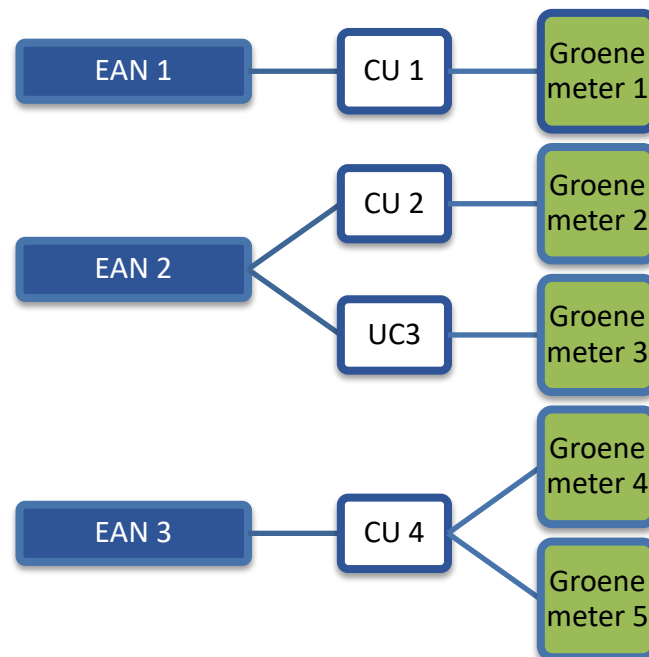


Tot slot, wat betreft de analyse van de productiviteit, wordt de Performance Ratio (PR) momenteel opgebouwd, volgens de traditionele en strikte definitie ervan, op basis van een normalisatie van de energieproductie door het piekvermogen en de zoninstraling.

### 3 Inhoud en methodologie

De studies van de voorbije oefeningen baseerden zich voor de analyse van de productie op de gegevens verstrekt per groene meter en voor het zelfverbruik en de zelfvoorziening op de gegevens verstrekt per installatie. Een installatie komt overeen met een type technologie dat verbonden is met een EAN-code voor afname (verbruik).

De voor de studie van het FV-park in 2019 verstrekte gegevens zijn echter afkomstig van door BRUGEL gecertificeerde eenheden (CU). Een gecertificeerde eenheid wordt gevormd door een of meerdere delen van een installatie met dezelfde voorwaarden voor certificering en toekenning van GSC. Bijgevolg kunnen er zich binnen eenzelfde EAN-code meters bevinden met verschillende groenestroomcertificaatregelingen. Het verschil tussen deze twee begrippen wordt weergegeven in Figuur 3-1.



**Figuur 3-1: Illustratie van de begrippen installaties en gecertificeerde eenheden (CU)**

Om de lezing van het verslag te vergemakkelijken zal in het verdere verslag de term "Gecertificeerde eenheid" vervangen worden door "Installatie", ook al zijn dit slechts bij benadering synoniemen.

Daarnaast leiden de verschillende gegevensbronnen (BRUGEL, SIBELGA) tot specifieke filters voor elk van de in deze studie behandelde delen. Deze worden aan het begin van elk hoofdstuk voorgesteld en geven aan wat de impact is op de omvang van de voor de analyses gebruikte steekproef.

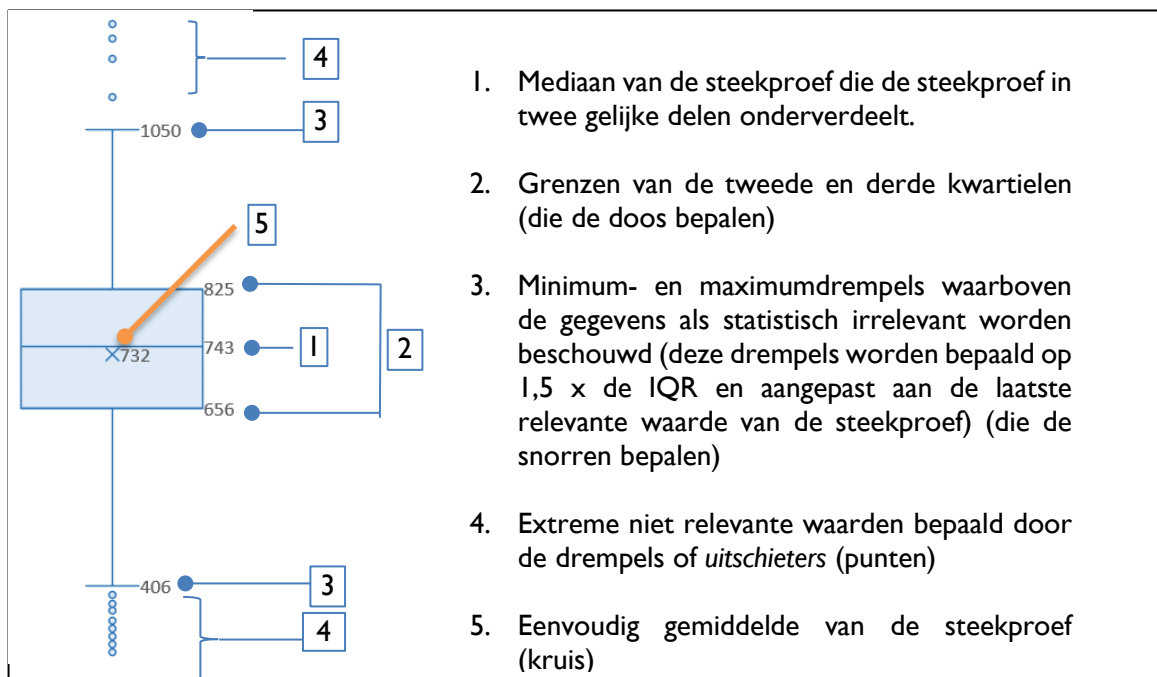
De hoofdstukken over de prijs en de prestatie stellen grafieken van het type snorrendoos, "boxplot" voor, waarvan we hieronder het belang in het kader van deze studie in herinnering brengen.

De extreme waarden zijn visueel identificeerbaar door observatie van de verdeling van de gegevensdichtheid in een "spreidingsdiagram", of statistisch door te zoeken naar drempelwaarden die

de grenzen van de gegevensspreiding aangeven waarboven of waaronder elk gegeven als afwijkend wordt beschouwd. We gebruiken de methode van de weergave van de interkwartielverdeling (IQR) om de centrale trends van de gegevens weer te geven. De statistische verdeling is gerangschikt in oplopende volgorde van waarden en zij zijn gegroepeerd in vier kwartielen die elk 25% van de verdeling bevatten. Een kwartiel staat dus voor 25% van de steekproef, het tweede kwartiel slaat dus op de waarden tussen 25% en 50% van de individuele waarden van de steekproef, in oplopende volgorde.

De centrale waarden komen overeen met het tweede en derde kwartiel, die samen 50% van de onderzochte punten vertegenwoordigen. De IQR geeft het interval weer dat zich uitstrekt tussen de laagste waarde van het tweede kwartiel en de hoogste waarde van het derde kwartiel. Vervolgens wordt de methode van Tukey gebruikt om er de extreme waarden uit te filteren, waarbij alle waarden die meer dan  $1,5 \times \text{IQR}$  verwijderd zijn van de onder- en bovengrens van dit IQR als aberrant worden beschouwd. Om deze statistische analyse grafisch weer te geven, wordt gebruikgemaakt van de methode van de "snorrendoos", die het mogelijk maakt om tegelijk de IQR en de reeksen van aanvaardbare waarden  $1,5 \text{ IQR}$  visueel weer te geven. In deze studie worden de twee weergavemethodes gebruikt.

## Lezing van de snorrendozen:



Deze figuur bevat de informatie over het gemiddelde, de mediaan, het 1e en 3e kwartiel en het maximum en minimum van de indicator al naargelang de gegevens als statisch relevant (onderste of bovenste lijn) of niet relevant (kleine punten die *outliers* vertegenwoordigen) worden beschouwd.

<sup>1</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bo%C3%A0Ete\\_%C3%A0\\_moustaches](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bo%C3%A0Ete_%C3%A0_moustaches)

## 4 Staat van het geïnstalleerde fotovoltaïsche (FV-) park

De fotovoltaïsche productie ging in 2006 van start in België, na de invoering van de productie-ondersteunende systemen. De eerste fotovoltaïsche installaties deden hun intrede in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) vanaf 2006. We stellen achtereenvolgens de staat van het FV-park in 2019 voor en de evolutie van dit park voor de periode 2006 tot 2019, op basis van de databank van BRUGEL.

### 4.1 Samenvatting van de markante feiten

Uit de analyse van de toestand van het fotovoltaïsch park van het BHG in 2019 blijkt dat:

2019 werd gekenmerkt door de grootste groei sinds het begin van de ontwikkeling van het fotovoltaïsch park, met een verdrievoudiging van het aantal in een jaar in dienst genomen installaties in verhouding tot de in dienst genomen installaties in 2018. Op het eind van het jaar bestond het park uit 6636 actieve installaties.

De toename van het in dienst genomen vermogen op een jaar (+38 MWp) is eveneens aanzienlijk, 62 % meer dan in 2018, tot een gecumuleerd totaal van 129 MWp;

Deze toename kan zowel in de private als in de publieke sector worden vastgesteld.

De markt groeit ook bij de particulieren, met meer dan het dubbele aantal nieuwe in dienst genomen installaties in 2019 ten opzichte van 2018. Deze markt bestaat hoofdzakelijk uit installaties van minder dan 5 kWp.

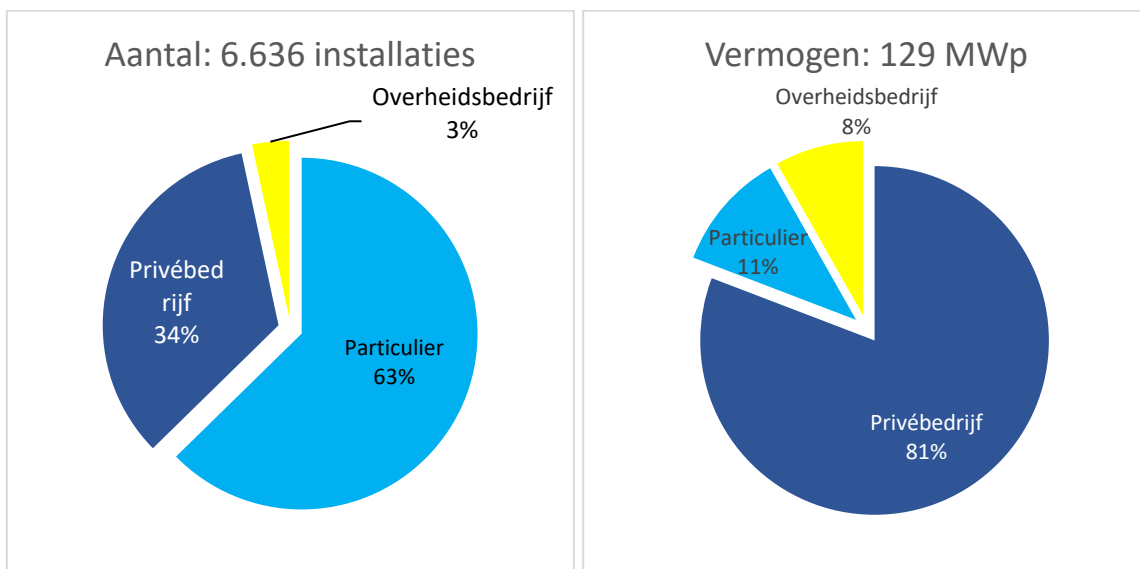
### 4.2 Situatie in 2019

Eind 2019 waren er 6657 installaties met een totaal cumulatief vermogen van 129.094 kWp geïnstalleerd in het BHG. 21 installaties, met een gecumuleerd vermogen van 73 kWp, of 0,02 % van het totaal vermogen van het park werden in de loop der tijd gedeactiveerd om verschillende, in de databank niet nader toegelichte redenen. Met deze installaties wordt in de analyse van het park geen rekening meer gehouden. Het actieve FV-park in het BHG bestond dan ook uit 6636 installaties met een totaal cumulatief vermogen van 129.021 kWp.

De verdeling van dit fotovoltaïsche productiepark wordt samengevat in de tabel en figuur hieronder, volgens het type eigenaar en de vermogenscategorie van de installaties.

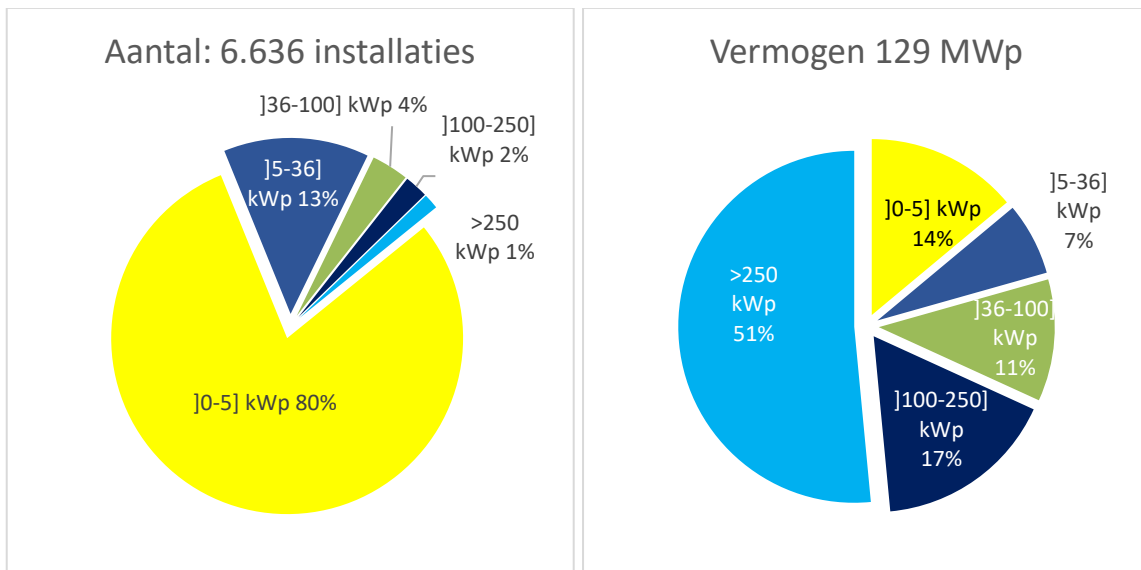
**Tabel 4-1: Staat van het actieve fotovoltaïsche productiepark eind 2019 in het BHG**

Vermogens- categorie	Aantal installaties			Geïnstalleerd vermogen [kWp]			Totaal aantal installaties	Totaal vermogen [kWp]
	Privé- bedrijf	Overheids- bedrijf	Particulier	Privébedrijf	Overheids- bedrijf	Particulier		
[0-5] kWp	1 496	51	3 740	6 411	157	11 382	<b>5 287</b>	<b>17 950</b>
]5-36] kWp	373	95	418	4 280	1 570	2 747	<b>886</b>	<b>8 597</b>
]36-100] kWp	179	46	1	11 768	2 610	42	<b>226</b>	<b>14 420</b>
]100-250] kWp	116	27	0	17 411	4054	0	<b>143</b>	<b>21 465</b>
>250 kWp	89	5	0	64 396	2 192	0	<b>94</b>	<b>66 589</b>
<b>TOTAAL</b>	<b>2 253</b>	<b>224</b>	<b>4 159</b>	<b>104 267</b>	<b>10 584</b>	<b>14 170</b>	<b>6 636</b>	<b>129 021</b>
<b>Aandeel van het totaal</b>	<b>34%</b>	<b>3%</b>	<b>63%</b>	<b>81%</b>	<b>8%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



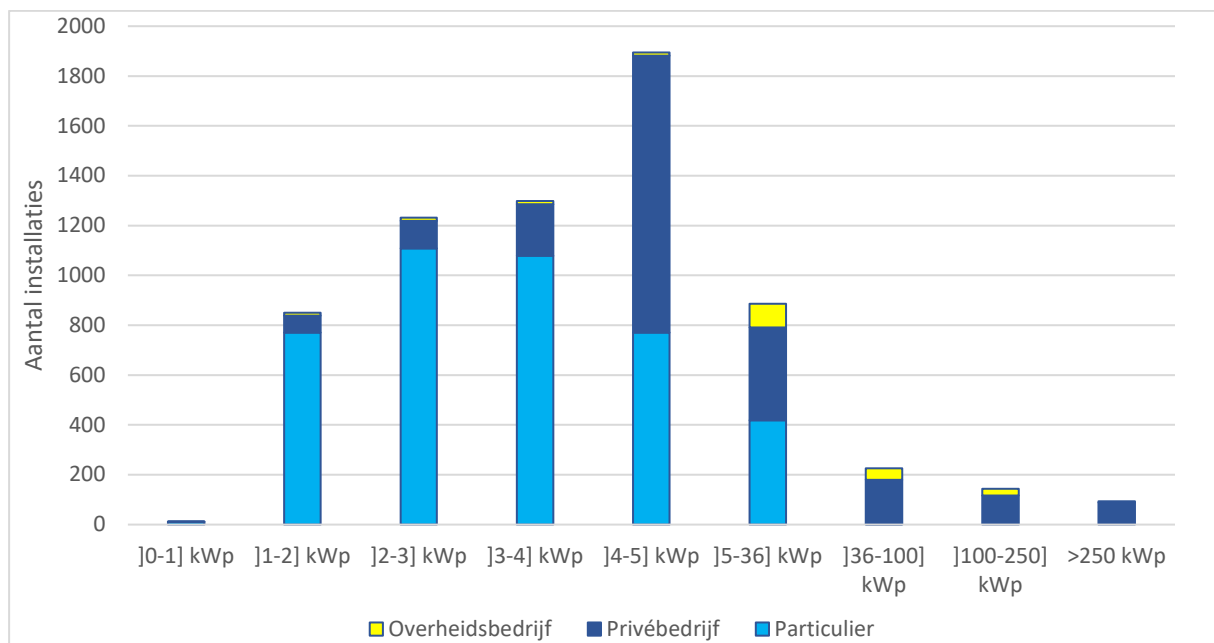
**Figuur 4-1: Verdeling van het aantal installaties en het vermogen per eigenaar voor het volledige actieve park eind 2019**

De analyse van het type eigenaar in Figuur 4-1 toont aan dat de meeste installaties eigendom zijn van particulieren (63 %), maar dat deze meerderheid in aantal installaties slechts goed is voor 11 % van het geïnstalleerde vermogen. Privébedrijven daarentegen vertegenwoordigen slechts 34 % van de installaties maar zijn goed voor meer dan 81 % van het geïnstalleerde vermogen. Dit is het rechtstreekse resultaat van het verschil van het gemiddeld geïnstalleerd vermogen per installatie tussen particulieren, die kleine installaties hebben, en bedrijven, die grotere installaties hebben.



**Figuur 4-2: Verdeling van het aantal installaties en het geïnstalleerd vermogen per vermogenscategorie voor het volledige actieve park eind 2019**

Figuur 4-2 toont aan dat het marktaandeel van de residentiële installaties ( $\leq 5$  kWp) 80 % van het aantal installaties (5.287) van het volledige park en 14 % van het totaal geïnstalleerd vermogen (17.950 kWp) vertegenwoordigt. Alle andere segmenten van meer dan 5 kWp vertegenwoordigen niet meer dan 20 % van het aantal installaties (1.349), maar zijn goed voor 86 % van het totaal geïnstalleerd vermogen (111.071 kWp).



**Figuur 4-3: Verdeling van het aantal FV-installaties per vermogenscategorie en per eigenaar eind 2019**

Figuur 4-3 geeft de verdeling weer van het aantal installaties per type eigenaar en vermogenscategorie, met specifieke aandacht voor de categorie van minder dan 5 kWp.

Kleine installaties ( $\leq 5$  kWp) zijn doorgaans eigendom van particulieren (71 % van de kleine installaties), maar hun aantal is gedaald ten opzichte van de voorgaande jaren (88 % in 2018, 91 % in 2017). Een van de redenen voor deze evolutie is de niet onopgemerkt gebleven komst van derde-investeerdersondernemingen, die fotonvoltaïsche panelen plaatsen op daken van het residentieel segment, maar wel eigenaar blijven van de installatie zolang er groenestroomcertificaten verkregen kunnen worden (10 jaar). Dit is duidelijk te zien in de grafiek, en meer bepaald in segment ]4-5] kWp, wat financieel gezien het aantrekkelijkste segment is voor derde-investeerders.

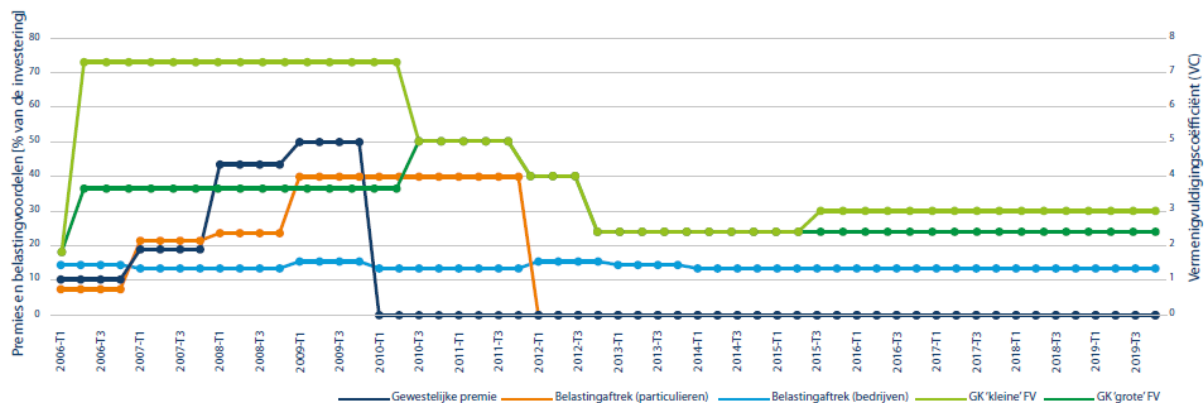
De categorie ]5-36] kWp is een gemengde categorie, met 47 % particulieren, 42 % privébedrijven en 11 % overheidsbedrijven. De andere categorieën zijn uitsluitend in handen van privébedrijven of overheidsbedrijven. Merk op dat de verenigingen van mede-eigenaars (VME's) mee zijn opgenomen in de privébedrijven. Het zou waarschijnlijk interessant zijn het aantal mede-eigendommen dat FV-installaties geplaatst heeft te kunnen kwantificeren, maar de gegevens van BRUGEL laten dit voor deze oefening niet toe.

## 4.3 Evolutie van het FV-park per eigenaar

### 4.3.1 Historiek van de financiële stimulansen voor de installatie van fotovoltaïsche panelen

Sinds 2006 werden in het BHG *via* het "compensatieprincipe"<sup>23</sup> diverse financiële stimulansen in de vorm van premies, fiscale voordelen, groenestroomcertificaten en aangepaste tarifiering toegekend voor de installatie van fotovoltaïsche panelen.

Een samenvattende grafiek van deze stimulansen die de evolutie van de overheidssteun voor de installatie van fotovoltaïsche panelen in het BHG toont, vindt u in Figuur 4-4.



Figuur 4-4: Evolutie van de premies en fiscale voordelen in het BHG<sup>4</sup>

Deze figuur toont de evolutie aan van de gewestelijke premie voor de installatie die tussen 2006 en 2009 aan particulieren werd toegekend. Deze premie daalde in 2010 tot 0 (blauwe curve). De belastingverminderingen bleven voor particulieren wel bestaan tot het eerste kwartaal van 2012 (rode curve). Deze figuur illustreert ook de geleidelijke verlaging van de premies en de fiscale voordelen voor de "grote" FV-installaties, die een duidelijke daling vertonen in het derde kwartaal van 2013 (donkergroene curve).

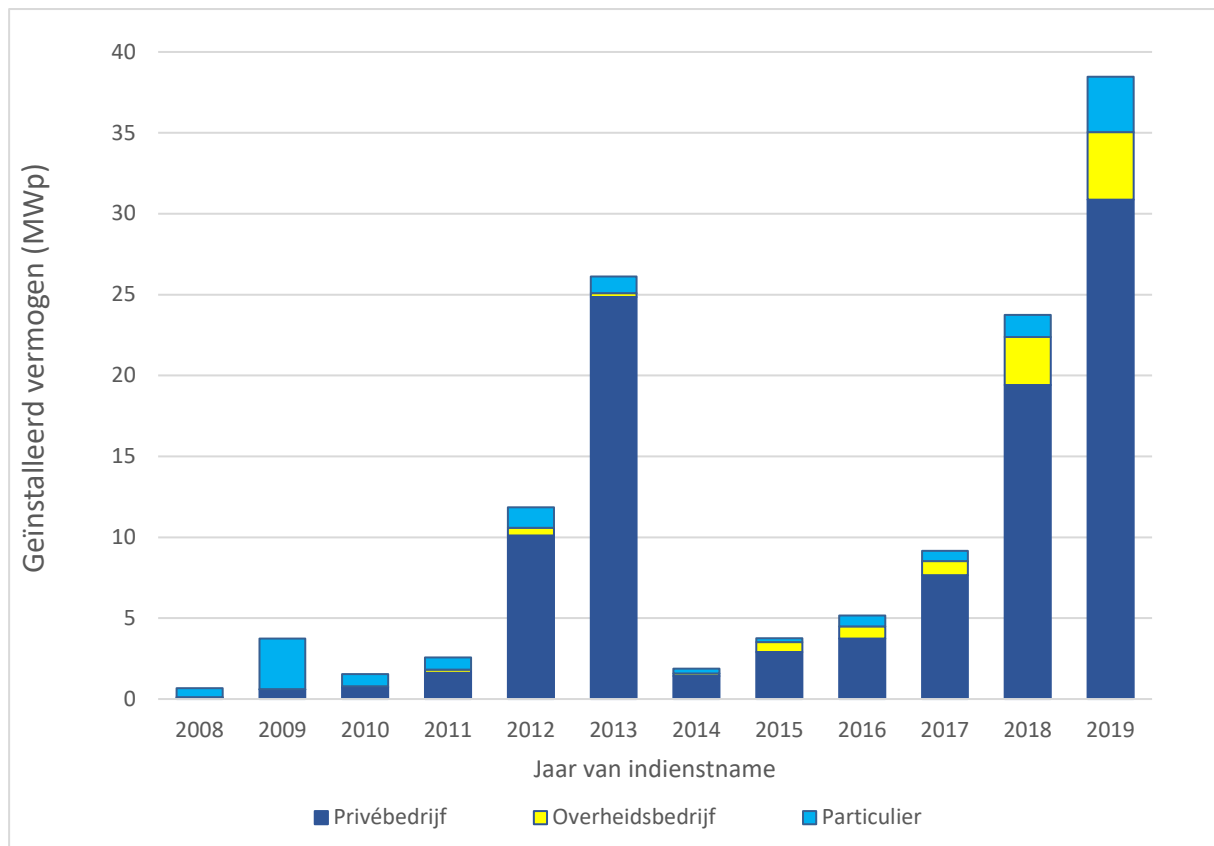
Zoals we hierna zullen zien, is de ontwikkeling van de installaties op het grondgebied van het BHG rechtstreeks verbonden met de evolutie van deze verschillende financiële stimulansen.

<sup>2</sup> Het jaarverslag 2019 van BRUGEL over de werking van de markt van de groenestroomcertificaten en de garanties van oorsprong behandelt de driemaandelijkse evolutie over de periode 2006-2018 van deze financiële stimulansen en de resulterende evolutie van het fotovoltaïsche productiepark.

<sup>3</sup> De compensatie is een telmechanisme dat erin bestaat de in het net geïnjecteerde hoeveelheden af te trekken van de van het net afgenomen hoeveelheden. Het compensatieprincipe geldt uitsluitend voor productie-installaties voor groene stroom en warmtekrachtkoppelinginstallaties met een vermogen van de omvormer, aan de AC-zijde, kleiner dan of gelijk aan 5 kW. De stopzetting van het compensatieprincipe op het deel 'netkosten' zal ingaan op 1 januari 2020. Voor het gedeelte energie, het zogenaamde 'commodity'-deel, blijft de compensatie evenwel van toepassing tot het besluit inzake groene elektriciteit dat dit deel regelt eventueel wordt aangepast. Zie "Valorisatie van de geproduceerde elektriciteit" [https://www.brugel.brussels/nl\\_BE/themes/hernieuwbare-energie-1-1](https://www.brugel.brussels/nl_BE/themes/hernieuwbare-energie-1-1).

<sup>4</sup> BRUGEL: jaarverslag 2019 – Thematisch verslag 4

### 4.3.2 Evolutie van het geïnstalleerd vermogen en het aantal installaties



**Figuur 4-5: Evolutie van het geïnstalleerd FV-vermogen per type eigenaar en per jaar van indienstname (2008-2019)**

Figuur 4-5 toont voor 2019 een nieuwe record in de evolutie van het totale vermogen van de jaarlijks in dienst genomen installaties; namelijk meer dan 38 MWp of meer dan 62 % meer dan in 2018. De jaren 2006 en 2007 werden niet opgenomen in deze grafiek omwille van het lage vermogen dat ze vertegenwoordigden.

De eerste piek van 2013 was het gevolg zijn van een massale investering vóór de verlaging, in 2013, van het toekenningspercentage voor fotovoltaïsche installaties (>5 kWp).

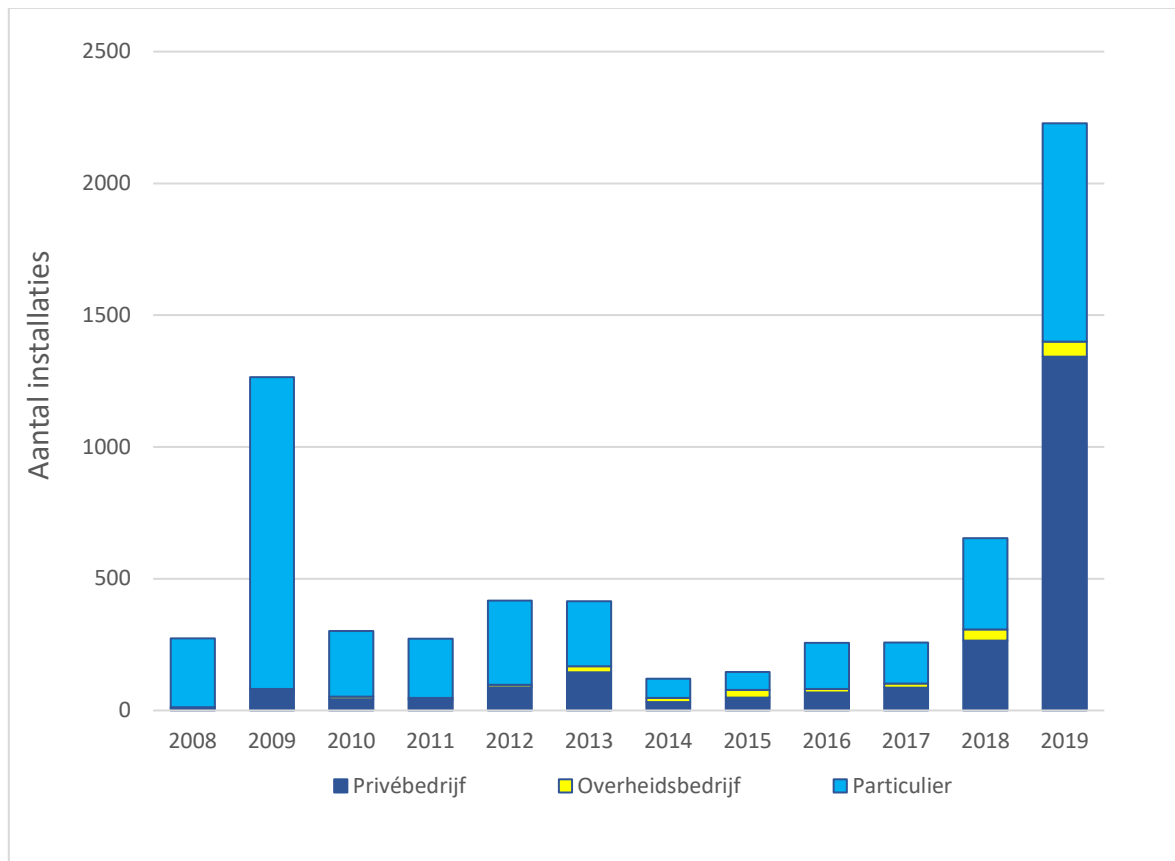
Tussen 2014 en 2017 is het installatieritme van het FV-park vertraagd als gevolg van deze aanzienlijke verlaging van de steun voor de installaties aan privébedrijven (verlaging van het toekenningspercentage van 4 naar 2,4 GSC/MWh), maar ook van een zeker verlies aan vertrouwen in de markt.

2018 wordt gekenmerkt door een nieuwe piek (23.476 kWp), die echter ruimschoots wordt overschreden in 2019.

Voor dit type eigenaar stelt men vast dat in het begin de particuliere markt dominant was tot in 2009. Vanaf 2010 wordt een omgekeerde tendens merkbaar. Geleidelijk aan werden de privébedrijven immers dominant voor wat het geïnstalleerd vermogen betreft.

Merk eveneens op dat 2019 gekenmerkt wordt door een stijging van het geïnstalleerd vermogen bij alle types eigenaren. De 3 segmenten hebben een jaarrecord bereikt. De vooruitgang van de openbare sector in de voorbije twee jaar is het rechtstreeks gevolg van het programma SolarClick, het gewestelijk investeringsprogramma dat in 2017 opgestart werd door het BHG.





**Figuur 4-6: Evolutie van het aantal FV-installaties in het BHG per type eigenaar en per jaar (2008-2019)**

Figuur 4-6 geeft de evolutie weer van het jaarlijks in dienst genomen installaties. Ze toont een eerste piek in 2009, met 1.279 installaties. Deze piek van de installaties is onder meer het gevolg van de aankondiging van de afschaffing van de gewestelijke premie, die 50 % van de investering bedraagt, voor 2010.

Tussen 2010 en 2017 blijft het aantal installaties laag, ook al was 2013 een goed jaar voor wat het geïnstalleerd vermogen betreft, dankzij meerdere grote installaties.

In 2018 zien we een mooi herstel van het aantal installaties (654) in de drie segmenten. Dit is te verklaren door een samenloop van meerdere elementen, waaronder de wereldwijde prijsverlaging, de stijging van de elektriciteitsprijzen of het behoud van het ondersteuningssysteem, dat sinds 2013 niet meer gewijzigd werd. Deze twee elementen vormden een vruchtbare voedingsbodem voor de eerste verwezenlijkingen van de SolarClick-programma's en voor het groeiende succes van de derde-investeerders.

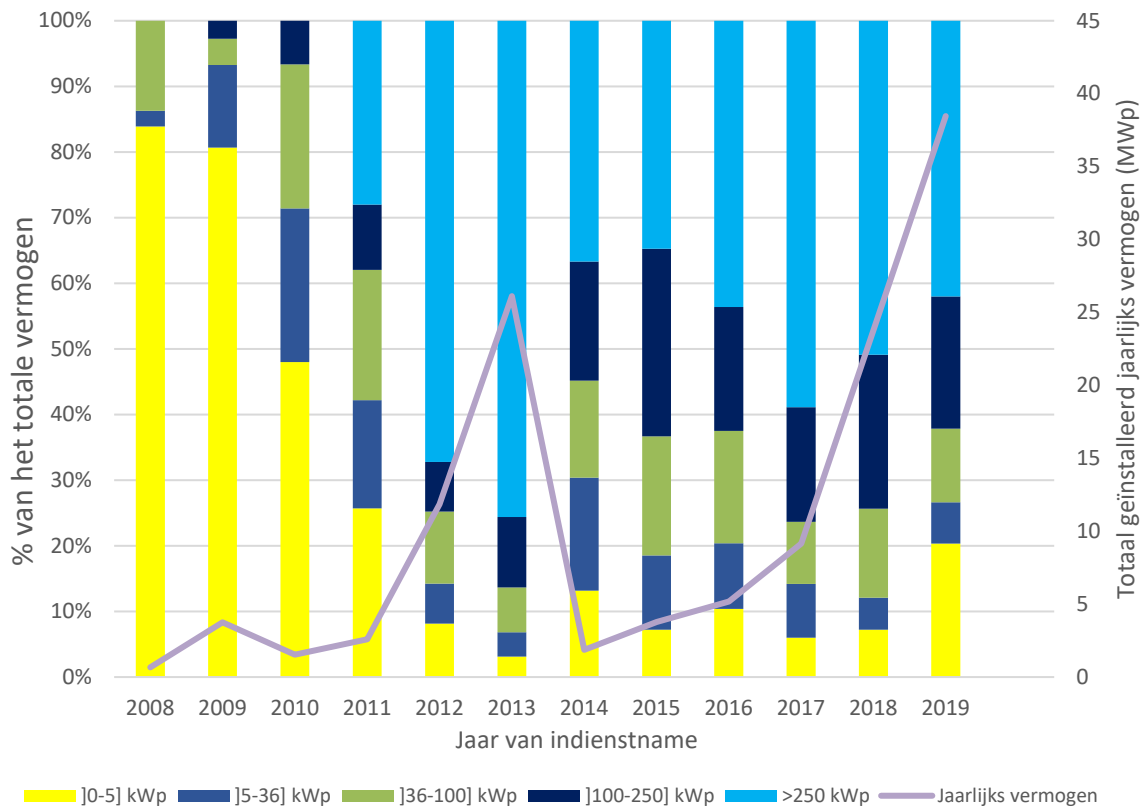
Dit herstel bevestigde zich in 2019, met een nieuw recordaantal installaties in een jaar: 2.228 installaties, meer dan het drievoudige van het aantal installaties in 2018.

Tabel 4-2 geeft de gegevens weer die als basis hebben gediend voor Figuur 4-5 en Figuur 4-6.

**Tabel 4-2: Evolutie van het aantal en het vermogen van de actieve installaties van het FV-park in het BHG, uitgesplitst per jaar van indienstname en type eigenaar**

Jaar IDN	Aantal installaties			Geïnstalleerd vermogen [kWp]			Totaal aantal installaties	Totaal vermogen [kWp]
	Privébedrijf	Overheidsbedrijf	Particulier	Privébedrijf	Overheidsbedrijf	Particulier		
2006	1	1	2	3	28	7	4	38
2007			24			42	24	42
2008	11	1	261	79	44	544	273	666
2009	80	2	1188	599	19	3 126	1 265	3 744
2010	43	9	254	713	68	758	302	1 539
2011	42	5	226	1631	180	770	272	2 581
2012	88	9	320	10 106	486	1 255	417	11 848
2013	145	23	249	24 854	235	1 027	415	26 116
2014	33	15	73	1 691	163	293	121	2 147
2015	49	29	67	2 913	600	250	146	3 764
2016	68	14	175	3 733	756	682	257	5 171
2017	86	16	149	7 661	874	621	251	9 157
2018	265	42	347	19 409	2 966	1 371	654	23 745
2019	1342	58	824	30 875	4 164	3 425	2 228	38 465
<b>TOTAAL</b>	<b>2 253</b>	<b>224</b>	<b>4 159</b>	<b>104 267</b>	<b>10 584</b>	<b>14 170</b>	<b>6 636</b>	<b>129 021</b>
%	<b>34%</b>	<b>3%</b>	<b>63%</b>	<b>81%</b>	<b>8%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

#### 4.4 Evolutie van het park per vermogensklasse



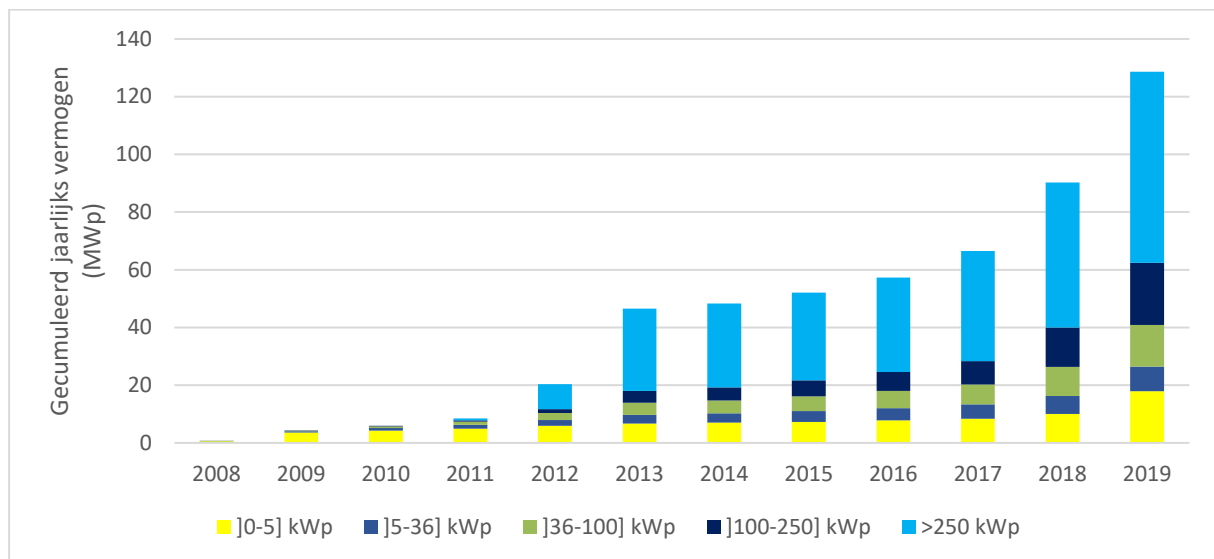
**Figuur 4-7: Relatieve evolutie van de marktaandeelen van de verschillende vermogenscategorieën**

Uit de analyse van de marktaandeelen van de verschillende vermogenscategorieën weergegeven in Figuur 4-7 blijkt een aanzienlijke toename van het residentieel aandeel (< 5 kWp) in vergelijking met de 7 voorbije jaren, tot 20 % (+ 7,8 MWp). Dit is des te opvallender aangezien de markt in volle groei is. In absolute waarde gaat het om een vermenigvuldiging van het in een jaar in dienst genomen vermogen met 4,5 in vergelijking met 2018.

Onderstaande tabel 4-3 toont het aantal en de geïnstalleerde vermogens per jaar over de periode 2006-2019, uitgesplitst per vermogenscategorie. Deze toont eveneens dat alle segmenten in 2019 stijgen in absolute cijfers ten opzichte van 2018 en in alle categorieën records breken, behalve in de categorie > 250 kWp (+ 16 MWp), die reeds een uitzonderlijk jaar had gekend in 2013 (+ 19 MWp).

**Tabel 4-3: evolutie van het aantal en het vermogen van de installaties van het FV-park in het BHG, uitgesplitst per jaar van indienstname en vermogenscategorie tussen 2006 en 2019**

Jaar	Aantal installaties					Geïnstalleerd vermogen in kWp					Totaal aantal installaties	Totaal vermogen
	[0-5] kWp	]5-36] kWp	]36-100] kWp	]100-250] kWp	>250 kWp	[0-5] kWp	]5-36] kWp	]36-100] kWp	]100-250] kWp	>250 kWp		
2006	3	1				10	28				4	38
2007	23	1				34	8				24	42
2008	268	3	2			558	16	91			273	666
2009	1201	61	2	1		3022	469	151	102		1265	3744
2010	260	36	5	1		738	361	338	102		302	1539
2011	216	44	9	2	1	664	425	511	257	723	272	2581
2012	285	93	22	6	11	967	722	1300	895	7964	417	11848
2013	232	116	29	19	19	812	972	1787	2801	19744	415	26116
2014	71	40	4	3	3	246	323	277	340	962	121	2147
2015	85	41	10	7	3	272	426	682	1076	1308	146	3764
2016	179	57	13	5	3	537	517	886	975	2257	257	5171
2017	158	66	13	10	11	551	748	868	1599	5390	258	9157
2018	450	97	53	35	19	1719	1155	3216	5571	12085	654	23745
2019	1856	230	64	54	24	7821	2427	4312	7748	16157	2228	38465
<b>TOTAAL</b>	<b>5287</b>	<b>886</b>	<b>226</b>	<b>143</b>	<b>94</b>	<b>17950</b>	<b>8597</b>	<b>14420</b>	<b>21465</b>	<b>66589</b>	<b>6636</b>	<b>129021</b>
<b>%</b>	<b>80%</b>	<b>13%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>14%</b>	<b>7%</b>	<b>11%</b>	<b>17%</b>	<b>52%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



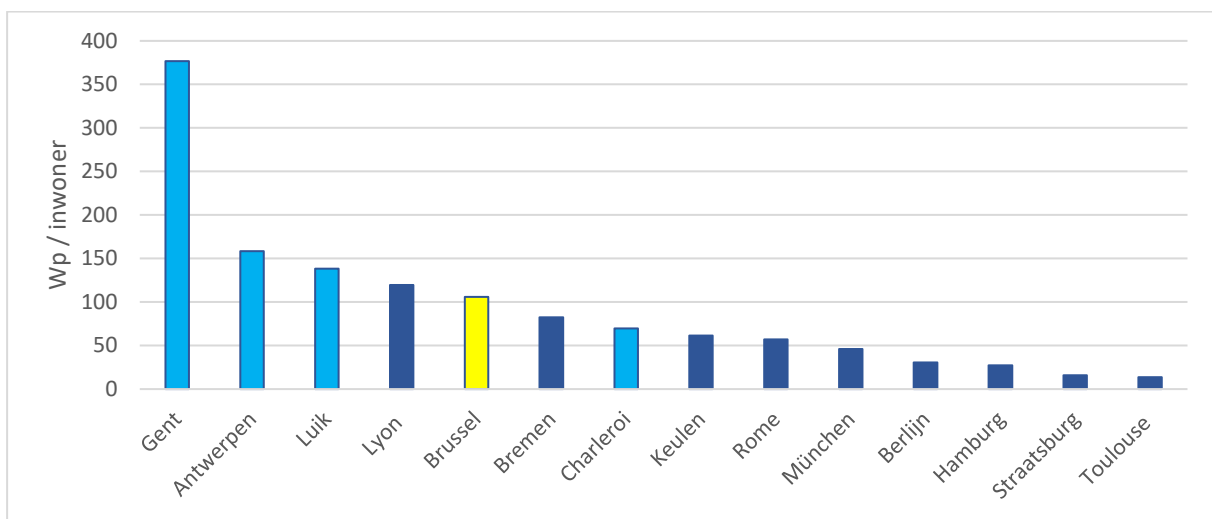
**Figuur 4-8: Evolutie van het gecumuleerde in gebruik genomen vermogen van de installaties van het FV-park in het BHG tussen 2008 en 2019, uitgesplitst per vermogenscategorie**

Zoals Figuur 4-8 aantoont, domineren de grote systemen (> 250 kWp) het gecumuleerd geïnstalleerd vermogen sinds 2013 en vertegenwoordigen ze eind 2019 meer dan 50 %.

## 4.5 Europese en interregionale vergelijking

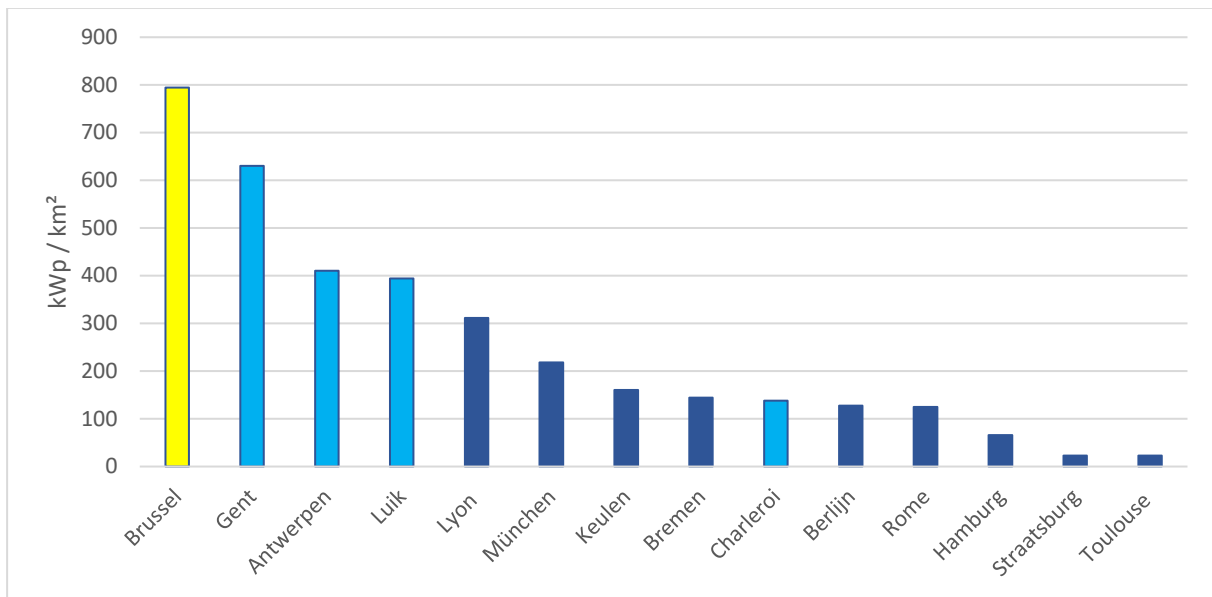
Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is met meer dan 1.218.000 inwoners op 162 km<sup>2</sup> een van de dichtstbevolkte regio's van Europa. De meeste internationale vergelijkingen om de ontwikkeling van het FV-park in een land of een regio te beoordelen, gebeuren op basis van het totaal geïnstalleerd vermogen of van dit vermogen per inwoner, zonder rekening te houden met de dichtheid. Deze vergelijkingen hebben bijgevolg slechts een beperkt nut voor steden, omdat deze, in tegenstelling tot andere gebieden, weinig mogelijkheden hebben om grote centrales op de grond te installeren.

Daarom wordt in deze afdeling een analyse gemaakt van de prestaties van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in vergelijking met 13 andere steden. Deze steden werden geselecteerd op basis van hun nabijheid en hun gelijkaardige typologie (aantal inwoners, oppervlakte). Merk op dat Brussel de stad is met de grootste bevolkingsdichtheid.



**Figuur 4-9: Vergelijking van de Wp/inwoner met 13 andere steden (2019)**

Uit de analyse van Figuur 4-9, die het geïnstalleerd vermogen in Wc per inwoner weergeeft, blijkt dat het BHG een geïnstalleerd vermogen van 105 Wp/bewoner heeft, wat lichtjes onder het gemiddelde van de andere geanalyseerde steden ligt (137 Wp/inw.). De steden die beter presteren dan Brussel hebben vaak grote industriezones.



**Figuur 4-10: Vergelijking van de geïnstalleerde kWp/km² met 13 andere steden (2019)**

Deze analyse kan aangevuld worden met de vergelijking van de installatiedichtheid per km². Deze toont beter in welke mate het potentieel wordt geëxploiteerd. Figuur 4-10 toont duidelijk dat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest reeds meer FV per km² geïnstalleerd heeft dan de andere geanalyseerde steden en dit ondanks de grotere bevolkingsdichtheid (7500 inw./km²). Het gaat om een cijfer dat meer dan 2 keer hoger ligt dan Antwerpen of Luik, hoewel die een drie keer lagere bevolkingsdichtheid hebben.

## 5 Geïnstalleerd materiaal

Op basis van de technische gegevens waarover BRUGEL voor deze studie beschikte, werden in dit hoofdstuk vier indicatoren gebruikt en werden de trends die ze vertonen geanalyseerd:

- 1 Specifiek vermogen van de panelen ( $Wp/m^2$ ) en rendement;
- 2 Dimensioneringsratio tussen het nominaal vermogen in gelijkstroom (GS) van de panelen en het nominaal vermogen in wisselstroom (WS) van de omvormers;
- 3 Marktaandelen van de fabrikanten van panelen;
- 4 Marktaandelen van de fabrikanten van omvormers.

### 5.1 Samenvatting van de markante feiten

Uit de analyse van het materiaal van het fotovoltaïsch park van het BHG in 2019 blijkt dat:

Zoals uiteengezet in de vorige oefeningen blijven we een geleidelijke stijging van het specifiek vermogen ( $Wp/m^2$ ) van de panelen vaststellen.

Er is een sinds 2017 steeds opvallender tendens tot overdimensionering van het zonnepanelenveld in verhouding tot het vermogen van de omvormers. De gemiddelde verhouding van het vermogen in gelijkstroom/vermogen in wisselstroom (verhouding GS/WS) van het fotovoltaïsch park bedraagt 124 % in 2019 tegenover 100 tot 106 % in 2017.

Het huidig fotovoltaïsch park in het BHG bestaat uit fotovoltaïsche zonnepanelen afkomstig van meer dan 150 fabrikanten. Sommige hiervan zijn van de markt verdwenen, andere bestaan nog steeds. Sinds 2018 wordt de markt van de fotovoltaïsche panelen duidelijk gedomineerd door de Chinese fabrikant JA Solar (19 % van de gecumuleerde markt eind 2019) in alle installatiesegmenten.

De markt van fotovoltaïsche omvormers bestaat uit een dertigtal fabrikanten en wordt grotendeels gedomineerd door de Duitse fabrikant SMA (36 %), in alle installatiesegmenten, behalve voor de categorie van meer dan 250 kWp.

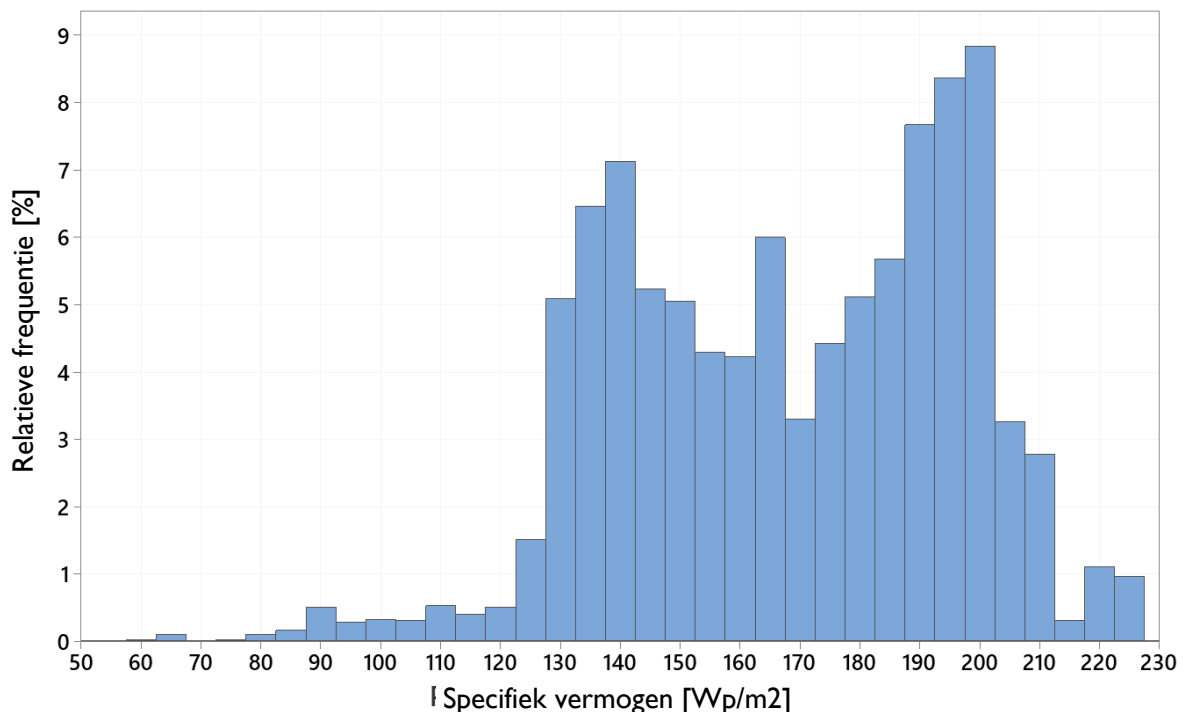
## 5.2 Specifiek vermogen van de panelen

### 5.2.1 Definitie van de indicator

De databank van BRUGEL bevat zowel het piekvermogen ( $W_p$ ) als de oppervlakte ( $m^2$ ) per installatie. Op basis van deze informatie kan het specifieke vermogen van de panelen direct berekend worden door het vermogen te delen door de oppervlakte ( $W_p/m^2$ ). Deze gegevens vormen technische parameters die de installatie kenmerken in de fase van het ontwerp en de keuze voor de geïnstalleerde onderdelen (technische fiches), maar geven geen informatie over de werkelijke productie van de installaties.

De productiviteit van de fotovoltaïsche installaties en hun prestaties worden geanalyseerd in een hoofdstuk apart (Hoofdstuk 7).

### 5.2.2 Situatie eind 2019

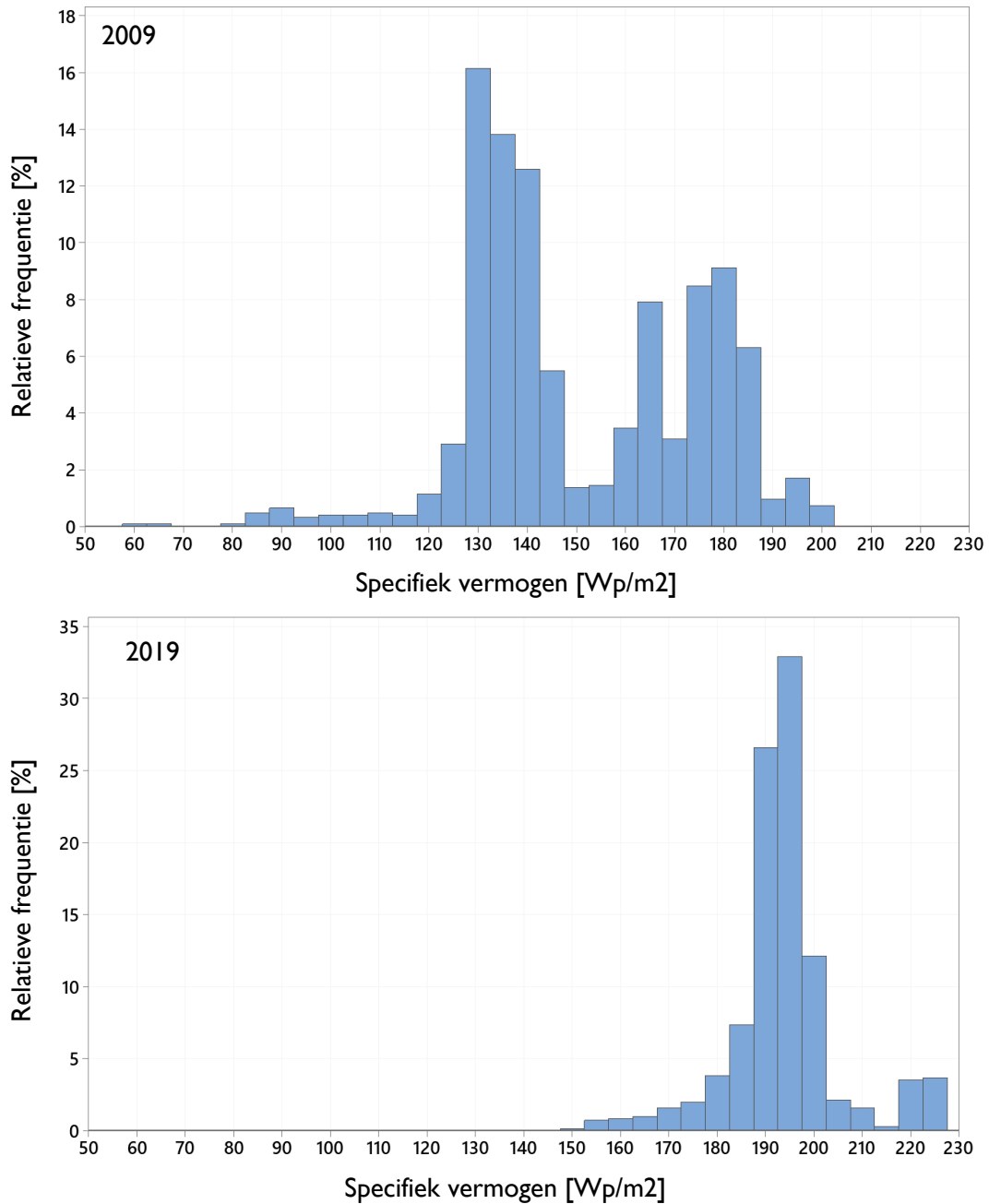


**Figuur 5-1: Frequenties van de specifieke vermogens van de panelen: Staat van het Brusselse park eind 2019**

Figuur 5-1 geeft de situatie van het FV-park aan het einde van 2019 weer (gecumuleerde vermogens). Ze toont vrij gespreide oppervlakterendementen met twee modi (twee relatieve maxima) van ongeveer  $140 W_p/m^2$  en  $200 W_p/m^2$ . Zonder een meer diepgaande studie zou men kunnen denken dat er twee dominante technologieën zijn: een met een hoog rendement en een met een gemiddeld rendement. De analyse van de evolutie van deze indicator in de tijd toont aan hoe deze bimodale verdeling tot stand is gekomen.



### 5.2.3 Evolutie van de specifieke vermogens



**Figuur 5-2: Frequenties van de specifieke vermogens van de panelen: Installaties in dienst genomen in 2009 (bovenaan) en in 2019 (onderaan)**

De vergelijking van de verdeling van de specifieke vermogens van de installaties in dienst genomen met een tussentijd van 10 jaar (2009 en 2019) toont ons twee duidelijk verschillende situaties:

- In 2009 was er zeer grote waaier aan specifieke vermogens met een van de twee modi (met 130 Wp/m<sup>2</sup>), die weergegeven wordt in de gecumuleerde situatie van Figuur 5-1. We vinden technologieën met een laag rendement (60 Wp/m<sup>2</sup>) van het type amorf silicium terug, naast mono- en polykristallijne technologieën (120 tot 180 Wp/m<sup>2</sup>) en technologieën met een hoog rendement (meer dan 180 Wp/m<sup>2</sup>) van het type LG of SunPower (de zogenaamde "backcontacten").

- 10 jaar later is de spreiding veel kleiner en eerder geconcentreerd rond een heel wat hoger specifiek vermogen, wat wijst op een algemene evolutie van de fotovoltaïsche panelen. Het wordt heel moeilijk er de verschillende aanwezige technologieën in te onderscheiden, uitgezonderd de hoogrendementstechnologie van het type SunPower of LG ( $> 220 \text{ Wp/m}^2$ ).

Zoals we eveneens zullen zien bij de analyse van de marktaandeelen is de technologische omgeving in 10 jaar erg veranderd, met een tendens tot meer homogeniteit. De merken en technologieën lijken te evolueren naar hoge kwaliteitsstandaarden voor fotovoltaïsche panelen geïnstalleerd op zonnecentrales of op daken (Building Applied Photovoltaics - BAPV), die de grote meerderheid van de huidige markt vormen. De vorige studies kondigden deze geleidelijke verbetering van de  $\text{Wp/m}^2$  op het grondgebied reeds aan en deze tendens wordt in deze studie bevestigd.

### 5.3 Dimensionering van de omvormers

BRUGEL staat niet langer in voor het beheer van de informatie met betrekking tot de omvormers. De databank van de installaties die voor dit hoofdstuk zijn geanalyseerd, is afkomstig van SIBELGA. Er worden verschillen waargenomen in het aantal en het totale geïnstalleerde vermogen tussen de databank van SIBELGA en die van BRUGEL, die elders in dit rapport wordt gebruikt 330 van de 6627 lijnen in het bestand werden opzijgeschoven omdat ze incoherenties bevatten (verhouding  $\text{GS/WS} < 80\%$  of  $> 200\%$ ) of onbegrijpbaar waren.

#### 5.3.1 Definitie van de indicator

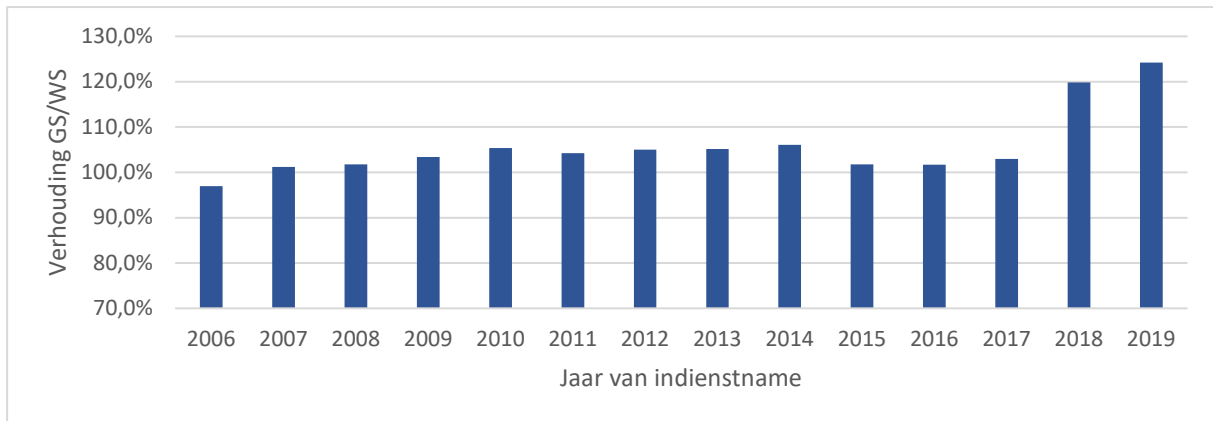
De analyse van de dimensionering van de omvormer gebeurt door middel van de vermogensverhouding  $\text{GS/WS}$ , m.a.w. de verhouding tussen het nominaal vermogen in gelijkstroom van de panelen en het nominaal vermogen in wisselstroom van de omvormer. Als deze verhouding groter is dan 1, spreken we over overdimensionering van de installatie (of onderdimensionering van de omvormers). Dit is een vrij vaak voorkomende praktijk, omdat het maximaal vermogen van de panelen (uitgedrukt in  $\text{kWp}$ ) zelden wordt bereikt en afhangt van de instraling die de panelen ontvangen maar ook van de temperatuur van de panelen). De instraling hangt op haar beurt weer af van de stand van de zon, de bewolking, de oriëntatie van de panelen, de schaduw, etc.). Aangenomen wordt eveneens dat een omvormer die te licht belast is vaak minder efficiënt is dan een omvormer die globaal tegen een grotere belasting werkt, niettegenstaande de piekvereffening van het vermogen van de omvormer op bepaalde ogenblikken van het jaar. Daarom geeft een overdimensionering van de panelen uiteindelijk in het algemeen vaak een hogere jaarproductie. Dit laat eveneens toe de kosten van de gebruikte omvormers en dus van de installaties te beperken. Deze tendens in de dimensionering van de installaties wordt momenteel ondersteund door de voornaamste fabrikanten van omvormers, die hun producten waarborgen voor dimensioneringen die in sommige gevallen tot 200 % van het AC-vermogen kunnen bedragen.

#### 5.3.2 Situatie in 2019

Over het geheel van de gegevens van SIBELGA wordt een gemiddelde overdimensionering van 118 % vastgesteld voor het vermogen van de panelen in verhouding tot het vermogen van de omvormers.

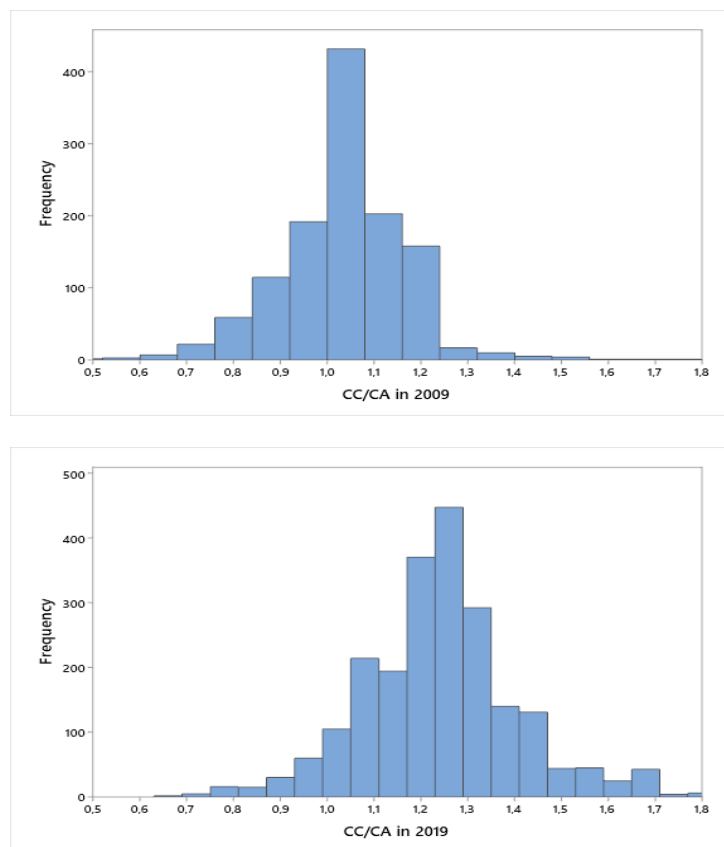
Uit de analyse per vermogenscategorie bleek geen significant verschil tussen de klassen. Dit wordt hier dus niet verder uitgewerkt.

### 5.3.3 Evolutie van de vermogensverhouding GS/WS



**Figuur 5-3: Evolutie van de gemiddelde verhouding GS/WS per jaar van indienstname**

Figuur 5-3 toont ons dat deze verhouding in de loop van de tijd geschommeld heeft, gemiddeld tussen 100 en 106 %, tot in 2017. De twee laatste jaren is een duidelijke breuk waarneembaar, met een sterk stijgende overdimensionering, die in 2019 gemiddeld 124 % bedraagt op bijna 2200 installaties.



**Figuur 5-4: Spreiding van de vermogensverhoudingen GS/WS in 2009 en in 2019**

Figuur 5-4 vergelijkt de spreiding van deze verhoudingen tussen twee jaren met een tussentijd van 10 jaar: 2009 en 2019. Ook deze tendens in de richting van een grotere overdimensionering van de panelen is merkbaar.

Deze evolutie kan door verschillende factoren worden verklaard:

- Dankzij de technologische evolutie kunnen fabrikanten momenteel waarborgen geven voor omvormers met hoge overdimensioneringspercentages in verhouding tot de zonnepanelenvelden.
- De deze laatste jaren meer uitgesproken exploitatie van daken met oost-westoriëntatie of met gedeeltelijke schaduw verklaart dit fenomeen zonder enige twijfel. Dit maakt de overdimensionering van het zonnepanelenveld mogelijk.
- Ten slotte zijn de technische regelgevingen met betrekking tot het maximaal AC-vermogen van de omvormer in de loop van de tijd geëvolueerd. Dit heeft zonder twijfel ook een invloed gehad op deze evolutie van de verhouding GS/WS. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de vereiste met betrekking tot het ontkoppelingsrelais (van 10 naar 30 kVA), de gedeeltelijke beëindiging van de compensatie onder 5 kVA of de invoering van een prosumentarief in Vlaanderen en Wallonië.

In al deze gevallen zorgt deze overdimensionering voor een daling van de investeringskosten, maar met behoud van een productiviteit die in de meeste gevallen, als de onderdimensionering relatief beperkt is, ofwel zeer gelijklopend ofwel lichtjes lager of zelfs lichtjes hoger ligt.

## 5.4 Marktaandeelen van de fabrikanten van panelen

De analyse van de marktaandeelen van de verschillende fabrikanten van panelen heeft tot doel de grote trends op de Brusselse markt vast te stellen en ze te situeren ten opzichte van de wereldwijde trends. Deze analyse werd uitgevoerd op het volledige park van installaties in het Gewest, zowel actieve als inactieve.

In tegenstelling tot de voorbije jaren werd de oorsprong van de panelen niet behouden als relevant criterium, voornamelijk om de twee volgende redenen: Enerzijds is het moeilijk het land te bepalen, aangezien de fabrikanten in vele landen assemblagelijnen hebben, en niet alleen in het land waar de maatschappelijke zetel gevestigd is. Anderzijds zijn ook de onderdelen van de panelen van meerdere landen afkomstig (voornamelijk uit China), ook al kan de assemblage lokaal zijn, zoals voor de Belgische fabrikanten New ISSOL (Verviers) en Evocells (Baillonville)

### 5.4.1 Geanalyseerde steekproef

De databank van BRUGEL vermeldt eind 2019 152 verschillende merken van panelen, in alle ontwikkelingsfasen van de administratieve procedure. De grote variëteit aan merken doorheen de jaren toont de dynamiek die op deze markt heerst. Los van de groepering van bepaalde merken omwille van bedrijfsfusie, werden geen andere filters toegepast. De voor deze indicator voorgestelde gegevens hebben dus betrekking op het geheel van de bezorgde gegevens. Voor 1742 installaties (26 % van het park) en 5722 kWp (4 % van het vermogen) is de informatie niet beschikbaar. Installaties met afwijkende gegevens kwamen eveneens in de categorie "NDA<sup>5</sup>(-)" terecht.

Omwille van de zichtbaarheid van de voorgestelde analyseresultaten hebben we een selectie gemaakt van de eerste 25 merken op vlak van geïnstalleerd vermogen sinds 2012. De andere merken van modules bevinden zich in de categorie "Others" (10 % van het vermogen).


























---

<sup>5</sup> NDA (-) = no data available

## 5.4.2 Rangschikking van de 25 meest geïnstalleerde merken in het BHG

De 25 eerste fabrikanten vertegenwoordigen eind 2019 85 % van het geïnstalleerd vermogen. Deze fabrikanten (top 25) worden hieronder weergegeven; de categorie "Others" groepeerde de rest van de installaties.

Tabel 5-1: Top 25 van de in het BHG geïnstalleerde panelen/modules

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total général	
JA Solar	538	1.004	12	90	14	1.366	5.738	12.491	21.251	
Trina Solar	870	1.825	65	738	232	835	1.224	6.939	12.729	
Yingli	2.095	6.128	14	40	5	2.498			10.780	
Hanwha (QCells)	1.112	1.027	172	217	441	4	4.482	2.028	9.484	
SunPower	753	4.028	219	151	147	518	856	2.514	9.185	
REC	197	3.632	36	211	1.021	134	1.584	1.136	7.951	
LG	32	14	4	20	123	23	2.655	1.971	4.840	
Longi							325	4.052	4.377	
Canadian Solar	261	314	4		289	565	1.372	1.298	4.103	
CSUN	162	248	5	219	618		1.825		3.076	
Suntech	2.297	95			4				2.396	
LDK Solar	4	2.291							2.295	
AUO		62	12	367	1.116	248	199	147	2.150	
ET Solar	17	1.567	332						1.916	
Espy	1.749								1.749	
Talesun					29	1.308	99	98	1.533	
EXE								1.442	1.442	
BYD (Build Your Dreams)		63					606	730	1.399	
Renesola	122	885	32	153				31	1.222	
Panasonic	192	107	22	10		419	29	407	1.184	
S-Energy	13			147	194	428	293	108	1.183	
Issol (Cenit)		3	542	256	241		89		1.130	
Risen Energy	139	4						952	1.095	
IBC Solar				15	21	75	431	551	1.094	
ZNShine	24	817		2				13	857	
<b>Total général</b>	<b>10.576</b>	<b>24.111</b>	<b>1.470</b>	<b>2.637</b>	<b>4.495</b>	<b>8.420</b>	<b>21.805</b>	<b>36.907</b>	<b>110.422 kWc</b>	
NDA (-):									5.722 kWc	
Others:									12.877 kWc	
Sample:									129.021 kWc	

De hierboven vermelde fabrikanten zijn voor het merendeel gerenommeerde merken op de wereldmarkt, wat minstens ten dele voor de prosumers waarborg staat voor kwaliteit en een grotere zekerheid voor wat de dienst na verkoop betreft.

In deze tabel merken we eveneens een zekere regelmaat doorheen de jaren op voor wat de merken in de top 10 betreft, evenals een consolidatie van de plaatsen die de grootste spelers innemen (toename in functie van de jaarlijkse dynamiek van de FV-markt).

Merk op dat JA Solar zeer grote installatievolumes heeft, die duidelijk hoger liggen dan zijn rechtstreekse concurrent Trina Solar (+ 67 % in totaal en +78 % voor 2019). Daarnaast is JA Solar er in 2019 alleen in geslaagd meer installaties te installeren dan in de 7 voorgaande jaren (12491 kWp tegenover 8760 kWp tussen 2012 en 2018). Deze geïnstalleerde 12 MWp vormt meer dan 30 % van het totale in het BHG geïnstalleerde vermogen in 2019.

De "premium"-merken zoals LG (7e) en SunPower (5e) zijn goed vertegenwoordigd in deze rangschikking en hun cijfers weerspiegelen duidelijk de dynamiek van de markt. In deze studie worden merken die hoge rendementen en een productgarantie van 25 jaar bieden als "premium"-merken beschouwd.

Sommige merken duiken op het klassemment (EXE) terwijl andere van de Brusselse markt lijken te verdwijnen (Yingli Solar).

In het algemeen hebben 24 merken meer dan 1 MWp geïnstalleerd op het grondgebied van het BHG en 3 merken zelfs meer dan 10 gecumuleerde MWp.

### 5.4.3 Top 10 van merken voor het residentieel en commercieel/industriële segment

De analyse van deze merken per segment toont aan dat er verschillen zijn tussen de segmenten voor wat marktdynamieken betreft.

**Tabel 5-2: Top 10 van fabrikanten van panelen**

	Residentieel segment (< 5 kWp)		Commercieel/industriële segment (> 5 kWp)	
	Merk	Vermogen	Merk	Vermogen
1	JA Solar	3.468	JA Solar	17.728
2	SunPower	3.304	Trina Solar	11.938
3	EXE	1.170	Yingli	10.852
4	Trina Solar	871	Hanwha (QCells)	9.907
5	LG	581	REC	7.838
6	AUO	513	SunPower	6.188
7	Panasonic	412	LG	4.233
8	Longi	408	Canadian Solar	4.076
9	Hanwha (QCells)	346	Longi	3.965
10	REC	185	CSUN	3.069
11	<b>Algemeen totaal</b>	<b>15.311</b>	<b>Algemeen totaal</b>	<b>79.794</b>

Bij de installaties van minder dan 5 kWp hebben de 10 eerste merken 85 % van de residentiële markt in handen. Bij de installaties van meer dan 5 kWp zijn de 10 eerste merken tezamen goed voor 72 % van dit segment.

Met uitzondering van enkele merken (EXE, Panasonic/Sanyo, AUO, Yingli, Canadian Solar et CSUN) zijn in de twee segmenten grotendeels dezelfde spelers aanwezig.

#### 5.4.4 Relatieve marktaandelen

De analyse van de relatieve marktaandelen wordt weergegeven in onderstaande Tabel 5-3. Om een duidelijker beeld te geven werden de waarden afgerond en werden waarden die tijdens het jaar niet evolueerden, weggelaten. Waarden van 0 % zijn dus relatieve marktaandelen van minder dan 0,5 %.

**Tabel 5-3: Relatieve marktaandelen van de Top 25 op het vlak van vermogen**

Marque	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Cumulé:
JA Solar	5%	4%	1%	3%	0%	16%	26%	34%	19%
Trina Solar	8%	8%	4%	27%	5%	10%	6%	19%	12%
Yingli	19%	26%	1%	1%	0%	30%			10%
Hanwha (QCells)	10%	4%	12%	8%	9%	0%	21%	6%	9%
SunPower	7%	17%	15%	6%	3%	6%	4%	7%	8%
REC	2%	16%	2%	8%	21%	2%	7%	3%	7%
LG	0%	0%	0%	1%	3%	0%	12%	5%	4%
Longi							1%	11%	4%
Canadian Solar	2%	1%	0%		6%	7%	6%	4%	4%
CSUN	2%	1%	0%	8%	13%		8%		3%
Suntech	21%	0%			0%				2%
LDK Solar	0%	10%							2%
AUO		0%	1%	14%	23%	3%	1%	0%	2%
ET Solar	0%	7%	23%						2%
Espy	16%								2%
Talesun					1%	16%	0%	0%	1%
EXE								4%	1%
BYD (Build Your Dreams)		0%					3%	2%	1%
Renesola	1%	4%	2%	6%				0%	1%
Panasonic	2%	0%	2%	0%		5%	0%	1%	1%
S-Energy	0%			5%	4%	5%	1%	0%	1%
Issol (Cenit)		0%	37%	9%	5%		0%		1%
Risen Energy	1%	0%						3%	1%
IBC Solar				1%	0%	1%	2%	2%	1%
ZNShine	0%	4%		0%				0%	1%

In 2019 zien we dat 6 grote merken goed zijn voor het grootste deel van de geïnstalleerde volumes: JA Solar, TrinaSolar, Longi, SunPower, LG en Hanwha (QCells).

We stellen eveneens vast dat er een Belgische fabrikant in dit klassement staat, ISSOL, die voornamelijk teert op zijn resultaten van 2014, op een beperkte markt.

## 5.5 Marktaandeelen van de fabrikanten van omvormers

### 5.5.1 Geanalyseerde steekproef











De gegevens die voor deze indicator worden voorgesteld, zijn afkomstig van SIBELGA en betreffen installaties met jaren van indienstname 2008 tot en met 2019. Er werd een filter toegepast op deze dataset en enkel de waarden met een verhouding GS/WS tussen 80 % en 200 % werden gebruikt. Niet-gebruikte gegevens werden ondergebracht in de categorie "NDA (-)". De installaties werden eveneens gegroepeerd per vermogensklasse in kWp om de vergelijking met de bestanden van BRUGEL mogelijk te maken. Ten slotte is voor 25 % van de installaties, zijnde 6 % van het vermogen, in totaal goed voor 6356 kVA, geen informatie over de fabrikant beschikbaar in de dataset. Deze installaties werden overgebracht naar de categorie "NDA (-)"<sup>6</sup>.

De minst vertegenwoordigde merken zijn samengebracht in de categorie "Others".

### 5.5.2 Klassement en top 10 van de merken van omvormers

Tabel 5-4 geeft de marktaandeelen weer van de top 10 van merken van omvormers in het BHG met maximaal AC-vermogen aangesloten op het laagspanningsdistributienet

**Tabel 5-4: Top 10 van de merken van omvormers van het FV-park eind 2019 in het BHG**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total général	
SMA	107	580	328	198	820	7.510	2.899	1.605	1.564	1.653	3.549	13.020	33.833	
ABB (Power-One)		23	11	150	1.704	12.266	339	1.138	346	421	1.328	1.627	19.354	
Huawei				4		28			283	1.034	4.713	8.005	14.066	
Fronius	32	117	62	27	913	1.125	254	42	1.332	2.041	2.123	56	8.123	
SolarEdge				16	156	360	68	10	166	416	2.773	3.907	7.874	
Danfoss		47	30	165	915	4.104	2						5.263	
Ginlong										4	22	2.548	2.574	
KACO (Powador)	8	28	13	5	18	56					673		801	
AE REFUSol						476		122					598	
DELTA		15	8	3	21	188	15	15	32	13	10	130	449	
<b>Total général</b>	<b>146</b>	<b>810</b>	<b>452</b>	<b>567</b>	<b>4.547</b>	<b>26.114</b>	<b>3.578</b>	<b>2.932</b>	<b>3.724</b>	<b>5.582</b>	<b>15.191</b>	<b>29.292</b>	<b>92.935 kVA</b>	
Others:													5.972 kVA	
NDA (-):	393	2.517	820	598	174	263	2	395	3	514	667	11	6.356 kVA	
Sample:													105.263 kVA	
Oversizing (ratio DC/AC):													118%	

We stellen vast dat deze markt nog sterker is geconcentreerd dan die van de panelen. De top 10 van de merken van omvormers concentreert immers 91 % van de markt in het BHG en slechts drie merken (SMA, ABB en Huawei) domineren de Brusselse markt met 77 % marktaandeel.

Volgens de ter beschikking gestelde dataset bedraagt de gemiddelde verhouding GS/WS van het park 118 %, wat representatief lijkt.

<sup>6</sup> NDA (-) = no data available



### 5.5.3 Top 5 van de fabrikanten van omvormers in het "residentieel" en het "commercieel/industriële" segment

Tabel 5-5 en Tabel 5-6 geven de evolutie weer van de marktaandelen van de aangesloten vermogens per merk van omvormers in het residentieel segment (< 5 kWp) en in het segment van de grote installaties, dat we besloten hebben het commercieel/industriële segment te noemen (> 5 kWp).

**Tabel 5-5: Top 5 van de fabrikanten van omvormers in het residentieel segment**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
SMA	63	414	60	113	468	324	88	161	373	268	695	3.662	6.688
SolarEdge				3	99	106	27	10	68	131	424	1.658	2.527
ABB (Power-One)		8	11	72	159	150	65	44	49	21	32	51	662
Huawei				4							3	367	374
Fronius	28	88	47	20	30	5	5	5	4	48	17	46	341
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>510</b>	<b>118</b>	<b>211</b>	<b>755</b>	<b>584</b>	<b>185</b>	<b>220</b>	<b>494</b>	<b>468</b>	<b>1.171</b>	<b>5.784</b>	<b>10.592 kVA</b>
Others:													764 kVA
NDA (-):	365	2.159	539	411	65	38	2	-	3	-	115	6	3.704 kVA
Sample:													15.060 kVA

**Tabel 5-6: Top 5 van de fabrikanten van omvormers in het commercieel/industriële segment**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
SMA	44	166	268	85	353	7.186	2.811	1.444	1.191	1.385	2.854	9.358	27.145
ABB (Power-One)		15		78	1.546	12.116	274	1.094	297	399	1.296	1.576	18.692
Huawei					28				283	1.034	4.710	7.638	13.692
Fronius	4	30	15	7	882	1.119	249	38	1.328	1.994	2.106	10	7.782
SolarEdge				13	57	255	41		99	285	2.349	2.248	5.347
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>210</b>	<b>283</b>	<b>183</b>	<b>2.838</b>	<b>20.705</b>	<b>3.376</b>	<b>2.576</b>	<b>3.198</b>	<b>5.097</b>	<b>13.315</b>	<b>20.830</b>	<b>72.658 kVA</b>
Others:													14.893 kVA
NDA (-):			28	358	281	187	109	224	395	514	552	5	2.652 kVA
Sample:													90.203 kVA

We stellen vast dat SMA in beide segmenten leider blijft en dat het grotendeels om dezelfde fabrikanten gaat.

### 5.5.4 Relatieve marktaandelen

Om een duidelijker beeld te geven werden de waarden afgerond en werden waarden die tijdens het jaar niet evolueerden, weggelaten. Waarden van 0 % zijn dus marktaandelen van minder dan 0,5 %.

**Tabel 5-7: Relatieve marktaandelen van de top 10 van omvormers op het vlak van vermogen**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Cumulé:
SMA	73%	72%	73%	35%	18%	29%	81%	55%	42%	30%	23%	44%	36%
ABB (Power-One)		3%	2%	26%	37%	47%	9%	39%	9%	8%	9%	6%	21%
Huawei				1%		0%			8%	19%	31%	27%	15%
Fronius	22%	14%	14%	5%	20%	4%	7%	1%	36%	37%	14%	0%	9%
SolarEdge				3%	3%	1%	2%	0%	4%	7%	18%	13%	8%
Danfoss		6%	7%	29%	20%	16%	0%						6%
Ginlong										0%	0%	9%	3%
KACO (Powador)	5%	3%	3%	1%	0%	0%					4%		1%
AE REFUsoL						2%		4%					1%
DELTA		2%	2%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%

Van de fabrikanten uit de top 10 zijn de meeste wereldleiders in het domein van de fotovoltaïsche omvormers. We hebben dus geen enkele bijzonderheid vastgesteld op de Brusselse markt inzake fabrikanten van omvormers. In het algemeen stellen we dezelfde evoluties vast als voordien: een grote dominantie van de top 5, met ABB dat beetje bij beetje uit het klassement lijkt te verdwijnen, terwijl merken zoals Huawei enkele marktaandelen lijken in te nemen.

SMA blijft de voornaamste speler en dekt in 2019 44 % van de markt. Eind 2019 rust dit Duitse merk 36 % van de aangesloten omvormers in het BHG uit. ABB blijft een sterk aanwezig merk, vooral in het segment van de grote installaties, en vertegenwoordigt eind 2019 nog steeds 21 % van de zonneomvormers. De belangrijkste evolutie is die van Huawei, dat sinds 2016 steeds aanwezig is en 27 % van de activiteit van 2019 vertegenwoordigt (eind 2019 15 % van het park in het BHG).

## 6 Prijs van de installaties

De hierna voorgestelde analyse van de prijzen van fotovoltaïsche installaties die op de Brusselse markt werden toegepast in de periode 2012-2019, vult de prijsanalyse aan die BRUGEL jaarlijks uitvoert. Deze laatste laat de actualisering toe van de economische parameters van de berekeningsformule voor de vermenigvuldigingscoëfficiënt die wordt toegepast op het aantal aan de fotovoltaïsche installaties toegekende GSC<sup>7</sup>.

Deze analyse heeft tot doel de impact te kwantificeren van de verschillende factoren die de totale kost van een fotovoltaïsche installatie kunnen beïnvloeden op basis van de informatie die de databank van BRUGEL bevat: jaar van indiening, vermogenscategorie van de installatie en type eigenaar.

De vermogenscategorie is een essentiële factor die van grote invloed is op de prijs, gelet op de schaalvoordelen die grotere werven genieten. De analyses van de voorgaande jaren toonden deze sterke samenhang tussen vermogen en prijs. Bijgevolg houden alle analyses in dit hoofdstuk rekening met deze categorieën.

In tegenstelling tot de voorbije jaren werd de oorsprong van de panelen niet behouden als relevant criterium om twee redenen. Enerzijds is het moeilijk het land te bepalen, aangezien merken in vele landen assemblagefabrieken hebben, en niet noodzakelijkerwijs alleen in het land waar de maatschappelijke zetel gevestigd is. Anderzijds zijn ook de onderdelen van de panelen van meerdere landen afkomstig (voornamelijk uit China).

De in de databank vermelde gegevens worden ongewijzigd overgenomen. Ze worden verondersteld het geheel van de kosten van het project<sup>8</sup> te dekken en er wordt geen enkele correctie aan deze prijzen aangebracht om rekening te houden met eventuele bijkomende kosten die niet zijn vermeld in het dossier dat bij BRUGEL wordt ingediend. Alle prijzen zijn vermeld incl. btw<sup>9</sup>. De in de verschillende onderstaande analyses vermelde prijs is altijd uitgedrukt ten opzichte van het geïnstalleerde vermogen van de installatie (€/kWp).

De prijzen houden geen rekening met de inflatie. De vergelijking heeft dus betrekking op courante euro en niet op constante euro.

### 6.1 Samenvatting van de markante feiten

De dalende tendens van de prijzen werd in 2019 voortgezet met een prijsdaling van 5 % voor grote systemen tot 15 % voor kleine, residentiële systemen in vergelijking met het vorige jaar.

Sinds 2013 is de prijs in de verschillende vermogenscategorieën met gemiddeld bijna 40 % gedaald.

Zoals elk jaar stellen we vast dat de prijzen per kWp een neerwaartse trend vertonen naarmate het vermogen van de installatie toeneemt, met een verschil van ongeveer 58 % tussen >250 kWp (gemiddelde van € 893/kWp en [0-5] kWp (€ 1.411/kWp).

<sup>7</sup> Ontwerpvoorstel 27 betreffende de vermenigvuldigingscoëfficiënt toegepast op fotovoltaïsche installaties – Analyse van de economische parameters [https://www.brugel.brussels/nl\\_BE/documents/proposals/rechercher](https://www.brugel.brussels/nl_BE/documents/proposals/rechercher)

<sup>8</sup> De meerkost verbonden met de studies (stabiliteit, wind enz.) en de prijs van de meter van SIBELGA worden echter niet in aanmerking genomen.

<sup>9</sup> Varieert naargelang de categorie (particulier, professioneel) en de leeftijd van het gebouw.

De kruising van de prijsgegevens met de specifieke rendementen van de installaties toont geen duidelijk verband tussen de twee aan. Het rendement van een paneel is dus niet het voornaamste element om de prijs van een installatie te bepalen.

## 6.2 Prijs per kWp naargelang de vermogenscategorieën in 2019

Er werd een grondiger analyse van de prijzen op basis van de vermogenscategorie uitgevoerd voor 2019, met name omwille van het groot aantal beschikbare gegevens.

### 6.2.1 Geanalyseerde steekproef IDN 2019

De onderstaande tabel bevat de omvang van de steekproef waarop de analyse werd uitgevoerd na toepassing van de filters. Bijna 93 % van de installaties van 2019 vermeldt een prijs (2.074 op 2.228). 447 van deze installaties werden als te afwijkend van de algemene tendensen beschouwd, omdat ze ofwel onder het 10e centiel ofwel boven het 90e centiel lagen<sup>10</sup>. Deze prijzen wijken sterk af van het gemiddelde, wat verklaard kan worden door: fouten bij de invoer, prijzen exclusief het materiaal of daarentegen met inbegrip van andere werken, ...). Deze extreme prijzen worden dus beschouwd als afwijkende waarden (outliers) en werden niet in aanmerking genomen.

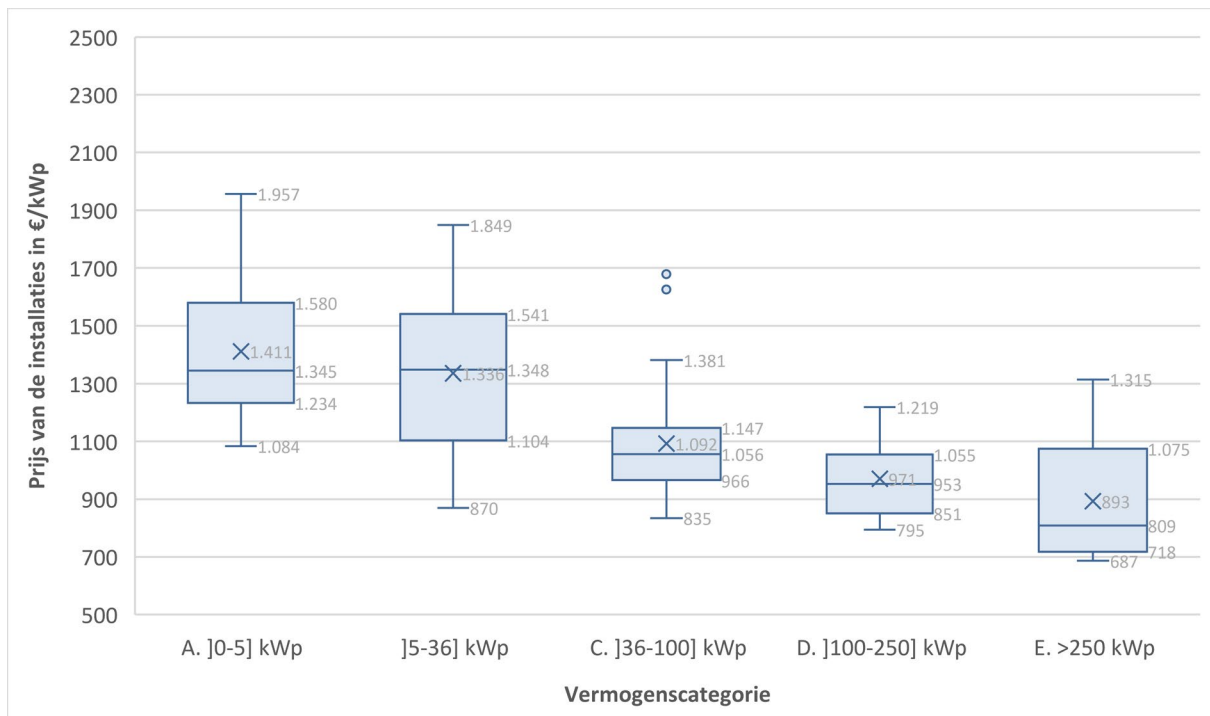
Tabel 6-1: Omvang en representativiteit van de steekproef - jaar 2019

Vermogenscategorie [kWp]	[0-5]	]5-36]	]36-100]	]100-250]	>250	Totaal
Aantal installaties	1752	219	50	35	18	2074
Aantal geanalyseerde installaties	1371	175	40	27	14	1627
% van het totaal aantal installaties	78%	80%	80%	77%	78%	78%
Aantal outliers	381	44	10	8	4	447

#### 6.2.1.1 Prijs van de installaties in 2019 per geïnstalleerde vermogenscategorie

De onderstaande figuur geeft de verdeling weer van de prijzen van de installaties (€/kWp) naargelang van de vermogenscategorie en met een IDN in 2019.

<sup>10</sup> De methode van de 1,5 IQR werd hier niet toegepast omdat ze te weinig waarden die duidelijk onder of boven de marktprijzen ligt terzijde schuift.



**Figuur 6-1: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (€/kWp) – jaar van indiening 2019**

Figuur 6-1 toont een geleidelijke daling van de mediane en gemiddelde prijzen naargelang de vermogenscategorie. Hoe groter de installatie, hoe lager de prijs per kWp. De residentiële categorie (]0-5] kWp) wordt afzonderlijk geanalyseerd in het volgend punt. Let op de mediane en gemiddelde prijzen onder 1000 €/kWp voor de categorieën ]100-250] en >250 kWp.

Onderstaande tabel geeft de gemiddelde en mediane waarden en de standaardafwijkingen per categorie weer voor de steekproef.

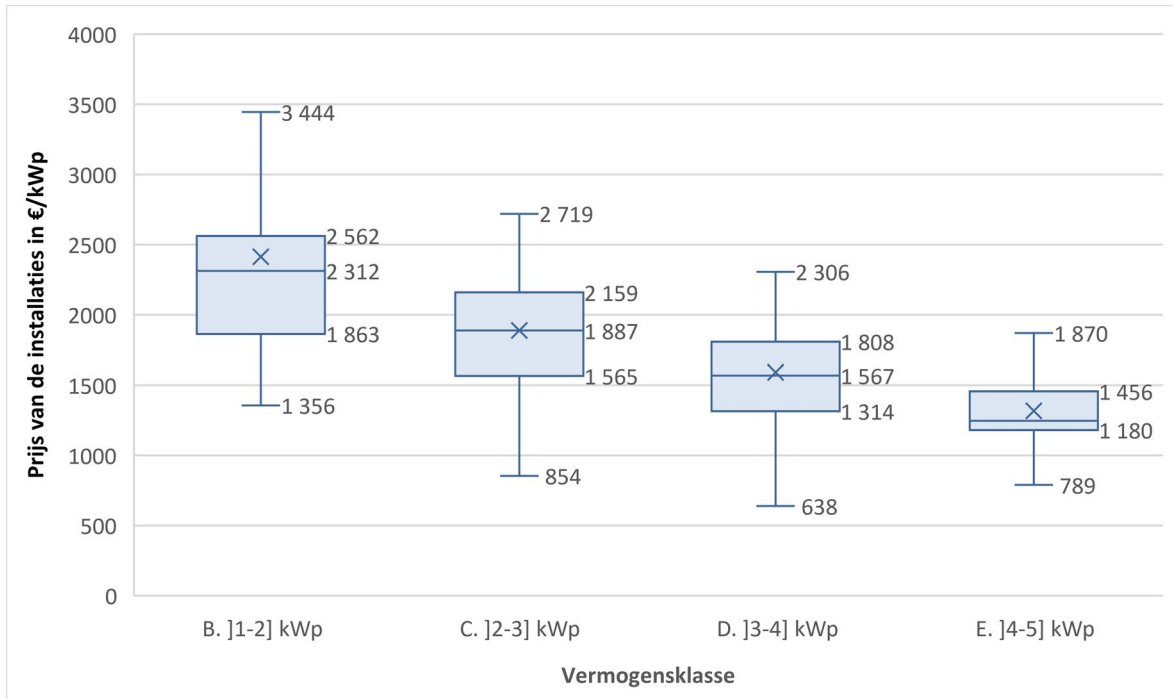
**Tabel 6-2: Statistische gegevens van de prijzen per vermogenscategorie - jaar 2019**

Vermogenscategorie [kWp]	[0-5]	]5-36]	]36-100]	]100-250]	>250
Prijsgemiddelde	€ 1 411	€ 1 336	€ 1 092	€ 971	€ 893
Prijsgemiddelde	€ 1 345	€ 1 348	€ 1 056	€ 953	€ 809
Standaardafwijking van de prijzen	€ 222	€ 261	€ 200	€ 133	€ 227

## 6.2.2 Focus op de residentiële categorie

De vorige figuur toonde ons de grote variatie binnen de residentiële categorie. Als we deze categorie meer in detail analyseren, stellen we een opvallende prijsdaling vast in functie van het vermogen. Dit is te verklaren door een aantal zo goed als vaste kosten (administratieve kosten, commerciële kosten, verplaatsingen, verzekeringen, opstarten van de werf, ...), ongeacht de omvang van de installatie. In een kleine installatie vertegenwoordigen ze dus een aanzienlijk groter deel van de prijs dan in een grote installatie.

Figuur 6-2 toont ons duidelijk dit fenomeen, met gemiddelde prijzen voor de categorie onder 2 kWp die boven de € 2.300/kWp liggen, ofte bijna het dubbele van een installatie tussen 4 en 5 kWp.



**Figuur 6-2: Prijs van de installaties per vermogenscategorie in het segment onder 5 kWp (EUR/kWp) IDN 2019**

## 6.3 Prijs per kWp naargelang het jaar van indienstname en de vermogenscategorieën

### 6.3.1 Geanalyseerde steekproef

Om de evolutie in de tijd te analyseren en een grondige analyse te bekomen, werd gekozen voor een specifieke analyse van de 4 jaren met meer dan 250 gegevens: 2012-2013 en 2018-2019.

Tabel 6-3: Omvang en representativiteit van de steekproef

Jaar van indienstname	2012	2013	2018	2019
Aantal installaties met prijsgegevens	360	388	559	2074
Aantal geanalyseerde installaties	282	300	437	1627
% van de totale steekproef	78%	77%	78%	78%
Aantal outliers	78	87	122	447

Tabel 6-3 geeft de grootte weer van de steekproef waarop de analyse werd uitgevoerd, evenals de representativiteit ervan in verhouding tot het volledige fotovoltaïsch park en het aantal en percentage afwijkende gegevens (outliers). De outliers zijn uitgesloten van de analyse op basis van de volgende criteria: gegevens kleiner dan het 10e centiel of groter dan het 90e centiel, per vermogenscategorie en per jaar. Ongeveer 78 % van de installaties waarvoor een prijs vermeld werd, werd in aanmerking genomen voor de analyse.

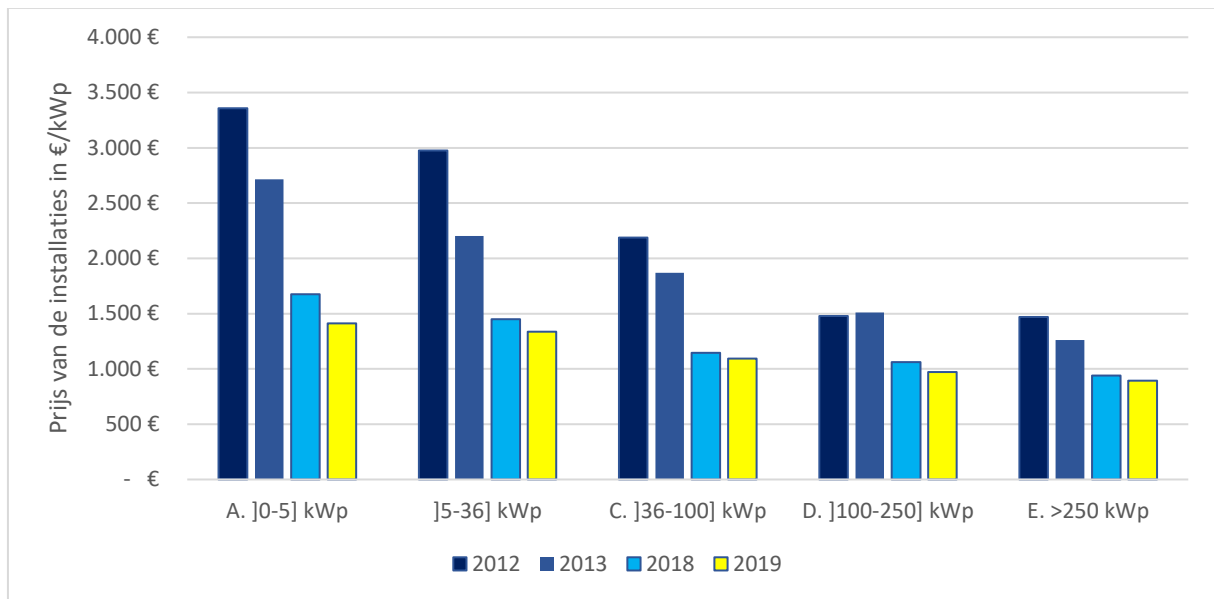
### 6.3.2 Resultaten: trends van de indicator

Tabel 6-4: Gemiddelde prijs van de panelen per jaar van IDN in €/kWp (2012-2018)

Categorie	2012	2013	2018	2019	2019/2018	2019/2012
[0-5] kWp	€ 3 357	€ 2 715	€ 1 676	€ 1 411	-16%	-58%
]5-36] kWp	€ 2 976	€ 2 201	€ 1 448	€ 1 336	-8%	-55%
]36-100] kWp	€ 2 188	€ 1 869	€ 1 146	€ 1 092	-5%	-50%
]100-250] kWp	€ 1 478	€ 1 509	€ 1 063	€ 971	-9%	-34%
>250 kW	€ 1 469	€ 1 261	€ 941	€ 893	-5%	-39%

Tabel 6-4 geeft de eenvoudig rekenkundig gemiddelden weer van de prijs van de FV-installaties in de periode 2012-2013 en 2018-2019. In vergelijking met 2018 is een sterkere daling zichtbaar in de residentiële categorie (- 16 %) dan in de andere vermogenscategorieën (schommelend tussen 5 en 9 %).

In vergelijking met 2012 wordt deze tendens, die op de mondiale markten wordt vastgesteld, bevestigd door een daling van bijna 60 % voor het residentiële segment.



**Figuur 6-3: Prijs van de installaties over de periode 2012-2018 (€/kWp)**

Figuur 6-3 toont de verdeling van de prijs van de installaties (€/kWp). We zien waarden die vanaf 2018 in de buurt of zelfs onder de grens van € 1 000/kWp liggen voor de categorieën ]100-250] en meer dan 250 kWp.

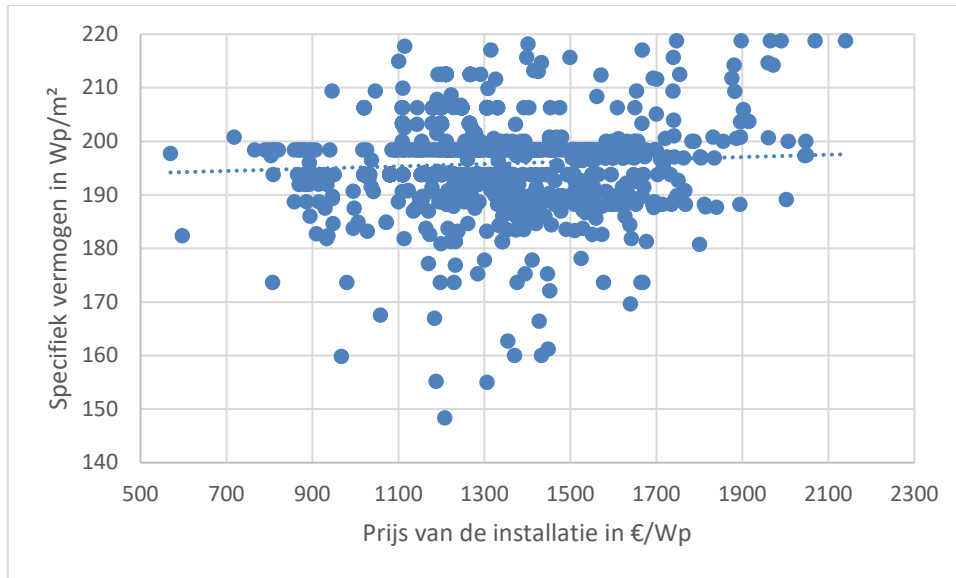
## 6.4 Prijs in functie van de specifieke vermogens en van de vermogenscategorieën

Om de verhouding tussen het specifieke vermogen van de panelen en de prijzen van de installatie te analyseren, zoals gebeurd is in de voorgaande oefeningen, hebben we gekozen voor een analyse zonder de panelen op te delen in laag, middelmatig en hoog rendement, maar hebben we deze verhouding geëvalueerd voor alle gekoppelde waarden, aangezien deze variabelen beide kwantitatief zijn.

We hebben de in 2019 meest vertegenwoordigde categorieën geanalyseerd, namelijk de ]4-5] kWp en de ]5-36] kWp.

Voor wat de categorie ]4-5] kWp betreft: van de 1166 installaties werden er 1119 behouden nadat de afwijkende gegevens eruit gefilterd waren op basis van de volgende criteria: de gegevens worden uitgesloten als hun specifiek vermogen hoger is dan 220 Wp/m<sup>2</sup> of lager dan 120 Wp/m<sup>2</sup> en als de prijs hoger is dan € 3500 /Wp.

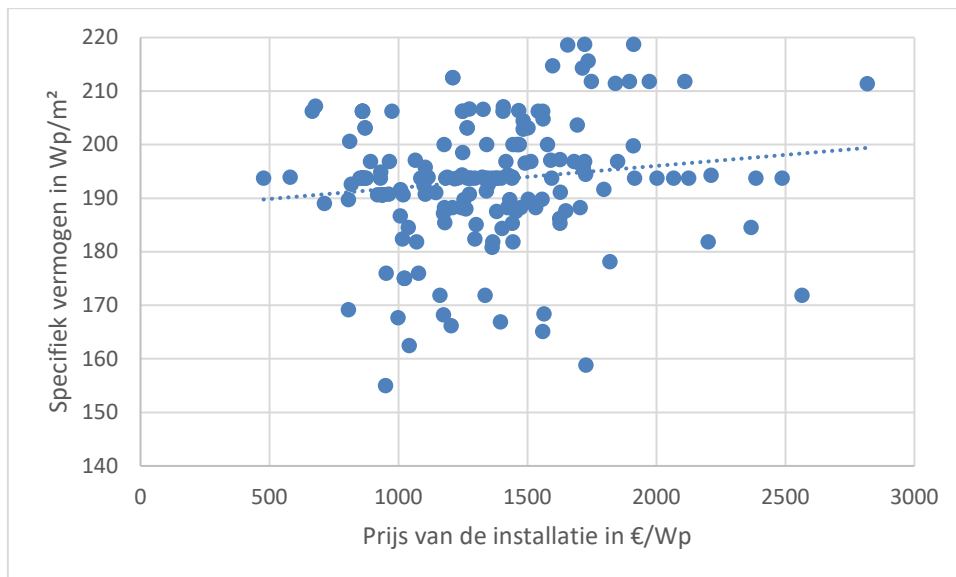




**Figuur 6-4: Verband tussen specifiek vermogen en prijs voor de categorie [4-5] kWp in 2019**

Figuur 6-4 toont aan dat er geen duidelijke relatie is tussen de prijzen en de specifieke vermogens. Het spreidingsdiagram toont immers geen duidelijke tendens en wijst erop dat het specifiek vermogen van de panelen geen sterke verklarende factor is voor de prijschommelingen tussen installaties.

Voor de categorie [5-36] kWp werden 180 van de 219 installaties geanalyseerd na toepassing van identieke filters.



**Figuur 6-5: Verband tussen specifiek vermogen en prijs voor de categorie [5-36] kWp in 2019**

Figuur 6-5 toont een spreidingsdiagram dat gelijkaardig is aan de vorige figuur, hoewel er zich een zwak, niet-significant verband lijkt af te tekenen.

Deze oefening werd herhaald voor andere categorieën en andere jaren, telkens met gelijkaardige resultaten.

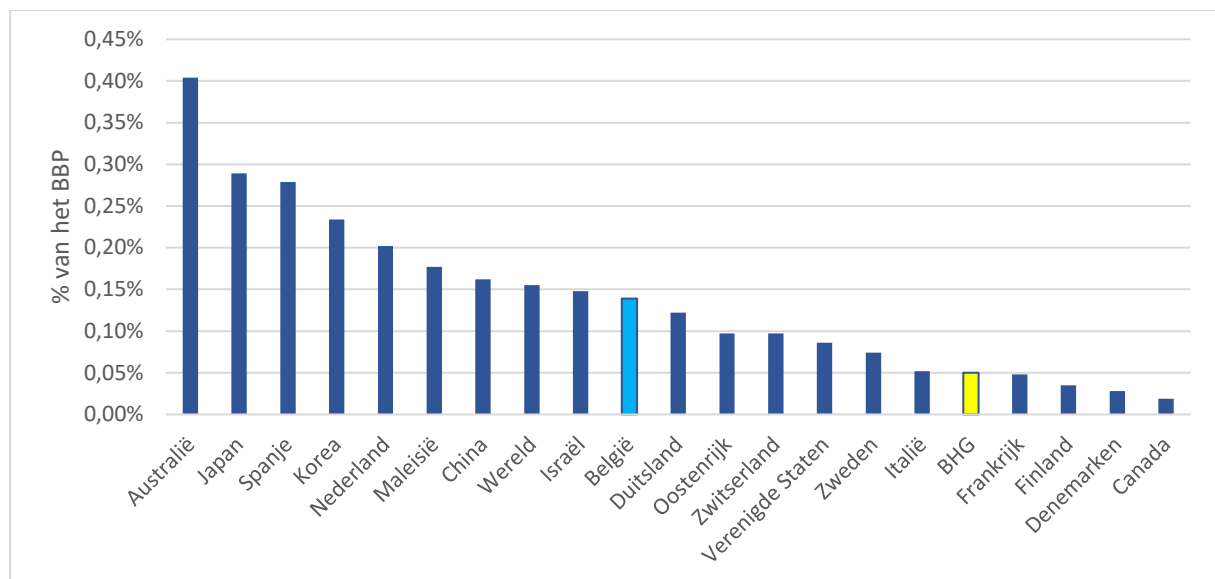
## 6.5 Bijdrage tot het Brussels BBP

Als we de geïnstalleerde vermogens vergelijken met de gemiddelde prijs per categorie, is het mogelijk de economische impact van de FV-sector op het Brussels bruto binnenlands product (BBP) te berekenen, zoals weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 6-5: Berekening van het financieel volume van in 2019 in dienst genomen installaties

Categorie	Gemiddelde van de prijs/kWp	Geïnstalleerd vermogen kWp	Totaal bedrag
[0-5] kWp	€ 1 411	7821	€ 11 036 076
]5-36] kWp	€ 1 336	2427	€ 3 241 472
]36-100] kWp	€ 1 092	4312	€ 4 708 774
]100-250] kWp	€ 971	7748	€ 7 522 398
>250 kW	€ 893	16157	€ 14 425 637
<b>TOTAAL</b>			<b>€ 40 934 357</b>

Het totaal bedrag vertegenwoordigt 0,05 % van het BBP van het BHG. Dit resultaat is vergelijkbaar met de waarden verkregen op basis van andere onafhankelijke analyses in andere landen, zoals gemeld door het IEA-PVPS (platform voor technologische samenwerking, gespecialiseerd in fotovoltaïsche installaties, uitgaande van het Internationaal Energieagentschap).



Figuur 6-6: bijdrage van het FV-park aan het BBP in percent (2019) bron: IEA-PVPS

Figuur 6-6 toont dat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest een score behaalt die in de buurt ligt van die van landen zoals Italië of Frankrijk, hoewel het duidelijk is dat de kenmerken van een metropool zoals het Brussels Hoofdstedelijk Gewest moeilijk vergelijkbaar zijn met die van een land. Op nationaal niveau zijn de oppervlakten beschikbaar voor de installatie van grote centrales op de grond immers aanzienlijk groter dan in een stad. We kunnen dus tot de conclusie komen dat dit voor Brussel een uitstekende verhouding is.

## 7 Productiviteit van de installaties

De evaluatie van de werkelijke energieproductie van de in het BHG geïnstalleerde fotovoltaïsche installaties heeft tot doel de staat van werking van het huidige geïnstalleerde park, zijn specifieke kenmerken en de factoren die deze beïnvloeden beter te begrijpen, evenals de aard en de frequentie van eventuele problemen waaronder fotovoltaïsche installaties te lijden hebben. Een betere kennis hiervan is essentieel voor de goede ontwikkeling en de duurzaamheid van de fotovoltaïsche sector en laat toe beslissingen met betrekking tot overheidssteun beter te oriënteren. De fotovoltaïsche sector is nog relatief jong in het BHG: de meeste installaties zijn slechts tien jaar of jonger. In de loop van de tijd heeft de sector bijgeleerd en is hij professioneler geworden, dankzij de opgedane ervaring en de begane fouten, zowel voor wat fabrikanten van panelen en omvormers betreft als installateurs, de overheid of eigenaars van installaties. Meer dan tien jaar geleden hadden sommige landen die voorlopers waren in de fotovoltaïsche sector al ervaring opgedaan en er werden voorstellen geformuleerd om Brussel profijt te laten trekken uit de elders geleerde lessen<sup>11</sup>. Geleidelijk aan werden in het BHG inspanningen geleverd om gegevens in te zamelen en systematisch te analyseren, onder meer door deze studie, waarvan de eerste uitgave in 2014 tot stand is gekomen. Tegelijkertijd betekent dit niet dat er nog meerdere acties mogelijk blijven om beetje bij beetje een completer en nauwkeuriger beeld te krijgen van de staat van werking van het fotovoltaïsch park in het BHG.

De energieproductie van een fotovoltaïsche installatie hangt ongeveer lineair af van de zonne-energie die ze ontvangt en het geïnstalleerd piekvermogen. Om de energie die de fotovoltaïsche installaties van het park van het BHG produceren te vergelijken, moet de energieproductie dus voor elk van beide factoren genormaliseerd worden. De normalisatie van de energieproductie door het piekvermogen leidt tot het begrip specifieke energieproductiviteit (uitgedrukt in kWh/kWp). De normalisatie van de energieproductie door het piekvermogen en de zoninstraling leidt tot het begrip Performance Ratio (PR). Deze twee productiviteits- en prestatie-indicatoren werden toegepast op het FV-park van Brussel en worden nader in detail uitgelegd in de betreffende afdelingen.

### 7.1 Samenvatting van de markante feiten

De voorbije vier decennia is de zonne-energie in Brussel steeds toegenomen. In de loop van de voorbije veertig jaar bedroeg de gemiddelde globale horizontale zoninstraling ongeveer 1000 kWh/m<sup>2</sup>. De laatste tien jaar bedraagt deze gemiddelde waarde 1078 kWh/m<sup>2</sup>, ongeveer 8 % boven het gemiddelde van de vier laatste decennia. In 2018 werd een historisch maximum geregistreerd, met 1172 kWh/m<sup>2</sup>, wat ongeveer 17 % meer is dan het gemiddelde van de vier laatste decennia.

De mediane specifieke energieproductie van fotovoltaïsche installaties in het BHG bedroeg ongeveer 850 kWh/kWp in het voorbije decennium, wat beschouwd kan worden als een typische en representatieve waarde voor het park.

De mediane Performance Ratio van fotovoltaïsche installaties in het BHG bedroeg ongeveer 65 % in het voorbije decennium, wat beschouwd kan worden als een typische en representatieve waarde voor het park. Ter vergelijking: de typische Performance Ratio's die in Europa worden waargenomen liggen tussen 70 en 80 %.

Statistische analyses toonden een verband aan tussen de prestaties van de installaties en bepaalde essentiële parameters zoals het geïnstalleerd piekvermogen, hun jaar van indienstname, het merk van de fotovoltaïsche panelen, de vermogenscategorie of het type eigenaar van de installatie.

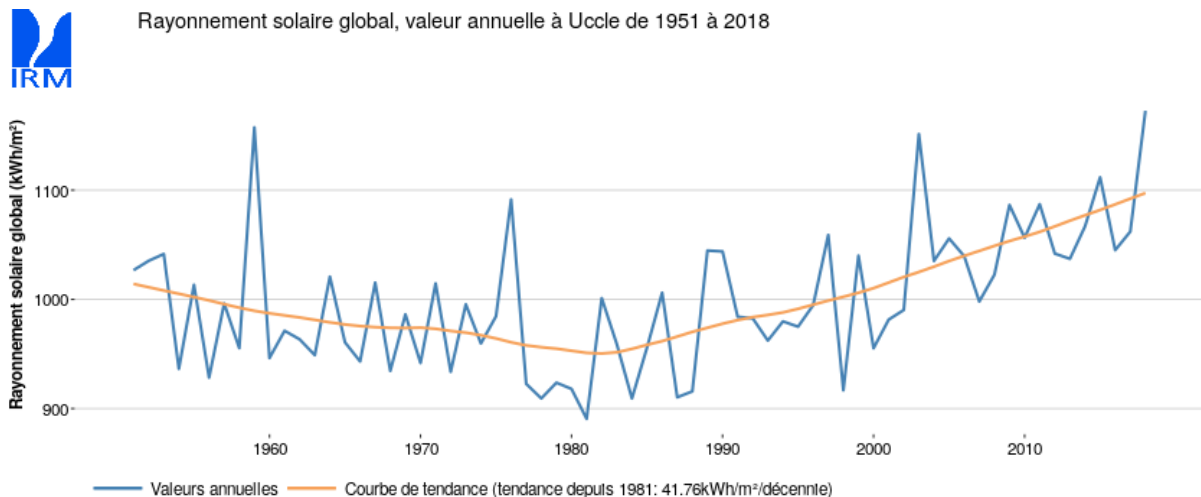
<sup>11</sup> Jonathan Leloux, Gabriel Sala, Towards the consolidation of a photovoltaic observatory in Wallonia and Brussels (Belgium), 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Hamburg, 2009 (<https://tinyurl.com/r4967s6v>).

## 7.2 Zonne-energie

De potentiële energieproductie van een fotovoltaïsche installatie hangt bijna lineair af van de hoeveelheid zonne-energie die ze ontvangt en het geïnstalleerd piekvermogen. De evaluatie van de beschikbare zonne-energie en van de evolutie ervan zijn dus essentiële factoren om de energieproductie van de fotovoltaïsche installaties te analyseren.

De zonne-energie wordt in het algemeen gemeten via de globale horizontale zoninstraling (Global Horizontal Irradiation – GHI). Deze metingen kunnen gebeuren via meetstations op de grond, door middel van een pyranometer of door de analyse van satellietbeelden. Metingen van de zoninstraling door middel van een goed geijkte en onderhouden pyranometer zijn in het algemeen zeer betrouwbaar. De dichtheid van het netwerk van in België geïnstalleerde pyranometers laat echter niet toe een volledig representatieve dekking van de zonne-energie voor heel het grondgebied te garanderen<sup>12</sup>. Observaties via satellietbeelden geven een betere geografische dekking, maar zijn in het algemeen minder precies. De voorkeur dient dus uit te gaan naar gegevens met betrekking tot de zoninstraling gemeten met een pyranometer, als ze relatief dicht (typisch minder dan 30 km) van de bestudeerde zone worden gemeten, terwijl in het tegenovergestelde geval gegevens afkomstig van satellieten gebruikt kunnen worden<sup>13</sup>.

Voor deze studie gebeurde de evaluatie van de zonne-energie op basis van de globale horizontale zoninstraling gemeten in Ukkel in een weerstation uitgerust met een pyranometer. De meting werd uitgevoerd door het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI). De jaarlijkse zoninstraling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is zeer homogeen, waardoor een enkel gekend referentiepunt gebruikt kan worden om heel het grondgebied te analyseren. Deze door het KMI uitgevoerde metingen kunnen dus beschouwd worden als een instralingsbron van vrij goede kwaliteit en representatief voor de bestudeerde zone.



**Figuur 7-1: Jaarlijkse globale horizontale zoninstraling gemeten in Ukkel Bron: KMI, 2019**

<sup>12</sup> <https://www.meteo.be/nl/weer/waarnemingen/belgie>

<sup>13</sup> Tariq Muneer, Solar radiation and daylight models, Elsevier, 2004.

In de loop van de laatste decennia is de jaarlijkse zoninstraling erg geëvolueerd en in 2018 heeft ze nieuwe records gebroken in België<sup>14</sup>. Deze evolutie heeft rechtstreekse gevolgen voor de energieproductie van de fotovoltaïsche installaties in Brussel. Het KMI, dat de globale horizontale zoninstraling meet, heeft inderdaad een jaarwaarde van 1172 kWh/m<sup>2</sup> gemeten op zijn zetel in Ukkel. Dit is de hoogste door het KMI gemeten waarde sinds het begin van de metingen in de jaren 50 (zie Figuur 7-1).

Dit nieuwe record bevestigt enkel de stijgende tendens waargenomen sinds de jaren 80, al bijna 4 decennia dus. Voor elk decennium werd inderdaad een toename van meer dan 40 kWh/m<sup>2</sup> vastgesteld, dus bijna 4 % per decennium.

Het historisch minimum werd gemeten in 1981, en bedroeg iets minder dan 900 kWh/m<sup>2</sup>. De gemiddelde instralingswaarde tussen 1981 en 2018 bedraagt 997 kWh/m<sup>2</sup> en kan afgerond worden naar 1000, om ze gemakkelijker te onthouden. Dit historisch maximum van 2018 is dus ongeveer 30 % meer dan het minimum van 1981 en ongeveer 17 % meer dan de gemiddelde waarde. De gemiddelde instraling tijdens het afgelopen decennium bedraagt 1072 kWh/m<sup>2</sup>, een toename van ongeveer 8 % in vergelijking met de gemiddelden van de veertig voorbije jaren.

Bijgevolg bleken de meeste voorspellingen met betrekking tot de fotovoltaïsche productie van 10 jaar geleden te pessimistisch. In werkelijkheid hebben de Belgische installaties meer geproduceerd dan gepland.

De toename van de zoninstraling (en dus van de productie) is niet specifiek voor Ukkel of zelfs voor België. Sinds begin jaren 80 werden gelijkaardige tendensen waargenomen in de meeste Europese en Noord-Amerikaanse landen.

De redenen hiervoor zijn nog niet precies gekend. De twee voornaamste oorzaken die aan de oorsprong ervan liggen zijn: de hoeveelheid aerosols in de atmosfeer en de hoeveelheid wolken, die de zoninstraling verspreiden en absorberen voor ze de grond bereikt. Recente wetenschappelijke studies wijten ongeveer driekwart van de tendensen aan de aerosols en een kwart aan de evolutie van de bewolking. Tijdens de drie voorbije decennia kwamen er minder aerosols in de Belgische lucht terecht en was er ook een beetje minder bewolking (Wild, 2016).<sup>15</sup>

Sommige aerosols zijn afkomstig van de luchtverontreiniging door menselijke activiteiten, in het bijzonder zwaveldioxide, stikstofoxide (NO<sub>x</sub>) en roetdeeltjes, die grotendeels afkomstig zijn van de verbranding van fossiele brandstoffen in elektriciteitscentrale en in automotoren.

Voor 1980 was de luchtverontreiniging in de westerse landen sterk toegenomen, door de groei van het wagenpark en de toenemende verbranding van fossiele brandstoffen in thermische centrales, de industrie en in de tertiaire en residentiële sector. De atmosfeer geraakte dus verzadigd met aerosols en liet steeds minder zonlicht door. Dit leidde tot een fenomeen dat globale verduistering, of global dimming wordt genoemd.

Dit fenomeen is vaak waar te nemen in grote steden, waar vaak een karakteristieke bruine strook onderaan de horizon te zien is, die veroorzaakt wordt door de grotere verspreiding van de zoninstraling door aerosols, in het bijzonder zwaveldioxide, NO<sub>x</sub> uitgestoten door auto's en roetdeeltjes.

---

<sup>14</sup> Jonathan Leloux, Ensoleillement record en Belgique en 2018 : Combien produiront les panneaux solaires demain ?, Renouveau, 2018 (<https://www.renouveau.be/fr/ensoleillement-record-en-belgique-en-2018-combien-produiront-les-panneaux-solaires>).

<sup>15</sup> Martin Wild, Decadal changes in radiative fluxes at land and ocean surfaces and their relevance for global warming. WIREs Clim Change, 7: 91-107, 2016 (<https://doi.org/10.1002/wcc.372>).

Om deze studie tot een goed einde te brengen werden gegevens met betrekking tot de dagelijkse globale horizontale zoninstraling opgevraagd bij het KMI, voor een historiek van de metingen die de voorbije tien jaren omvat. Om deze daggegevens correct te kunnen gebruiken in de prestatie-analyses, werden ze vervolgens via een klassiek en zeer vaak gebruikt fysisch model omgezet naar een tijdsaanduiding per uur (Liu en Jordan, 1960)<sup>16</sup>.

Fotovoltaïsche zonnepanelen worden meestal niet horizontaal geïnstalleerd maar op een schuin vlak, dat van het dak waarop ze geplaatst worden of een ander vlak dat voor hen ter beschikking wordt gesteld, om de ontvangen hoeveelheid straling te maximaliseren. Om de prestaties van de fotovoltaïsche installaties te analyseren, is het dus noodzakelijk de energieproductie te vergelijken met de zoninstraling die het vlak met de zonnecollectoren ontvangt. Voor deze studie werd de horizontale zoninstraling per uur dus omgezet naar het plan van de fotovoltaïsche panelen (Global Tilted Irradiation – GTI) door middel van zeer gekende uitsplitsings- (Erbs et al., 1982)<sup>17</sup> en omzettingsmodellen (Hay, 1993)<sup>18</sup>. De oriëntatie van het vlak van de zonnepanelen is gekend of geschat, al naargelang het geval, zoals verder in dit hoofdstuk besproken.

### 7.3 Analyse van de oriëntatie van de panelen van het fotovoltaïsch park

De oriëntatie en de helling van de zonnepanelen spelen een belangrijke rol bij de energieproductie van fotovoltaïsche installaties.

De hellingen van de geanalyseerde installaties zijn echter niet gekend. De helling van de zonnepanelen heeft voor een ruim waardenbereik, tussen 10° en 50°, echter maar weinig invloed op de jaarlijkse productiviteit. De analyse werden dus uitgevoerd uitgaande van een helling van 35° voor alle installaties, wat wordt beschouwd als optimaal voor zuidgerichte panelen. Het is een frequente waarde om twee redenen: het zoeken naar een optimale helling voor de installaties en de natuurlijke helling van de daken waarop panelen gewoonlijk worden geplaatst. Dit uitgangspunt met betrekking tot de helling kan leiden tot overschatting of onderschatting met enkele percenten van de jaarlijkse verwachte zoninstraling op het vlak van de collectoren.

Voor de meeste installaties is de oriëntatie evenmin gekend. BRUGEL heeft echter een meting bij benadering van deze oriëntaties uitgevoerd op een steekproef van 200 installaties en op basis van een identificatie via satellietbeelden. Deze oriëntaties werden geklasseerd met een hoekpositief van 22,5° (zuid, zuidzuidoost, zuidoost, etc.).

Vervolgens werd de verdeling van deze oriëntaties geanalyseerd om de tendensen te observeren en hieruit een voor het volledige park representatieve oriëntatie af te leiden.

Op deze 200 installaties werden filters toegepast volgens meerdere criteria:

- Installaties met meerdere oriëntaties;
- Installaties met meerdere productiegegevens voor dezelfde periode;
- Productiegegevens waarvan de precisie niet in de orde van de kWh was;

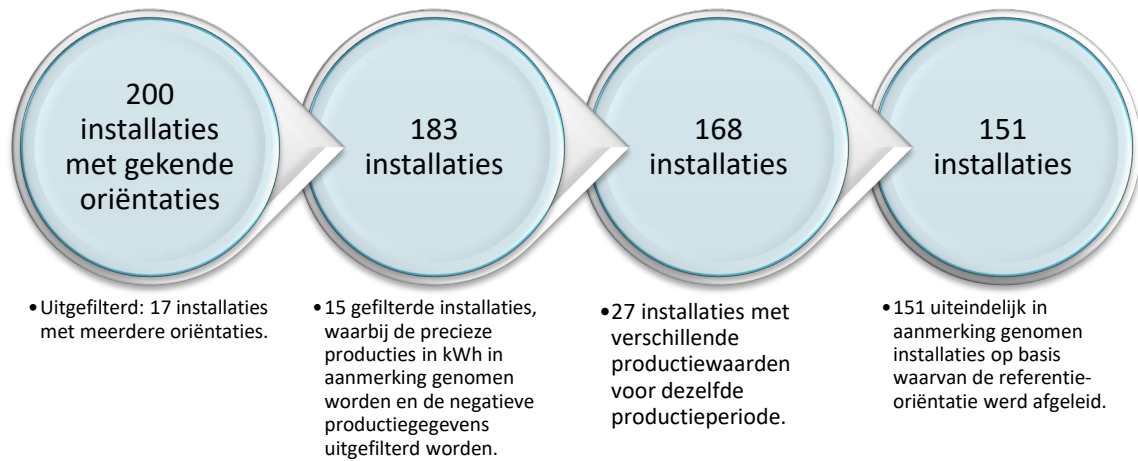
---

<sup>16</sup> Benjamin Y.H. Liu, Richard C. Jordan, The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, Solar Energy, Volume 4, Jaargang 3, 1960, pp. 1-19, ISSN 0038-092X ([https://doi.org/10.1016/0038-092X\(60\)90062-1](https://doi.org/10.1016/0038-092X(60)90062-1)).

<sup>17</sup> D.G. Erbs, S.A. Klein, J.A. Duffie, Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation, Solar Energy, Volume 28, Jaargang 4, 1982, pp. 293-302, ISSN 0038-092X ([https://doi.org/10.1016/0038-092X\(82\)90302-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(82)90302-4)).

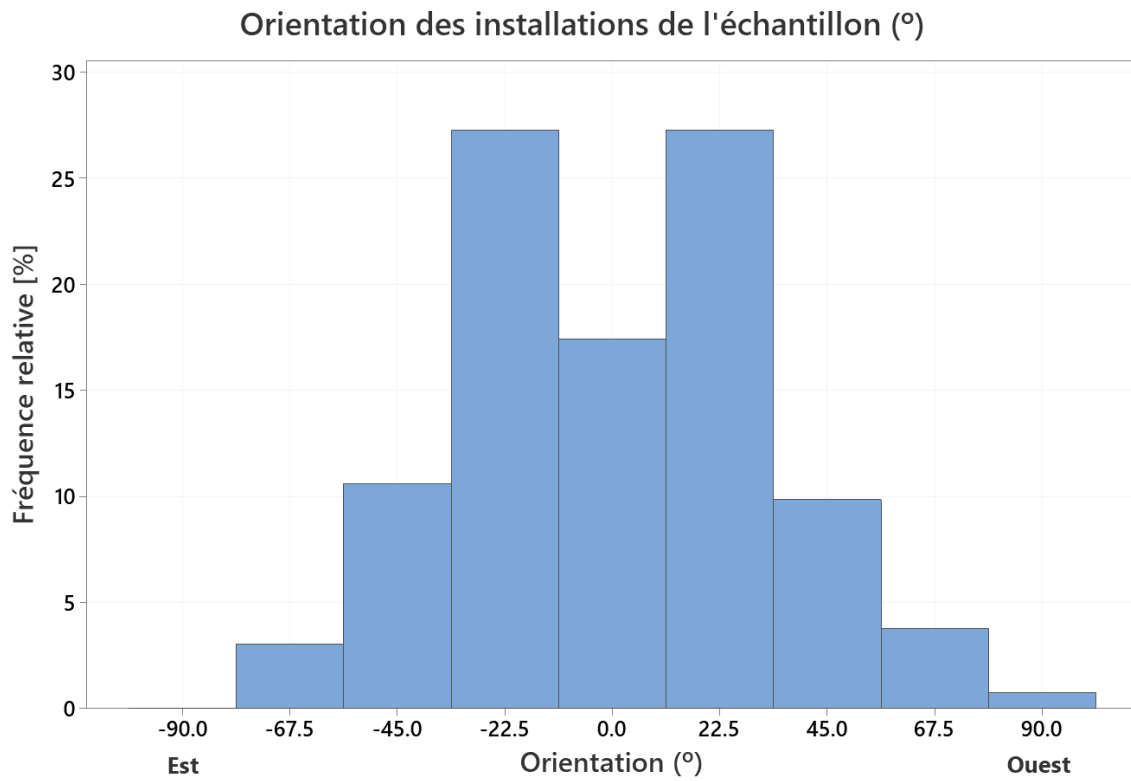
<sup>18</sup> J.E. Hay, J.A. Davies, Calculations of the solar radiation incident on an inclined surface. In: Hay, J.E., Woon, T.K. (Eds.), 1980, Proc. of First Canadian Solar Radiation Data Workshop, 59. Ministry of Supply and Services, Canada.

- Negatieve productiegegevens.



**Figuur 7-2: Achtereenvolgens toegepaste filters en resulterend aantal installaties**

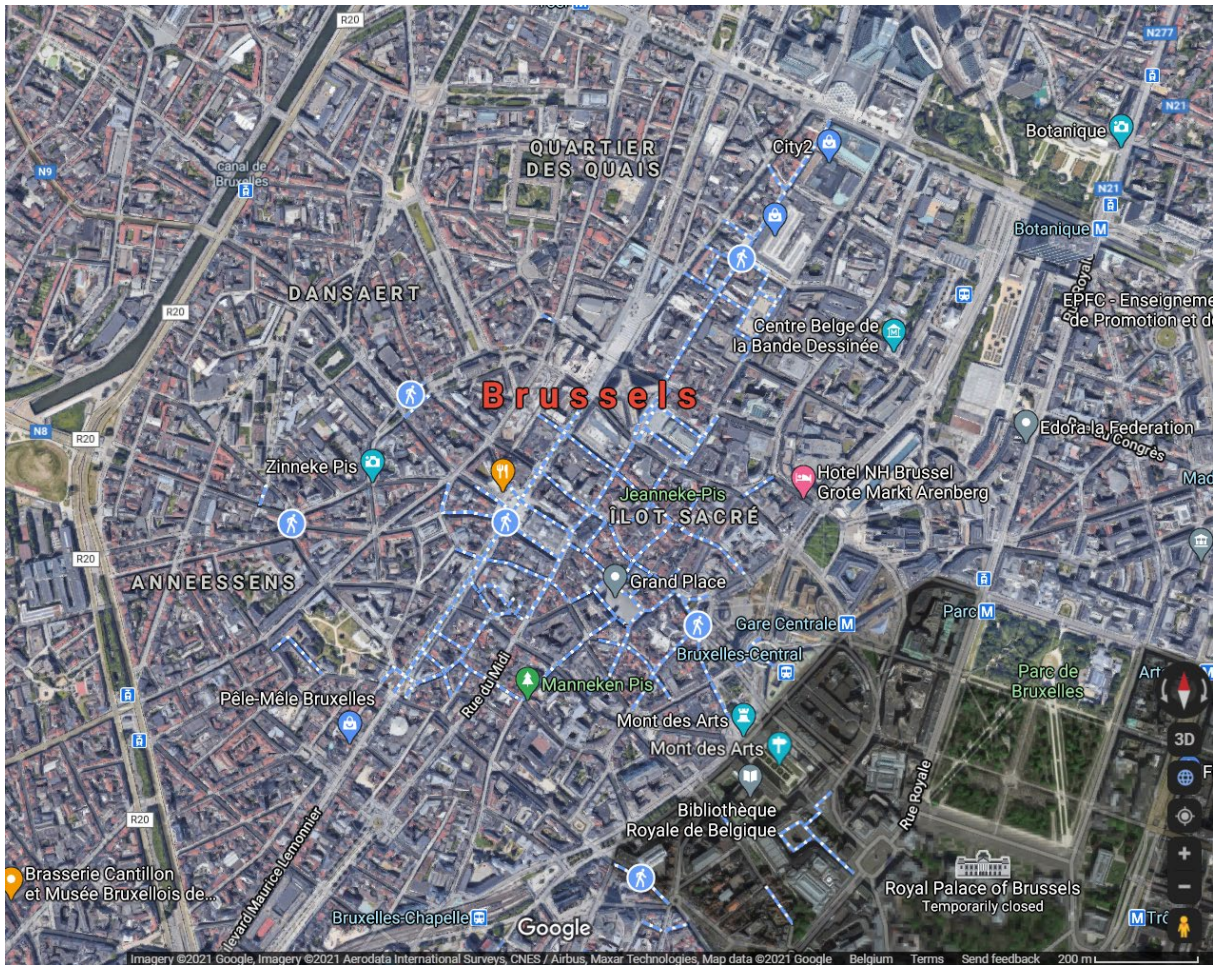
Zo werden uiteindelijk 151 installaties met een gekende oriëntatie voor deze analyse in aanmerking genomen. Figuur 7-2 geeft de achtereenvolgens toegepaste filters en het resulterend aantal installaties weer.



***Figuur 7-3: Verdeling van de oriëntaties van de installaties in de steekproef van BRUGEL***

De verdeling van de gelabelde oriëntaties wordt weergegeven in Figuur 7-3. Deze toont aan dat de meest voorkomende oriëntaties van zonnepanelen zuidzuidoost (-22,5°) en zuidzuidwest (+22,5°) zijn.





**Figuur 7-4: Beeld van het stadscentrum van Brussel (Vijfhoek) vanuit de lucht**

Figuur 7-4 geeft een beeld weer van het stadscentrum van Brussel vanuit de lucht. Hier is duidelijk op te zien dat de ruimtelijke ordening van dien aard is dat zeer weinig daken op het zuiden gericht zijn en dat veel daken een schuine oriëntatie hebben tussen zuidoost en zuidwest. Deze verdeling van de natuurlijke oriëntatie van de daken heeft waarschijnlijk de verdeling van de oriëntaties van de in het BHG geïnstalleerde fotovoltaïsche panelen sterk beïnvloed.

Aangezien voor de meeste installaties in de databank de oriëntaties niet gekend zijn, werd een alternatieve methode ontwikkeld om toe te laten de geldigheid van de globale conclusies verkregen op basis van de analyse van alle installaties te behouden, ten koste van een grotere onzekerheid voor wat de specifieke resultaten betreft. Hiervoor werd, op basis van de installaties met gekende oriëntaties, overgegaan tot de bepaling van een gelijkwaardige referentie-oriëntatie voor het volledige fotovoltaïsche park, die zodanig is dat ze leidt tot een jaarlijks ontvangen zonne-energie die gelijkwaardig is aan de gemiddelde jaarlijkse zonne-energie die de installaties van de steekproef ontvangen hebben. Het resultaat van dit onderzoek leidt tot de conclusie dat de gelijkwaardige oriëntatie die representatief is voor het volledige fotovoltaïsche park in Brussel overeenkomt met een afwijking van  $15^\circ$  ten overstaan van het zuiden en die willekeurig richting het westen gekozen werd. Het is deze referentie-oriëntatie die voor de onderstaande analyses gebruikt wordt.

## 7.4 Beschikbaarheid en filtering van de gegevens

De productiviteit van de installaties van het FV-productiepark van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd geschat op basis van vier gegevensbronnen:

- Een uittreksel uit de databank van BRUGEL met de technische gegevens voor elke installatie (nominaal vermogen, type eigenaar, merk, postcode, etc.);
- Een uittreksel uit de databank met de productievolumes per groene meter (op basis van de door de eigenaars naar BRUGEL gestuurde meterstanden) tot december 2018;
- Uittreksel van de databank van SIBELGA met voor elke installatie de gegevens van de netto-elektriciteit geproduceerd vanaf december 2018 tot december 2019;
- Uittreksel van de databank die de nummers van de groene meters linkt aan de installaties om een eenduidig beeld te krijgen van alle erkende installaties en de samenvoeging van de twee types productiegegevens die voor deze oefening in aanmerking werden genomen.

De analyse van de productiviteit van het fotovoltaïsch park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is gebaseerd op relevant geachte gegevens, met toepassing van een filterprocedure om enkel de in het licht van de bestudeerde indicatoren nuttig geacht gegevens te bewaren.

Om de productieperiodes en de opnames samen te brengen in een grote tabel werd een eerste filtering toegepast om alle afwijkend geachte meterstanden te verwijderen (filter op basis van de negatieve productiegegevens over een trimester en van de ontbrekende of nietige gegevens of indien de eigenaar van de meters voor eenzelfde periode verschillende meterstanden heeft doorgegeven).

Zo werden 5030 installaties in aanmerking genomen voor de analyseperiode, van januari 2008 tot december 2019.

Om de productiviteit te analyseren werden meerdere filters toegepast op de gebruikte gegevens.

**Filter 1:** Voor sommige installaties werd een filter toegepast door de installaties met toenemende niet-monotone meterstandgegevens tussen 2008 en 2018 in kaart te brengen. Zo werden 129 installaties in kaart gebracht en als niet-exploiteerbaar beschouwd.

De gegevens van de energieopnames worden verstrekt tussen een begin- en een einddatum die erg verschilt van installatie tot installatie, en omvatten gemiddeld 3 tot 6 maanden, maar soms meer. Deze tijdsintervallen van de opnames vallen slechts zeer zelden samen met het begin of het einde van een trimester of een jaar en liggen vaak tussen twee van deze periodes. Om precieze analyses te bekomen was het nodig de energieproductiewaarden te schatten die overeenkomen met tijdsintervallen die voor alle installaties op een lijn zitten en waarvan het begin en het einde concrete begrippen zijn, bijvoorbeeld een maand, een trimester of een kalenderjaar. De gegevens van de energieopnames werden dus eerst verdeeld over alle dagen van de meetperiode, om dan energieproductiewaarden te krijgen die overeenkwamen met essentiële intervallen door samenvoeging van de dagelijkse gegevens. Om een representatieve verdeling van de productiviteit over alle dagen van de meetperiode te verkrijgen, werd de over de volledige periode opgemeten energie verdeeld naar rato van de dagelijkse globale straling die het vlak van de fotovoltaïsche panelen ontving.

**Filter 2:** Bij de samenvoeging van de twee databanken met productiegegevens blijkt dat voor 42 installaties gegevens ontbreken. Bijgevolg werden 42 installaties toegevoegd aan de lijst met uitgefilterde installaties, waardoor het aantal installaties gebruikt voor de analyse van de productiviteit in deze fase van de filtering tot 4859 werd verminderd.

**Filter 3:** Er werd ook een andere filter toegepast op installaties waarvoor gegevens ontbraken en die daardoor niet nauwkeurig geanalyseerd konden worden. Enkel installaties met een beschikbaarheid van meer dan 95 % van de meetgegevens voor een jaar werden in aanmerking genomen. Een minimumbeschikbaarheid van 95 % betekent dat er voor een installatie maximaal 18 dagen met niet-gedekte ontbrekende gegevens zijn. Hierdoor kan voor elk bestudeerd jaar een relatief complete gegevensdekking worden gegarandeerd. Deze keuze om enkel installaties met een grote beschikbaarheid van gegevens te behouden wordt gerechtvaardigd door het sterk verband tussen de productiviteit van de installaties, de straling die de fotovoltaïsche panelen ontvangen, hun werkingstemperatuur en andere factoren die erg seizoensgebonden zijn. Meerdere installaties die voor het merendeel geen precieze analyseperiode omvatten zou dus de raming van de productiviteit kunnen vertekenen.

Bijgevolg werden op 4859 installaties met coherent geachte brutoproductiegegevens 3766 installaties behouden op basis van een jaarlijkse beschikbaarheid van de gegevens van ongeveer 95 %.

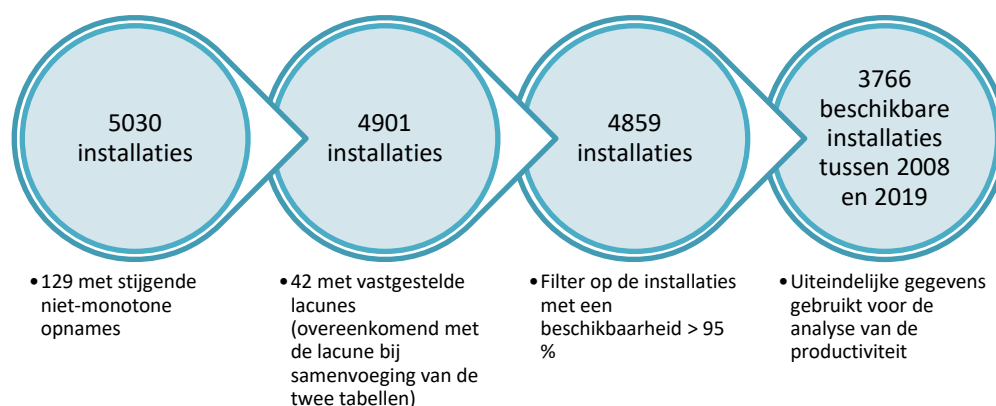
**Tabel 7-1: Brutogegevens voor een analyseperiode van 2008 tot 2019 (Voor filter 1)**

Productiejaar	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aantal installaties	123	809	1307	1469	2116	2583	2754	2886	3076	3291	3861	4237
Beschikbaarheid [%]	44,5	73,3	93,6	97,8	79,5	90,8	96,7	97,3	96,3	95,0	86,6	74,3

**Tabel 7-2 Gegevens na filteren van de installaties met minder dan 95% jaarlijkse beschikbaarheid (na filters 1 tot 3)**

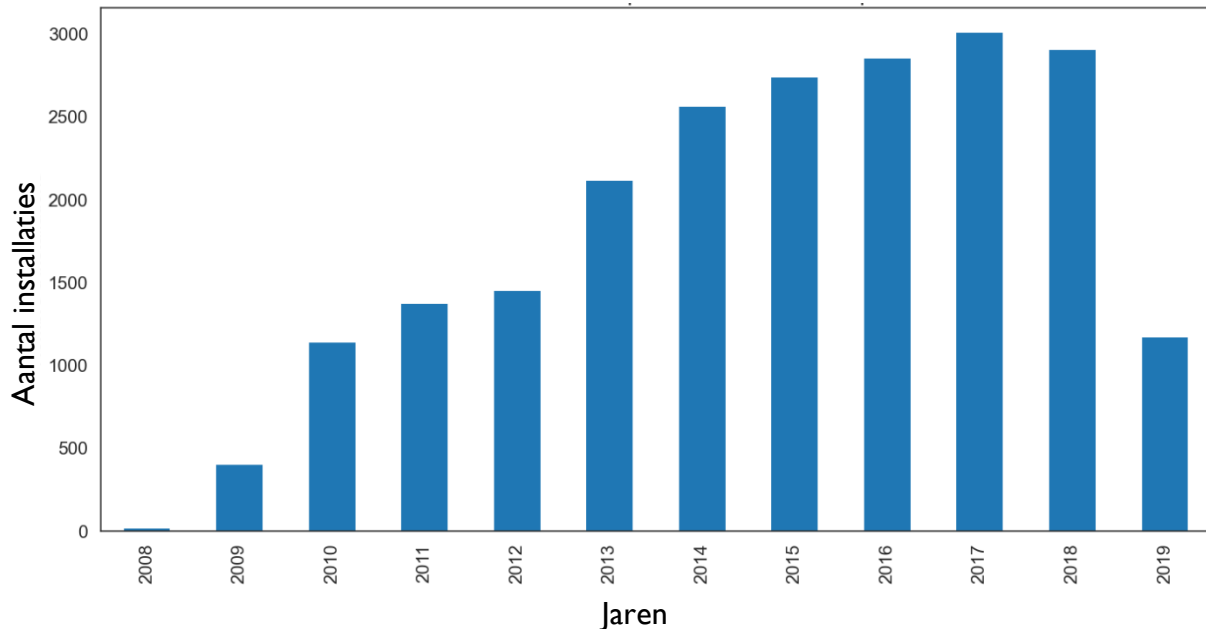
Productiejaar	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aantal installaties	15	406	1143	1372	1451	2117	2564	2737	2852	308	2902	1171
Beschikbaarheid [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99,9	98,1

Tabel 7-1 vat de beschikbaarheid van de gegevens samen voor de toepassing van de filters en Tabel 7-2 geeft de overeenstemmende situatie weer na toepassing van de filters.



**Figuur 7-5: Overzichtsschema van de filters toegepast op de brutogegevens vóór filtering van de outliers, voor de volledige analyseperiode, van 2008 tot 2019 (filters 1 tot 3)**

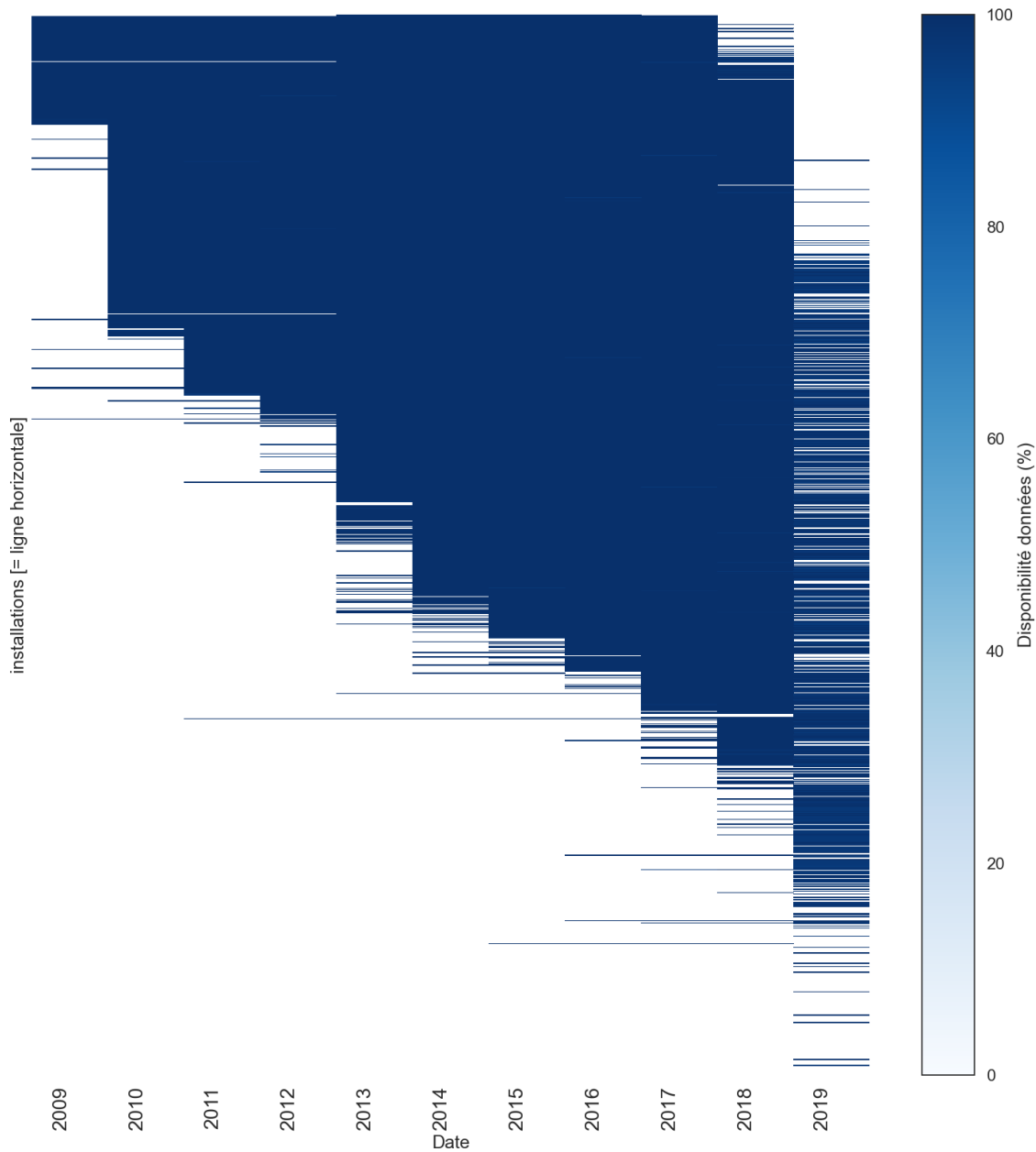
Figuur 7-6 geeft de achtereenvolgens op de gegevens toegepaste filters en het resulterend aantal installaties voor de installaties weer.



**Figuur 7-6: Aantal beschikbare installaties per productiejaar voor de analyse van de productiviteit (2008-2019)**

Figuur 7-7 geeft voor elk jaar tussen 2008 en 2019 het aantal beschikbare installaties weer met een aanvaardbare beschikbaarheid van gegevens om de jaarlijkse geaggregeerde analyse van de productiviteit uit te voeren.

De gegevens van alle jaren van 2009 tot en met 2019 werden geanalyseerd. De hoeveelheid gegevens met een hoge beschikbaarheid van gegevens varieert zeer sterk tussen deze jaren en de betrouwbaarheid van de analyses en hun representativiteit voor het FV-park zijn beter naarmate het aantal beschikbare gegevens hoger ligt. De meetjaren van 2013 tot 2018 vormen dus de meest betrouwbare jaren om een schatting van de productiviteit van het FV-park te bekomen. Het jaar 2018 werd gekozen als referentiejaar tijdens de analyses, met als hoofddoel een betrouwbaar beeld te krijgen van het recent geïnstalleerde FV-park, aangezien dit het meest recente jaar waarvoor we een grote hoeveelheid beschikbare gegevens hebben.



**Figuur 7-7: Beschikbaarheid van de gegevens van 2008 tot 2019 voor elke installatie na filtering van de gegevens**

Figuur 7-8 geeft een representatieve heatmap weer van de beschikbaarheid van de gegevens voor de 3766 na filtering geanalyseerde installaties. Elke installatie wordt weergegeven door een blauwe horizontale lijn die de tijdsintervallen aanduidt waarvoor er een beschikbaarheid van de gegevens van minstens 95 %. De heatmap toont dat het referentiejaar 2018 de grootste beschikbaarheid van gegevens heeft, aangezien dit het meest recente gedekte jaar is met een grote beschikbaarheid van gegevens (meer blauwe zones in 2018 dan in 2019).

De analyses hebben voor alle gegevens en voor elk productiejaar het aantal afwijkende gegevens (irrelevante extreme waarden of "outliers") beoordeeld die beschouwd worden als sterk contrasterend met de "normaal" gemeten waarden. Het feit dat de waarde als *outlier* is aangemerkt,

betekent niet de facto dat de waarde verkeerd is, dit geeft alleen aan dat ze afwijkt van de gemiddelde tendens van de andere installaties.

Voor onze analyses hebben we een zeer klassieke methode om de outliers te filteren gebruikt. Deze bestaat eruit de waarden die meer dan 1,5 keer afwijken van de interkwartiele afstand (IQR) van de globale verdeling te filteren, om de relevante waarden voor elke gegevensset in de loop van een jaar aan te passen.

**Tabel 7-3: Statistieken van de gefilterde afwijkende gegevens (Filters 1 tot 3)**

Jaren	Gefilterde afwijkende gegevens [%]	Aantal meegetelde installaties [voor filtering]	Aantal meegetelde installaties [na filtering]
2008	0	15	15
2009	3,45	406	392
2010	6,3	1143	1071
2011	5,17	1372	1301
2012	2,69	1451	1412
2013	2,79	2117	2058
2014	2,54	2564	2499
2015	3,14	2737	2651
2016	2,77	2852	2773
2017	3,29	3008	2909
2018	4,17	2902	2781
2019	5,81	1171	1103

Zoals weergegeven in Tabel 7-3 worden de gegevens, van zodra de filter is toegepast op installaties met een lage beschikbaarheid, jaarlijks samengevoegd om een kwantificering te bekomen van de installaties met coherente productiegegevens. Deze gegevensverdeling geeft dus ook de samenvatting weer van de gegevens gebruikt tijdens de analyse van de productiviteit in dit hoofdstuk.

Voor bepaalde vergelijkingen tussen de metagegevens van de installaties van het FV-park (nominaal vermogen, postcode, vermogenscategorie) werd geen enkele filter toegepast omdat deze analyses niet beïnvloed worden door fouten in opnames of ontbrekende productiegegevens, aangezien ze eerder betrekking hebben op de specifieke kenmerken en details van de installaties van het park. Er wordt dus enkel een interkwartiele filter van 1,5 IQR toegepast op analyses die geen verband houden met de analyse van de energieproductie.

## 7.5 Specifieke energieproductiviteit

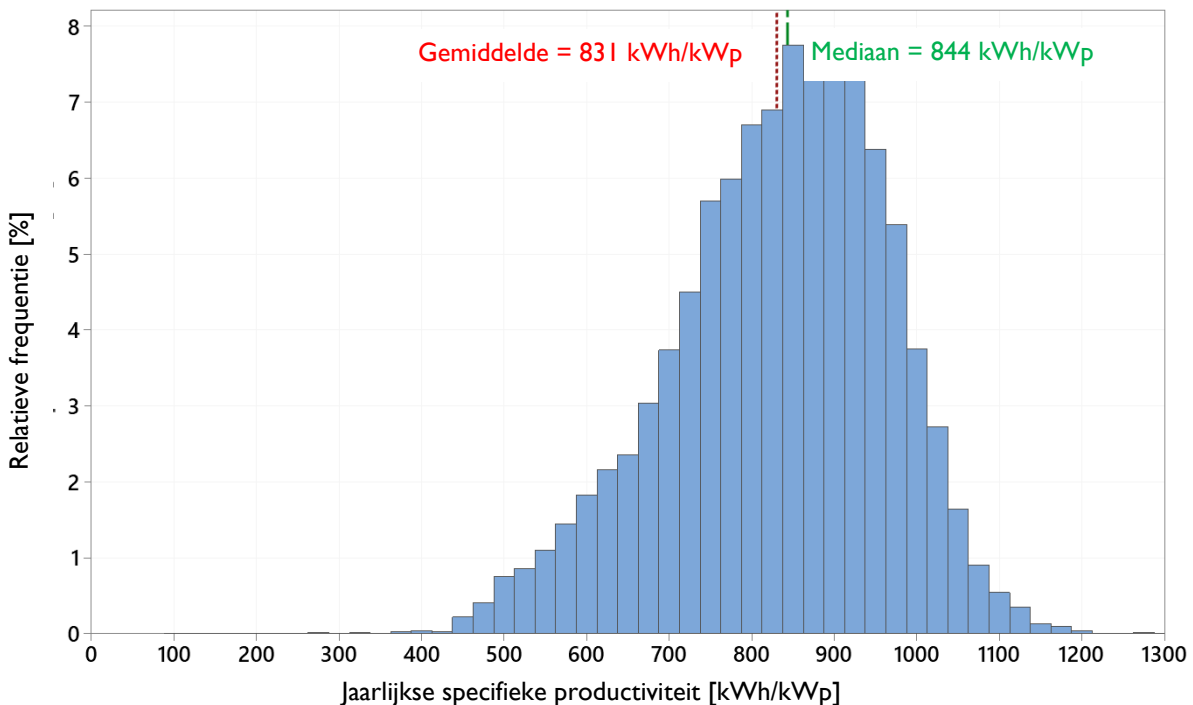
De specifieke jaarproductiviteit van een installatie kwantificeert haar jaarlijkse productie (in kWh) in verhouding tot haar geïnstalleerd vermogen (kWp). Ze wordt uitgedrukt in kWh/kWp.

Deze specifieke energieproductiviteit of productiviteit wordt als volgt gedefinieerd:

$$Productiviteit_{FV}[kWh/kWp] = \frac{Productie_{FV}[kWh]}{Piekvermogen_{FV}[kWp]}$$

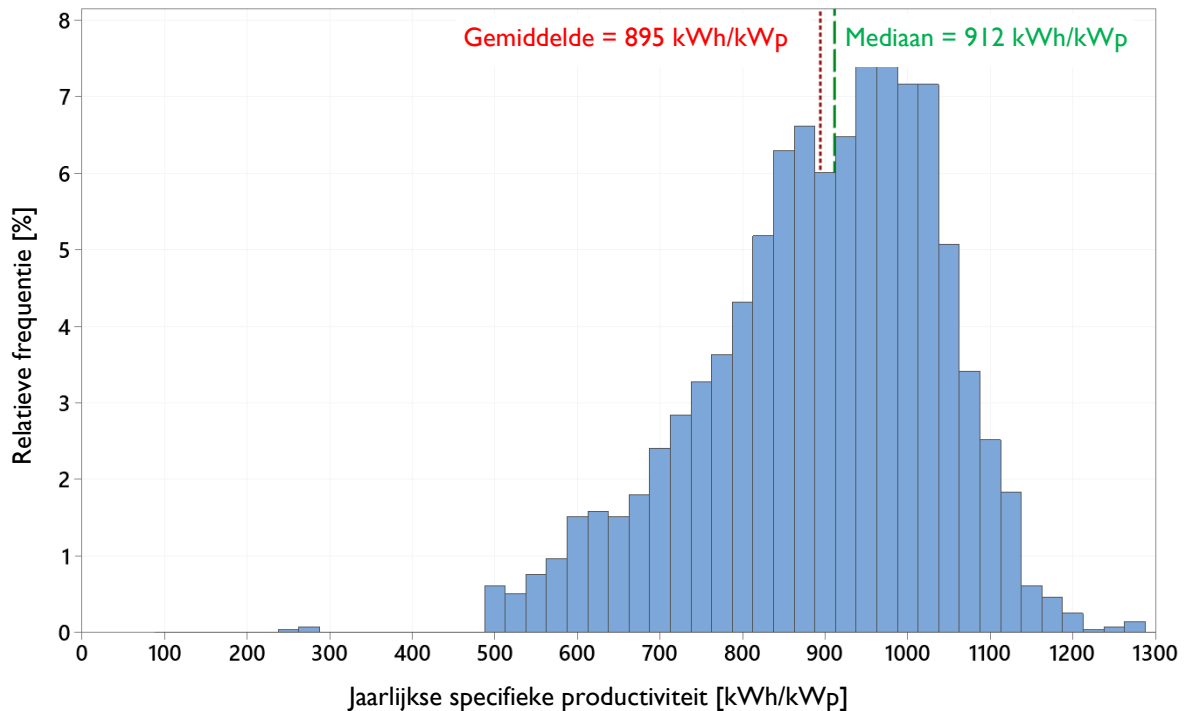
Deze parameter laat toe een globaal beeld te bekomen van de genormaliseerde energieproductiviteit van de fotovoltaïsche installaties per eenheid geïnstalleerd vermogen, waardoor het mogelijk is installaties met verschillende geïnstalleerde vermogens onderling te vergelijken.

**Figuur 7-8: Verdeling van de jaarlijkse productiviteit van de installaties in het voorbije decennium (2009-2019)**



Figuur 7-9 toont de verdeling van de jaarlijkse productiviteit van de installaties in het voorbije decennium, tussen 2009 en 2019. De gemiddelde productiviteit bedroeg 831 kWh/kWp en de mediaan bedraagt 844 kWh/kWp, wat een lichte vertekening in de richting van de lagere waarden aantoont. De productiviteit van de meeste installaties schommelt tussen 700 en 1000 kWh/kWp. Sommige installaties hebben een productiviteit van meer dan 1100 kWh/kWp, terwijl andere een productiviteit

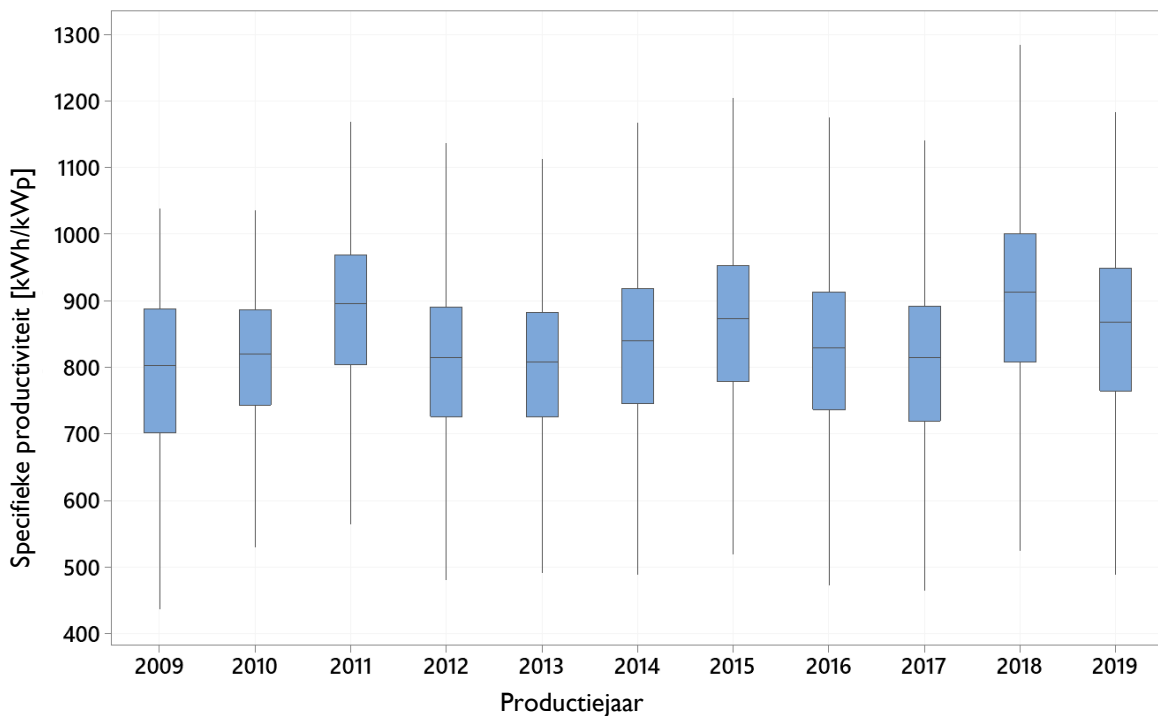
van minder dan 500 kWh/kWp hebben. Er is dus nog een factor tussen de hoogste en de laagste productiviteiten. Er is een grote spreiding te zien tussen de hoogste en de laagste productiviteiten, die te wijten kan zijn aan verschillende oriëntaties, de kwaliteit van de onderdelen en van de uitvoering van de installatie, aanwezige schaduw of werkingsproblemen.



**Figuur 7-9: Verdeling van de jaarlijkse productiviteit van de FV-installaties voor referentiejaar 2018**

Zoals blijkt uit Figuur 7-10 vertoont de verdeling van de productiviteit van de fotovoltaïsche installaties gelijkaardige tendensen voor referentiejaar 2018. De absolute waarden liggen hoger dan de waarden die overeenkomen met het gemiddelde van het voorbije decennium, omwille van de extreem gunstige zoninstraling in 2018. De gemiddelde productiviteitswaarde bedraagt 895 kWh/kWp en de mediaan bedraagt 912 kWh/kWp.





**Figuur 7-10: Evolutie van de jaarlijkse productiviteit in de loop van de tijd, gedurende een decennium (2009-2019)**

Figuur 7-11 geeft de evolutie weer van de jaarlijkse productiviteit in de loop van de tijd, gedurende een decennium, tussen 2009 en 2019. De productiviteit schommelt met ongeveer 5 à 10 % tussen de jaren onderling. Deze schommeling is voornamelijk te wijten aan de schommeling van de zoninstraling tussen de jaren onderling en er is geen duidelijke tendens zichtbaar in het laatste decennium. De productiviteit ligt het hoogst in 2018, omwille van de in dit jaar ontvangen hoge hoeveelheden zonnestraling.

## 7.6 Performance Ratio (PR)

### 7.6.1. Definitie

De Performance Ratio (PR) laat toe de energieproductiviteit te normaliseren in verhouding tot de productiviteit van een fotonvoltaïsch referentiesysteem dat dezelfde hoeveelheid straling zou ontvangen maar geen extra energieverliezen zou lijden in vergelijking met een werking onder standaard testomstandigheden (Standard Test Conditions – STC).

De Performance Ratio wordt bepaald door:

$$PR = \frac{Productiviteit_{FV}}{Productiviteit_{REF}}$$

waarbij de specifieke productiviteit de productiviteit is die voorafgaand bepaald is door:

$$Productiviteit_{FV}[kWh/kWp] = \frac{Productie_{FV}[kWh]}{Piekvermogen_{FV}[kWp]}$$

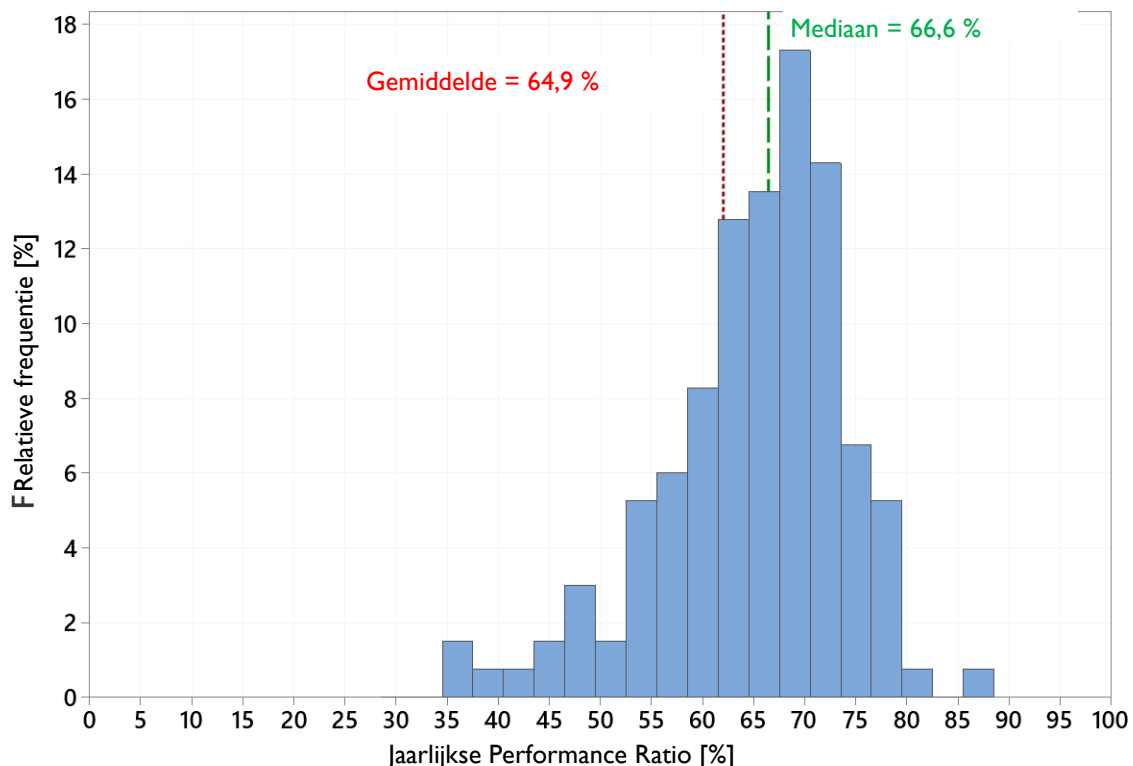
en de referentieproductiviteit wordt verkregen door:

$$Productiviteit_{REF}[kWh/kWp] = \frac{Instraling [kWh/m^2]}{G^{STC} [kW/m^2]}$$

waarbij de straling degene is die het vlak van de fotovoltaïsche panelen ontvangt en  $G^{STC}$  de straling is onder standaard meetomstandigheden (Standard Test Conditions – STC), en  $1 \text{ kW/m}^2$  bedraagt.

De Performance Ratio biedt dus de mogelijkheid een performantie-indicator te ontwerpen die de energieproductiviteit weergeeft van een fotovoltaïsche installatie en zowel genormaliseerd is door haar piekvermogen als door de ontvangen zonnestraling.

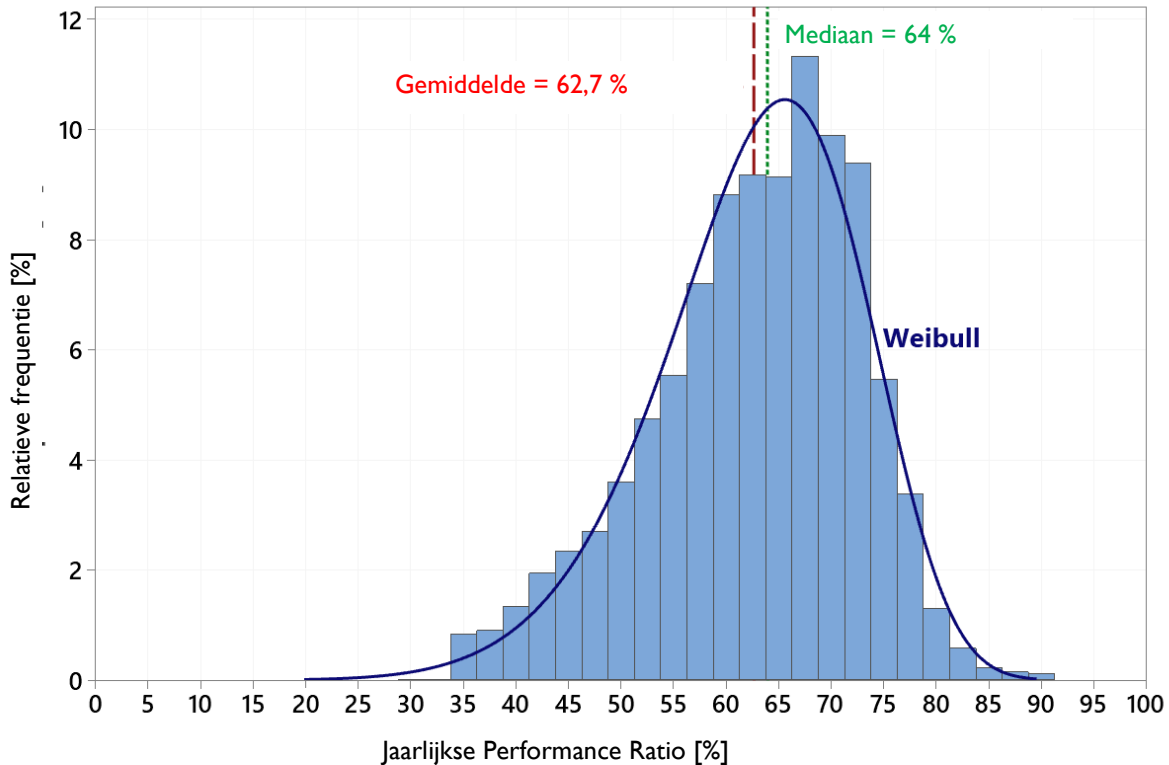
### 7.6.2. Performance Ratio voor een referentiejaar (2018)



**Figuur 7-11: Jaarlijkse PR voor referentiejaar 2018 voor de steekproef met gekende oriëntatie**

Figuur 7-12 geeft de waarden weer van de jaarlijkse PR zoals berekend voor de installaties van de steekproef met gekende oriëntatie, voor referentiejaar 2018. Voor deze installaties was het mogelijk

een waarde van de zoninstraling op het vlak van de zonnepanelen te koppelen, wat leidt tot een nauwkeuriger schatting van de PR. De gemiddelde waarde ervan bedraagt 64,9 % en de mediaan is 66,6 %, met een lichte afwijking naar de lagere waarden toe.



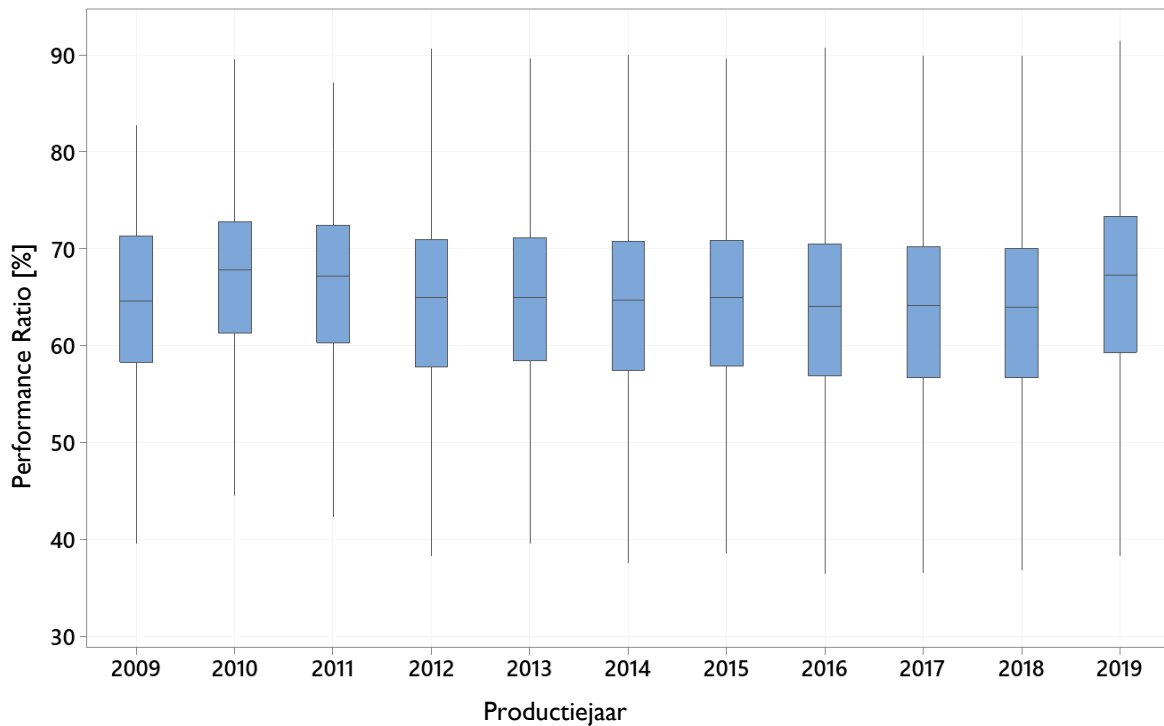
**Figuur 7-12: Verdeling van de jaarlijkse PR in het BHG voor referentiejaar 2018**

Figuur 7-13 geeft de verdeling weer van dezelfde jaarlijkse PR voor referentiejaar 2018, maar voor alle geanalyseerde fotovoltaïsche installaties. De gemiddelde PR bedraagt 62,7 % en de mediaan is 64 %. Er is een verschil van ongeveer 2,5 % tussen de voor de steekproef verkregen PR-waarden en de waarden voor alle installaties. Dit verschil geeft een idee van de potentiële foutenmarge die mogelijks begaan is bij de analyse van de PR door onzekerheid over de oriëntaties en over de rest van de gebruikte hypothesen en berekeningen. Een deel van de spreiding van de distributiecurve, gelegen rond de centrale waarden op Gaussiaanse wijze, komt eveneens voort uit de onzekerheidsketen die geleid heeft tot de schatting van deze PR-waarden. Het zou wenselijk zijn deze onzekerheden te verkleinen door een meer precieze bepaling van alle oriëntaties van het fotovoltaïsch park. Aangezien deze informatie echter ontbreekt, laat de methode gebaseerd op de gelijkwaardige oriëntatie toe PR-waarden te bekomen die relatief dicht bij de realiteit liggen en die voldoende nauwkeurig zijn voor macroscopische analyses gebaseerd op grootteordes.

De distributiecurve die de verdeling van de PR in het BHG het best uitlegt is een Weibull-verdeling. Het betreft hier een asymmetrische verdeling die vaak wordt waargenomen als een populatie een fysieke grens heeft aan een van de twee uiteindes maar niet aan het andere. In het geval van de fotovoltaïsche installaties in België is het in het algemeen fysiek gezien zeer onwaarschijnlijk een jaarlijkse PR van meer dan 90 % te kunnen halen, omdat er vaak bepaalde verliezen in het systeem aanwezig zijn, terwijl het vaker voorkomt dat installaties PR opgegeven die aanzienlijk onder het gemiddelde liggen, onder meer door prestatieproblemen. De Weibull-verdeling geeft aan dat de meest typische PR-waarde waarvan uitgegaan moet worden voor een fotovoltaïsche installatie geïnstalleerd in het BHG in de loop van de voorbije tien jaar tussen 65 en 70 % ligt. Rond deze typische waarde zijn grote schommelingen vast te stellen, met 90 % voor de beste installaties en 40 % voor de zwakst

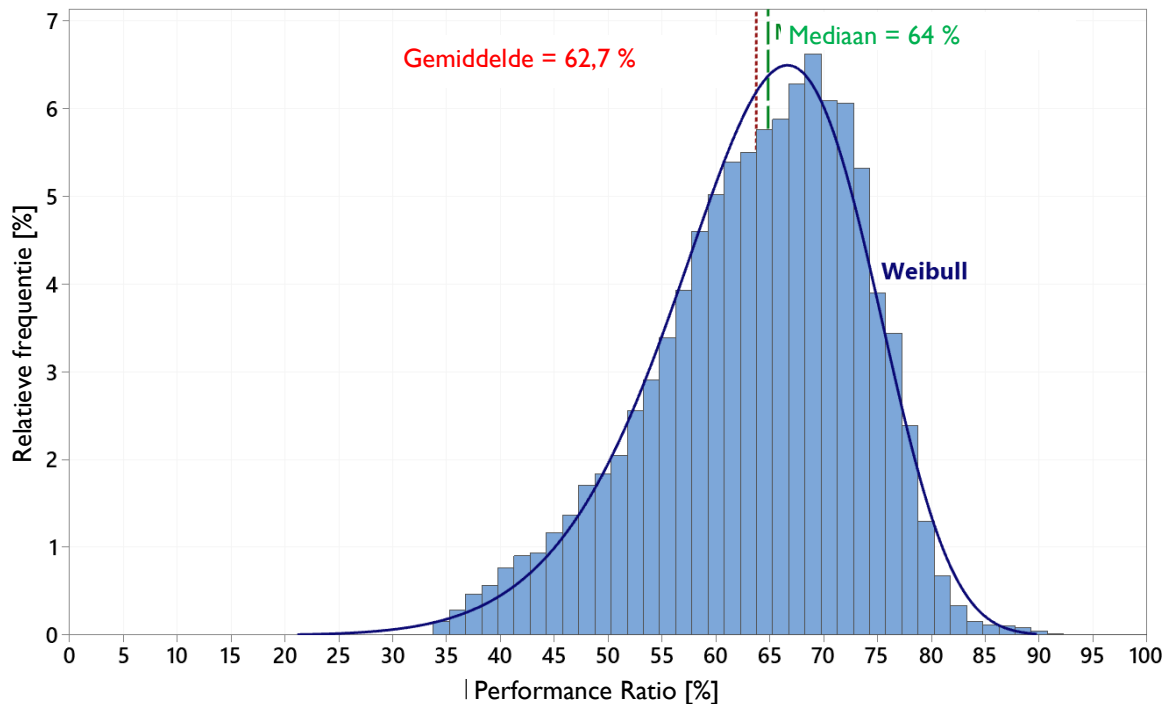
presterende. De verschillen zijn heel groot, wat onder meer verklaard kan worden doordat een aanzienlijk deel van de installaties prestatieproblemen heeft die niet opgemerkt en/of niet verholpen worden.

### 7.6.3. Performance Ratio voor de periode 2009-2019



**Figuur 7-13: Evolutie van de jaarlijkse PR in het decennium 2009-2019**

Figuur 7-14 geeft een beeld van de typische interjaarlijkse variatie van de jaarlijkse PR in de loop van het decennium 2009-2019. We stellen vast dat de representatieve PR-waarden van het volledige park vrij stabiel blijven over de jaren heen en dat er geen duidelijke tendens te zien is in de evolutie van de PR. Deze interjaarlijkse stabiliteit is het bedoelde resultaat van de normalisatie van de productie door de zinstraling, en laat toe de prestatiegegevens van meerdere jaren te vergelijken.



**Figuur 7-14: Verdeling van de jaarlijkse PR van de installaties in het BHG voor het decennium 2009-2019**

Figuur 7-15 geeft de overeenstemmende verdeling van de jaarlijkse PR weer voor alle installaties en voor het decennium 2009-2019. De waargenomen tendensen zijn zeer gelijklopend en de PR-waarden verschillen slechts weinig van die van het referentiejaar 2018. Dit toont aan dat de jaarlijkse PR een relatief stabiele prestatie-indicator is, die niet erg beïnvloed wordt door de gekozen referentie jaren. Hij levert dus een goed beeld van de globale prestaties van het fotovoltaïsch park.

Deze typische jaarlijkse PR-waarden van 65-70 % die kenmerkend zijn voor de fotovoltaïsche installaties in Brussel kunnen vergeleken worden met de PR-waarden verkregen in het kader van andere in België of elders in Europa uitgevoerde studies. Bepaalde studies hebben de PR van tienduizenden installaties in Europa vergeleken, met jaren van indienstname die globaal gezien representatief zijn voor het in het BHG geïnstalleerde park. Een studie waarbij meer dan 32.000 fotovoltaïsche installaties in Europa, gelegen in België, Frankrijk, Italië, Luxemburg, Duitsland en Nederland onderzocht werden, kwam tot de conclusie dat de gemiddelde PR tussen 70 en 75 % liggen<sup>19</sup>. Een andere studie, waarbij meer dan 31.000 fotovoltaïsche installaties in Europa, voornamelijk gelegen in België, Frankrijk en in het Verenigd Koninkrijk, onderzocht werden, kwam tot de conclusie dat PR van de meeste van deze installaties tussen 60 en 90 % liggen, met gemiddelde waarden per land die in het algemeen boven 75 % liggen en typische PR van ongeveer 80 %<sup>20</sup>. Een studie waarbij een duizendtal fotovoltaïsche installaties in het Wallonië onderzocht werd, kwam tot zeer gelijklopende conclusies, met een gemiddelde waarde van 78 % en een typische waarde van ongeveer 80 %<sup>21</sup>. Gemiddeld liggen de PR in Wallonië dus ongeveer 5 à 10 % hoger dan in het BHG. Er zijn meerdere oorzaken die deze verschillen kunnen verklaren. In Wallonië worden fotovoltaïsche panelen vaak geplaatst op daken van huizen waarop zo goed als geen schaduw valt, terwijl in een dichtbebouwde stedelijke context zoals die van

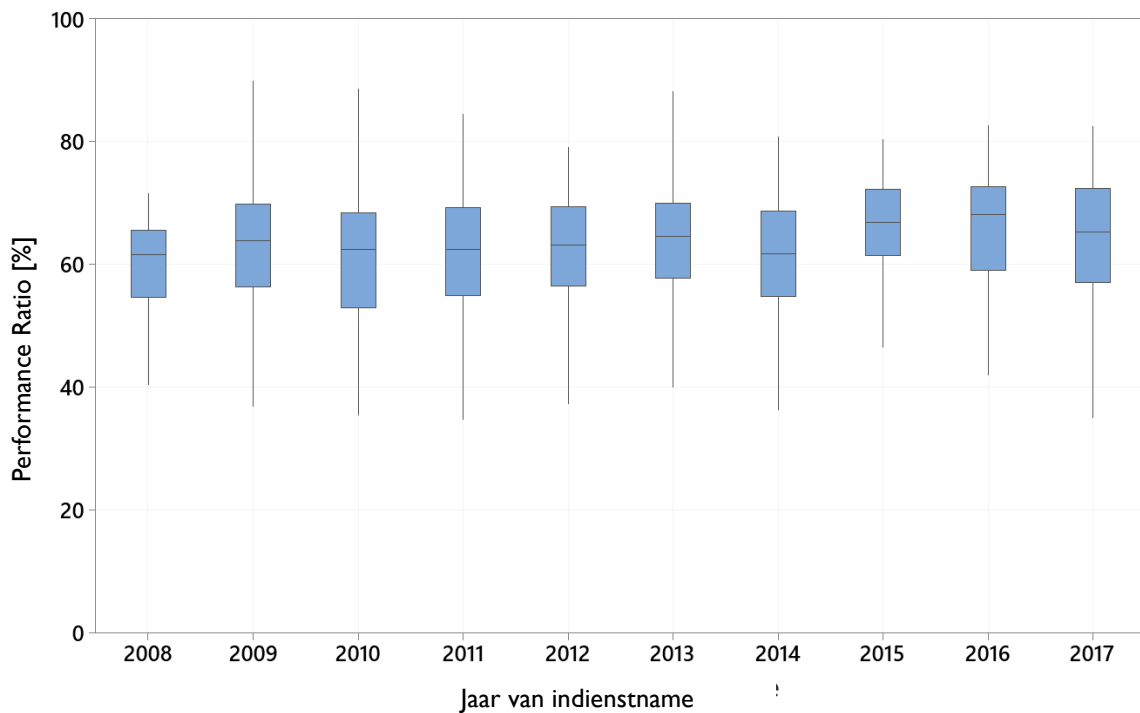
<sup>19</sup> Johannes Schardt, Henrik te Heesen, Performance of roof-top PV systems in selected European countries from 2012 to 2019, Solar Energy, Volume 217, 2021, pp. 235-244, ISSN 0038-092X (<https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.02.001>).

<sup>20</sup> Jonathan Leloux, Jamie Taylor, Rodrigo Moretón, Luis Narvarte, David Trebosc, Adrien Desportes, Monitoring 30,000 PV systems in Europe: Performance, Faults, and State of the Art, 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Hamburg, 2015 (<https://tinyurl.com/7jwvt3f>).

<sup>21</sup> Jonathan Leloux, Luis Narvarte, David Trebosc, Review of the performance of residential PV systems in Belgium, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Jaargang 1, 2012, pp. 178-184, ISSN 1364-0321 (<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.145>).

Brussel, er dikwijls veel meer schaduw valt op de panelen. Daarnaast kunnen deze prestatieverschillen ook verklaard worden door verschillen in installatie en onderhoud. Gelet op het grote verschil tussen de vastgestelde PR in Wallonië en in Brussel, zou het echter wel interessant zijn het Brussels park grondiger te bestuderen om te proberen de redenen voor deze relatief lage PR te begrijpen en er voor zover mogelijk iets aan te doen, voor de installaties van het huidige FV-park, maar ook, en vooral, voor de toekomstige installaties.

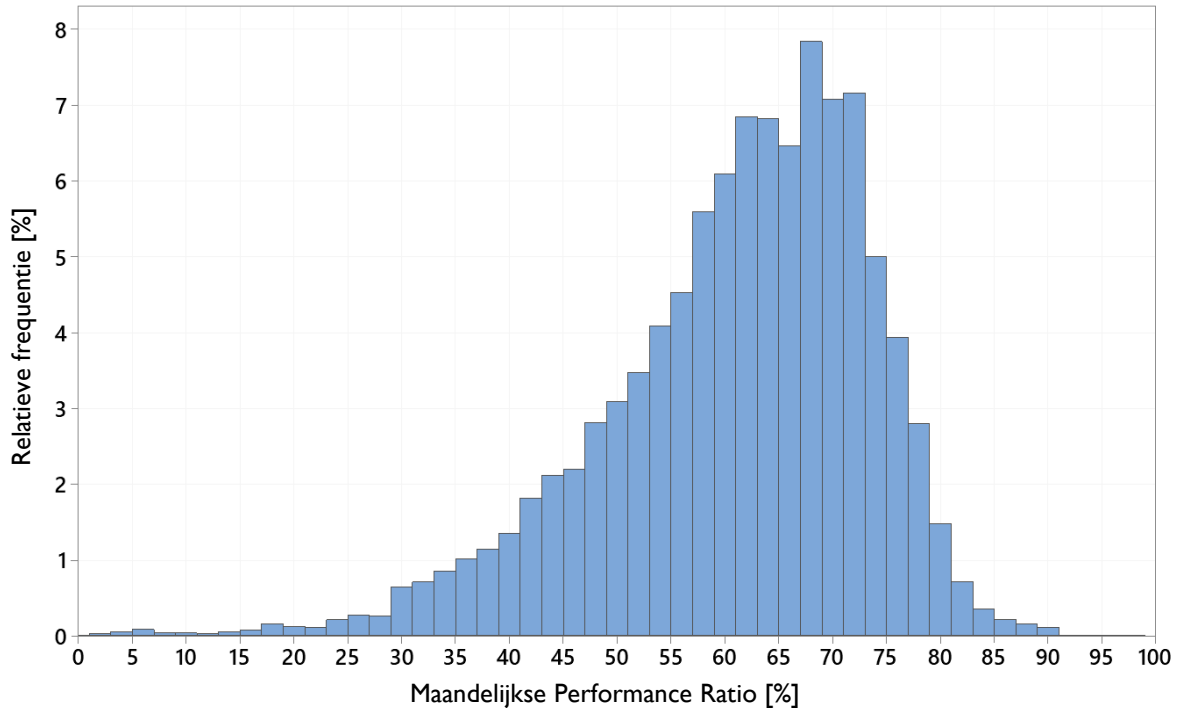
#### 7.6.4. PR voor het referentiejaar in functie van het jaar van indienstname



**Figuur 7-15: PR in functie van het jaar van indienstname van de fotovoltaïsche installaties**

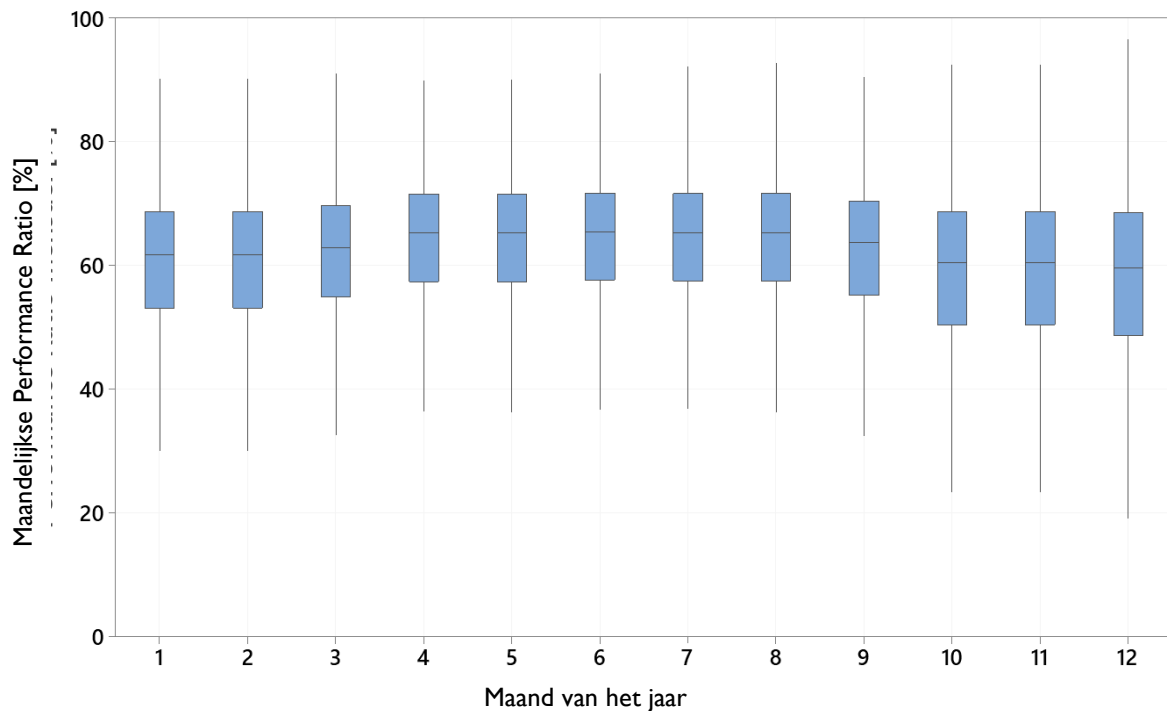
Figuur 7-16 geeft de jaarlijkse PR mee die werd gemeten voor referentieproductiejaar 2018, in functie van het jaar van indienstname van de installaties. We stellen vast dat de oudste installaties in het algemeen lichtjes zwakker presteren. De twee voornaamste redenen hiervoor zijn: de veroudering van de installaties en de verbetering van de technologie en de installatietechnieken in de loop der tijd.

### 7.6.5. Maandelijke Performance Ratio



**Figuur 7-16: Verdeling van de maandelijke PR voor referentiejaar 2018**

Figuur 7-17 toont de verdeling van de maandelijke PR voor referentiejaar 2018. We stellen hierop vast dat de spreiding van de PR-waarden groter is dan voor de jaarlijkse PR. Er zijn meerdere elementen om dit te verklaren. Ten eerste is de intermaandelijke variabiliteit groter dan de interjaarlijkse variabiliteit, omdat werkingsomstandigheden (instraling, temperatuur, schaduw, etc.) sterk kunnen verschillen naargelang de maand van het jaar. Daarnaast kunnen werkingsproblemen en defecten meerdere maanden een invloed hebben op de fotovoltaïsche panelen alvorens ze opgelost geraken. Deze sterke spreiding van de PR wijst erop dat veel installaties zwaar onderpresteren tijdens minstens een deel van het jaar en het zou interessant zou dit probleem nader in detail te bestuderen voor het Brussels fotovoltaïsch park, om de oorzaken ervan nauwkeuriger te kunnen bepalen en te proberen er oplossing voor te vinden, indien mogelijk.



**Figuur 7-17: Evolutie van de maandelijkse PR in de loop van referentiejaar 2018**

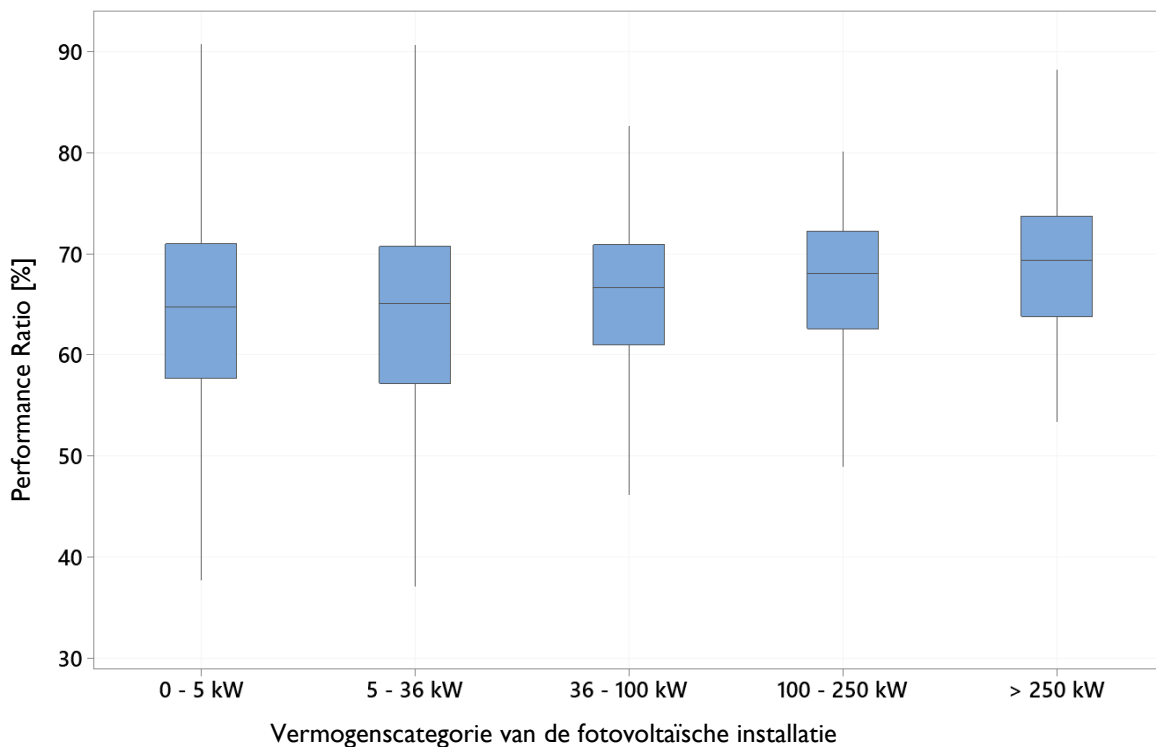
Figuur 7-18 geeft de evolutie weer van de maandelijkse PR in de loop van referentiejaar 2018. We stellen hierop vast dat de PR lichtjes hoger ligt in de lente en de zomer dan in de herfst en de winter. De PR is dus hoger als de zon hoger aan de hemel staat, wat doet vermoeden dat vele installaties te lijden hebben onder veel beschaduwing. Deze evoluties van de PR kunnen ook verklaard worden door andere factoren, onder meer door een zwakke prestatie van de installaties als de instraling zwak is. Deze situatie doet zich vaak voor als de omvormers overgedimensioneerd zijn, wat in Brussel het geval lijkt te zijn voor vele installaties van het geïnstalleerd park, ook al evolueren de dimensioneringsverhoudingen deze laatste jaren in de richting van optimalere waarden, zoals hiervoor reeds werd besproken. Deze evolutie van de maandelijkse PR, met hogere waarden in de zomer dan in de winter, is kenmerkend voor fotovoltaïsche installaties in een dichtbebouwd stedelijk milieu. Bij grote zonnecentrales is dikwijls de omgekeerde tendens waar te nemen in de loop van het jaar, met zomerse PR-waarden die lichtjes lager zijn dan de winterwaarden, omwille van de thermische verliezen van de fotovoltaïsche panelen.



## 7.7 Statistische analyses

Er werden statistische analyses uitgevoerd op basis van de prestaties van de fotovoltaïsche installaties en in functie van de voornaamste parameters die de variaties in deze prestaties binnen de bestudeerde populatie zouden kunnen verklaren. Deze afdeling stelt de meest opvallende vaststellingen voor die in deze fase werden gedaan. Tenzij anderszins vermeld, hebben de statistieken betrekking op de volledige productieperiode 2009-2019.

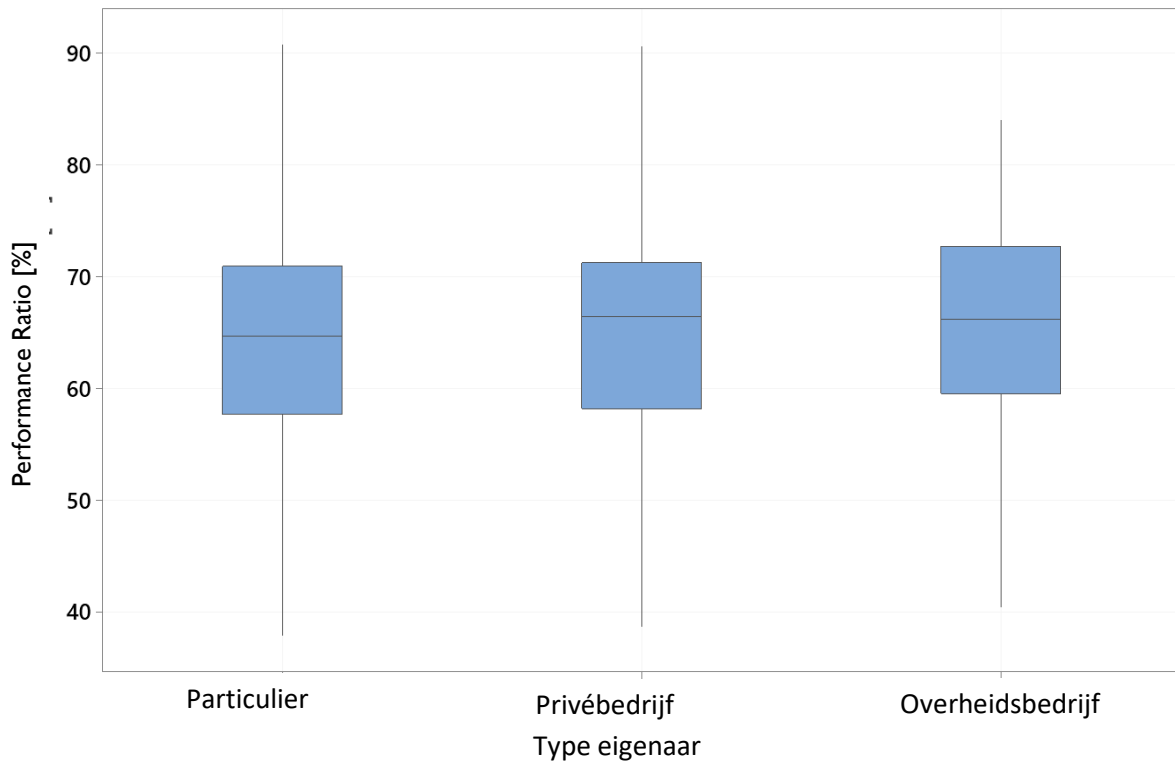
### 7.7.1. Performance Ratio in functie van het geïnstalleerd vermogen



**Figuur 7-18: PR in functie van de vermogenscategorieën**

Figuur 7-19 geeft het verschil weer in jaarlijkse PR tussen installaties die behoren tot verschillende vermogensklassen. We stellen een lichte tendens tot stijging van de PR vast voor grotere installaties. Dit is een vaststelling die aansluit op talrijke voorafgaande studie en die bepaalde, beperkte, schaafeffecten aantonen voor wat de prestaties van fotovoltaïsche installaties betreft. De verschillen in PR tussen de vermogenscategorieën blijven beperkt, wat zeer goed nieuws is voor de fotovoltaïsche productie van zonne-energie, die een grote modulariteit en beperkte schaafeffecten vertoont, en wat toelaat installaties van zeer verschillende afmetingen leefbaar te houden. De PR-waarden liggen hoger bij grote installaties omwille van verschillende factoren. Deze installaties worden in het algemeen ontworpen, geplaatst en bediend door beter gekwalificeerd personeel, de selectie van de kwaliteit van het materiaal is dikwijls strenger, ze hebben in het algemeen minder te lijden onder beschaduwing en de productie wordt strikter opgevolgd.

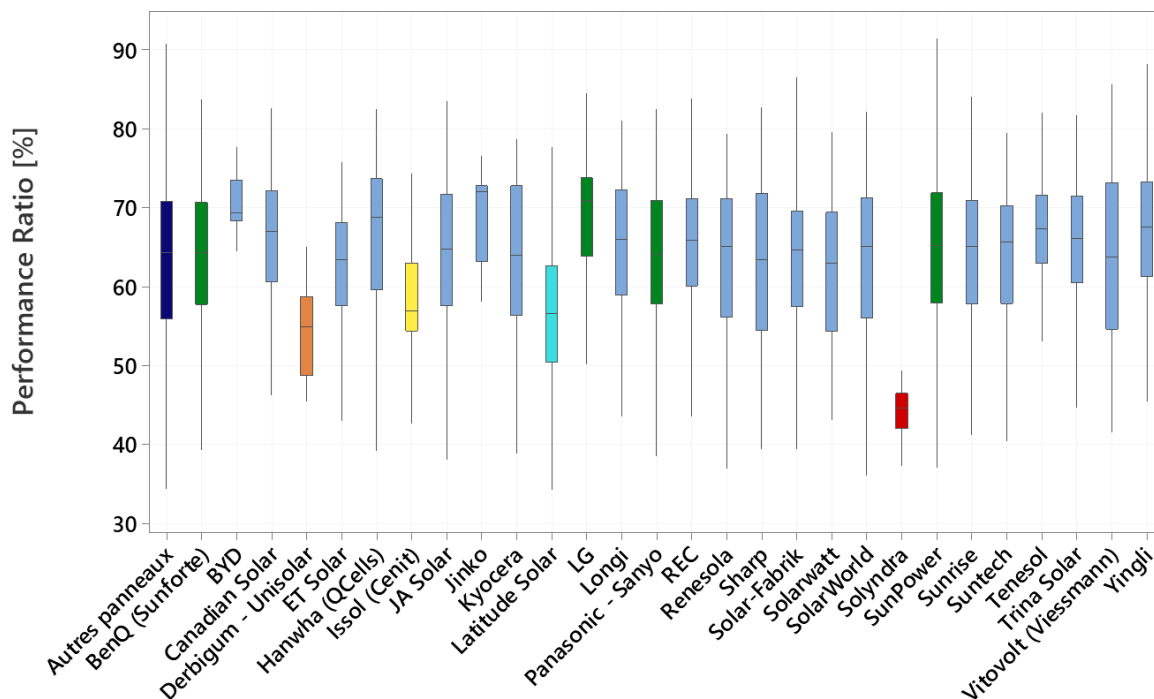
### 7.7.2. Performance Ratio in functie van het type eigenaar van de installatie



**Figuur 7-19: PR in functie van het type eigenaar van de installatie**

Figuur 7-20 geeft de vergelijking weer van de jaarlijkse PR in functie van het type eigenaar van de installatie. We stellen hierop vast dat de PR van installaties in het bezit van particulieren lichtjes lager liggen, wat waarschijnlijk een rechtstreeks gevolg is van de reeds gedane vaststelling met betrekking tot het verband tussen de PR en de grootte van de installaties. Particulieren hebben in het algemeen kleinere installaties dan privé- of overheidsbedrijven, wat zich uit in lichtjes lagere PR.

### 7.7.3. Performance Ratio in functie van de fotovoltaïsche zonnepanelen



**Figuur 7-20: Jaarlijkse PR (2009-2019) in functie van het merk fotovoltaïsche panelen**

Figuur 7-21 geeft de jaarlijkse PR weer in functie van het gebruikte merk fotovoltaïsche panelen, voor de periode 2009-2019. In de analyses werd geprobeerd te bepalen of er statistisch belangrijke verbanden zijn tussen de PR van de installaties en het gebruikte type fotovoltaïsch paneel.

Bij de interpretatie van de prestaties van een bepaald merk panelen moeten meerdere voorzorgen genomen worden, zeker omdat andere, verborgen parameters verantwoordelijk zouden kunnen zijn voor de goede of zwakke prestatie van de installatie die deze panelen gebruikt. Er zijn dus geavanceerde multivariabele analyses nodig om statistisch betekenisvolle resultaten te bekomen en deze analyses vallen buiten het kader van deze studie, zowel omwille van hun complexiteit als omwille van de beperkingen die de beschikbare invoergegevens stellen. Er kunnen echter wel enkele eenvoudige vaststellingen worden gedaan. De op basis van deze databank gedane vaststellingen komen zeer goed overeen met gelijkaardige vaststellingen op basis van andere databanken, onafhankelijk van BRUGEL, en elders, buiten het BHG. Er kunnen meerdere vaststellingen aangehaald worden.

Het grootste deel van de prestatieverschillen tussen installaties ligt niet aan het merk van de gebruikte panelen, maar aan andere factoren, aangezien in de meeste gevallen de spreiding van de PR-waarden binnen elke groep van hetzelfde merk panelen vrij groot is in vergelijking met het verschil in PR tussen verschillende groepen. Vooral de meeste merken zonnepanelen die de kristallijn silicium-technologie gebruiken en die meer dan 95 % van de markt in het BHG vertegenwoordigen, hebben relatief gelijklopende PR.

We stellen eveneens vast dat zonnepanelen die in het algemeen als "premium" beschouwd worden, relatief goede prestaties leveren. Dit is met name het geval voor de panelen BenQ, LG, Panasonic (vroeger Sanyo), of SunPower.

Er kan eveneens vastgesteld worden dat meer exotische technologieën, die geen deel uitmaken van de familie cellen in kristallijn silicium, in het algemeen zwakkere prestaties leveren. Dit is met name het geval voor de panelen van Unisolar (amorf silicium) of van Solyndra (CIGS).

Ook de slechte prestaties van de panelen van het merk Latitude Solar, met een kristallijn silicium-technologie, waren opvallend en werden frequent vastgesteld in Wallonië, waar ze veel vaker geplaatst werden<sup>22</sup>. Deze panelen gebruiken klassieke cellen in kristallijn silicium, evenals getextureerd glas, met als doel de stralingsverliezen door reflectie te verminderen en de opvang van diffuus licht te verbeteren<sup>23</sup>. Op sommige van de installaties uitgerust met deze panelen werden echter verschillende problemen vastgesteld, waaronder een grotere afzet van stof of mos. Deze mogelijk grotere bevuilding verklaart de ondermaatse prestaties echter niet volledig en ook andere factoren zouden een belangrijke rol kunnen spelen, zoals negatieve toleranties op het nominaal vermogen van de fotovoltaïsche panelen tot - 10 %, wat niet zeldzaam was voor panelen die ongeveer 10 jaar geleden geproduceerd werden<sup>24</sup>.

De vergelijking van de panelen toont aan dat er geen duidelijk verband is tussen de geografische oorsprong van een merk panelen en de prestaties ervan. Deze vaststelling sluit aan bij andere in Europa uitgevoerde studies die onder meer aantonen dat de panelen die zijn gefabriceerd door de grootste Chinese fabrikanten momenteel van zeer hoge kwaliteit zijn<sup>25</sup>.

Een van de vergeleken merken van panelen is ISSOL, dat in België gefabriceerd wordt. Deze panelen hebben relatief zwakke prestaties in vergelijking met het gemiddelde. Er werden reeds gelijkaardige resultaten gemeld bij vroegere studies op installaties in Wallonië. Deze vaststelling toont aan dat de lokale oorsprong van de panelen niet automatisch een garantie op betere prestaties biedt. In het geval van het gamma Cenit van de ISSOL-panelen moet echter zeer voorzichtig omgesprongen worden met de interpretatie van deze zwakke prestaties, omdat deze panelen een zeer specifieke technologie gebruiken, namelijk gebouwgeïntegreerde fotovoltaïsche elementen (Building Integrated Photovoltaics – BIPV), en vaak in bijzondere omstandigheden worden geïnstalleerd, bijvoorbeeld meer beschaduwing. De ontwerpers van dit soort installatie willen ook een evenwicht vinden tussen energieprestaties en andere belangrijke aspecten, zoals het esthetisch aspect, de wijziging van de lichtinval in de gebouwen en de thermische isolatie. Er zijn dus meer precieze gegevens nodig om tot een meer sluitende conclusie te komen. De BIPV-technologie bevindt zich op de wereldmarkt nog in de kinderschoenen. Ze biedt veelbelovende voordelen die de komende jaren zouden kunnen leiden tot de ontwikkeling van deze sector. Er moeten echter nog veel technologische, economische, administratieve en sociale hindernissen overkomen worden. Deze technologie zou dus specifieke overheidssteun kunnen gebruiken om de ontwikkeling ervan te bevorderen. In deze zin heeft BRUGEL recentelijk een voorstel ingediend voor de opstelling van een specifieke vermenigvuldigingscoëfficiënt voor BIPV bij de toekenning van groenestroomcertificaten (GSC)<sup>26</sup>.

---

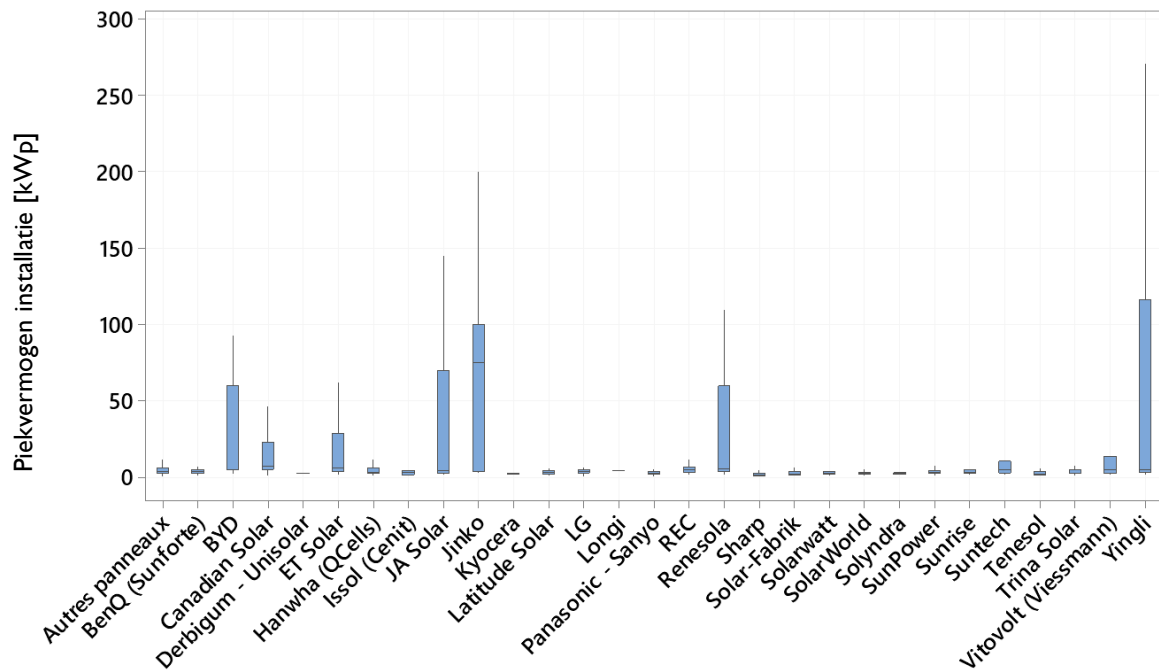
<sup>22</sup> Jonathan Leloux, Luis Narvarte, David Trebosc, Review of the performance of residential PV systems in Belgium, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 16, Jaargang 1, 2012, pp. 178-184, ISSN 1364-0321 (<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.145>).

<sup>23</sup> Paula Sanchez-Friera et al., Daily Power Output Increase of Over 3% with the Use of Structured Glass in Monocrystalline Silicon PV Modules, 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conference, Waikoloa, HI, USA, 2006, pp. 2156-2159, <https://doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279932>

<sup>24</sup> Francisco Martínez-Moreno, Eduardo Lorenzo, Javier Muñoz, Rodrigo Moretón, 2012, On the testing of large PV arrays, *Progress in Photovoltaics*, 20: 100-105. <https://doi.org/10.1002/pip.1102>.

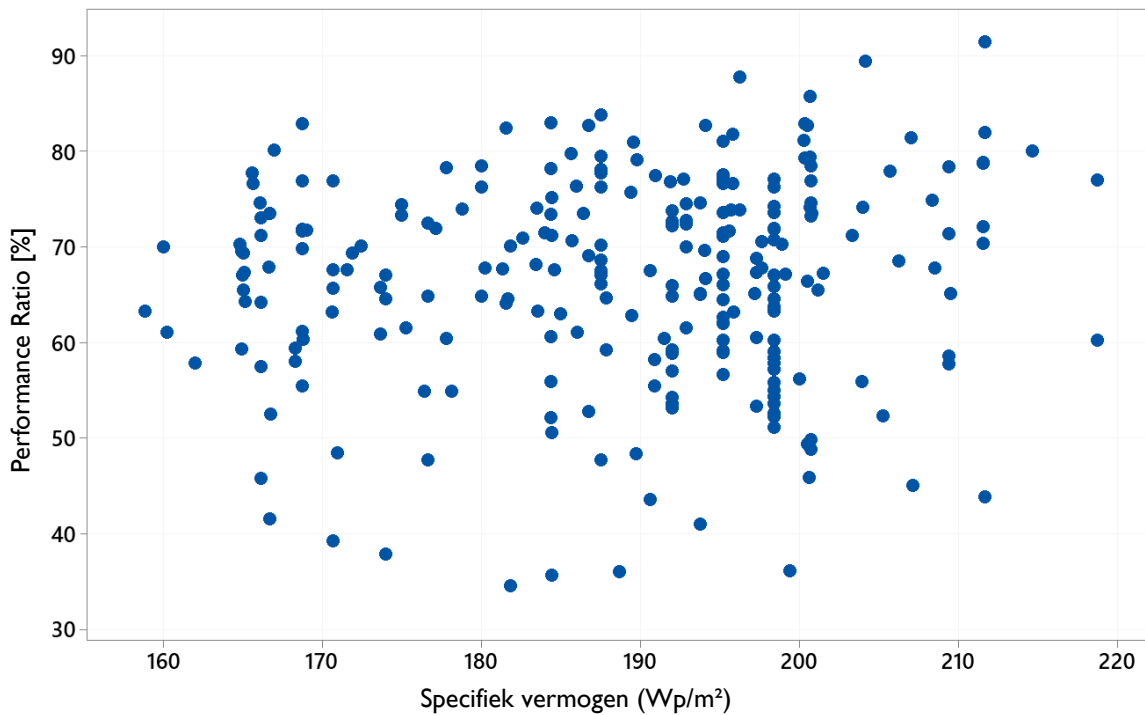
<sup>25</sup> Jonathan Leloux, Jamie Taylor, Rodrigo Moretón, Luis Narvarte, David Trebosc, Adrien Desportes, Monitoring 30,000 PV systems in Europe: Performance, Faults, and State of the Art, 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Hamburg, 2015 (<https://tinyurl.com/7jwvtf3f>).

<sup>26</sup> BRUGEL, Reguleringscommissie voor Energie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Ontwerpvoorstel, BRUGEL-Voorstel-20201209-27, betreffende de vermenigvuldigingscoëfficiënt toegepast op fotovoltaïsche installaties – Analyse van de economische parameters, 09/12/2020 (<https://www.brugel.brussels/publication/document/voorstellen/2020/nl/ONTWERPVOORSTEL-27-VERMENIGVULDINGSCO%C3%8BFFICI%C3%8BNT-BIPV.pdf>).



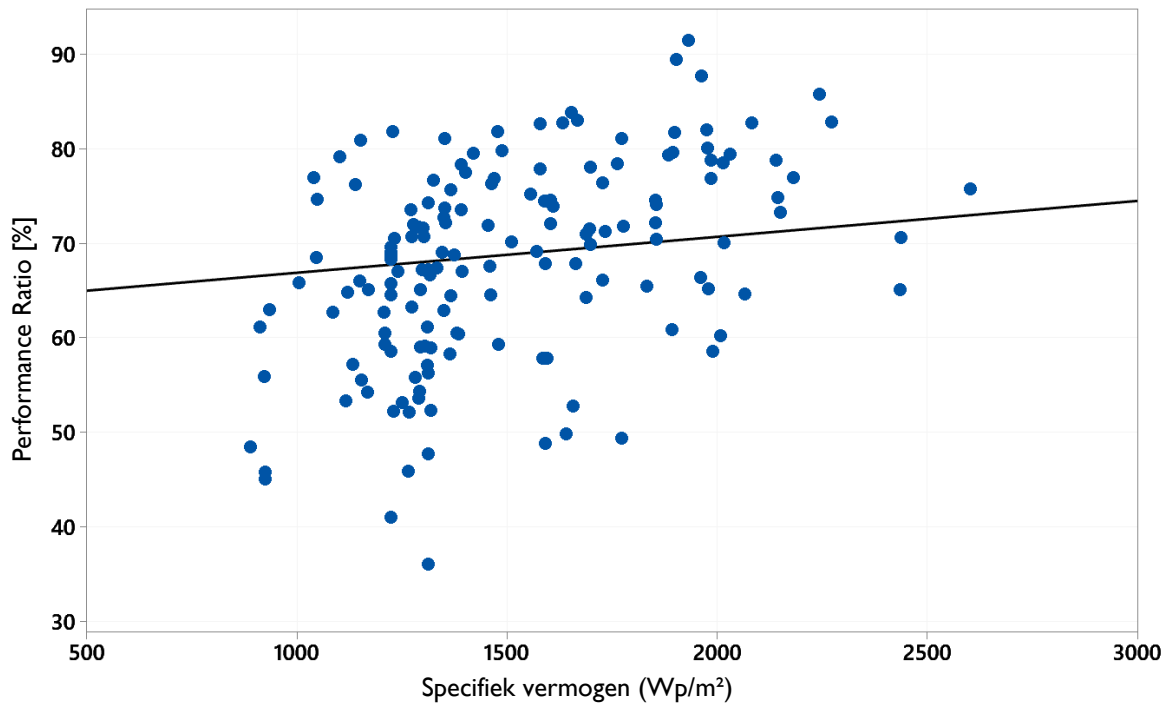
**Figuur 7-21: Vergelijking van de piekvermogens van de installaties in functie van het merk gebruikte panelen**

Figuur 7-22 geeft de verdeling weer van de piekvermogens van de geïnstalleerde installaties met de geanalyseerde merken van zonnepanelen. Er zijn grote verschillen tussen de merken te zien. Sommige panelen worden eerder op grotere systemen geplaatst, wat hen een voordeel geeft in vergelijkingen van de PR in vergelijking met andere merken die op kleinere systemen worden geplaatst. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de panelen BYD, Jinko of Yingli, die worden geplaatst op grotere fotovoltaïsche systemen en die in het algemeen betere prestaties hebben dan gemiddeld. Bij wijze van aanvulling op deze vaststelling, stellen we ook vast dat de hierboven genoemde premium merken (BenQ, LG, Panasonic/Sanyo, SunPower) in het algemeen op kleine systemen worden geplaatst, wat hun goede prestaties nog respectabeler maakt.



**Figuur 7-22: Jaarlijkse PR (2009-2019) in functie van het specifiek vermogen van de fotovoltaïsche panelen**

Figuur 7-23 geeft het verband weer tussen het specifiek vermogen van de fotovoltaïsche panelen en de Performance Ratio van de installaties waar ze deel van uitmaken. Er wordt geen significant verband vastgesteld. Het is een coherent resultaat, dat bevestigt dat de begrippen specifiek vermogen en Performance Ratio relatief los van elkaar staan. Het specifiek vermogen geeft het vermogen weer dat een paneel kan leveren per oppervlakte-eenheid, terwijl de Performance Ratio de hoeveelheid energie weergeeft die per eenheid piekvermogen van de installatie en ontvangen zinstraling wordt geproduceerd.



**Figuur 7-23: PR van een installatie in functie van de kostprijs van deze installatie**

*Om geldige vergelijkingen te kunnen maken, werden de analyses beperkt tot installaties die in dienst genomen werden in 2018 en een piekvermogen hebben tussen 3 kWp en 10 kWp.*

Figuur 7-24 geeft het verband weer tussen de Performance Ratio van een fotovoltaïsche installatie en de kostprijs ervan. Zoals hierboven reeds besproken, is de prijs van de installaties in de loop van de voorbije tien jaar sterk gedaald en daalt de prijs ook aanzienlijk afhankelijk van de grootte van de installaties. Om geldige vergelijkingen te kunnen maken, werden de analyses beperkt tot installaties die in dienst genomen werden in 2018 en een piekvermogen hebben tussen 3 kWp en 10 kWp. Deze vergelijkingen tonen aan dat het verband tussen de kostprijs van een installatie en de energieprestatie ervan in het algemeen heel zwak is. We stellen echter een licht positief verband vast tussen kostprijs en prestatie, wat doet vermoeden dat er een zekere rechtvaardiging is voor de prijsverschillen op de markt. Toch toont het algemene zwakke verband aan dat het nog zeer moeilijk is de prijszettingsmechanismen op de huidige markt te begrijpen. Terwijl de prijs-kwaliteitsverhouding niet de voornaamste factor lijkt te zijn die deze prijzen bepaalt, zijn er belangrijker parameters die deze zouden kunnen verklaren. Bijvoorbeeld de moeilijkheidsgraad om fotovoltaïsche installaties te plaatsen in de Brusselse stedelijke context.

## 8 Zelfverbruik en zelfvoorziening

In tegenstelling tot de vorige oefeningen hebben we van de netbeheerder geen bruikbare gegevens ontvangen om het zelfverbruik en de zelfvoorziening te analyseren. De analyse wordt dus uitgesteld tot de volgende versie.

De analyse van dit hoofdstuk zal des te belangrijker zijn voor de oefening van 2020 omdat het principe van de compensatie voor het afnemen en opnieuw injecteren van elektriciteit op het net in januari 2020 in het BHG afgeschaft werd met betrekking tot de nettarieven."



## 9 Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park

Het doel van dit deel is de gegevens van het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest op gemeentelijk niveau voor te stellen (situatie eind 2019). Het geeft het detail van de informatie die in de andere delen van dit verslag wordt gepresenteerd op gemeentelijk niveau, en meer bepaald de gemeentelijke trends op het vlak van het aantal installaties, het geïnstalleerd vermogen en het installatiepotentieel.

De gemeentelijke verdeling van de installaties in aantal en vermogen is op verzoek beschikbaar bij BRUGEL onder de vorm van een interactieve tabel met de voornaamste analyse-elementen.

### 9.1 Samenvatting van de markante feiten

De resultaten lopen sterk uiteen naargelang de geselecteerde indicator.

Eind 2019 zijn Brussel-Stad, Laken, Haren en NOH, m.a.w. de gemeente Brussel, goed voor 33,7 % van het volledige in de 19 gemeentes geïnstalleerde vermogen.

Watermaal-Bosvoorde heeft het hoogste aantal installaties per 1000 inwoners van de 19 gemeentes (11,9).

Voor wat vermogen per inwoner betreft, doet Vorst beter dan Brussel-Stad, met 272 Wp/1000 inwoners.

Het investeringsprogramma SolarClick werpt zijn vruchten af op het vlak van installaties op openbare gebouwen.

Momenteel wordt 4,2 % van het Brusselse zonnepotentieel geëxploiteerd.

### 9.2 Voorgestelde indicatoren

Om een beter vergelijkingspunt te krijgen van gemeente tot gemeente, werd het aantal installaties en het geïnstalleerd vermogen gedeeld door het totale aantal inwoners<sup>27</sup>. De eenheden van de resulterende indicatoren zijn dus het aantal installaties/1000 inwoners en het geïnstalleerd vermogen/1000 inwoners. In dit hoofdstuk wordt eveneens een cartografie van de dichtheid van het gemeentelijk vermogen (Wp/km<sup>2</sup>) voorgesteld.

### 9.3 Geanalyseerde steekproef

Op volgende gegevens werd een aparte filter toegepast: de Europese postcodes werden geïntegreerd in de gemeente Etterbeek (1040), en de postkantons Haren (1130), Neder-Over-Heembeek (1120) en Laken (1020) werden afzonderlijk van Brussel-Stad (1000) bekeken, om het afmetingseffect in de cartografieën te vermijden.

---

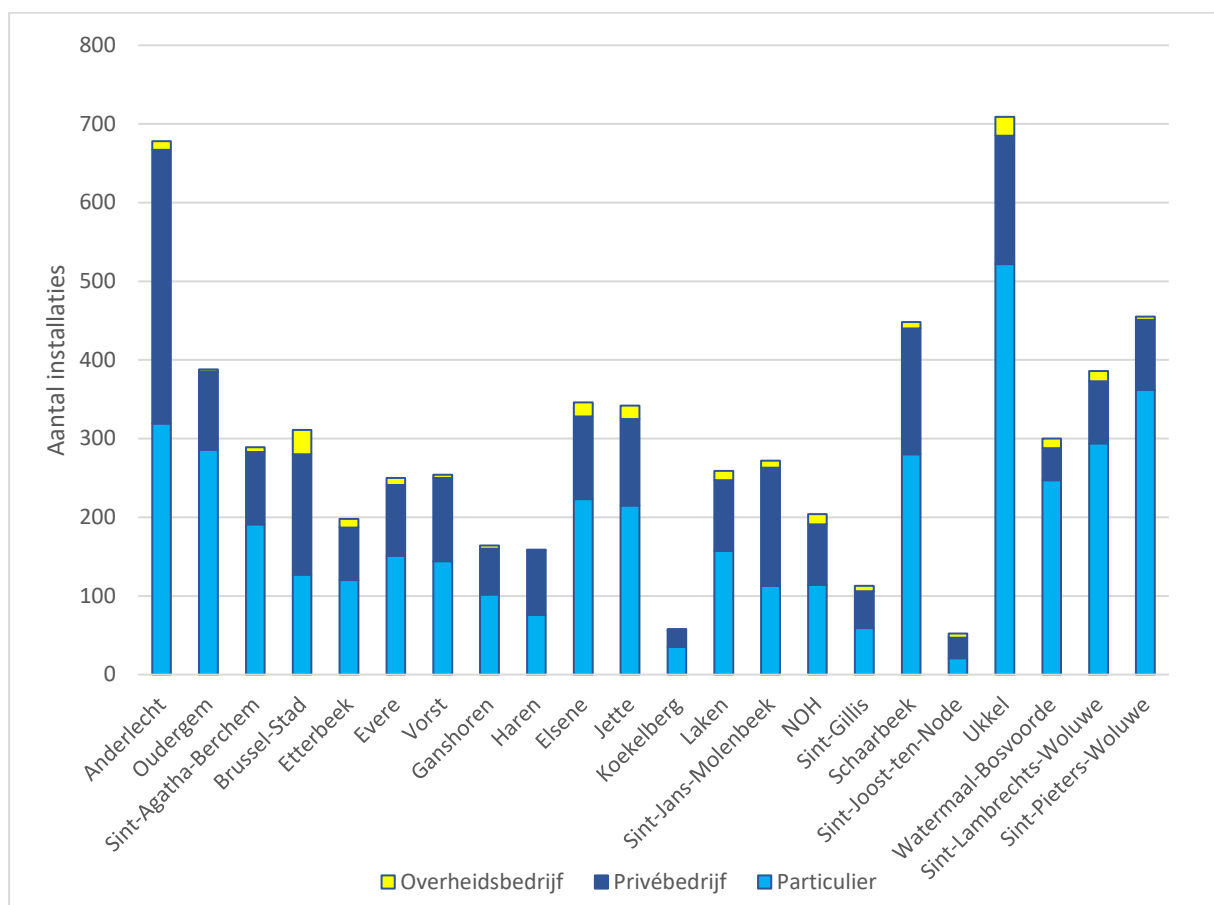
<sup>27</sup> De demografische gegevens voor het jaar 2019 zijn afkomstig van <https://bisa.brussels/themas/bevolking/jaarlijkse-evolutie>

## 9.4 Resultaten

### 9.4.1 Aantal installaties per gemeente

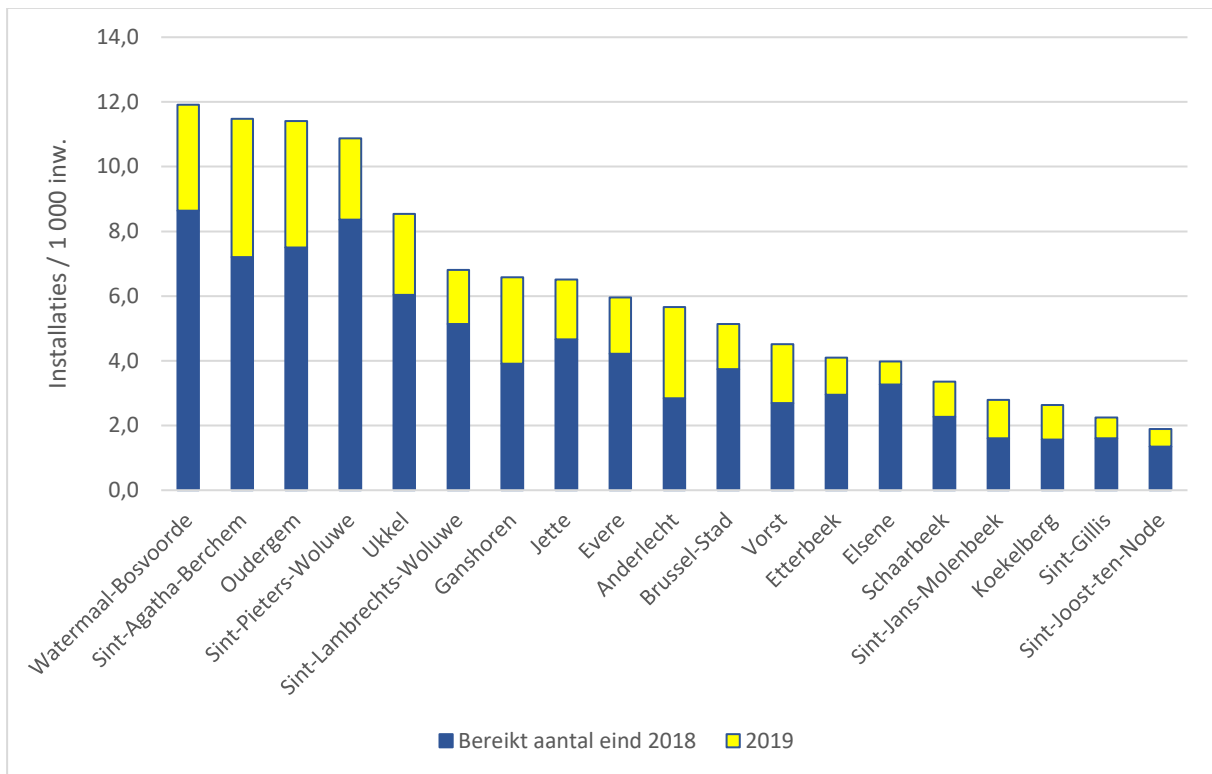
Het aantal ingeplante installaties verschilt sterk van de ene gemeente tot de andere, ongeacht het type eigenaar. Hoewel Brussel-Stad het grootste aantal FV-installaties telt, hebben de gemeenten met de grootste bevolking niet noodzakelijk het grootste aantal installaties.

Eind 2019 zijn Brussel-Stad (1000, 1020, 1120, 1130), Ukkel (1180) en Anderlecht (1070) de drie koplopers voor wat het aantal in de gemeente geplaatste installaties betreft. In vergelijking met de voorbije jaren staat Sint-Pieters-Woluwe (1150) haar derde plaats af aan Anderlecht, waar het aantal installaties in handen van privébedrijven zeer aanzienlijk is. De grote aanwezigheid van derde-investeerdersonoplossingen in de gemeente zou de ontwikkeling van het FV-park in de gemeente kunnen verklaren.



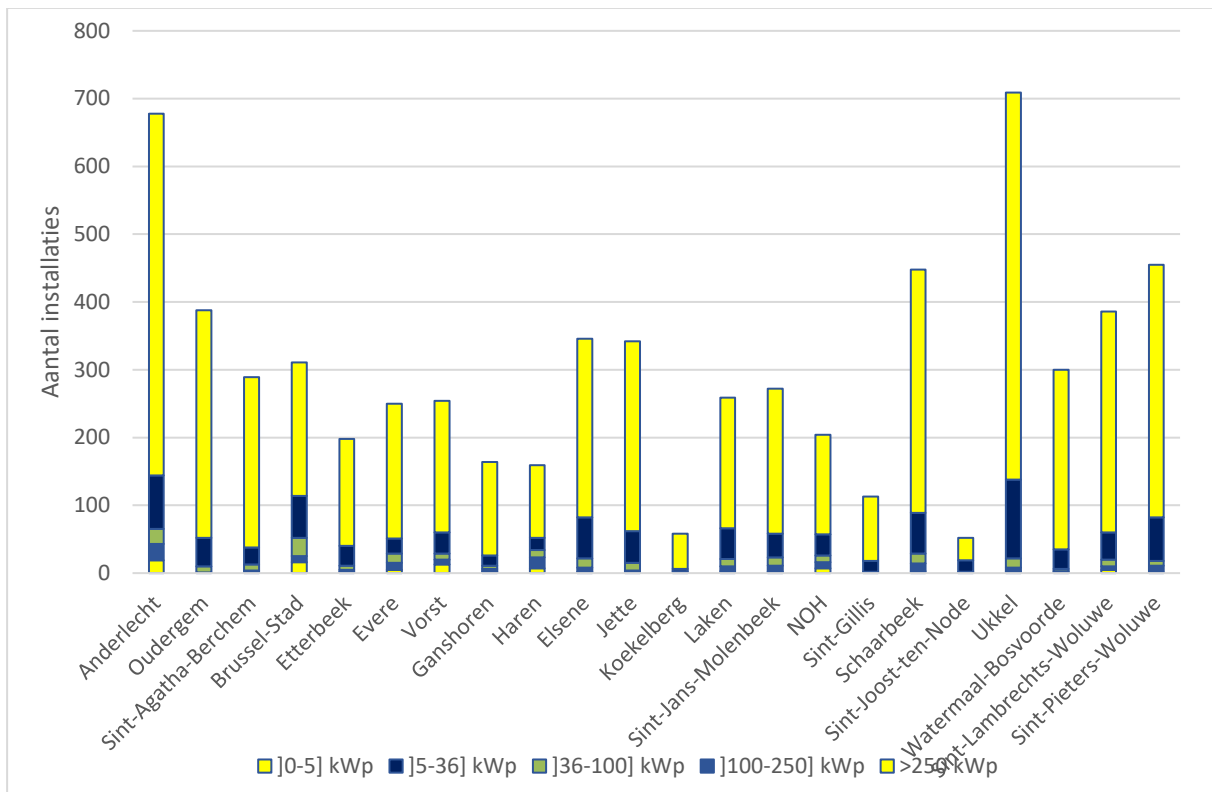
**Figuur 9-1: Gemeentelijke verdeling van het aantal installaties per type eigenaar**

Figuur 9-1 geeft eveneens weer, zoals uiteengezet in hoofdstuk 4, dat het aantal particulieren dat eigenaar is van installaties hoger blijft dan het aantal privébedrijven (o.a. derde-investeerderson) en overheidsbedrijven. In de komende jaren zal de analyse van deze tendens interessant worden.



**Figuur 9-2: Aantal installaties van het FV-park eind 2019 in het BHG per 1000 inwoners, per gemeente**

Zoals Figuur 9-2 toont, kan men de ontwikkeling van het FV-park in een lokale context situeren door specifieke gegevens over de fotovoltaïsche installaties, zoals het aantal installaties, te vergelijken met de bevolkingsgegevens van de gemeenten. Het aantal installaties per 1000 inwoners schommelt tussen 11,9 (Watermaal-Bosvoorde, een groei van 3,2 tegenover 2018) en 1,9 (Sint-Joost-ten-Node, een groei van 0,7 sinds 2018). De gegevens betreffende vermogen/km<sup>2</sup> worden verderop weergegeven in de cartografie.



**Figuur 9-3: Aantal installaties per vermogenscategorie en per gemeente**

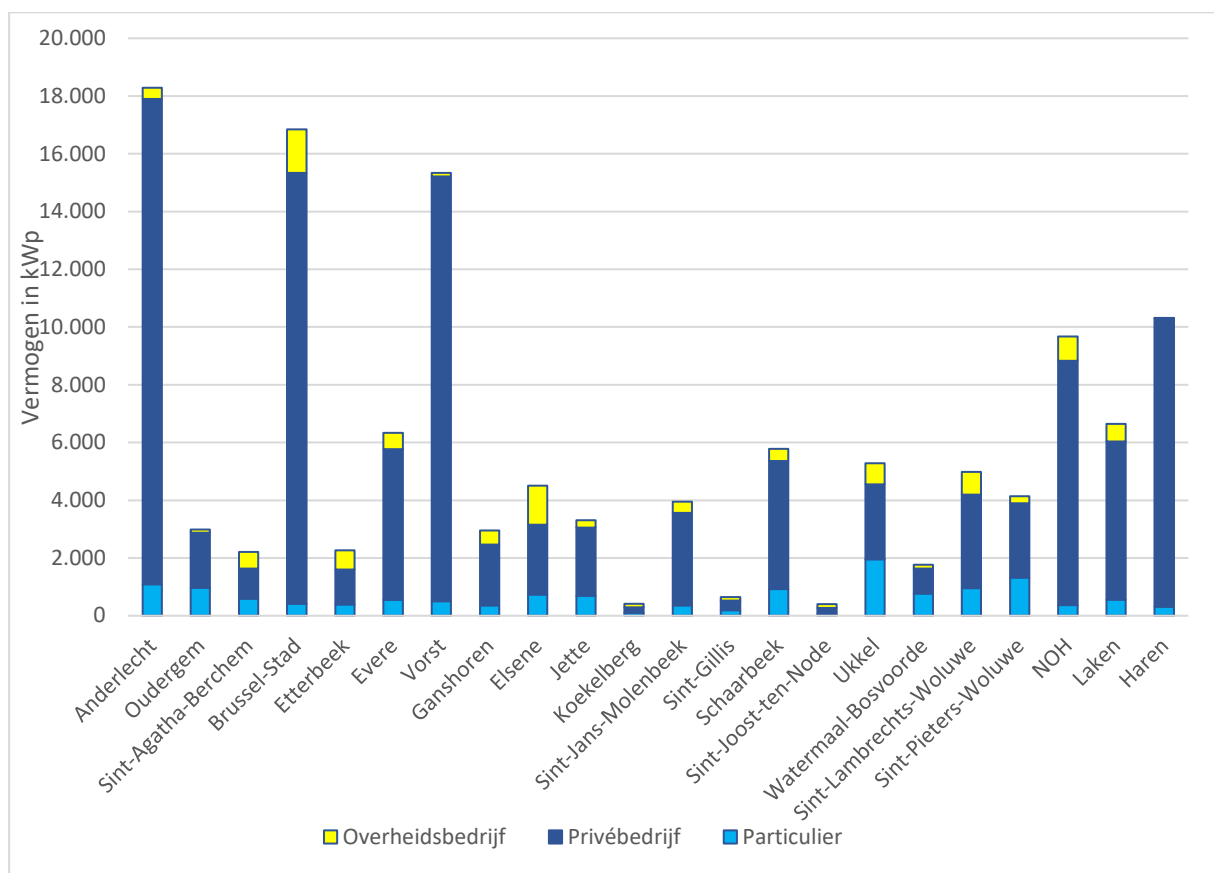
Figuur 9-3 geeft de indeling per vermogenscategorie en per gemeente weer. We zien hier duidelijk het overwicht van het aantal residentiële installaties van [0-5] kWp, maar bepaalde gemeenten onderscheiden zich met een kleiner aandeel, zoals de meeste postcodes van de gemeente Brussel. De "Europese" postcode hebben 5 installaties, eind 2019 goed voor in totaal 170,33 kWp. Dit is 13,3 % van de op het volledige grondgebied van Etterbeek (1040) geïnstalleerde vermogen.

## 9.4.2 Geïnstalleerd vermogen

Figuur 9-4 geeft de spreiding weer van het geïnstalleerde vermogen van het FV-park, uitgedrukt in kWp per type van eigenaar op gemeentelijk niveau. Omwille van de schaal van de grafiek en om de leesbaarheid te vergemakkelijken, werden de postkantons binnen de gemeente Brussel-Stad behouden.

In termen van vermogen zijn in veel gemeenten de privébedrijven in de meerderheid, terwijl ze in termen van aantal installaties vaak een minderheid vertegenwoordigen. Dit is te verklaren door de omvang van de installaties die geplaatst werden. De gemeenten Vorst, Anderlecht en Brussel hebben enkele zeer grote installaties op hun grondgebied, waardoor ze zich kunnen onderscheiden.

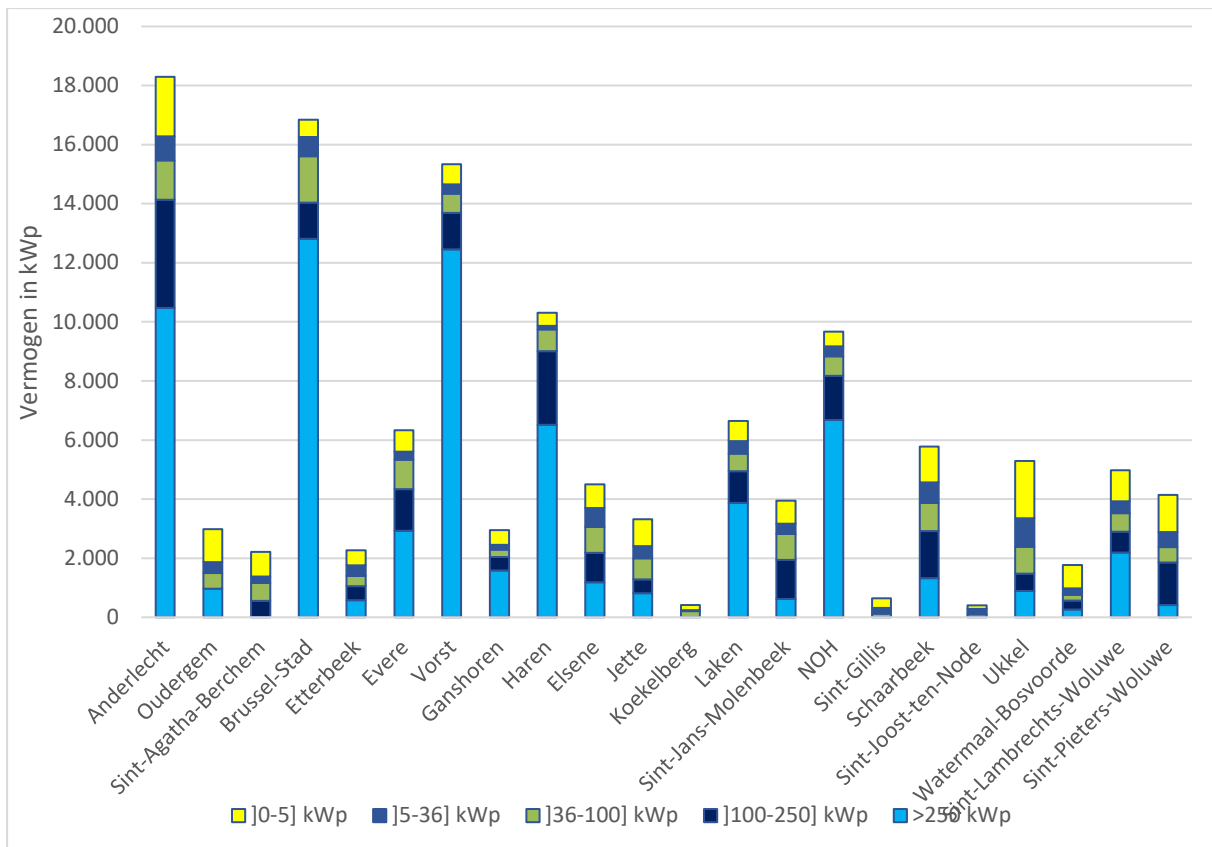
Binnen de overheidssector kon het potentieel van de overheidsgebouwen geëxploiteerd worden dankzij het programma SolarClick van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, opgestart in 2017. De impact ervan is reeds merkbaar op de situatie in 2019.



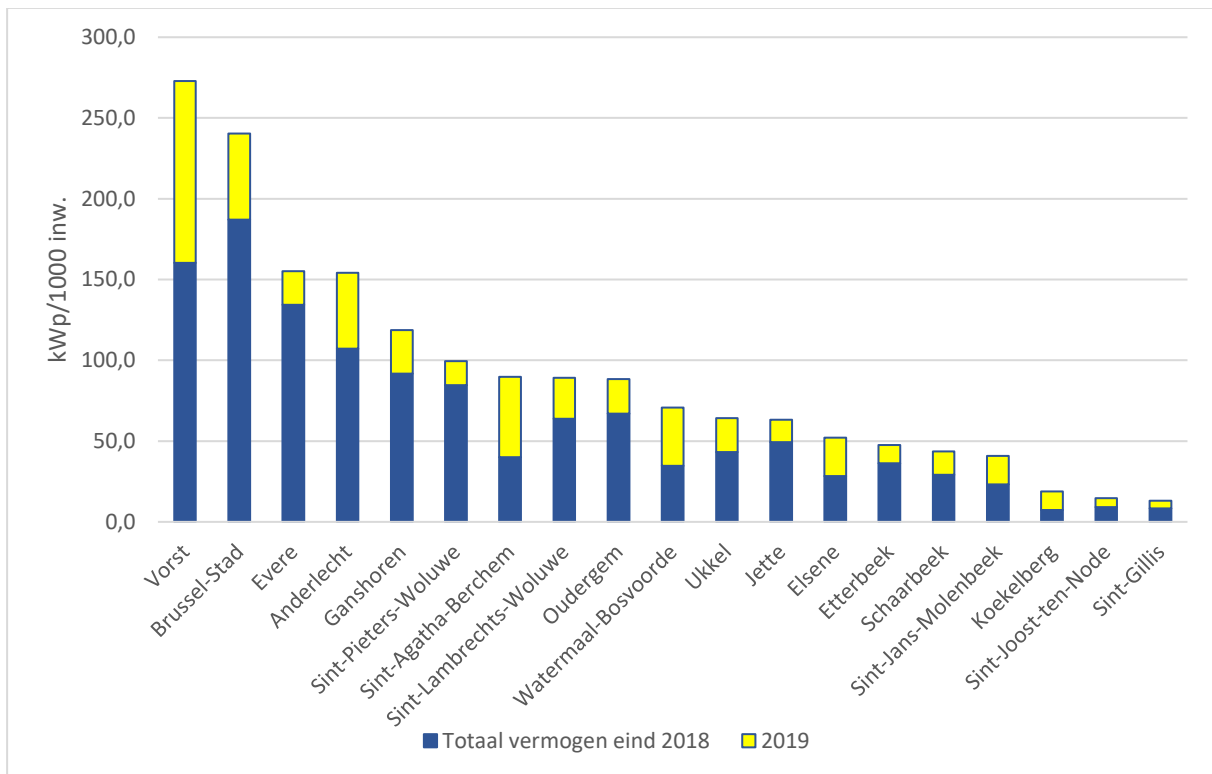
**Figuur 9-4: Geïnstalleerd vermogen per gemeente en per type eigenaar**

Figuur 9-5, die ditzelfde gemeentelijk vermogen overneemt maar opgesplitst in vermogensklassen, toont ons dat de gemeenten in de Brusselse rand, met veel dakruimte, met name in de industriegebieden, goed vertegenwoordigd zijn (Brussel-Stad, Anderlecht, Vorst) en dat de meeste grote installaties (> 250 kWp) daar geconcentreerd zijn.

Eind 2019 concentreren Brussel-Stad, Laken, NOH en Haren 33,7 % van het geïnstalleerd vermogen in het BHG.



**Figuur 9-5: Totaal in 2019 geïnstalleerd vermogen per gemeente, opgesplitst in vermogensklassen**

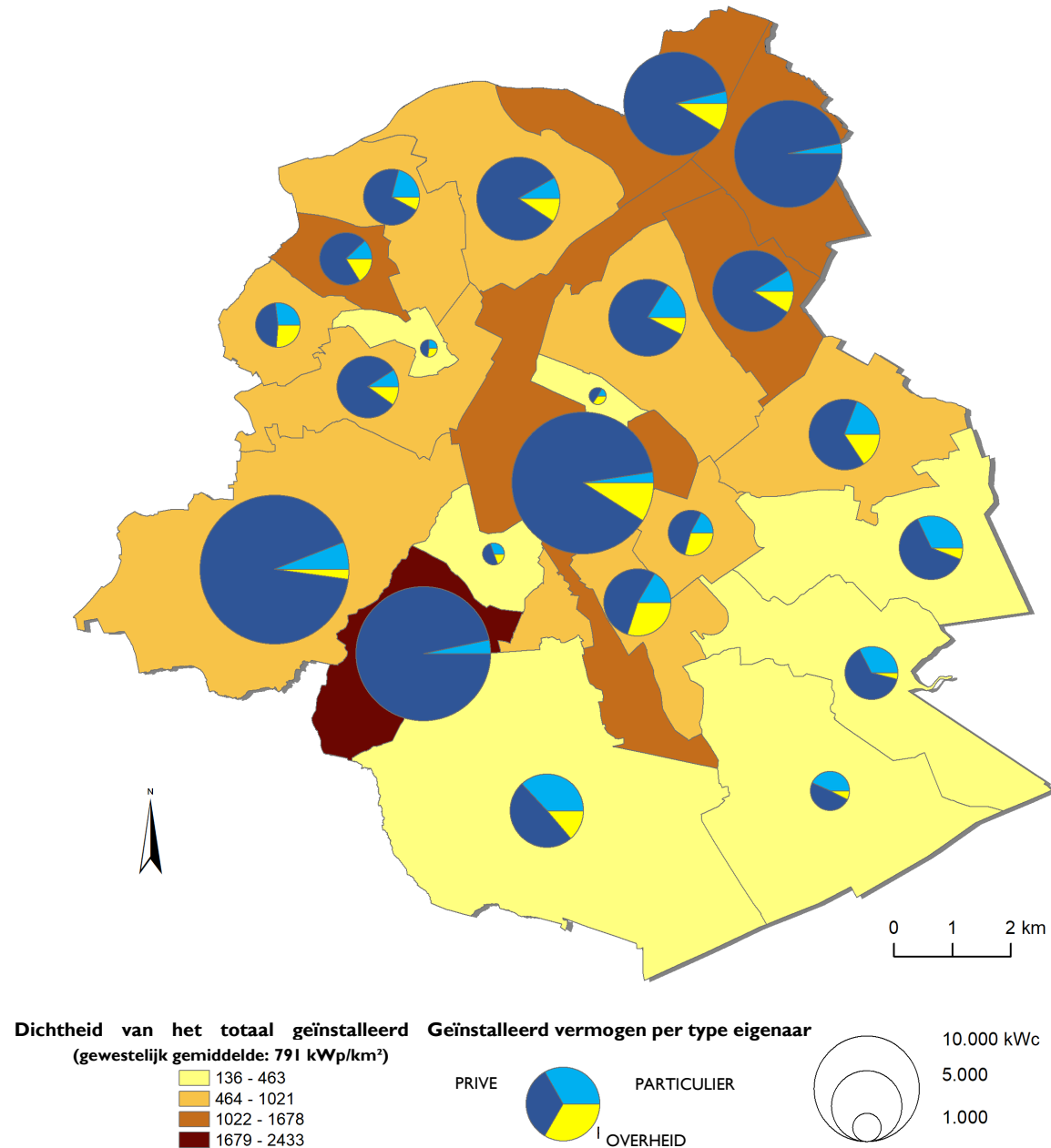


**Figuur 9-6: Totaal geïnstalleerd vermogen / 1000 inw. en per gemeente**

Figuur 9-6 rangschikt de gemeenten in dalende orde van grootte, in functie van het totaal geïnstalleerd vermogen per 1000 inwoners. De spreiding verschilt sterk van die van het aantal installaties per 1000 inwoners, aangezien de impact van de door de bedrijven geïnstalleerde grote vermogens doorslaggevend is in vergelijking met de kleine installaties van de particulieren.

### 9.4.3 Weergave van de gemeenten

Om de analyse van het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in 2019 te verrijken, werden 2 gemeentelijke thematische kaarten opgesteld.



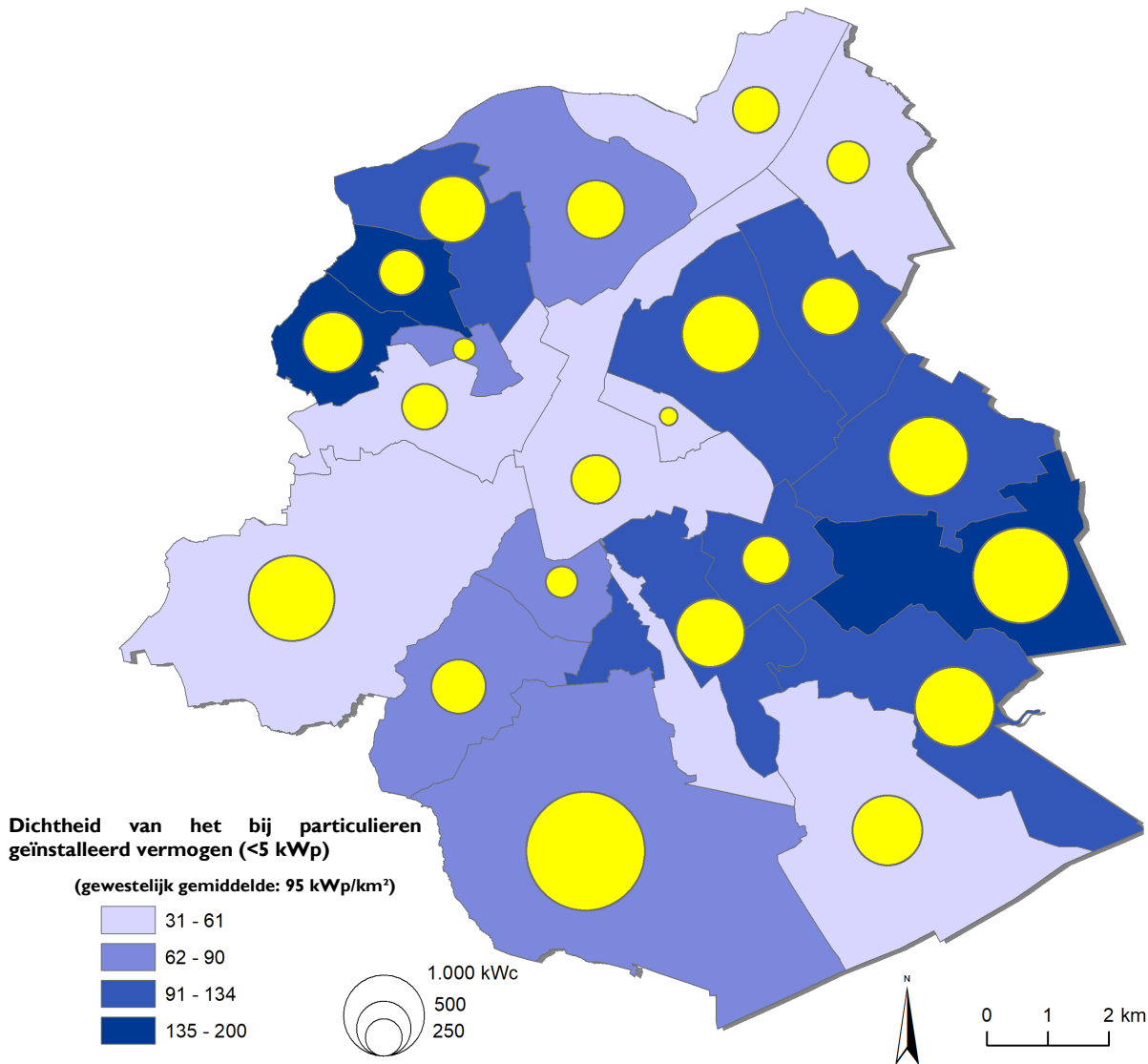
**Figuur 9-7: Dichtheid van het totaal geïnstalleerd FV-vermogen per type eigenaar en per gemeente in 2019**

Figuur 9-7 geeft de gemeentelijke verdeling van de dichtheid weer in kWp/km<sup>2</sup>, zoals geanalyseerd in punt 4.5 op gewestelijk niveau. Daarnaast geeft deze figuur ook het totaal geïnstalleerd vermogen per gemeente verdeeld per type eigenaar weer. De gemeente Brussel werd opgesplitst in vier entiteiten (Brussel-Stad, Haren, Laken en Neder-Over-Heembeek).

Wat dichtheid betreft, onderscheidt Vorst zich voornamelijk door grote private installaties, zoals het op de gemeente gecentreerde diagram aantoont. In het algemeen konden gemeenten met industriële



oppervlakten (industriegebied, haven) een groot privaat FV-park ontwikkelen, waardoor ze een hogere dichtheid in kWp/km<sup>2</sup> bereiken dan voornamelijk residentiële gemeenten.



**Figuur 9-8: Installaties < 5kWp: vermogen per gemeente en dichtheid (2019)**

Figuur 9-8, dat de vermogensdichtheid van kleine installaties weergeeft, bevestigt deze hypothese. Het zijn de randgemeenten, die de meeste residentiële gebieden hebben, die het meest geïnstalleerd hebben in het bijzonder Sint-Agatha-Berchem, Ganshoren en Sint-Pieters-Woluwe.

## 9.5 Zonnepotentieel per gemeente

Leefmilieu Brussel (LB) heeft een studie uitgevoerd naar het zonnepotentieel per gemeente, op basis waarvan de "zonnekaart<sup>28</sup>" werd opgemaakt, waarmee het productiepotentieel voor een specifiek adres in het BHG kan worden ingeschat.

De hypothesen worden toegelicht in de FAQ<sup>29</sup> op de website van Leefmilieu Brussel. De onderstaande tabel toont de overgang van de totale oppervlakte van het Gewest (161 km<sup>2</sup>) naar de netto in aanmerking genomen dakoppervlakte (18 km<sup>2</sup>), dat wil zeggen de dakoppervlakte waar mogelijk een fotovoltaïsche installatie kan worden geplaatst.

De daken zijn onderverdeeld in zoninstralingsklassen, waarbij ook rekening wordt gehouden met de schaduw, de oriëntatie en de helling voor een stralingsbereik van 350 tot 1.283 kWh/m<sup>2</sup>/jaar. De raming van de in aanmerking genomen bruto oppervlakte (30.009.909 m<sup>2</sup>) houdt enkel rekening met daken die meer dan 950 kWh/m<sup>2</sup>/jaar opvangen.

Merk op dat de overgang van de bruto in aanmerking genomen oppervlakte naar de netto in aanmerking genomen dakoppervlakte rekening houdt met gemiddelde obstakels op de daken (schoorsteen, dakraam, enz.), die op 18 % van de oppervlakte geraamd worden en verloren oppervlakten (dakranden, enz.) die op 20 % geraamd worden.

**Tabel 9-1: raming van de netto dakoppervlakte in het BHG**

Indicator	m <sup>2</sup>	%/totale m <sup>2</sup>	%/kadastrale m <sup>2</sup>
Totale oppervlakte van het BHG <sup>30</sup>	161 380 000		
Kadastrale oppervlakte BHG <sup>31</sup>	128 420 000	79,58%	
Bebouwde oppervlakte BHG <sup>32</sup>	75 767 800	46,95%	59,00%
Totale bruto dakoppervlakte	43 173 750	26,75%	33,62%
Bruto in aanmerking genomen dakoppervlakte	30 009 909	18,60%	23,37%
Totale netto dakoppervlakte	26 767 725	16,59%	20,84%
Netto in aanmerking genomen dakoppervlakte	18 606 144	11,53%	14,49%

<sup>28</sup><https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen-en-energie/bouwen-en-renoveren/analyseer-uw-gebouw/zonnekaart-van-het-brussels>

<sup>29</sup> <https://leefmilieu.brussels/content/zonnekaart-brussel-faq>

<sup>30</sup> STATBEL <https://statbel.fgov.be>

<sup>31</sup> BruGIS <https://gis.urban.brussels>

<sup>32</sup><https://leefmilieu.brussels/staat-van-het-leefmilieu/verslag-2011-2014/brusselse-context/bodemgebruik-en-bebouwing-het-brussels>

### 9.5.1 Specifieke kenmerken van de oefening 2019

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de oefeningen en zo de evolutie van de verwezenlijking van het potentieel doorheen de tijd te kunnen zien, werd uitgegaan van het vooraf berekend globaal potentieel van 18.606.144 m<sup>2</sup>. Aangezien de berekeningsmethodologie per type paneel en oppervlakterendement steeds minder relevant bleek, gelet op de technologische evoluties (cf. hoofdstuk 5 over het in het BHG geïnstalleerd materiaal), hebben we eenvoudigweg de oppervlakten met geïnstalleerde panelen (technische parameters in m<sup>2</sup>) uit de databank van BRUGEL samengevoegd en het voorbije jaar als referentiejaar genomen.

In tegenstelling tot de andere gemeentelijke analyses worden de resultaten hier voor de 19 gemeenten voorgesteld omdat de informatie betreffende het potentieel op gemeentelijk niveau verstrekt werd door Leefmilieu Brussel. De gegevens voor Haren, NOH en Laken worden dus geïntegreerd in Brussel-Stad en de Europese postcodes worden geïntegreerd in Etterbeek.

### 9.5.2 Analyse van daadwerkelijke dekking vergeleken met het potentieel per gemeente

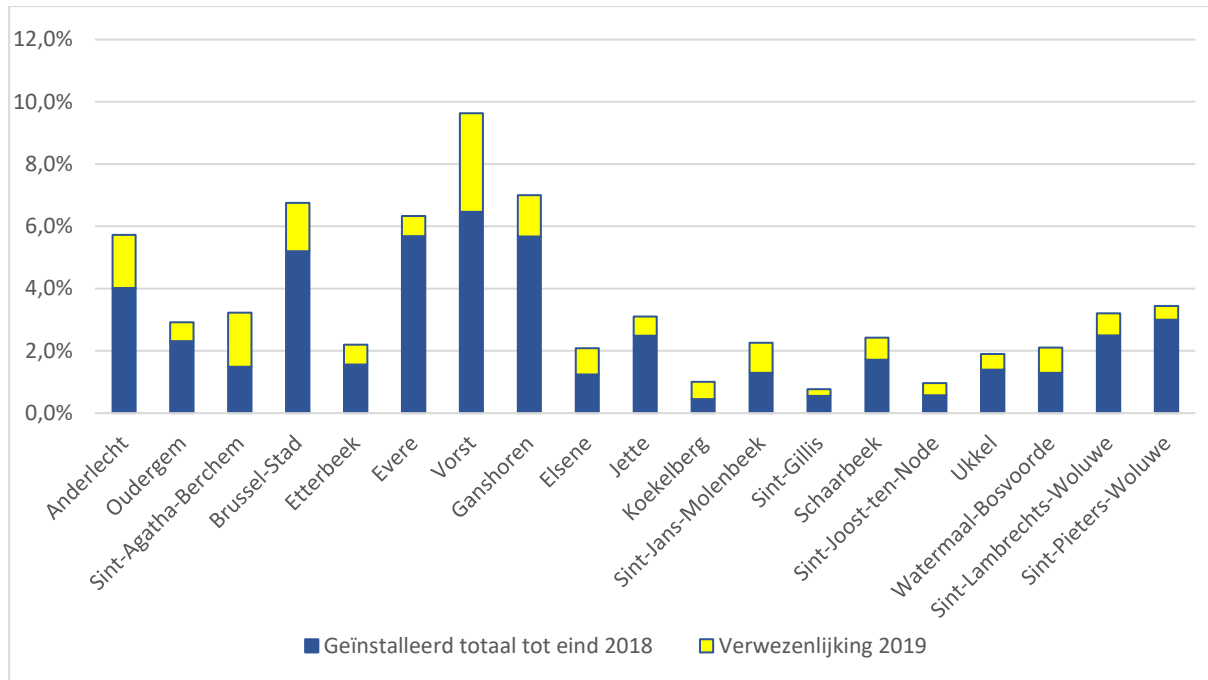
De totale geïnstalleerde oppervlakte per gemeente en de vergelijking met het potentieel wordt in de volgende tabel uitgewerkt.

Gemeente	Potentieel	Eind 2018		Eind 2019		Groei 2019
	(m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	%
Anderlecht	1 997 788	80 366	4,0%	114 424	5,7%	1,7%
Oudergem	608 794	14 073	2,3%	17 781	2,9%	0,6%
Sint-Agatha-Berchem	395 720	5 912	1,5%	12 769	3,2%	1,7%
Brussel-Stad	4 039 293	210 252	5,2%	272 900	6,8%	1,6%
Etterbeek	620 401	9 666	1,6%	13 661	2,2%	0,6%
Evere	642 739	36 568	5,7%	40 677	6,3%	0,6%
Vorst	918 542	59 360	6,5%	88 537	9,6%	3,2%
Ganshoren	258 576	14 664	5,7%	18 094	7,0%	1,3%
Elsene	1 174 823	14 646	1,2%	24 466	2,1%	0,8%
Jette	658 783	16 382	2,5%	20 466	3,1%	0,6%
Koekelberg	216 594	980	0,5%	2 175	1,0%	0,6%
Sint-Jans-Molenbeek	1 062 281	13 702	1,3%	24 015	2,3%	1,0%
Sint-Gillis	504 487	2 778	0,6%	3 905	0,8%	0,2%
Schaarbeek	1 385 112	23 765	1,7%	33 616	2,4%	0,7%
Sint-Joost-ten-Node	247 433	1 407	0,6%	2 386	1,0%	0,4%
Ukkel	1 604 257	22 347	1,4%	30 560	1,9%	0,5%
Watermaal-Bosvoorde	409 431	5 304	1,3%	8 612	2,1%	0,8%
Sint-Lambrechts-Woluwe	953 002	23 775	2,5%	30 596	3,2%	0,7%
Sint-Pieters-Woluwe	727 419	21 838	3,0%	25 045	3,4%	0,4%
<b>Algemeen totaal:</b>	<b>18 606 144</b>	<b>577 785</b>	<b>3,1%</b>	<b>784 695</b>	<b>4,2%</b>	<b>1,1%</b>

Tabel 9-2: Verdeling van de netto in aanmerking genomen dakoppervlakte en van de in het BHG per gemeente geïnstalleerde oppervlakten tussen 2018 en 2019

Eind 2019 waren de netto in aanmerking genomen dakoppervlakten in het BHG dus voor 3,4 % bedekt met zonnepanelen.

Deze resultaten tonen grote verschillen tussen de gemeenten en hangen sterk af van de publieke en private installatieprogramma's in deze periode. Zo is het verwezenlijkt potentieel bijvoorbeeld meer dan verdubbeld in Koekelberg, maar bedraagt het nog steeds met moeite 1 % (minimum, evenveel als Sint-Joost-ten-Node en Sint-Gillis) terwijl het voor 9,6 % geëxploiteerd wordt in Vorst (maximum).

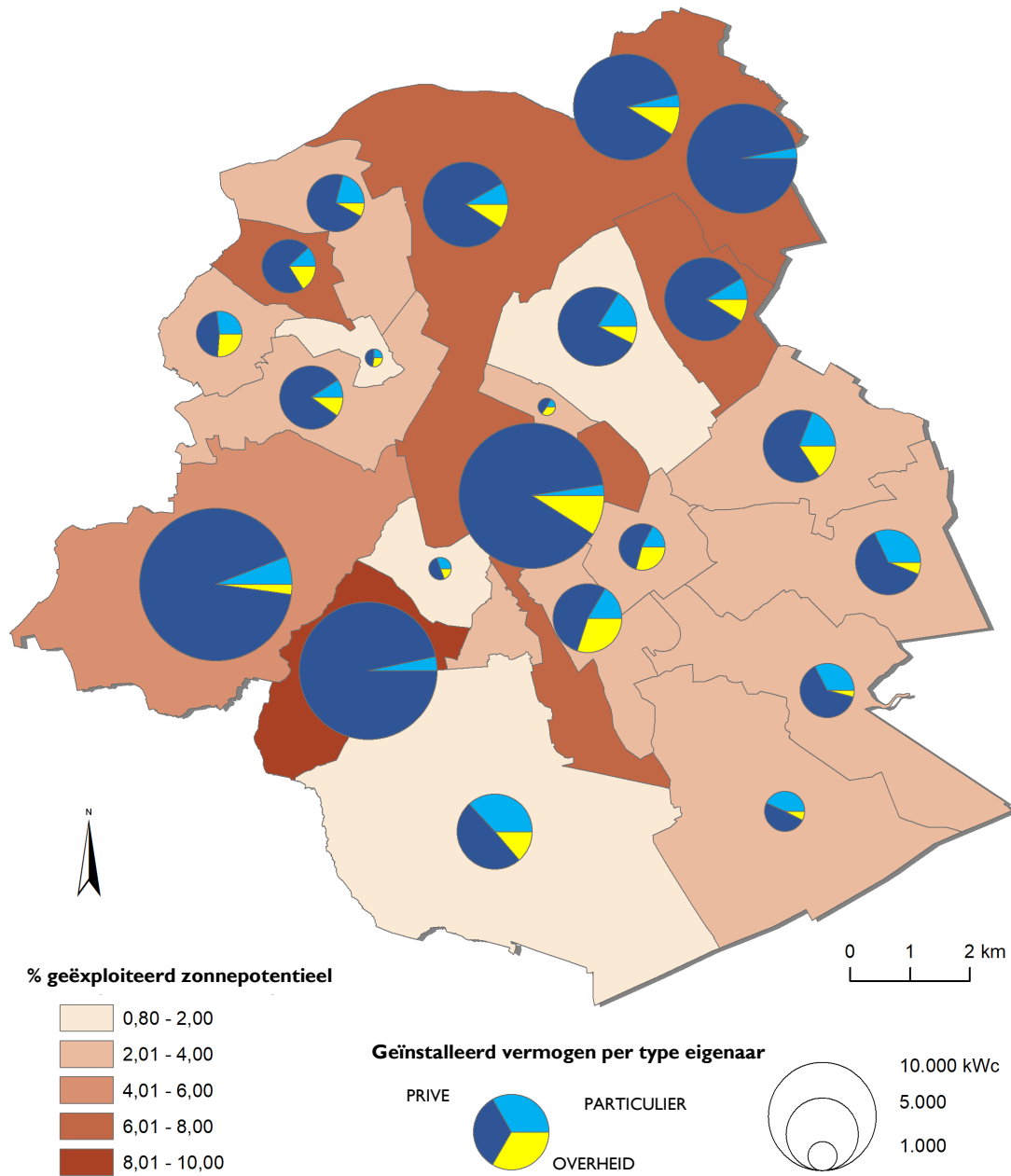


**Figuur 9-9: Eind 2019 verwezenlijkt FV-potentieel voor de 19 Brusselse gemeentes**

Figuur 9-9 toont in welke mate 2019 een gunstig jaar was op het vlak van installaties voor gemeenten zoals Sint-Agatha-Berchem en Koekelberg, die meer fotovoltaïsche panelen geplaatst hebben in 1 jaar dan in de 10 voorbije jaren.

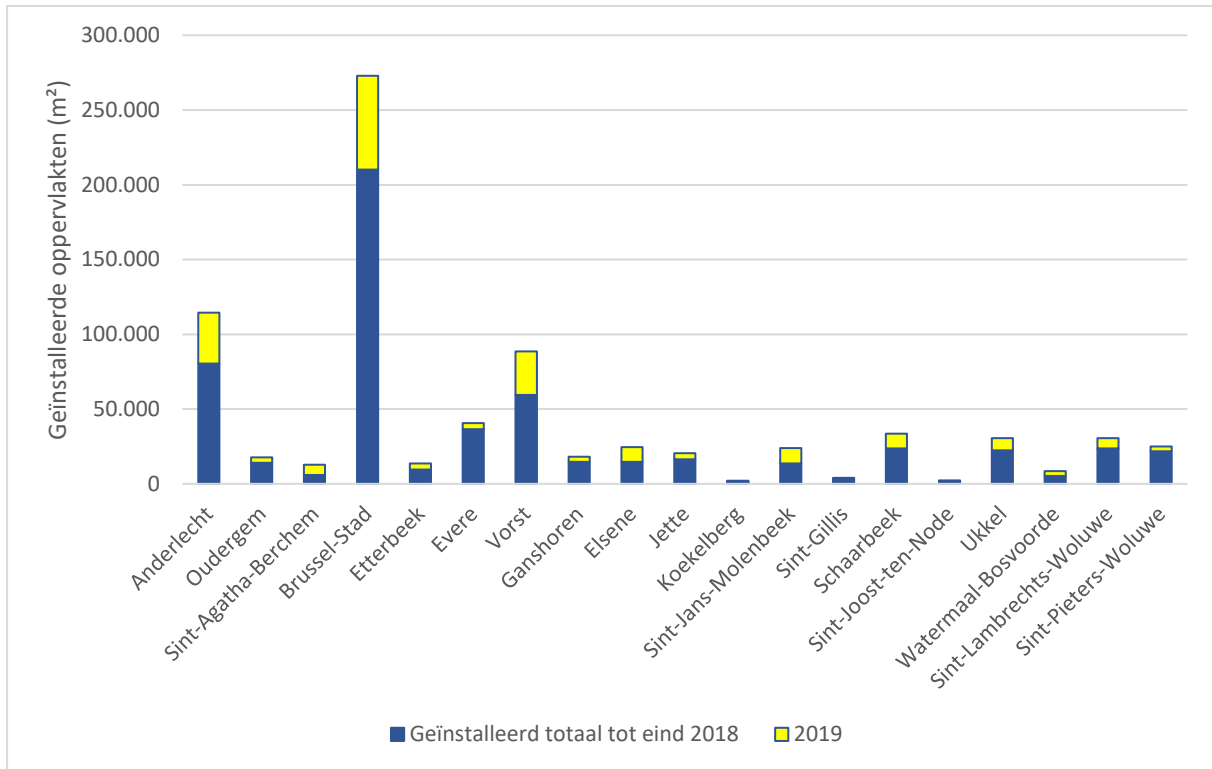
Vorst (+ 3,2 %), Anderlecht (+ 1,7 %), Sint-Agatha-Berchem (+ 1,7 %) en Brussel-Stad (+ 1,6 %) zijn de drie gemeenten met de grootste absolute toename van hun potentieel.

In totaal is het weer Vorst dat zich onderscheidt, door bijna 10 % van zijn totaal potentieel te bereiken, gevolgd door Ganshoren (7 %) en Brussel-Stad (6,8 %).



**Figuur 9-10: Cartografie van het geëxploiteerd zonnepotentieel per gemeente**

Figuur 9-10 geeft het exploitatieniveau van het zonnepotentieel weer in de vorm van een cartografie. We zien er dezelfde tendensen terugkregen: Vorst, Brussel en Anderlecht onderscheiden zowel door hun reeds geactiveerd potentieel als door het overwicht van installaties in handen van de privésector, d.w.z. voornamelijk grote systemen.



**Figuur 9-11: Geïnstalleerde FV-oppervlakten voor de 19 gemeenten van het BHG**

Figuur 9-11 toont ons dezelfde resultaten in m<sup>2</sup>. Dit heeft het voordeel dat getoond wordt dat Brussel-Stad de gemeente is die veruit de meeste m<sup>2</sup> heeft geïnstalleerd.

In termen van totale absolute oppervlakte betekent dit bijna 785 000 m<sup>2</sup> panelen die eind 2019 geïnstalleerd zijn en die zeer ongelijkmatig verdeeld zijn, afhankelijk van de typologie van de gebouwen van elke gemeente.

Ter vergelijking: dit is de oppervlakte van meer dan 112 voetbalvelden.

Aangezien de datum van indienname van de installatie geldt als bewijs, dient opgemerkt te worden dat deze resultaten niet onveranderlijk zijn en kunnen evolueren van een oefening naar de volgende, naarmate de certificeringsgegevens aan BRUGEL worden meegedeeld.

## 10 Verklarende woordenlijst

]5-36]	Een naar binnen gerichte haak duidt op een gesloten interval (de waarde wordt dus in aanmerking genomen) en een naar buiten gerichte haak duidt op een open interval (de waarde is niet in het interval opgenomen).
Zelfverbruik	Hoeveelheid door de fotovoltaïsche installatie geproduceerde elektriciteit die meteen in het gebouw wordt verbruikt en dus niet op het elektriciteitsnet wordt geïnjecteerd.
Zelfvoorziening	Aandeel van de verbruikte elektriciteit dat wordt gedekt door de productie van de fotovoltaïsche installatie.
BRUGEL	Brusselse regulator van de gas- en elektriciteitsmarkt
Eindverbruik elektriciteit	Som van de zelfverbruikte elektriciteit van de fotovoltaïsche installatie en de van het net afgenomen elektriciteit.
Privébedrijf	Instelling die tot een privéonderneming behoort, zoals winkels, privékantoren, banken, verzekeringen, privéziekenhuizen, vrij onderwijs, ...
Overheidsbedrijf	Gebouw dat toebehoort aan een overheidsinstelling zoals: administratie, gemeentelijk onderwijs, gemeentelijke werkplaatsen.
Injectie	Hoeveelheid door de fotovoltaïsche panelen geproduceerde elektriciteit die terug aan het elektriciteitsnet wordt gegeven of op het net wordt geïnjecteerd - deze wordt dus niet ter plaatse verbruikt.
Kilowattpiek	Vermogenseenheid van de panelen onder standaard testomstandigheden, die in het algemeen bij benadering het maximaal vermogen weergeeft dat door de fotovoltaïsche zonnepanelen wordt opgewekt.
Indienststelling	"De datum van het conformiteitsattest in het Algemeen Reglement op de elektrische installaties (AREI) zonder opmerkingen" Uittreksel uit het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering betreffende de promotie van groene elektriciteit van 17 december 2015.
Particulier	Een natuurlijke persoon die op zijn woning panelen voor persoonlijk gebruik heeft geïnstalleerd.
Afname	Hoeveelheid op het net aangekochte elektriciteit voor verbruik in het gebouw.
Productie	Hoeveelheid elektriciteit geproduceerd door de fotovoltaïsche panelen in de loop van een bepaalde tijdspanne (doorgaans een kalenderjaar, soms tussen twee meteropnames)
Specifiek vermogen	Verhouding tussen het vermogen in Wp van de modules en hun oppervlakte in m <sup>2</sup> .
SIBELGA	Beheerder van het gas- en elektriciteitsnet in Brussel.
SolarClick	Gewestelijk programma voor de financiering van FV-installaties op de daken van openbare gebouwen. Dit programma (2017-2020), waarvoor SIBELGA verantwoordelijk is, heeft tot doel fotovoltaïsche panelen te leggen op 85.000 m <sup>2</sup> daken van openbare gebouwen.

## II Afkortingen

BIPV: Building Integrated Photovoltaïc = In het gebouw geïntegreerde FV-installatie

BAPV: Building Applied Photovoltaïc = Op het gebouw geplaatste FV-installatie

LS: Laagspanning

WS: Wisselstroom

GS: Gelijkstroom

VC: Vermenigvuldigingscoëfficiënt

GSC: Groenestroomcertificaat

DB: Database, databank

GO: Garantie van oorsprong

kEUR: kilo-euro of duizend euro

kW: kilowatt

kVA: kilovolt-ampère

kWp: kilowattpiek

IDN: Indienstname

MW: Megawatt

MWh: Megawattuur

FV: Fotovoltaïsch

PR: Performance Ratio

BHG: Brussels Hoofdstedelijk Gewest

CU: Door BRUGEL gecertificeerde eenheid