

## Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800 Woningbouw en Utiliteitsbouw

### Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800

Status	Definitief woningbouw en utiliteitsbouw
Versie	006
Rapport	B.2017.1387.00.R001
Datum	15 juli 2019

## Colofon

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkdienst voor Ondernemend Nederland Postbus 965 6040 AZ ROERMOND
<b>Contactpersoon opdrachtgever</b>	ing. P.H.R. van der Beesen MSc ir. J.W.M. Hooijschuur
<b>Project</b> Betreft Uw kenmerk	RVO / Kostenoptimaliteit BENG NTA8800 Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800 EGO1800023
<b>Rapport</b> Datum Versie Status	B.2017.1387.00.R001 15 juli 2019 006 Definitief woningbouw en utiliteitsbouw
<b>Uitgevoerd door</b>	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
<b>Contactpersoon</b>	ir. R.M.M. (René) van der Loos 088 346 76 16 rlo@dgmr.nl
<b>Auteur</b>	ir. R.M.M. (René) van der Loos 088 346 76 16 rlo@dgmr.nl
<b>Projectadviseur</b>	ir. I.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA 088 346 75 68 ga@dgmr.nl
<b>2e lezer/secr.</b>	GA PGU APT

## Inhoud

<b>1. Inleiding en aanpak van het onderzoek</b>	<b>4</b>
1.1 Doel van het onderzoek	4
1.2 Aanpak	4
1.3 Begeleidingscommissie	4
1.4 Voorbehoud	4
<b>2. Referentiegebouwen</b>	<b>5</b>
<b>3. Maatregelen</b>	<b>7</b>
3.1 Gebouwcode (G)	7
3.2 Bouwkundig (B)	7
3.3 Ventilatie (V)	7
3.4 Installatieconcept (I)	8
3.5 Zonneboiler (Z)	8
3.6 Verlichting (L)	8
3.7 PV-cellen (P)	8
3.8 Oriëntatie (O)	9
<b>4. Overige uitgangspunten en aanpak</b>	<b>11</b>
4.1 Financiële uitgangspunten	11
4.2 Validatietool NTA 8800	12
4.3 Aanpak beoordeling resultaten BENG 1, BENG 2 en BENG 3	12
4.4 Referentiesituatie	13
4.5 Gevoeligheidsanalyses	13
<b>5. Resultaten woningbouw BENG 2 en BENG 3</b>	<b>14</b>
5.1 Woongebouwen en grondgebonden woningen	14
5.2 Grondgebonden woningen	14
5.3 Woongebouwen	18
5.4 Woonwagen	24
5.5 Logieswoning	28
5.6 Drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats	31
5.7 Drijvende woonfunctie bestaande ligplaats	35
5.8 Gevoeligheidsanalyses	39
<b>6. Resultaten woningbouw BENG 1</b>	<b>40</b>
6.1 Woonfuncties BENG 1 (exclusief woonwagens en drijvende woonfuncties)	40
6.2 Woonwagens BENG 1	42
6.3 Drijvende woonfuncties op een bestaande ligplaats BENG 1	42
6.4 Drijvende woonfuncties op een nieuwe ligplaats BENG 1	43
<b>7. Resultaten utiliteitsbouw BENG 2 en BENG 3</b>	<b>44</b>
7.1 Kantoorfunctie	44
7.2 Bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang	50
7.3 Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	57
7.4 Onderwijsfunctie	62
7.5 Gezondheidszorgfunctie zonder bed	67

7.6 Gezondheidszorgfunctie met bed	72
7.7 Winkelfunctie	77
7.8 Sportfunctie	84
7.9 Logiesfunctie in een logiesgebouw	91
7.10 Celfunctie	95
7.11 Gevoeligheidsanalyses	100
<b>8. Resultaten utiliteitsbouw BENG 1</b>	<b>101</b>
8.1 Kantoorfunctie BENG 1	101
8.2 Bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang BENG 1	102
8.3 Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang BENG 1	102
8.4 Onderwijsfunctie BENG 1	103
8.5 Gezondheidszorgfunctie zonder bed BENG 1	103
8.6 Gezondheidszorgfunctie met bed BENG 1	104
8.7 Winkelfunctie BENG 1	104
8.8 Sportfunctie BENG 1	105
8.9 Logiesfunctie in een logiesgebouw BENG 1	105
8.10 Celfunctie BENG 1	106
<b>Bijlagen</b>	
Bijlage 1	Overzicht 3D-modellen referentiegebouwen
Bijlage 2	Uitgangspunten gebouwen en maatregelen
Bijlage 3	Verantwoordingsrapportage investeringskosten Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800
Bijlage 4	Gevoeligheidsanalyses BENG 2 woningbouw
Bijlage 5	Gevoeligheidsanalyses BENG 2 utiliteitsbouw

## 1. Inleiding en aanpak van het onderzoek

Sinds december 1995 geldt in ons land de EPC-eis voor woningen en utiliteitsgebouwen. Na 25 jaar zal hier in 2020 een einde aan komen. Vanaf 2020 worden de energieprestatie-eisen niet meer uitgedrukt in een EPC-waarde, maar komen de 'Bijna Energie Neutraal Gebouwd' (BENG)-indicatoren hiervoor in de plaats. Deze eis wordt gesteld in de Europese richtlijn Energieprestatie voor Gebouwen (EPBD). Vanaf 2020 zal er BENG worden gebouwd waarbij er meer nadruk zal liggen op het beperken van de energiebehoefte van gebouwen en het stimuleren van het gebruik van hernieuwbare energiebronnen.

Gelijktijdig zal vanaf 2020 niet meer de NEN 7120 aangewezen worden als bepalingmethode, maar wordt de NTA 8800 aangewezen. Deze nieuwe bepalingmethode is gebaseerd op de Europese normen die in het kader van de EPBD ontwikkeld zijn. De NTA 8800 is in 2017 en 2018 in Nederland ontwikkeld.

Om vanaf 2020 in de Nederlandse bouwregelgeving BENG-eisen op te kunnen nemen die gebaseerd zijn op de NTA 8800, is het vanuit de EPBD verplicht om een kostenoptimaliteitsstudie uit te voeren op basis waarvan de definitieve BENG-eisen vastgesteld kunnen worden.

### 1.1 Doel van het onderzoek

De EPBD vraagt de EU lidstaten de minimumeisen voor de energieprestatie van gebouwen of bouwunits vast te stellen met het oog op het bereiken van kostenoptimale niveaus. De wijze waarop deze kostenoptimaliteitsberekeningen uitgevoerd moeten worden ligt vast in de gedelegeerde verordening 244/2012 van 16 januari 2012. Het kostenoptimale niveau wordt daarbij gedefinieerd als het energieprestatieniveau dat gedurende de geraamde economische levensduur de laagste kosten met zich meebrengt.

Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in het kostenoptimale punt op basis waarvan de mogelijke grenswaarden voor de BENG-indicatoren in het Bouwbesluit kunnen worden opgenomen. Het is uiteindelijk de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) die het besluit neemt voor het BENG-eisenniveau en dit voorlegt aan de Tweede Kamer. Maar om deze keuze te kunnen maken is er een verplichting vanuit de EPBD voor een kostenoptimaliteitsonderzoek. Daarbij is het van belang dat de uitgangspunten en uitkomsten afgestemd en gedeeld zijn met marktpartijen. Daarom is dit onderzoek begeleid door een begeleidingscommissie.

### 1.2 Aanpak

Dit onderzoek is uitgevoerd door DGMR Bouw B.V. in samenwerking met Arcadis. Op hoofdlijnen is de volgende aanpak gehanteerd.

Voor alle gebruiksfuncties die het Bouwbesluit kent, zijn een of meerdere referentiegebouwen beschikbaar: de BENG referentiegebouwen. In totaal zijn er 40 referentiegebouwen (10 woningbouw, 30 utiliteitsgebouwen) in dit onderzoek meegenomen. Deze gebouwen vormen de basis van het onderzoek.

Vervolgens zijn voor al deze referentiegebouwen maatregelpakketten samengesteld die in de praktijk voor kunnen komen. Hierbij is er voor gezorgd dat deze maatregelpakketten een voldoende mate van spreiding in technieken én energetische prestaties laten zien. Door maatregelpakketten met elkaar te combineren ontstaan er per referentiegebouw meerdere varianten. Het aantal varianten per gebouw varieert, afhankelijk van het bouwtype, van 144 tot 648.

Met branchevertegenwoordigers is afstemming gezocht over de keuze van de maatregelen en daarbij zijn ook de bijbehorende investeringskosten met de branchevertegenwoordigers afgestemd.

Met de door NEN beschikbaar gestelde rekentool (Validatietool NTA 8800) zijn de drie BENG-indicatoren per variant berekend. Daarbij is ook de energiebesparing van de varianten bepaald ten opzichte van de referentiesituatie.

De Netto Contante Kosten per variant zijn vervolgens, conform de voorschriften in de Verordening 244/2012, bepaald op basis van de berekende energiebesparing, de bijbehorende energietarieven en de investerings- en onderhoudskosten.

Per bouwtype zijn grafieken opgesteld waarin de BENG indicatoren uitgezet zijn tegen de Netto Contante Kosten. De grafieken staan in deze rapportage, waarbij door middel van verschillende kleurcoderingen de resultaten toegelicht zijn. Deze grafieken kunnen in de besluitvorming gebruikt worden om een keuze te maken voor de definitieve hoogte van de BENG-eisen in het Bouwbesluit.

Conform de Europees voorgeschreven rekenmethodiek is er ook nog een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De resultaten van deze gevoeligheidsanalyses zijn opgenomen in de bijlagen van dit rapport.

### 1.3 Begeleidingscommissie

Dit onderzoek is begeleid door een begeleidingscommissie.

In deze commissie zijn de volgende organisaties vertegenwoordigd:

- Aedes (vereniging van woningcorporaties)
- Bouwend Nederland
- DHPA (Dutch Heat Pump Association)
- MWA (Minerale Wol Associatie)
- NEPROM
- NII (Nederlandse Isolatie Industrie)
- NBKL (Nederlandse vereniging van Biomassa Ketel Leveranciers)
- Rijksvastgoedbedrijf
- Uneto-VNI
- VLA (Vereniging van Luchttechnische Apparatuur)
- VFK (Vereniging van Fabrikanten van hybride Klimate systemen)
- VSNU (Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten)
- VNG (Vereniging Nederlandse Gemeenten)

### 1.4 Voorbehoud

Dit onderzoek is uitgevoerd met de Validatietool NTA 8800 die door NEN aan ons ter beschikking is gesteld. Deze tool was tijdens het uitvoeren van het onderzoek nog in ontwikkeling en het kan niet uitgesloten worden dat er in de gebruikte Validatietool nog (kleine) onvolkomenheden zitten.

Wij hebben tijdens het onderzoek zo goed mogelijk geprobeerd de BENG resultaten te controleren en daar waar nodig heeft afstemming plaatsgevonden met de ontwikkelaar van de validatietool.

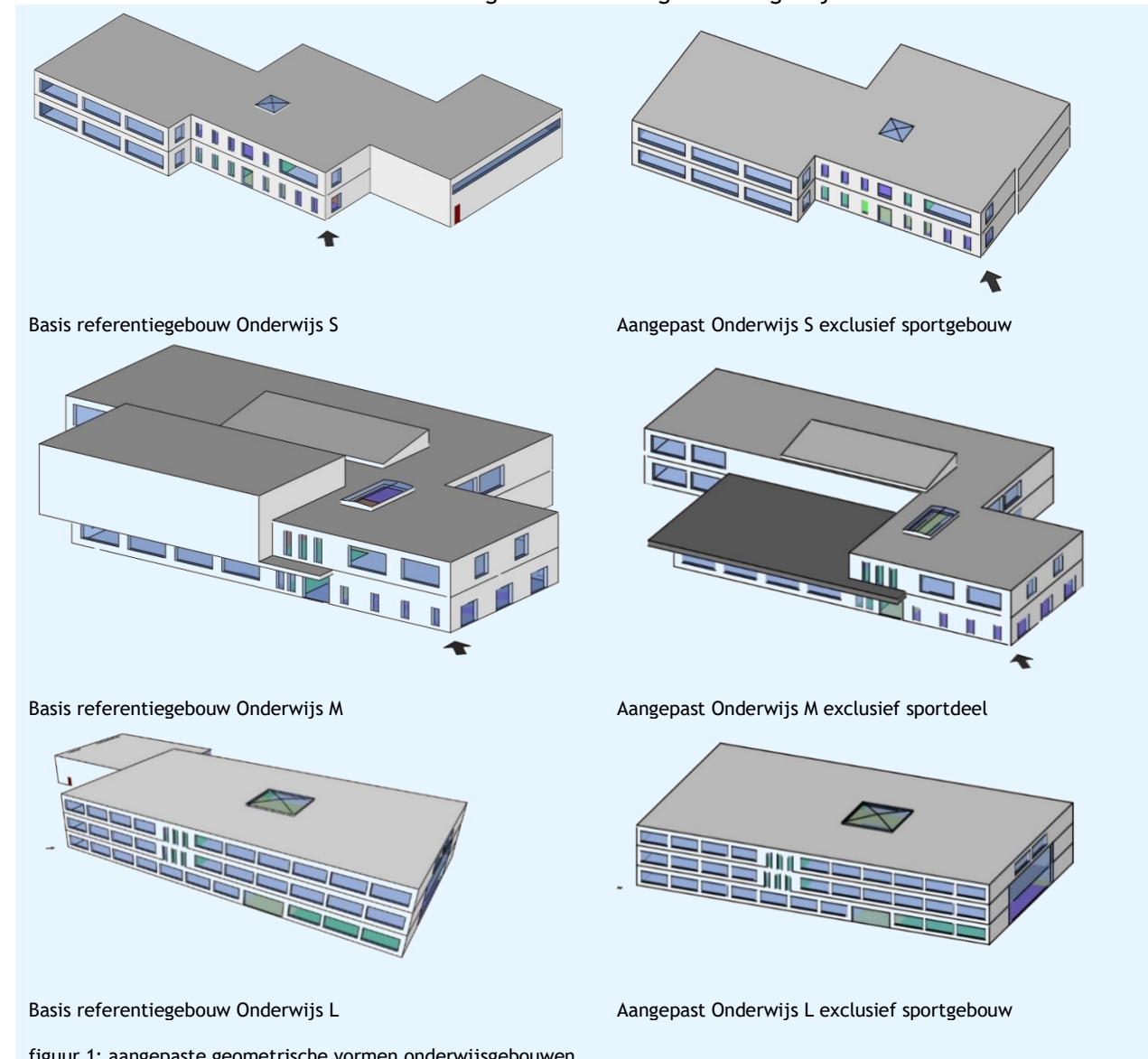
Dit rapport is een update van het rapport B.2017.1387.00.R001-Versie 4 van 17 december 2018. Voor deze update zijn de energieprestatieberekeningen opnieuw doorgerekend met de validatietool van 8 april 2019 en aangepaste R<sub>c</sub>-waarden conform de CEN-EPB normen. De overige uitgangspunten zijn ongewijzigd. De herberekening is afgerond op 9 mei 2019 en de resultaten daarvan zijn verwerkt in dit rapport.

## 2. Referentiegebouwen

Voor deze studie hebben wij de BENG-referentiegebouwen als basis gebruikt. Dit is inclusief de drijvende bouwwerken, woonwagen en de logieswoning. In totaal gaat het om 43 BENG-referentiegebouwen.

Om de energieprestatieberekeningen met de NTA-tool uit te voeren, hebben wij een aantal vereenvoudigingen doorgevoerd. De rekentool vraagt om één rekenzonemodellen, dat wil zeggen één gebruiksfunctie per gebouw. In deze studie is daarom voor de meeste referentiegebouwen de hoofdgebruiksfunctie voor het gehele gebouw toegepast. Daarbij is voor onderwijsgebouwen een aanvullende wijziging doorgevoerd: de aangrenzende sportgebouwen van de onderwijsgebouwen S, M en L zijn niet meegenomen in de studie. Dit heeft gevolgen voor de geometrische vorm van de onderwijsgebouwen en daarmee het gebruiksoppervlakte en de verliesoppervlakte van de gebouwen. In figuur 1 zijn de wijzigingen van de onderwijsgebouwen in deze studie weergegeven.

Het cellengebouw is ook aangepast ten opzichte van het oorspronkelijke referentiegebouw. Van het cellengebouw is in deze studie alleen het cellengebouwtje meegenomen (celfunctie). De andere gebouwdelen (kantoorfunctie, bijeenkomstfunctie en sportfunctie) zijn buiten beschouwing gelaten in de studie omdat die al in de andere referentiegebouwen vertegenwoordigd zijn.



De publicatie BENG-referentiegebouwen omvat geen referentiegebouwen voor de bijeenkomstfunctie voor kinderopvang. In de NTA 8800 is deze gebruiksfunctie voor kinderopvang wel als een aparte gebruiksfunctie opgenomen omdat de bijeenkomstfunctie voor kinderopvang met name op het gebied van ventilatie aan strengere minimale ventilatie-eisen (conform het Bouwbesluit) moet voldoen dan de gewone bijeenkomstfunctie. Het gevolg hiervan is dat het berekende energiegebruik van een bijeenkomstfunctie voor kinderopvang significant afwijkt van het berekende energiegebruik van een 'overige bijeenkomstfunctie'. Dit betekent ook dat ten behoeve van de eisenstelling een aparte beoordeling moet worden uitgevoerd voor de bijeenkomstfunctie voor kinderopvang. Om de bijeenkomstfunctie voor kinderopvang door te kunnen rekenen in deze studie zijn hiervoor twee extra gebouwen toegevoegd aan de set met referentiegebouwen. Qua geometrie zijn deze gebouwen gebaseerd op het onderwijsgebouw S (zonder sport) en het XS200 gebouw.

In tabel 1 zijn de verschillende referentiegebouwen inclusief gebouwcode, gebruiksfunctie, gebruiksoppervlakte ( $A_g$ ) en verliesoppervlakte ( $A_{ls}$ ) weergegeven.

De gebouwcode geeft de specifieke geometrische kenmerken van de gebouwen. Gebouwcode G10 tot en met G19 is van toepassing op de woningbouw en vanaf gebouwcode G20 is sprake van een utiliteitsgebouw.

tabel 1: codering referentiegebouwen

Gebouwcode	Omschrijving	Gebruiksfunctie	Nwoon	Ag	Als	Als/Ag	% raam
G10	Woning S tussen	woonfunctie	1	110	152	1,38	28%
G11	Woning M hoek	woonfunctie	1	133	249	1,87	20%
G12	Woning L vrij	woonfunctie	1	181	387	2,14	24%
G13	Woning M tussen	woonfunctie	1	87,1	177	2,03	24%
G14	Woongebouw M woningen	woonfunctie	33	3.036	2.808	0,92	32%
G15	Woongebouw XL woningen XS	woonfunctie	604	21.396	15.587	0,73	34%
G16	Woonwagen	woonfunctie	1	85,1	270	3,18	24%
G17	Logieswoning	woonfunctie	1	94,4	249	2,64	20%
G18	Drijvend bouwwerk (nw ligplaats)	woonfunctie	1	137	338	2,46	20%
G19	Drijvend bouwwerk (best ligplaats)	woonfunctie	1	75,3	272	3,61	29%
G20	Kantoor XS 100	kantoorfunctie		82,7	237	2,86	31%
G21	Kantoor XS 200	kantoorfunctie		158	348	2,20	25%
G22	Kantoor S	kantoorfunctie		1.681	1.614	0,96	22%
G23	Kantoor M	kantoorfunctie		4.383	4.065	0,93	40%
G24	Kantoor XL 1	kantoorfunctie		24.553	15.816	0,64	82%
G25	Kantoor XL 2	kantoorfunctie		23.892	18.400	0,77	80%
G26	Bijeenkomst XS 100	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		82,7	237	2,86	31%
G27	Bijeenkomst XS 200	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		158	348	2,20	25%
G28	Bijeenkomst S	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		1.745	2.744	1,57	47%
G29	Bijeenkomst M	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		2.354	3.849	1,64	16%
G30	Bijeenkomst L	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		4.964	6.636	1,34	24%
G31	Bijeenkomst XL	bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang		9.707	11.794	1,22	18%
G32	Onderwijs S	onderwijsfunctie		2.022	3.010	1,49	32%
G33	Onderwijs M	onderwijsfunctie		3.193	4.951	1,55	32%
G34	Onderwijs L	onderwijsfunctie		7.610	7.139	0,94	43%
G35	Onderwijs XL	onderwijsfunctie		15.729	10.465	0,67	69%
G36	Gezondheid zonder bed XS 100	gezondheidszorg zonder bed		82,7	237	2,86	31%
G37	Gezondheid zonder bed XS 200	gezondheidszorg zonder bed		158	348	2,20	25%
G38	Gezondheid zonder bed S	gezondheidszorg zonder bed		877	1.555	1,77	17%
G39	Gezondheid met bed L	gezondheidszorg met bed		5.705	4.384	0,77	28%
G40	Gezondheid met bed XL	gezondheidszorg met bed		34.178	26.326	0,77	53%
G41	Winkel XS 100	winkelfunctie		82,7	237	2,86	31%
G42	Winkel XS 200	winkelfunctie		158	348	2,20	25%
G43	Winkel S	winkelfunctie		1.460	3.424	2,35	16%
G44	Winkel XL	winkelfunctie		20.907	34.694	1,66	11%
G45	Sport XS 100	sportfunctie		82,7	237	2,86	31%
G46	Sport XS 200	sportfunctie		158	348	2,20	25%
G47	Sportfunctie M	sportfunctie		2.910	5.860	2,01	33%
G48	Sportfunctie L	sportfunctie		8.468	15.440	1,82	12%
G49	Logiesgebouw M	logiesfunctie		3.678	4.009	1,09	34%
G50	Cellengebouw (cel deel)	celfunctie		7.651	7.743	1,01	18%
G53	Bijeenkomst voor kinderopvang XS 200	bijeenkomst voor kinderopvang		158	348	2,20	25%
G54	Bijeenkomst voor kinderopvang S	bijeenkomst voor kinderopvang		2.022	3.010	1,49	32%

In bijlage 1 is een overzicht van de figuren van de verschillende gebouwen opgenomen. In bijlage 2 (Excelbestand) is het tabblad Rapport G\_010 opgenomen. Hierin is per gebouw de gebouwspecifieke informatie opgenomen, zoals geometrie en oriëntatie.

### 3. Maatregelen

Voor deze studie hebben wij gekozen voor het samenstellen van bouwkundige-, ventilatie-, installatieconcept-, zonneboiler-, verlichting- en PV-pakketten. Bij de samenstelling van de maatregelpakketten hebben wij onderscheid gemaakt in woningbouw en utiliteitsbouw. Uitzondering hier op zijn de XS utiliteitsgebouwen, die hebben dezelfde pakketten als de grondgebonden woningen. Afhankelijk van het type pakket is er nog voor gekozen om een verdere onderverdeling te maken op basis van de grootte van de gebouwen en de functies. In tabel 2 is de onderverdeling van de verschillende pakketten voor de verschillende bouwtypen- of functies weergegeven.

Pakketten codering:



**tabel 2: indeling pakketten en codering**

Pakketten	Code	Toepassingsgebied
<b>Gebouw (G)</b>	G10-G19	Woningbouw
	G20-G50	Utiliteitsgebouwen
<b>Bouwkundig (B)</b>	B10-B12	W (laagbouw)
	B20-B22	W (hoogbouw)
	B30-B32	W (woonwagen)
	B40-B42	W (woonark bestaand)
	B50-B51	U (laagbouw)
	B60-B61	U (hoogbouw)
<b>Ventilatiesysteem (V)</b>	V10-V12	W-bouw
	V20-V22	U-bouw
<b>Installatieconcept (verw/tap/koel) (I)</b>	I10-I13	W (grondgebonden)
	I20-I23	W (appartementen)
	I30-I33	U (kantoor/winkel/bijeenk/onderwijs/gez zorg z bed)
	I40-I43	U (gez zorg m bed)
	I50-I53	U (sport/logies/cel)
<b>Zonneboiler (Z)</b>	Z10	W + U
	Z11	W + U (sport/logies/cel)
<b>Verlichting (L)</b>	L10-L12	U (kantoor/gez zorg z bed/onderwijs/bijeenk kinderopvang)
	L20-L22	U (sport/bijeenkomst zonder kinderopvang)
	L30-L31	U (cel/logies/gez zorg met bed)
	L40-L41	U (winkels)
	L99	W-bouw
<b>PV (P)</b>	P10-P11-P13	W+U-bouw
	P12	W+U-bouw (hoogbouw)
<b>Oriëntatie (O)</b>	O10	basis
	O11	+ 90° gedraaid, hoort bij de gevoeligheidsanalyse
	O12	+ 180° gedraaid, hoort bij de gevoeligheidsanalyse
	O13	+ 270° gedraaid, hoort bij de gevoeligheidsanalyse

In bijlage 2 (Excelbestand) zijn per tabblad de uitgangspunten van de pakketten opgenomen. Op het tabblad *Rapport combinaties*, zijn de mogelijke pakketten per gebouw(code) weergegeven. Voor de verschillende pakketten geven wij in de volgende paragrafen een toelichting.

#### 3.1 Gebouwcode (G)



Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven hebben alle referentiegebouwen een gebouwcode, G10 tot en met G50, gekregen. Op het tabblad *Rapport G\_O10* is alle specifiek gebouwgebonden informatie over de gebouwen opgenomen. Dit is de referentiesituatie wat betreft de oriëntatie. Op dit tabblad zijn de geometrische kenmerken met bijbehorende oriëntaties opgenomen, maar ook kenmerken die gebouw afhankelijk zijn voor de installaties, zoals ventilatiedebieten, lengte distributieleidingen, daglichtsectoren en PV-oppervlakten.

#### 3.2 Bouwkundig (B)



In bijlage 2 is op tabblad *RAPPORT B* specifieke informatie van elk bouwkundig pakket opgenomen. Het gaat op dit tabblad om de infiltratie,  $R_c$ -waarden van de gesloten constructieonderdelen en U-waarden van de ramen en deuren. In de basis is de indeling als volgt:

- Bx0 is isolatie op Bouwbesluitniveau en HR<sup>++</sup>-glas
- Bx1 is isolatie op Bouwbesluit+niveau en triple glas
- Bx2 is isolatie op Passief niveau en triple glas; verlaagde infiltratie bij woningen

Standaard zijn de gebouwen voorzien van buitenzonwering (als  $\leq 6$  bouwlagen) of zonwerende beglazing ( $> 6$  bouwlagen). Bij woningbouw met vrije koeling (pakket I11 en I21) wordt uitgegaan van geen zonwering/zonwerende beglazing. Dit betekent dat de zonwering/zonwerende beglazing minder investering is ten opzichte van de referentie. In bijlage 2 is op het tabblad *RAPPORT B* een dubbeltelling te zien van de pakketten B10-B12, B20-B22, B30-B32 en B40-42. In deze kolommen zijn de uitzonderingen van de woningbouwpakketten met vrije koeling weergegeven. In deze pakketten is in tegenstelling tot de standaard bouwkundige pakketten, geen zonwering en geen zonwerende beglazing toegepast.

Voor alle utiliteitsgebouwen, de woonwag en de drijvende woonfuncties is gerekend met de forfaitaire methode voor de lineaire warmteverliezen (koudebruggen). Over de lineaire warmteverliezen en gehanteerde Psi-waarden van de uitgebreide methode bij de andere woonfuncties is specifieke informatie opgenomen in bijlage 2. Op de tabbladen *RAPPORT KB* standaard en *RAPPORT KB PAS* zijn de PSI-waarden opgenomen. Voor de rekentool zijn de lineaire koudebruggen van de vloer apart ingevoerd. De koudebruggen van de pakketten met een passief niveau zijn andere SBR koudebruggen, van het type T2 gehanteerd.

#### 3.3 Ventilatie (V)



Op tabblad *RAPPORT V* in bijlage 2 is specifieke informatie van elk ventilatiesysteem opgenomen. Het gaat op dit tabblad om het type ventilatiesysteem en bijbehorende instellingen, zoals luchtlekken,  $f_{bypass}$  en type ventilator. Voor de nominale vermogens van de ventilatoren is voor utiliteitsbouw uitgegaan van forfaitaire waarden. Voor woningbouw is per woning een inschatting gemaakt van het nominaal vermogen van de ventilatoren. Voor de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit is voor woningbouw, gebouw G10 tot en met G19, uitgegaan van forfaitaire capaciteiten (Bouwbesluitniveau). Voor u-bouw zijn de ventilatiedebieten met onderstaande uitgangspunten berekend:

- Debieten berekend op basis van verdeling gebruiksfuncties in oorspronkelijke BENG-referentiegebouwen, hierbij zijn de gemeenschappelijke ruimten aan de grootste gebruiksfunctie toegedeeld.
- Bouwbesluit ventilatiedebieten per gebruiksfunctie zijn als basis gebruikt. Voor een aantal grotere utiliteitsgebouwen is een aanname gedaan voor overcapaciteit in het gebouw:
  - 140% bij kantoorgebouwen G23-G25, bijeenkomst zonder kinderopvang G28, gezondheid met bed G40 en het cellingebouw G50.
  - 180% bij bijeenkomstgebouwen zonder kinderopvang G29-G31.
  - 200% bij sportgebouwen G47 en G48

### 3.4 Installatieconcept (I)



Alle gebouwen hebben installatieconcepten met een gasketel (referentie), warmtepomp of een houtpelletketel. De concepten gaan over verwarming, tapwater en koeling. Bevochtiging is in deze studie niet meegenomen. Gedetailleerde informatie over de pakketten is weergegeven in bijlage 2 tabblad *RAPPORT I*.

Belangrijke uitgangspunten hierbij zijn:

- LTV-afgiftesystemen ook bij de referentie.
- Lengte en maximale lengte van distributiesysteem voor verwarming en koeling berekend op basis van afmetingen en vorm gebouw. Waarden zijn opgenomen op tabblad *RAPPORT G\_O10*.
- Lengte van circulatiesysteem bij tapwater alleen berekend in het geval van voorraadvaten in het gebouw.
- Alle woningen hebben in de referentie al een Douche WTW (grondgebonden een verticale, woonarken/woonwagens/appartementen een horizontale, gegevens zijn afkomstig van een kwaliteitsverklaring).
- Voorraadvaten zijn berekend op basis van type gebouw en tapwaterbehoeften van oorspronkelijke gebruiksfuncties. Ook de bijbehorende debieten en vermogens van de circulatiepompen zijn berekend.
- De pakketcodes met aquifer zijn herhaald.
- Aantal toestellen bij verwarming voor alle gebouwen, één met uitzondering van de individuele toestellen in de woongebouwen. Voor woongebouw M (G14) zijn er 33 individuele toestellen en bij woongebouw XL (G15) is er per vier woningen een toestel aanwezig.
- Voor koeling is er per opwekker één toestel aanwezig.
- Bij tapwater is het aantal toestellen afhankelijk van het installatieprincipe en het gebouw. Bij de grondgebonden woningen is dit één per woning. Voor de woongebouwen geldt dat individuele systemen per woning worden gerealiseerd met uitzondering van het studiogebouw, waar per vier woningen één toestel wordt geplaatst. De elektroboilers worden per studiowoning meegenomen.
- Bij biomassatoestellen wordt er voor woningbouw gerekend met een primaire energiefactor van 0,5 (toestellen voldoen aan emissievereisten volgens NEN 7120:A1 bijlage O) en voor utiliteitsbouw met een primaire energiefactor van 0 (activiteit valt onder Activiteitenbesluit).

### 3.5 Zonneboiler (Z)



Voor de zonneboilers zijn er twee pakketcoderingen samengesteld. Hiervan omschrijft pakket Z10 de toepassing van geen zonneboiler in de gebouwen. Pakket Z11 bevat de kenmerken van de toepassing van een zonneboiler bij de woningen, sport-, logies en cellengebouw. In bijlage 2 op tabblad *RAPPORT Z* zijn de specificaties van het pakket Z11 opgenomen.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Zonneboiler als voorverwarmer met tapwatertoestel als naverwarmer.
- Minimale belemmering van de zonnecollector.
- Type opslagsysteem is wateropslag.

Voor de gebouwspecifieke kenmerken zoals grootte van de collector en opslagvat maar ook de oriëntatie en helling wordt verwezen naar tabblad *RAPPORT G\_O10*. Hierbij is het volgende aangehouden:

- Grondgebonden woningen en de U-bouw XS100 en 200 gebouwen hebben een zonneboiler met een collectoroppervlakte 2.3 m<sup>2</sup> en een volume van het opslagvat van 120 liter gebaseerd op de veelvoorkomende actuele kwaliteitsverklaringen.
- Bij woongebouw M (G14) zijn op de bovenste bouwlaag zes woningen gelegen en is uitgegaan een collectoroppervlakte van 6 \* 2.3 m<sup>2</sup> en een opslagvat van 720 liter.
- Bij woongebouw XL (G15) zijn op de bovenste bouwlagen (16° en de 10°) 28 woningen gelegen en is er gezien de grootte van de woningen uitgegaan van één zonneboiler per vier woningen. Daardoor is uitgegaan van een collectoroppervlakte van 7 \* 2.3 m<sup>2</sup> en een opslagvat van 840 liter.

- Voor de gebouwen sportfunctie M (G48), sportfunctie L (G48), logiesgebouw M (G49) en Cellengebouw (G50) is op basis van de oorspronkelijke verdeling van gebruiksfuncties het warmwaterverbruik ingeschat. Het warmwaterverbruik is vervolgens omgerekend naar een benodigde voorraad in liters. De bepaling van de hoeveelheid zonnepanelen is gebaseerd op dat per 50 liter voorraad 1 m<sup>2</sup> zonnepaneel benodigd is. De exacte getallen per gebouw zijn opgenomen in bijlage 2 op tabblad *RAPPORT G\_O10*.

### 3.6 Verlichting (L)



De verschillende pakketten voor verlichting zijn van belang voor utiliteitsgebouwen. Hierbij is onderscheid gemaakt voor de verschillende gebruiksfuncties. Voor woningbouw is pakket L99 alleen opgenomen om in de pakketcodering ook invulling te geven aan de L van verlichting. Voor de rekentool zijn voor woningen geen invoergegevens benodigd en wordt in de NTA 8800 gerekend met een energiegebruik voor verlichting van 0 kWh.

In bijlage 2 zijn op tabblad *RAPPORT L* de specifieke kenmerken van de verschillende verlichtingspakketten opgenomen. Voor de utiliteitsgebouwen is er altijd een pakket met TL+PL verlichting en afhankelijk van het type gebouw één of twee pakketten met LED-verlichting. De geïnstalleerde verlichtingsvermogens zijn afhankelijk van het pakket en type gebruiksfunctie van het gebouw. Hetzelfde geldt voor de type regeling. Uitgangspunt voor de verlichting is dat er geen werkplekverlichting en bij de winkels geen accentverlichting is en alle verlichting aan het plafond geïnstalleerd wordt.

Voor het parasitair vermogen van noodverlichting en voor sensoren en regelapparatuur is uitgegaan van forfaitaire waarden uit de norm. In alle pakketten vindt er geen afzuiging van de armaturen plaats.

Met uitzondering van de winkels (L40 en L41) is bij de verlichtingspakketten met LED-verlichting een daglichtregeling aanwezig. Voor de daglichtregeling is daglichtsector als percentage van de gebruiksoppervlakte per gebouw berekend. Ook hebben wij de Daylight supply factor voor ieder gebouw bepaald. Deze kenmerken zijn per gebouw anders en daarom opgenomen op het tabblad *RAPPORT G\_O10*.

### 3.7 PV-cellen (P)



Alle gebouwen zijn met verschillende PV-pakketten doorgerekend. In de referentie (pakket P10) is geen PV-paneel opgenomen. Voor de verschillende pakketten met PV zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

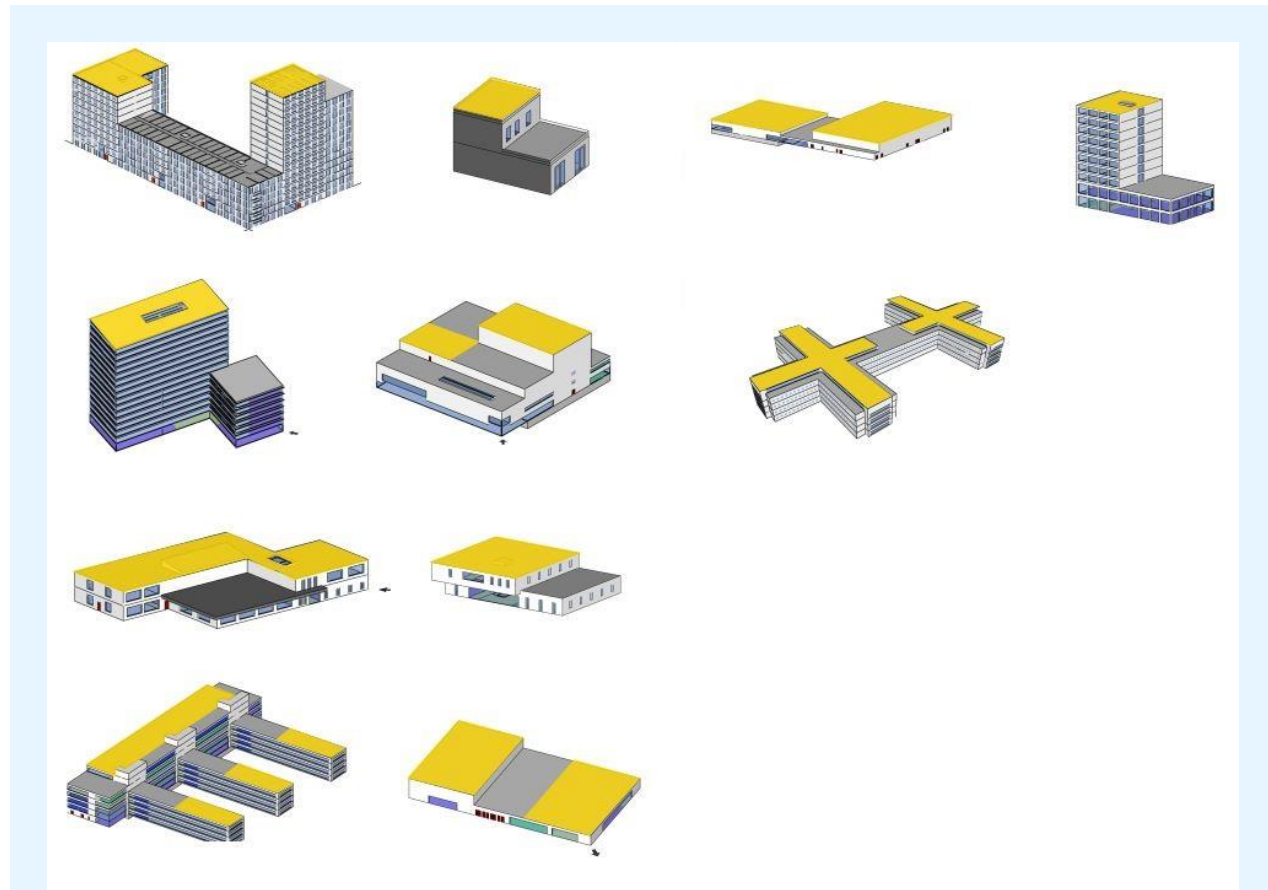
- P11: bij woningen met schuine daken wordt alleen het meest gunstig gelegen dakvlak voorzien van PV-panelen dak waarbij 70% van het verliesoppervlakte van het dak is genomen met aftrek van het oppervlak aan zonnecollectoren. Bij gebouwen met platte daken is per dak bekeken op welke delen van het dak PV geplaatst kan worden (rekening houdend met beschaduwing door eigen gebouwdelen), waarbij aanvullend rekening gehouden is met het feit dat niet het gehele dak vol gelegd wordt (dus 70% van het beschikbare dak wordt belegd met panelen) - zie figuur 2.
- P12: zelfde hoeveelheid PV op het dak als bij P11, maar dan in combinatie met PV-panelen op de gevels vanaf de 6<sup>e</sup> bouwlaag waarbij 70% van het gesloten verliesoppervlakte van de gevel is aangehouden.
- P13: PV-panelen op het dak, waarbij uit is gegaan van 50% van het oppervlakte van P11.
- 200 Wattlekvermogen/m<sup>2</sup>.
- Minimale belemmering.
- Geen PVT systeem.



- Bij hellende daken zijn de oriëntatie en helling van PV-panelen volgens de kenmerken van het gebouw van de meest gunstige oriëntatie, waarbij uitgegaan wordt van matig geventileerde panelen.
- Voor de gebouwen met platte daken is uitgegaan van helling 0° en sterk geventileerde panelen.

De details van de PV-panelen zijn opgenomen op de tabbladen *RAPPORT P* en *RAPPORT G\_O10* van bijlage 2.

NB: bij analyse van de resultaten bleek dat pakket P11 bij de grondgebonden woningen, drijvende woningen, woonwagens en vakantiewoning een dermate groot effect had, dat P11 bij die woningen niet meegenomen is in de analyse. Daarvoor in de plaats is gerekend met P13. Dit geldt ook voor de XS utiliteitsgebouwen en alle winkels.



figuur 2: geel gearceerd zijn de dakvlakken waar PV op geplaatst kan worden bij de gebouwen die verschillende dakhoogtes hebben.



### 3.8 Oriëntatie (O)

De referentiegebouwen hebben allemaal een standaard oriëntatie (code O10). Deze is van invloed op de oriëntatie van de open en gesloten geveldelen, de hoeveelheid te plaatsen PV-panelen en zonnecollectoren. In de gevoeligheidsanalyses zijn drie draaiingen meegenomen:

- +90 graden, code O11
- +180 graden, code O12
- +270 graden, code O13

Verder geldt dat voor alle gesloten en open geveldelen bij de draaiingen de oriëntatie is aangepast. Bij de zonneboilers en PV-systemen op een hellend dak, geldt dat meest gunstige oriëntatie van het dakvlak is gekozen. Op de platte daken blijft een zonneboiler en een PV-systeem op zuid georiënteerd.

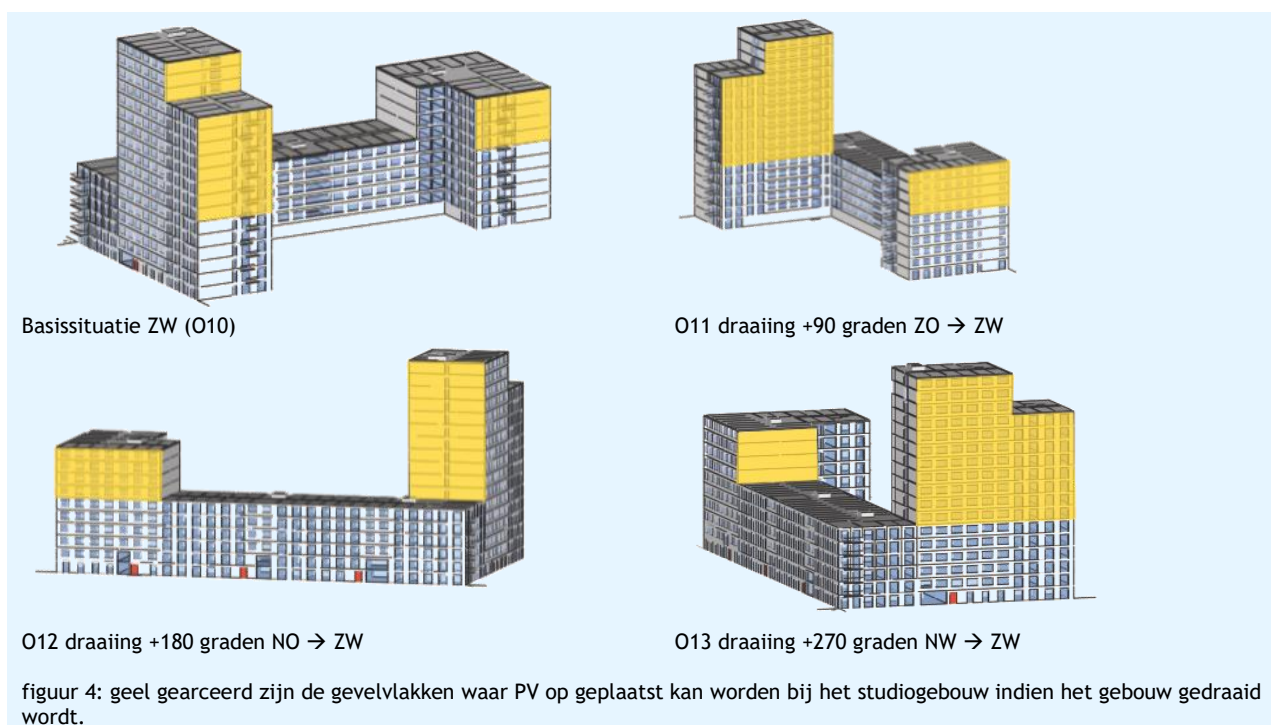
Op de tabbladen *RAPPORT G\_O10* en *GO\_11*, *GO\_12* en *GO\_13* zijn de oriëntaties van de geveldelen, dakdelen en PV-panelen bij de verschillende draaiingen weergegeven. Door de draaiingen van de gebouwen varieert de maximale hoeveelheid PV bij de hellende daken per situatie. Wij hebben de hoeveelheden PV per situatie en per gebouw aangepast. Uitzondering hierop vormt de tussenwoning. Het referentiegebouw, type tussenwoning (G10) is voorzien van een asymmetrisch dak, zie figuur 3.



figuur 3: asymmetrisch dak tussenwoning (g10)

Het dak is in de referentie asymmetrisch uitgevoerd zodat er een groter (voor PV-panelen) en kleiner dakvlak aanwezig is. Het grootste dakvlak van deze woning heeft de gunstigste oriëntatie (zuidwest) en een helling van 30° ten opzichte van het kleinste dakvlak met een oriëntatie noordoost en een helling van 60°. Bij de draaiing van +90 graden (O11) krijgt het grootste dakvlak een noordwest en het kleine dakvlak een zuidoost oriëntatie. Het oorspronkelijke idee achter het asymmetrische dak is dat er altijd een groter dakvlak met PV-panelen op de meest gunstige oriëntatie is. Voor draaiing van +90 graden (O11) is daarom gekozen voor een aanpassing van het dak waardoor het grootste dakvlak met een helling van 30° op het zuidoosten is georiënteerd. Bij +180 graden is om dezelfde redenen ook voor een extra kapdraaiing gekozen waardoor het grootste dakoppervlak op het zuidwesten is georiënteerd. Bij +270 graden is geen extra kapdraaiing nodig omdat het grootste dakvlak op het zuidoosten georiënteerd is. Door de draaiingen bij de verschillende oriëntaties, zijn ook alle PV-panelen op de meest gunstige dakvlakken geprojecteerd.

Bij een aantal gebouwen zijn in pakket P12 PV-panelen op de gevel boven de 6<sup>e</sup> bouwlaag meegenomen. Alleen de PV-panelen op een zuid of zuidwest gevel zijn meegenomen. Door de gebouwdraaiingen bij de pakketten O11, O12 en O13 varieert de hoeveelheid PV op de gevel. Voor gebouw G15 Woongebouw XL, is middels de gele kleur in figuur 4 aangegeven voor welke geveldelen PV bij iedere draaiing is meegenomen. Het gaat hierbij om 70% van de gesloten geveldelen in de geel gemarkeerde vlakken. Deze benadering is voor de andere gebouwen ook aangehouden.



## 4. Overige uitgangspunten en aanpak

### 4.1 Financiële uitgangspunten

Voor de berekening van de Netto Contante Kosten zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

#### 4.1.1 Investeringskosten

De investeringskosten van de maatregelen zijn door Arcadis bepaald en afgestemd met de betrokken marktpartijen. In bijlage 3 is de verantwoordingsrapportage van Arcadis opgenomen, inclusief een overzicht van de gehanteerde investeringskosten.

#### 4.1.2 Energiekosten

Bij de bepaling van de energiekosten houden wij bij de verschillende energiebesparende maatregelen rekening met het energietarief voor gas, elektriciteit en houtpellets. Voor het effect op de energiekosten is er gekeken naar het variabele deel van de leveringskosten. De vaste kosten voor aansluiting en transport blijven over het algemeen immers hetzelfde. Alleen bij de overgang van een gas naar een all-electric of biomassa concept is er bij woningbouw en kleine utiliteitsbouw (XS) rekening gehouden met het wegvallen van de vaste kosten voor de gasaansluiting en bij utiliteitsbouw met het wegvallen van de extra variabele kosten van de energiebelasting van gas die optreden bij de eerste verbruiksklassen van de energiebelasting (indien er sprake is van een hogere verbruiksklasse voor het gebouw).

Het tariefniveau dat wordt gehanteerd verschilt per gebouw en wordt bepaald door de omvang van het verwachte energiegebruik (in een verbruiksklasse) en het van toepassing zijnde tarief voor de energiebelasting. Bij de beoordeling van energiebesparing van maatregelen is er geen rekening gehouden met een overgang van de ene naar de andere verbruiksklasse behalve bij de overgang van een gas naar een all-electric of biomassa concept. Over het algemeen leiden energie besparende maatregelen niet tot grote verschuivingen in het energiegebruik. Daarnaast is er geen zekerheid over het exacte energiegebruik van een gebouw. Dit kan van geval tot geval verschillen.

#### Variabele leveringskosten

De variabele leveringskosten zijn gehanteerd volgens onderstaande tabel. Naar mate er meer verbruikt wordt, wordt de prijs per eenheid lager. De verbruiksklasse Grootverbruik is niet meegenomen omdat dat meestal bedrijfsspecifieke prijsafspraken zijn.

- De energietarieven zijn opgegeven door Energy Circle en bepaald op basis van de Energieprijs module (januari 2018). De tarieven zijn samengesteld voor RVO.
- De tarieven voor Biomassa zijn van '<https://www.carmen-ev.de/infotek/preisindizes/holzpellets>'. Voor biomassa zijn alleen pellets als brandstof bekeken.

Verbruiksklasse	Typering	Energiebelasting+ODE (€/kWh)	Tarief excl. btw, incl. energiebelasting (€/kWh)
<b>Elektriciteit (kWh)</b>			
1-10.000	Woningbouw	0,10458 + 0,0132	0,174
1-10.000	Utiliteit klein	0,10458 + 0,0132	0,177
10.001-50.000	Utiliteit middel	0,05278 + 0,0180	0,131
50.001-10 mln	Utiliteit groot	0,01404 + 0,0048	0,082
<b>Gas (m<sup>3</sup>)</b>			
		(€/m <sup>3</sup> )	(€/m <sup>3</sup> )
1-5.000	Woningbouw	0,26001 + 0,0285	0,551
5.001-170.000	Utiliteit klein	0,26001 + 0,0285	0,566
170.000-1 mln	Utiliteit middel	0,06464 + 0,0106	0,338
>1-10 mln	Utiliteit groot	0,02355 + 0,0039	0,197
<b>Biomassa - pellets (ton)</b>			
			(€/kWh)
1 ton	Woningbouw	Nvt	0,060
1 ton	Utiliteit klein	Nvt	0,060
5 ton	Utiliteit middel	Nvt	0,050
10 ton	Utiliteit groot	Nvt	0,047

#### Teruglevering elektriciteit

De energieprijzen voor teruggeleverde elektriciteit bedraagt circa € 0,03/kWh (opgave RVO) exclusief btw. Voor aansluitingen tot 3\*80A wordt er gesaldeerd. Dit betreft woningbouw en kleine utiliteitsbouw (XS gebouwen).

Bij netto teruggeleverde elektriciteit is uitgegaan van dezelfde energieprijzontwikkeling als voor afgenomen elektriciteit.

#### Energieprijsontwikkeling

Voor de ontwikkeling van de energieprijzen voor gas en elektra is uitgegaan van het energiescenario zoals dat door ECN is opgesteld in de Nationale Energieverkenning 2017. Hierbij is geen rekening gehouden met de verwachte ontwikkeling van de energiebelasting of de btw. De energieprijzen in de Nationale Energieverkenning is alleen opgegeven voor 2020, 2030 en 2035. Voor de tussenliggende jaren is er rechtlijnig geïnterpoleerd. Het scenario in de nationale Energieverkenning loopt tot en met 2035 voor gas en elektriciteit en tot en met 2030 voor biomassa. Voor de daarop volgende periode tot en met 2046 is rekening gehouden met de lange termijn ontwikkeling van het CBS van 2% ontwikkeling van de prijs per jaar.

Voor de gevoeligheidsanalyses van de energieprijzontwikkeling worden de volgende scenario's beschouwd:

- Ontwikkeling 0,5% per jaar
- Ontwikkeling 5,0% per jaar

#### Vaste kosten

Het tarievenstelsel voor vaste kosten is bij woningbouw en kleine utiliteitsbouw (XS) aanzienlijk eenvoudiger dan bij grotere utiliteitsbouw. Ook is het effect van het wegvallen van de vaste kosten voor een gasaansluiting bij woningbouw en kleine utiliteitsbouw ten opzichte van de totale netto contante kosten substantieel en bij grotere utiliteitsgebouwen relatief gering. In deze studie is daarom bij de overgang van gas naar all-electric of biomassa concept:

- Bij woningbouw en kleine utiliteitsbouw (XS) het vervallen van het vastrecht meegenomen (bij de overgang van gas naar all-electric of biomassa).
- Bij utiliteitsgebouwen alleen rekening gehouden met het wegvallen van de energiebelasting op gas, maar geen rekening gehouden met het wegvallen van het vastrecht.

#### 4.1.3 Discontovoet en inflatie

Onderstaande discontovoeten zijn gehanteerd. Deze discontovoeten zijn bepaald door ECN (Energieprijzen en disconteringsvoeten voor gebouwen ten behoeve van de EPBD d.d. 20-09-2011 en de update hiervan in november 2017).

	Discontovoet	Gevoeligheidsanalyse
<b>Financiële berekening</b>		
Woningbouw	4,5%	2,5% en 5,5%
Utiliteitsbouw	7,0%	5,5% en 8,0%
<b>Macro-economische berekening</b>		
Woningbouw	3,0%	2,0% en 4,0%
Utiliteitsbouw	3,0%	2,0% en 4,0%

#### 4.1.4 Onderhoud, vervangingsperiode en vervangingskosten

Onderstaand is voor de te nemen maatregelen de levensduur en het percentage voor de jaarlijkse onderhoudskosten weergegeven. Deze levensduren en percentages gelden voor zowel de woning- als de utiliteitsbouw. Deze levensduren en onderhoudspercentages zijn eveneens gebruikt in eerdere kostenoptimaliteitsstudies en zijn vastgelegd in de 'Aanscherpingsmethodiek woningbouw utiliteitsbouw, Agentschap NL, 16 mei 2013'.

In overleg met RVO zijn voor PV en DWTW enigszins afwijkende levensduren vastgesteld. Ten opzichte van de aanscherpingsmethodiek zijn LED-verlichting en een houtpelletketel als maatregel toegevoegd. De levensduur voor LED-verlichting is gebaseerd op een gemiddeld aantal branduren.

Maatregel	Levensduur (jaar)	Onderhoud (% p.j. over de investeringskosten)
<b>Bouwkundige maatregelen</b>		
Isolatie van vloer, gevel en dak, infiltratie	50	0,0%
Kozijnen en beglazing	30	0,0%
<b>Installatietechnische maatregelen</b>		
Opwekking gas/houtpelletketel en warmtepomp	15	3,0%
Aquifer/bodemsysteem	30	0,0%
Verlichting TL/PL	25	6,0%
Verlichting LED	10	1,0%
Verlichting regeling	20	0,0%
PV (inclusief vervanging omvormer)	25	3,0%
Zonneboiler	15	2,5%
Ventilatie (systeem en regeling)	15	2,0%
Tapwater doorstroomtoestel/boiler	15	2,0%
DWTW	20	2,0%

#### 4.1.5 Beschouwingsperiode

De voorgeschreven beschouwingsperioden uit bijlage II van EU Verordening 244/2012 zijn gehanteerd:

Gebouwfunctie	Beschouwingsperiode (jaar)	Gevoeligheidsanalyse
Residentiële en openbare gebouwen	30 jaar	
Commerciële, niet-residentiële gebouwen	20 jaar	30 jaar

#### 4.1.6 CO<sub>2</sub> kosten

De voorgeschreven minimumwaarden uit bijlage II van EU Verordening 244/2012 zijn gehanteerd voor de macro-economische berekeningen:

- heden t/m 2025 € 20,- per ton CO<sub>2</sub>
- 2026 t/m 2030 € 35,- per ton CO<sub>2</sub>
- vanaf 2031 € 50,- per ton CO<sub>2</sub>

#### 4.2 Validatietool NTA 8800

Voor de berekening van de BENG-indicatoren is gebruik gemaakt van de Validatietool NTA 8800. Deze Excel-rekentool is ontwikkeld tijdens de laatste fase van het ontwikkeltraject van de NTA 8800 en is beschikbaar gesteld door NEN.

De gebruikte versie van de rekentool is: Rekentool NTA 8800 v190408.xlsx.

#### 4.3 Aanpak beoordeling resultaten BENG 1, BENG 2 en BENG 3

De BENG 1, 2 en 3-resultaten hebben een bepaalde samenhang met elkaar. Er kan dus niet los naar de resultaten van BENG 1, 2 en 3 gekeken worden omdat dan de kans bestaat dat er bijvoorbeeld een eis aan BENG 3 wordt gesteld, die impliciet een verscherping van de BENG 2-eis met zich mee brengt. Om dit te voorkomen is in dit onderzoek de volgende aanpak gehanteerd.

##### Eerst BENG 2

Allereerst is gekeken naar de BENG 2-indicator. Deze indicator omvat alle aspecten van de berekening doordat in de BENG 2-indicator zowel rekening wordt gehouden met de energiebehoefte van het gebouw (BENG 1) als de inzet van hernieuwbare energiebronnen (BENG 3).

Voor alle gebouwen en beschouwde varianten is de BENG 2-indicator berekend en zijn de bijbehorende netto contante kosten (NCC) berekend. Deze twee parameters zijn tegen elkaar uitgezet en op basis van de analyse van de grafieken kan daaruit een BENG-2 eis afgeleid worden. In principe wordt het BENG 2-eisenniveau bepaald op basis van het kostenoptimale punt van de grafiek (de onderkant van de grafiek). De praktijk is echter weerbarstiger, zoals in de hierna volgende hoofdstukken zal blijken, en in veel gevallen is geen sprake van een kostenoptimaal punt maar van een kostenoptimale zone. Ook dient bij de keuze voor een eisenniveau rekening gehouden te worden met het feit dat de eis op meerdere manieren gehaald moet kunnen worden (techniek neutrale eis).

Het bepalen van de definitieve BENG 2-eis is een proces waarbij uiteindelijk de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) het besluit neemt voor het BENG-eisenniveau en voorlegt aan de Tweede Kamer. De begeleidingscommissie van de kostenoptimaliteitsstudie, de klankbordgroep BENG, het Overlegplatform Bouwregelgeving (OPB), het JTC (Juridisch Technische Commissie) en een internetconsultatie zullen daaraan vooraf gaan zodat er inspraak is op het besluit door verschillende geleidingen van de samenleving.

##### Dan BENG 3

Wanneer een keuze gemaakt is voor een BENG 2-niveau, dan kan naar BENG 3 gekeken worden. In dat geval worden alle berekende varianten die niet voldoen aan het gekozen BENG 2-niveau uitgesloten van de verdere analyse van resultaten.

Dat levert een grafiek op waarin van de overgebleven doorgerekende varianten de BENG 3-resultaten afgezet zijn tegen de netto contante kosten. Ook hier wordt dan weer gekeken naar de onderkant van de grafiek om het kostenoptimale punt op te zoeken.

Voor BENG 3 moet vervolgens beoordeeld worden wat een acceptabel niveau is. Dat niveau kenmerkt zich enerzijds door zo laag mogelijke netto contante kosten (de onderkant van de grafiek) en anderzijds dient ook hier rekening gehouden te worden met het feit dat het BENG 3-niveau op meerdere manieren, met verschillende technieken, bereikt kan worden.

##### En tenslotte BENG 1

Tenslotte kan gekeken worden naar BENG 1. Ook hier geldt in principe dat alleen gekeken moet worden naar de punten die minimaal voldoen aan de BENG 2 eis en moet gezocht worden naar het kostenoptimale punt in de BENG 1 grafiek. Maar ten opzichte van de BENG 3 aanpak, is de BENG 1 aanpak toch net iets anders.

Doordat in de NTA 8800 de BENG 1-indicator alleen nog maar afhankelijk is van bouwkundige kenmerken en de interne warmtelast van een gebouw, en er geen invloed (meer) is van het ventilatiesysteem, tapwatersysteem of verwarmings- of koelsysteem, wordt hier een alternatieve aanpak gevolgd. Op basis van de netto contante kosten berekeningen wordt bekeken welke maatregelen invloed hebben op BENG 1 (=bouwkundige maatregelen) en de laagste netto contante kosten hebben. Die maatregelen zijn kosteneffectief en moeten meegenomen worden in de BENG 1-analyse. De andere maatregelen met hogere netto contante kosten kunnen in BENG 1 nooit het kostenoptimale niveau bepalen en vallen dus bij voorbaat af.

Vervolgens wordt voor de maatregelen met de laagste netto contante kosten bekeken welke BENG 1-niveaus bereikt kunnen worden, waarbij ook rekening gehouden wordt met verschillende geometrische verschijningsvormen. In hoofdstuk 6 (woningbouw) en hoofdstuk 8 (utiliteitsbouw) wordt dit verder toegelicht.

#### 4.4 Referentiesituatie

In hoofdstuk 3 zijn de gehanteerde maatregelen beschreven. Per maatregel is ook beschreven welke kenmerken in de referentiesituatie aangehouden zijn. Per doorgerekend gebouw is er steeds één referentiesituatie. De energiebesparing en de meerinvesteringen van de maatregelpakketten die in dat gebouw doorgerekend zijn, zijn berekend ten opzichte van deze referentiesituatie.

In deze referentiesituatie is er nog geen gebruik gemaakt van energiebesparende maatregelen die onderdeel uitmaken van de maatregelenpakketten in de kostenoptimaliteitsstudie. Dat betekent dat er in de referentie dus nog geen maatregelen zoals een warmtepomp of PV-panelen zitten.

De referentiesituatie is hierdoor over het algemeen wat minder gunstig dan de maatregelpakketten die we momenteel in de praktijk zien bij de huidige EPC-eisen.

Bij de keuze van de ligging van de referentiesituatie heeft een aantal factoren een rol gespeeld:

- De overgang van NEN 7120 naar NTA 8800 leidt er toe dat het berekende primair fossiel energiegebruik uit NTA 8800 onvergelykbaar is met het primaire energiegebruik uit NEN 7120. Dit wordt veroorzaakt door wijzigingen in de methode enerzijds en de wijzigingen in definities en (beleidsmatige) uitgangspunten anderzijds.

Met name de wijziging van de primaire factor voor elektriciteit in de NTA 8800 leidt ertoe dat er ten opzichte van NEN 7120 een verschuiving optreedt tussen de energieprestatie van all-electric concepten en de overige concepten. Ook de indicator waarin de energieprestatie uitgedrukt wordt, is gewijzigd: de overgang van EPC naar BENG 2-indicator betekent een belangrijke methodische wijziging doordat er geen extra energiebudget meer toegekend wordt aan gebouwen met extra verliesoppervlak.

Met andere woorden: het is niet mogelijk om eenduidig aan te geven op welk BENG 2 niveau (NTA 8800) de huidige EPC-eisen liggen.

- De keuze van de referentiesituatie is belangrijk voor de bepaling van het kostenoptimale niveau. Hiervoor is het nodig om een brede bandbreedte in resultaten bij verschillende energieprestatieniveaus te laten zien. Uit de eerder uitgevoerde studies naar het kostenoptimale niveau<sup>1</sup> is naar voren gekomen dat een deel van de energieprestatie eisen al op (of voorbij) het kostenoptimale punt zit. Om de onderkant van de grafiek te kunnen zien moeten er dus ook minder goede pakketten meegenomen worden in de analyse. Bij de gehanteerde referentiesituatie is dit automatisch het geval.
- Tot slot heeft de huidige keuze van de referentie ook het praktische voordeel dat het interpreteren van de resultaten en grafieken makkelijker is doordat de referentiesituatie zich vrijwel altijd aan de rechterzijde van de BENG 2-grafieken bevindt en niet ergens midden in de grafieken. Bij deze aanpak is er altijd sprake van meerinvesteringen die zich al dan niet terugverdienen. Uiteindelijk draait het bij de beoordeling van de resultaten om de maatregelpakketten met de laagste NCC (Netto Contante Kosten): de onderkant van de grafiek van BENG 2. Daar ligt het kostenoptimale BENG 2-niveau.

#### 4.5 Gevoeligheidsanalyses

Om de gevoeligheid voor een aantal van de gehanteerde uitgangspunten te onderzoeken, is een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De volgende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

Gevoeligheidsanalyses om inzichtelijk te maken wat het effect is van het draaien van het gebouw ten opzichte van de zon:

- 1 Financiële calculatie, standaard uitgangspunten, standaard oriëntatie (= basis situatie)
- 2 Financiële calculatie, standaard uitgangspunten, oriëntatie +90 graden
- 3 Financiële calculatie, standaard uitgangspunten, oriëntatie +180 graden
- 4 Financiële calculatie, standaard uitgangspunten, oriëntatie +270 graden

Gevoeligheidsanalyses om inzichtelijk te maken wat het effect is van het hanteren van andere financiële uitgangspunten:

- 5 Financiële calculatie, lage discontovoet, standaard oriëntatie
- 6 Financiële calculatie, hoge discontovoet, standaard oriëntatie
- 7 Financiële calculatie, lage energieprijsontwikkeling, standaard oriëntatie
- 8 Financiële calculatie, hoge energieprijsontwikkeling, standaard oriëntatie

Gevoeligheidsanalyses om bij utiliteitsgebouwen inzichtelijk te maken wat het effect is van een langere beschouwingsperiode die gehanteerd moet worden voor publieke gebouwen:

- 9 Financiële calculatie, standaard uitgangspunten, standaard oriëntatie, beschouwingsperiode 30 jaar

Gevoeligheidsanalyses om inzichtelijk te maken wat het effect is van de (in de Europese verordening 244/2012 voorgeschreven) macro-economische calculatieberekeningswijze

- 10 Macro-economische calculatie, standaard uitgangspunten, standaard oriëntatie
- 11 Macro-economische calculatie, lage discontovoet, standaard oriëntatie
- 12 Macro-economische calculatie, hoge discontovoet, standaard oriëntatie

<sup>1</sup> Kostenoptimaliteit BENG-eisen overheidsgebouwen; B.2016.1307.00.R002 DGMR juli 2017 en verslaglegging Kostenoptimaliteitsstudie; E07071.201790 Arcadis, 5 maart 2018

## 5. Resultaten woningbouw BENG 2 en BENG 3

### 5.1 Woongebouwen en grondgebonden woningen

#### 5.1.1 Woongebouwen en grondgebonden woningen BENG 2

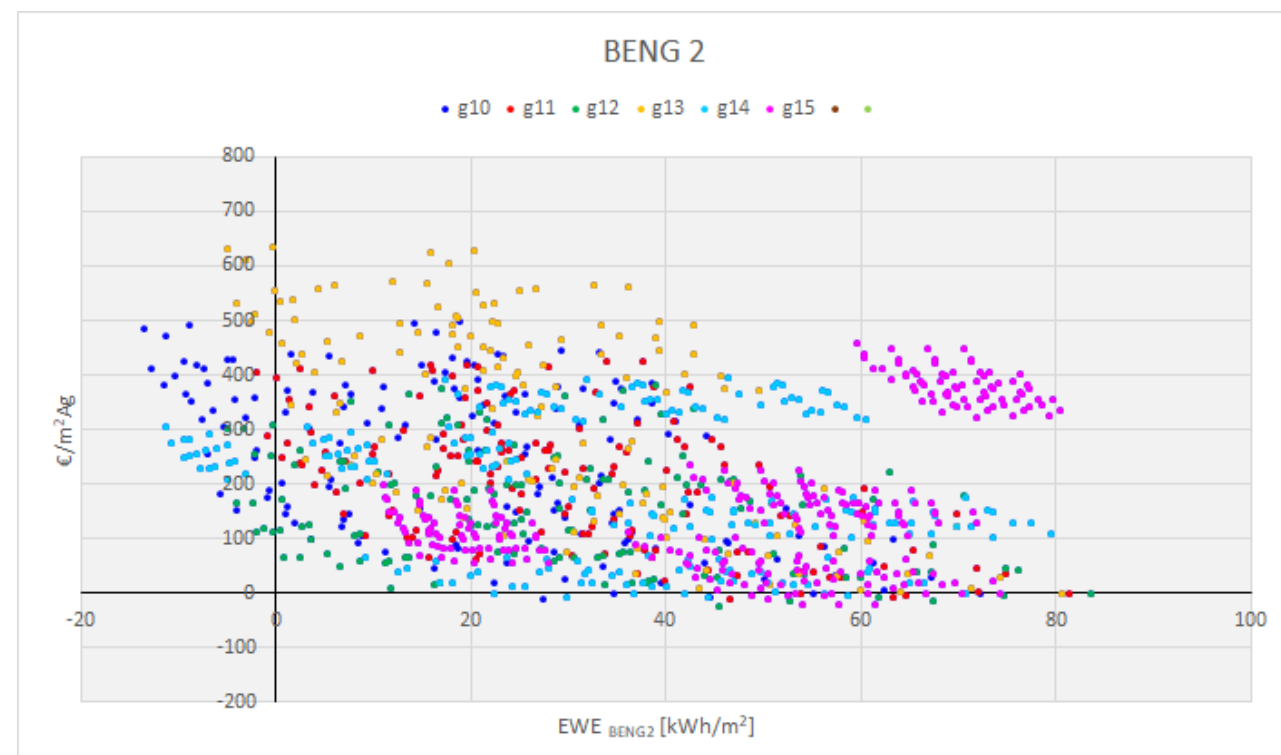
De onderstaande grafiek toont de BENG 2-resultaten voor de grondgebonden woningen en de woongebouwen in één grafiek. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij de grondgebonden woningen de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13-varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij de woongebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

Om de resultaten beter te kunnen interpreteren zijn in de grafiek de resultaten van de verschillende gebouwen met een kleurcodering aangegeven. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 3: gehanteerde codering woongebouwen en grondgebonden woningen**

Woningtype	
g10 = woning S tussen	g14 = Woongebouw M (33 woningen)
g11 = woning M hoek	g15 = Woongebouw XL woningen XS
g12 = Woning L vrij	
g13 = woning M tussen	

In de onderstaande grafiek staan alle doorrekenende varianten van de grondgebonden woningen en woongebouwen. Op het eerste gezicht lijken de resultaten van de grondgebonden woningen en de woongebouwen een verschillend patroon te geven. Om beter inzicht in de resultaten te krijgen zijn deze twee categorieën gebouwen daarom in de hierna volgende paragrafen apart beschouwd.



### 5.2 Grondgebonden woningen

#### 5.2.1 Grondgebonden woningen BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de grondgebonden woningen. Bij de presentatie van de resultaten zijn de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten.

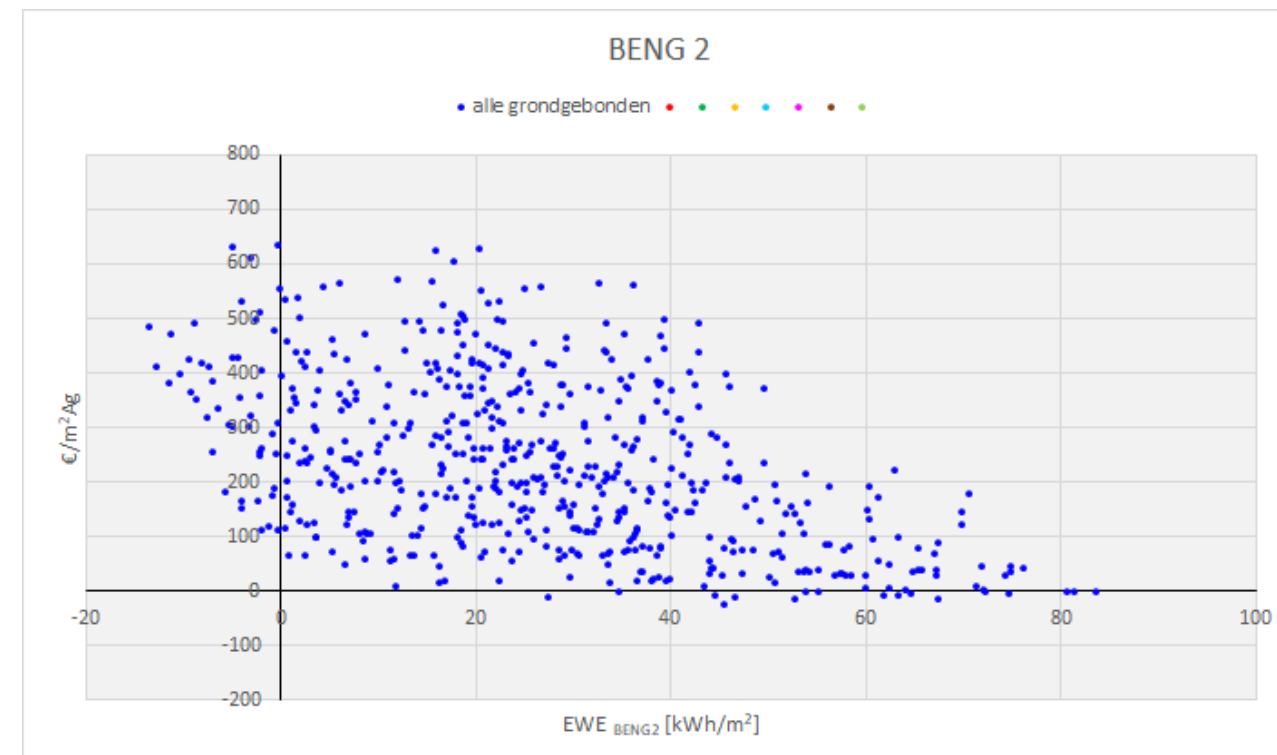
De p13-varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen.

Om de resultaten goed te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen/varianten het betreft. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

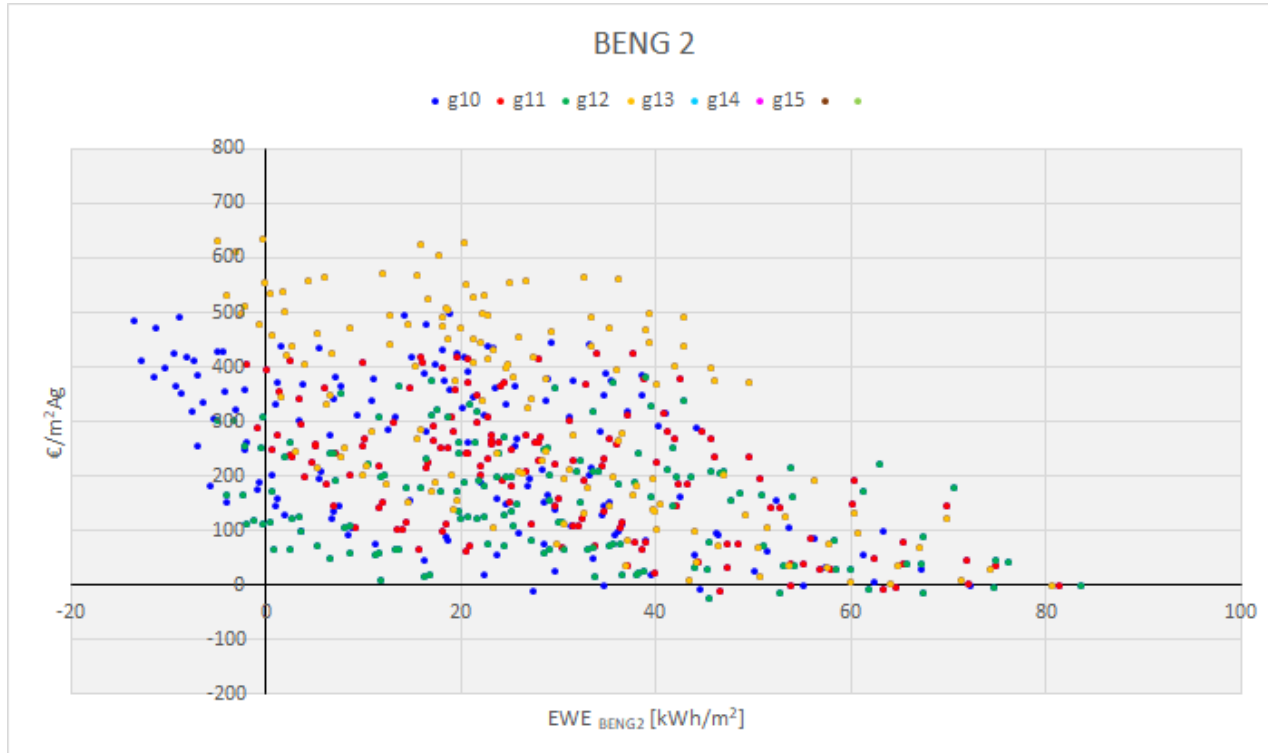
**tabel 4: gehanteerde codering grondgebonden woningen**

Woningtype	Installatie	Ventilatie	PV
g10 = woning S tussen	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	p10 = geen PV
g11 = woning M hoek	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	p11 = dak PV
g12 = Woning L vrij	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	p13 = helft p11
g13 = woning M tussen	i13 = biomassa		

In de onderstaande grafiek staan alle doorrekenende varianten van de grondgebonden woningen. Uit deze grafiek blijkt dat er geen duidelijk kostenoptimaal punt aan te wijzen is. Wel is er vanaf circa 30 tot circa 70 kWh/m<sup>2</sup> een kostenoptimale zone met meerdere opwektechnieken. De onderzijde van de puntenwolk is nagenoeg horizontaal. Ook valt in de grafiek op dat er nauwelijks punten zijn met negatieve netto contante kosten: een teken dat de gehanteerde referentie situatie al tegen het kostenoptimale punt aan zit.

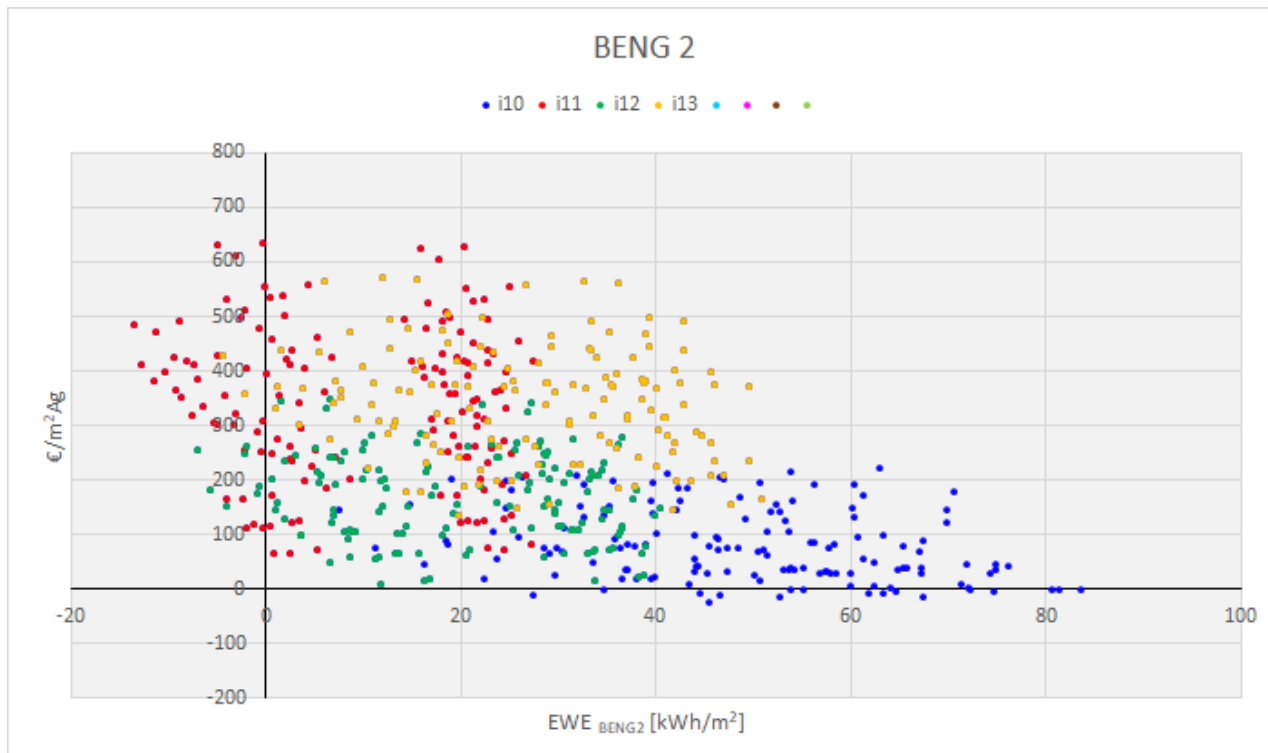


Er is geen essentieel onderscheid tussen de verschillende typen grondgebonden woningen te maken. Wel is BENG 2 bij de tussenwoning M (g13) en de hoekwoning (g11) over het algemeen wat hoger:

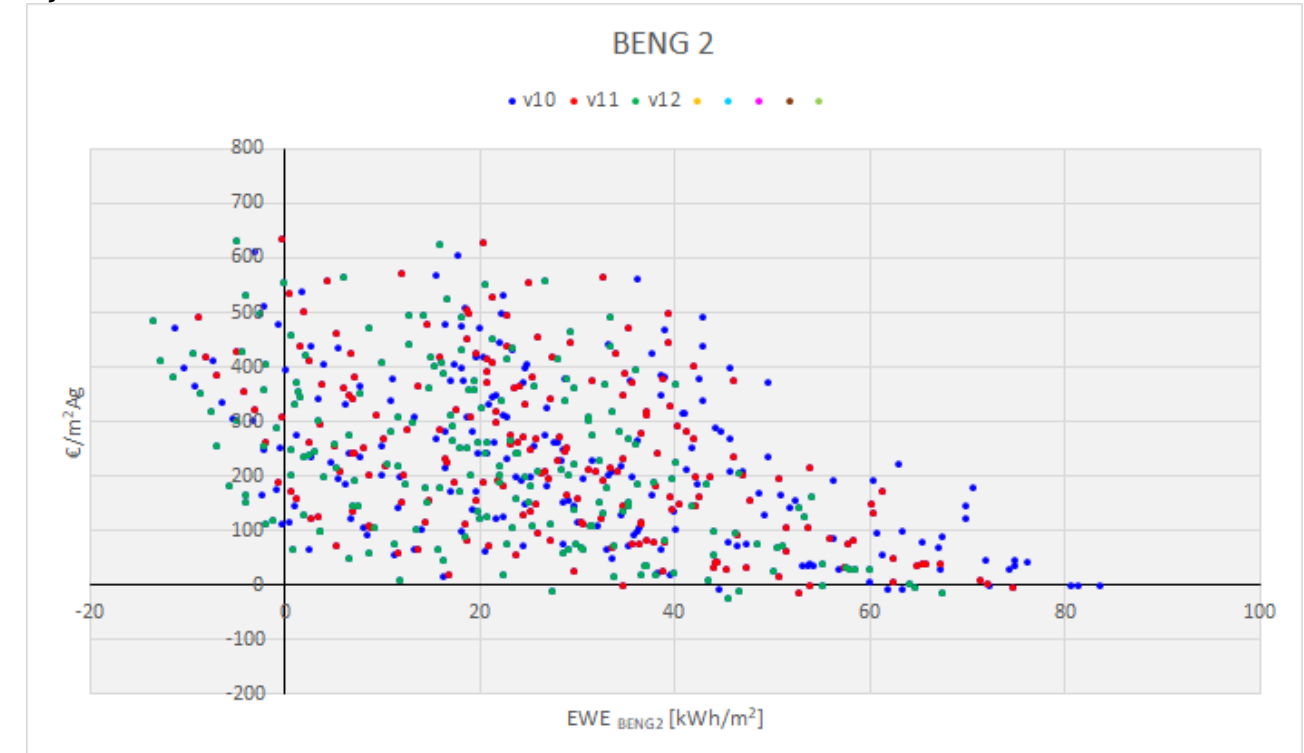


**Installatieconcept**

Bij concepten met BENG 2 >35 kWh/m<sup>2</sup> heeft gas (i10) de laagste NCC. Bij lagere BENG 2-resultaten zijn dit naast de gasconcepten ook warmtepompconcepten op buitenlucht (i12). De biomassa-concepten (i13) hebben (ten opzichte van warmtepompen) een hogere NCC en een hogere BENG 2:

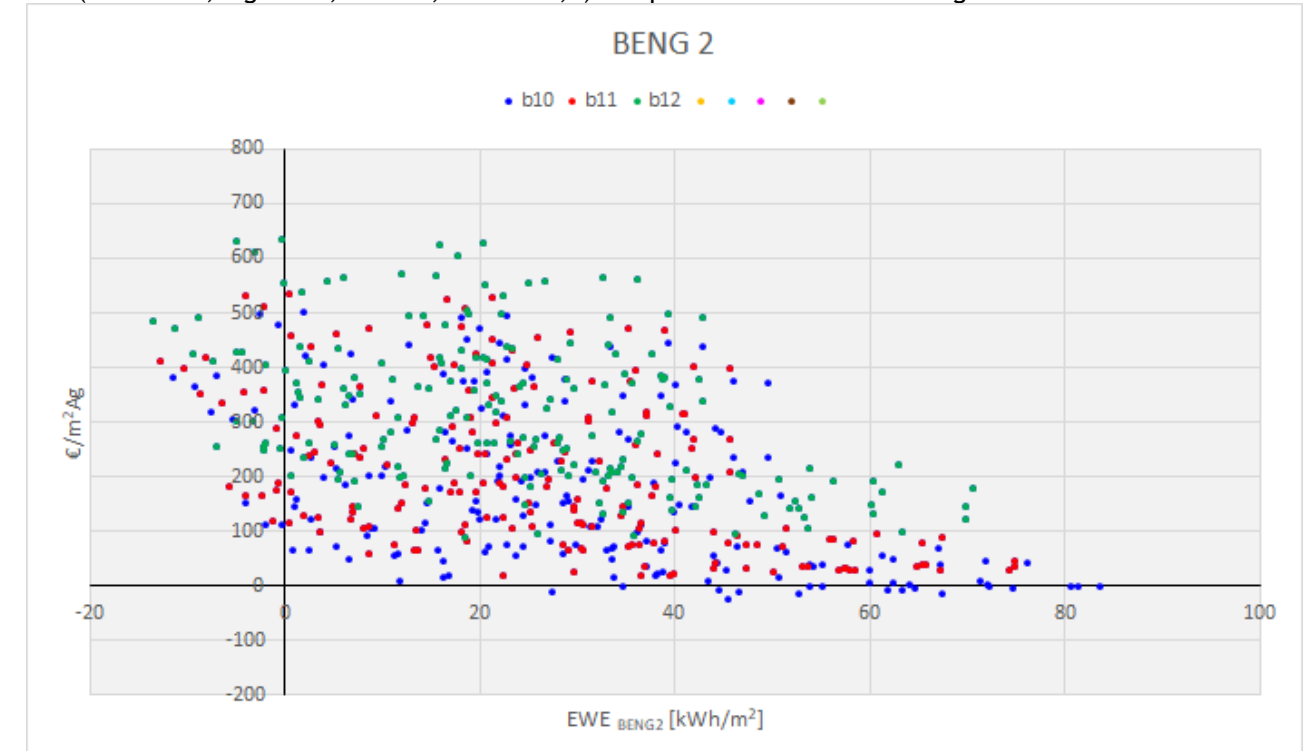


De keuze voor het ventilatieconcept leidt niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de drie ventilatiesystemen liggen per woningtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar:



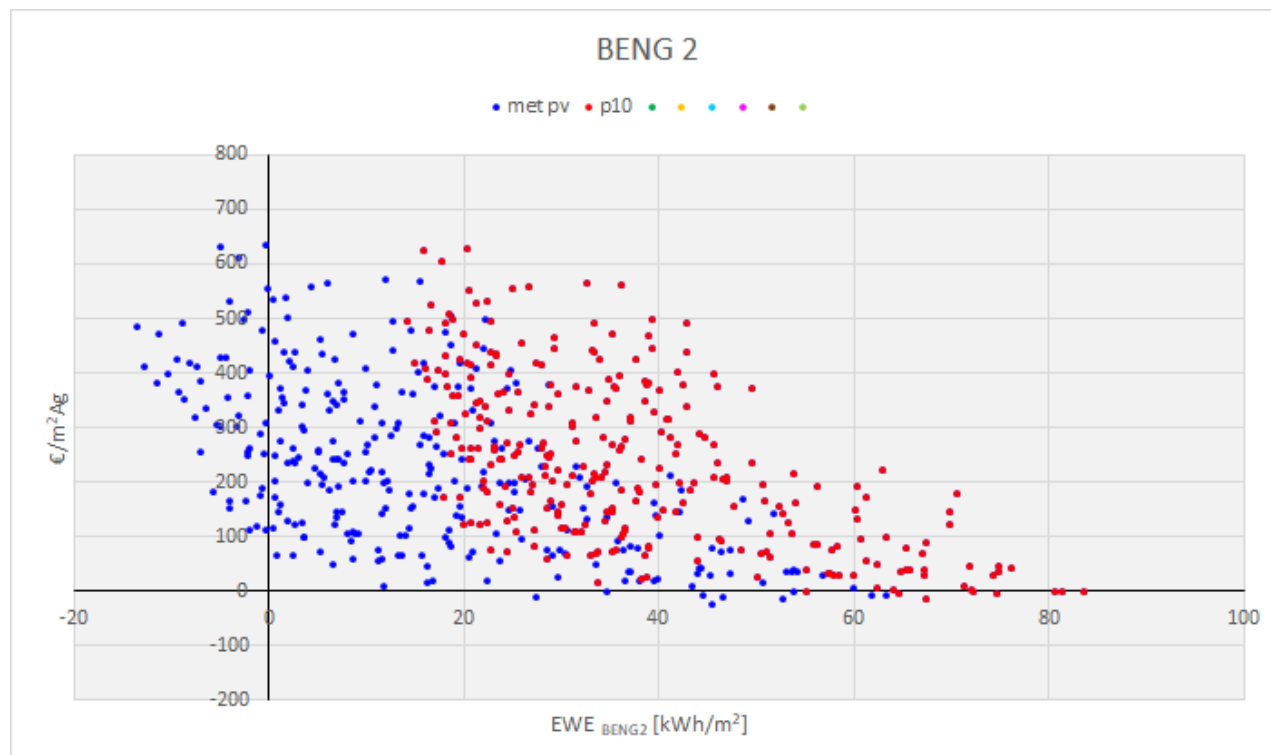
**Bouwkundig**

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC-kosten van pakket b11 (Rc vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en Uw 0,9) en b12 (Rc vloer 6/gevel 6/dak 10 en Uw 0,9) hoger zijn dat die van de basisvariant b10 (Rc vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en Uw 1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek naar boven:

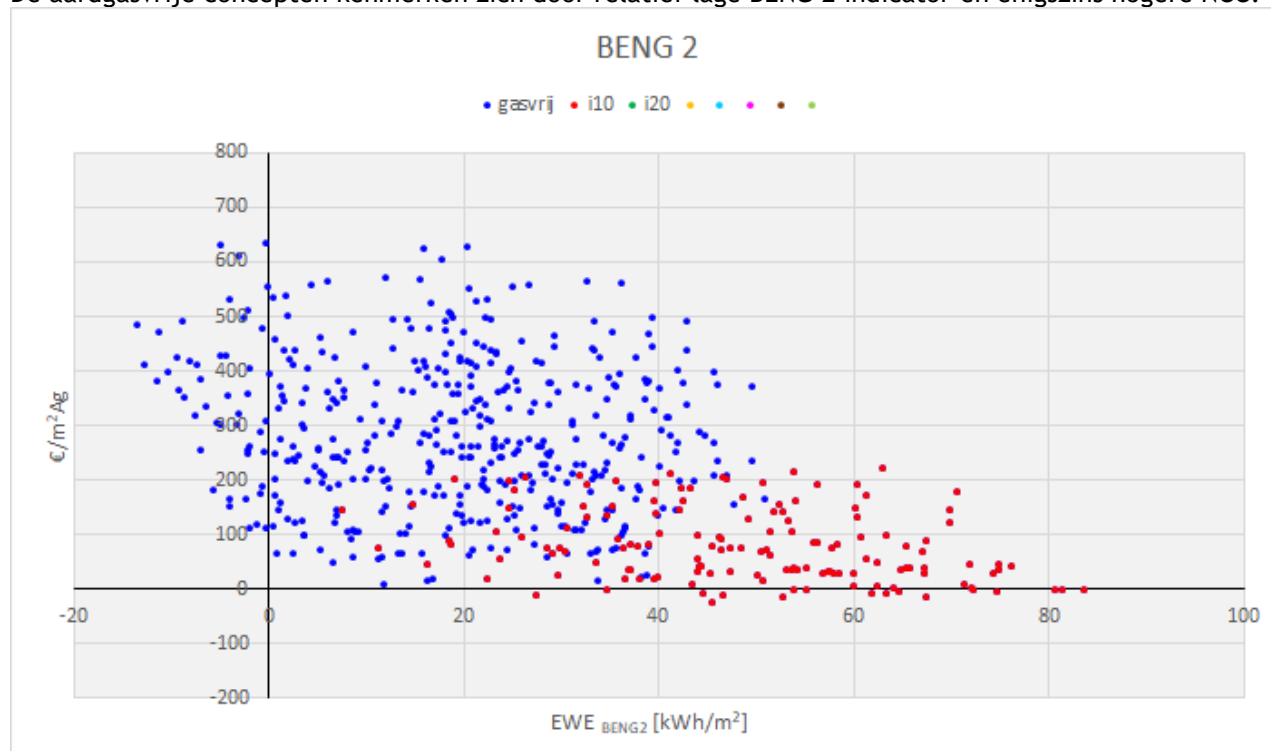


**PV**

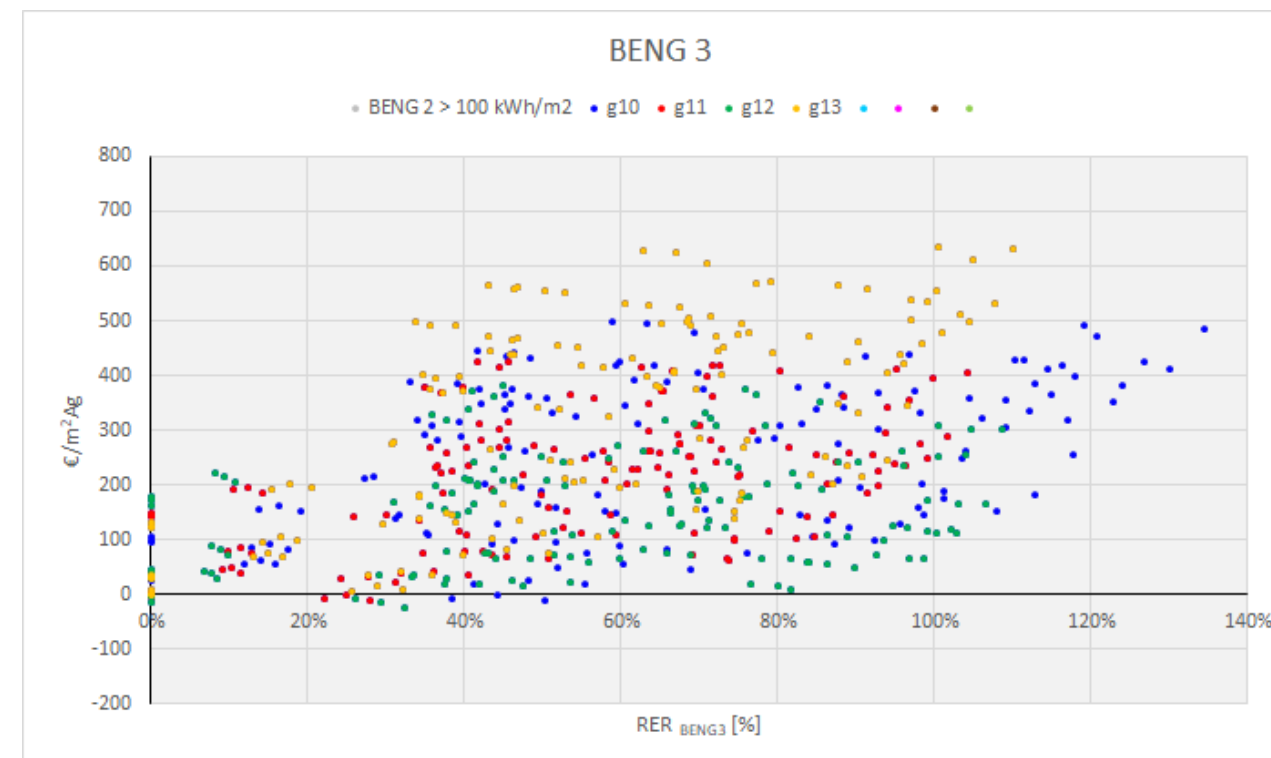
Het effect van PV is ook duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links in de grafiek. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 20 kWh/m<sup>2</sup> en vanaf circa 35 kWh/m<sup>2</sup> bij de laagste NCC. De gasconcepten zonder PV hebben een BENG 2 van 40 kWh/m<sup>2</sup> of hoger.

**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2 indicator en enigszins hogere NCC:

**5.2.2 Grondgebonden woningen BENG 3**

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk bouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat bij de grondgebonden woningen over alle woningtypes een brede spreiding in BENG 3-resultaten zichtbaar zijn. De tussenwoning (g10) kan de hoogste waarden voor BENG 3 bereiken.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3. De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator wordt via het wetgevingsproces besloten door de Minister van BZK en voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3 resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

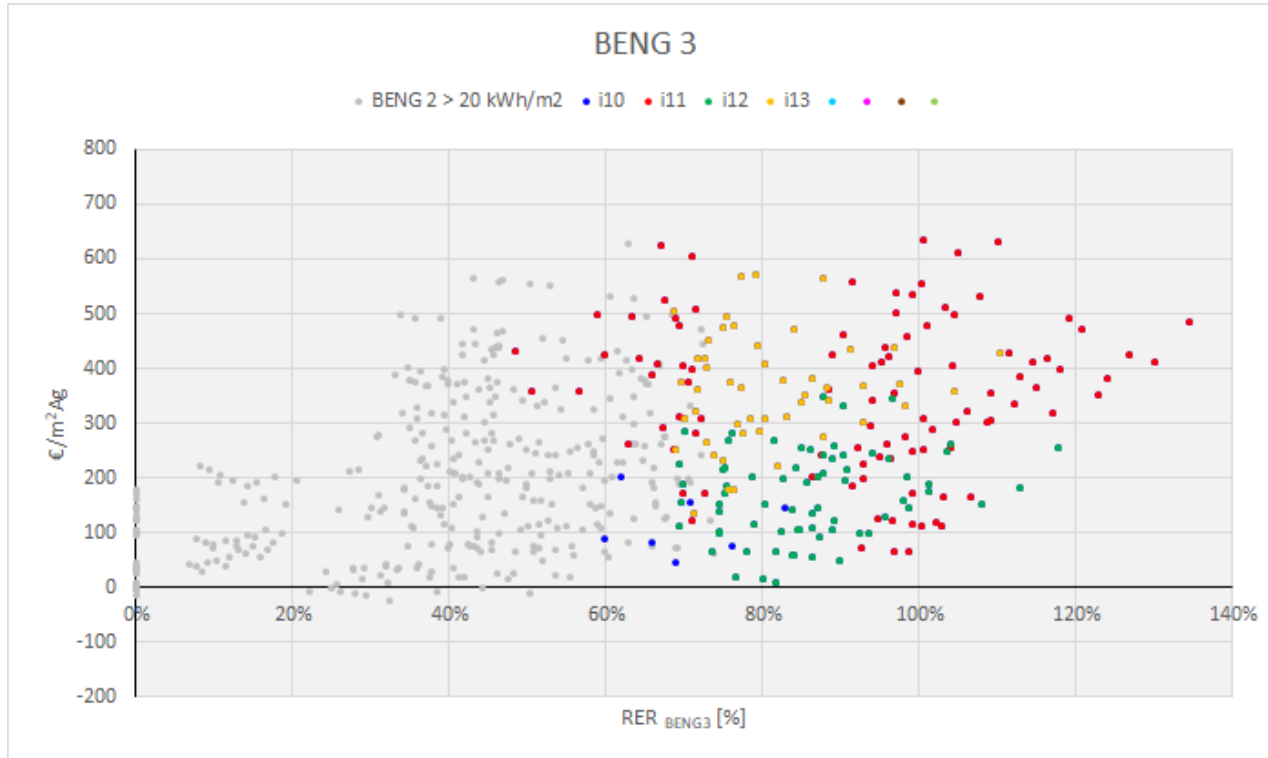
In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.



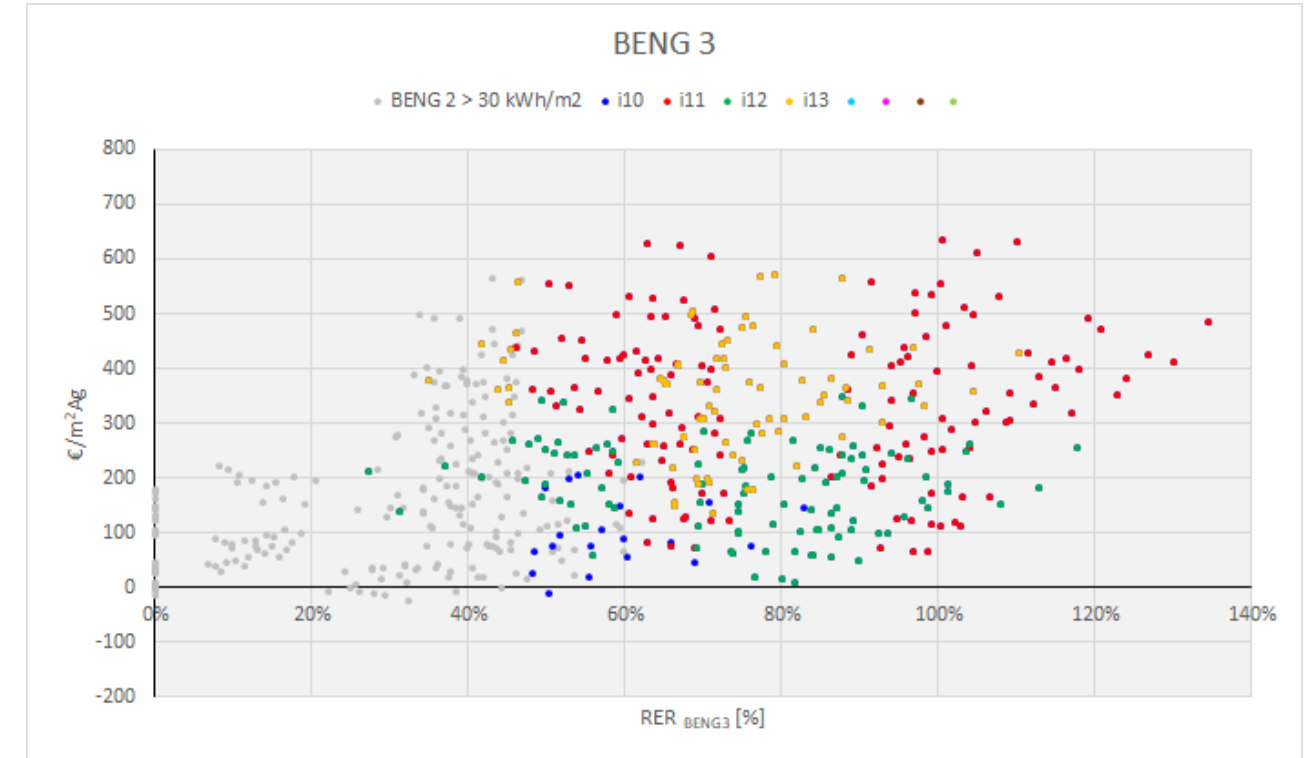
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 20 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

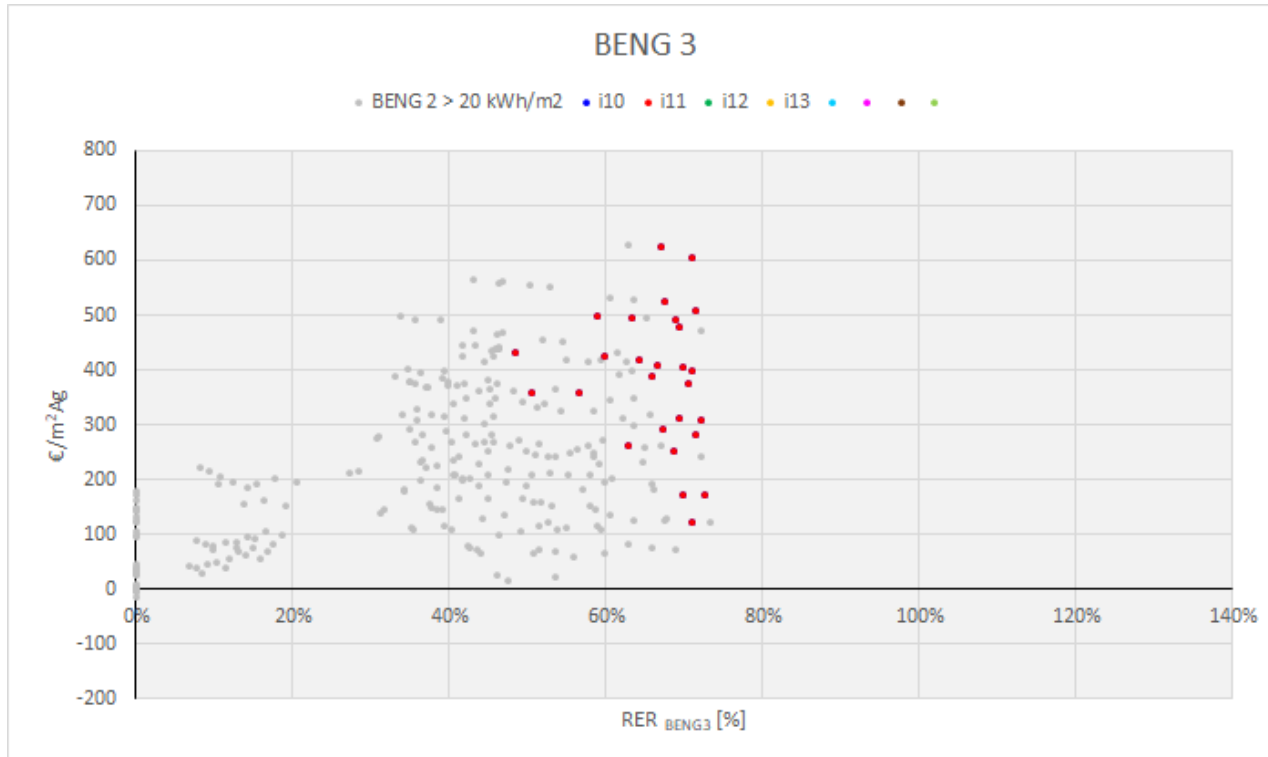


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 30 kWh/m<sup>2</sup>

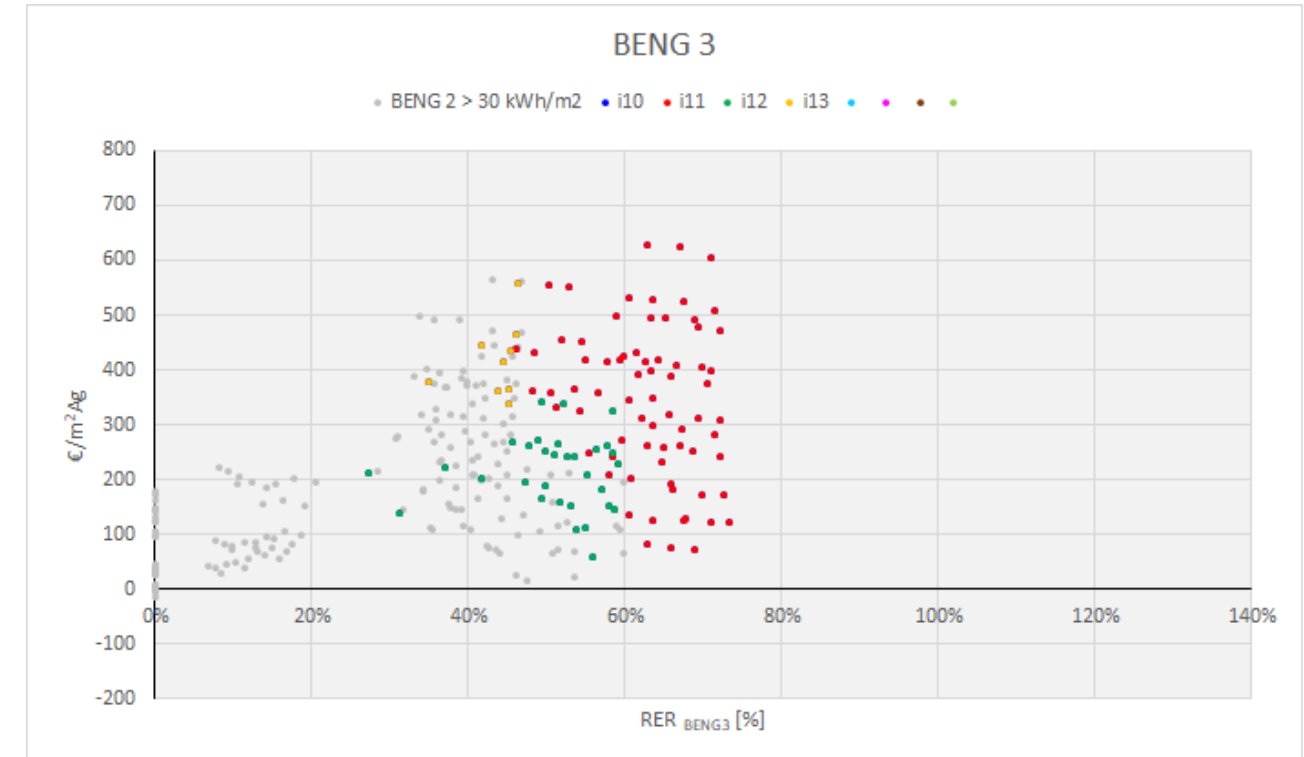
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

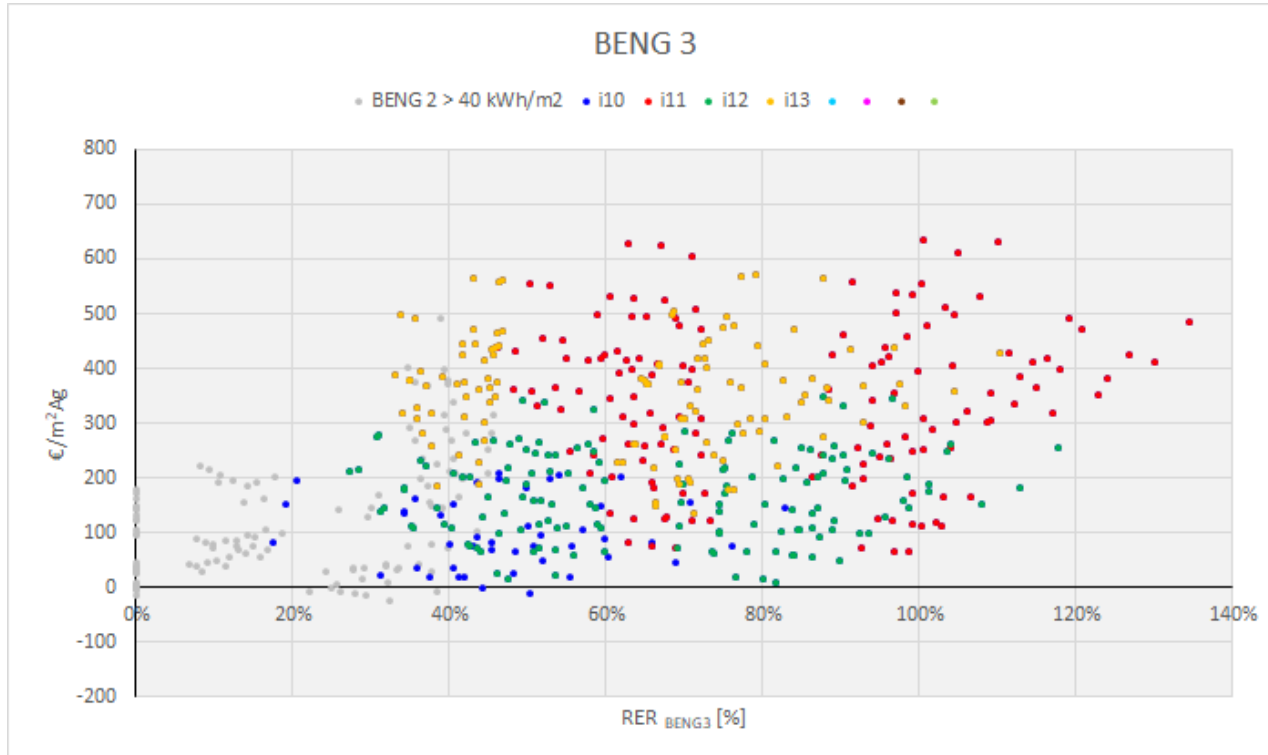


Zonder de varianten met PV:

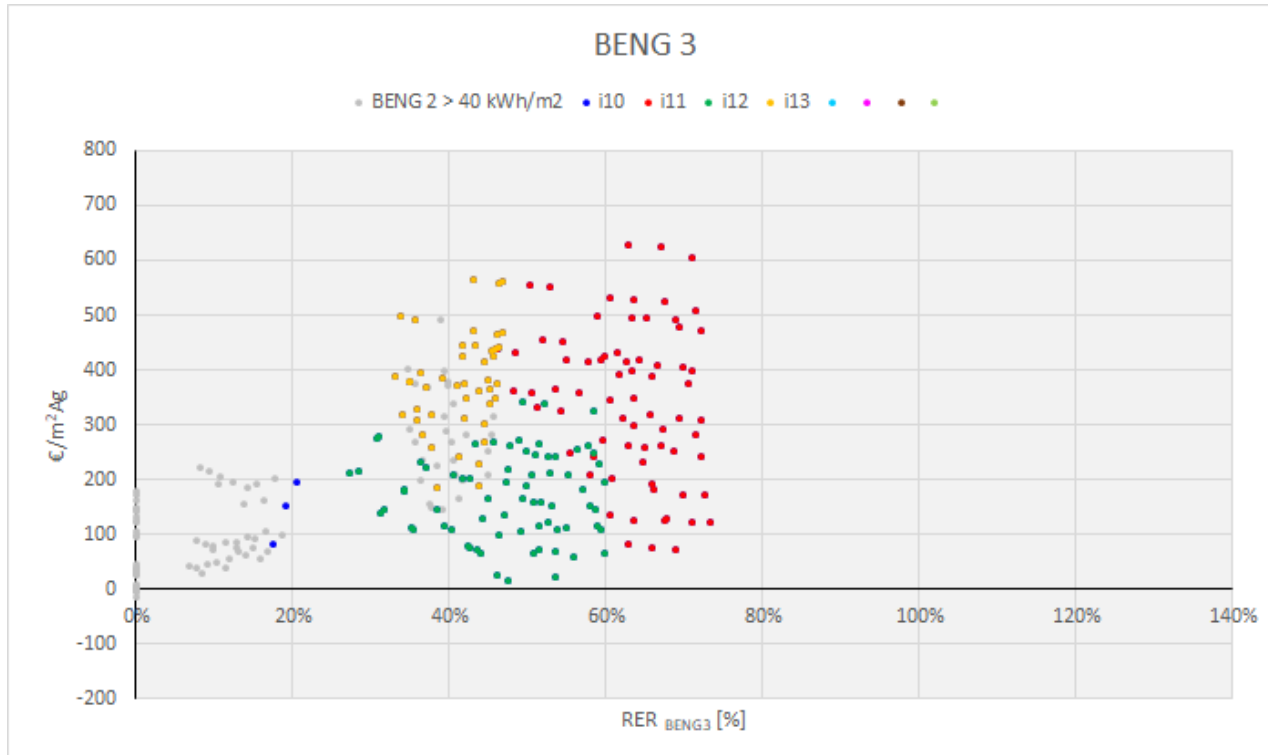


**BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>**

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

**5.3 Woongebouwen**

**5.3.1 Woongebouwen BENG 2**

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de woongebouwen. Bij de woongebouwen zijn alle PV-varianten in de grafieken opgenomen.

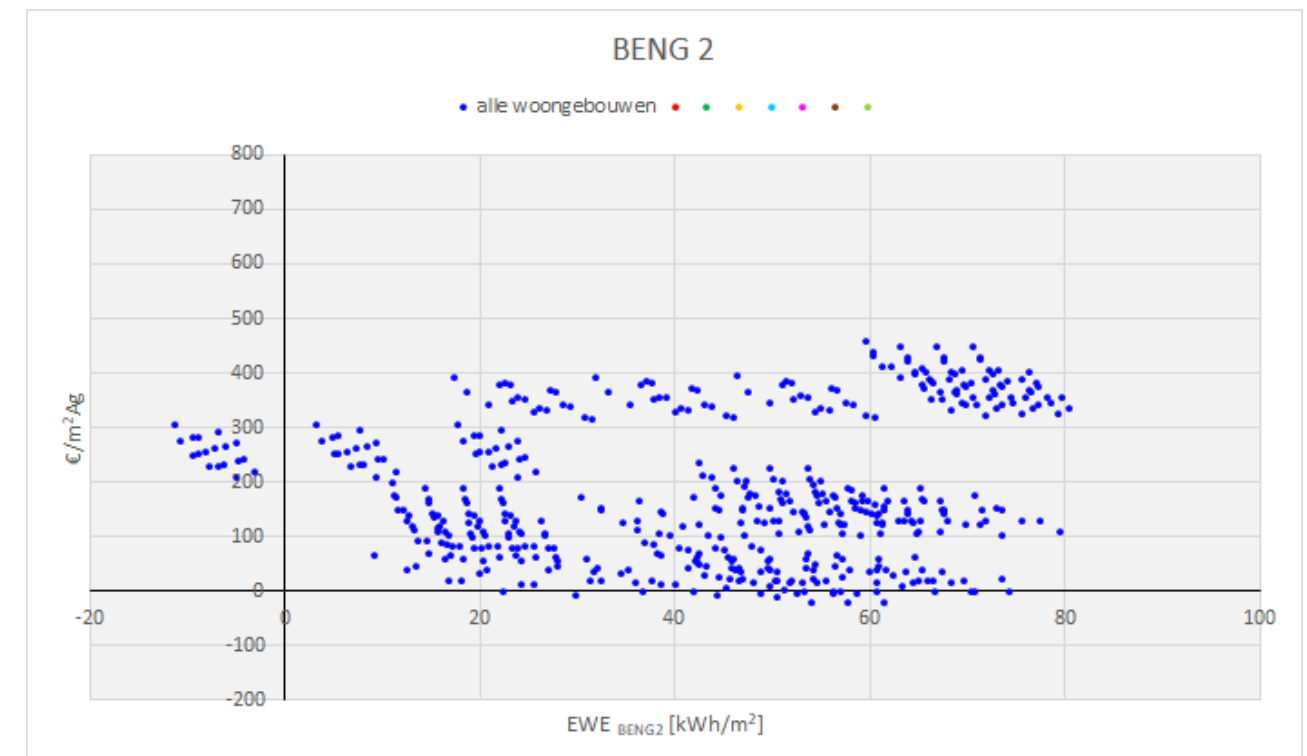
Om de resultaten goed te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen/varianten het betreft. Per grafiek geven wij een korte toelichting.

Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

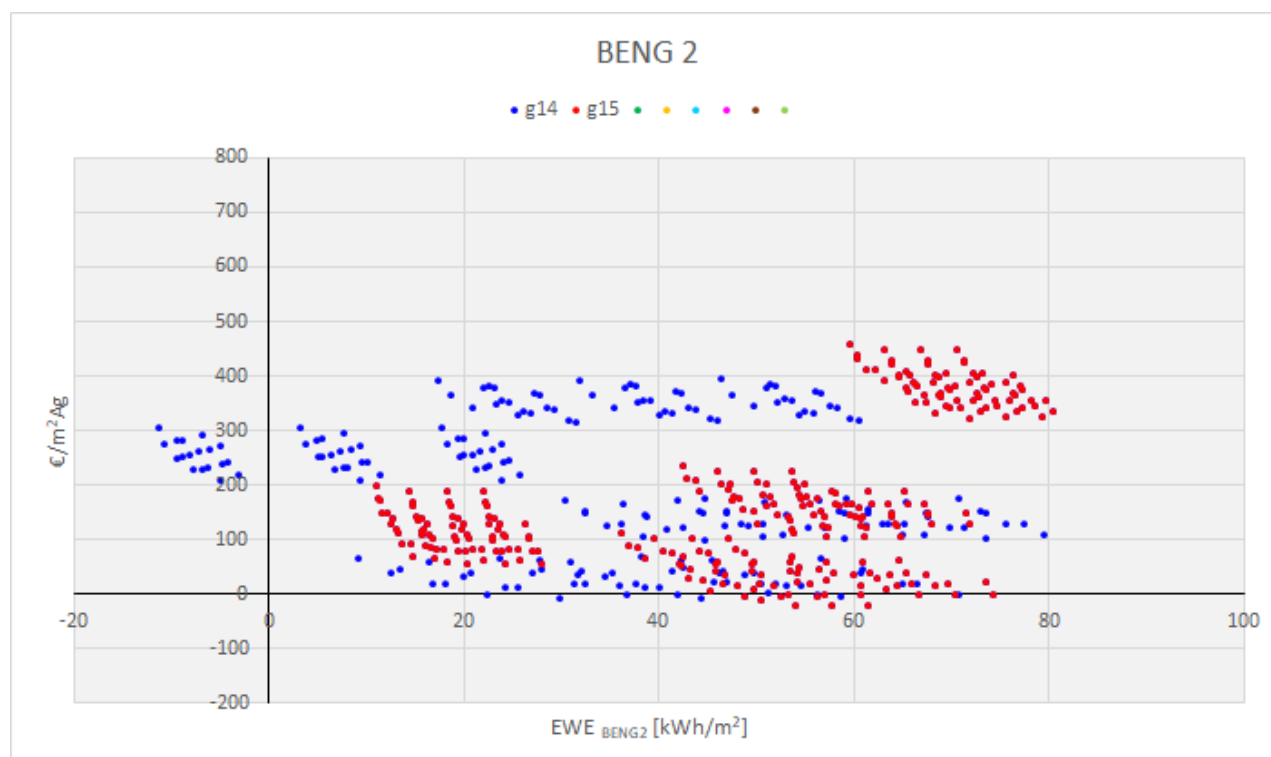
**tabel 5: gehanteerde codering woongebouwen**

Woningtype	Installatie	Ventilatie	PV
g14 = Woongebouw M (33 woningen)	i20 = ind. gasketel	v10 = C4c systeem	p10 = geen PV
g15 = Woongebouw XL woningen XS	i21 = ind. WP bodem/aquifer	v11 = D2 systeem	p11 = dak PV
	i22 = col. WP bodem/aquifer	v12 = D5a1 systeem	p12 = dak + gevel PV
	i23 = coll. biomassa		p13 = helft p11

In de onderstaande grafiek staan alle doorgerekende varianten van de woongebouwen. Uit deze grafiek blijkt dat er geen duidelijk kostenoptimaal punt aan te wijzen is. Vanaf circa 25 tot 60 kWh/m<sup>2</sup> is er een kostenoptimale zone. Alleen voor het studiogebouw (g15) is er een kostenoptimaal punt bij 55 kWh/m<sup>2</sup>.

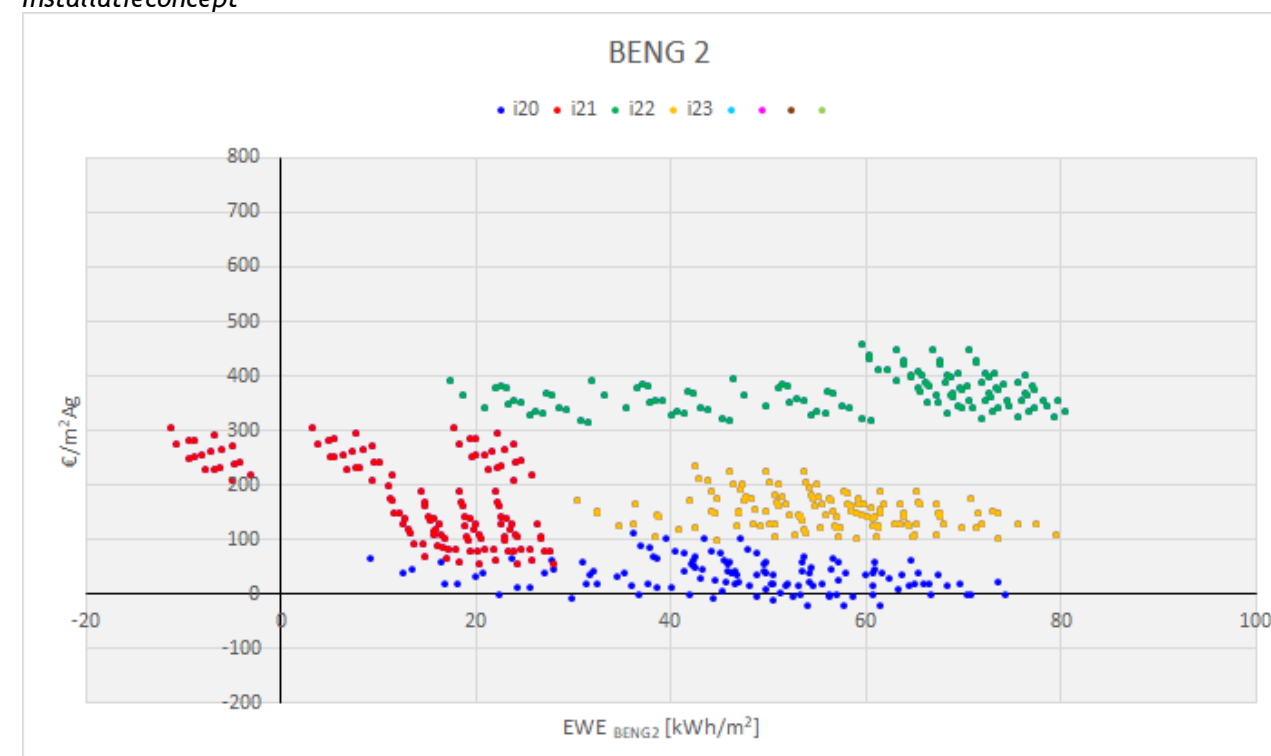


Het appartementengebouw (g14) heeft hogere NCC ten opzichte van het studiogebouw (g15). Aan de onderzijde van de puntenwolk is het verschil beperkt; hier zijn voor beide gebouwen vooral gasconcepten (i20) weergegeven. De concepten met individuele warmtepompen (i21) hebben bij het appartementengebouw significant hogere kosten ten opzichte van het studiogebouw. Dit wordt veroorzaakt doordat in het studiogebouw er één opwekinstallatie voor verwarming is toegepast bij vier woonfuncties (in het spraakgebruik: één verwarmingstoestel per vier studio's).



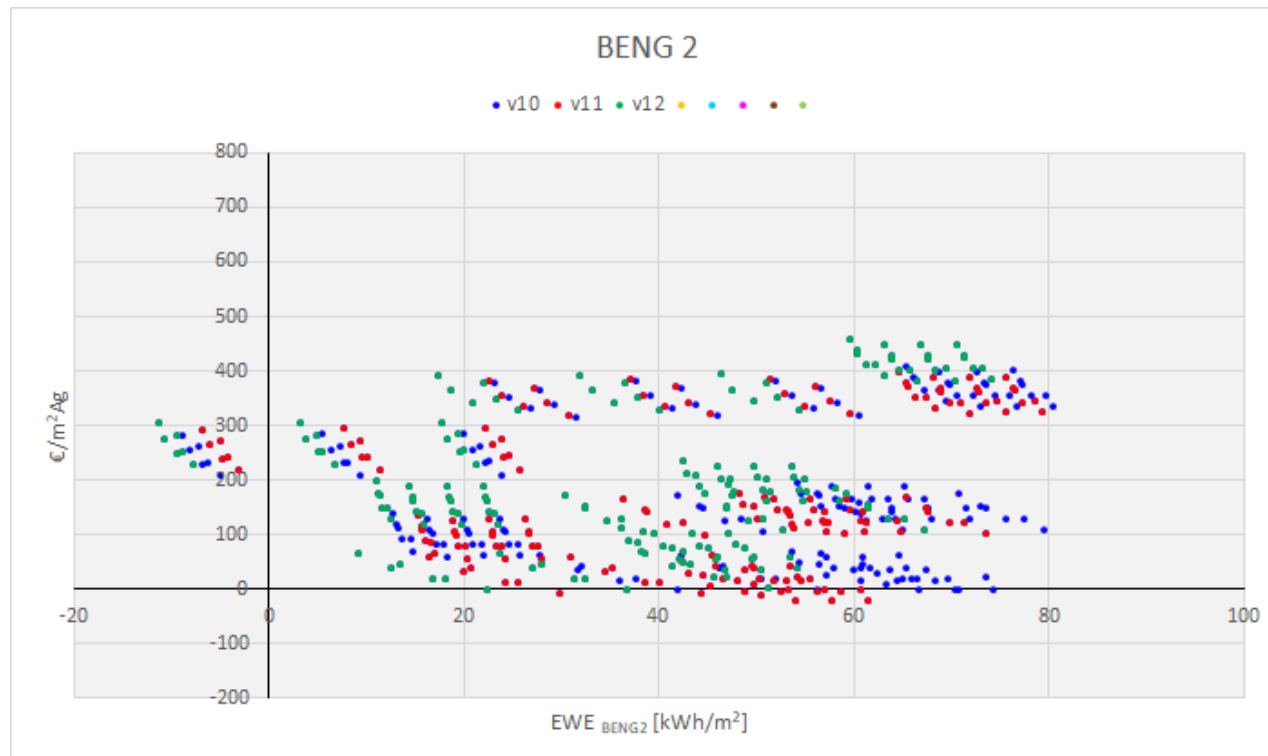
Het primair energiegebruik is bij het appartementengebouw (g14) bij dezelfde maatregelpakketten in de meeste gevallen iets lager dan bij het studiogebouw (g15).

#### Installatieconcept

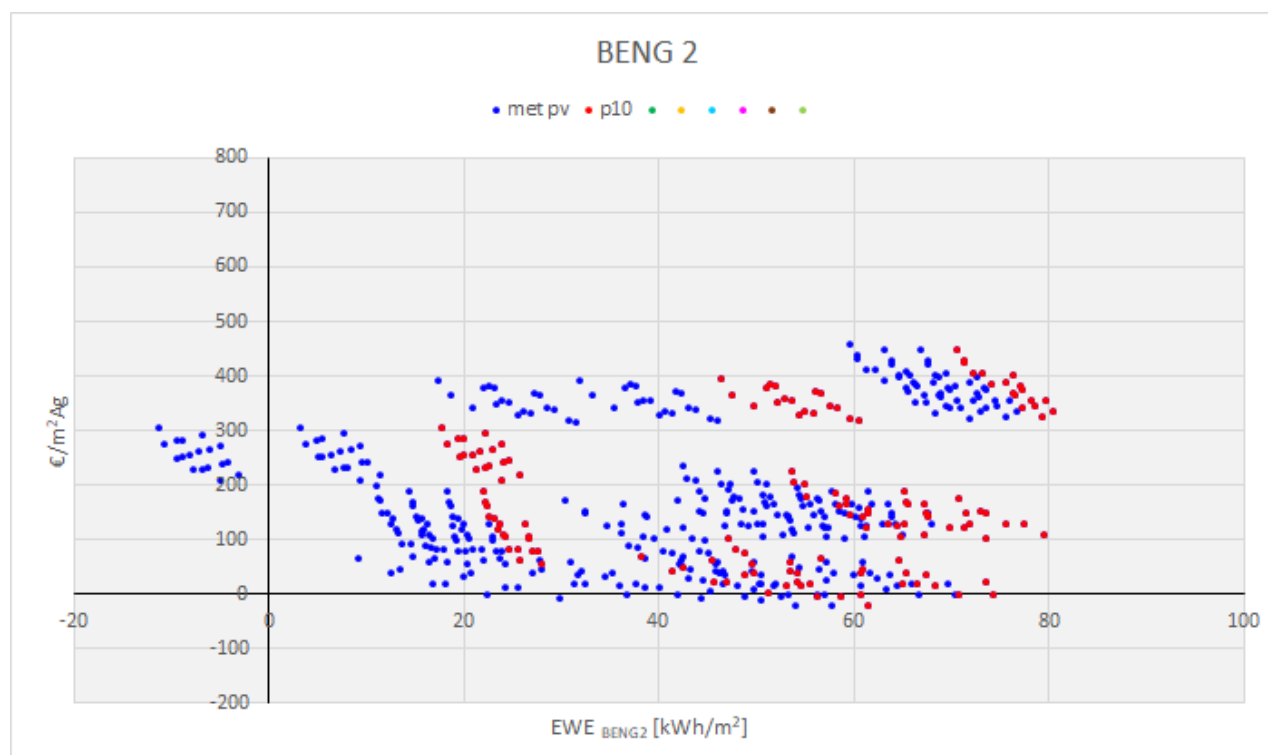


De concepten met collectieve warmtepompen (i22) hebben de hoogste de hoogste NCC. Ten opzichte van de gasconcepten (i20) hebben de concepten met collectieve biomassa (i23) hogere NCC en (in combinatie met PV) een BENG 2-indicator van 30 kWh/m<sup>2</sup> of hoger.

De keuze voor het ventilatieconcept leidt niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. Het mechanische afzuigingsysteem (v10) scoort energetisch gezien beter dan het balansventilatiesysteem D2 (v11) en iets minder goed dan het balansventilatiesysteem met CO<sub>2</sub>-regeling (v12):

**PV**

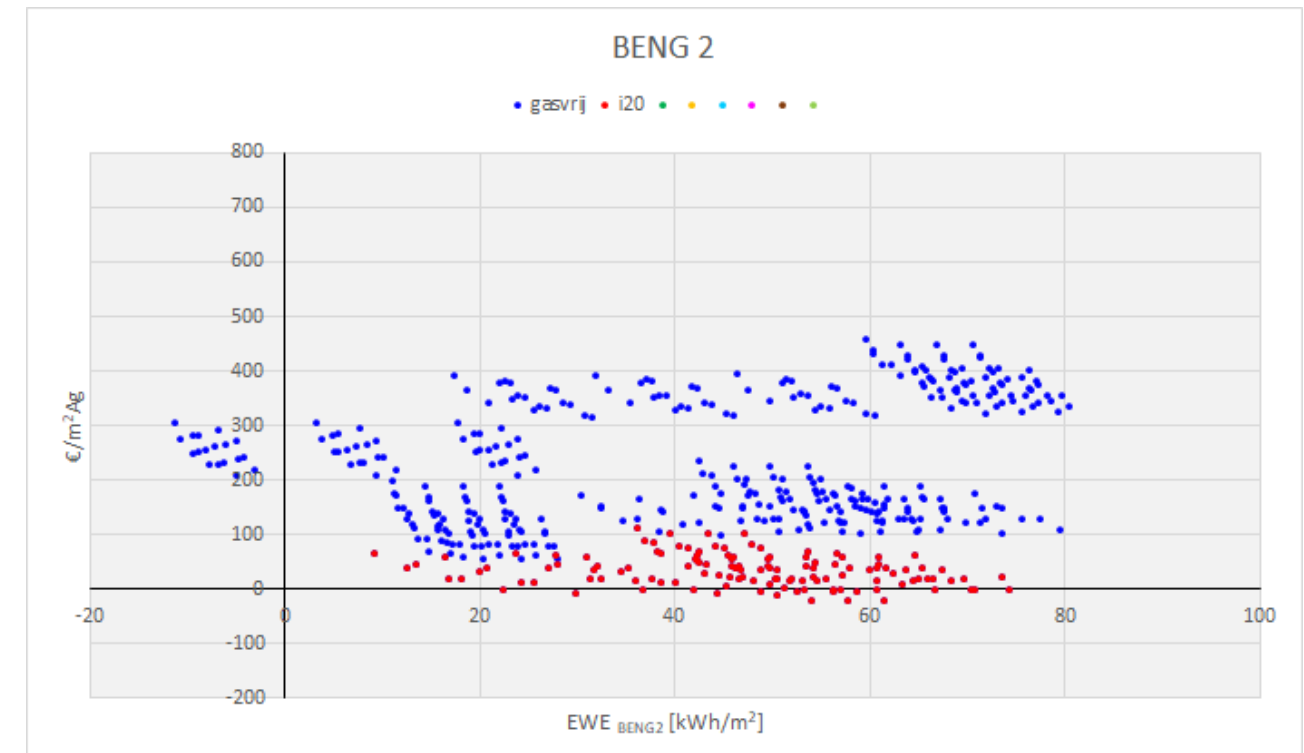
Zonder PV is bij de woongebouwen met individuele warmtepompen een BENG 2 te realiseren vanaf circa 20-25 kWh/m<sup>2</sup>. De gasconcepten zonder PV hebben een BENG 2 van 40 kWh/m<sup>2</sup> of hoger en de overige concepten een BENG 2 van circa 50 kWh/m<sup>2</sup> of hoger.



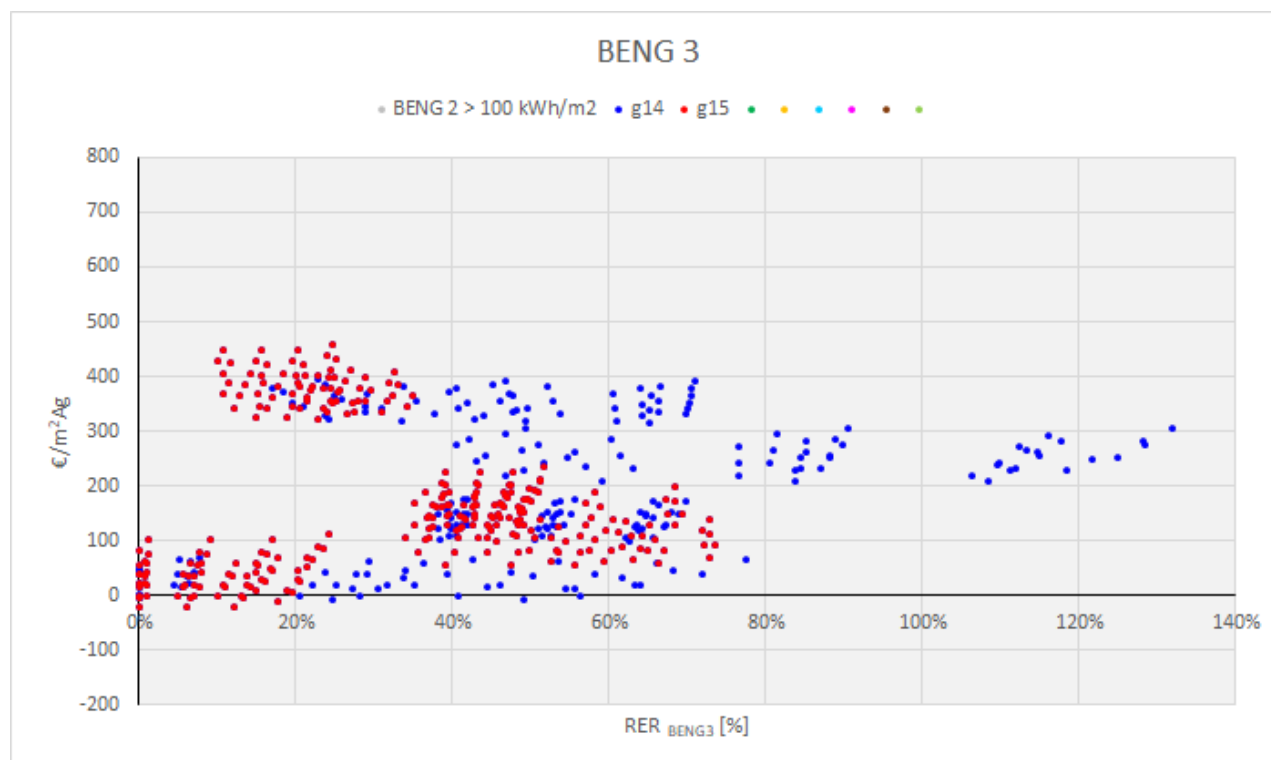
Aardgasvrij

20

De aardgasvrije concepten hebben alleen bij het studiogebouw (g15) relatief lage NCC en een lage BENG 2-indicator van 20-30 kWh/m<sup>2</sup>. Bij de overige aardgasvrije concepten is er sprake van hogere NCC:

**5.3.2 Woongebouwen BENG 3**

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft (g14 = woongebouw, g15 = studiogebouw). In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat bij het woongebouw hogere waarden van BENG 3 bereikt kunnen worden dan bij het studiogebouw.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

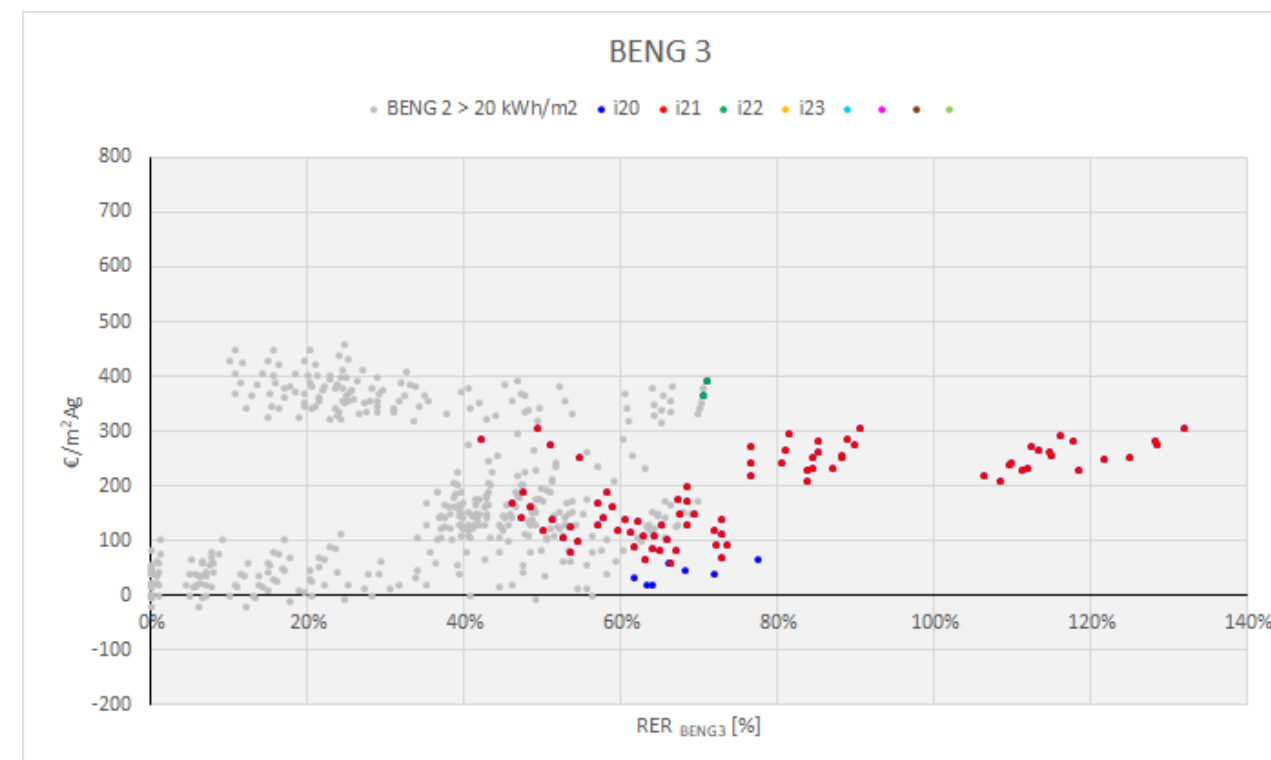
De keuze voor de definitieve ligging van het eisniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor vier verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn. Ten opzichte van de grondgebonden woningen is een extra categorie toegevoegd omdat de range waarbinnen de BENG 2-resultaten zich bewegen bij woongebouwen breder is dan bij grondgebonden woningen.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

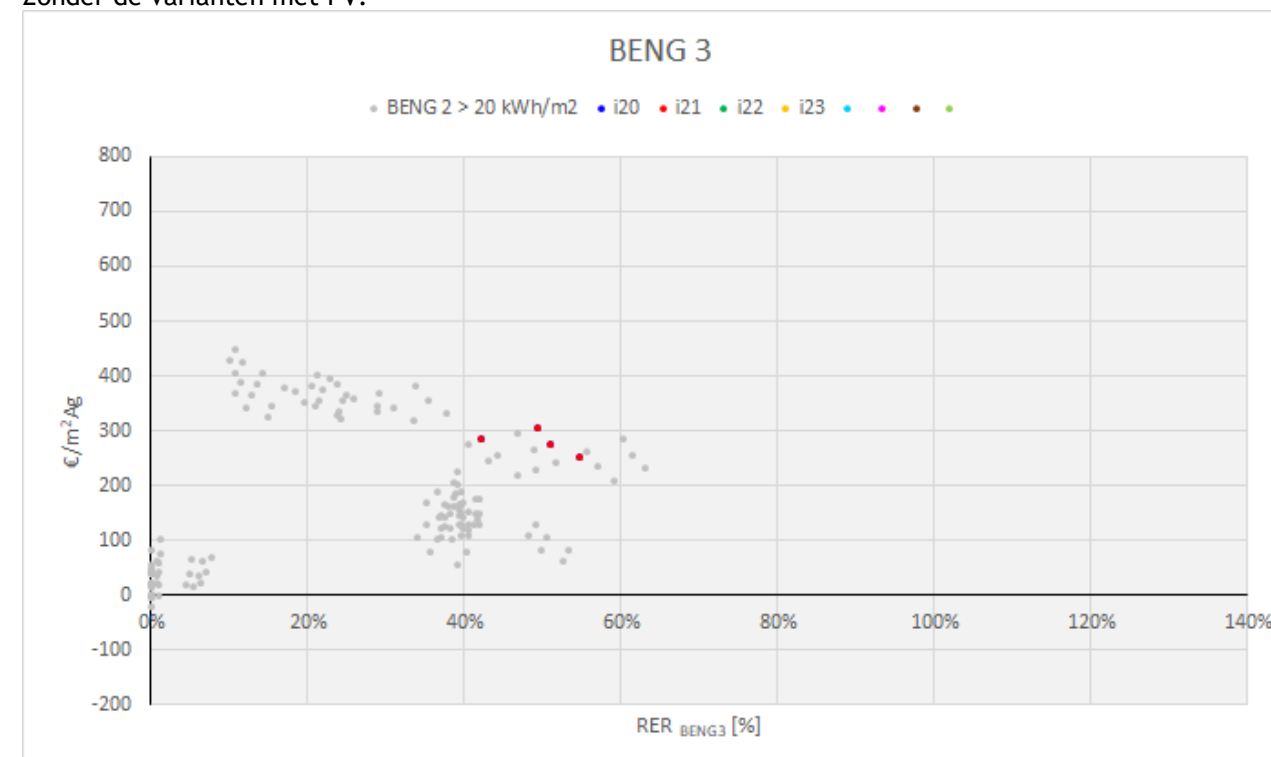
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 20 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

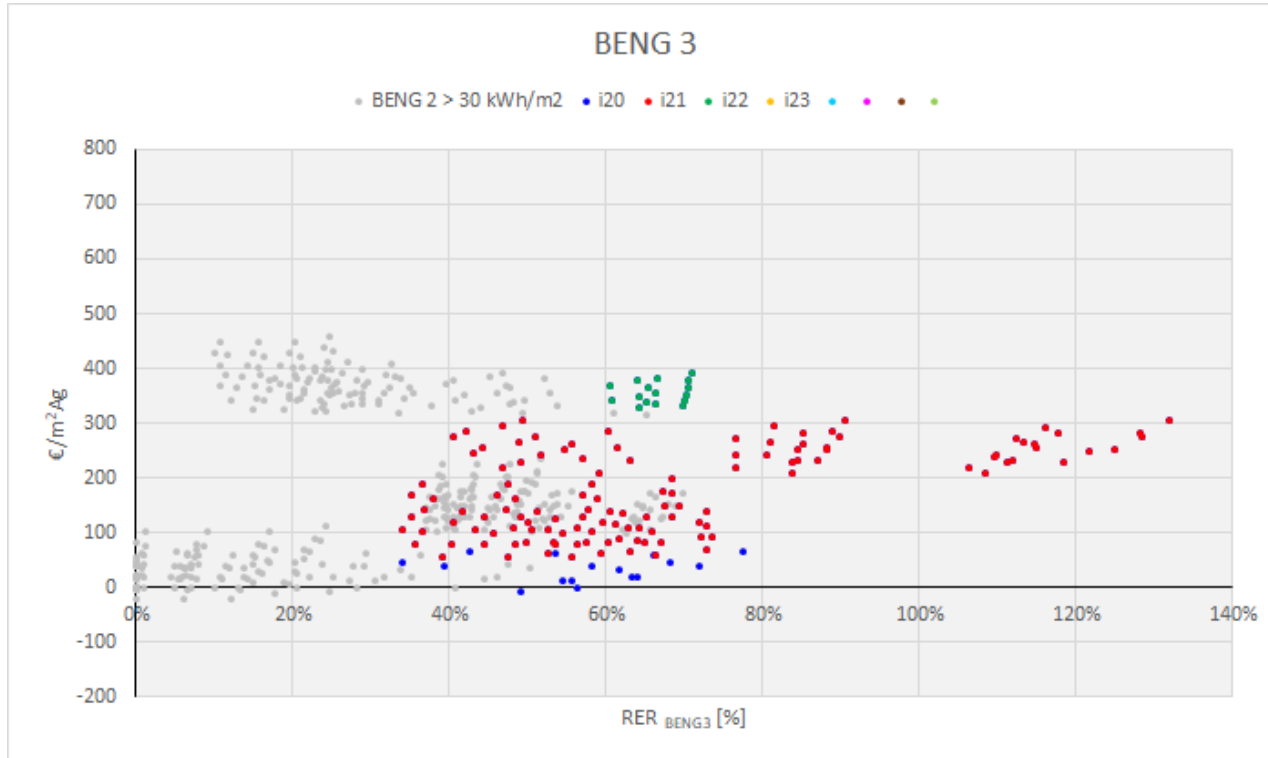


Zonder de varianten met PV:



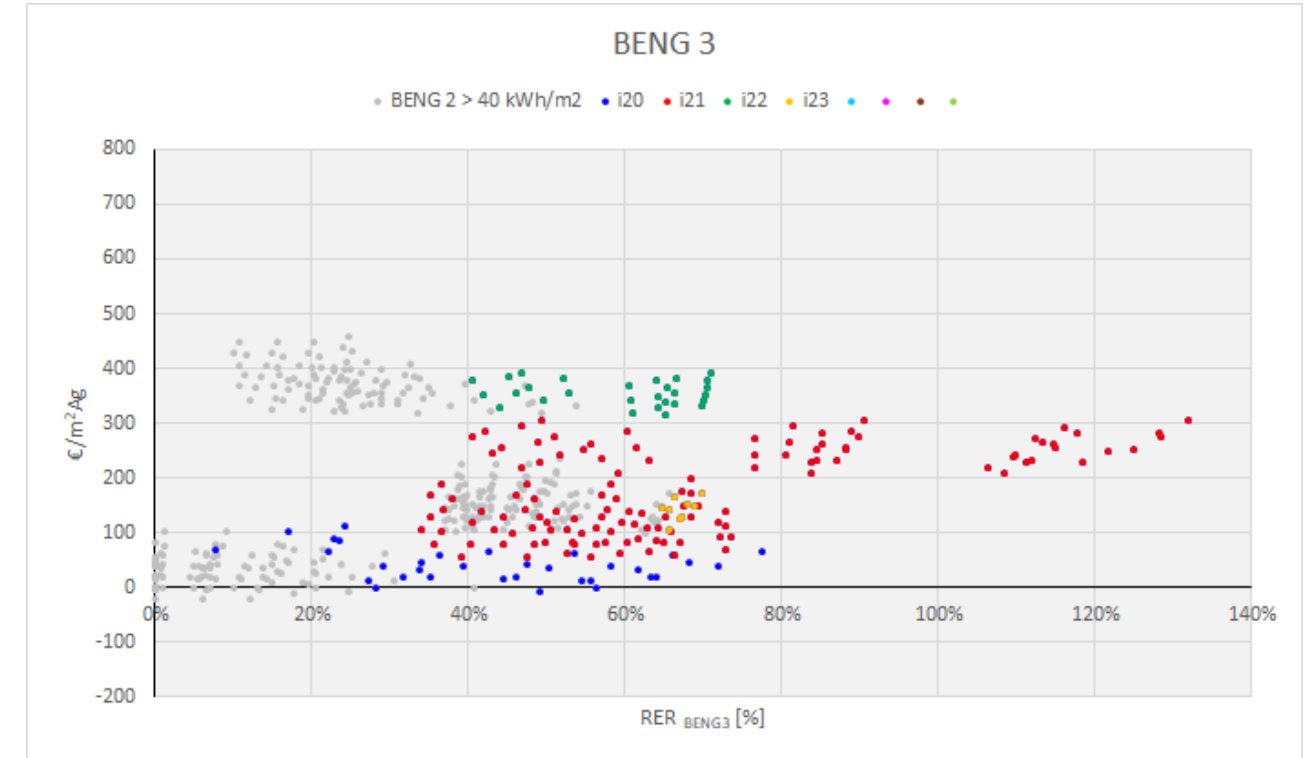
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 30 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

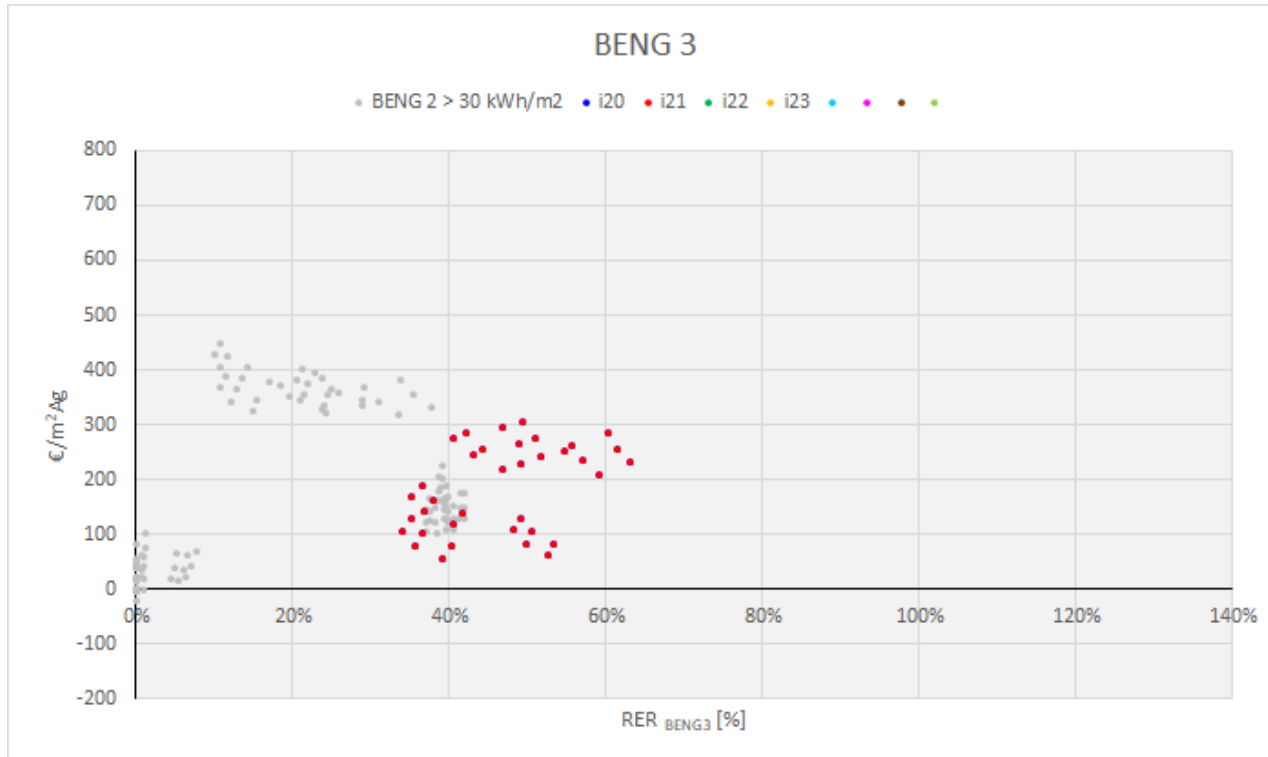


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>

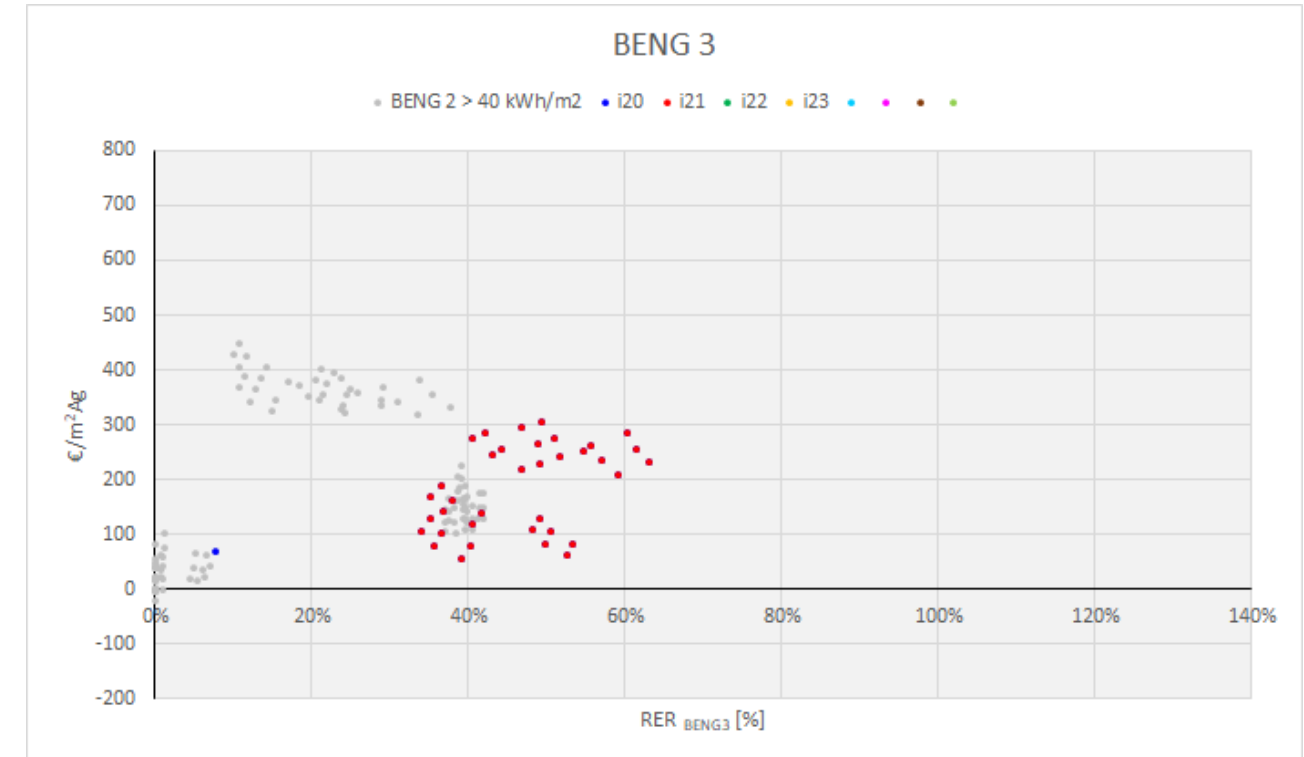
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

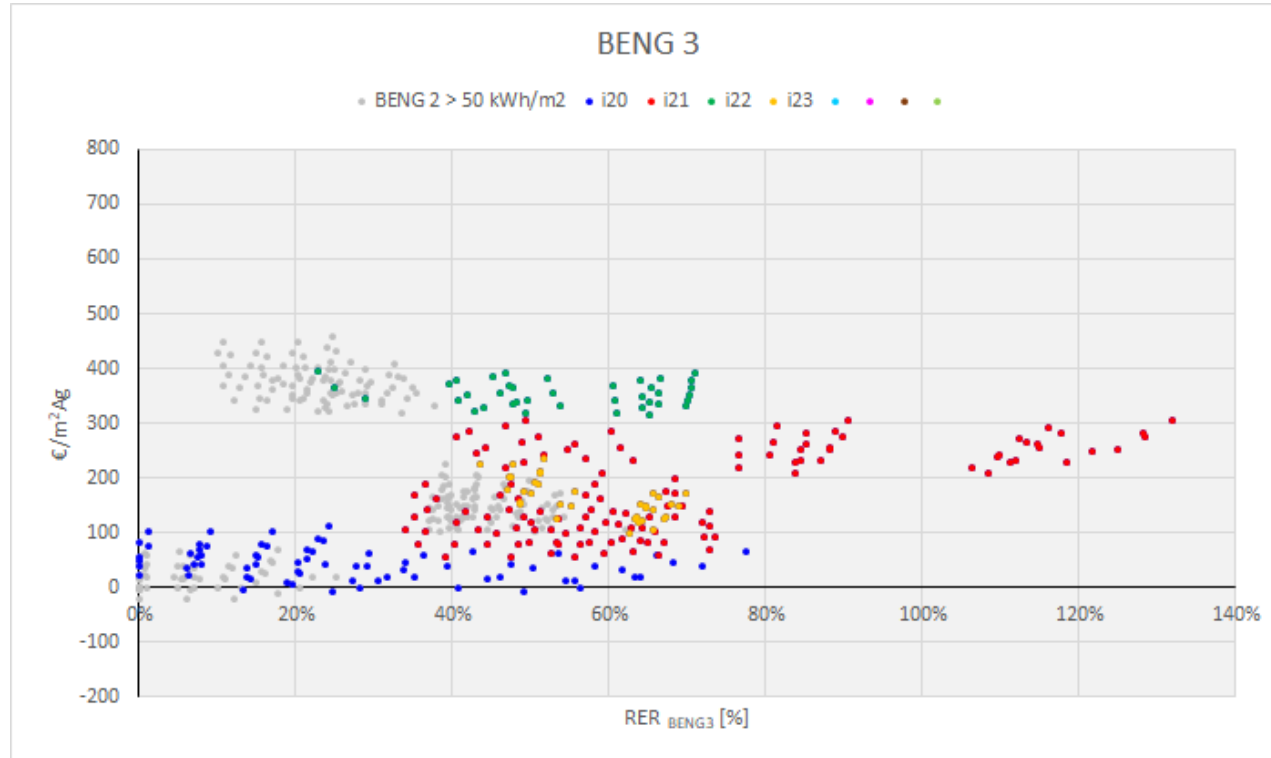


Zonder de varianten met PV:



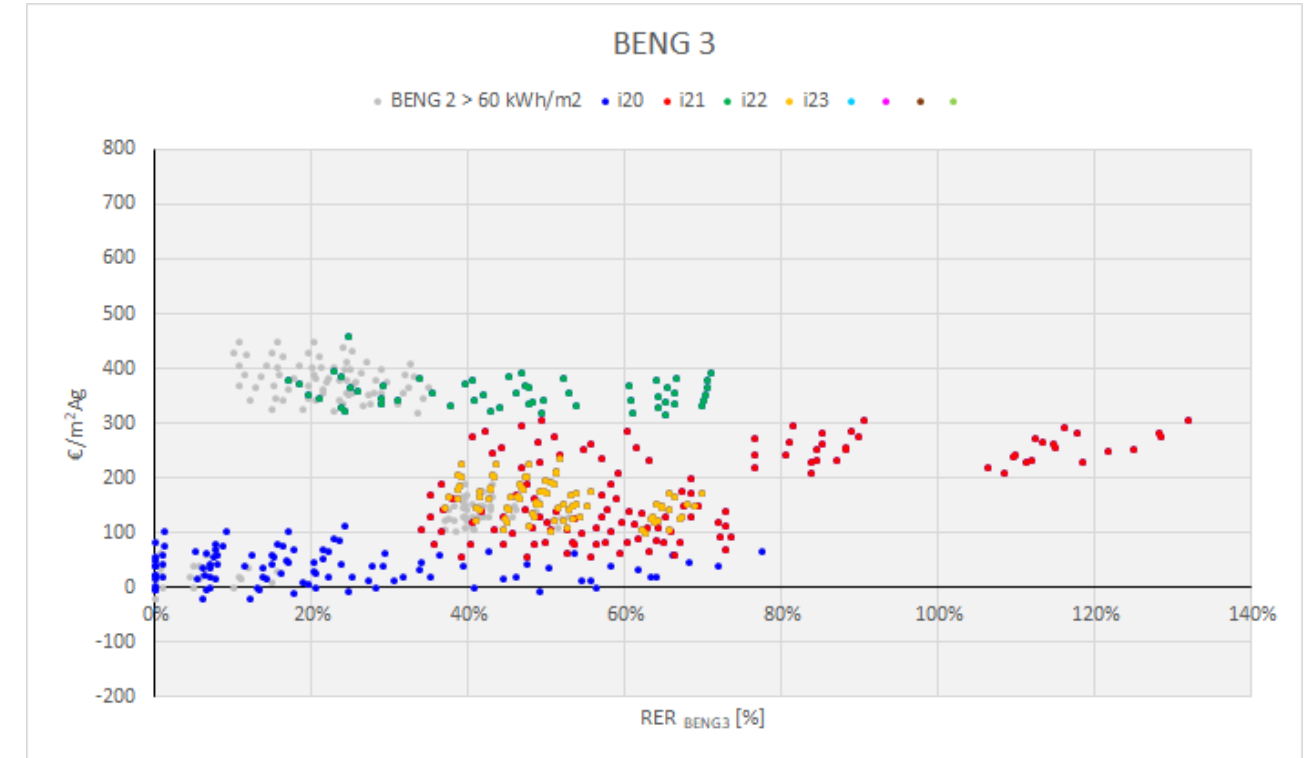
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

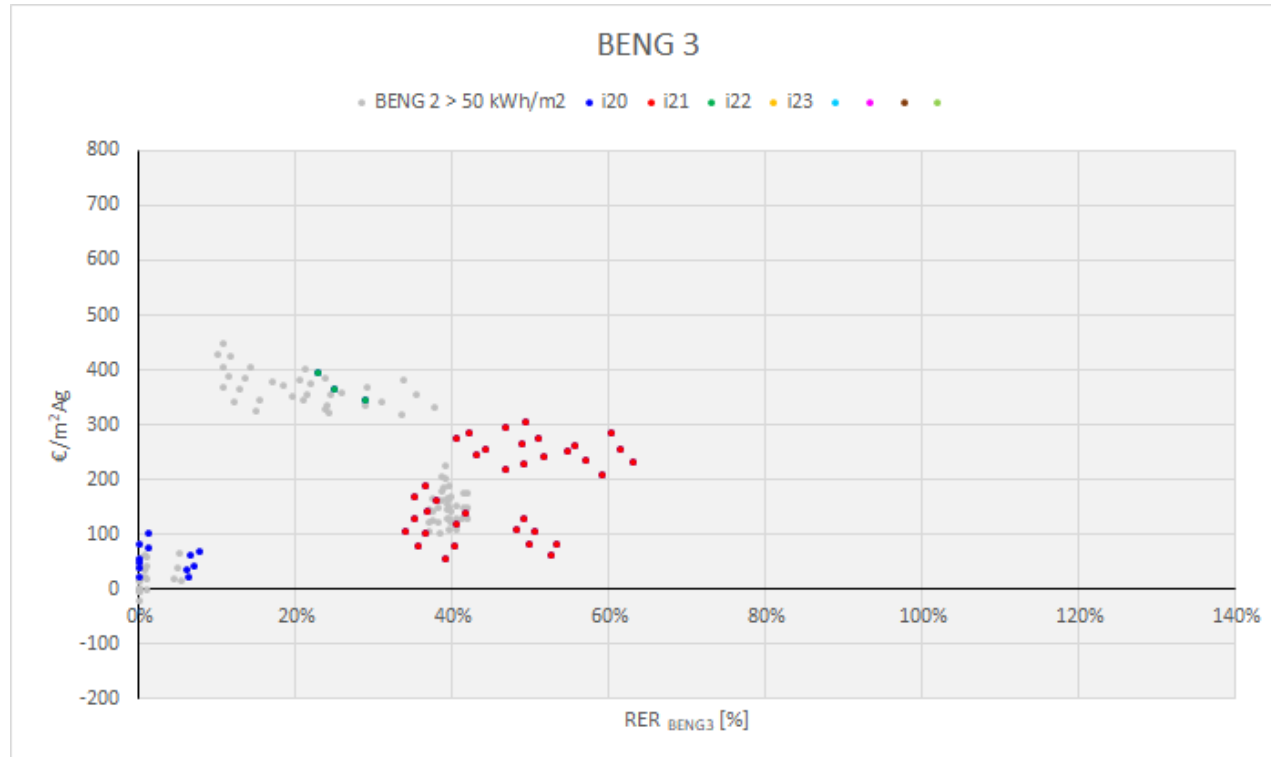


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

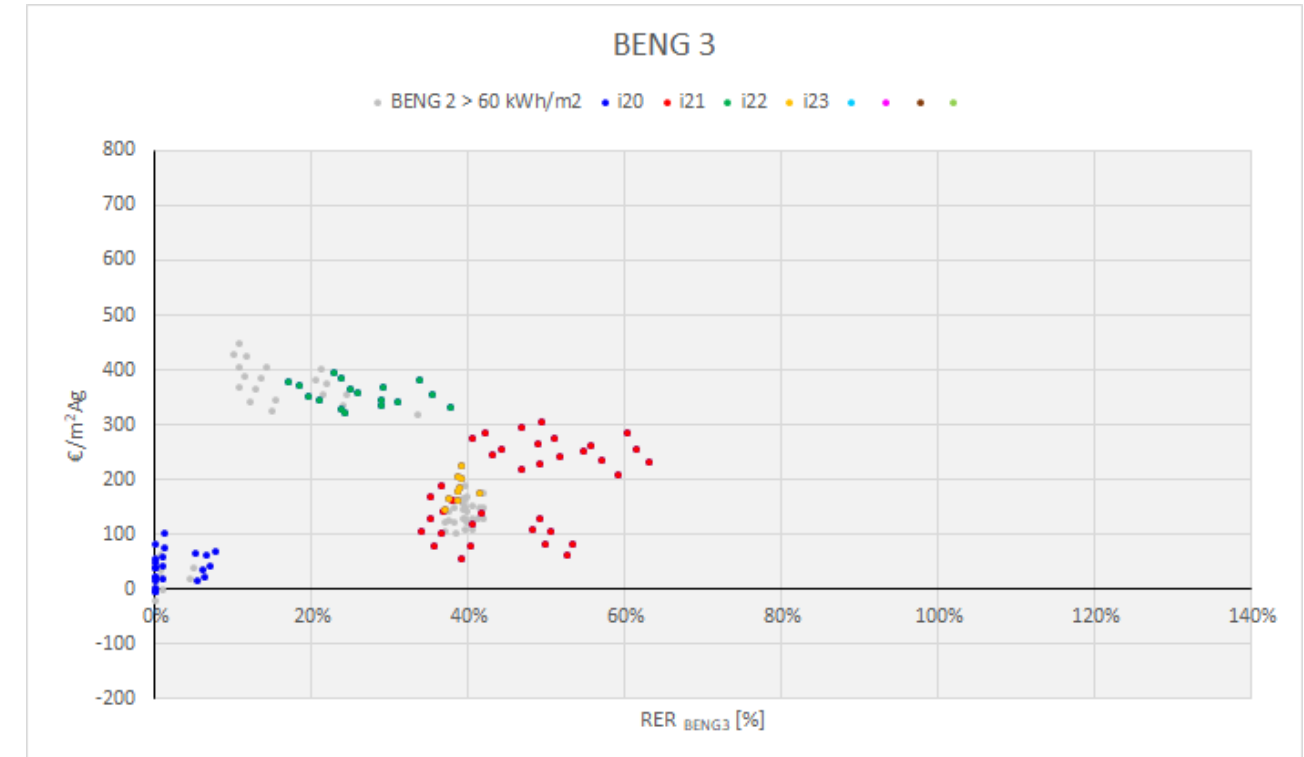
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



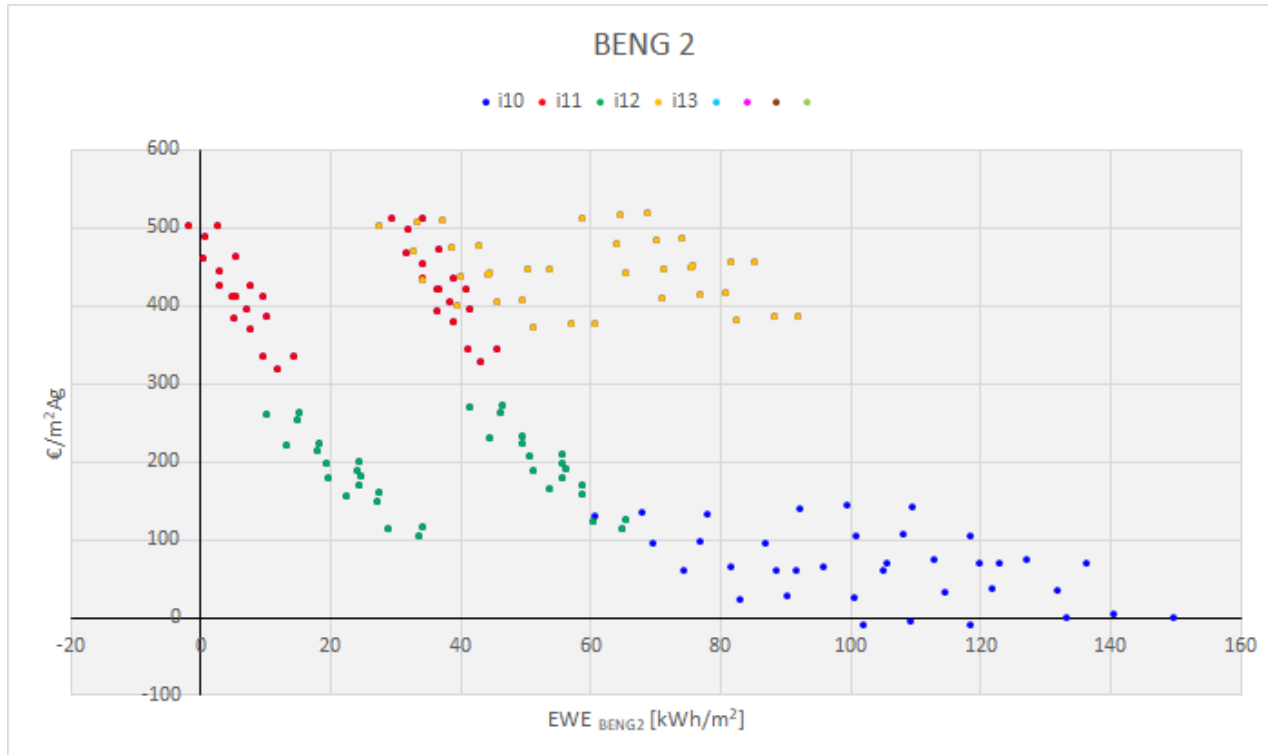
Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de ENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden.



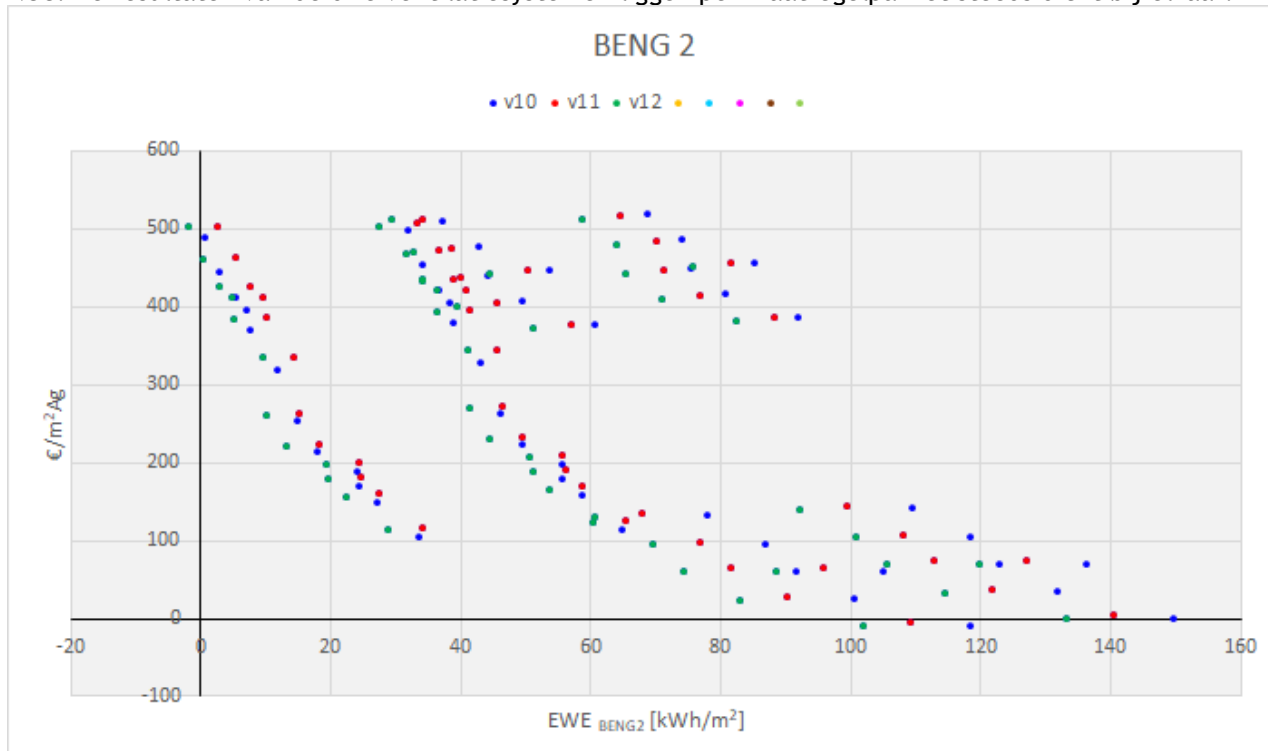


**Installatieconcept**

Het kostenoptimale punt wordt volledig bepaald door gasconcepten. De concepten met warmtepompen (i11 en i12) en met biomassa (i13) hebben allemaal duidelijk hogere NCC. Met de concepten met warmtepompen kunnen wel lagere BENG 2-prestaties worden gerealiseerd.

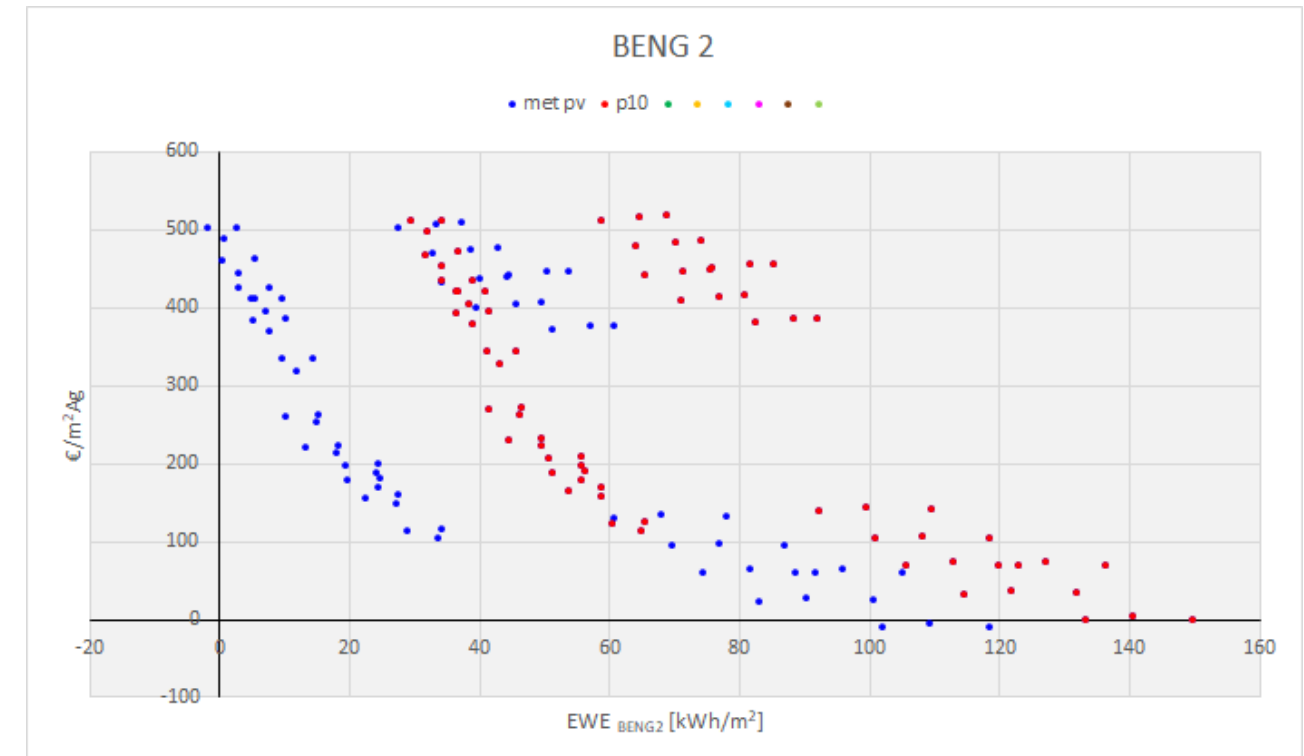


De keuze voor het ventilatieconcept leidt niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de drie ventilatiesystemen liggen per maatregelpakket steeds dicht bij elkaar:



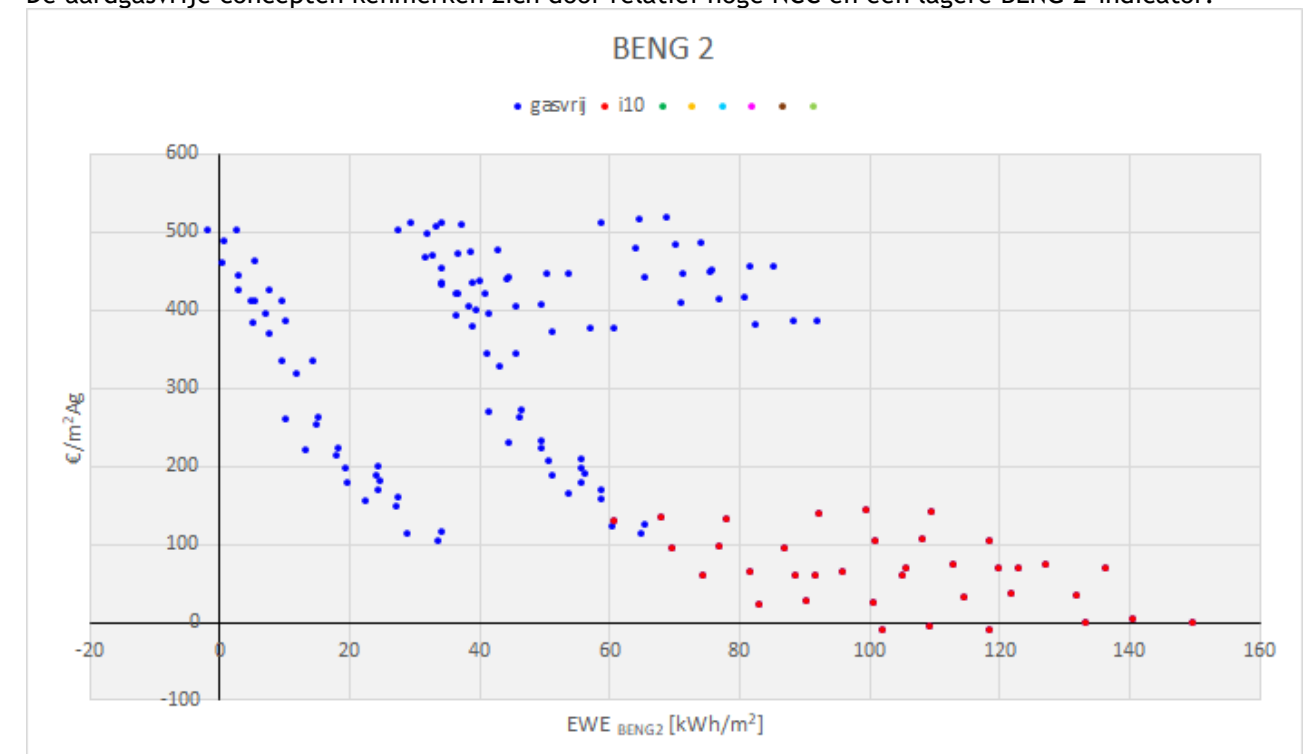
**PV**

Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 30 kWh/m² en vanaf circa 135 kWh/m² bij de laagste NCC.



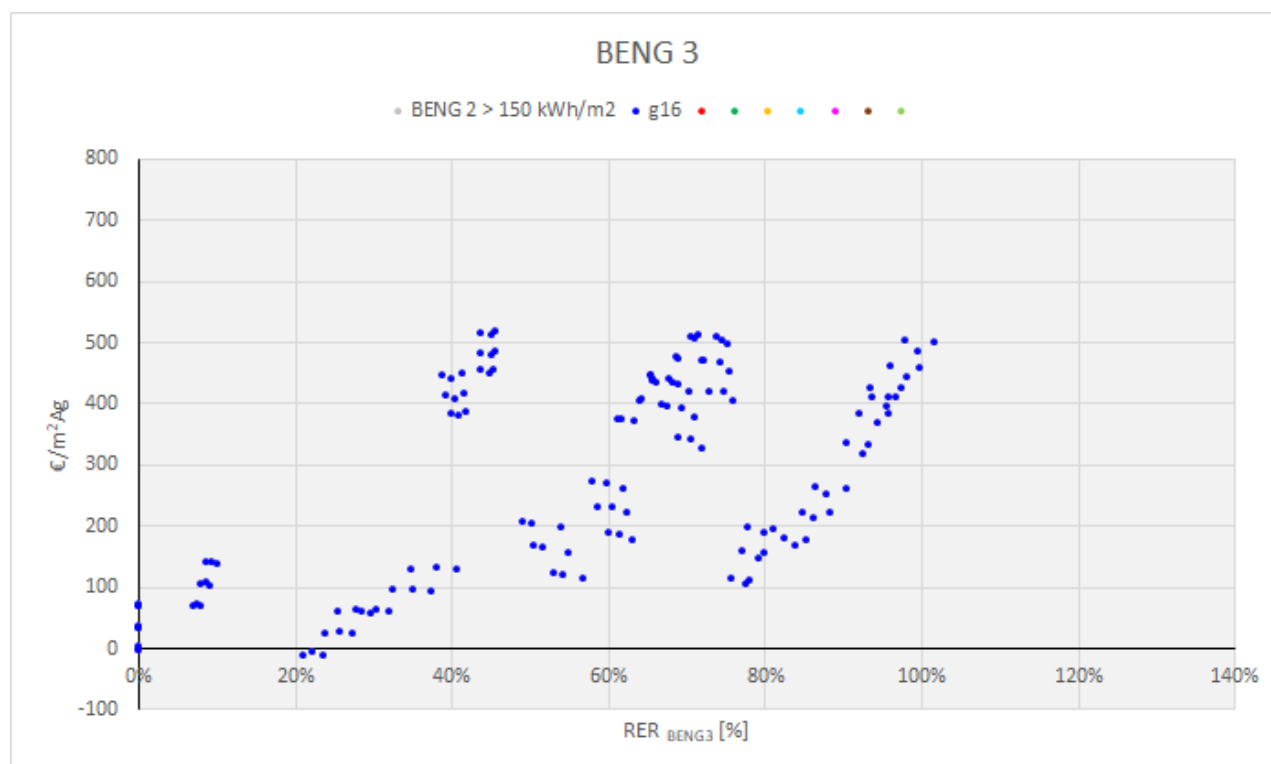
**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief hoge NCC en een lagere BENG 2-indicator:



### 5.4.2 Woonwagen BENG 3

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Voor de woonwagens is maar één referentiegebouw beschikbaar, daarom is er geen onderscheid in woningtypes te maken in onderstaande grafiek.



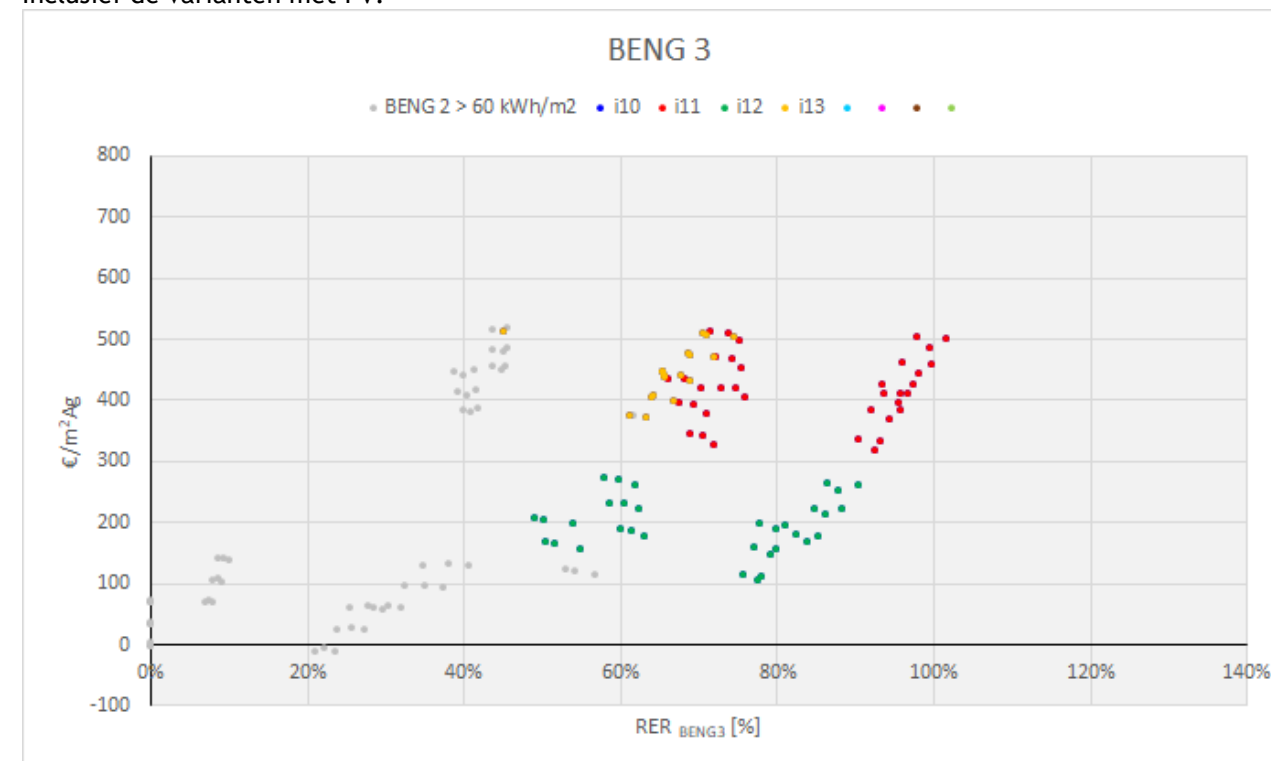
Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3. De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

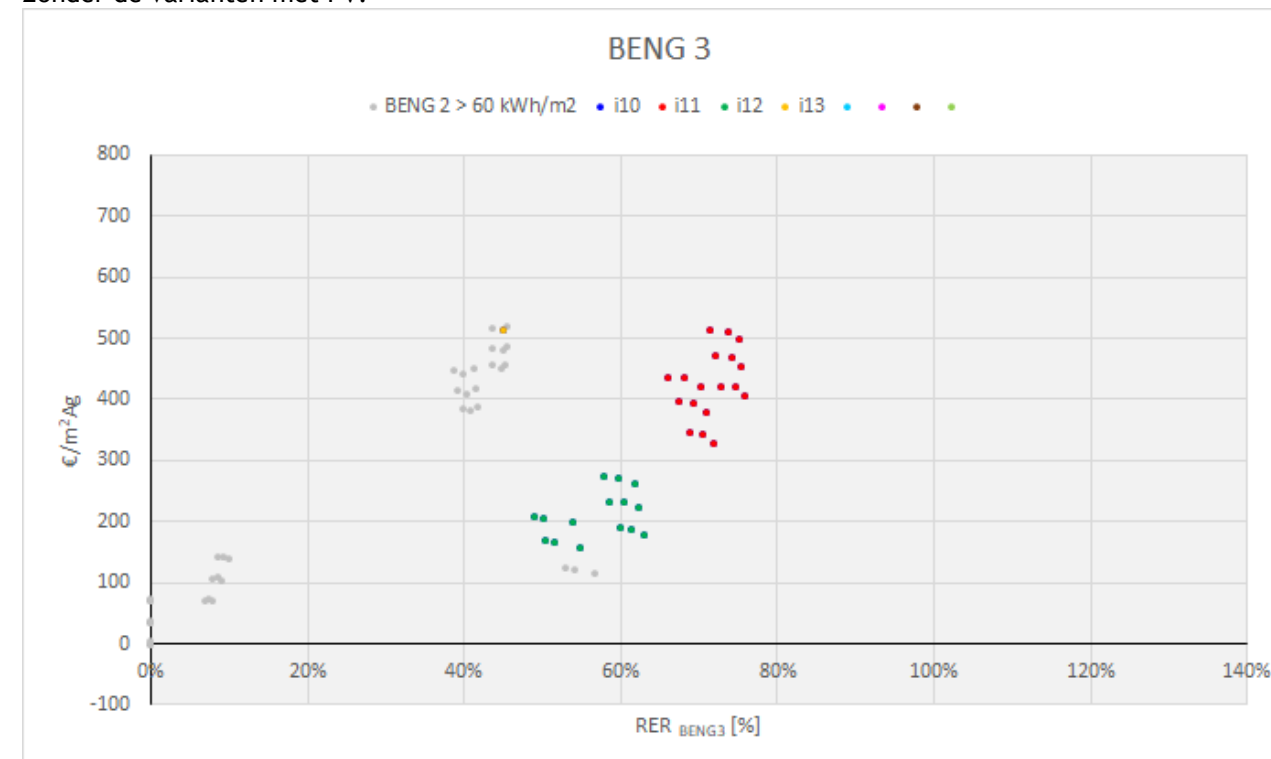
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

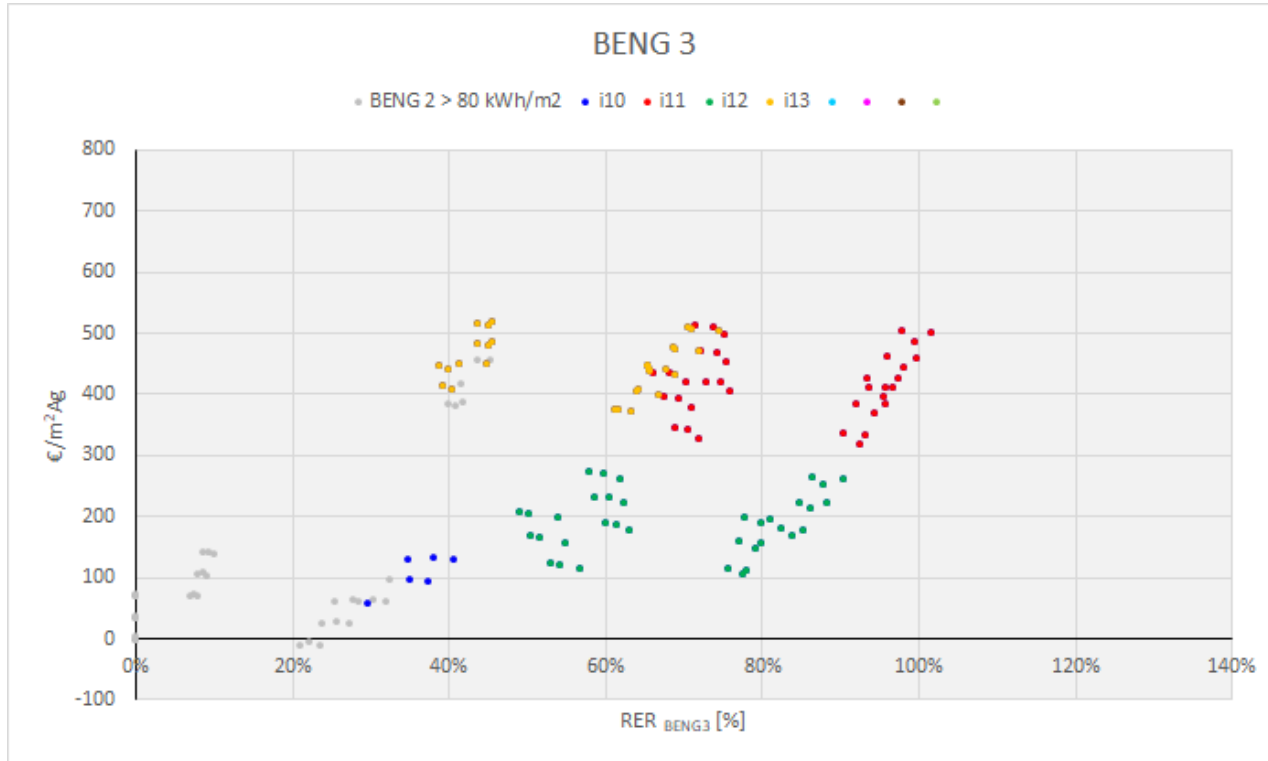


Zonder de varianten met PV:



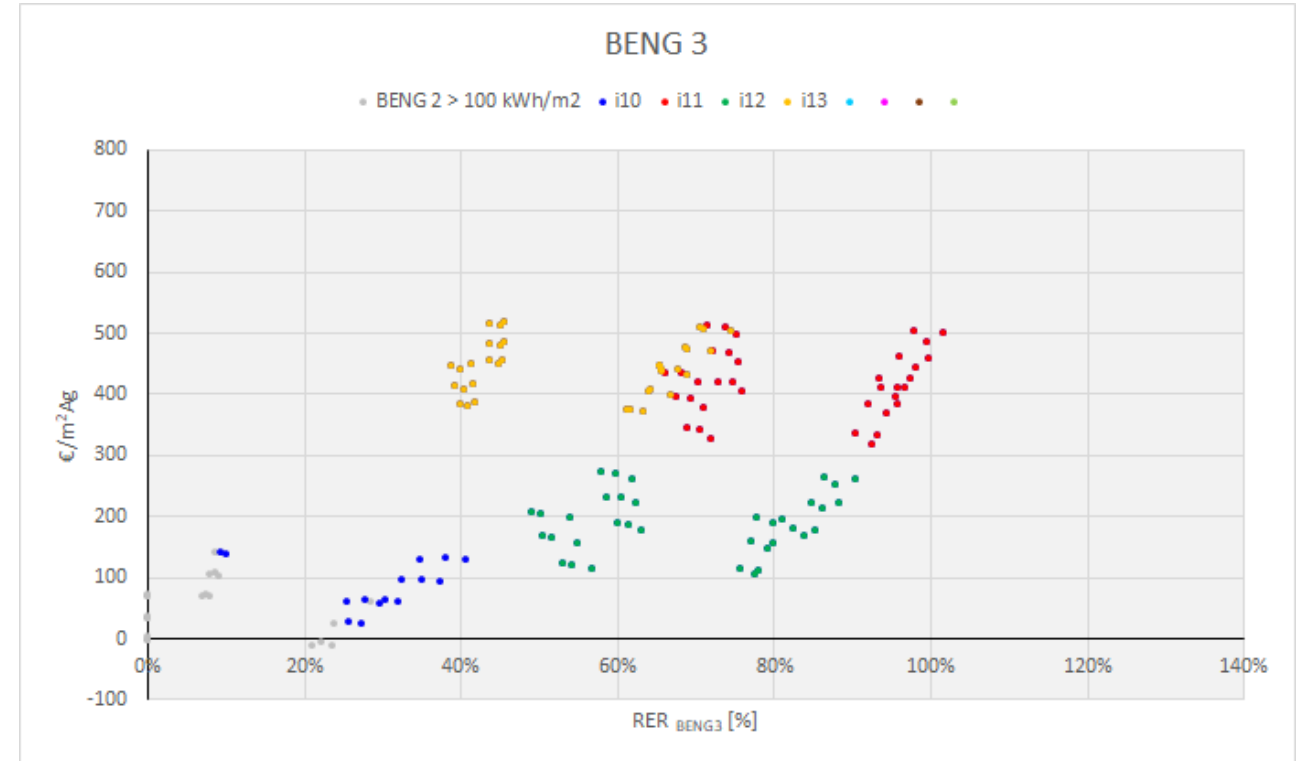
BENG 3 bij een BENG 2 eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

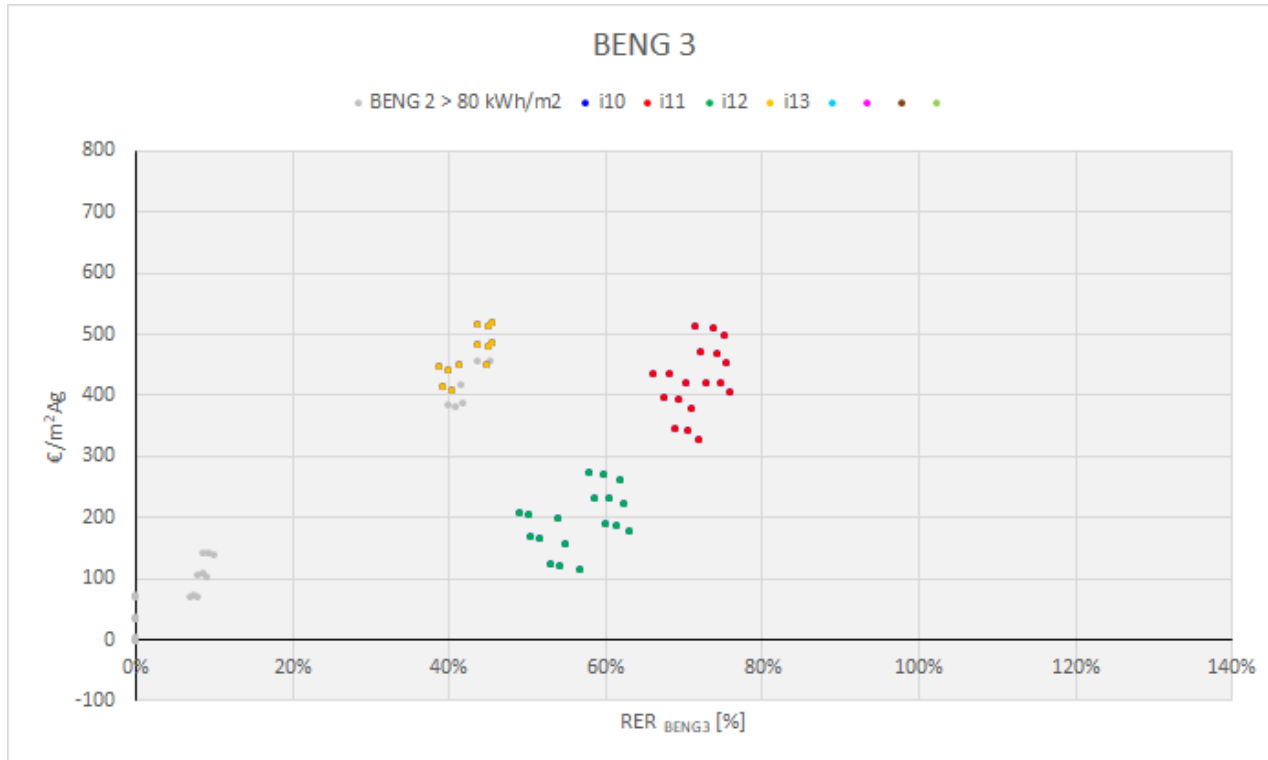


BENG 3 bij een BENG 2 eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

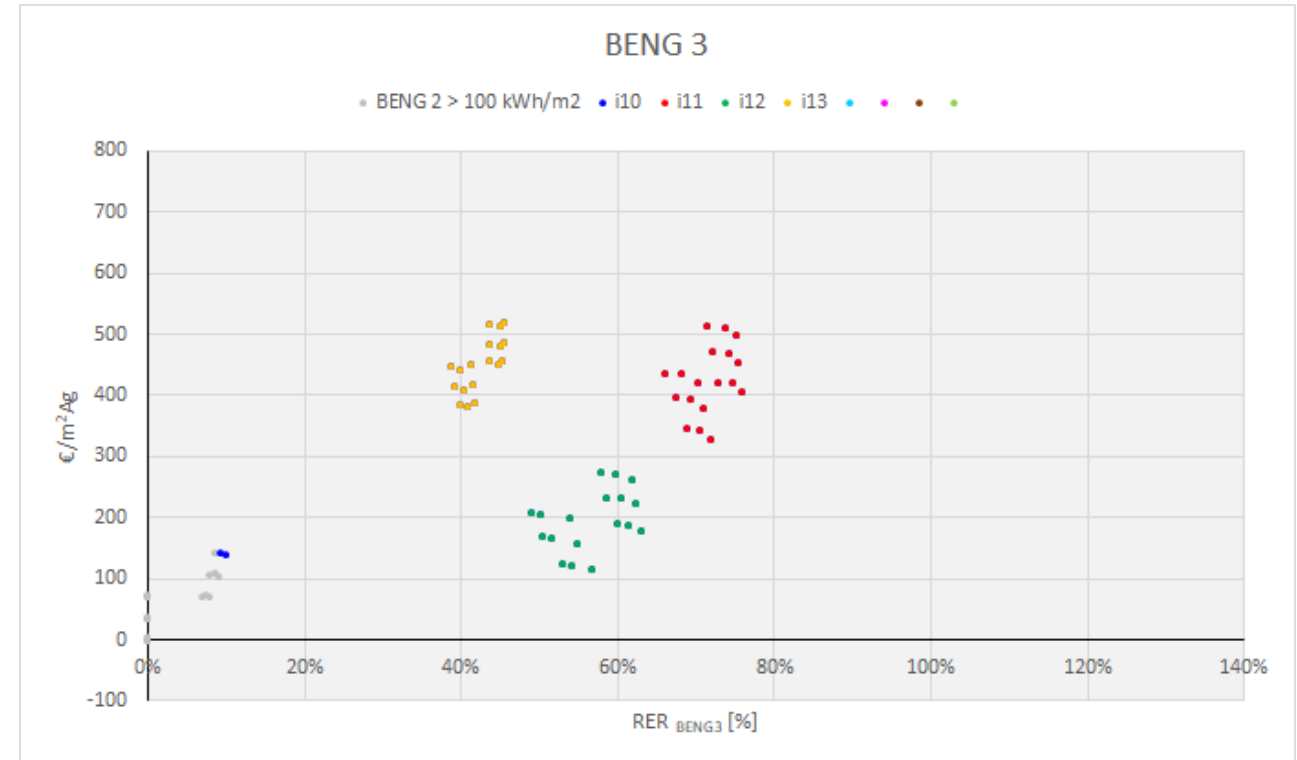
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

### 5.5 Logieswoning

#### 5.5.1 Logieswoning BENG 2

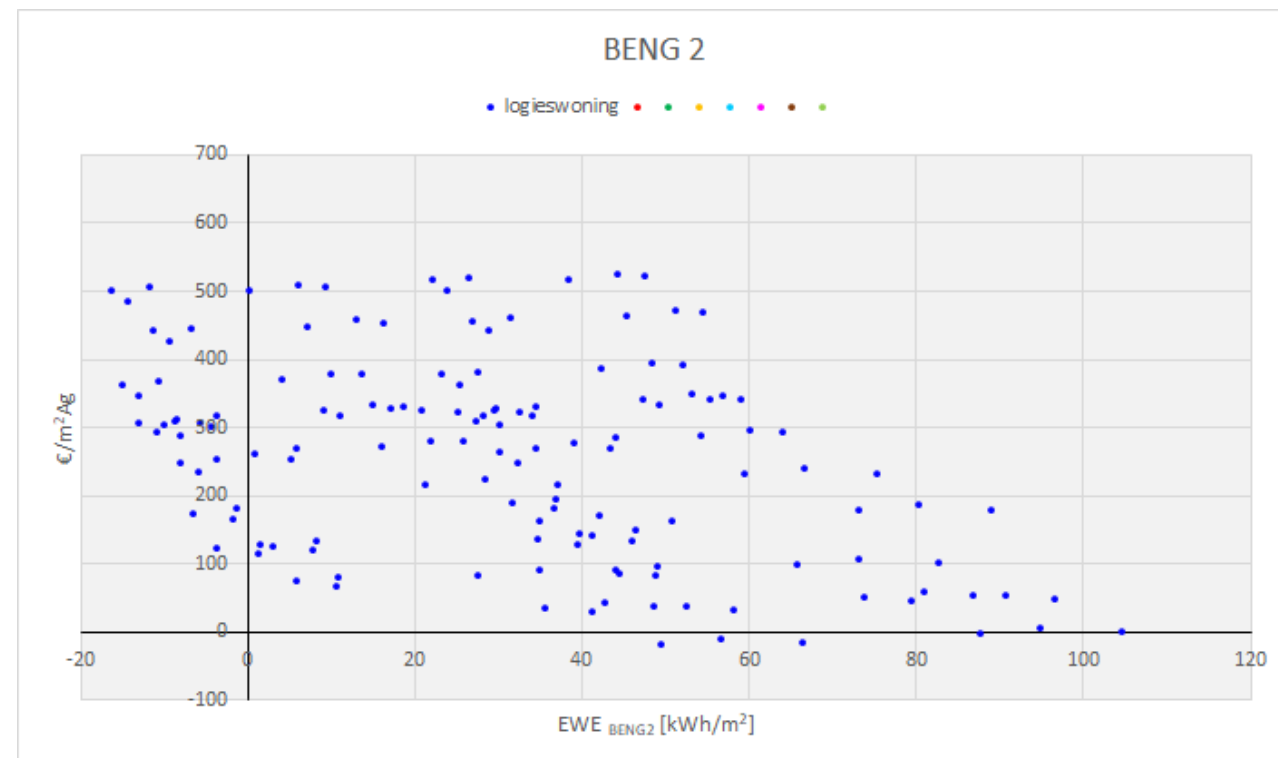
De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de logieswoning. Bij de presentatie van de resultaten zijn de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen.

Om de resultaten goed te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen/varianten het betreft. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 7: gehanteerde codering logieswoning**

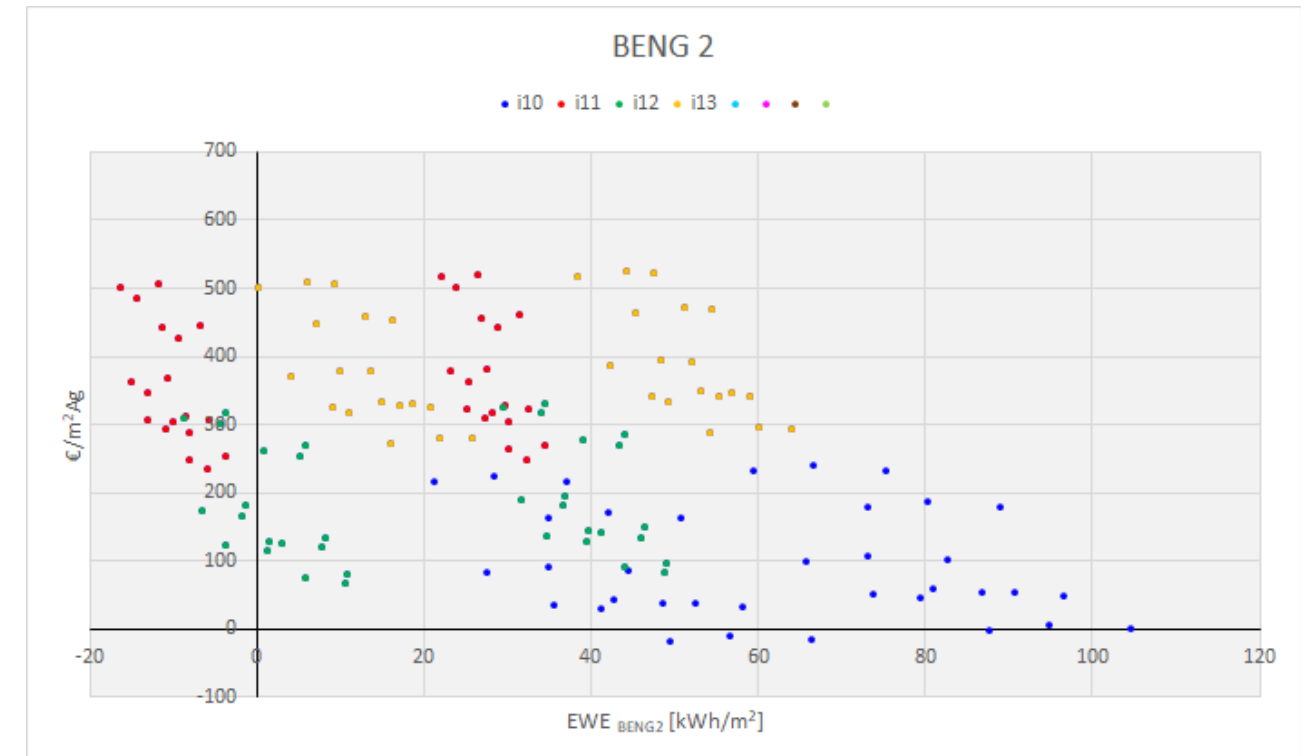
Woningtype	Installatie	Ventilatie	PV
g17 = logieswoning	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	p10 = geen PV
	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	p11 = dak PV
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	p13 = helft p11
	i13 = biomassa		

In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de logieswoning. Het kostenoptimale punt lijkt te liggen bij ongeveer 55 kWh/m<sup>2</sup>:



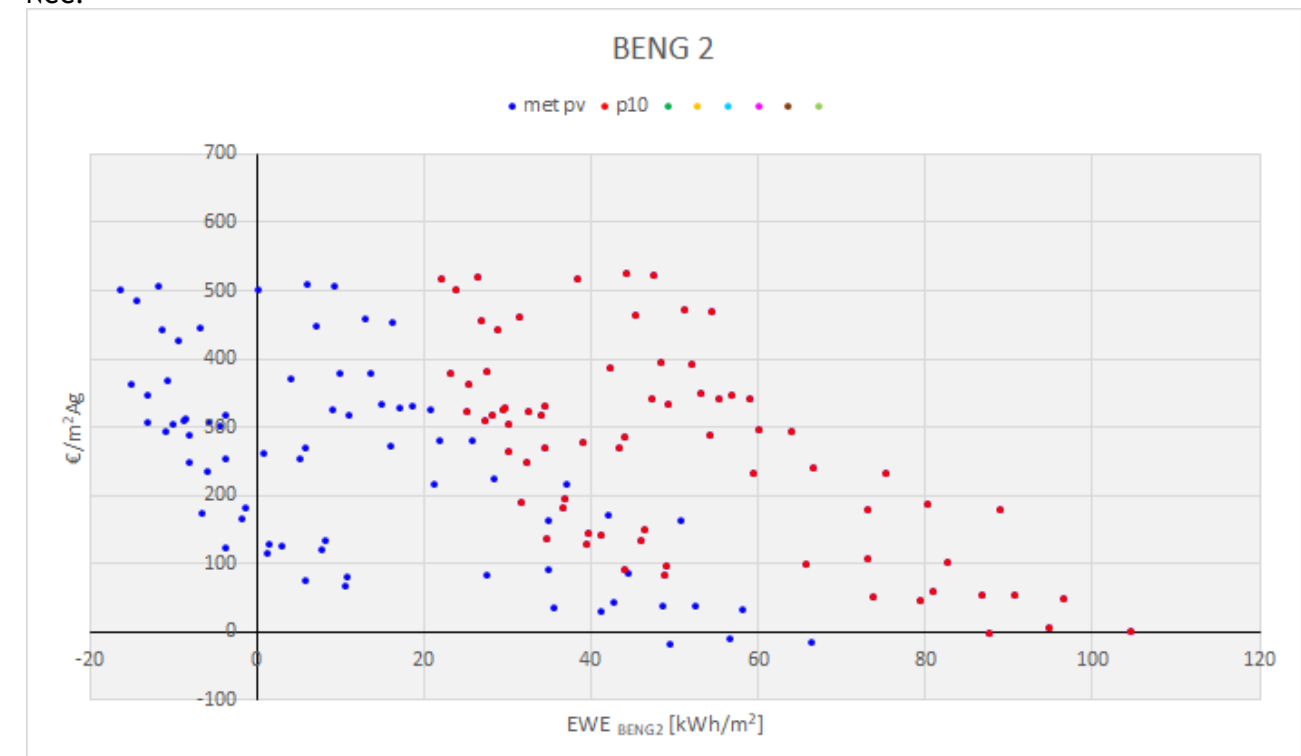
Installatieconcept

Het kostenoptimale punt wordt volledig bepaald door gasconcepten. De concepten met warmtepompen (i11 en i12) en met biomassa (i13) hebben allemaal duidelijk hogere NCC. Met verschillende concepten kunnen tegen hogere NCC lagere BENG 2-prestaties worden gerealiseerd.



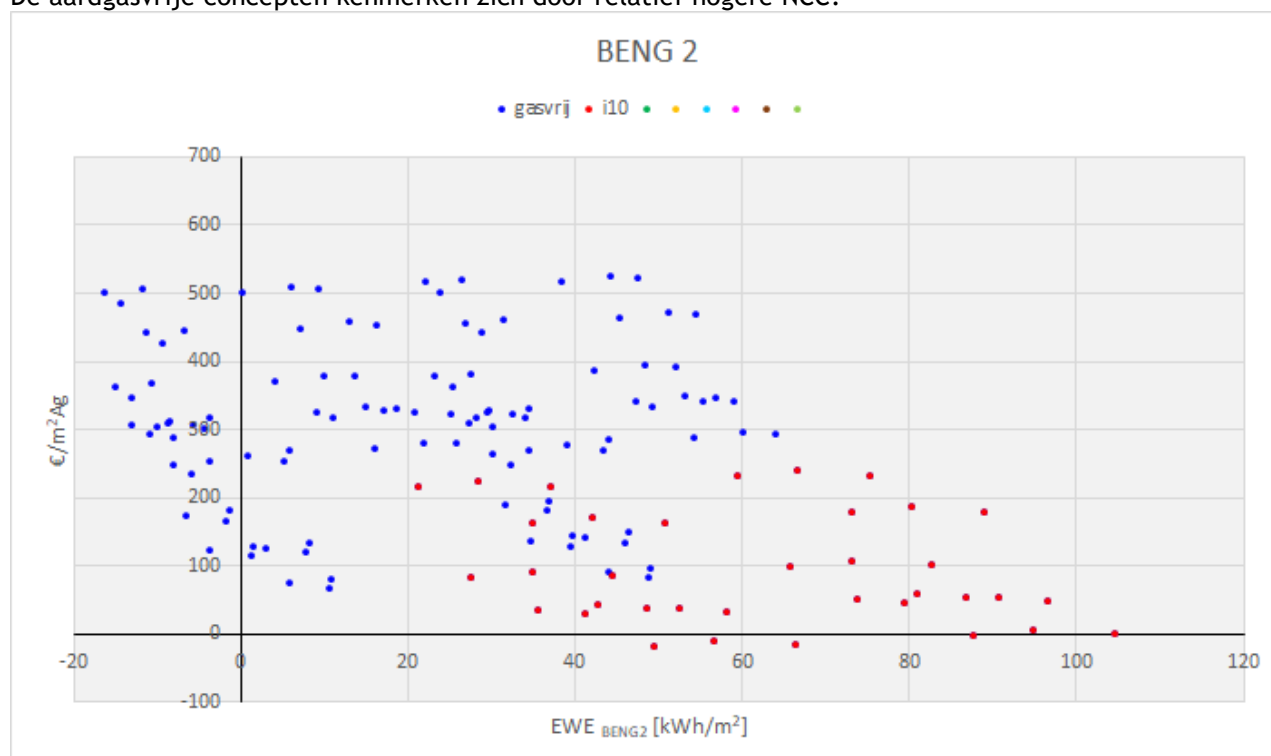
PV

Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 30 kWh/m<sup>2</sup> en vanaf circa 80 kWh/m<sup>2</sup> bij de laagste NCC.

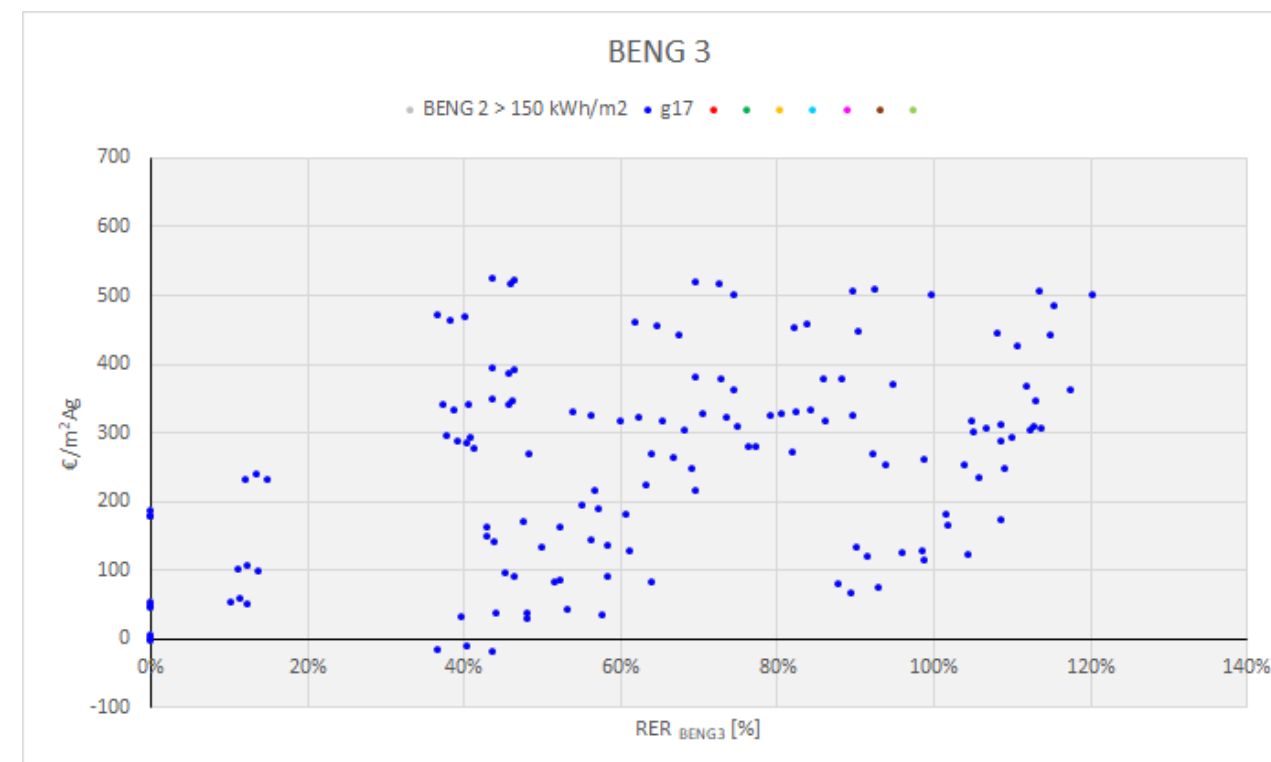


**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief hogere NCC:

**5.5.2 Logieswoning BENG 3**

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Voor de logieswoning is maar één referentiegebouw beschikbaar, daarom is er geen onderscheid in woningtypes te maken in onderstaande grafiek.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

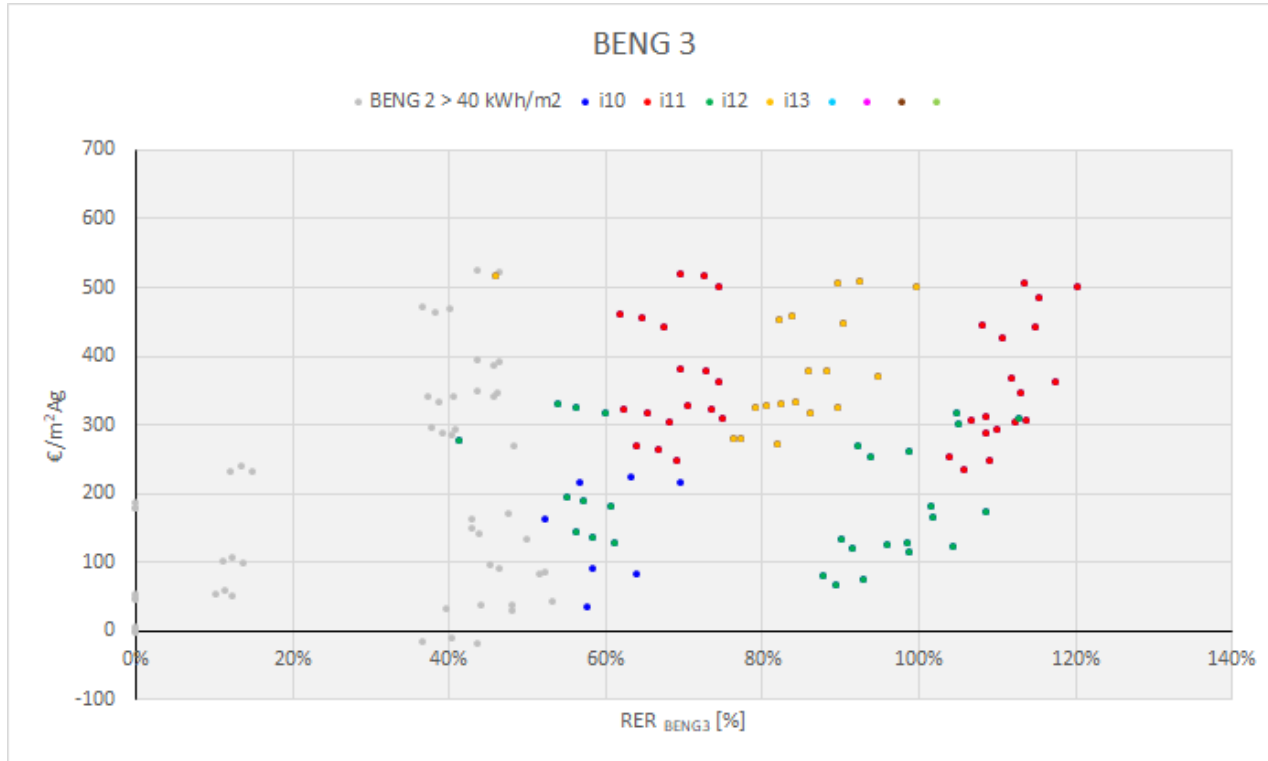
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

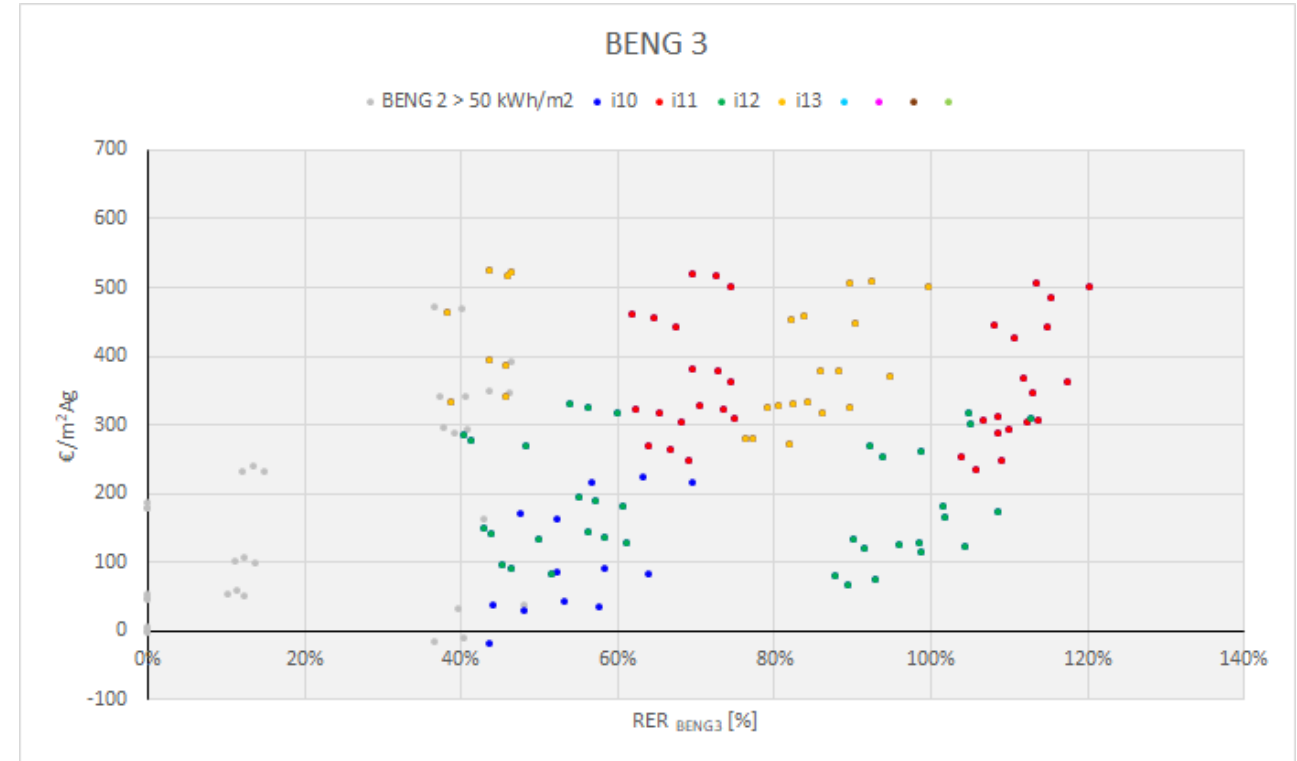
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

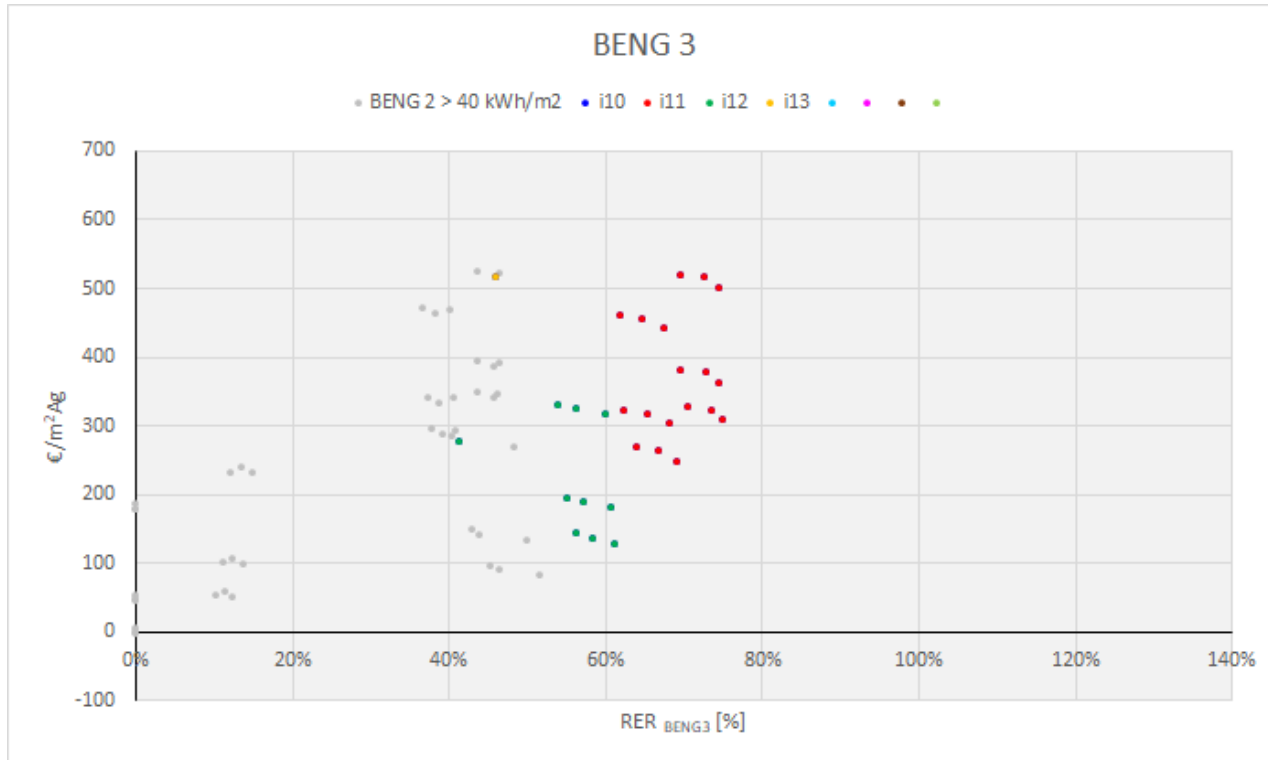


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

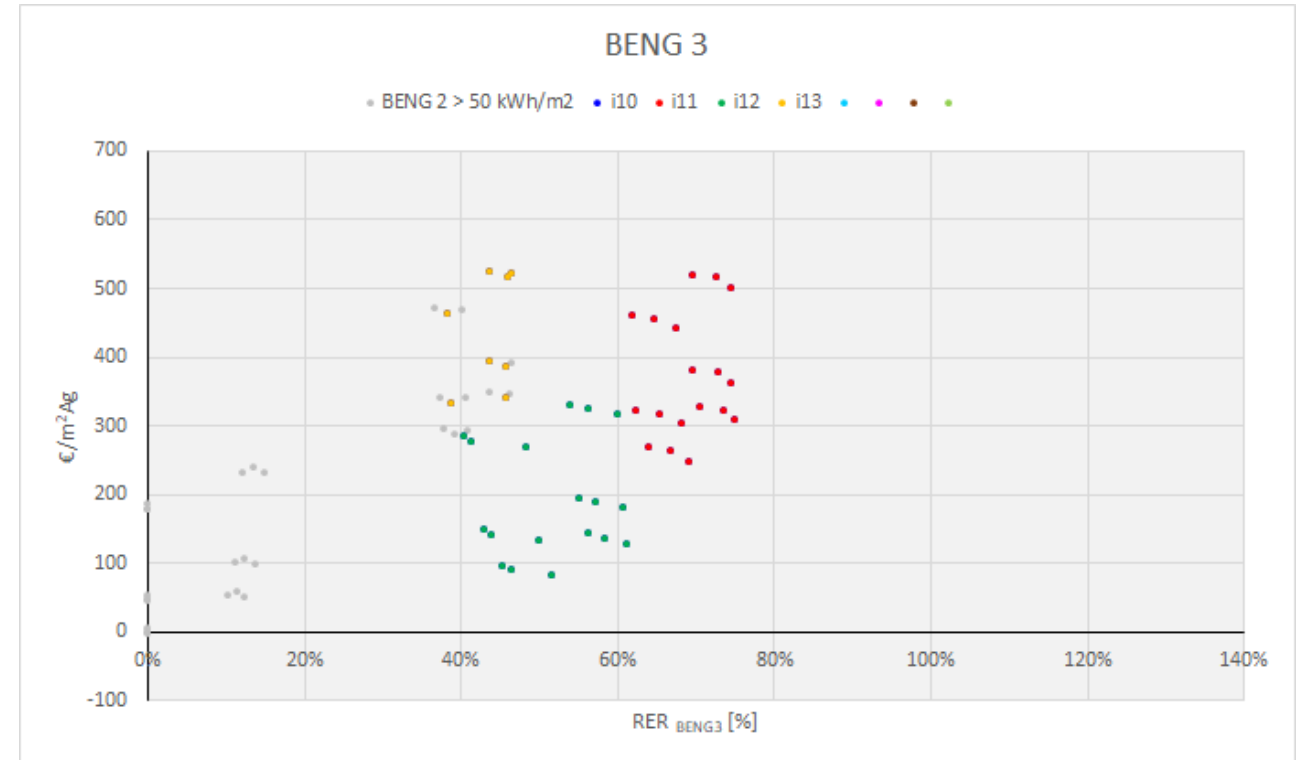
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

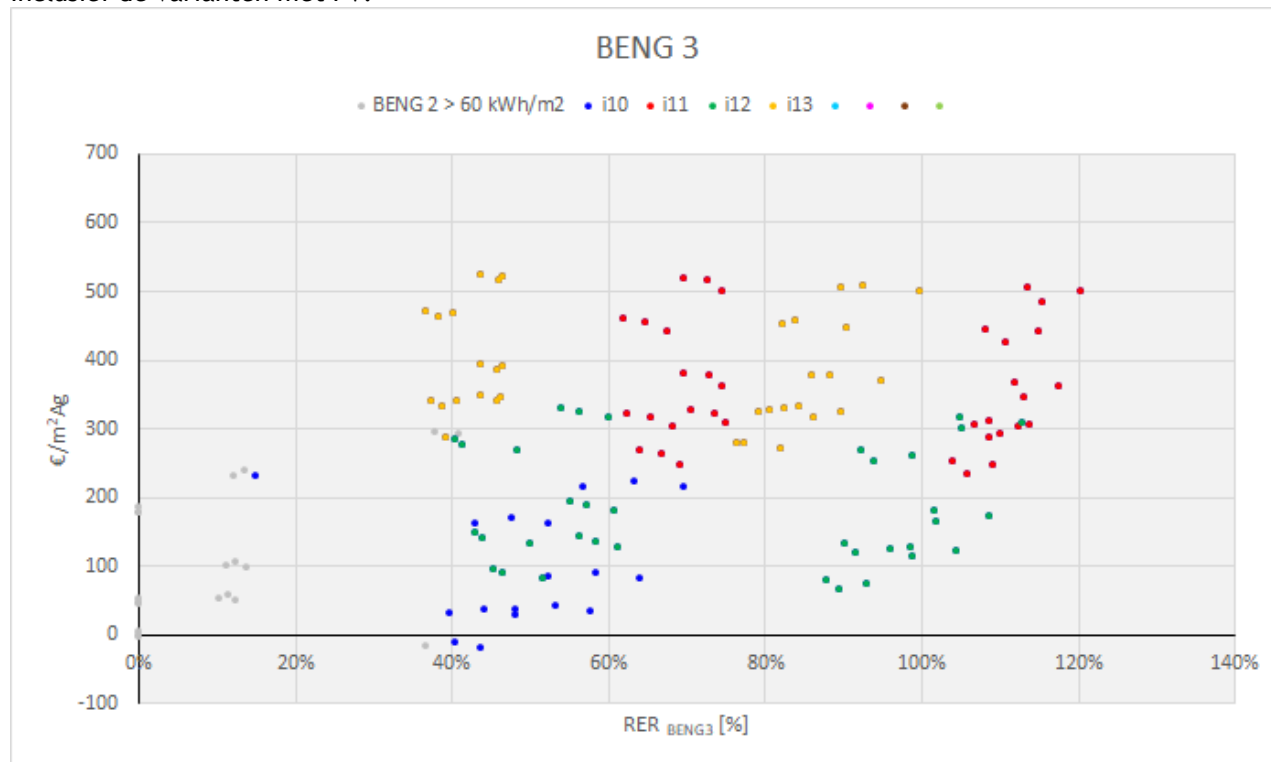


Zonder de varianten met PV:

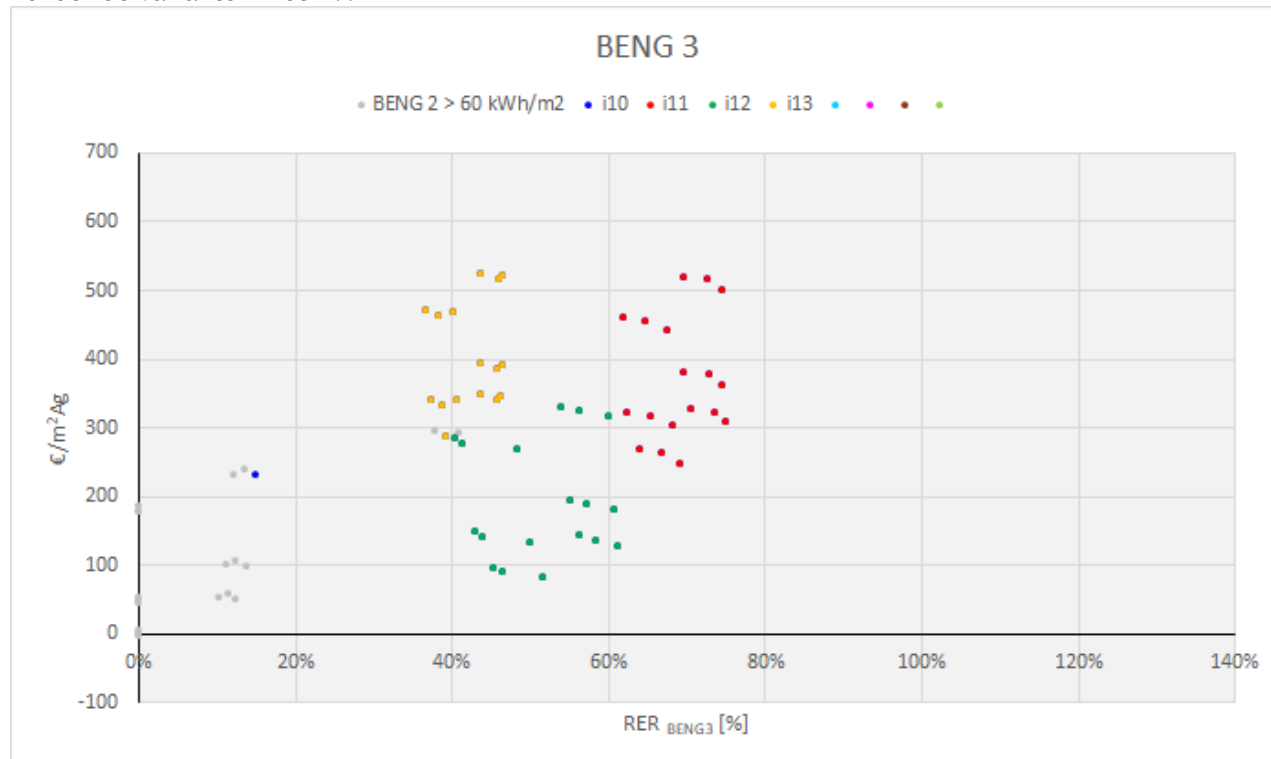


### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

### 5.6 Drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats

#### 5.6.1 Drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats BENG 2

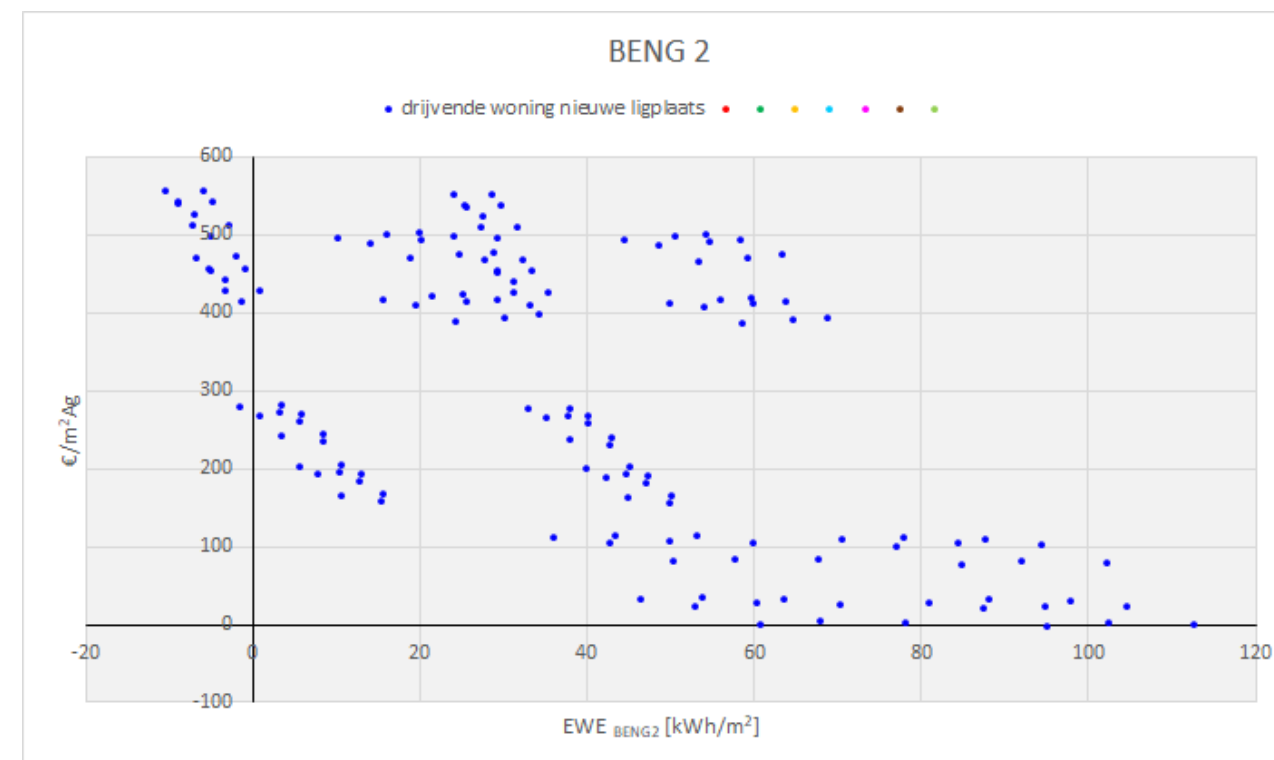
De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats. Bij de presentatie van de resultaten zijn de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen.

Om de resultaten goed te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen/varianten het betreft. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

tabel 8: gehanteerde codering drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats

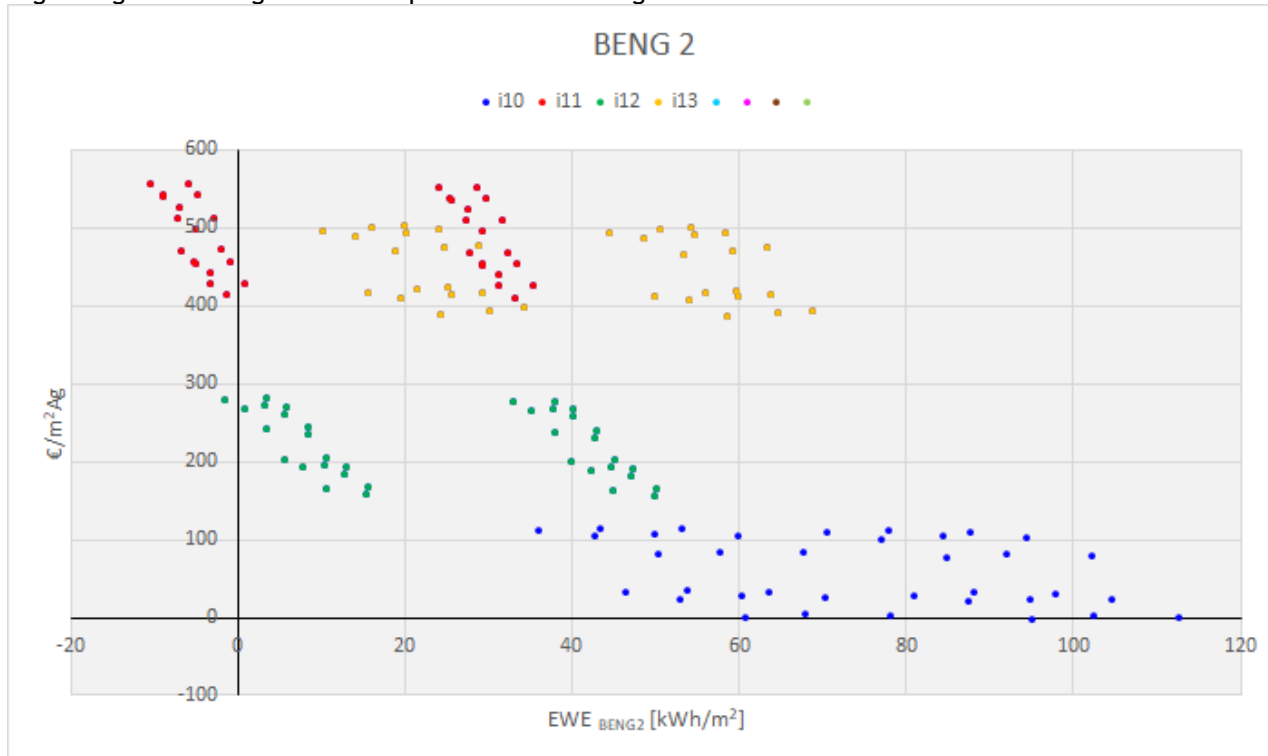
Woningtype	Installatie	Ventilatie	PV
g18 = drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	p10 = geen PV
	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	p11 = dak PV
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	p13 = helft p11
	i13 = biomassa		

In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de drijvende woonfunctie op een nieuwe ligplaats. Op basis van de doorgerekende varianten is er geen kostenoptimaal punt aan te wijzen. Wel is er vanaf circa 60 tot 110 kWh/m<sup>2</sup> een kostenoptimale zone.



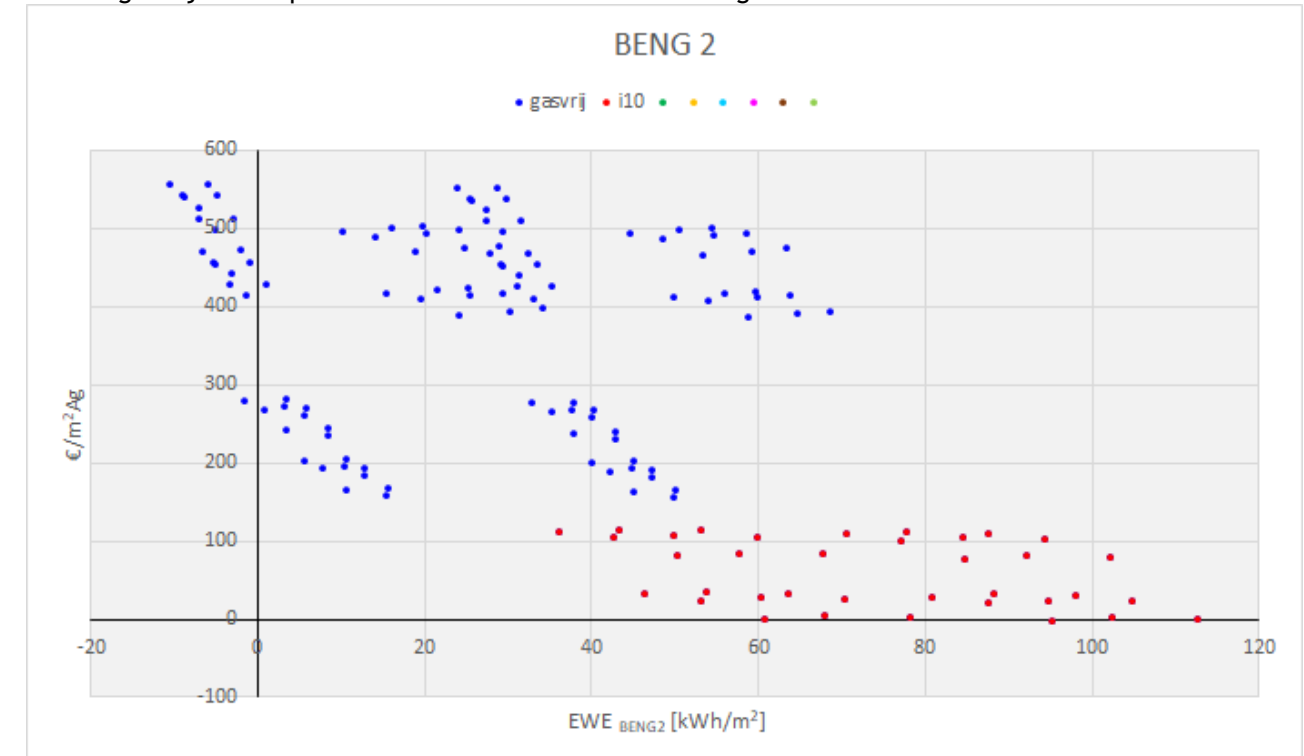
**Installatieconcept**

De kostenoptimale zone wordt volledig bepaald door de gasconcepten. De concepten met warmtepompen (i11 en i12) en met biomassa (i13) hebben allemaal hogere NCC. Met verschillende concepten kunnen tegen hogere NCC lagere BENG 2-prestaties worden gerealiseerd.



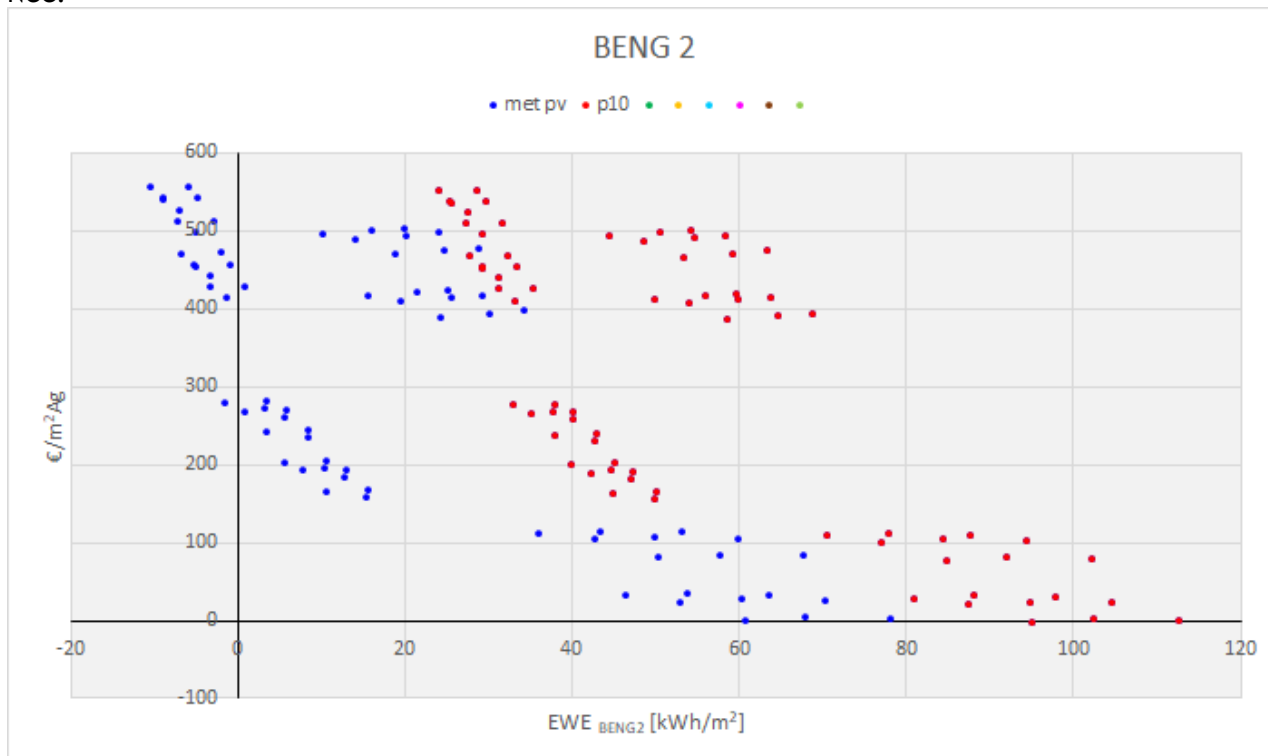
**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief hogere NCC:



**PV**

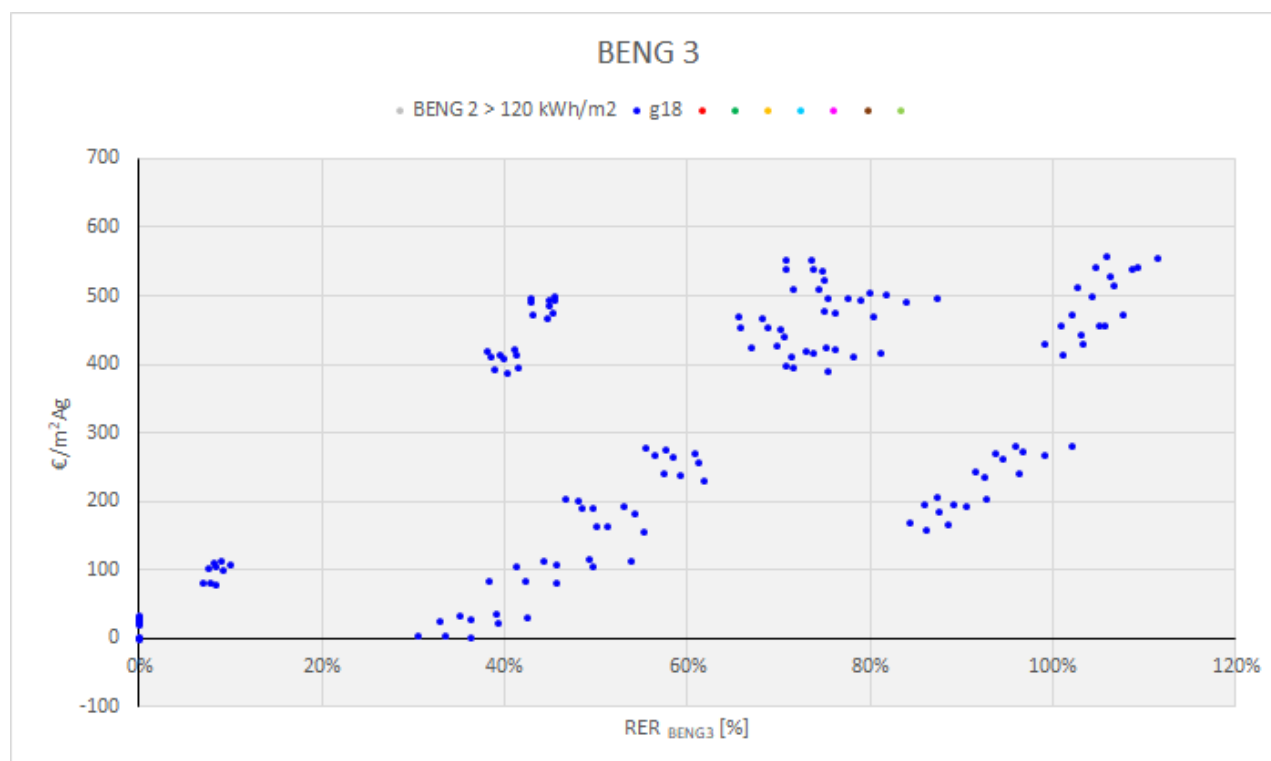
Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 25 kWh/m² en vanaf circa 95 kWh/m² bij de laagste NCC.





### 5.6.2 Drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats BENG 3

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Voor de drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats is maar één referentiegebouw beschikbaar, daarom is er geen onderscheid in woningtypes te maken in onderstaande grafiek.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

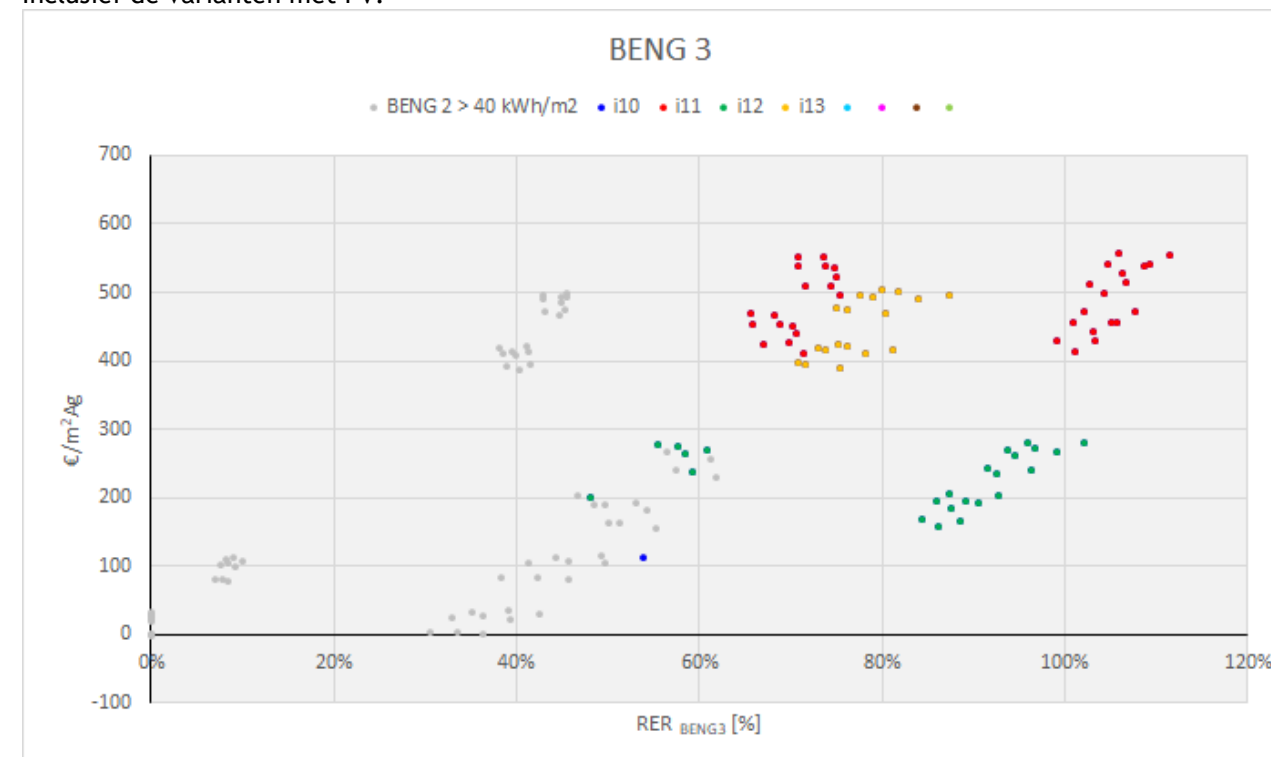
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

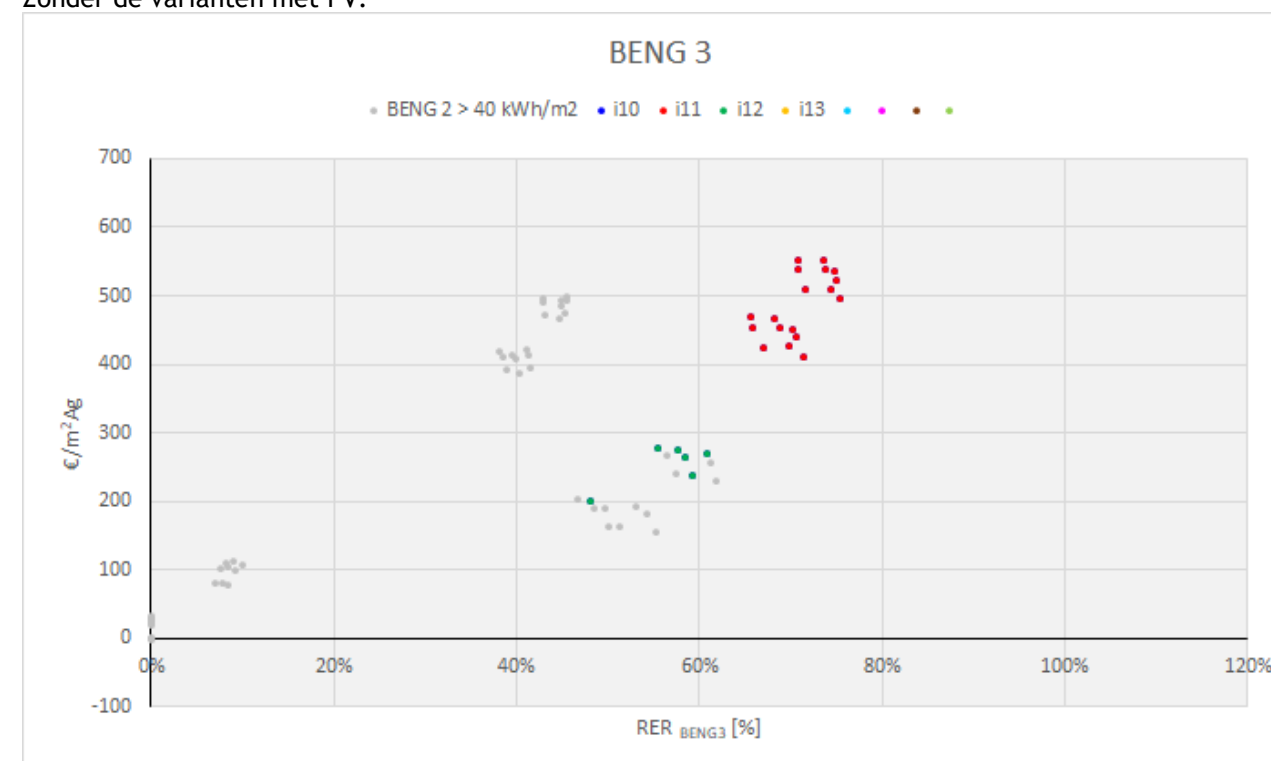
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

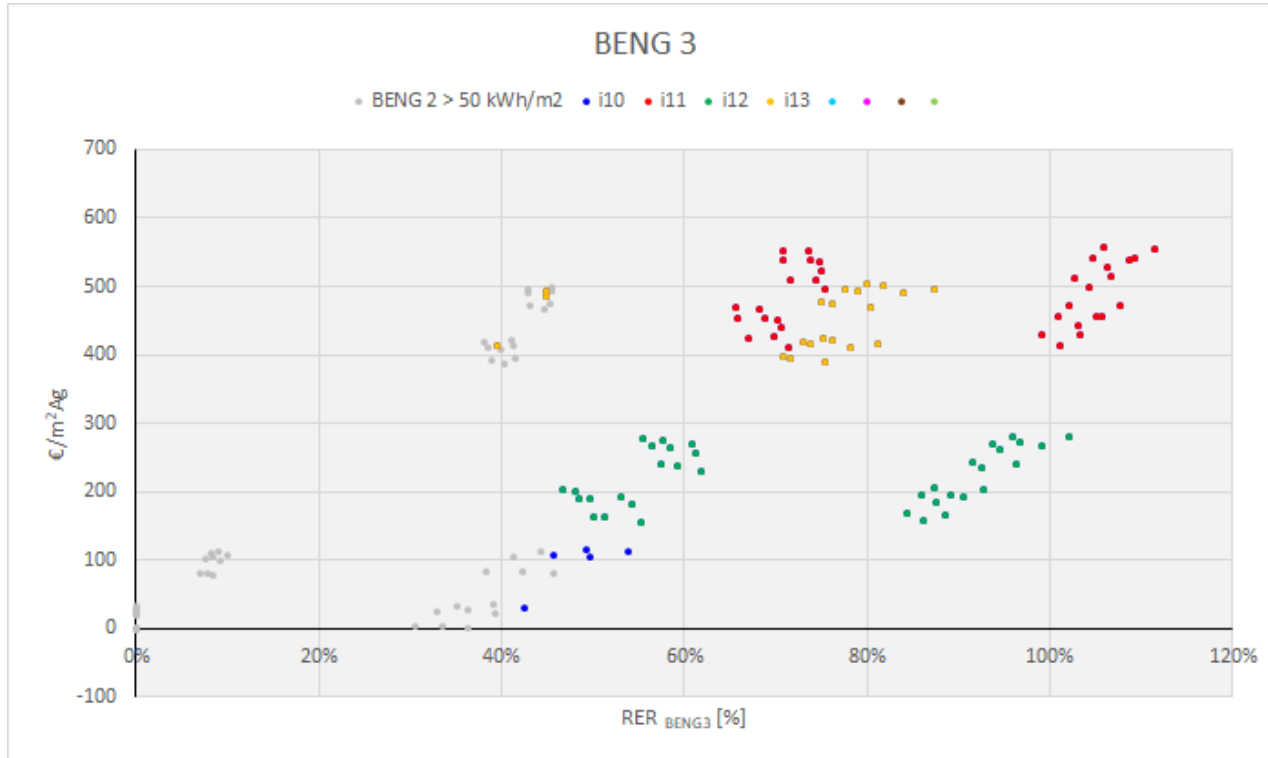


Zonder de varianten met PV:



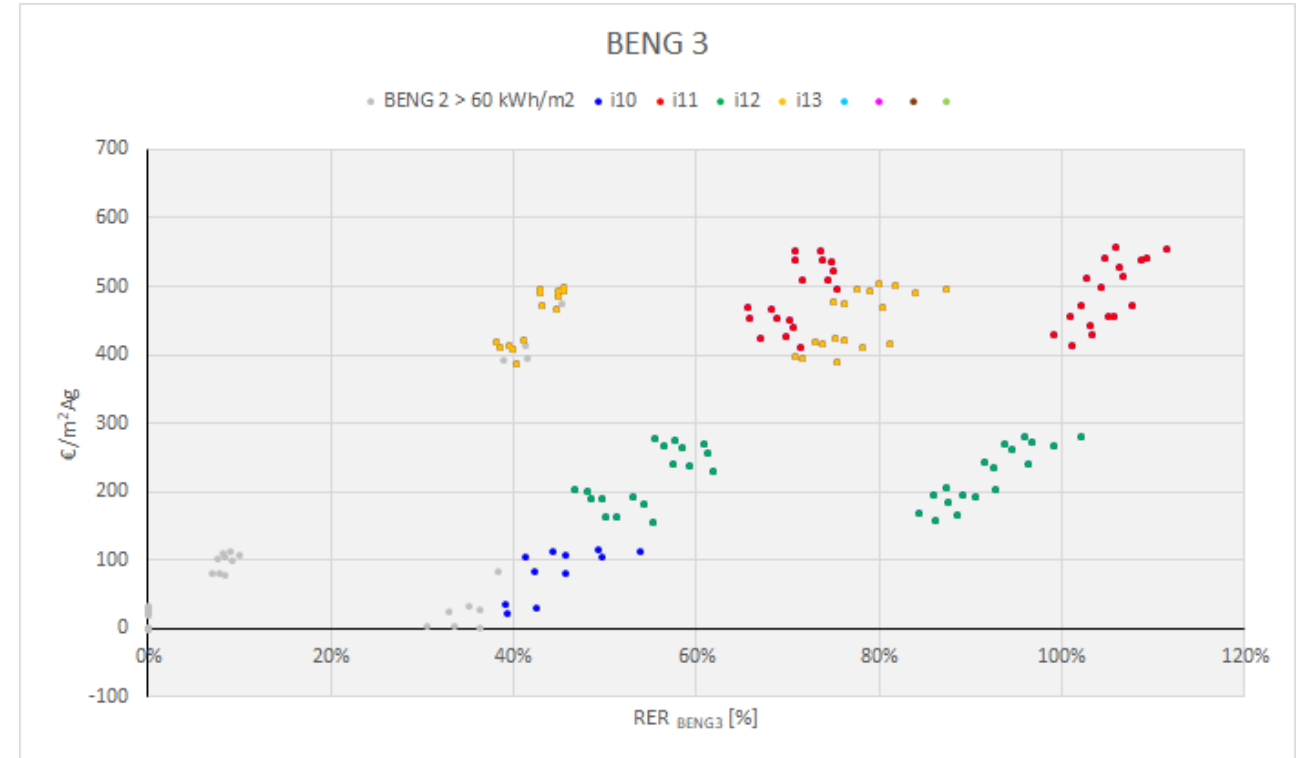
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

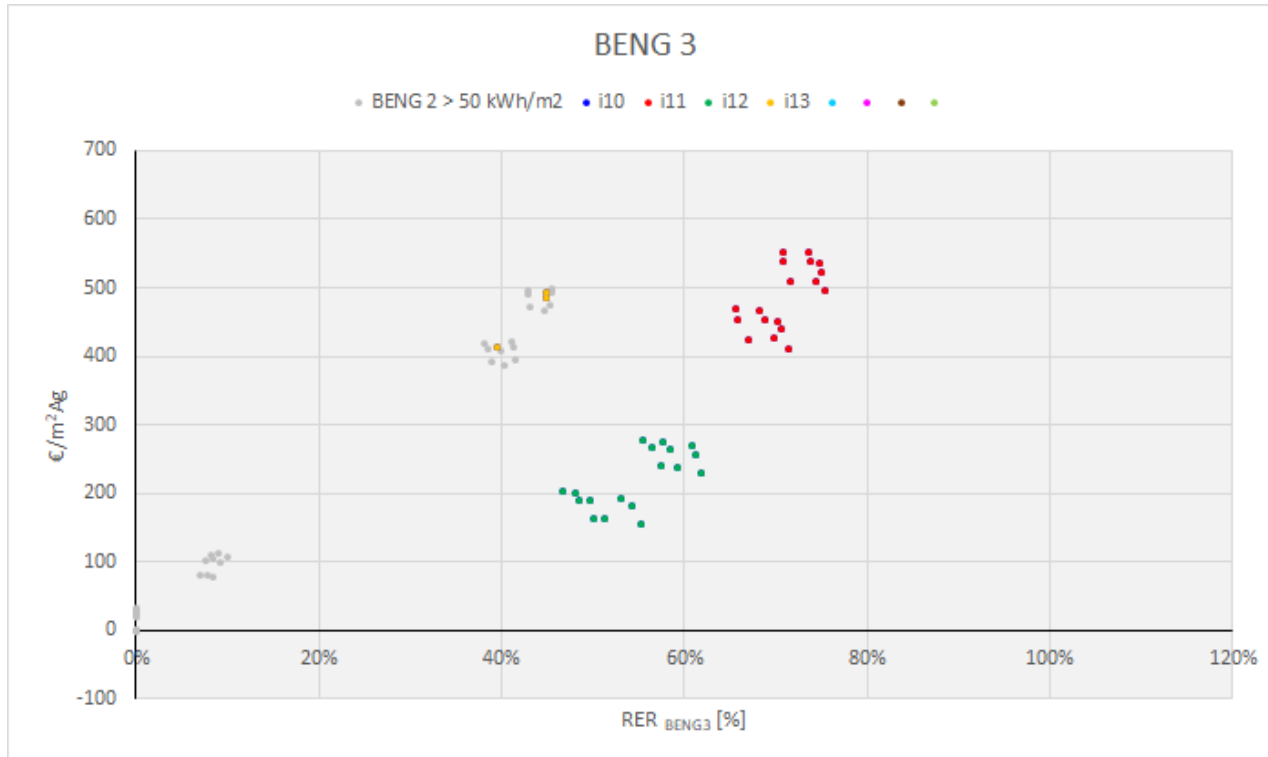


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

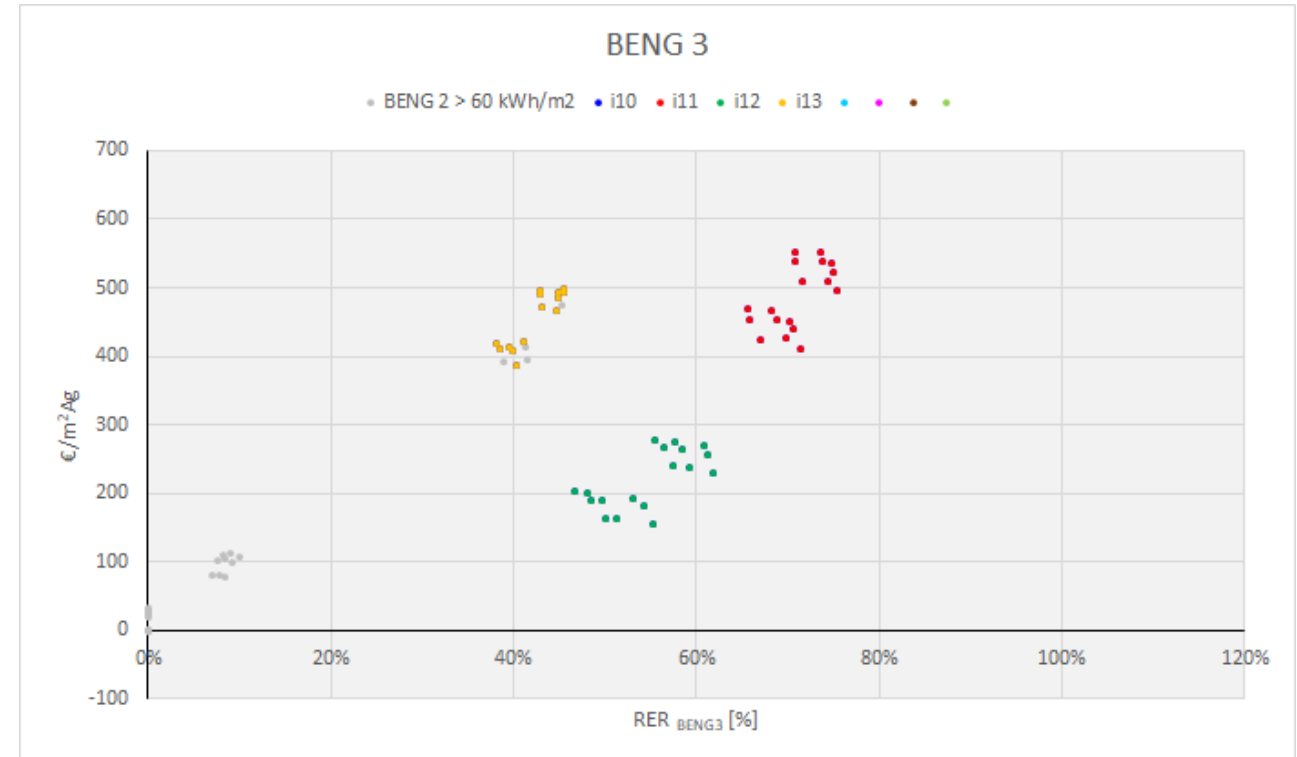
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

### 5.7 Drijvende woonfunctie bestaande ligplaats

#### 5.7.1 Drijvende woonfunctie bestaande ligplaats BENG 2

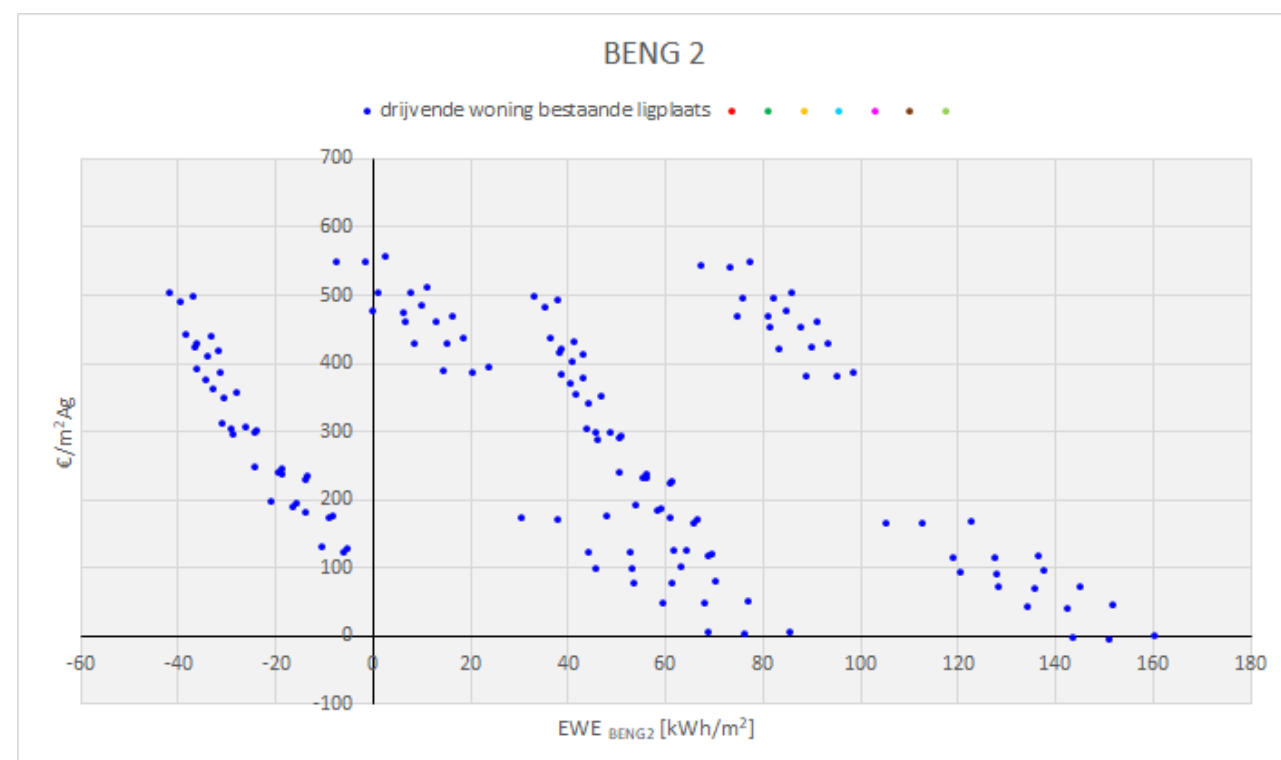
De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de drijvende woonfunctie bestaande ligplaats. Ondanks de hoogtebeperkingen (in het bestemmingsplan) die in sommige gevallen bij dit woningtype voor kunnen komen, is ook bij deze woningen ervan uitgegaan dat er mogelijkheden zijn om PV op het dak te plaatsen. Net als bij de grondgebonden woningen is hier uitgegaan van een gematigde hoeveelheid PV (p13).

Om de resultaten goed te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen/varianten het betreft. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 9: gehanteerde codering drijvende woonfunctie bestaande ligplaats**

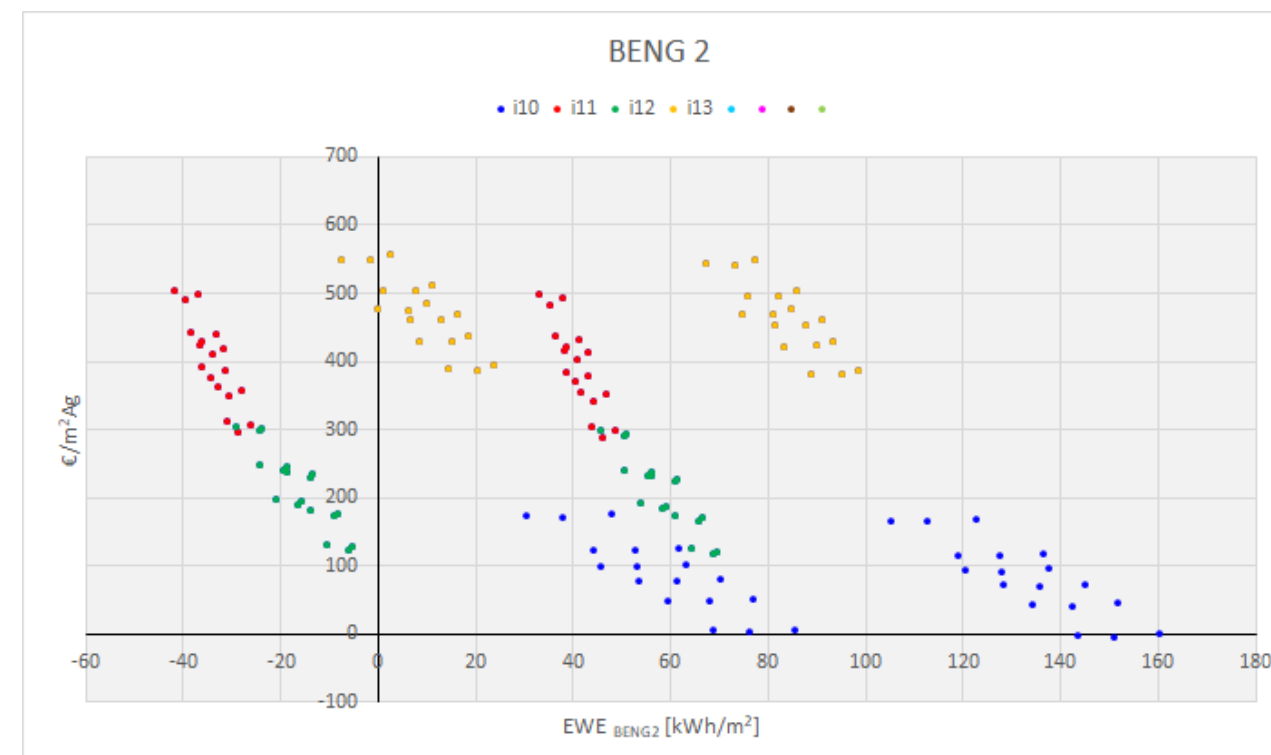
Woningtype	Installatie	Ventilatie	PV
g19 = drijvende woonfunctie bestaande ligplaats	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	p10 = geen PV
	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	p11 = dak PV
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	p13 = helft p11
	i13 = biomassa		

In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de drijvende woonfunctie op een nieuwe ligplaats. Op basis van de doorgerekende varianten lijkt er een kostenoptimaal punt te zijn bij circa 75 kWh/m<sup>2</sup>.



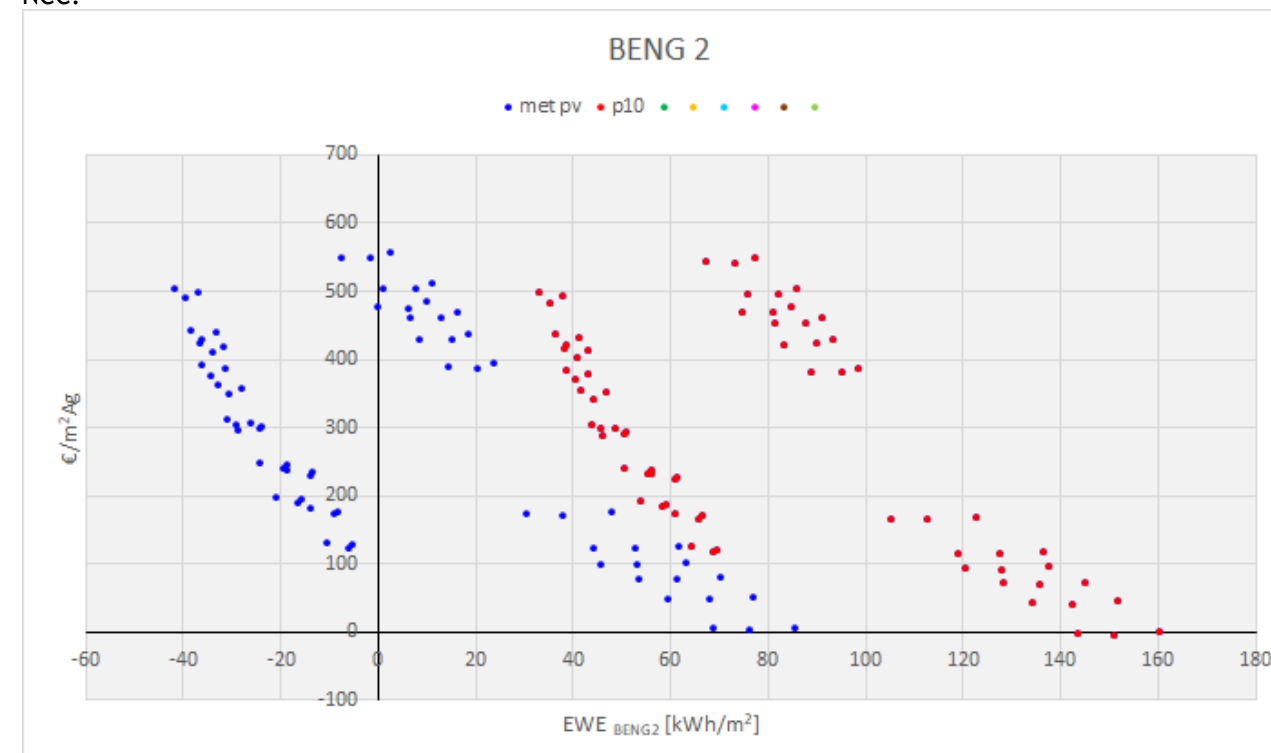
#### Installatieconcept

Het kostenoptimale punt wordt volledig bepaald door de gasconcepten. De concepten met warmtepompen (i11 en i12) en met biomassa (i13) hebben allemaal hogere NCC. Met verschillende concepten kunnen tegen hogere NCC lagere BENG 2-prestaties worden gerealiseerd.



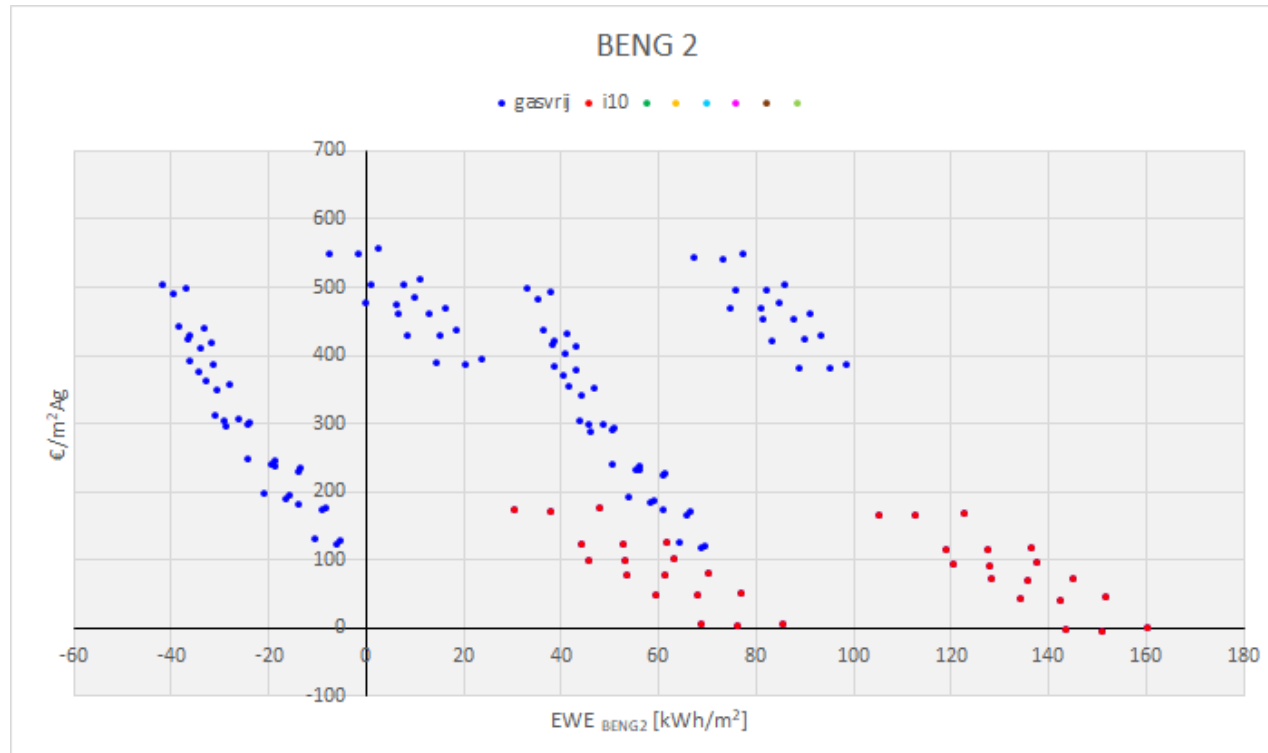
#### PV

Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 35 kWh/m<sup>2</sup> en vanaf circa 140 kWh/m<sup>2</sup> bij de laagste NCC.

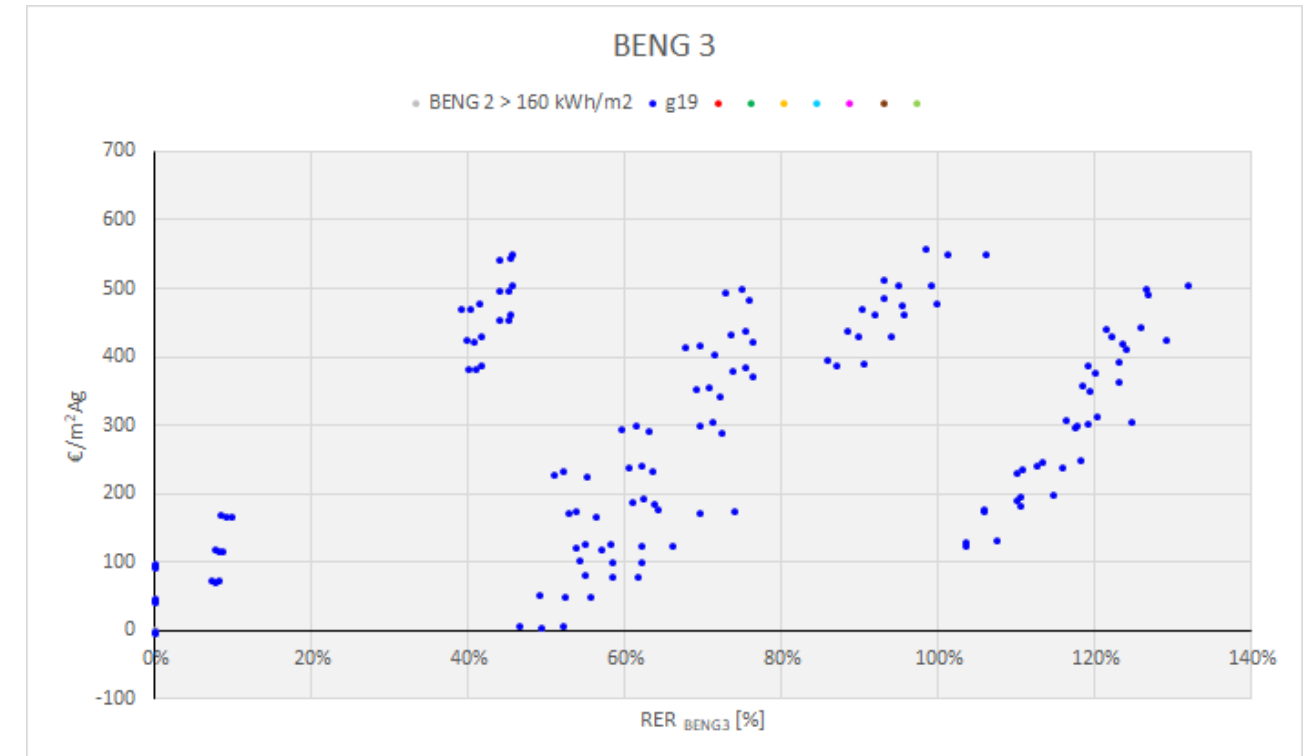


**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief hogere NCC.

**5.7.2 Drijvende woonfunctie bestaande ligplaats BENG 3**

Om allereerst inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Voor de drijvende woonfunctie bestaande ligplaats is maar één referentiegebouw beschikbaar, daarom is er geen onderscheid in woningtypes te maken in onderstaande grafiek.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

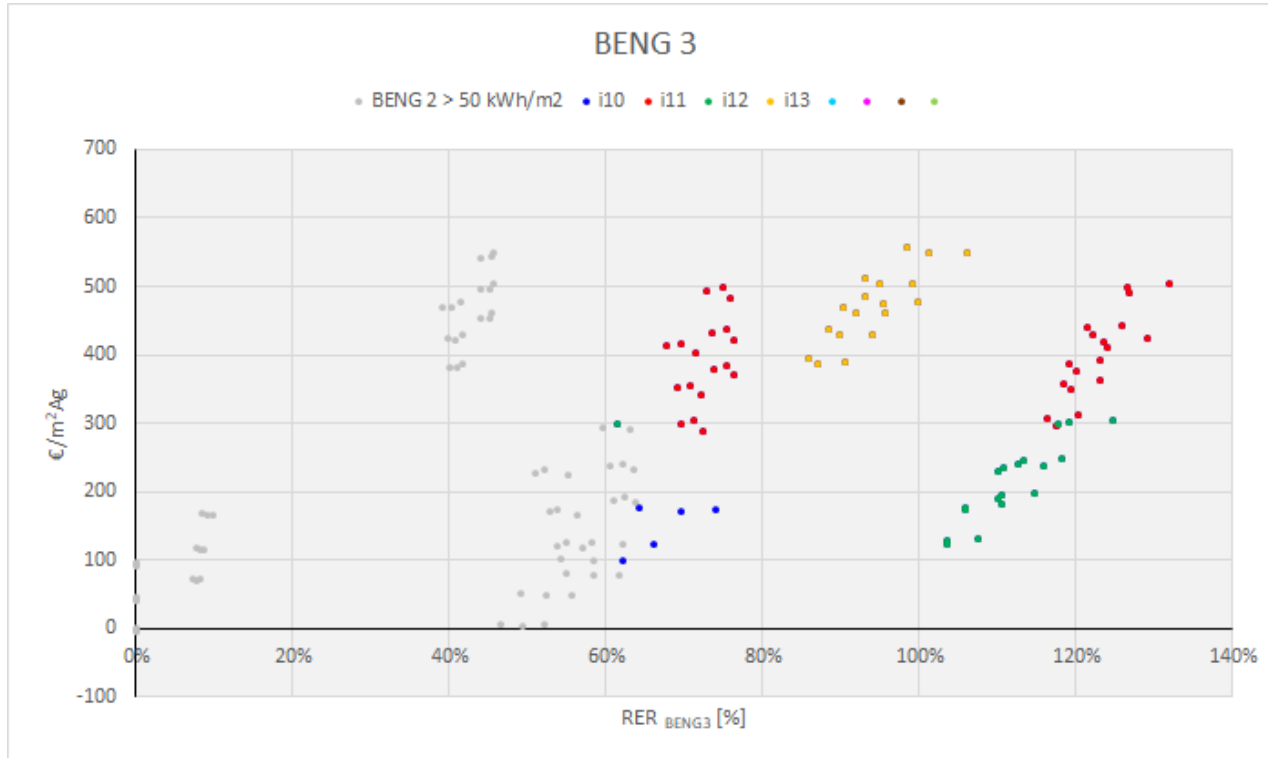
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

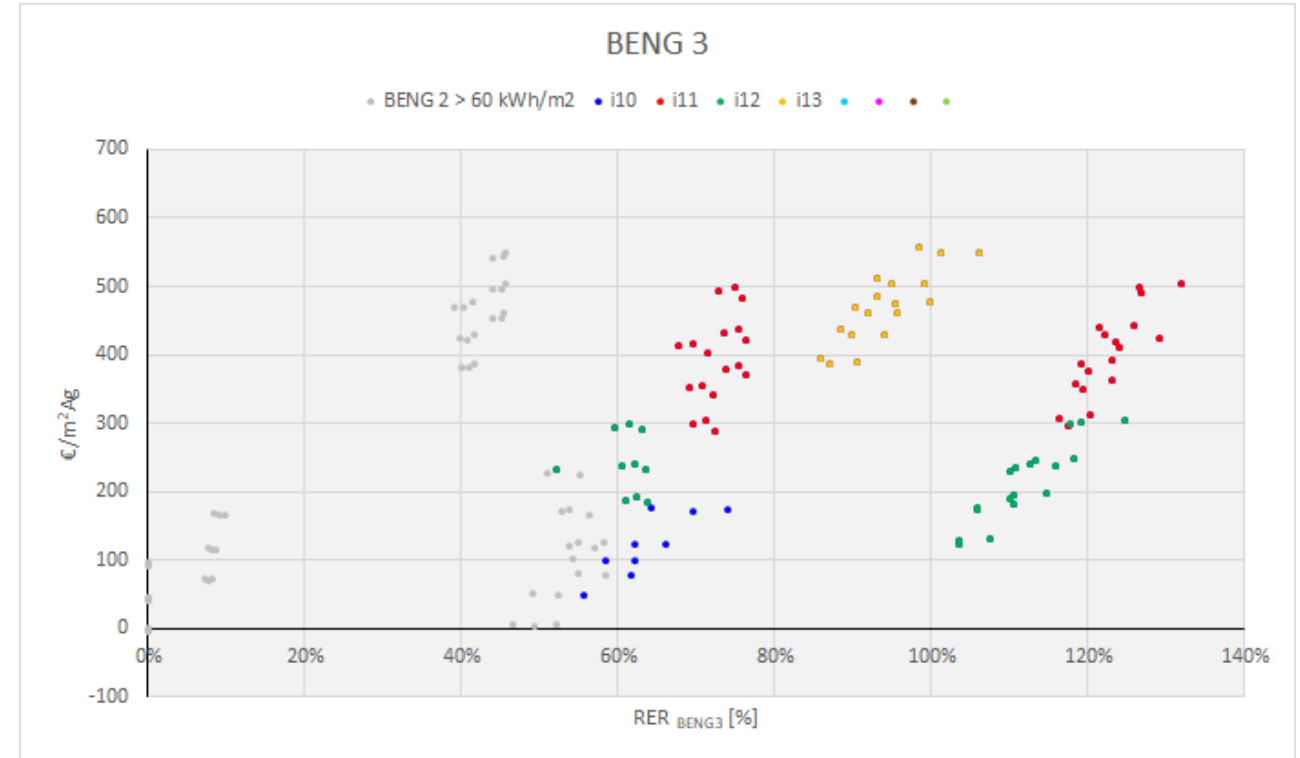
**BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>**

Inclusief de varianten met PV:

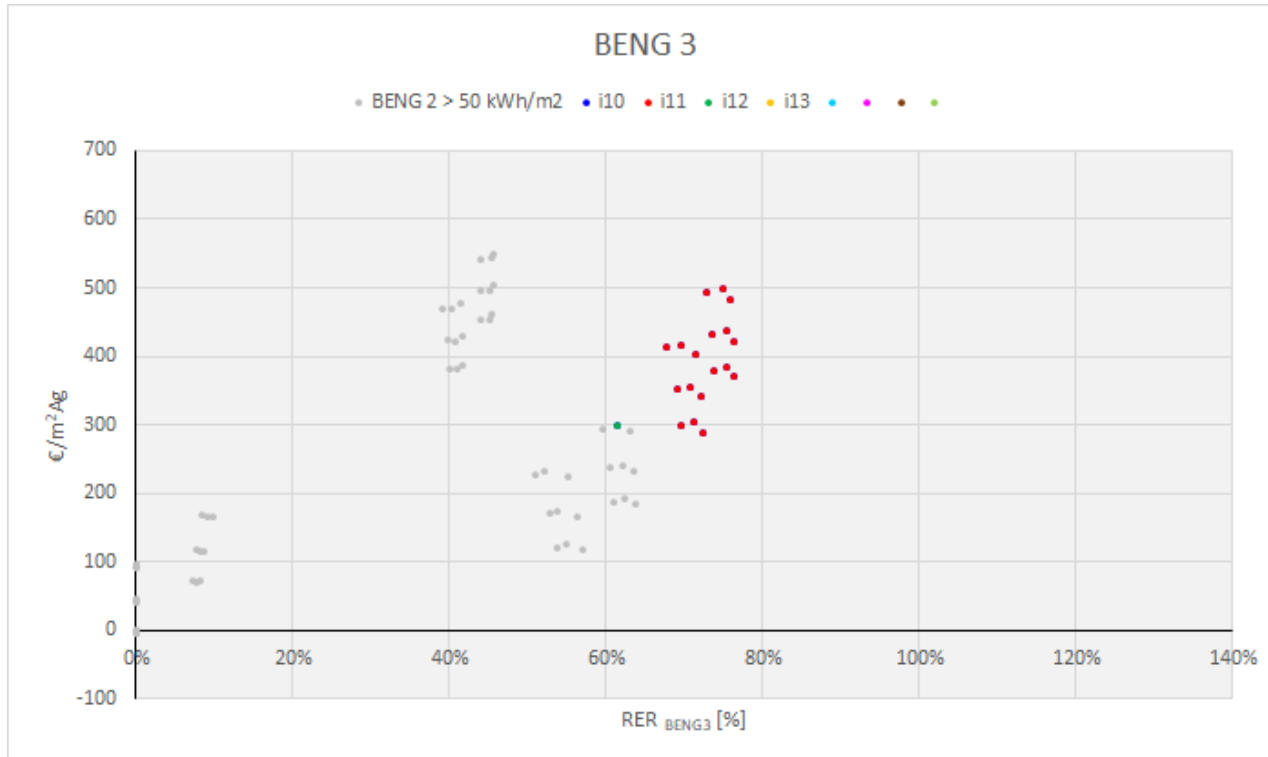


**BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>**

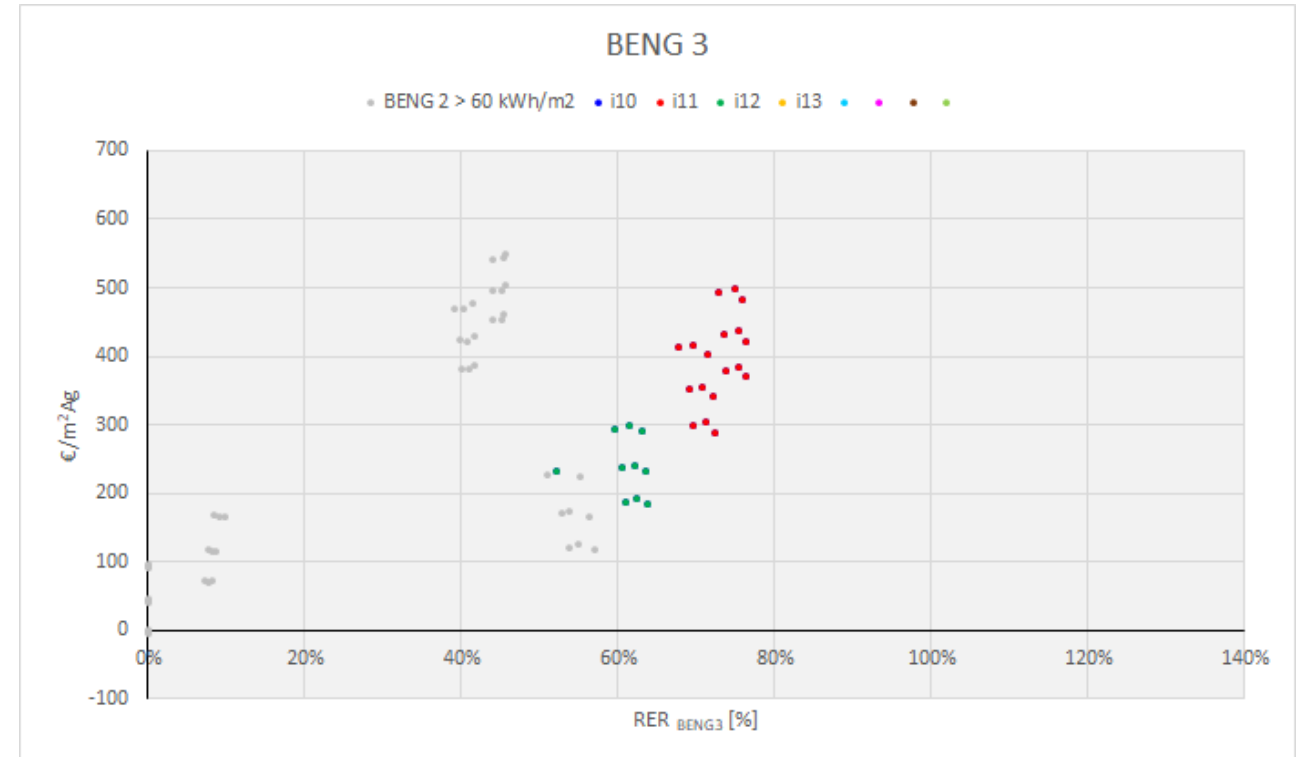
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

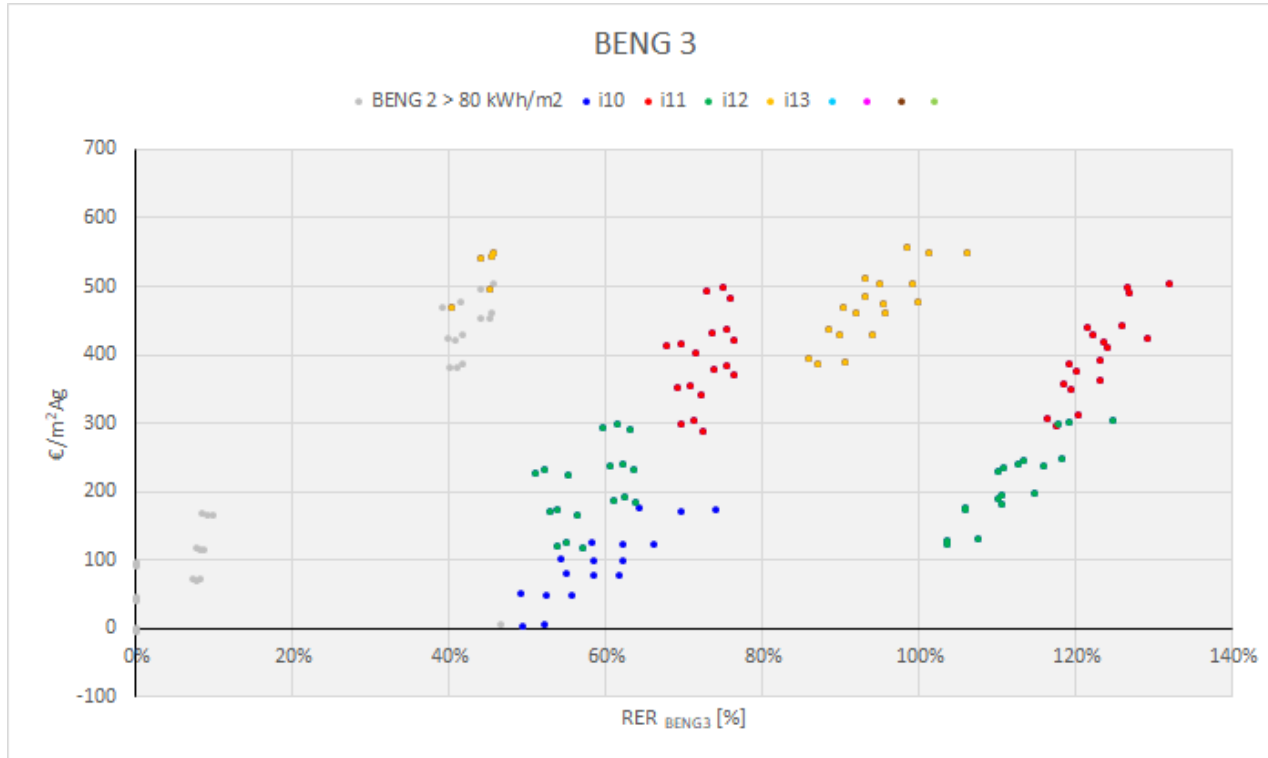


Zonder de varianten met PV:



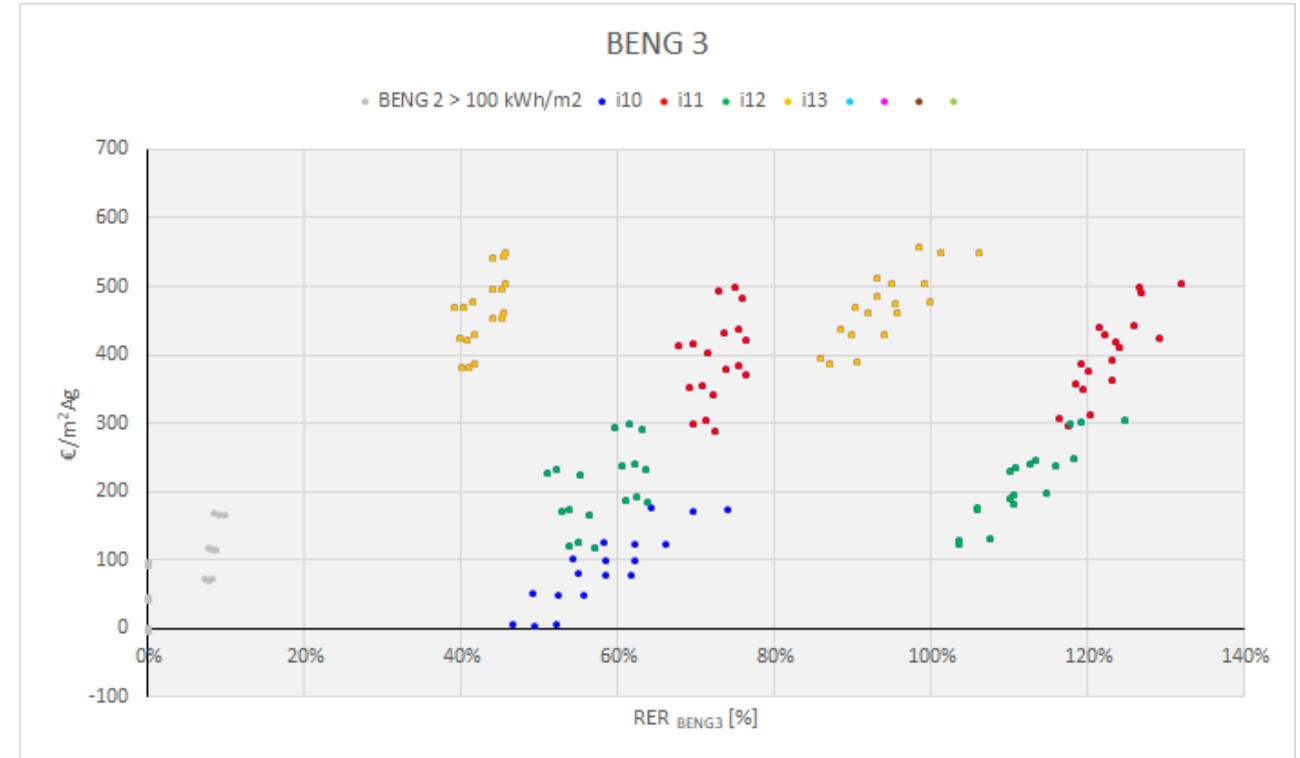
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

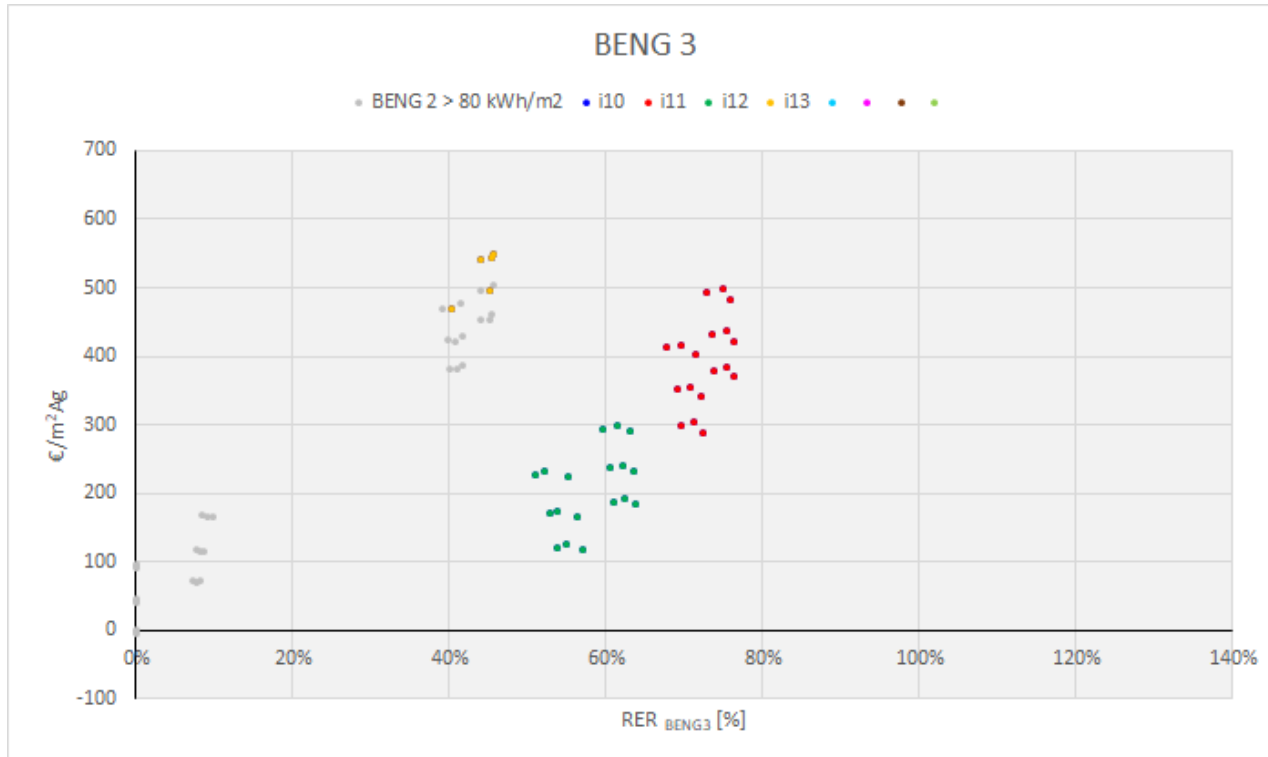


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

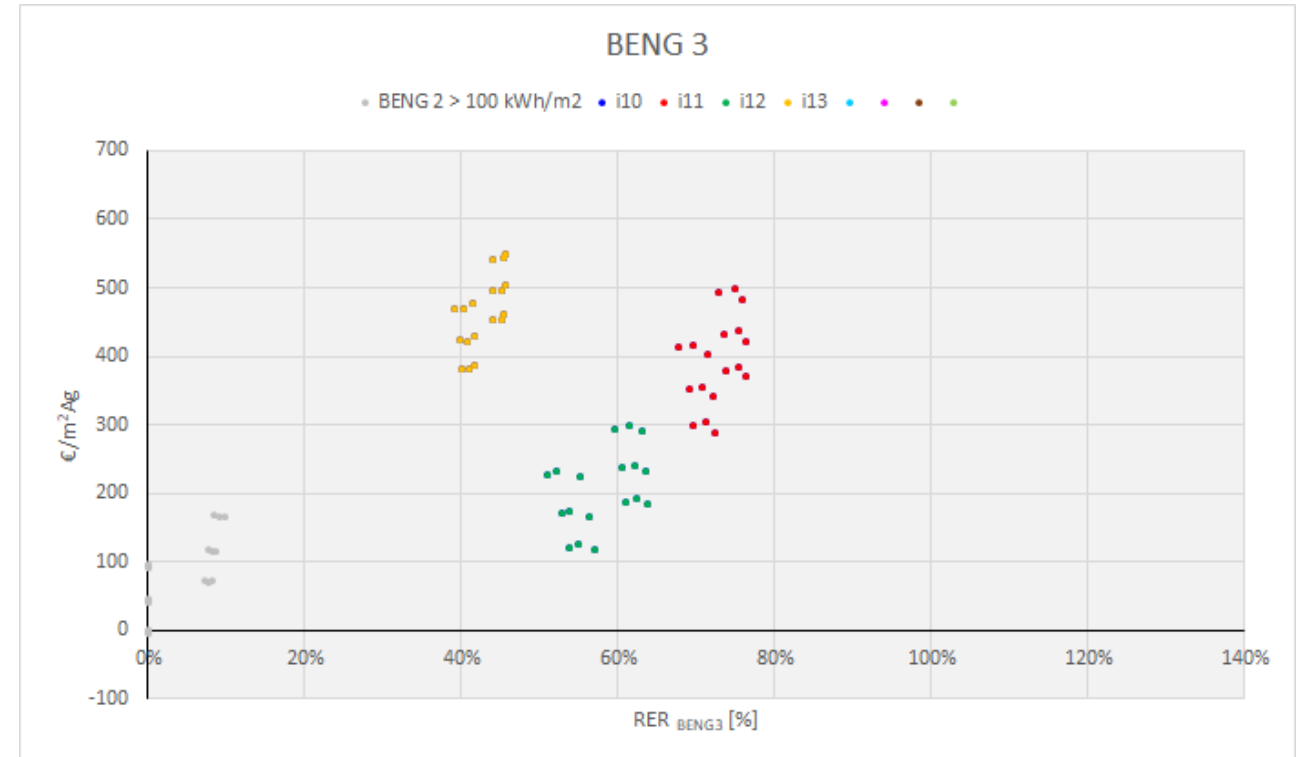
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de ENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

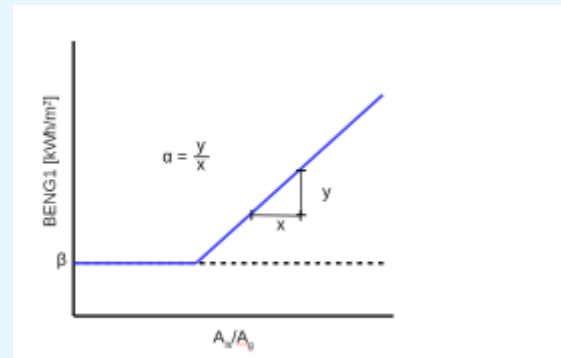
### 5.8 Gevoeligheidsanalyses

In bijlage 4 van deze rapportage zijn de resultaten van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses opgenomen. De grafieken in deze bijlage laten een vergelijkbaar beeld zien als de hier getoonde grafieken. Dat betekent dat een hogere of lagere discontovoet, een hogere of lagere energieprijzontwikkeling of wijziging van de oriëntatie van de gebouwen niet leidt tot wezenlijk andere inzichten.

Ook de macro-economische berekeningen, waarbij het effect van belastingen uitgesloten wordt en de (maatschappelijk) kosten voor CO<sub>2</sub> wel in rekening worden gebracht, laten een vergelijkbaar beeld zien.

## 6. Resultaten woningbouw BENG 1

De BENG 1-indicator heeft een sterke correlatie met de compactheid van het gebouw: hoe compacter het gebouw, des te beter is de BENG 1-indicator. Bij het stellen van BENG 1-eisen in het Bouwbesluit moet voorkomen worden dat bepaalde (minder compacte) woningtypes niet meer gebouwd kunnen worden. Om die reden is besloten dat er bij BENG 1 een 'knik' in de eisentabel opgenomen mag worden, in figuur 5 is dit principe schematisch weergegeven.



figuur 5: schematische weergave knikpunt BENG 1: Tot een bepaalde  $A_{Is}/A_g$  verhouding geldt een vaste BENG 1-eis, daarboven loopt de eis op als functie van de verhouding  $A_{Is}/A_g$

Om de BENG 1-curve in deze studie vast te kunnen stellen is het noodzakelijk om een grote verscheidenheid aan gebouwen te beschouwen zodat een brede range van  $A_{Is}/A_g$  (verliesoppervlakte/gebruiksoppervlakte) verhoudingen meegenomen wordt in het onderzoek. De volgende aanpak is hiervoor gehanteerd:

- Alle woningen, woonwagens en drijvende woningen zijn in dit onderzoek meegenomen: g1 t/m g19.
- Deze woningen zijn allemaal 20% groter en 20% kleiner gemaakt.
- Er is een extra woongebouw (G60) met een gebruiksoppervlakte van 3.883 m<sup>2</sup> en 45 appartementen aan de reeks gebouwen toegevoegd,
- Vervolgens zijn deze woningen allemaal over de 4 oriëntaties gedraaid.

Het gevolg van deze aanpak is dat er in totaal 122 varianten ontstaan waarbij de  $A_{Is}/A_g$  verhouding varieert van 0,68 tot 3,79.

In het Bouwbesluit worden verschillende minimale isolatie-eisen gesteld aan de volgende groepen woonfuncties:

- Woonfuncties (= grondgebonden woningen, woongebouwen en logieswoningen):  $R_c \geq 4,7/3,7/6,3$  (gevel/vloer/dak) en  $U_{raam} \leq 1,65$ .
- Woonwagens  $R_c \geq 2,6/2,6/2,6$  (gevel/vloer/dak) en  $U_{raam} \leq 1,65$ .
- Drijvende woonfuncties op een bestaande ligplaats  $R_c \geq 3,7/2,6/4,5$  (gevel/vloer/dak) en  $U_{raam} \leq 1,65$ .
- Drijvende woonfuncties op een nieuwe ligplaats  $R_c \geq 4,7/3,7/6,3$  (gevel/vloer/dak) en  $U_{raam} \leq 1,65$ .

Uit de BENG 2-berekeningen die in het vorige hoofdstuk gepresenteerd zijn, is gebleken dat een bouwkundig pakket met extra isolatie en triple glas ten opzichte van de referentie (= isolatie op Bouwbesluit niveau en HR++ beglazing) niet tot lagere NCC leidt. Met andere woorden: het huidige Bouwbesluitniveau is al kostenoptimaal. Het gevolg hiervan is dat voor de bepaling van het BENG 1-eisenniveau alleen gekeken hoeft te worden naar een isolatiepakket op Bouwbesluitniveau en de overige isolatieniveaus buiten beschouwing gelaten kunnen worden.

Doordat BENG 1 in de NTA 8800 doorgerekend wordt met een vast ventilatiesysteem, is het type ventilatiesysteem niet meer van invloed op de BENG 1-indicator. Bij de analyse van het BENG 1-knikpunt hoeft hiermee dus niet gevarieerd te worden.

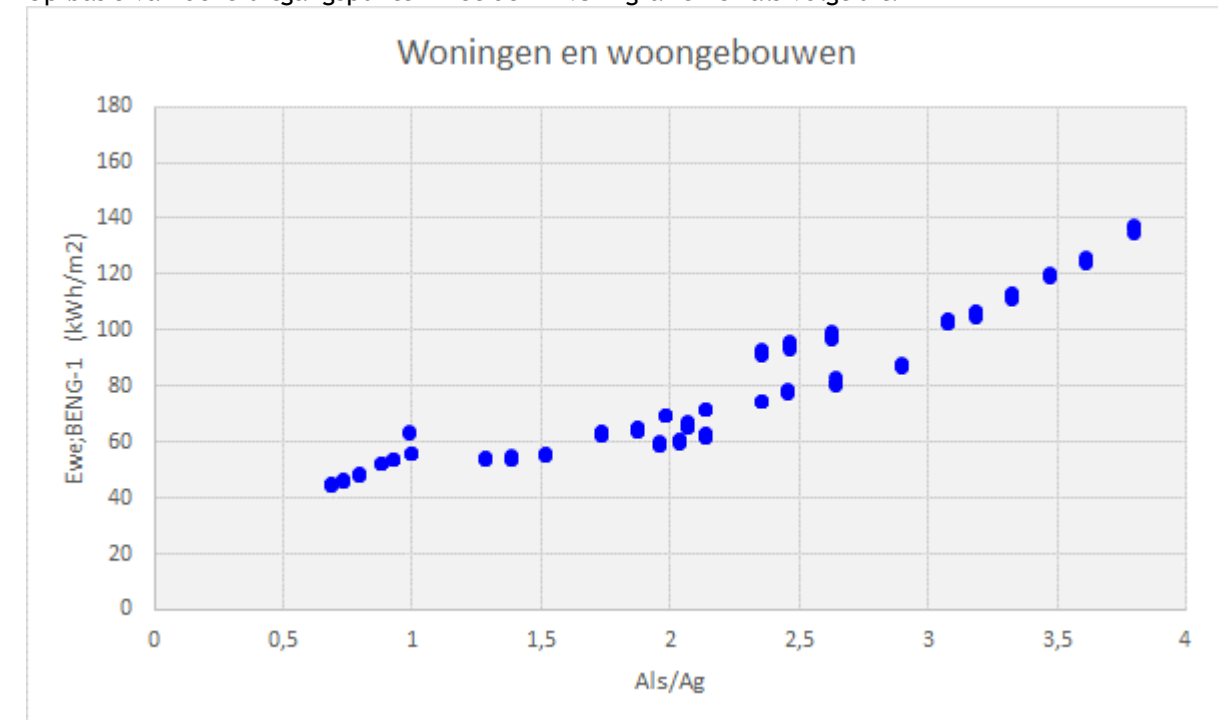
De wijze van doorrekenen van lineaire koudebruggen (uitgebreid of forfaitair) en de thermische massa van een gebouw heeft wel invloed op de BENG 1-indicator. In de berekeningen zijn hiervoor aannames gedaan die zo goed mogelijk aansluiten bij de huidige (reken)praktijk. In de paragrafen hierna is per Bouwbesluitcategorie aangegeven welke uitgangspunten gehanteerd zijn.

### 6.1 Woonfuncties BENG 1 (exclusief woonwagens en drijvende woonfuncties)

Voor woonfuncties (grondgebonden woningen, woongebouwen en logieswoningen) zijn de hiervoor beschreven 122 geometrie- en oriëntatie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

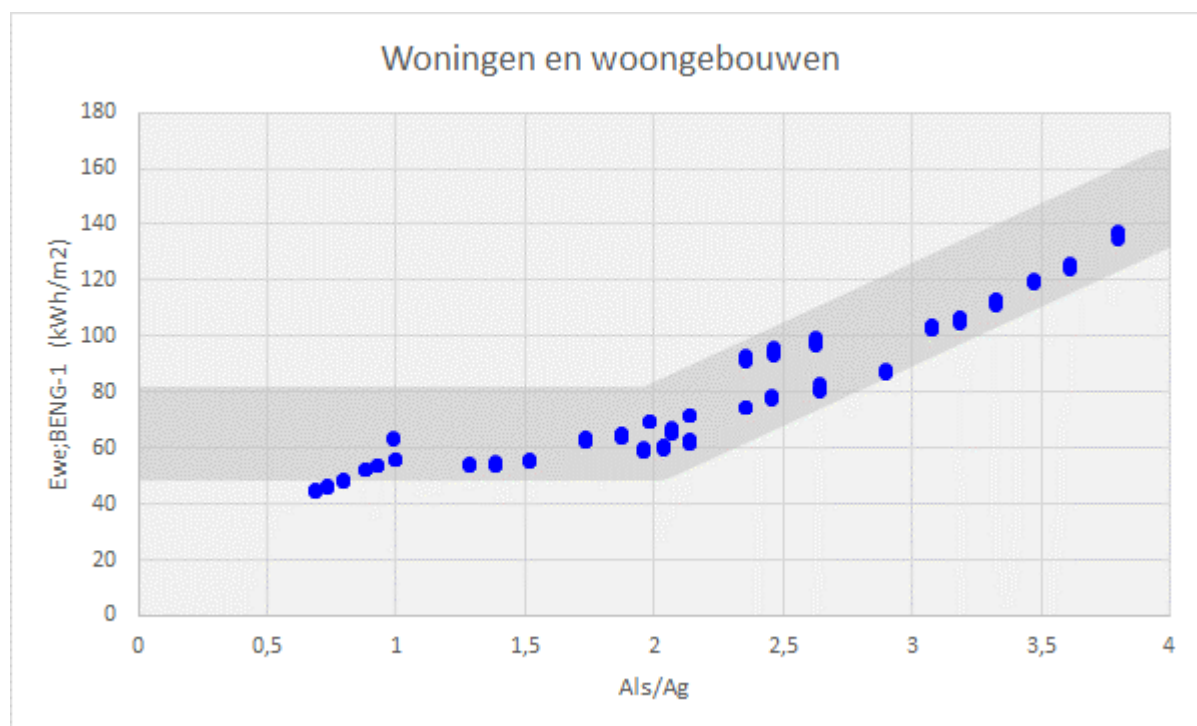
- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Uitgebreide methode van de lineaire koudebruggen voor de woongebouwen, grondgebonden woningen en logieswoningen. Bij de varianten die afgeleid zijn van de woonwagens en drijvende woningen zijn de forfaitaire waarden voor de koudebruggen gehanteerd (dit zijn over het algemeen de woningen met een  $A_{Is}/A_g > 2,3$ ).
- Thermische massa 450 kg/m<sup>2</sup> voor de woongebouwen en de grondgebonden woningen. Thermische massa 80 kg/m<sup>2</sup> voor de woonarken, logieswoning en woonwagen (dit zijn over het algemeen de woningen met een  $A_{Is}/A_g > 2,3$ ).

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:





Er is min of meer een knikpunt in de grafiek te zien bij ongeveer  $A_{Is}/A_g$  1,75 tot 2,0. In de grafiek hieronder is indicatief door middel van een arcering aangegeven hoe de knikgrafiek voor woonfuncties zou kunnen gaan lopen.



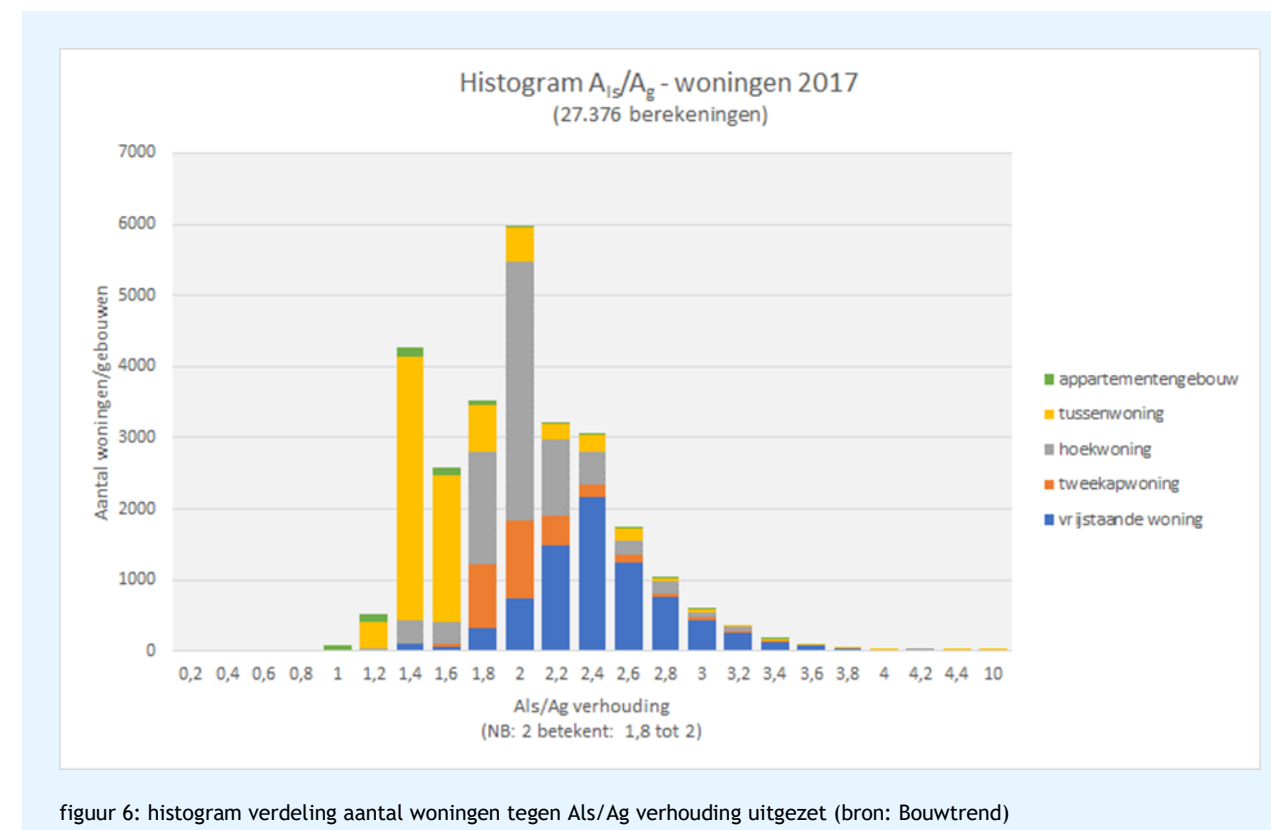
Wanneer er voor gekozen wordt om bijvoorbeeld een vaste eis van 65 kWh/m<sup>2</sup> tot een  $A_{Is}/A_g$ -verhouding van circa 2 aan te houden, en de eis daarna lineair op te laten lopen, dan zal dit betekenen dat gebouwen met een zeer gunstige  $A_{Is}/A_g$  verhouding (< 1,0) vrij eenvoudig aan de eis kunnen voldoen. Dit biedt aan de andere kant ook (de gewenste) ontwerpvrijheid voor het ontwerpen van gebouwen met bijvoorbeeld een hoger glaspercentage. Gebouwen met een  $A_{Is}/A_g$  van 1 zijn bijvoorbeeld het studiogebouw en het appartementengebouw (zie tabel 1).

Om meer gevoel te krijgen bij typische  $A_{Is}/A_g$  verhoudingen die in de Nederlandse bouwpraktijk voorkomen zijn de gegevens van 15.800 berekeningen die in Bouwtrend beschikbaar zijn geanalyseerd. Het betreft woningen waar een bouwvergunning voor aangevraagd is in 2107. In tabel 10 is weergegeven wat de gemiddelde  $A_{Is}/A_g$  verhouding is per woningtype.

**tabel 10: gemiddelde  $A_{Is}/A_g$  verhouding van gebouwen met bouwaanvraag 2017 (bron: Bouwtrend)**

Woningtype	Aantal gebouwen	Gemiddelde $A_{Is}/A_g$
Appartementengebouwen	636	1,4
Hoekwoning	7.939	1,96
Tussenwoning	8.003	1,54
Twee-onder-een-kap	2.882	1,97
Vrijstaande woning	7.916	2,4
Totaal	27.376	

In figuur 6 is een histogram weergegeven waarin de verdeling van het aantal woningen per  $A_{Is}/A_g$  klasse zichtbaar is.



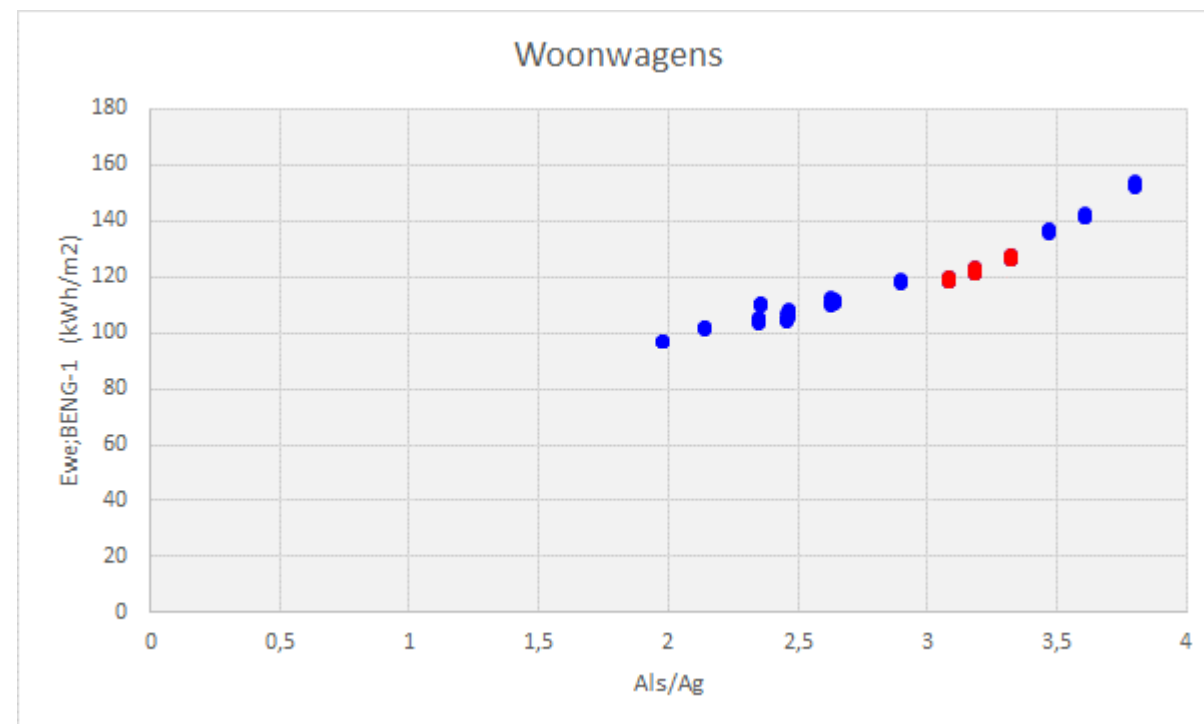
figuur 6: histogram verdeling aantal woningen tegen  $A_{Is}/A_g$  verhouding uitgezet (bron: Bouwtrend)

### 6.2 Woonwagens BENG 1

Van de 120 gegenereerde geometrievarianten zijn niet alle doorgekende varianten een logische verschijningsvorm voor woonwagens: de appartementengebouwen, tussen- en hoekwoningen zijn daarom bij de analyse voor woonwagens buiten beschouwing gelaten. De overgebleven varianten zijn vervolgens doorgekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 2,6/  $R_c$  vloer 2,6/  $R_c$  dak 2,6 en  $U_{raam} = 1,65$  (=Bouwbesluitniveau).
- Altijd forfaitaire methode voor lineaire koudebruggen (i.v.m. de afwijkende bouwwijze (lichte bouw) die voornamelijk bij woonwagens voorkomt en waar geen standaard psi-waarden voor beschikbaar zijn)
- Thermische massa  $80 \text{ kg/m}^2$  in verband met lichte bouwwijze.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



De 'echte' woonwagens zijn in bovenstaande grafiek met een rode kleur weergegeven, de andere punten in de grafiek zijn theoretische geometrievarianten die afgeleid zijn van de andere vrijstaande referentiewoningen (en woonarken).

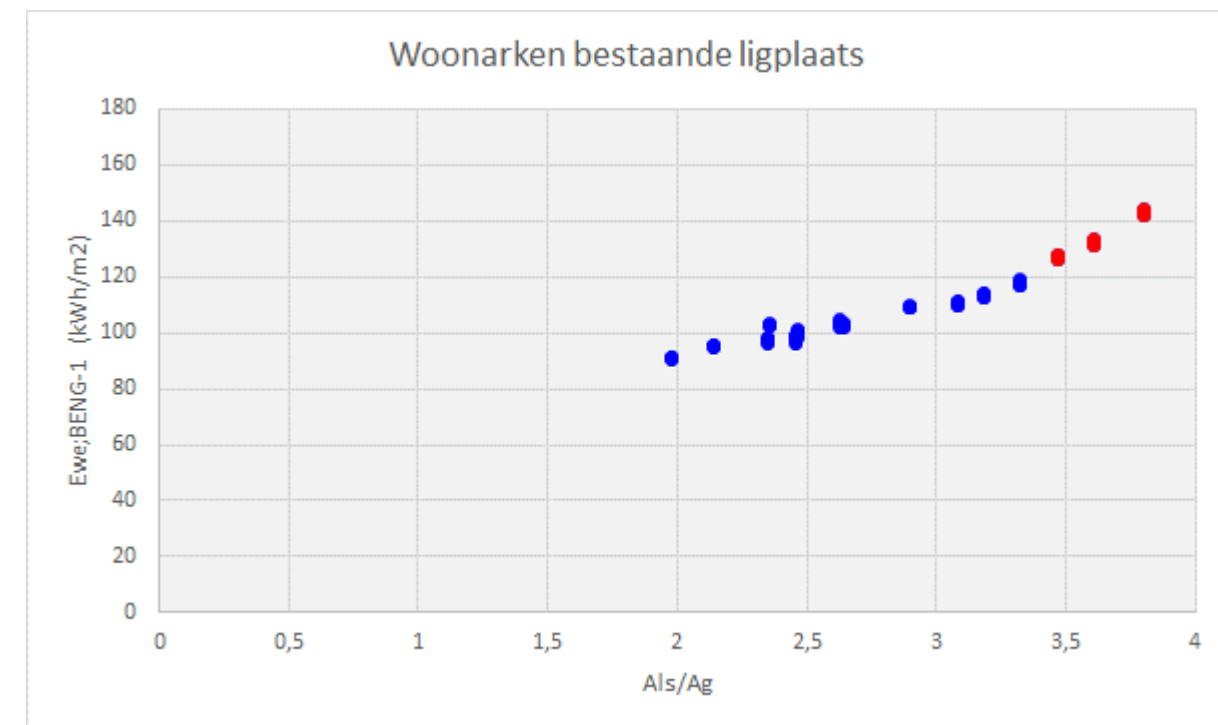
Uit de grafiek blijkt dat er bij deze bouwcategorie geen knikpunt is te zien. Bij het stellen van een BENG 1-eis zal er wel rekening mee gehouden moeten worden dat er in de praktijk mogelijk zijn situaties waarin een woonwagen ontwikkeld wordt met een  $A_{is}/A_g$  verhouding kleiner dan 2.

### 6.3 Drijvende woonfuncties op een bestaande ligplaats BENG 1

Van de 120 gegenereerde geometrievarianten zijn niet alle doorgekende varianten een logische verschijningsvorm voor drijvende woonfuncties: de appartementengebouwen, tussen- en hoekwoningen zijn daarom bij de analyse voor drijvende woonfuncties op een bestaande ligplaats buiten beschouwing gelaten. De overgebleven varianten zijn vervolgens doorgekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 3,7/  $R_c$  vloer 2,6/  $R_c$  dak 4,5 en  $U_{raam} = 1,65$  (=Bouwbesluitniveau).
- Altijd forfaitaire methode voor lineaire koudebruggen (i.v.m. de HSB bouwwijze (lichte bouw) die voornamelijk bij drijvende woonfuncties voorkomt).
- Thermische massa  $80 \text{ kg/m}^2$  in verband met lichte bouwwijze.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



De 'echte' drijvende woonfuncties op een bestaande ligplaats zijn in bovenstaande grafiek met een rode kleur weergegeven, de andere punten in de grafiek zijn theoretische geometrievarianten die afgeleid zijn van de andere vrijstaande referentiewoningen (en woonarken).

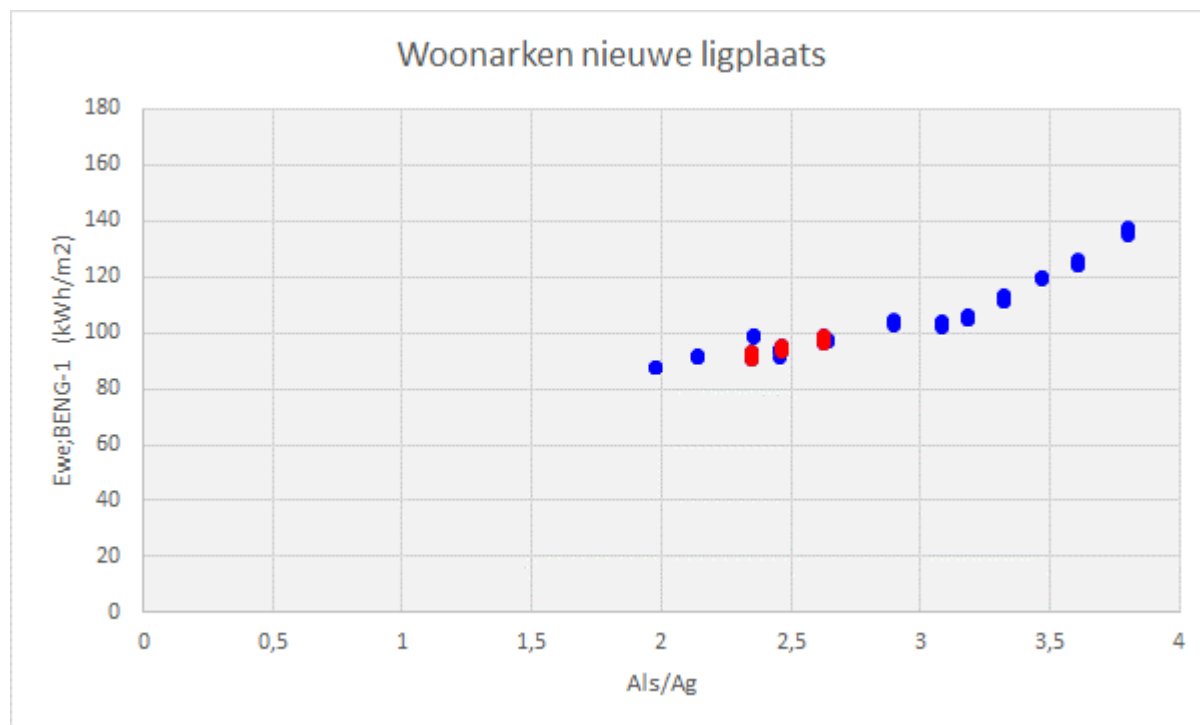
Ook hier is geen duidelijk knikpunt te zien. Net als bij de woonwagens geldt ook hier dat gebouwen met een  $A_{is}/A_g$  verhouding  $< 2$  bij woonarken niet vaak voor zullen voorkomen, maar dat er in de eisenstelling wel rekening mee gehouden moet worden dat deze voor kunnen komen.

#### 6.4 Drijvende woonfuncties op een nieuwe ligplaats BENG 1

Van de 120 gegenereerde geometrievarianten zijn niet alle doorgerekende varianten een logische verschijningsvorm voor drijvende woonfuncties: de appartementengebouwen, tussen- en hoekwoningen zijn daarom bij de analyse voor drijvende woonfuncties op een nieuwe ligplaats buiten beschouwing gelaten. De overgebleven varianten zijn vervolgens doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Altijd forfaitaire methode voor lineaire koudebruggen (i.v.m. de HSB bouwwijze (lichte bouw) die voornamelijk bij drijvende woonfuncties voorkomt).
- Thermische massa  $80 \text{ kg/m}^2$  in verband met lichte bouwwijze.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



De 'echte' drijvende woonfuncties op een nieuwe ligplaats zijn in bovenstaande grafiek met een rode kleur weergegeven, de andere punten in de grafiek zijn theoretische geometrievarianten die afgeleid zijn van de andere vrijstaande referentiewoningen (en woonwagens).

Ook hier is geen duidelijk knippunt te zien. Net als bij de woonwagens geldt ook hier dat gebouwen met een  $A_{ls}/A_g$  verhouding  $< 2$  bij woonarken niet vaak voor zullen voorkomen, maar dat er in de eisenstelling wel rekening mee gehouden moet worden dat deze voor kunnen komen.

## 7. Resultaten utiliteitsbouw BENG 2 en BENG 3

### 7.1 Kantoorfunctie

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de kantoorfuncties. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij de kleine kantoren XS 100 en XS 200 de varianten met veel PV op het dak (p11) weggelaten; toepassing van veel PV leidt tot zeer lage BENG 2-resultaten bij deze gebouwen. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij de overige gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

#### 7.1.1 Kantoorfunctie BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de kantoorfuncties. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 11: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g20 = Kantoor XS 100	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
g21 = Kantoor XS 200	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g22 = Kantoor S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
g23 = Kantoor M	i31 = WP bodem/aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
g24 = Kantoor XL 1	i32 = WP buitenlucht		
g25 = Kantoor XL 2	i33 = biomassa		

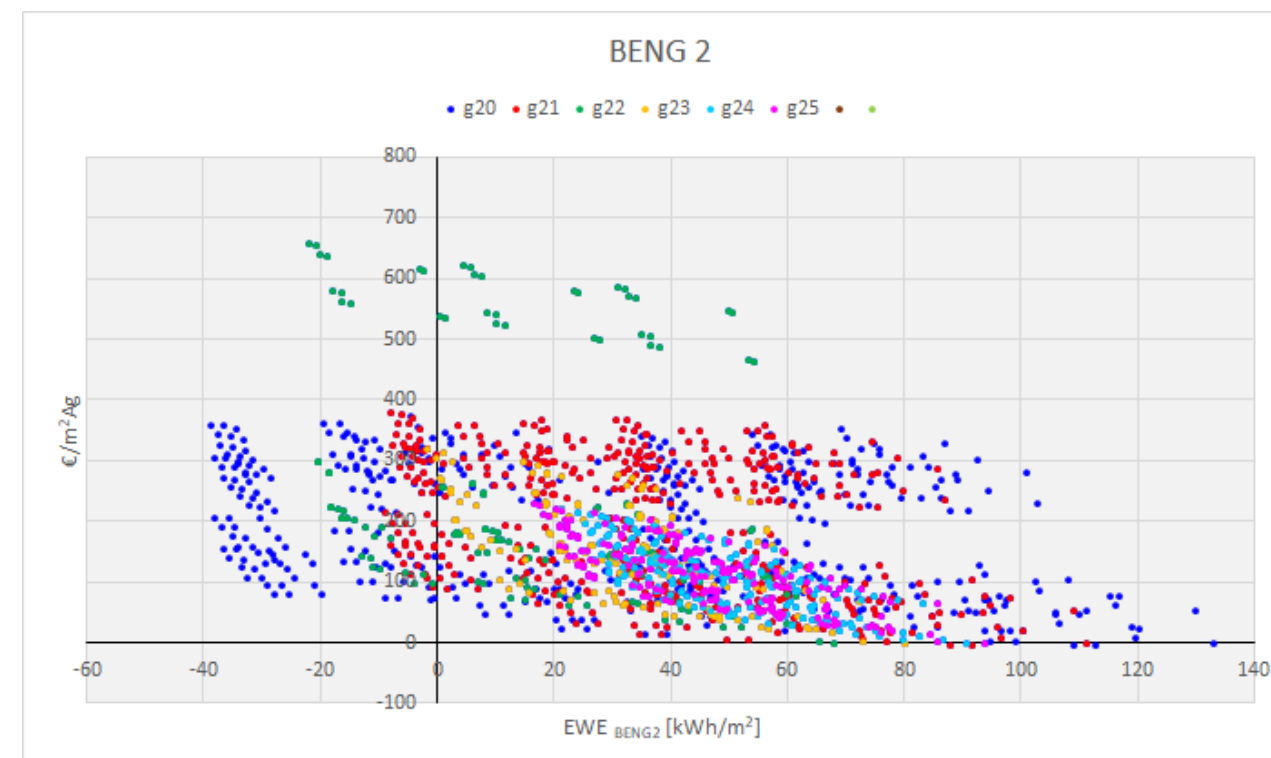
Bij de kleine kantoren XS 100 en XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor de overige gebouwen wordt er gebruik gemaakt van een elektroboiler.

Bij installatieconcept 31 wordt er voor Kantoor M en XL gebruik gemaakt van een aquifer, bij de overige gebouwen van een bodembron.

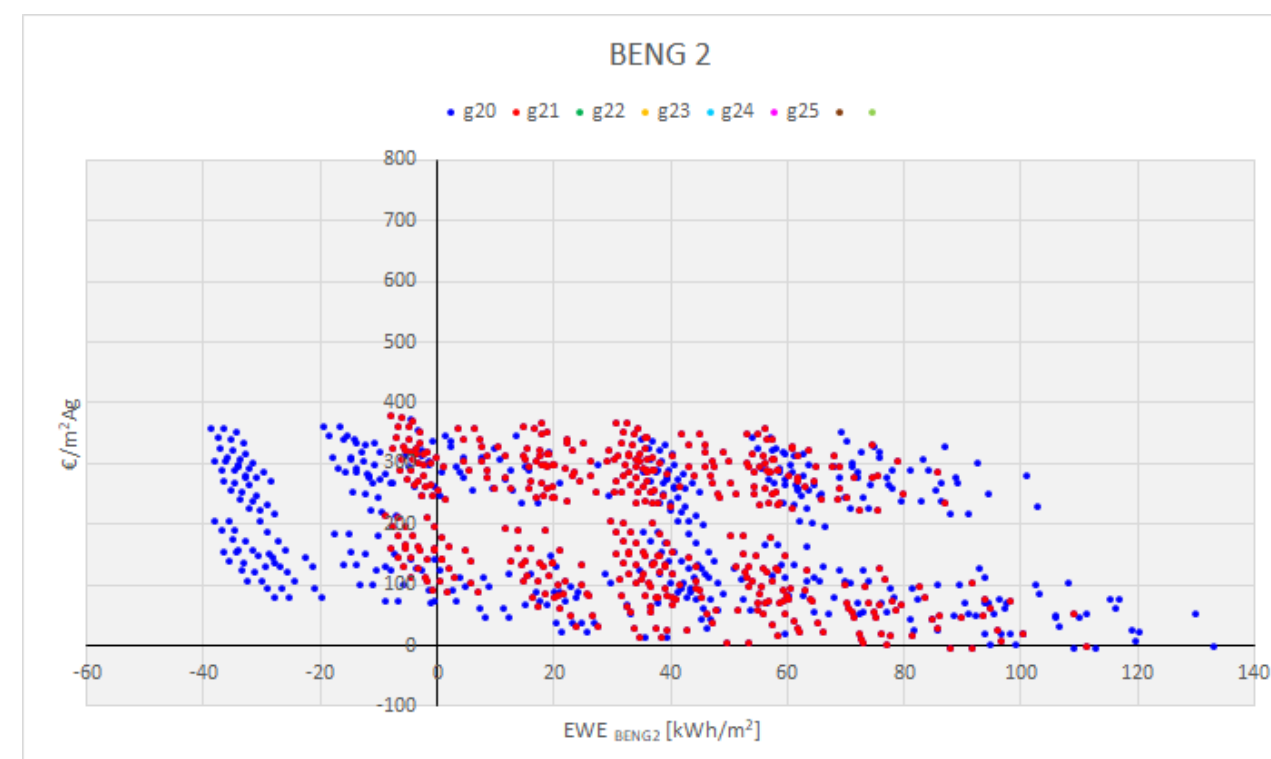
**tabel 12: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l10 = 10 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l11 = 6 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l12 = 6 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p12 = dak+gevel PV
	p13 = helft p11

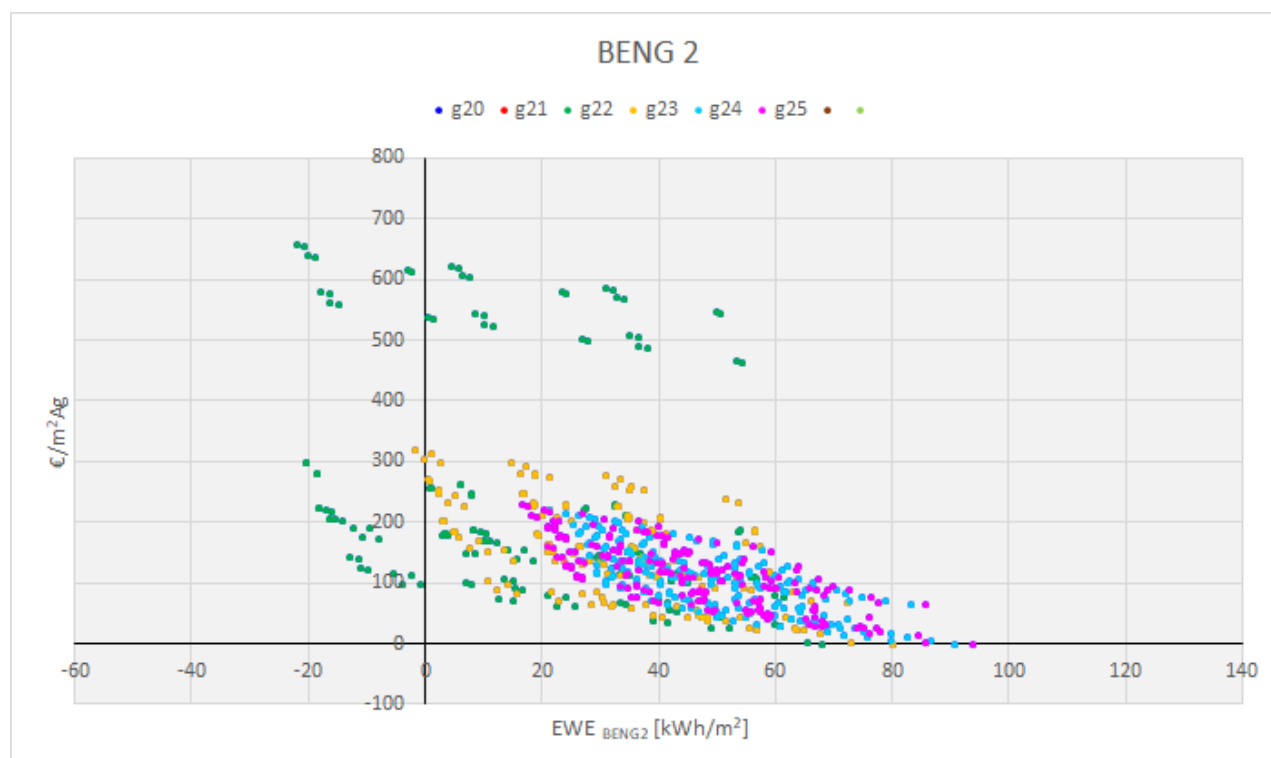
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de kantoren. De resultaten van XS 100 (g20) en XS 200 (g21) zijn bepalend voor de breedte van de resultaten in de figuur. Voor deze gebouwen zijn een groter aantal concepten doorgerekend dan voor de andere gebouwen doordat in deze (extra) kleine gebouwen voor de bouwkundige en ventilatieconcepten gebruik is van drie in plaats van twee varianten.



Om beter inzicht in de resultaten te krijgen zijn de resultaten voor de XS-gebouwen en de overige gebouwen in de hierna volgende grafieken apart weergegeven:



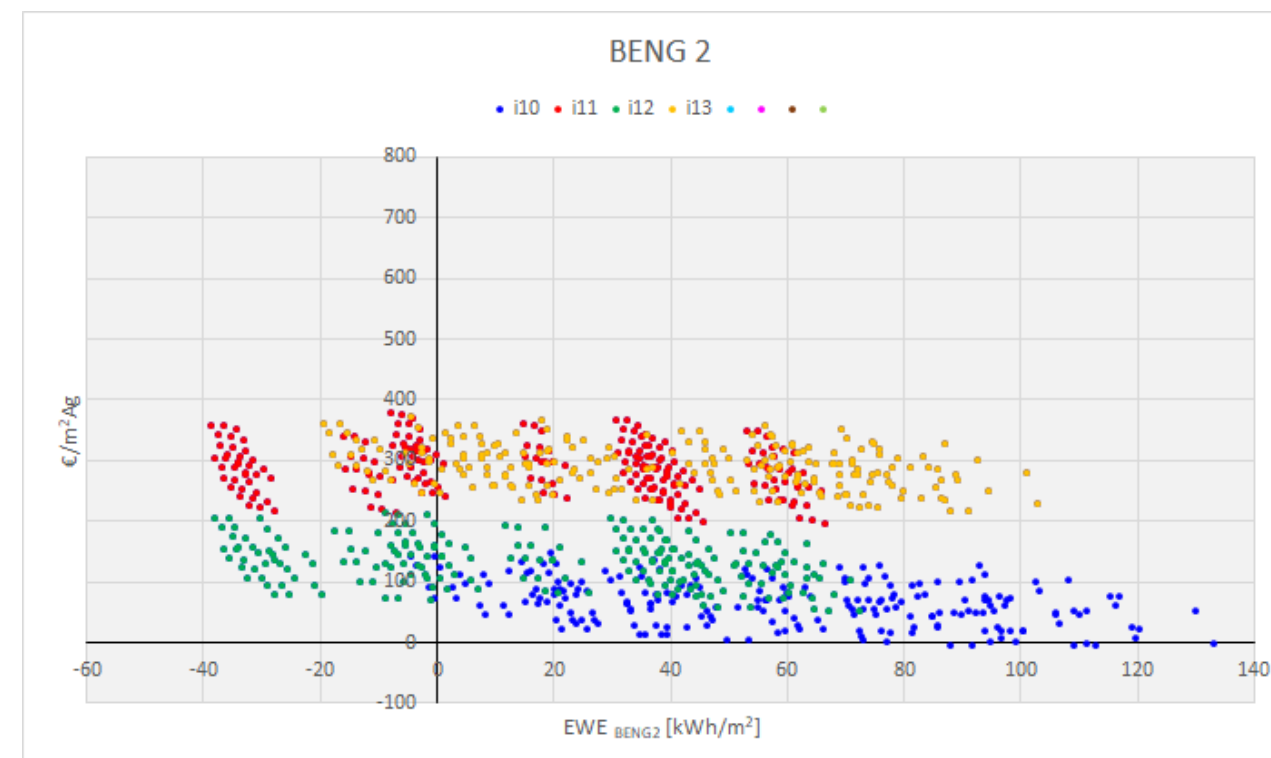
Met het XS 100-gebouw (g20) zijn de laagste BENG 2-resultaten te realiseren. Er is geen duidelijk kostenoptimaal punt. Voor beide XS-gebouwen geldt dat kostenoptimale zone begint bij een BENG 2 van circa 40 kWh/m<sup>2</sup> en doorloopt tot circa 110 kWh/m<sup>2</sup>.



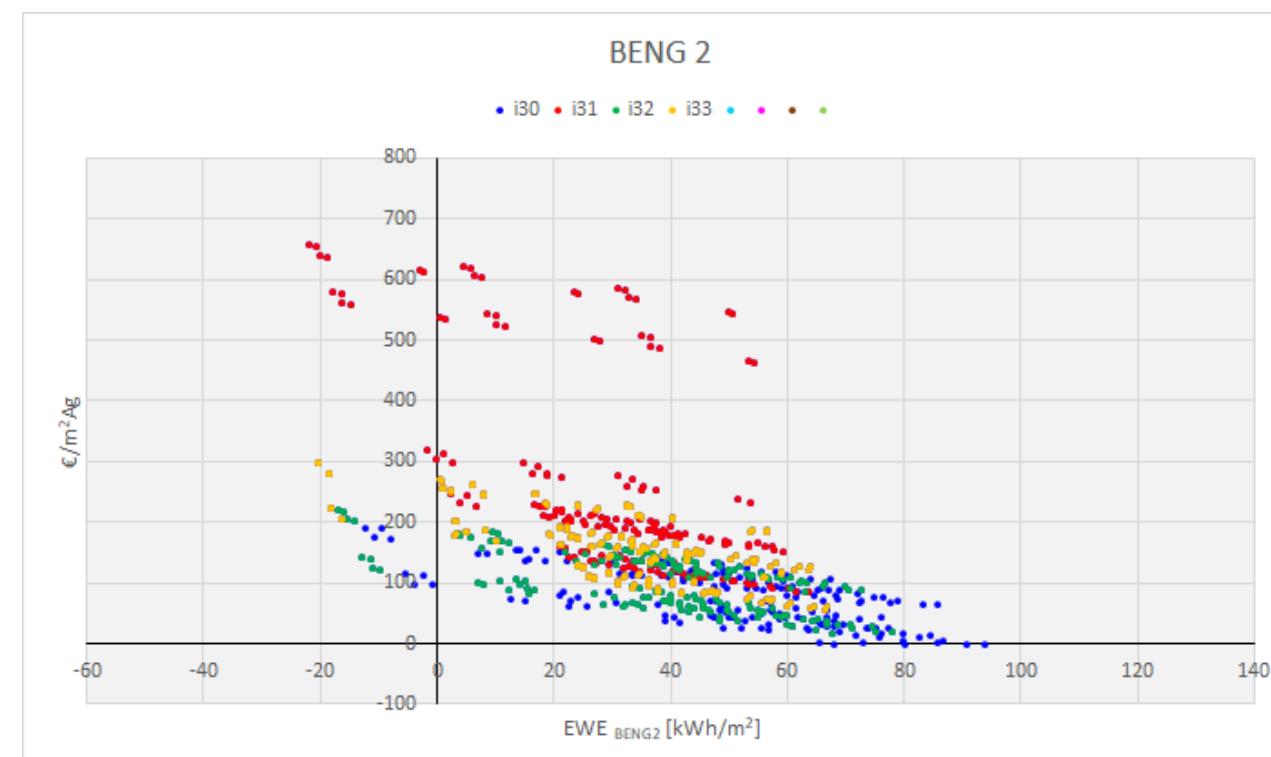
Bij de overige gebouwen is te zien dat bij Kantoor S (g22) en Kantoor M (g23) er veel lagere BENG 2-prestaties te realiseren zijn met vergelijkbare maatregelenpakketten ten opzichte van Kantoor XL 1 (g24) en Kantoor XL 2 (g25). Het kostenoptimale punt ligt bij een BENG 2-indicator van circa 75 kWh/m<sup>2</sup>. Bij de XS-gebouwen is er geen duidelijk kostenoptimaal punt. Het kostenoptimale punt bij de grotere gebouwen valt wel binnen de kostenoptimale zone bij de XS-gebouwen.

#### Installatieconcept

In de volgende grafieken is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor de XS-gebouwen en vervolgens voor de overige kantoren.



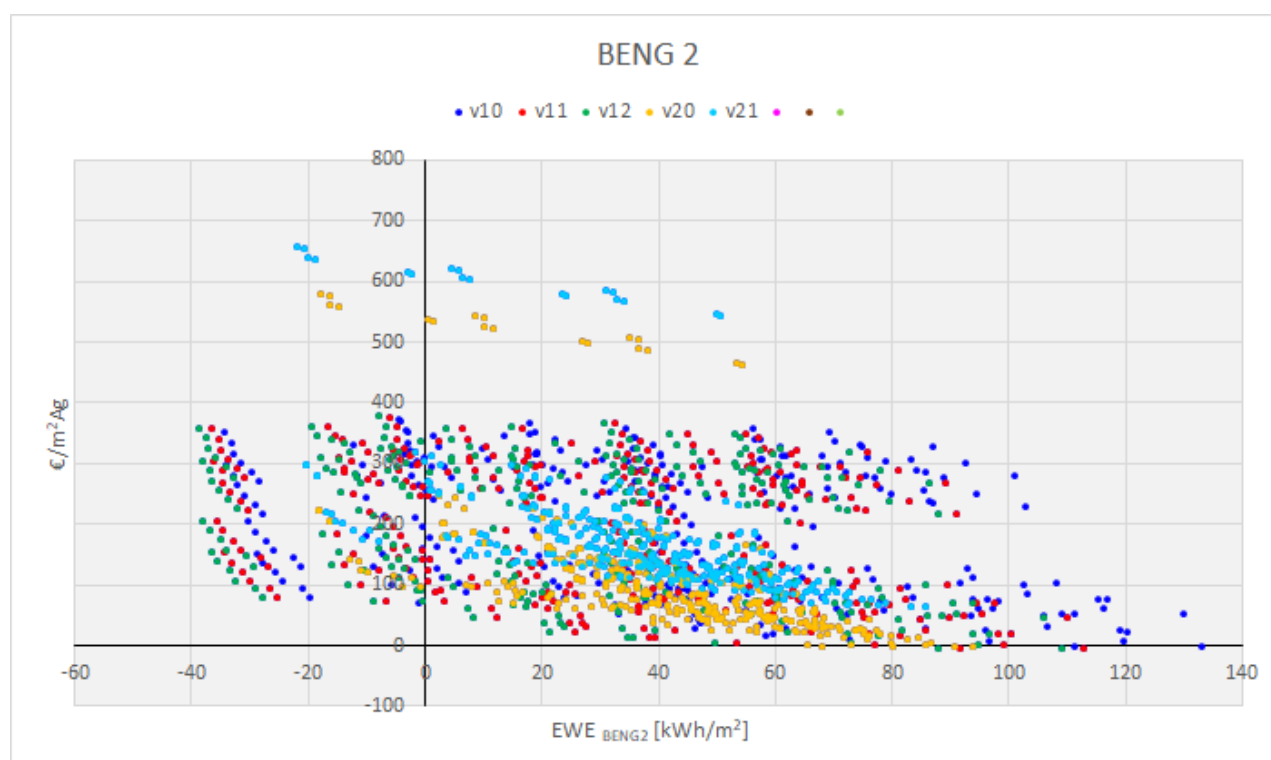
Bij de XS-gebouwen hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



Bij de grotere gebouwen hebben concepten met gas (i30) samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met als bron bodem of aquifer (i31) en de biomassaconcepten (i33) hebben de hoogste NCC. De relatief hoge investeringskosten voor de bron zijn hierbij bepalend in de totale NCC.

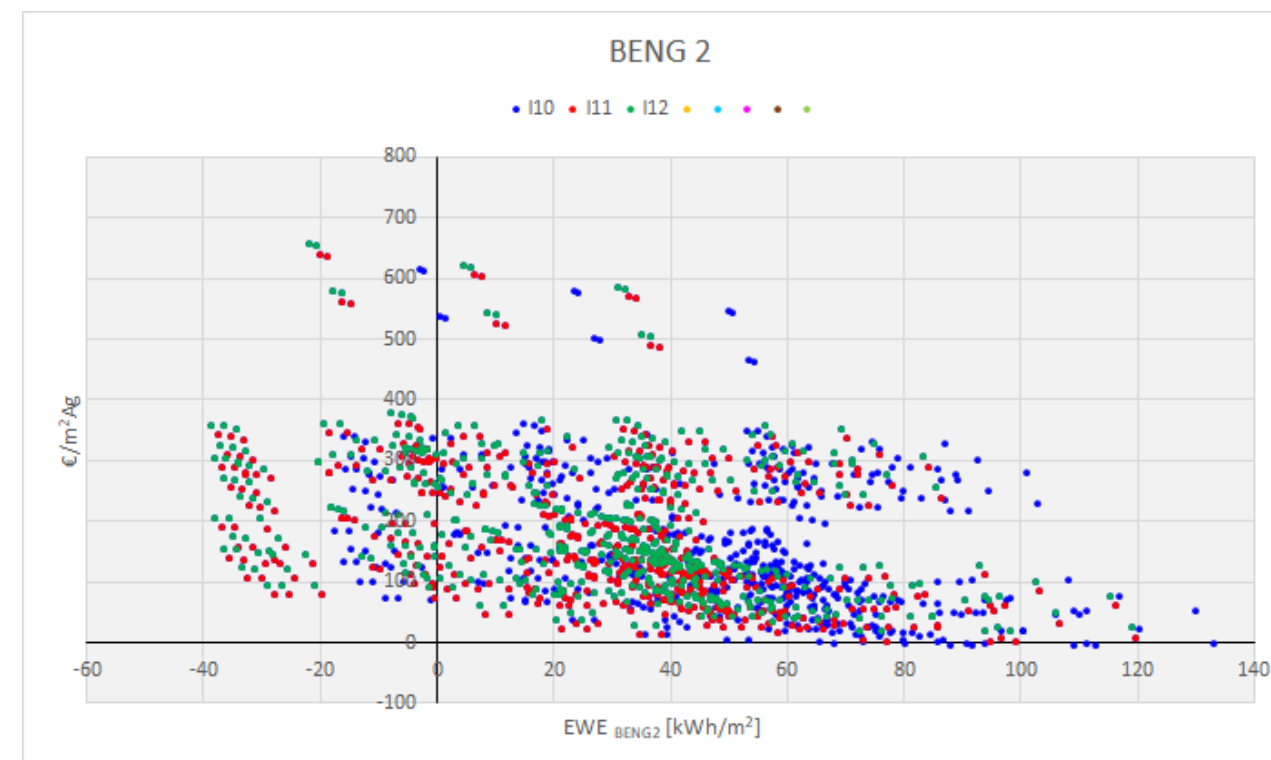
#### Ventilatie

In de onderstaande grafieken zijn zowel de XS-gebouwen als de grotere kantoorgebouwen weergegeven. Net als bij woningbouw leidt bij de XS-gebouwen de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11, v12) niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de verschillende ventilatiesystemen liggen per gebouwtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar. Bij de grotere kantoren is het verschil in NCC tussen de ventilatieconcepten (v20 en v21) groter.



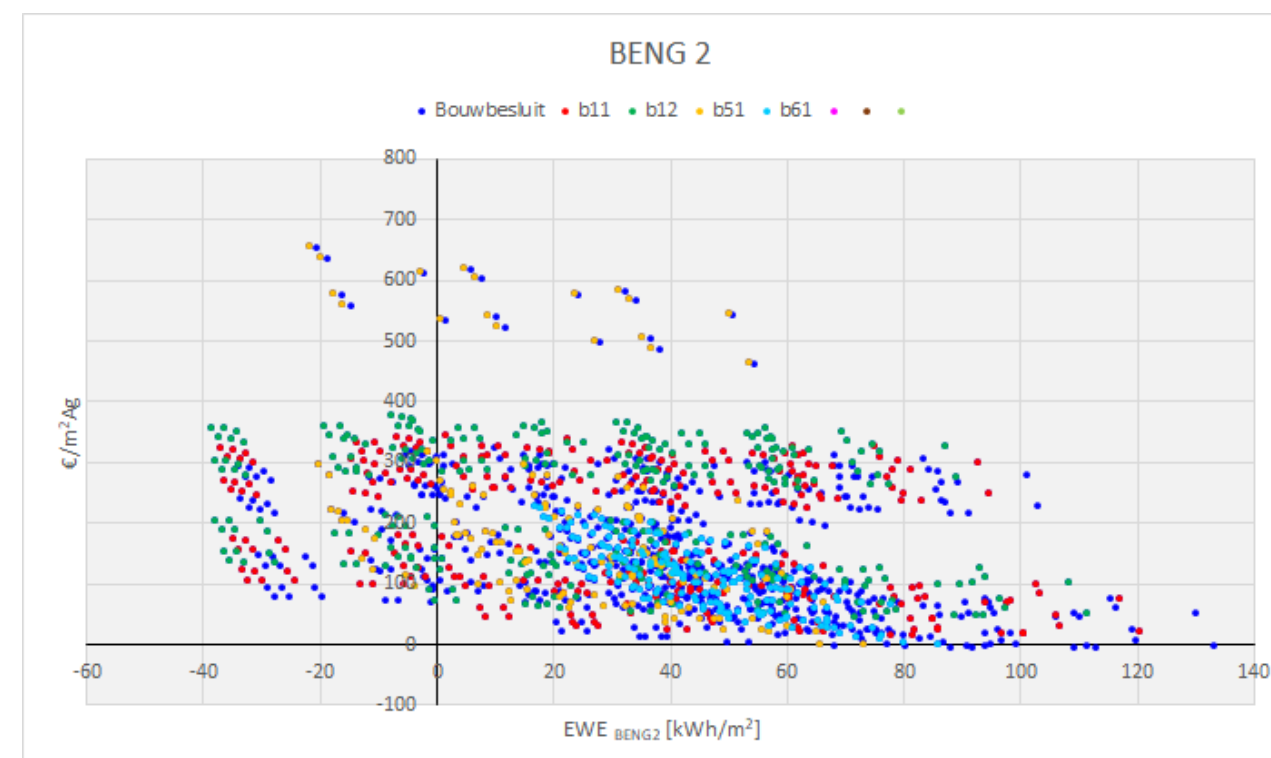
#### Verlichting

Bij de verlichtingsmaatregelen is goed te zien dat met LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (l11 en l12) een substantiële verlaging van BENG 2 te realiseren is ten opzichte van TL/PL verlichting (l10). Toepassing van een handmatige aan-schakeling (l12 in plaats van l11 met automatische aanschakeling op aanwezigheid) heeft door toepassing van de extra schakelaars per vertrek iets hogere NCC en leidt tot een iets lagere energiegebruik.



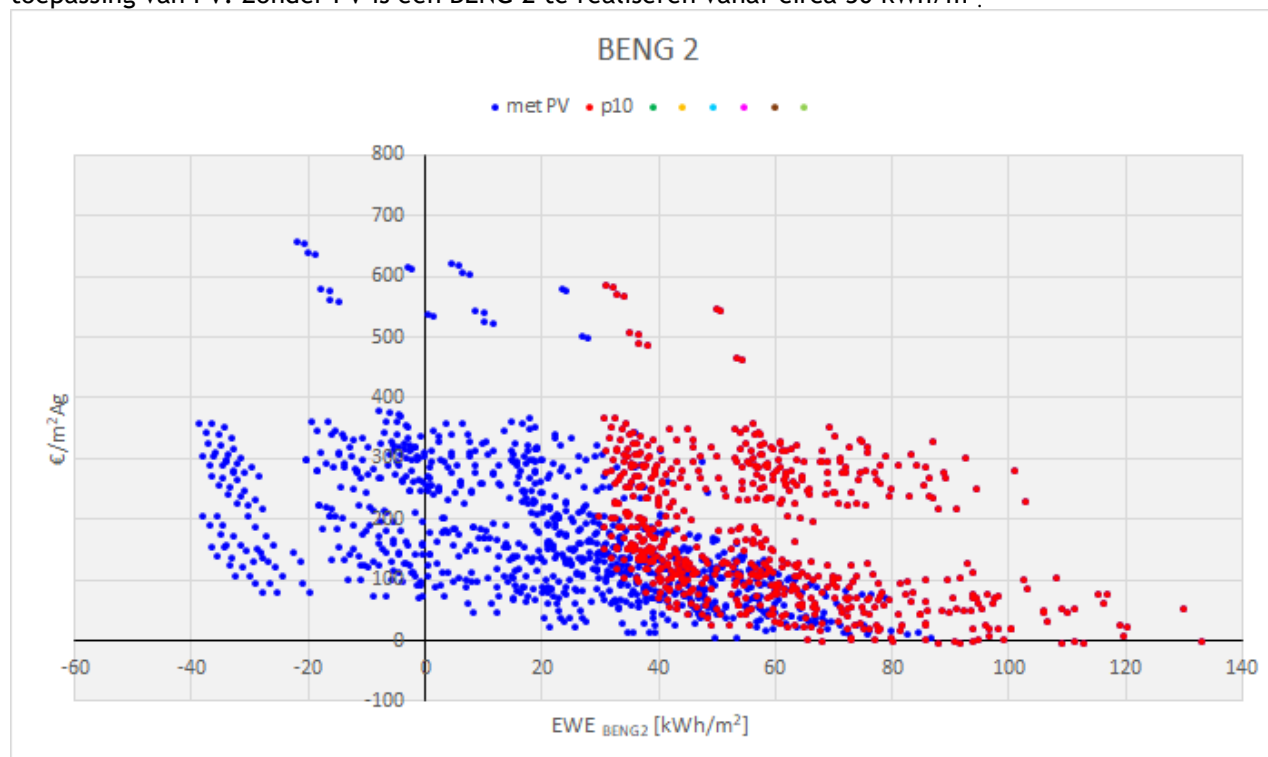
#### Bouwkundig

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC-kosten van pakket b11, b51 en b61 (Rc vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en Uw 0,9) en b12 (Rc vloer 6/gevel 6/dak 10 en Uw 0,9) in de meeste gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10, b50 of b60 (Rc vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en Uw 1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.

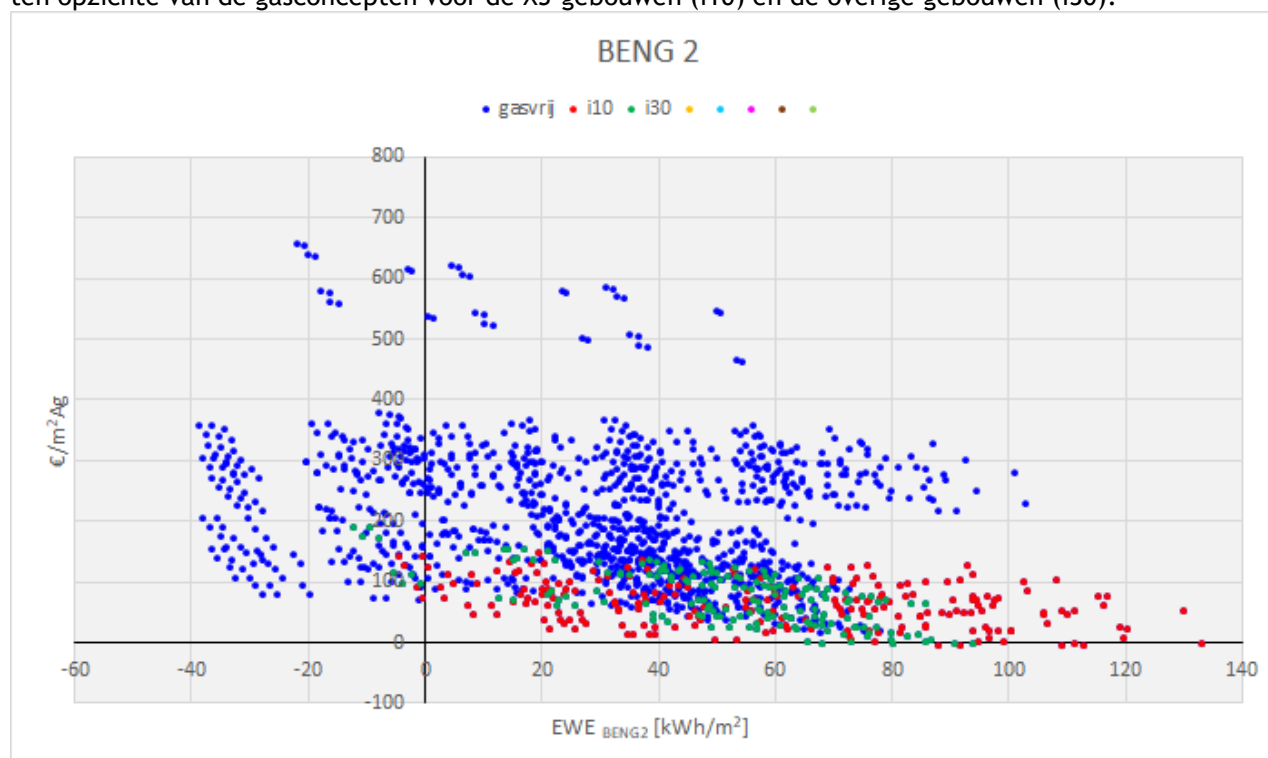


**PV**

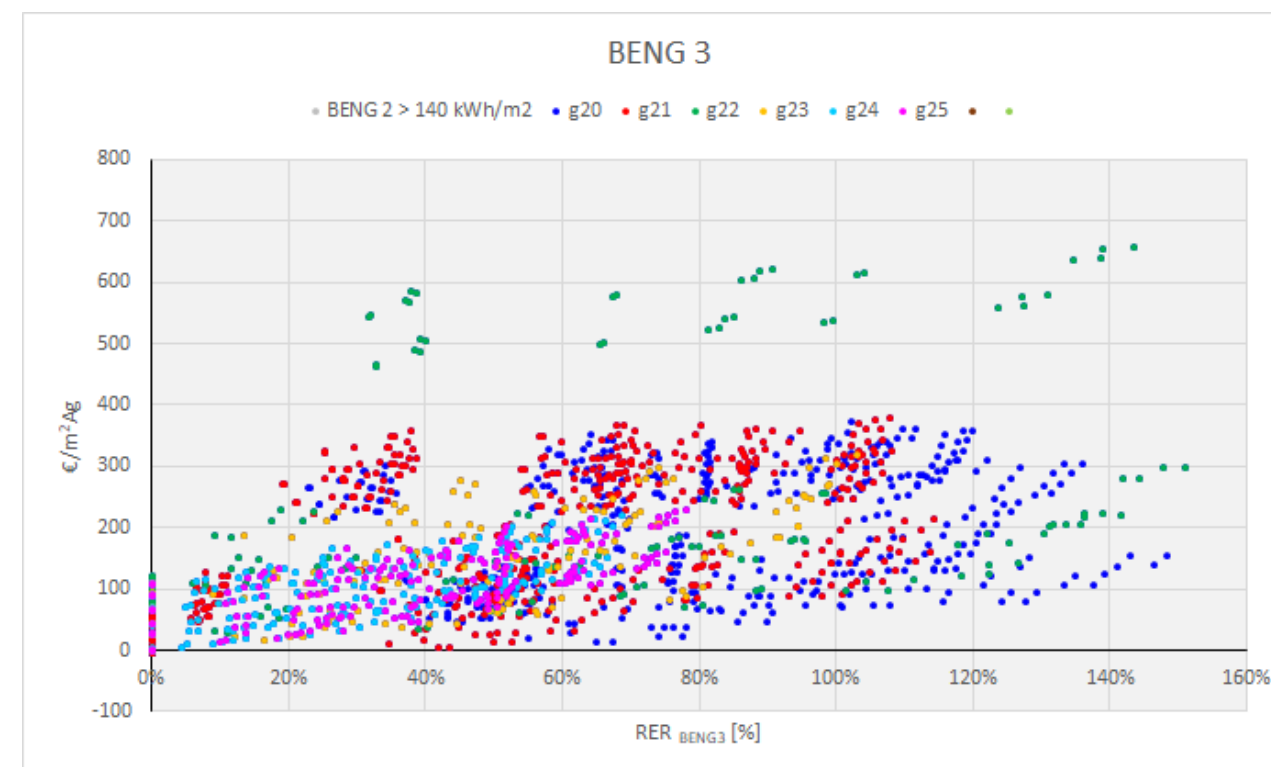
Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 30 kWh/m<sup>2</sup>.

**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator en enigszins hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor de XS-gebouwen (i10) en de overige gebouwen (i30).

**7.1.2 Kantoorfunctie BENG 3**

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat bij de kleine kantoren (g20, g21 en g22) de hoogste waarden voor BENG 3 worden bereikt. Bij Kantoor XL1 (g24) en XL 2 (g25) bedraagt BENG 3 maximaal 70% respectievelijk 80%.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

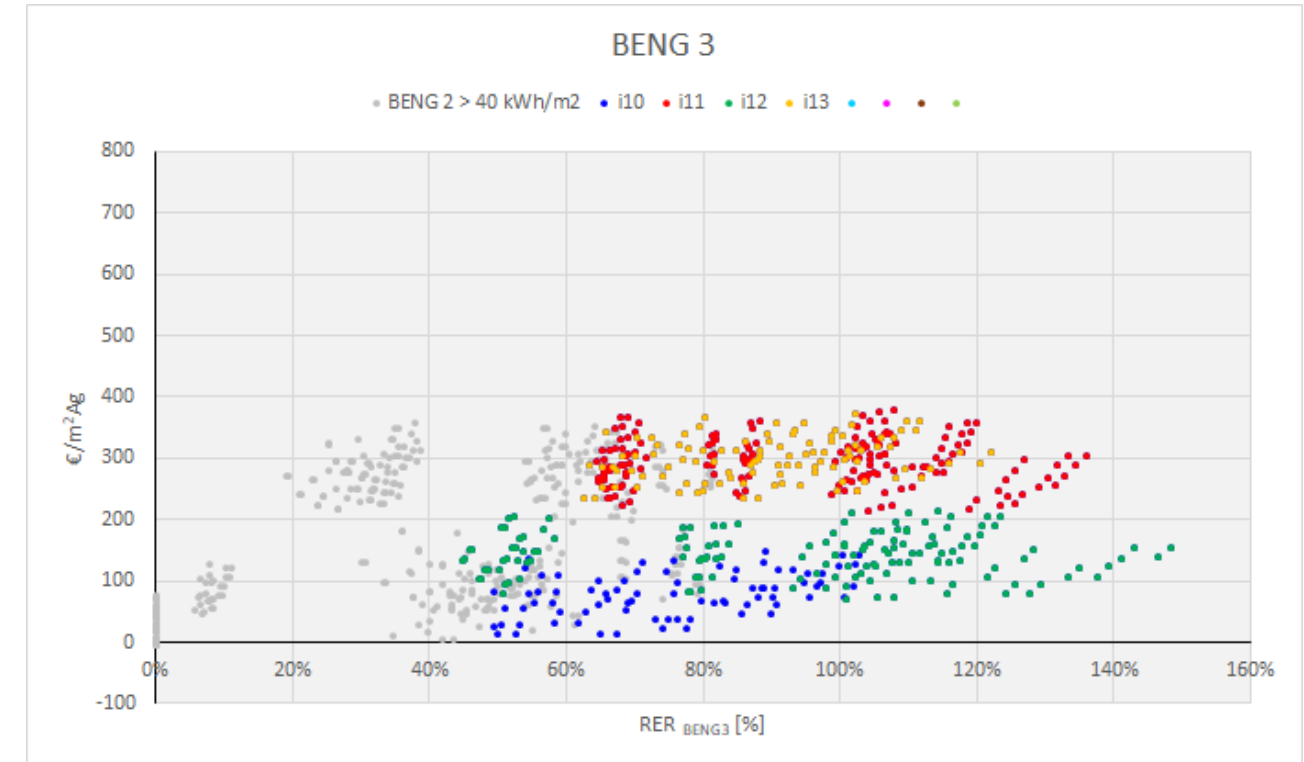
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

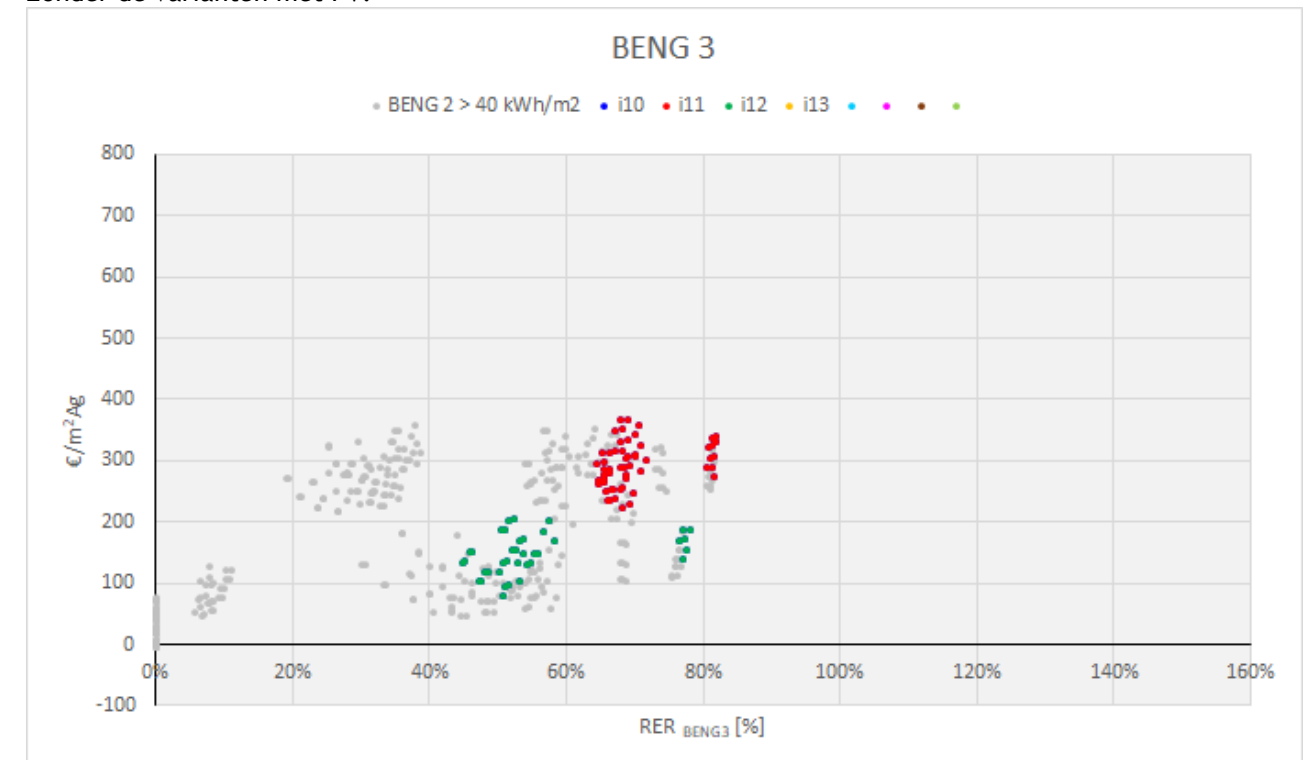
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

In de onderstaande grafieken zijn eerst de resultaten voor de XS-gebouwen getoond bij het strengste BENG 2-niveau. Hieruit komt naar voren dat bij een strenge BENG 2-eis er een breed scala aan resultaten voor BENG 3 gerealiseerd kan worden. De XS-gebouwen zijn dus niet bepalend voor de BENG 3-eis. Om de overige resultaten in relatie tot het installatieconcept en gebouwtype zo goed mogelijk in beeld te brengen zijn de resultaten van de XS-gebouwen in de overige grafieken achterwege gelaten.

**BENG 3 bij de XS-gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>**  
Inclusief de varianten met PV:



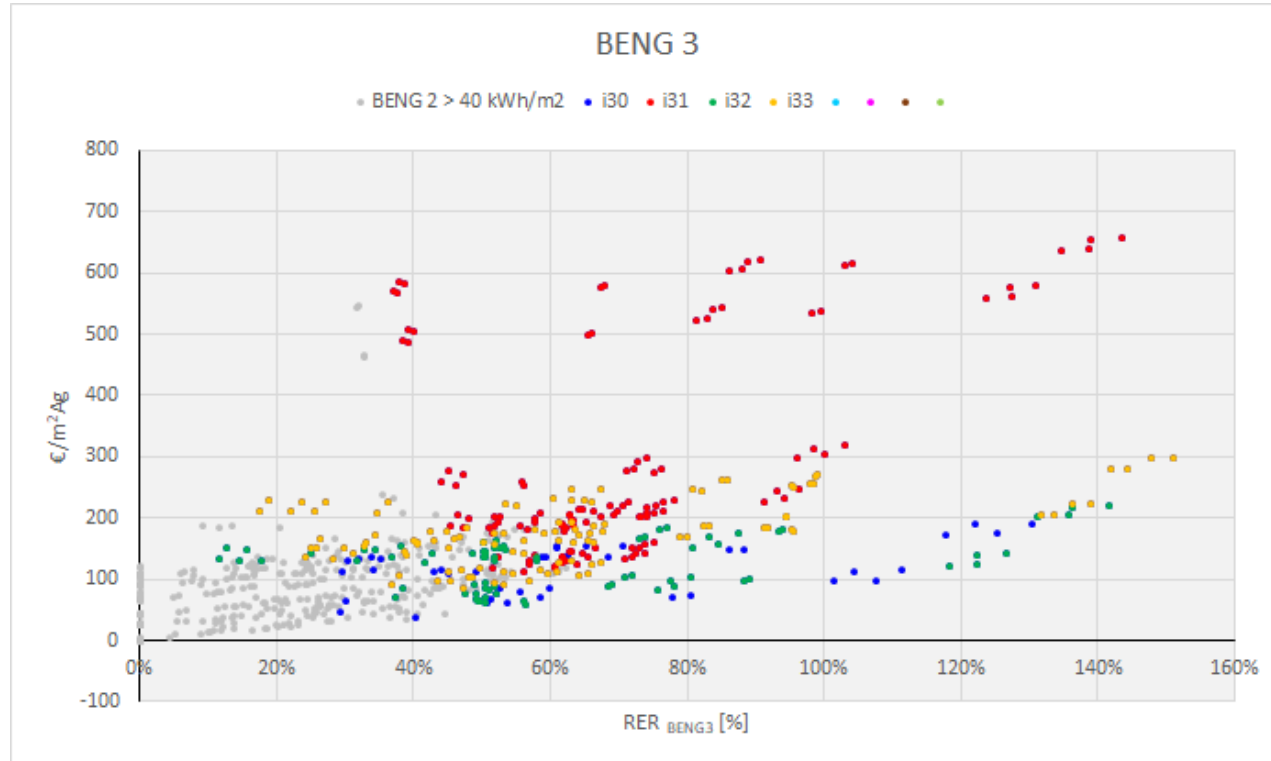
Zonder de varianten met PV:





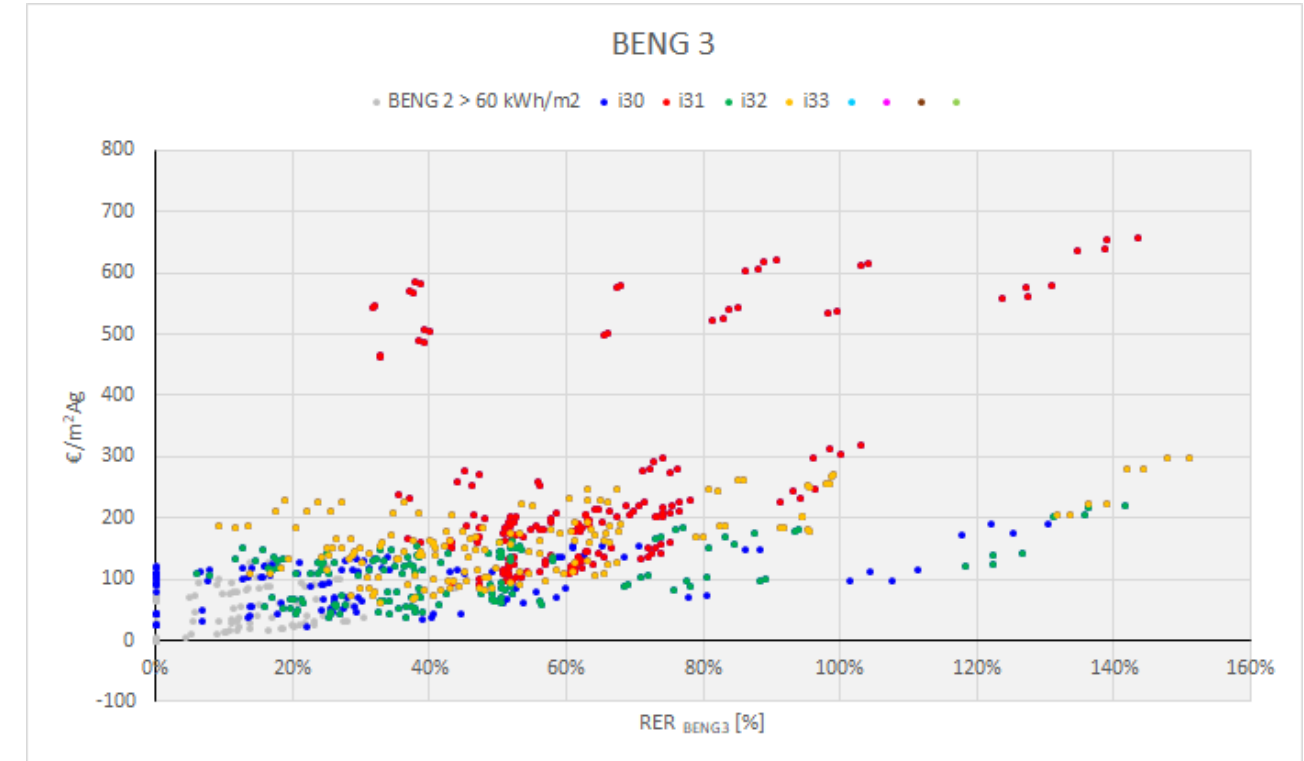
BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

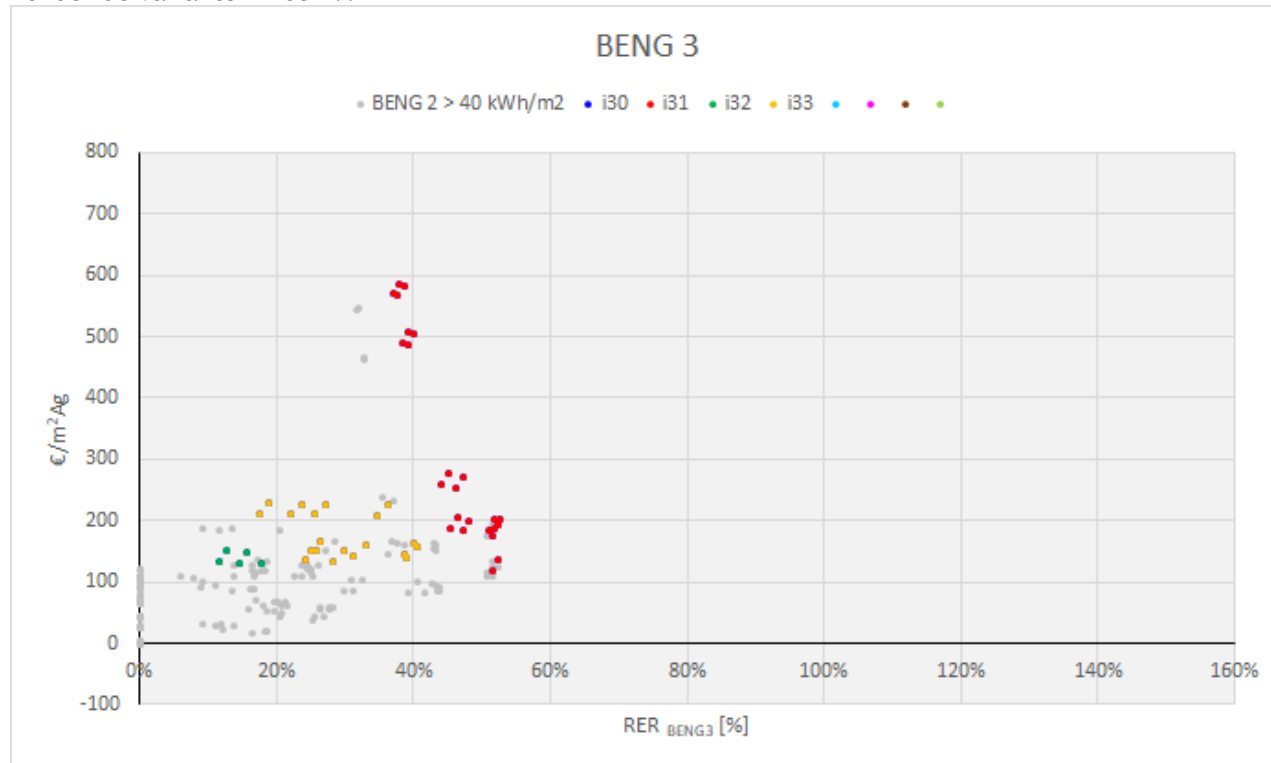


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2 eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

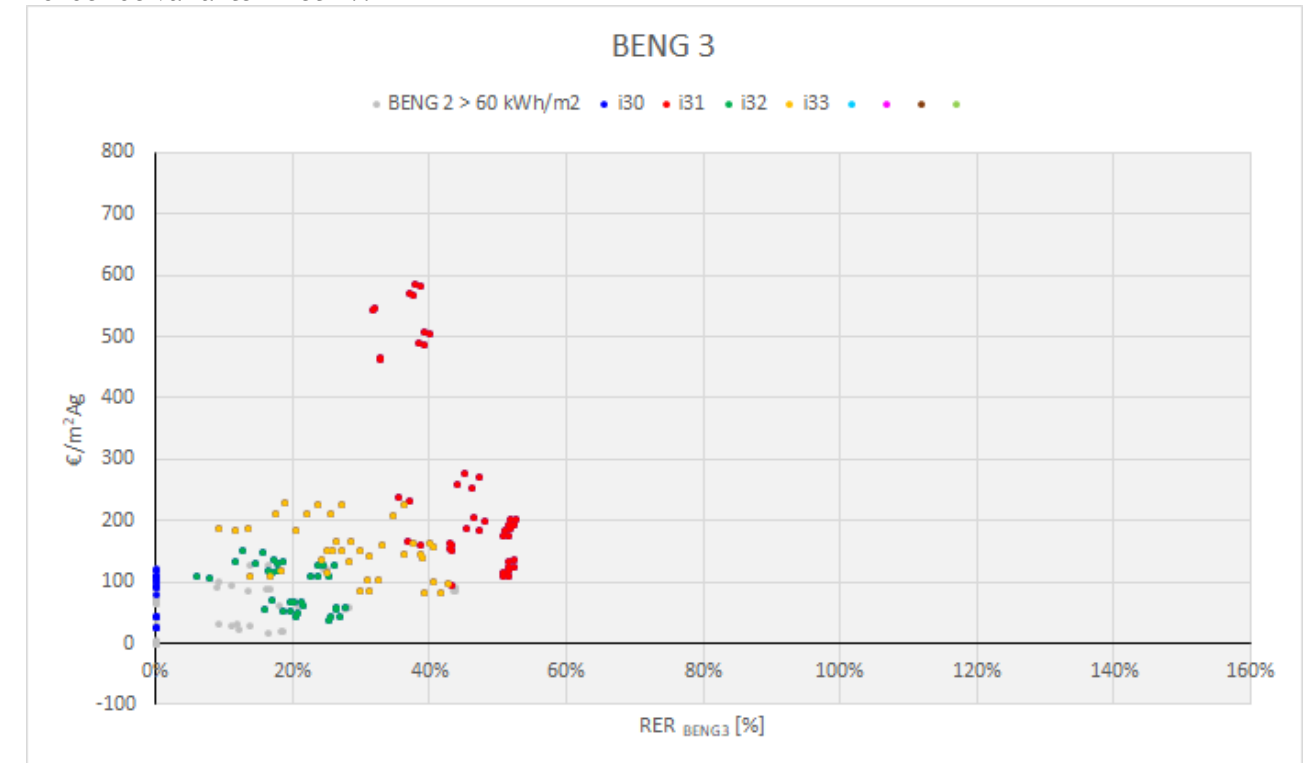
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

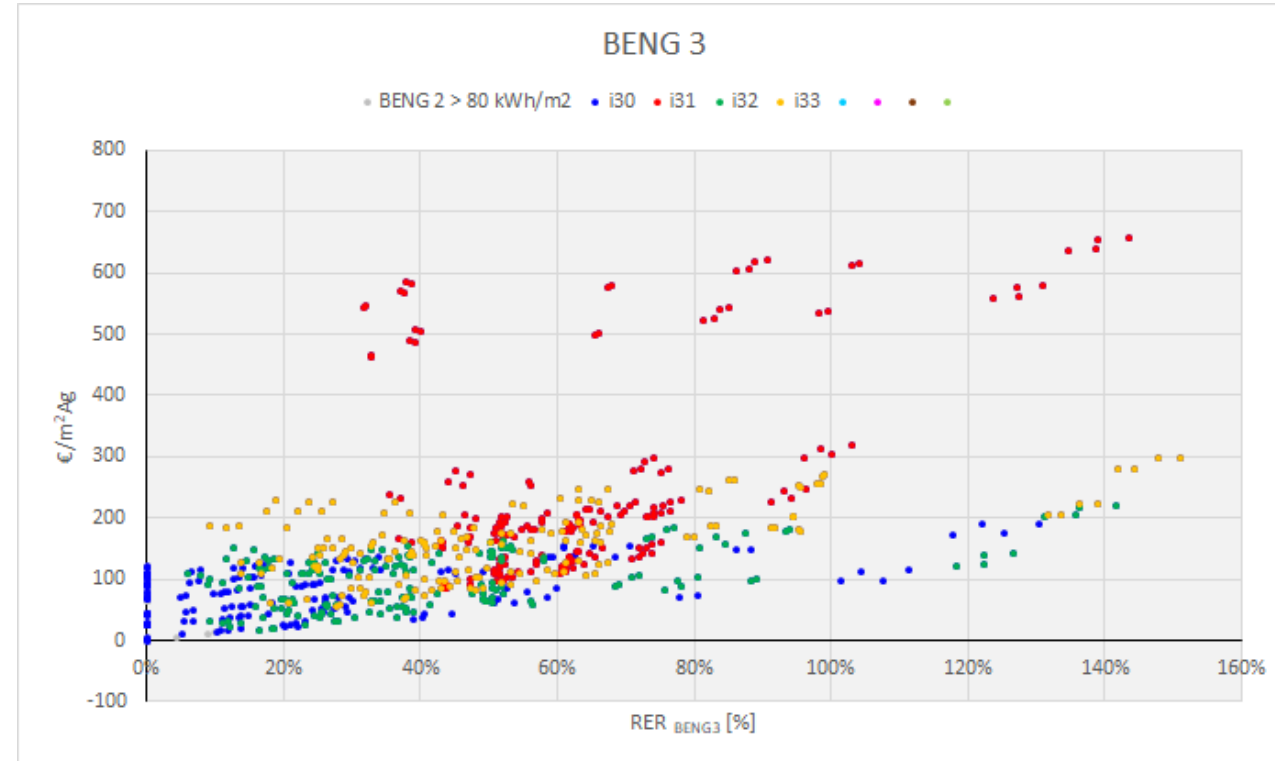


Zonder de varianten met PV:

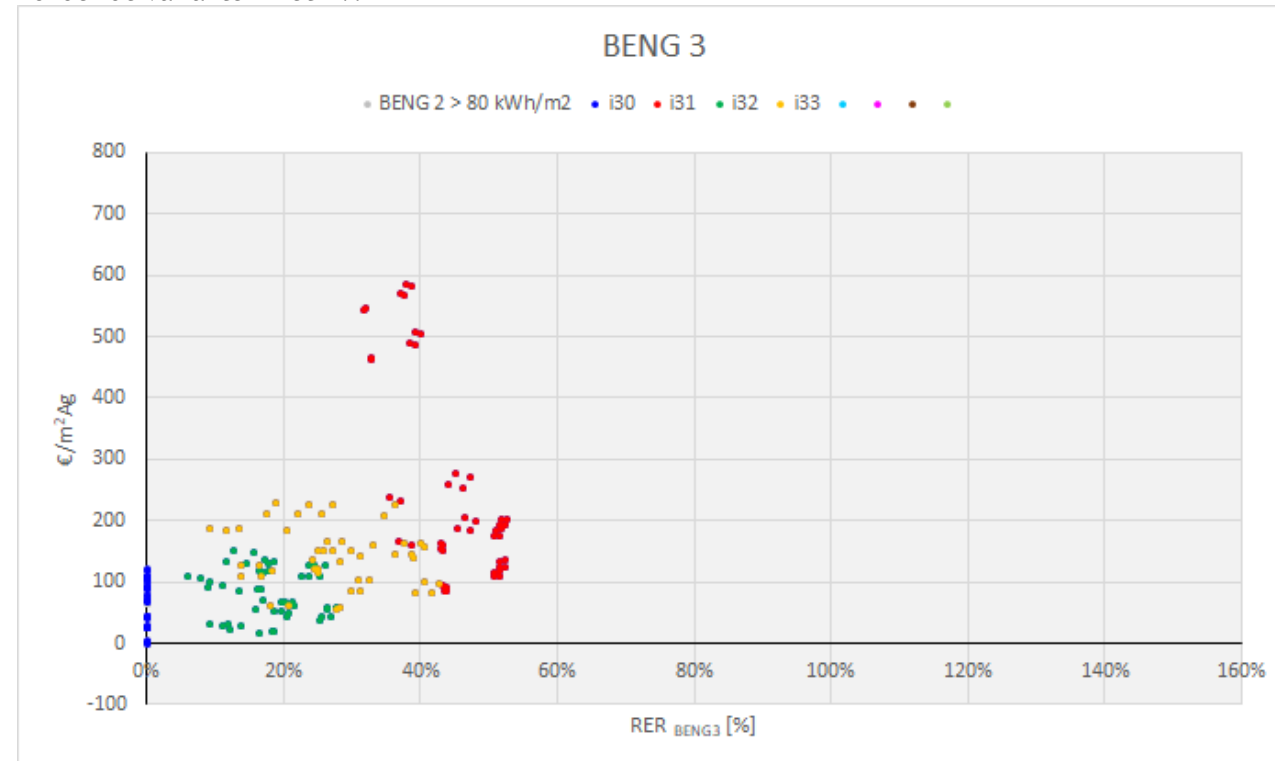


### BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2 eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden.

Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup> kan er alleen met PV (in combinatie met verschillende opwektechnieken) een BENG 3-prestatie van 50% of meer worden gerealiseerd. Zonder PV ligt de BENG 3-prestatie op 20% of meer en is het aantal opwekconcepten beperkt.

#### 7.2 Bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de bijeenkomstfuncties zonder kinderopvang. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13-varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij de overige gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

##### 7.2.1 Bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de bijeenkomstfuncties zonder kinderopvang. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 13: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

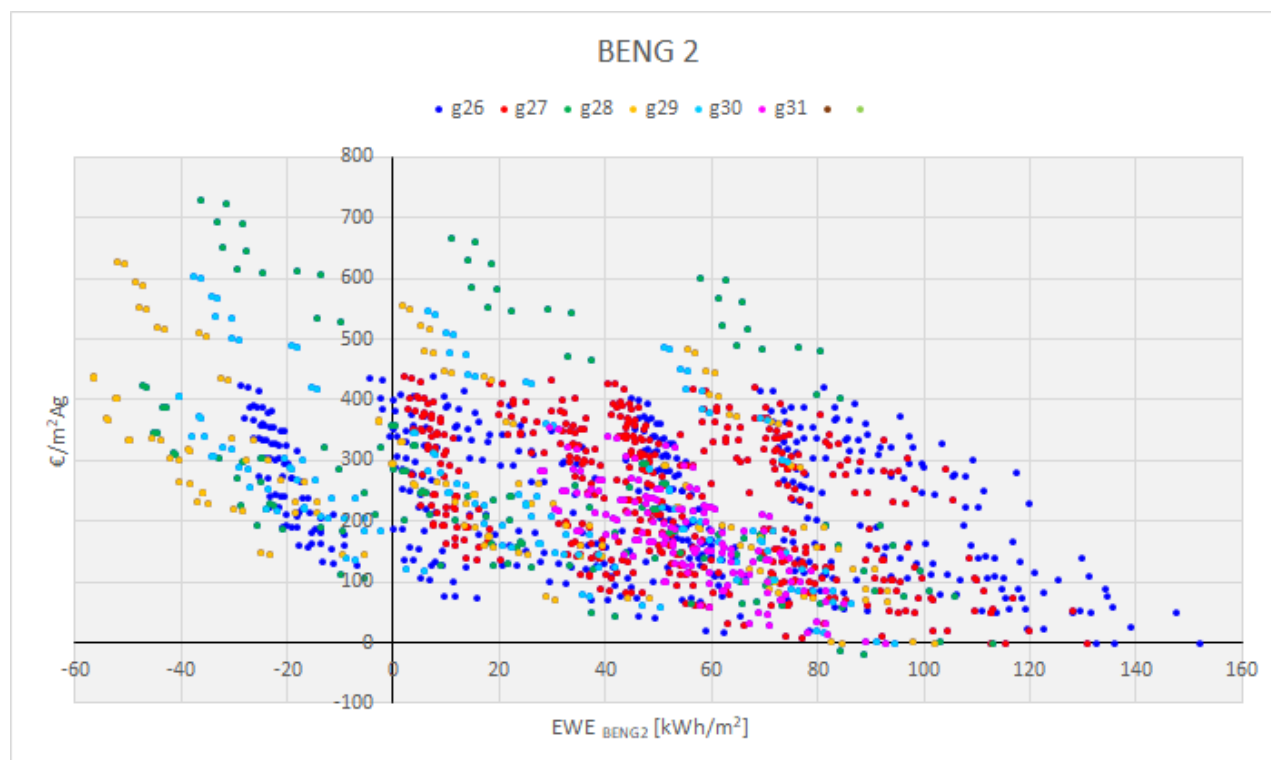
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g26 = Bijeenkomst XS 100	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
g27 = Bijeenkomst XS 200	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g28 = Bijeenkomst S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
g29 = Bijeenkomst M	i31 = WP bodem/aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
g30 = Bijeenkomst L	i32 = WP buitenlucht		
g31 = Bijeenkomst XL	i33 = biomassa		

Bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor de overige gebouwen wordt er gebruik gemaakt van een elektroboiler. Bij installatieconcept 31 wordt er bij Bijeenkomst M, L en XL gebruik gemaakt van een aquifer, bij de overige gebouwen van een bodembron.

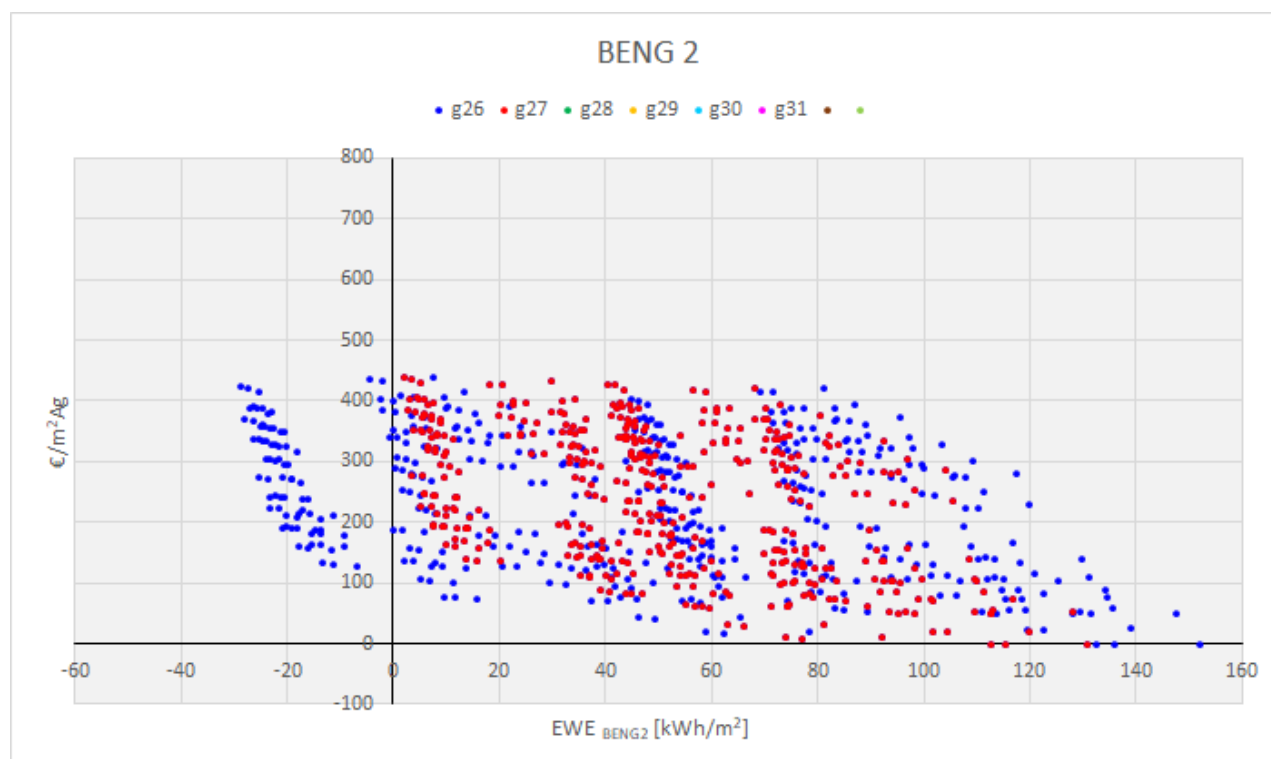
**tabel 14: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l20 = 15 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l21 = 12 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l22 = 12 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p13 = helft p11

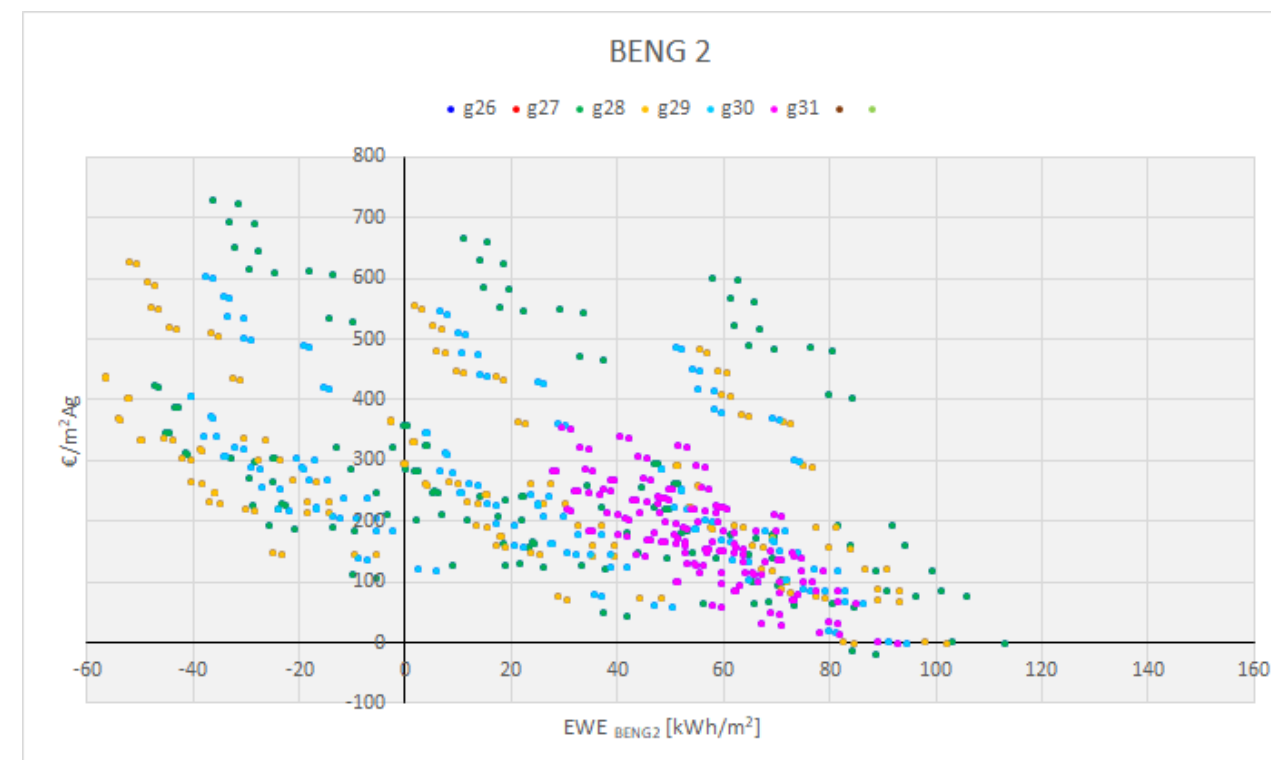
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de bijeenkomstgebouwen zonder kinderopvang. De resultaten van XS 100 (g26) en XS 200 (g27) zijn bepalend voor de breedte van de resultaten in de figuur. Van deze gebouwen zijn een groter aantal concepten doorgerekend dan van de andere gebouwen doordat in deze (extra) kleine gebouwen voor de bouwkundige- en ventilatieconcepten gebruik is gemaakt van drie in plaats van twee varianten.



Om beter inzicht in de resultaten te krijgen zijn de resultaten voor de XS-gebouwen en de overige gebouwen in de hierna volgende grafieken apart weergegeven:



Bij de XS-gebouwen is er geen duidelijk kostenoptimaal punt. Voor beide XS-gebouwen geldt dat kostenoptimale zone begint bij een BENG 2 van circa 75 kWh/m<sup>2</sup> en doorloopt tot circa 130 kWh/m<sup>2</sup>.

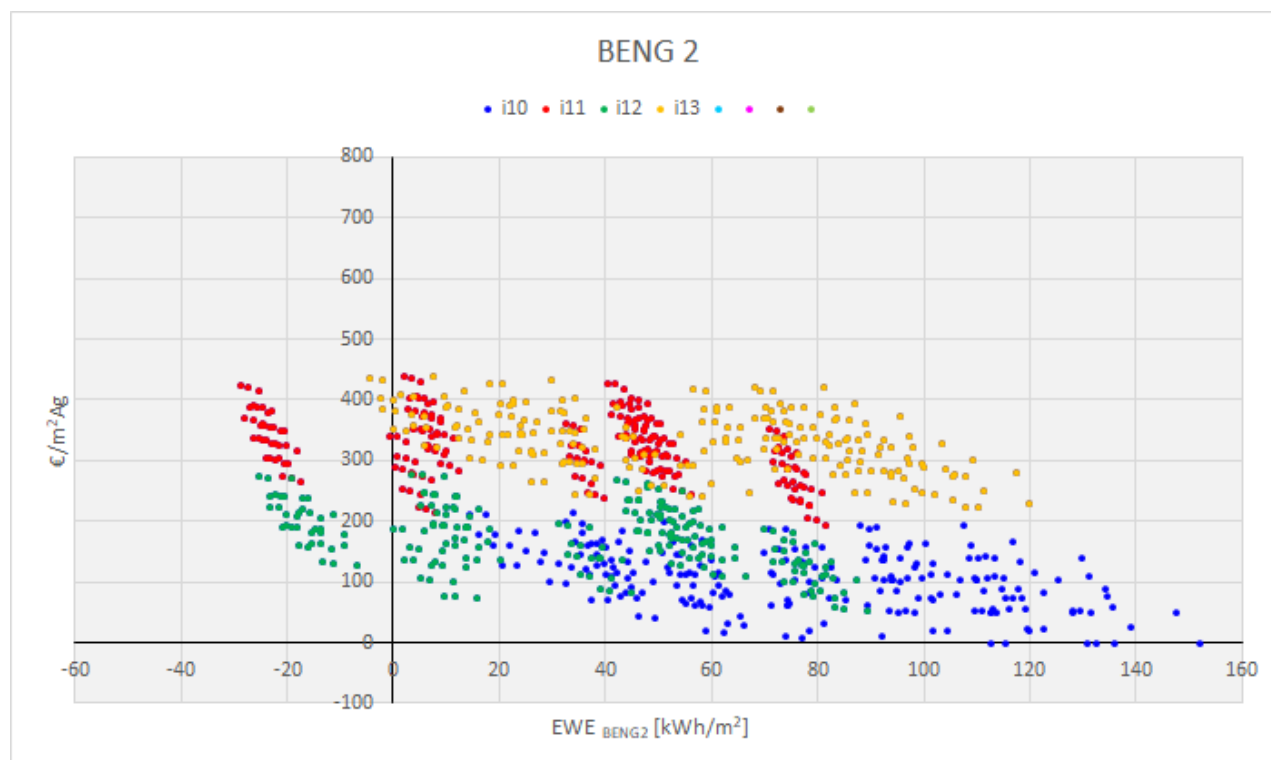


Bij de overige gebouwen is te zien dat bij Bijeenkomst S (g28), M (g29) en L (g30) er veel lagere BENG 2 prestaties te realiseren zijn met vergelijkbare maatregelenpakketten ten opzichte van Bijeenkomst XL (g31). Er lijkt een kostenoptimaal punt te liggen bij een BENG 2-indicator van circa 85 kWh/m<sup>2</sup>. Bij een lagere BENG 2-indicator zijn de NCC hoger.

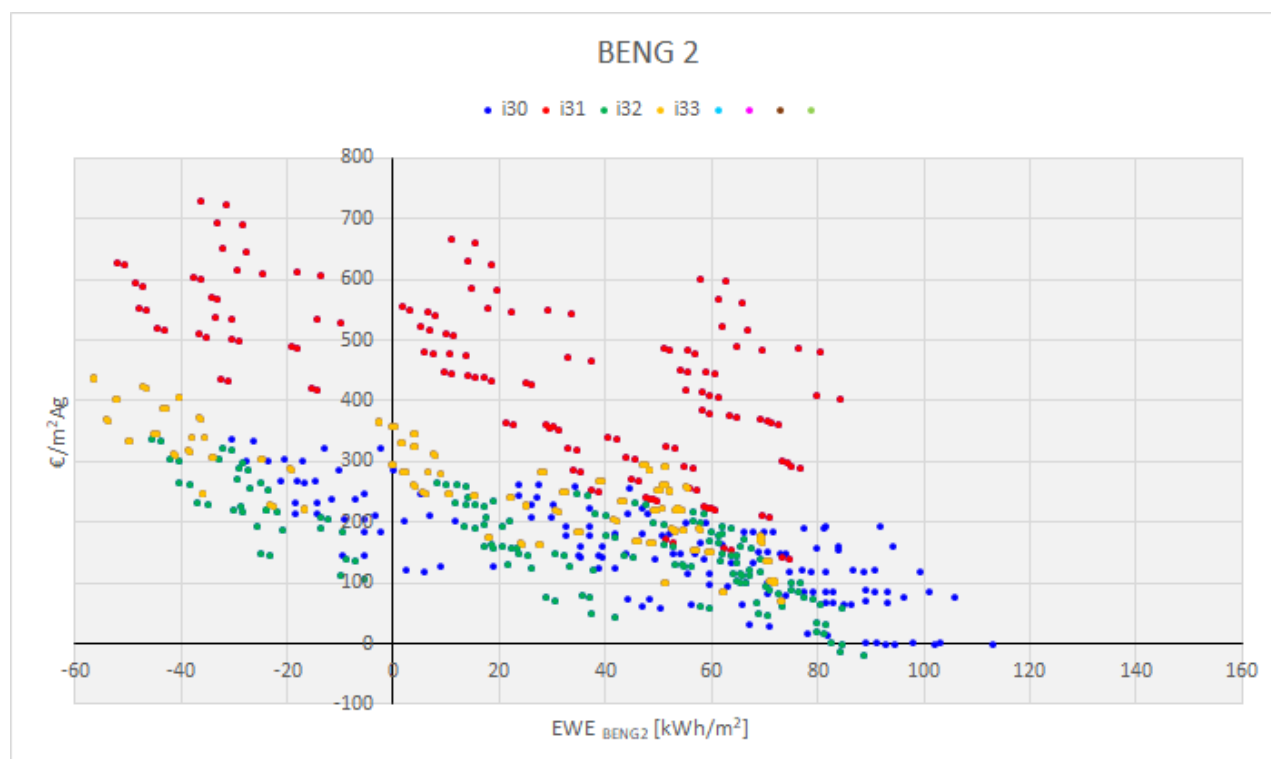
Bij de XS-gebouwen is er geen duidelijk kostenoptimaal punt. Het kostenoptimale punt van de grotere gebouwen valt wel binnen de kostenoptimale zone van de XS-gebouwen.

#### Installatieconcept

In de volgende grafieken is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor de XS-gebouwen en vervolgens voor de grotere gebouwen.



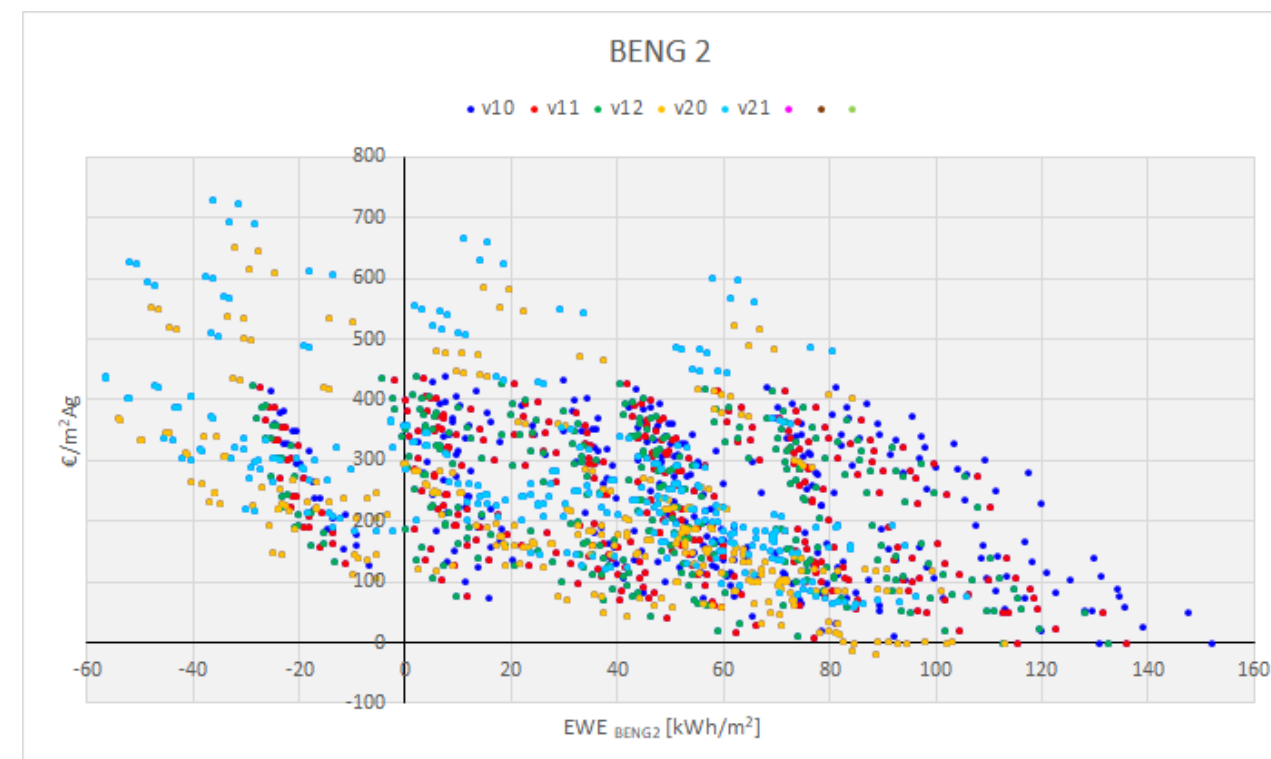
Bij de XS-gebouwen hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



Bij de grotere gebouwen hebben concepten met gas (i30) samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met als bron bodem of aquifer (i31) en de biomassaconcepten (i33) hebben de hoogste NCC.

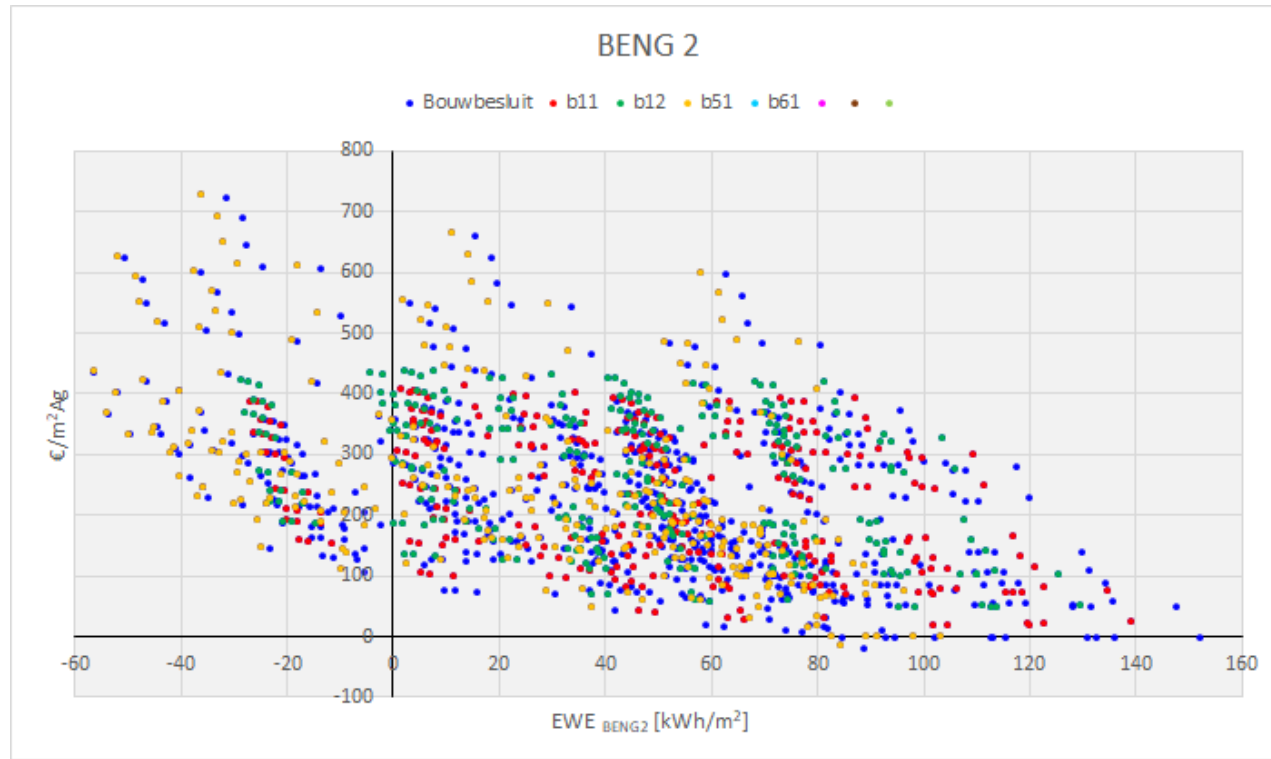
#### Ventilatie

Net als bij woningbouw leidt bij de XS-gebouwen de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11, v12) niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de verschillende ventilatiesystemen liggen per gebouwtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar. Bij de grotere gebouwen is het verschil in NCC tussen de ventilatieconcepten (v20 en v21) groter.



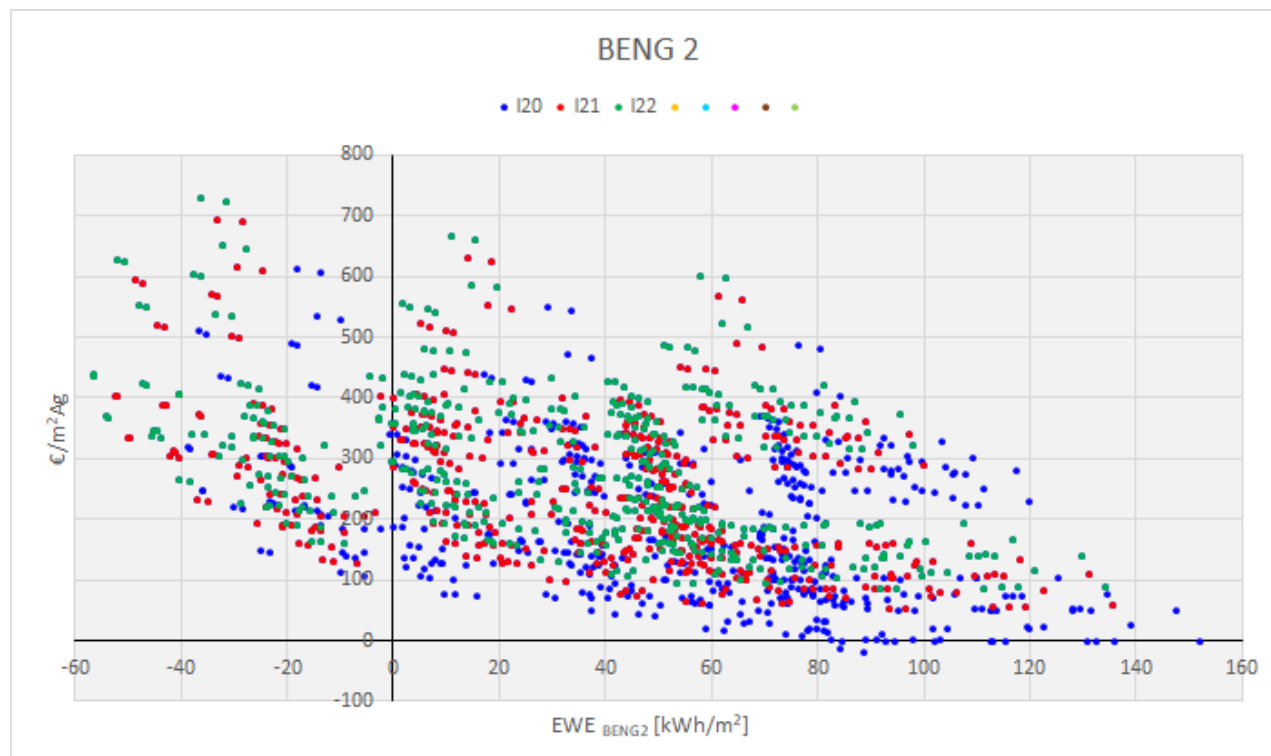
#### Bouwkundig

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC kosten van pakket b11, b51 en b61 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) en b12 ( $R_c$  vloer 6/gevel 6/dak 10 en  $U_w$  0,9) in de meeste gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10, b50 of b60 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en  $U_w$  1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.



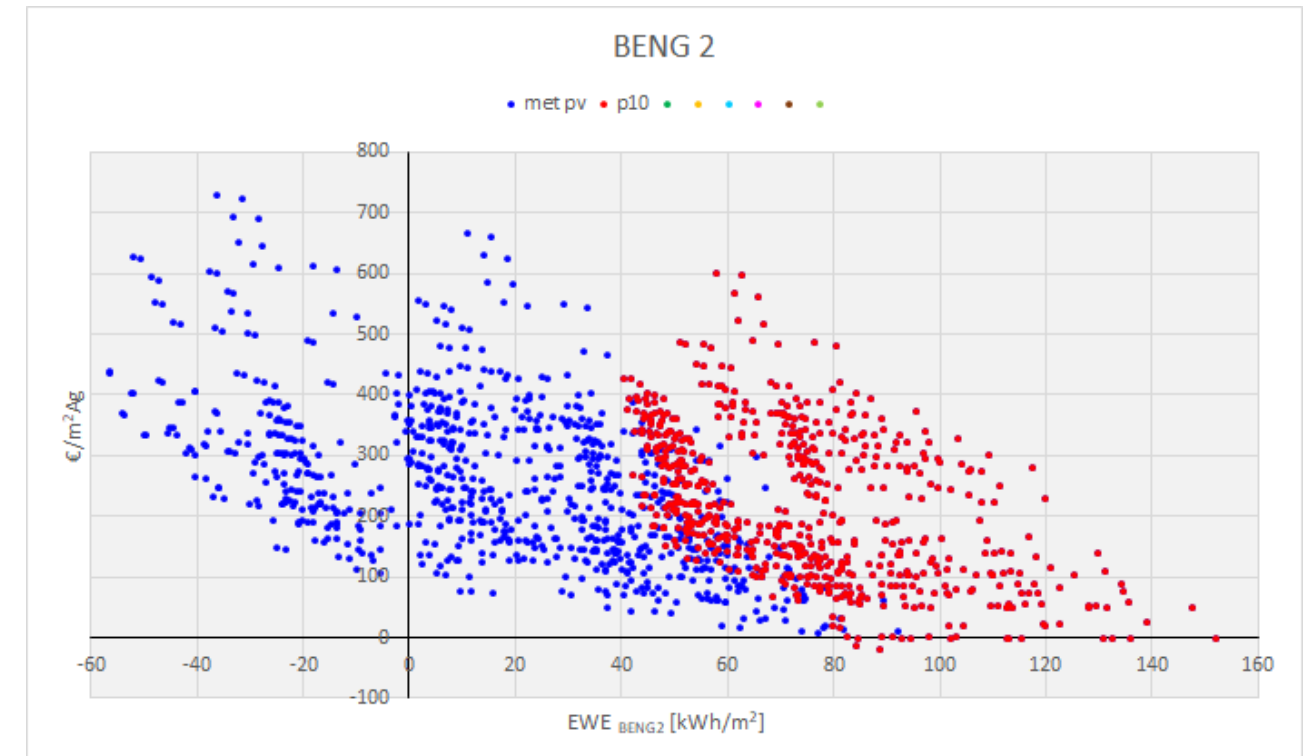
**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (I21 en I22) leidt tot zowel een verlaging van BENG 2 als tot een verhoging van de NCC. Het verschil in verlichtingsvermogen tussen LED (I21 en I22) en TL+PL verlichting (I20) is met 15 en 12 W/m<sup>2</sup> beperkt.



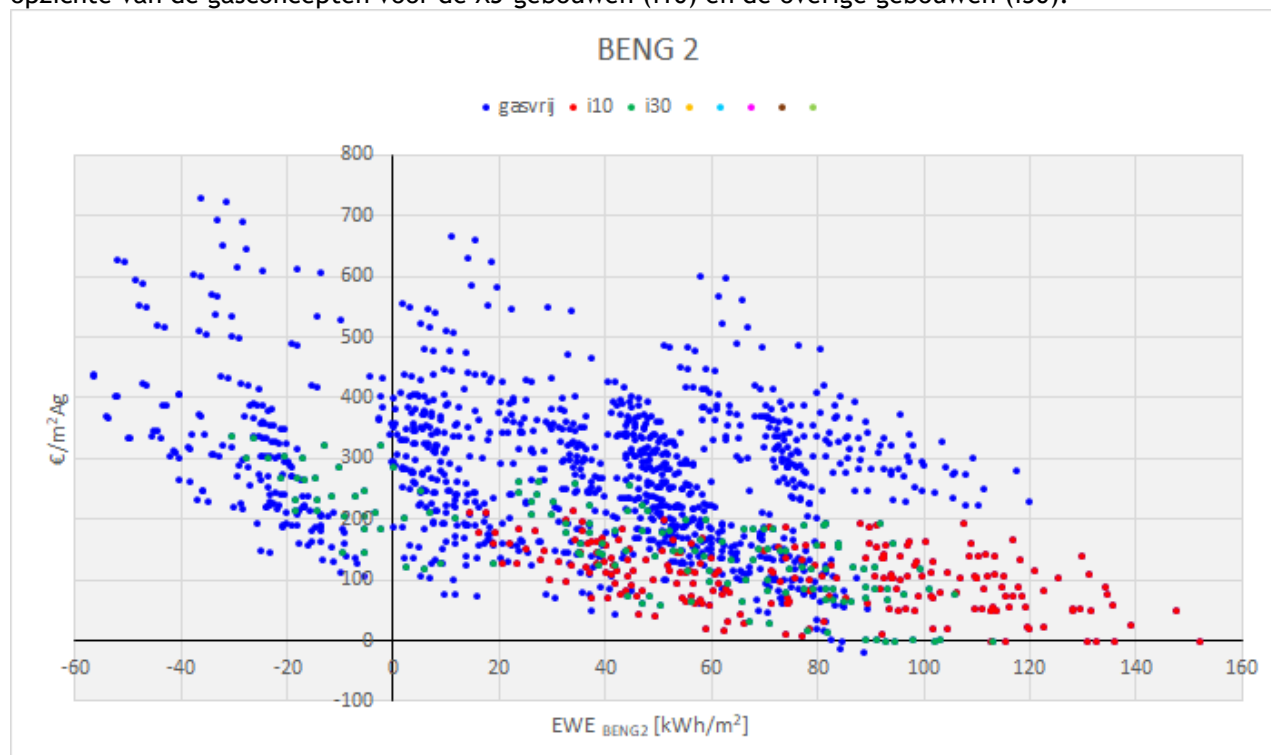
**PV**

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 40 kWh/m<sup>2</sup>.

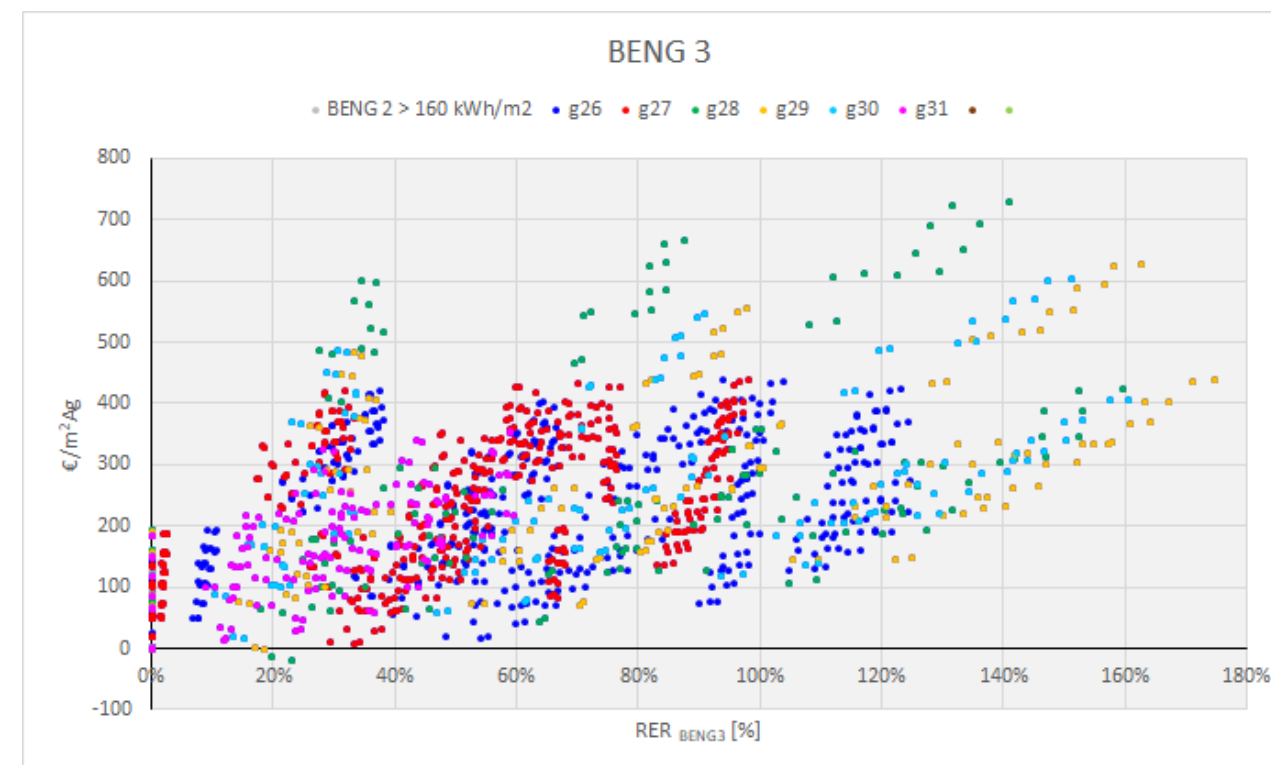


**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator en hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor de XS-gebouwen (i10) en de overige gebouwen (i30):

**7.2.2 Bijeenkomstfunctie zonder kinderopvang BENG 3**

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk bouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat Bijeenkomst S, M en L (g28, g29 en g30) de hoogste waarden voor BENG 3 bereiken. Dit zijn allemaal concepten met warmtepompen en PV. Bij Bijeenkomst XL (g31) bedraagt BENG 3 maximaal circa 60%.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

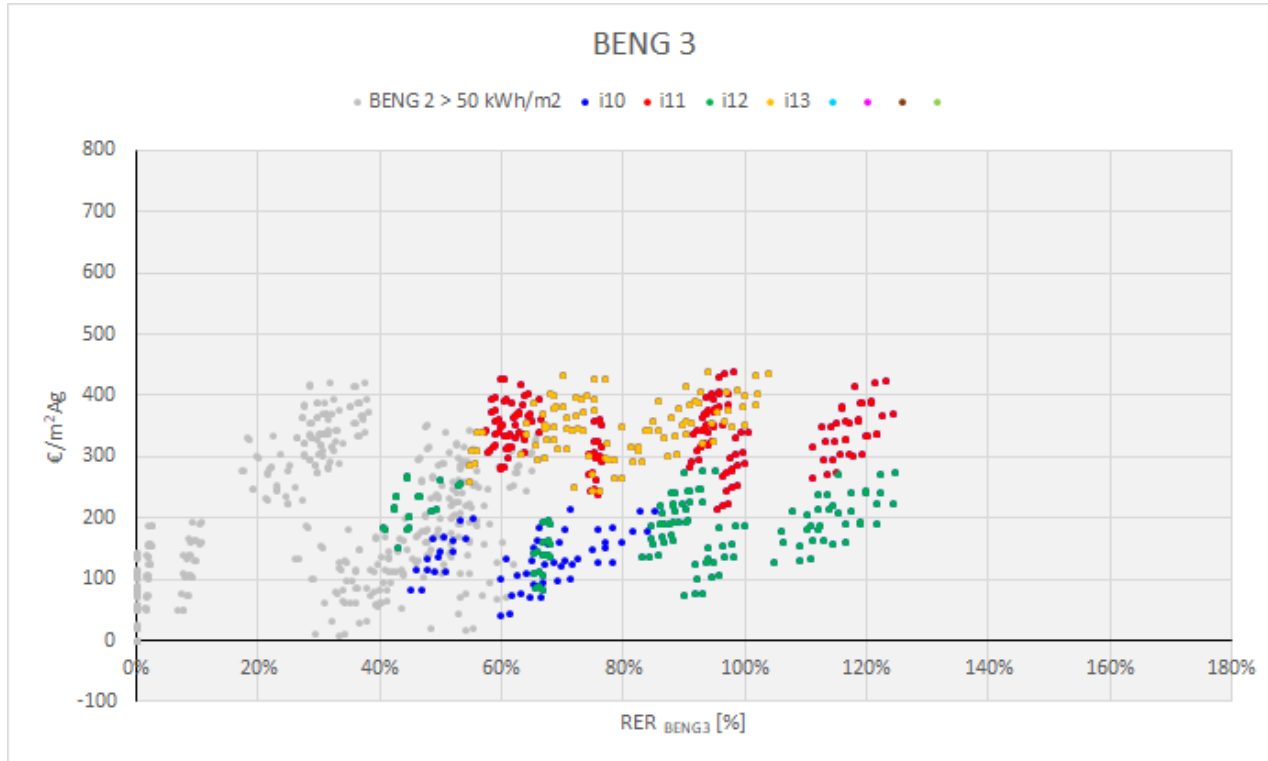
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

In de onderstaande grafieken zijn eerst de resultaten voor de XS-gebouwen getoond bij het strengste BENG 2-niveau. Hieruit komt naar voren dat bij een relatief strenge BENG 2-eis er een breed scala aan resultaten voor BENG 3 gerealiseerd kan worden. De resultaten worden bepaald door de inzet van warmtepompen en/of de toepassing van PV.

De XS-gebouwen zijn in eerste instantie niet bepalend voor de BENG 3-eis. Om de resultaten van de overige gebouwen in relatie tot het installatieconcept en bouwtype zo goed mogelijk in beeld te brengen zijn de resultaten van de XS-gebouwen in de overige grafieken achterwege gelaten.

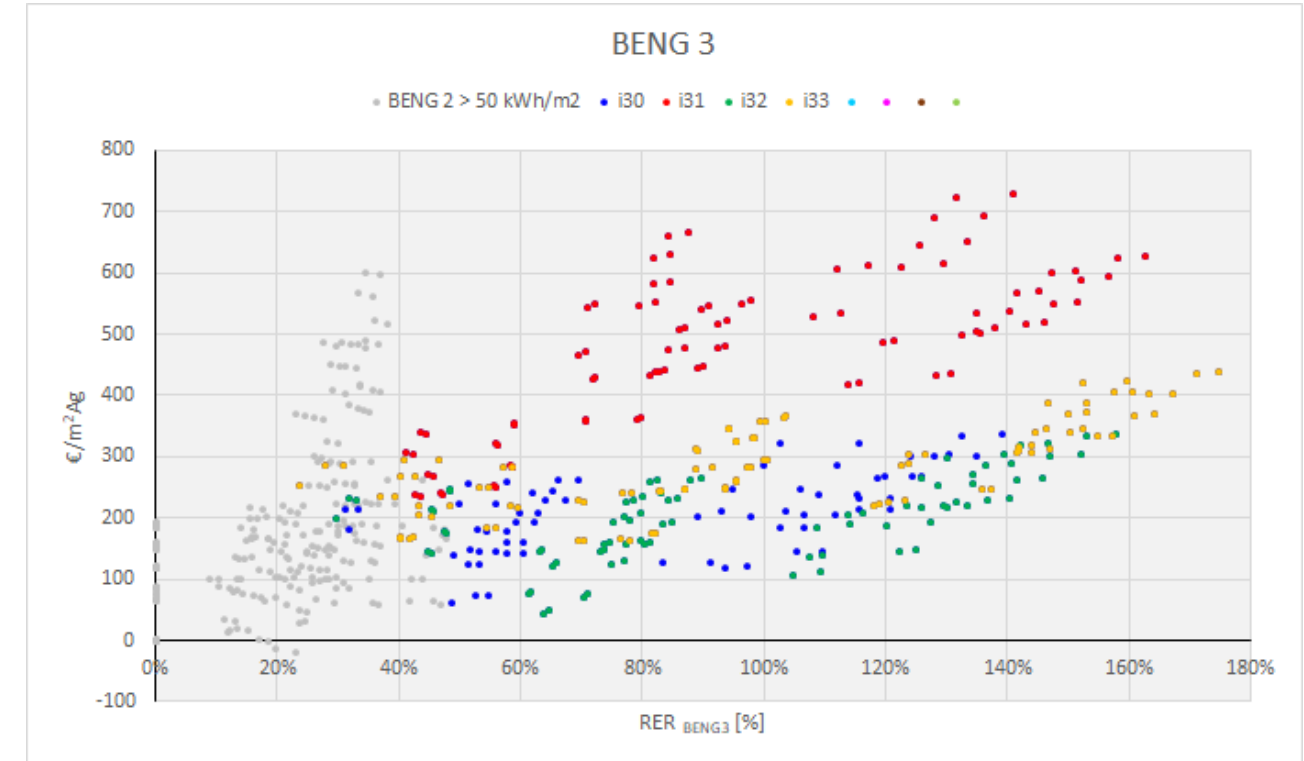
BENG 3 bij de XS gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

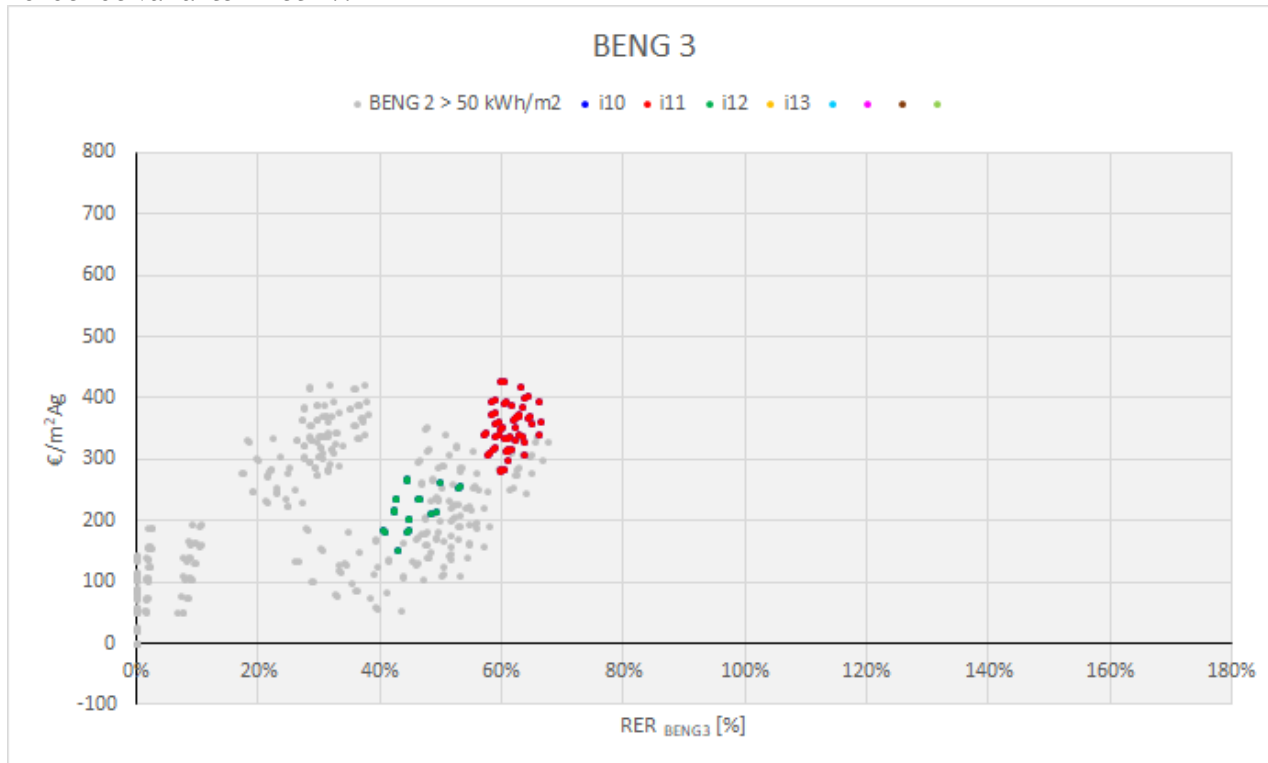


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2 eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

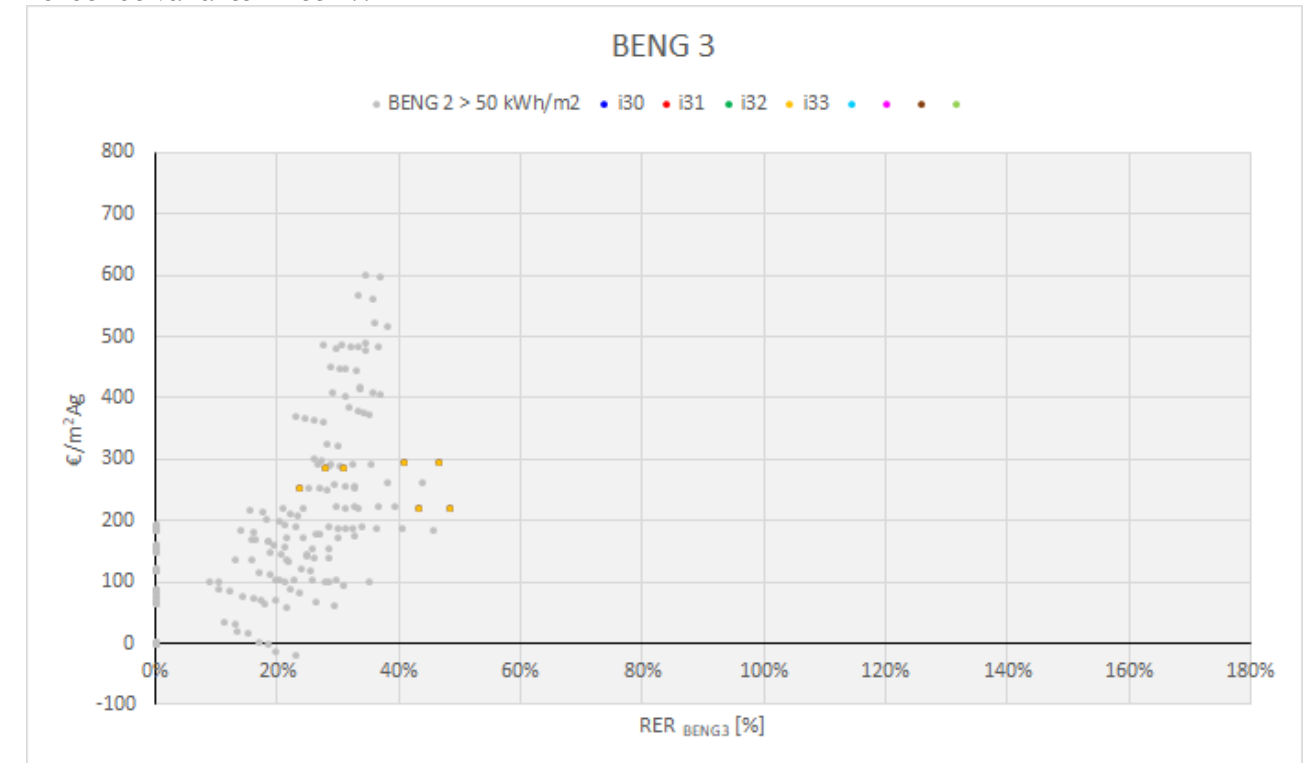
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

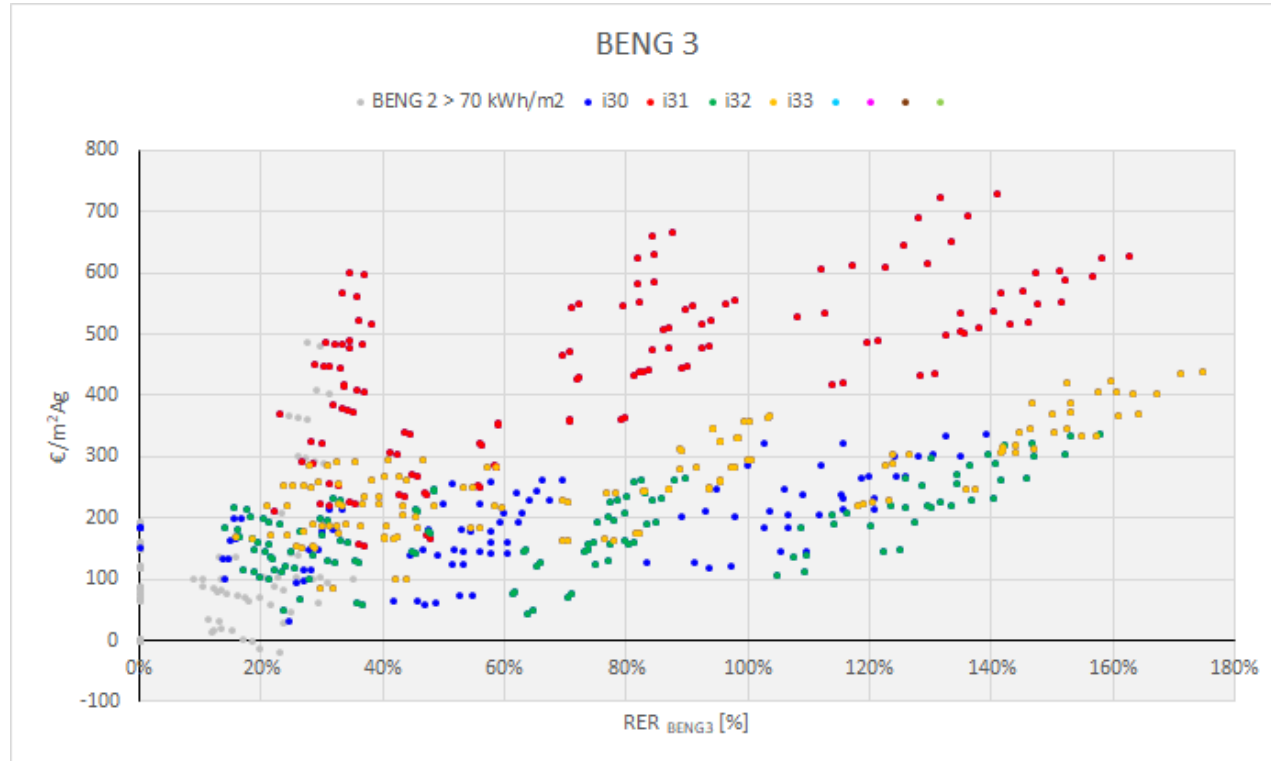


Zonder de varianten met PV:



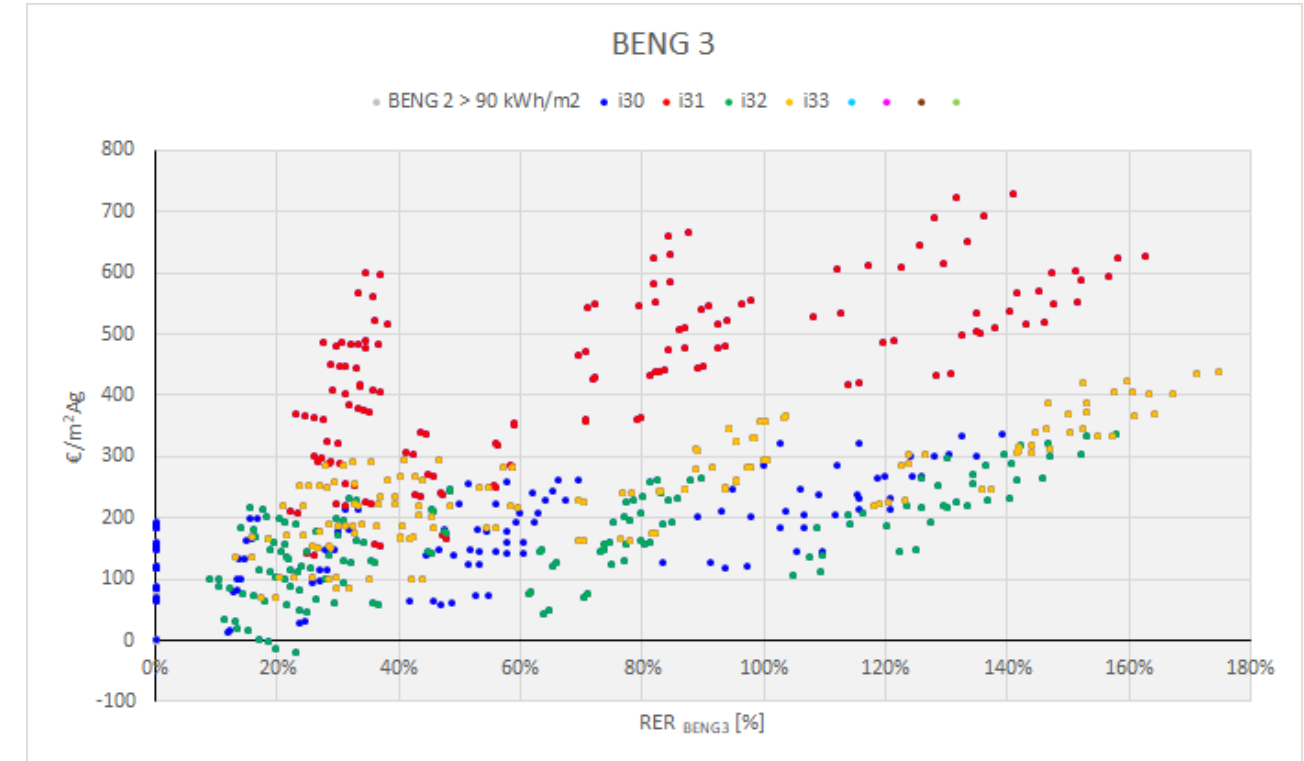
BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 70 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

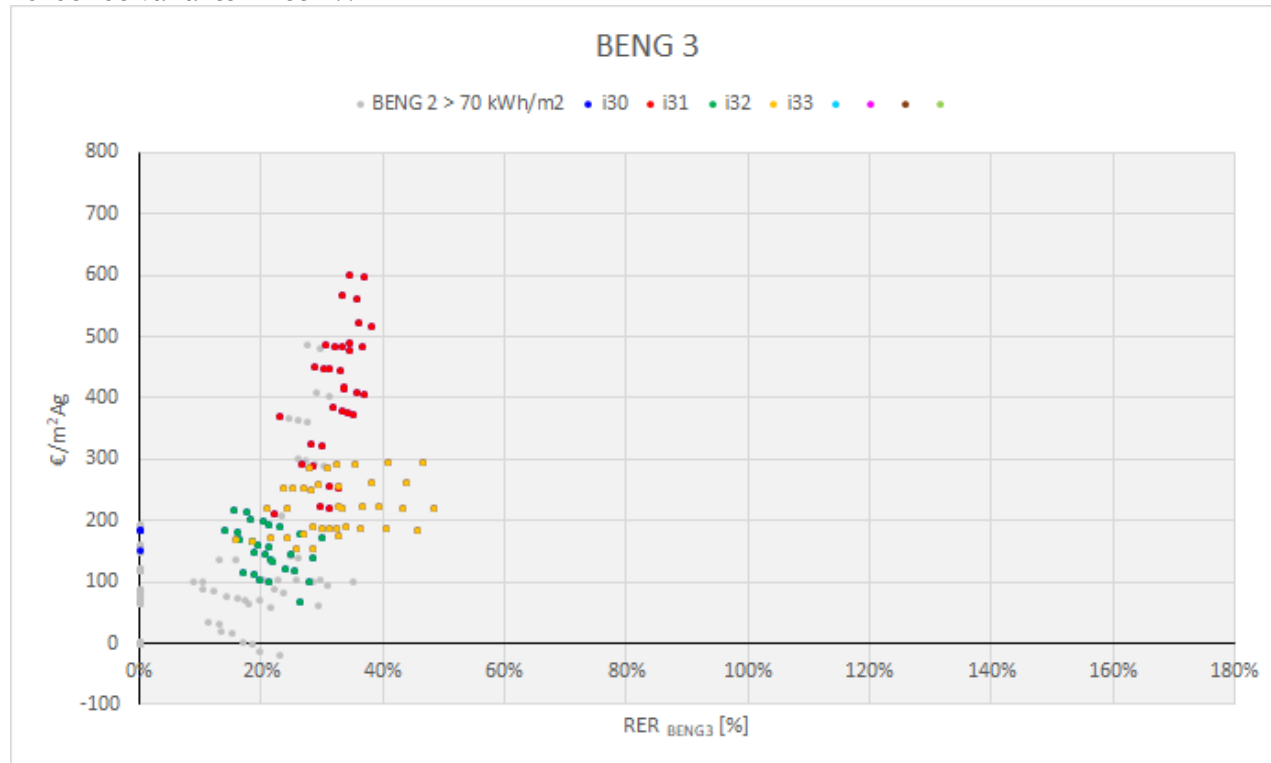


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 90 kWh/m<sup>2</sup>

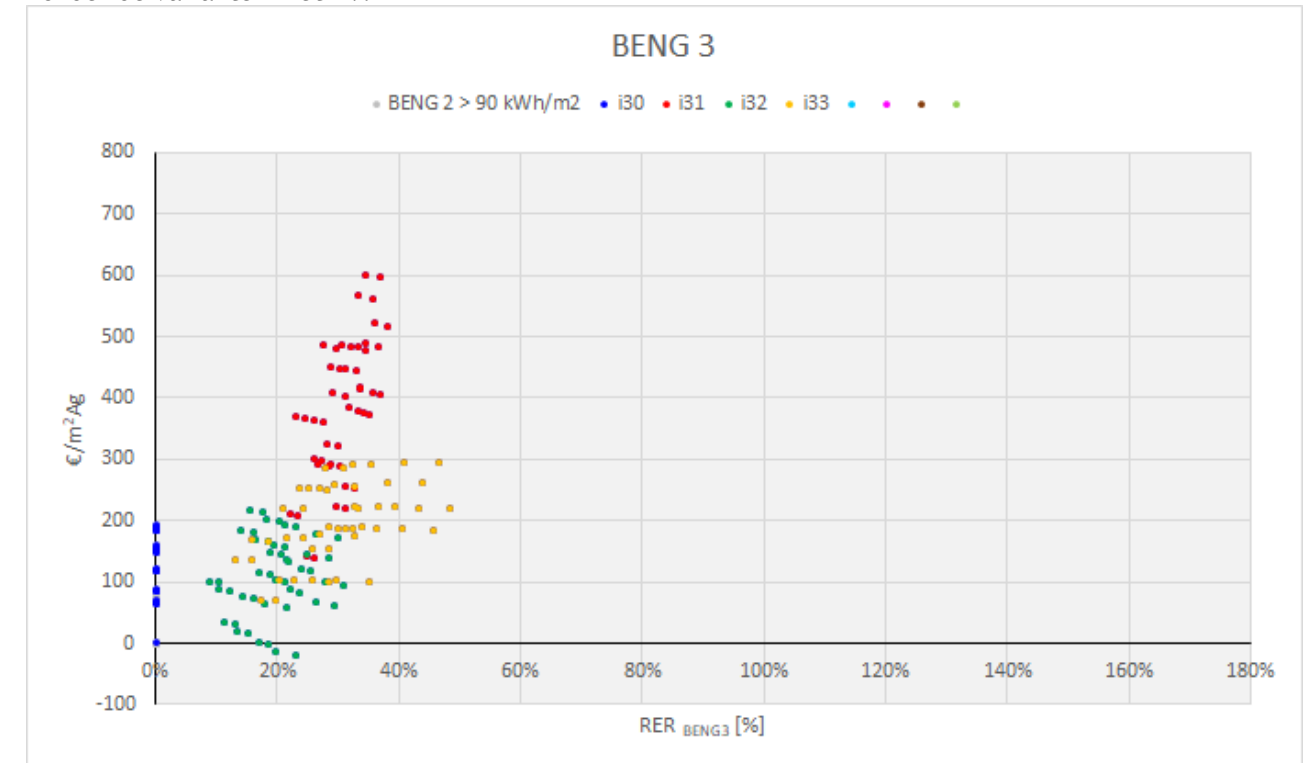
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:





Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup> kan er alleen met PV (in combinatie met verschillende opwektechnieken) een BENG 3-prestatie van 50% of meer worden gerealiseerd. Voor Bijeenkomst XL (g31) is dit bij de doorgerekende maatregelen het maximaal haalbare.

### 7.3 Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de bijeenkomstfuncties voor kinderopvang. Bij de presentatie van de resultaten zij op het kleine gebouw XS 200 de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij het grotere gebouw zijn alle PV-varianten opgenomen.

#### 7.3.1 Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor bijeenkomstfuncties voor kinderopvang. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 15: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

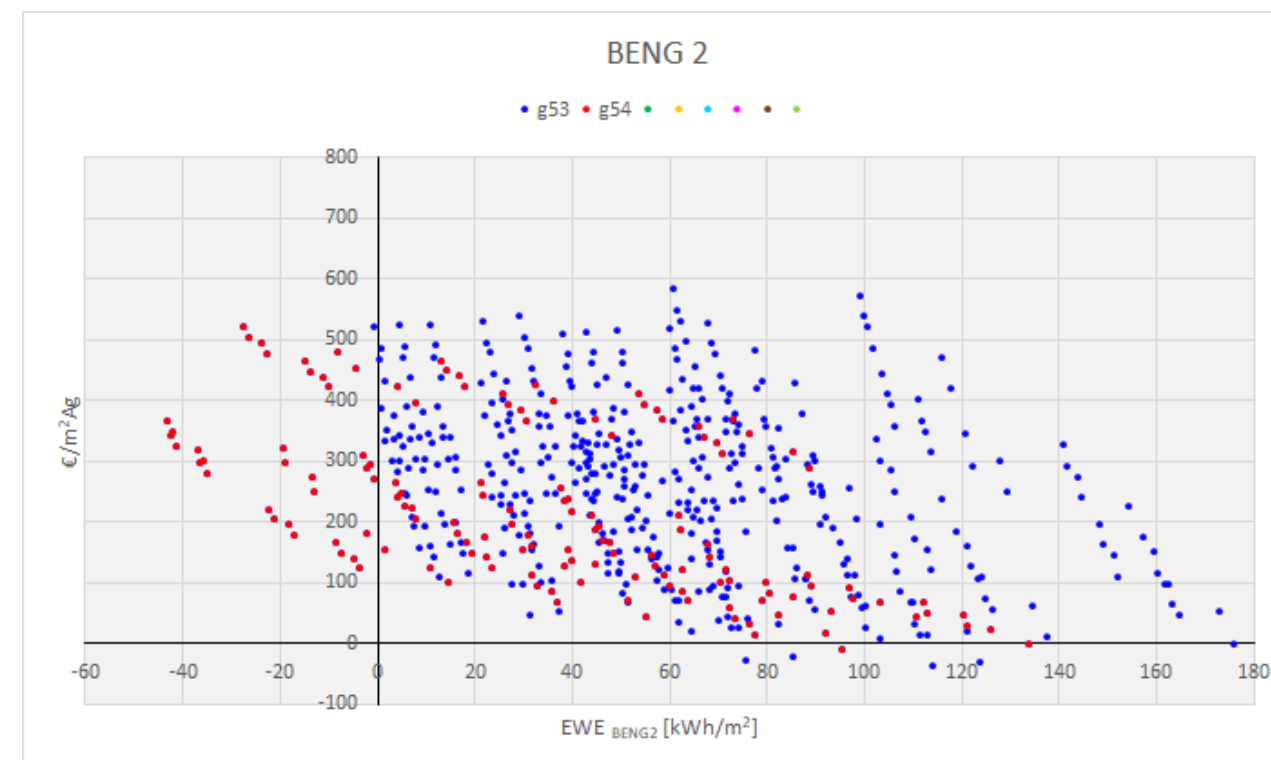
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g53 = Bijeenkomst ko XS200	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g54 = Bijeenkomst ko S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50 = isolatie BB & HR** glas
	i31 = WP bodem	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51 = isolatie BB* & triple glas
	i32 = WP buitenlucht		
	i33 = biomassa		

Bij het kleine gebouwen XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor het andere gebouw wordt er gebruik gemaakt van een elektroboiler.

**tabel 16: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l10 = TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l11 = LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l12 = LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p13 = helft p11

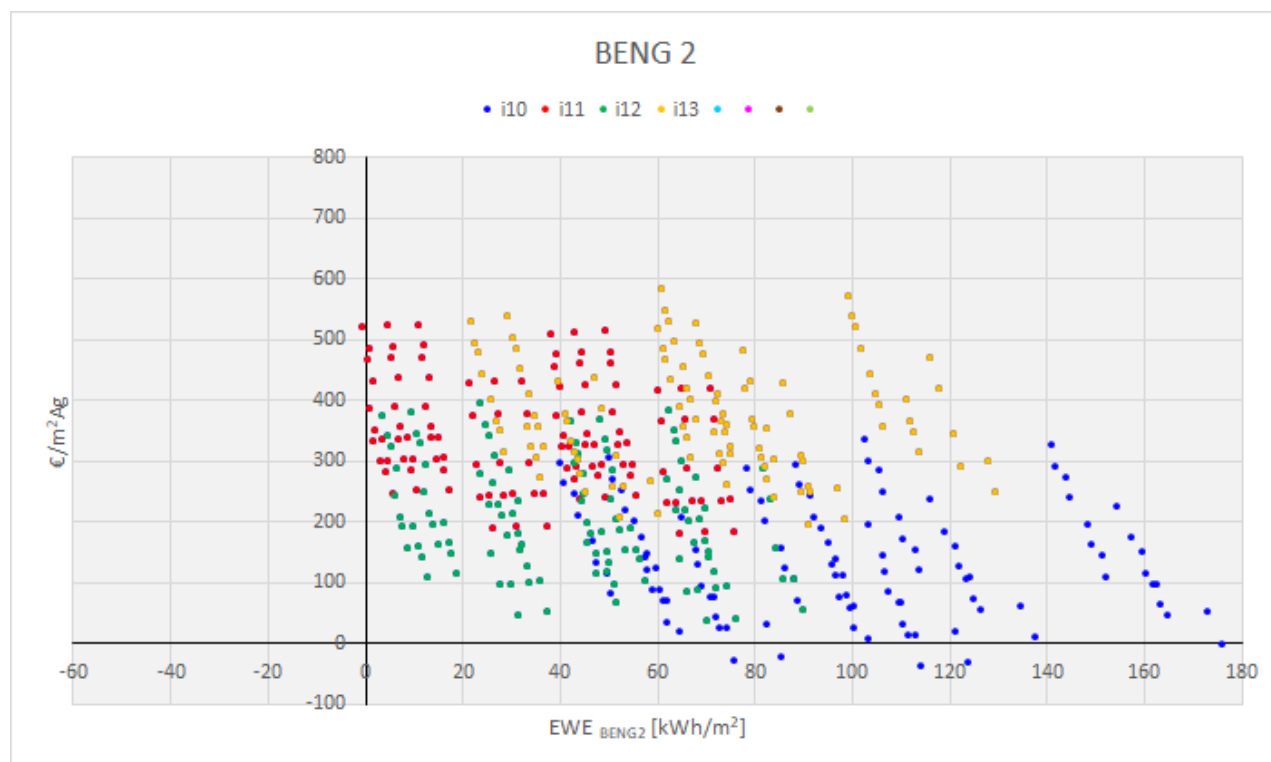
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de bijeenkomstfuncties voor kinderopvang. Van het kleine gebouw XS 200 (g53) zijn ruim drie keer zoveel maatregelpakketten doorgerekend als van het grotere gebouw Bijeenkomst voor kinderopvang S (g54) doordat hiervoor meer ventilatieconcepten en meer bouwkundige pakketten zijn meegenomen. Hierdoor lijkt het kleine gebouw XS 200 (g53) dominant in de figuur.



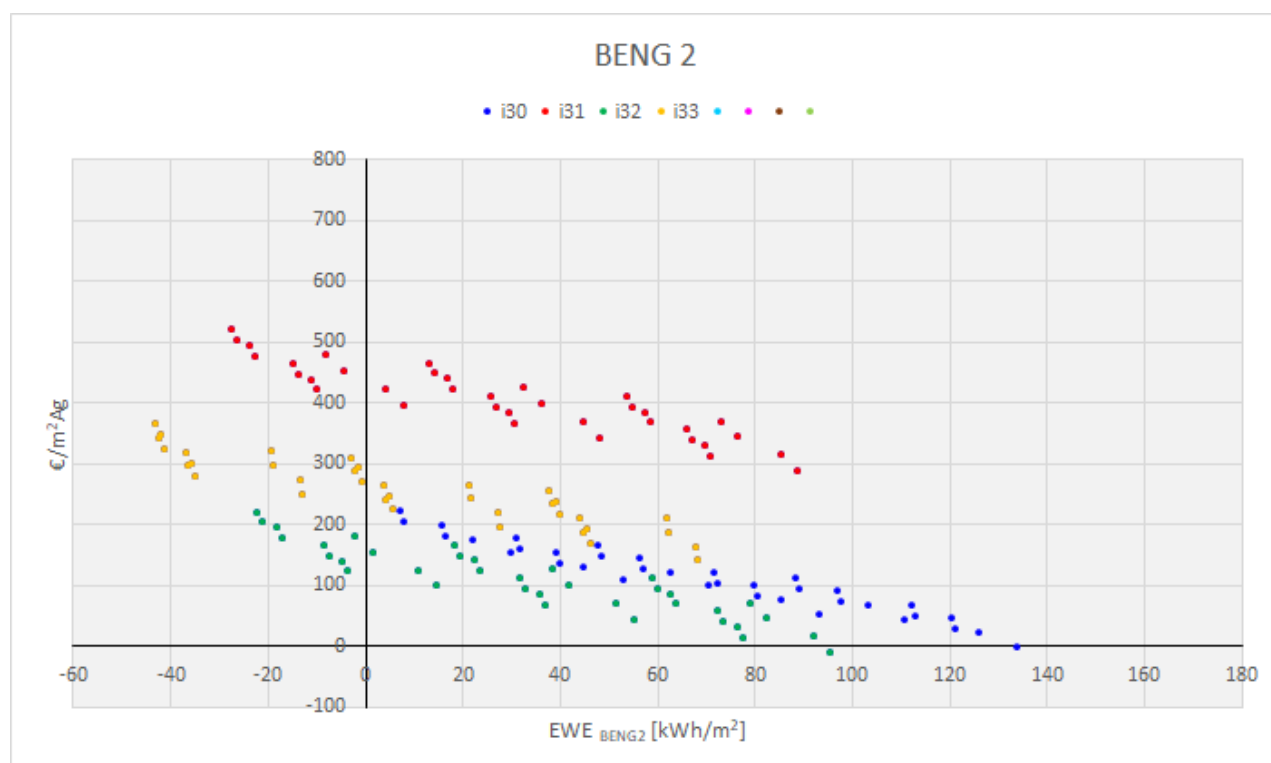
Met Bijeenkomst voor kinderopvang S (g54) zijn de laagste BENG 2-resultaten te realiseren. Bij dit gebouw is volledig dak PV (P11) wel meegenomen, bij het kleine gebouw XS 200 (g53) niet. Er is geen duidelijk kostenoptimaal punt. Wel lijkt er sprake van een kostenoptimale zone voor BENG 2 die loopt van circa 75 tot circa 140 kWh/m<sup>2</sup>.

#### Installatieconcept

In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor het XS 200 gebouw en vervolgens voor Bijeenkomst voor kinderopvang S (g54) omdat hierbij gebruik wordt gemaakt van verschillende installatieconcepten.



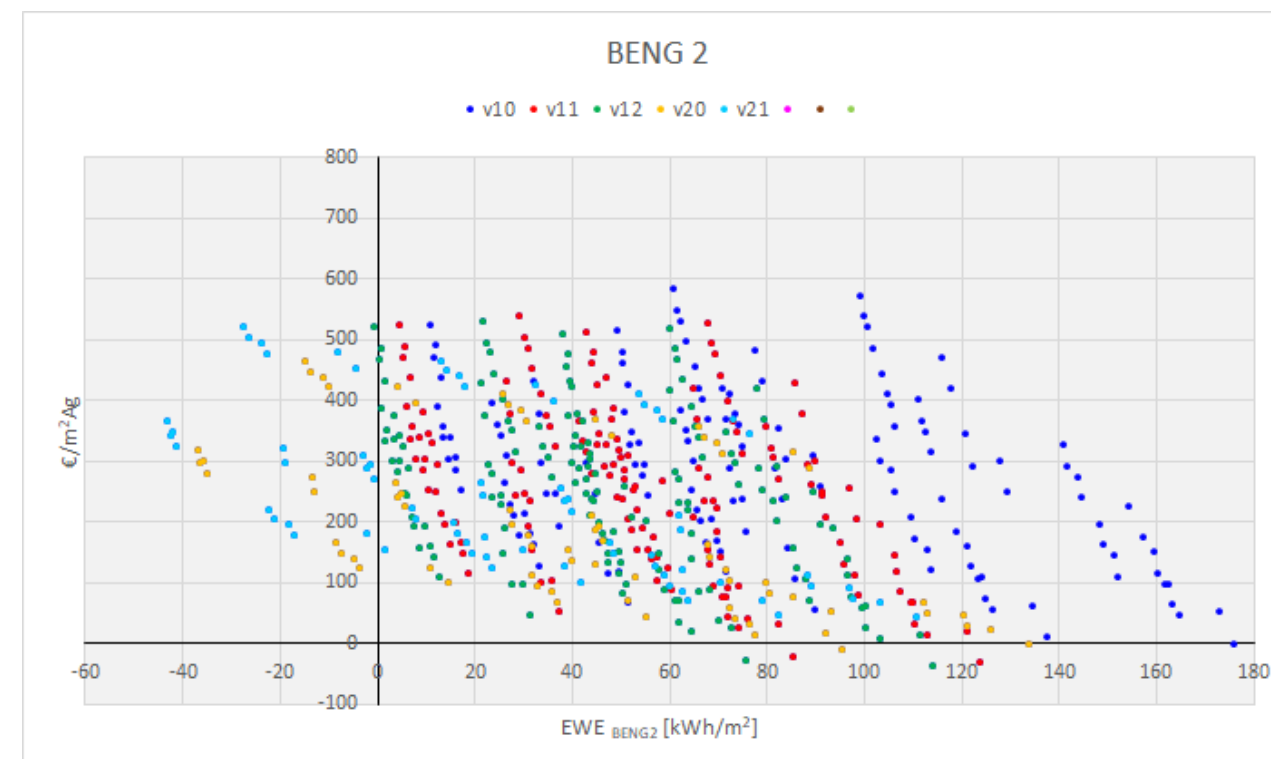
Bij het XS200-gebouw hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



Bij het grotere gebouw - Bijeenkomst voor kinderopvang S (g38) - hebben concepten met gas (i30) samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met een bodembron (i31) hebben de hoogste NCC.

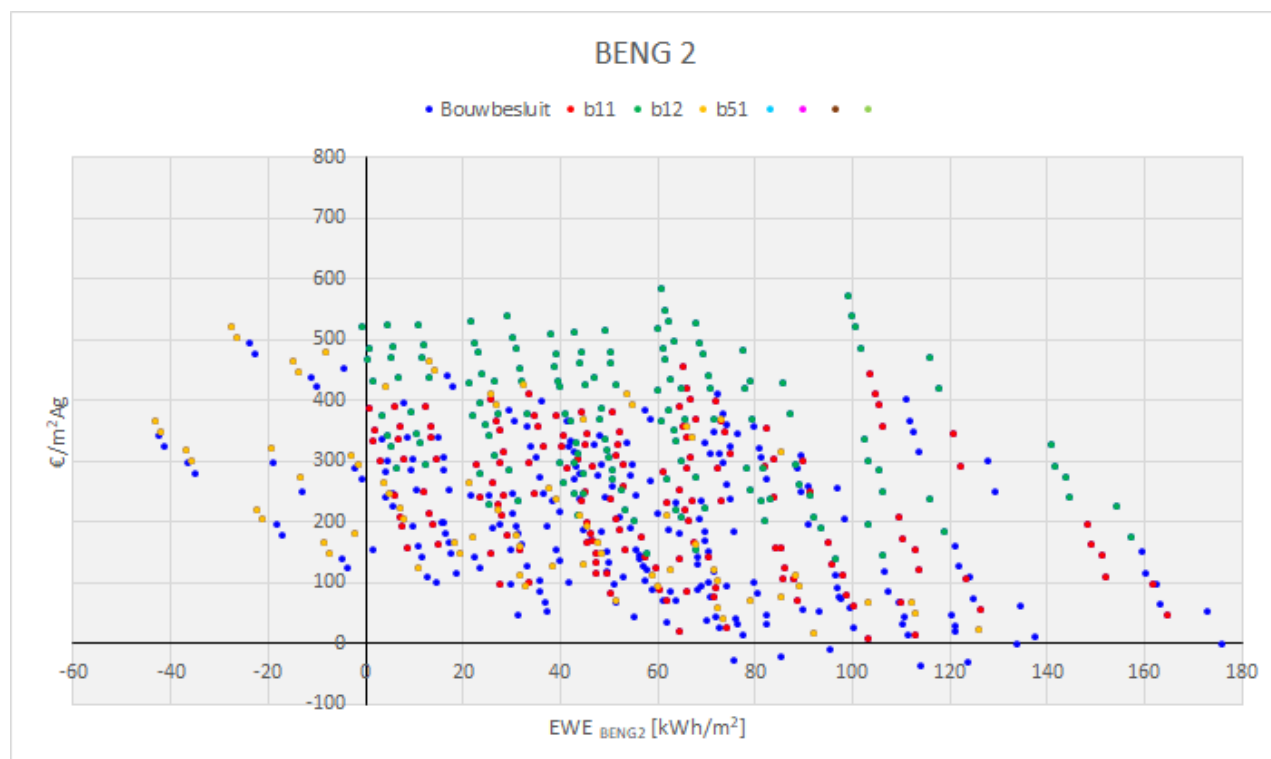
### Ventilatie

Bij de bijeenkomstfuncties voor kinderopvang leidt de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11, v12) door de hogere ventilatiedebieten tot een duidelijke verschuiving van de BENG 2-resultaten. Het effect is het grootst bij de installatieconcepten met gas en biomassa (i10/i30 en i13/i33) en het kleinst bij de concepten met warmtepompen (i11/i31 en i12/i32) door het verschil in opwekrendement.

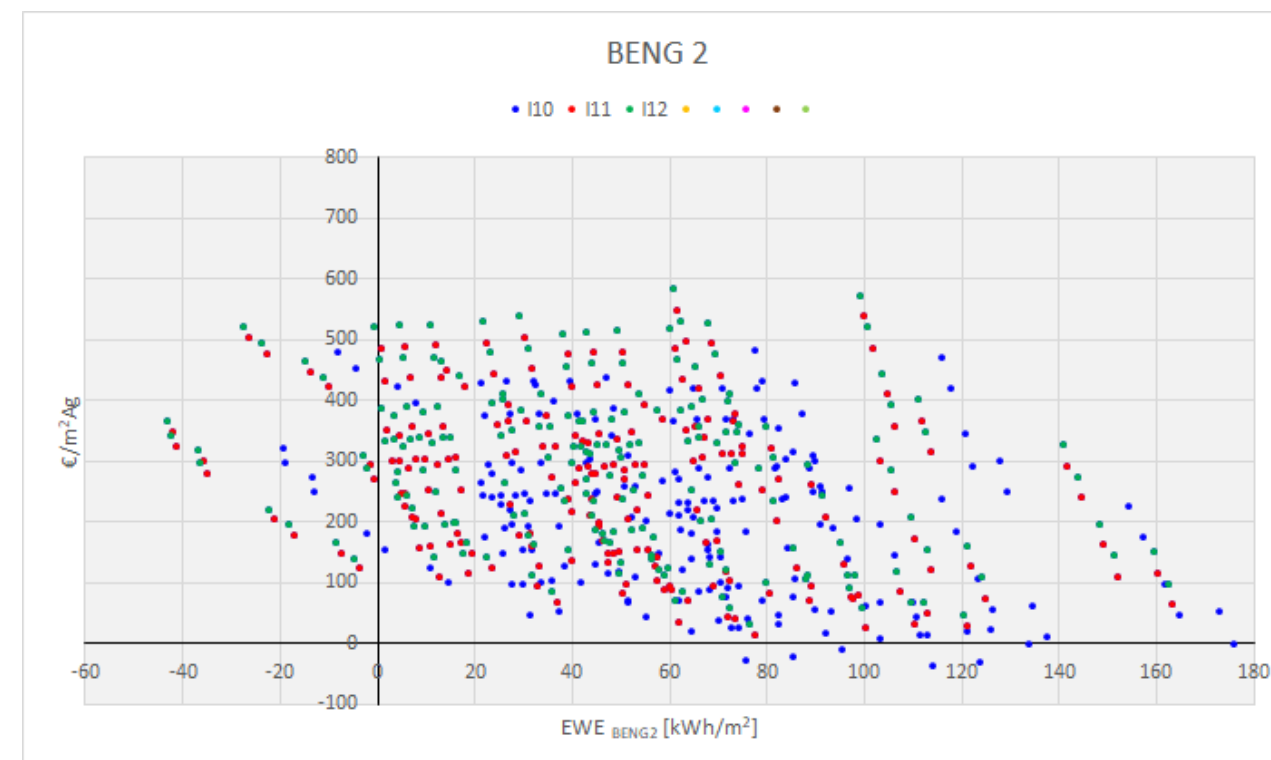


**Bouwkundig**

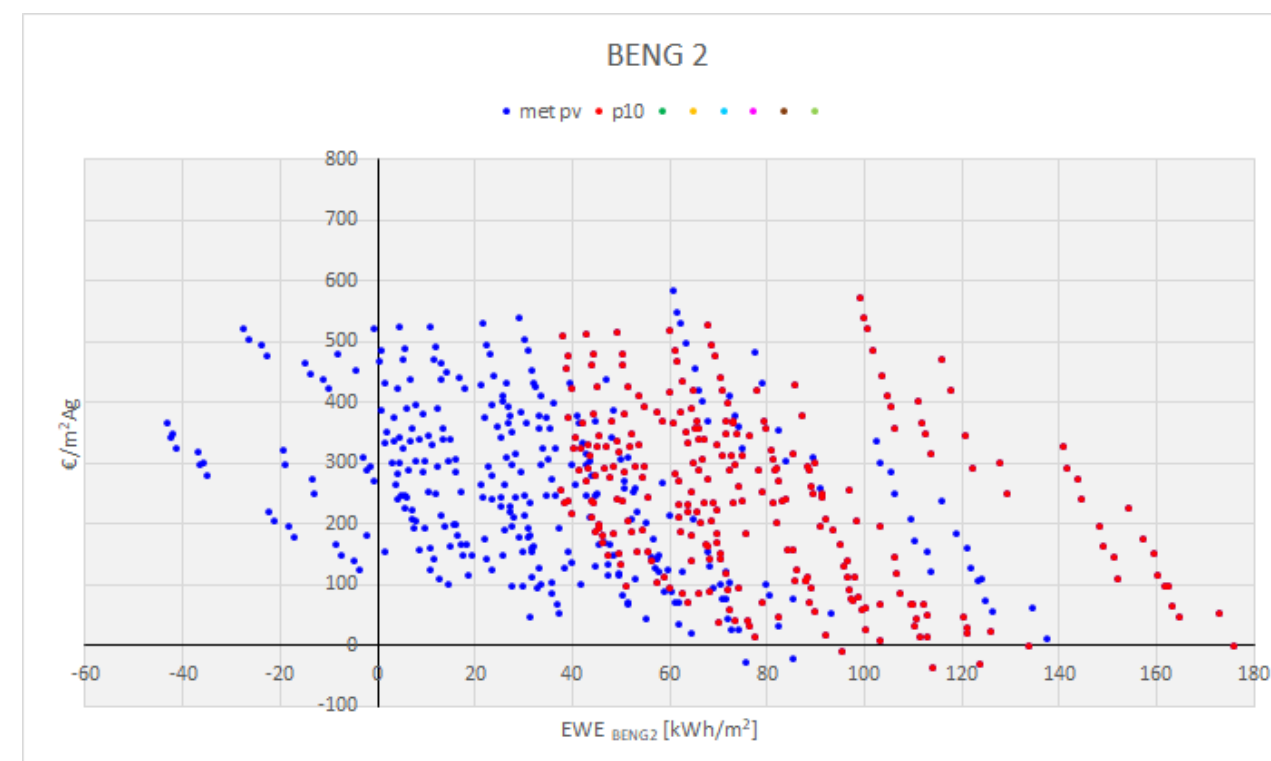
Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC kosten van pakket b11 en b51 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) en b12 ( $R_c$  vloer 6/gevel 6/dak 10 en  $U_w$  0,9) in vrijwel alle gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10 of b50 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en  $U_w$  1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.

**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (l11 en l12) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 15 kWh/m<sup>2</sup> en een verhoging van de NCC.

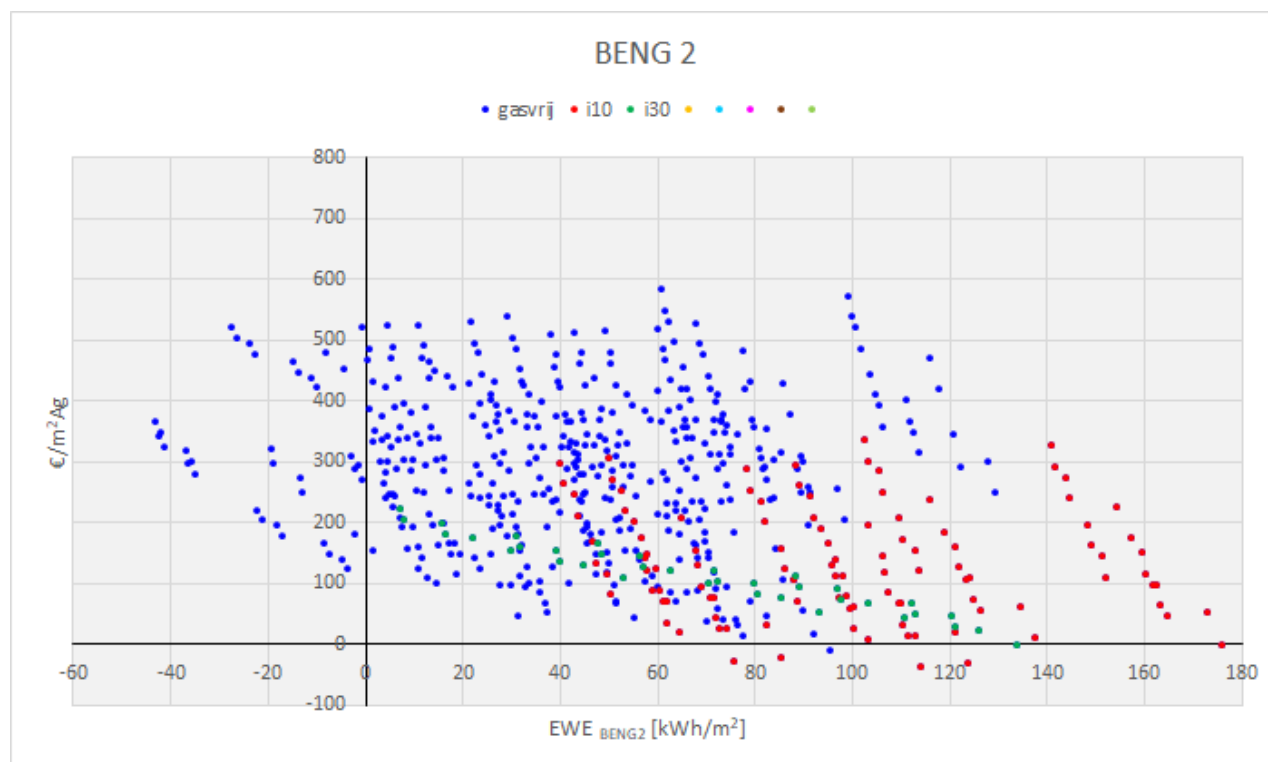
**PV**

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 40 kWh/m<sup>2</sup>.

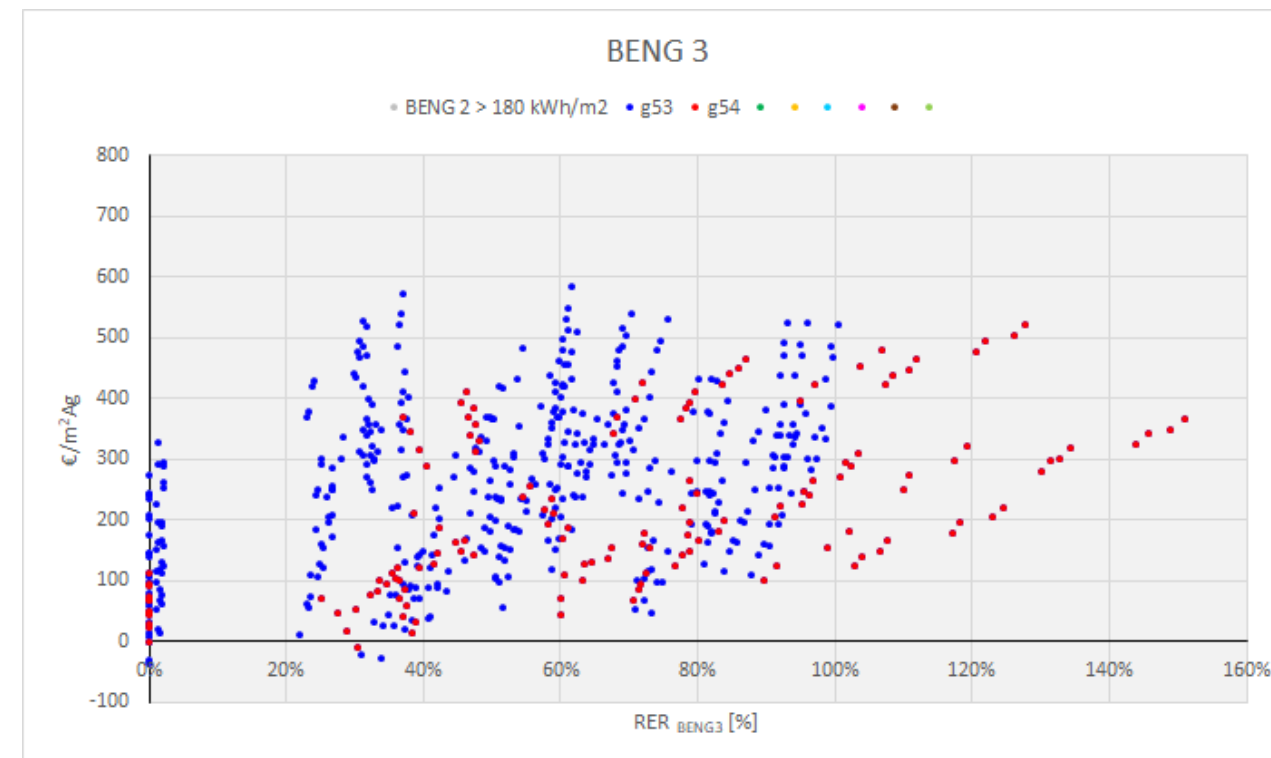


**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door een relatief lage BENG 2-indicator en in de meeste gevallen tot enigszins hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor het XS 200 gebouw (i10) en voor Bijeenkomst voor kinderopvang S (i30).

**7.3.2 Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang BENG 3**

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk bouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Een BENG 3 van maximaal 100% is voor alle twee de referentiegebouwen te bereiken.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

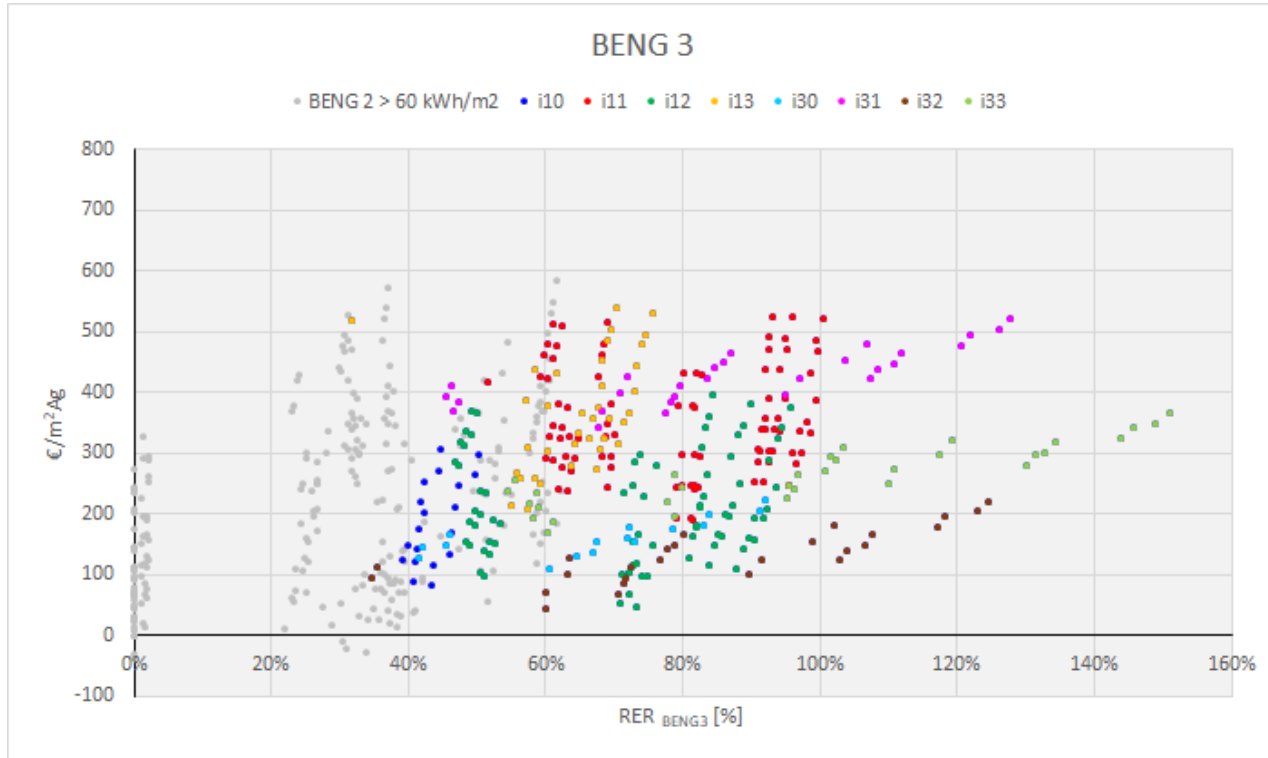
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Doordat er bij het XS 200-gebouw gebruik wordt gemaakt van andere installatieconcepten als bij Bijeenkomst voor kinderopvang S zijn er acht verschillende installatieconcepten: gasketels met i10 en i30, warmtepompen bodemwarmtewisselaar met i11 en i31, warmtepompen buitenlucht met i12 en i32, biomassa met i13 en i33. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

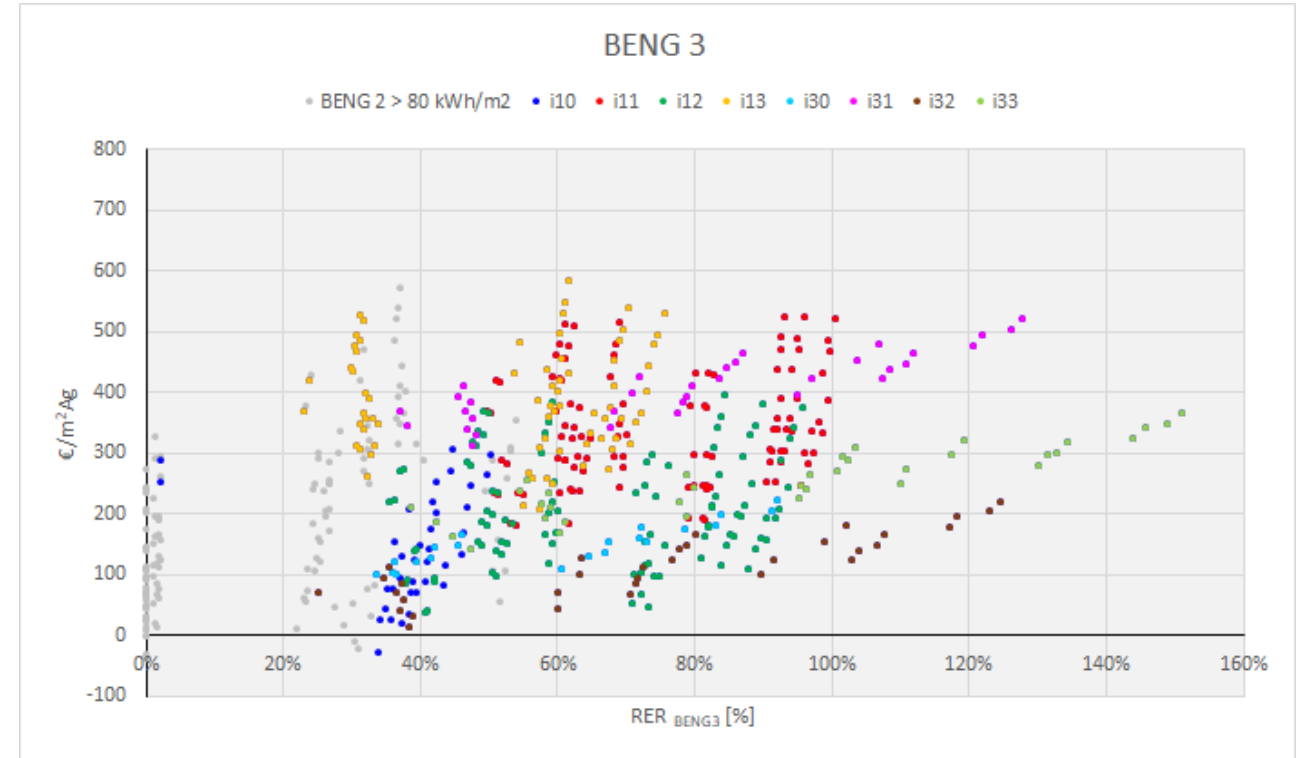
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

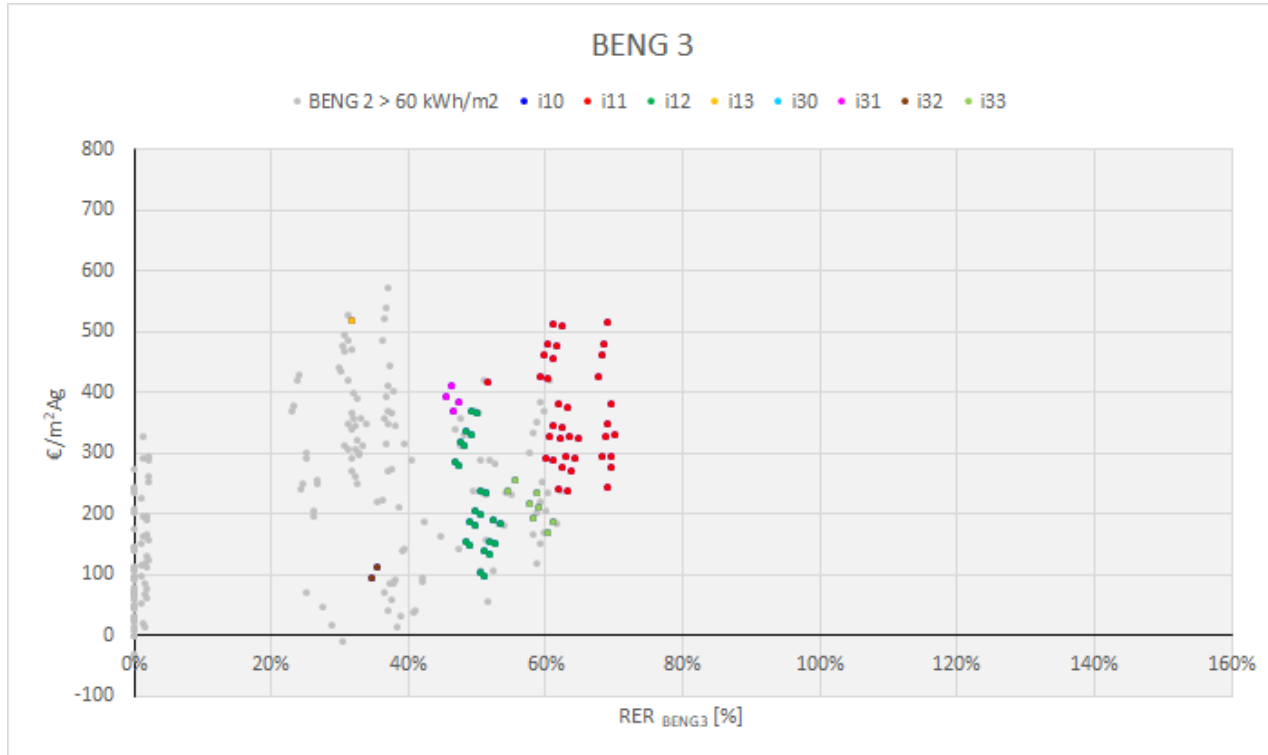


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

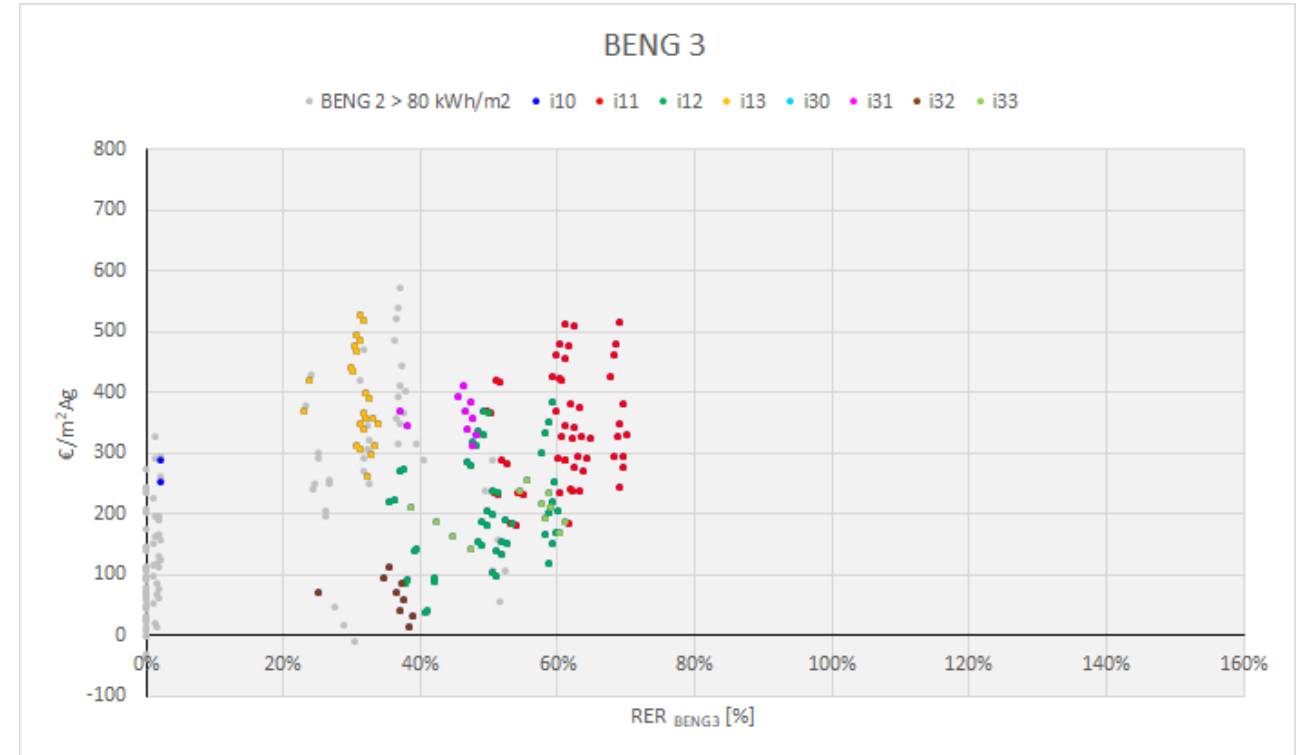
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

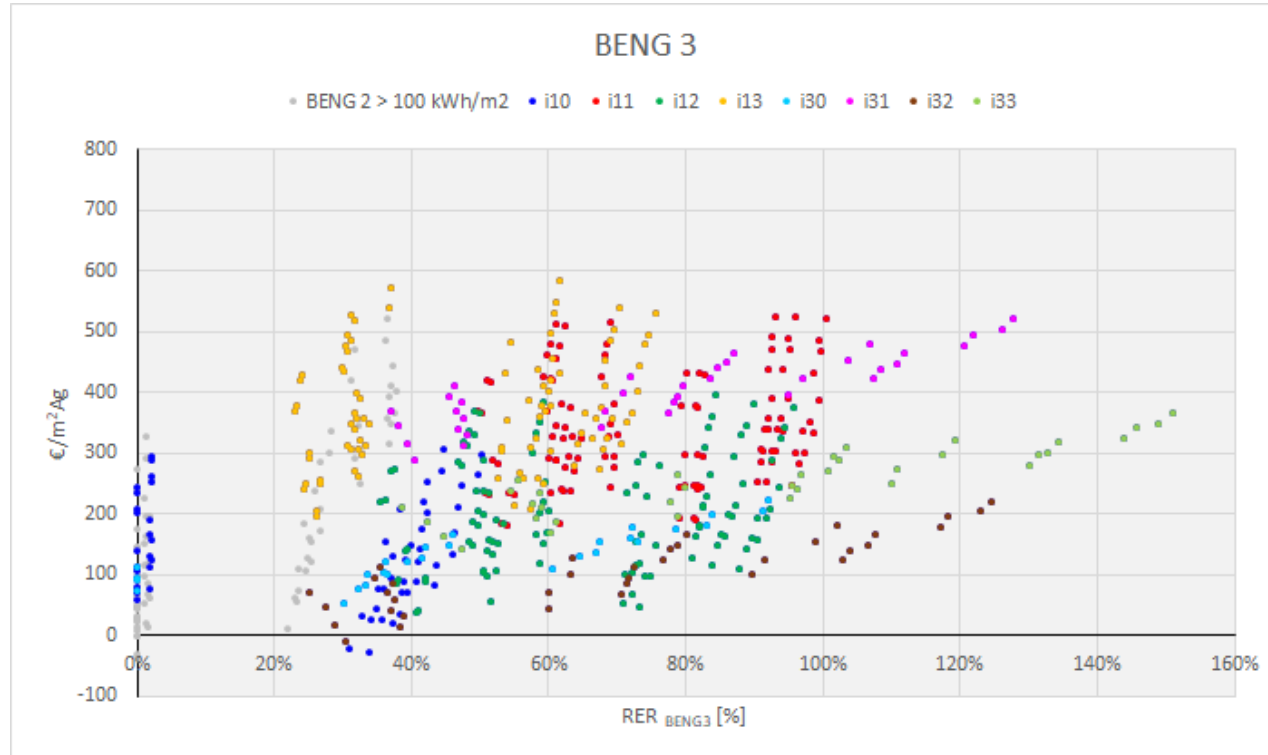


Zonder de varianten met PV:

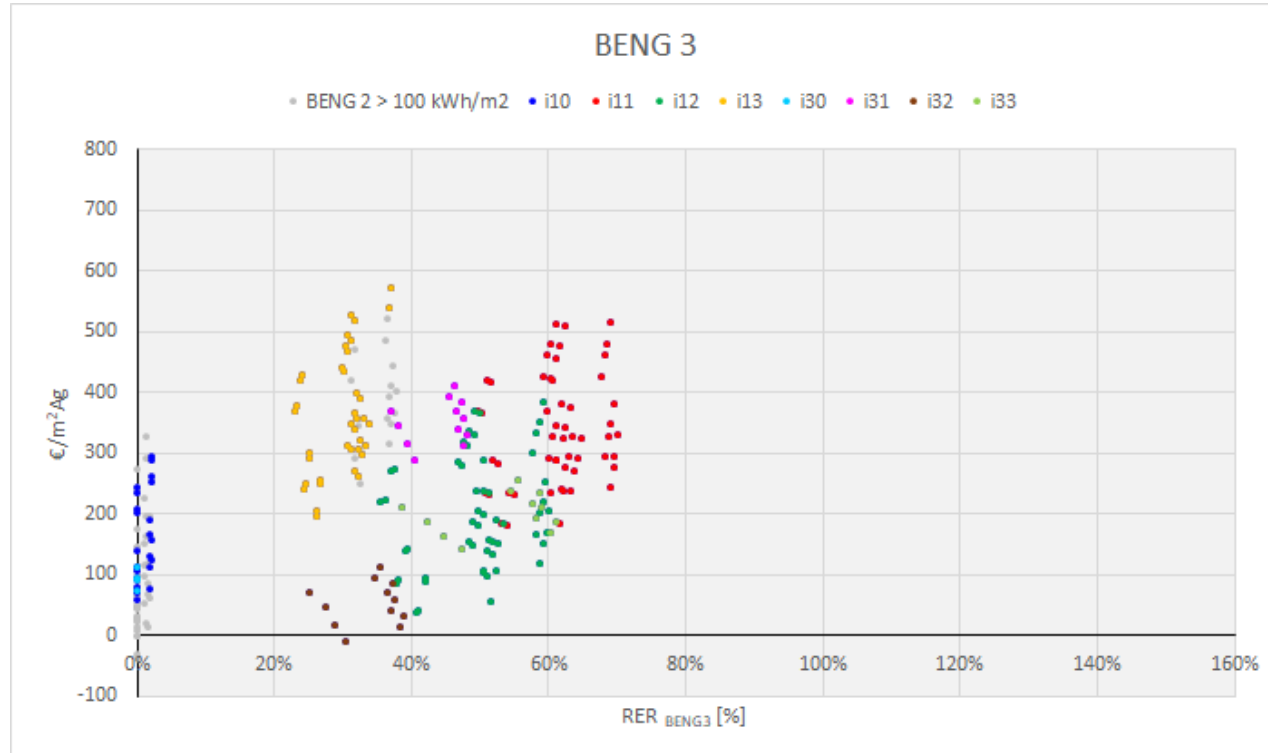


### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2 niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2 eis, er minder punten in de BENG 3 grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3 eis gesteld kan worden.

Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup> kan er alleen met PV (in combinatie met verschillende opwektechnieken) een BENG 3-prestatie van 70% of meer worden gerealiseerd. Zonder PV kan bij het XS 200-gebouw met warmtepompconcepten een BENG 3 van 50% of meer gerealiseerd worden. Bij Bijeenkomst voor kinderopvang S kan zonder PV alleen met een biomassa concept (i33) een BENG 3-prestatie van 50% of meer worden gerealiseerd.

#### 7.4 Onderwijsfunctie

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de onderwijsfuncties. Bij de gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

##### 7.4.1 Onderwijsfunctie BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de onderwijsfuncties. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

tabel 17: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten

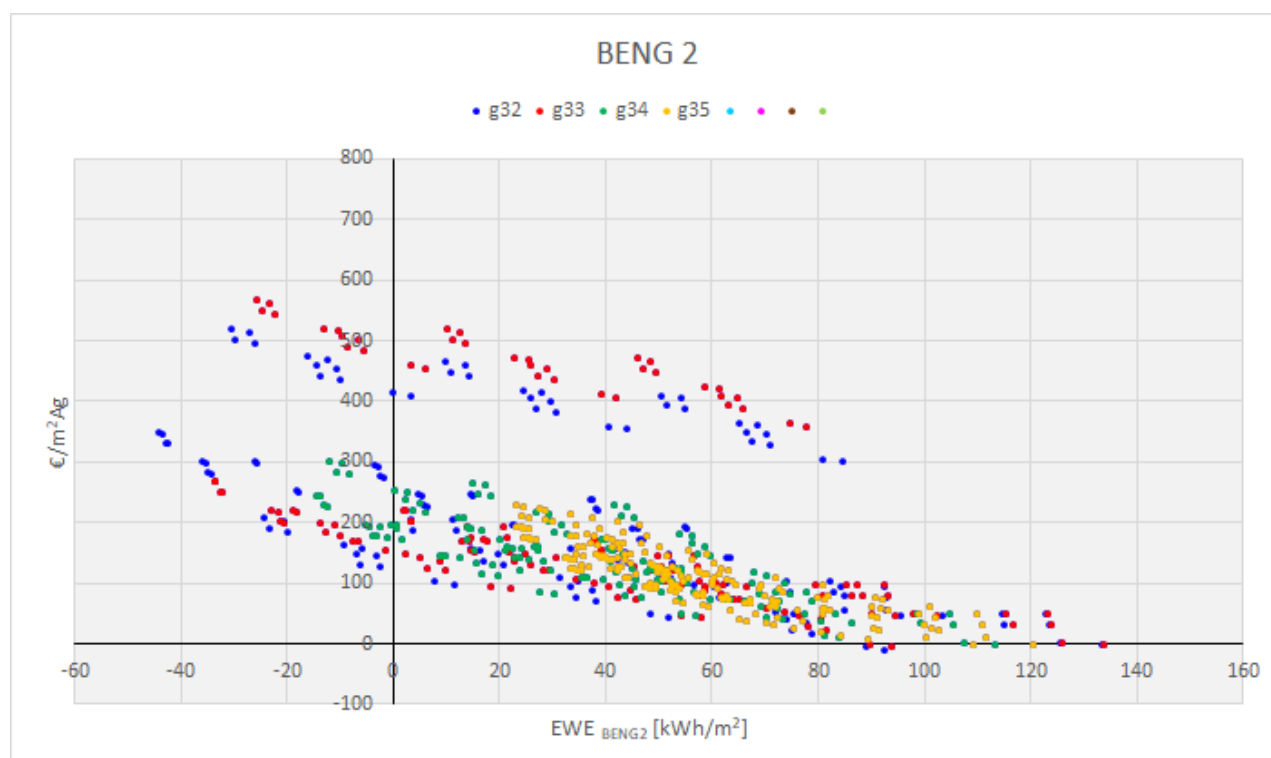
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
G32 = Onderwijs S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
G33 = Onderwijs M	i31 = WP bodem/aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
G34 = Onderwijs L	i32 = WP buitenlucht		
G35 = Onderwijs XL	i33 = biomassa		

Voor warm tapwater wordt er in de installatieconcepten gebruik gemaakt van een elektroboiler. Bij installatieconcept 31 wordt er bij Onderwijs M, L en XL gebruik gemaakt van een aquifer, bij Onderwijs S van een bodembron.

tabel 18: gehanteerde codering verlichting en PV

Verlichting	PV
l10 = 10 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l11 = 6 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l12 = 6 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p12 = dak+gevel PV
	p13 = helft p11

In de onderstaande grafiek staan de varianten van de onderwijsgebouwen.

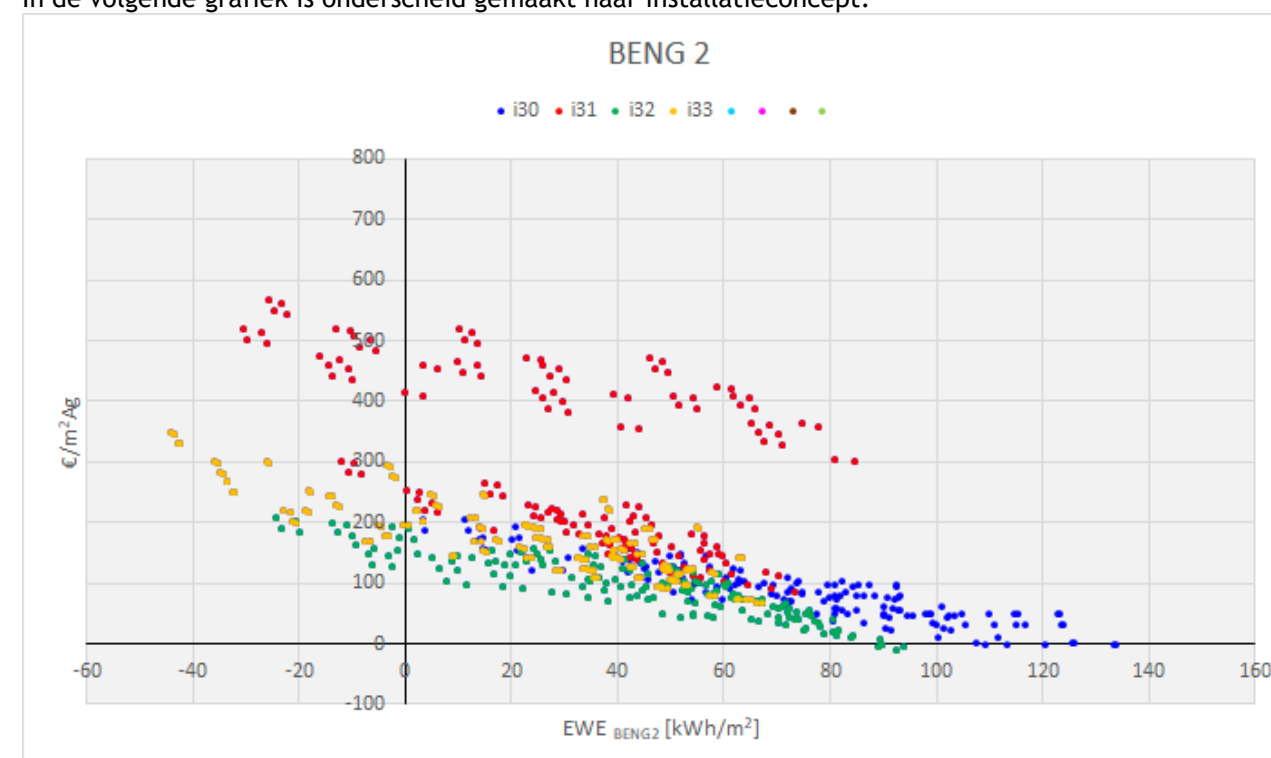


In de figuur is te zien dat bij Onderwijs S (g32) en M (g33) er verschillende concepten zijn met relatief hoge NCC, uit de figuren op de volgende pagina's blijkt dat dit voornamelijk komt doordat bij deze kleinere gebouwen de kosten voor een warmtepomp met bodembron en biomassa relatief hoog zijn. Voor het overige laten de concepten van de verschillende gebouwtypen vergelijkbare prestaties zien. Alleen voor Onderwijs XL (g35) zijn er geen concepten met een BENG 2-indicator lager dan 20 kWh/m<sup>2</sup>.

Het kostenoptimale punt lijkt te liggen bij een BENG 2-indicator van circa 90 kWh/m<sup>2</sup>.

#### Installatieconcept

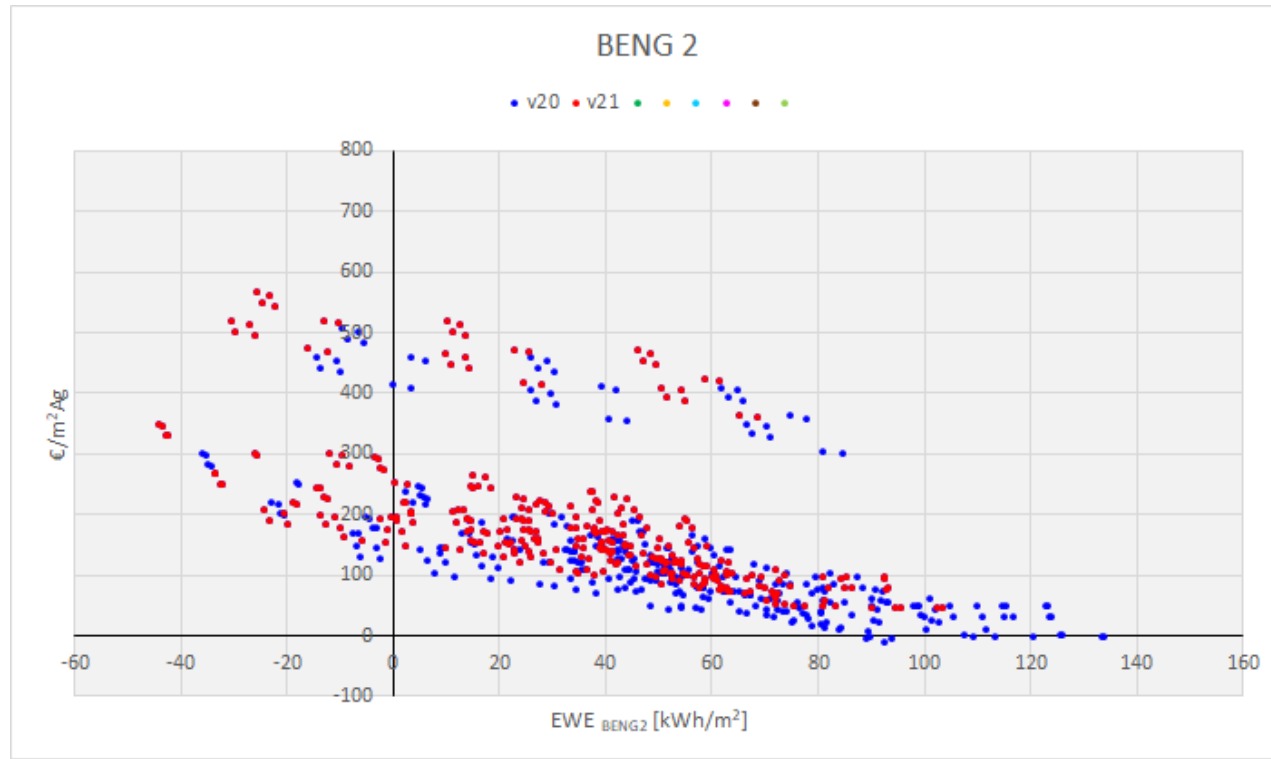
In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept:



De concepten met gas (i30) hebben samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met als bron bodem of aquifer (i31) en de biomassaconcepten (i33) hebben over het algemeen de hoogste NCC (vooral bij de kleinere gebouwen (g32 en g33)).

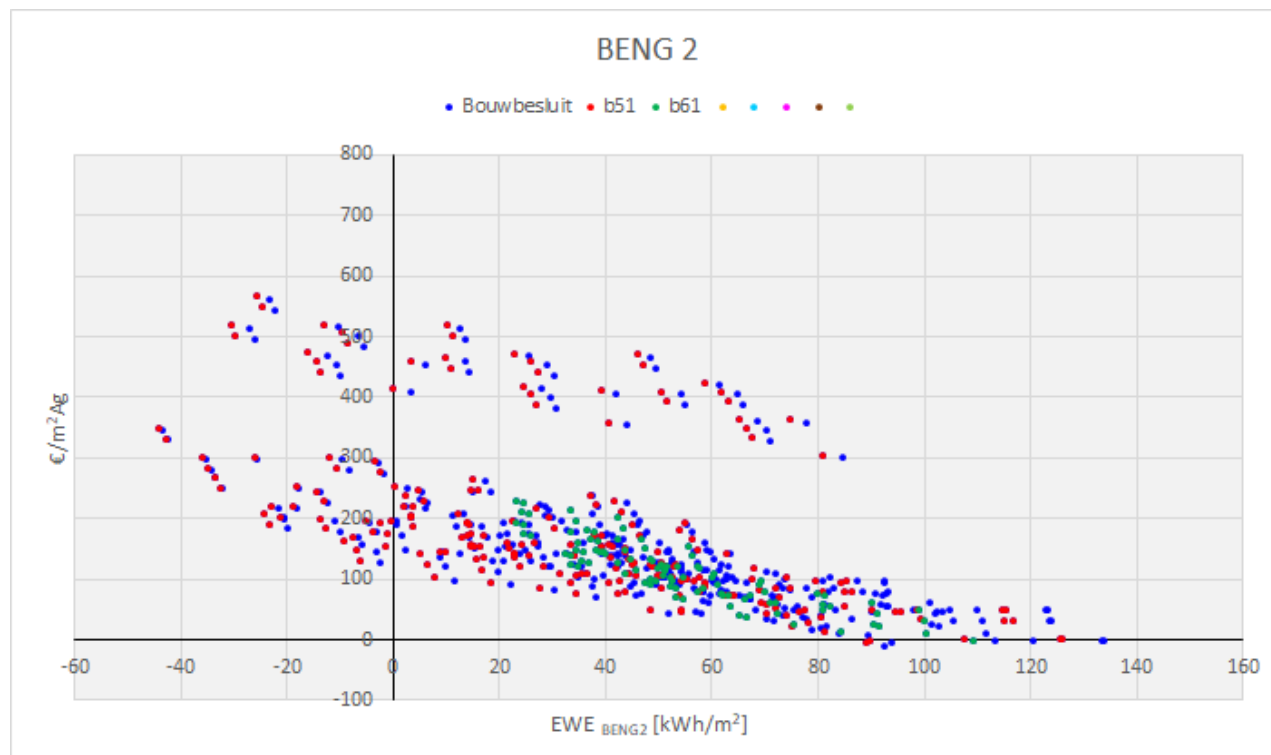
#### Ventilatie

De concepten met balansventilatie met CO<sub>2</sub> regeling en 80% wtw (v21) hebben ten opzichte van de concepten met balansventilatie en 70% wtw (v20) een circa 20 kWh/m<sup>2</sup> lagere BENG 2-prestatie en wat hogere NCC.



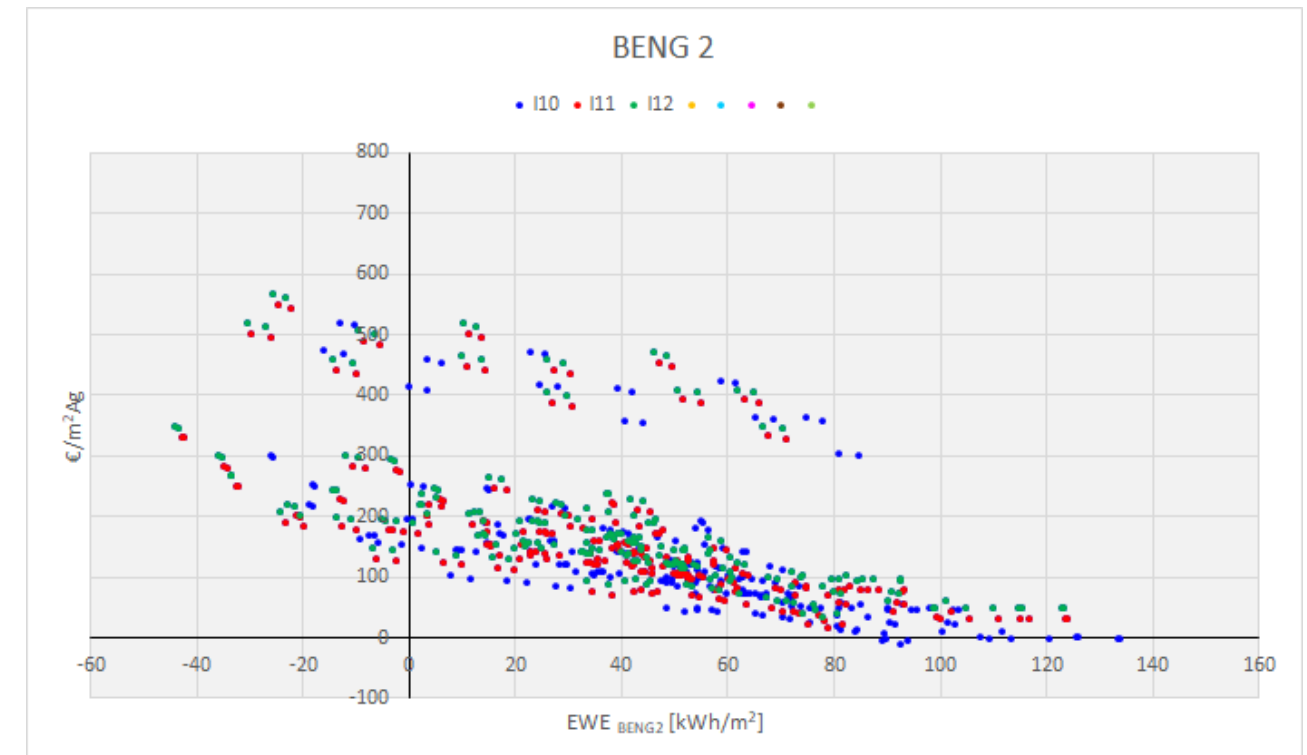
**Bouwkundig**

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat het doorgerekende pakket (R<sub>c</sub> vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en U<sub>w</sub> 0,9) bij het kleinste gebouw (g32) leidt tot lagere NCC kosten, maar bij de andere gebouwen leidt tot een stijging van de NCC.



**Verlichting**

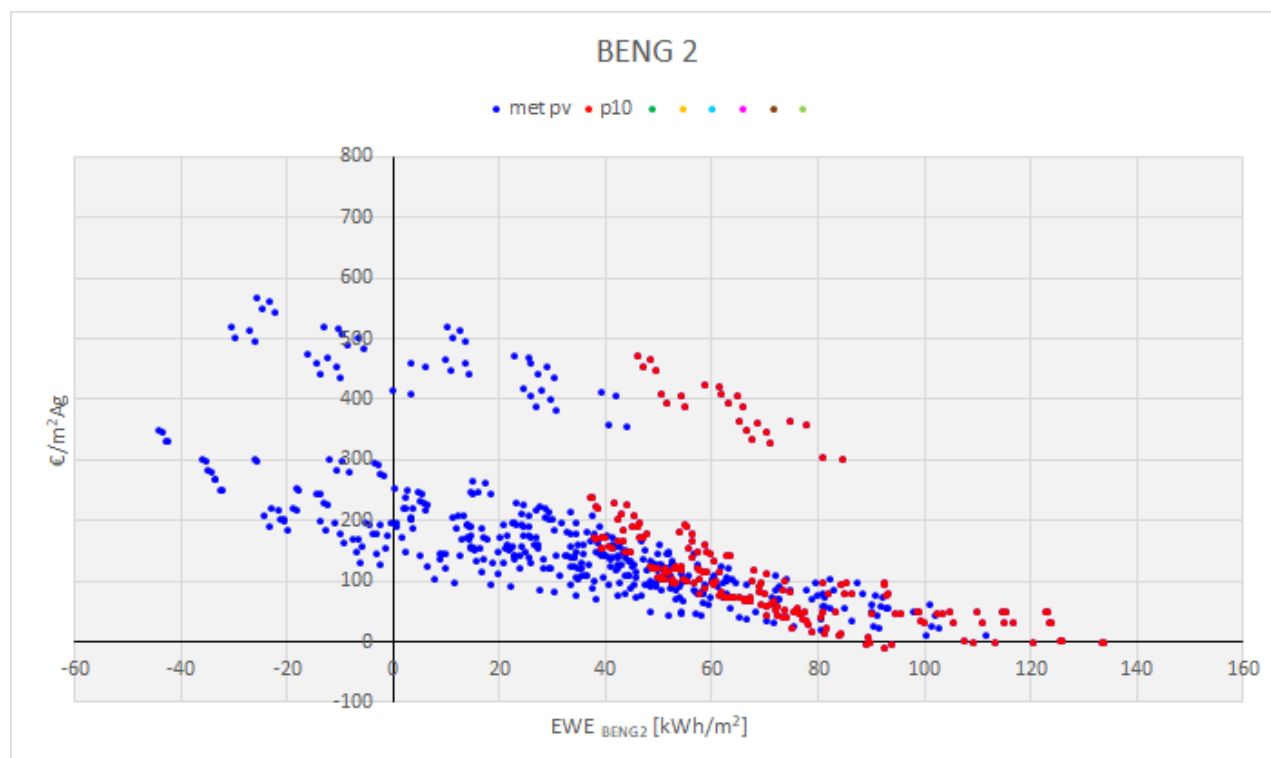
Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (l21 en l22) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 10 kWh/m<sup>2</sup>. Bij alle onderwijsgebouwen zijn de NCC ongeveer gelijk of licht hoger.



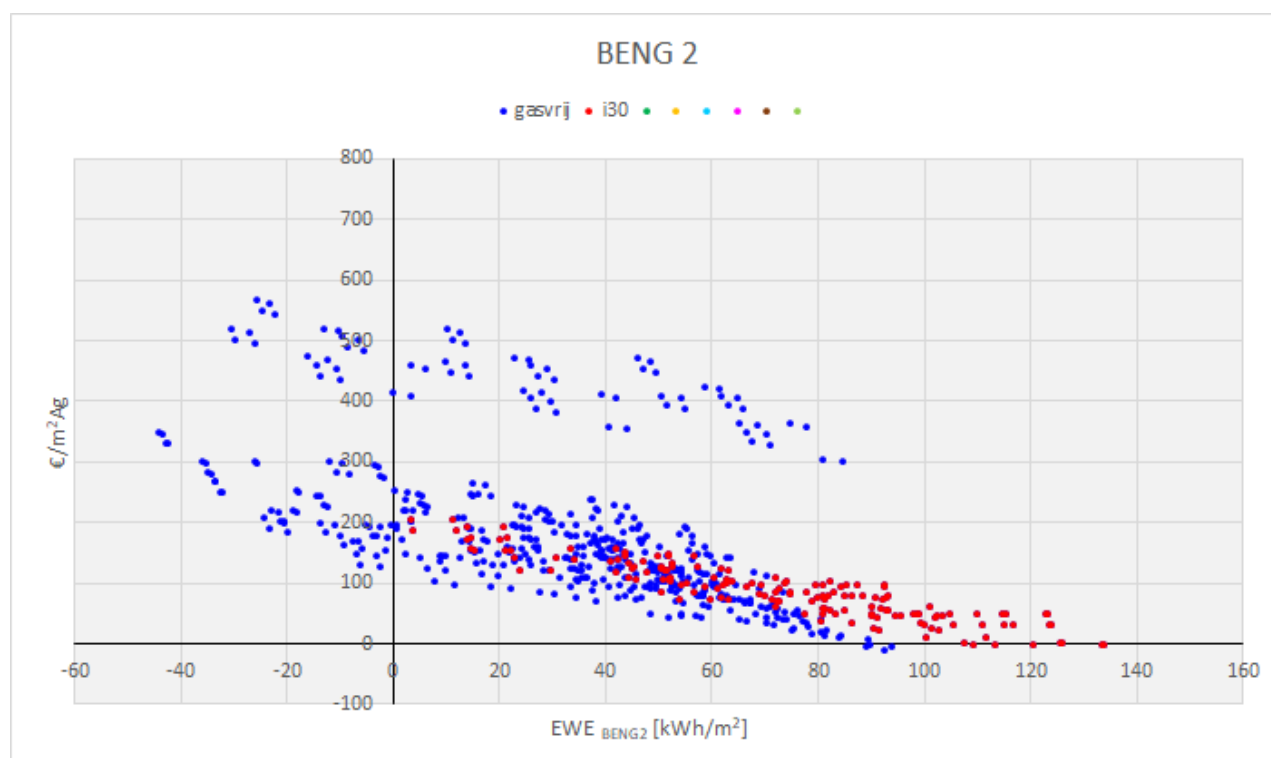
**PV**

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV (p10) is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 40 kWh/m<sup>2</sup>.

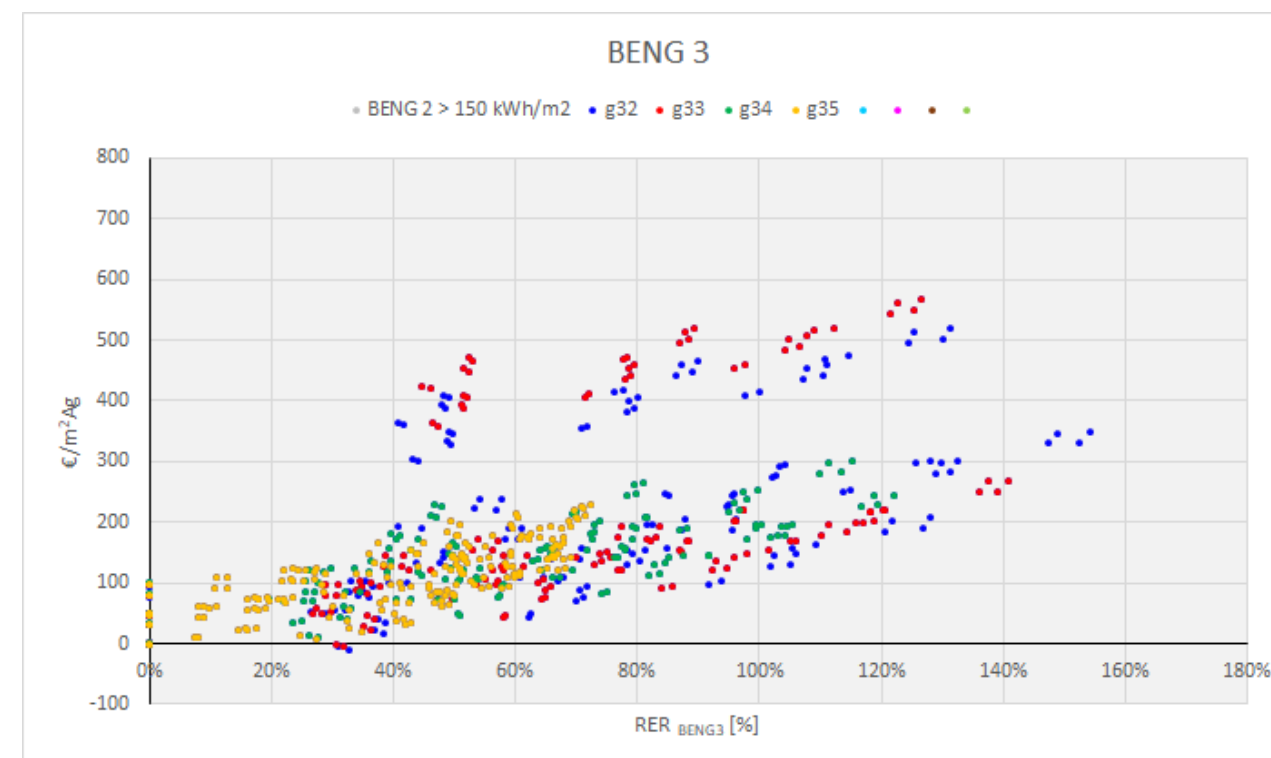


**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten hebben ten opzichte van de gasconcepten (i30) vergelijkbare NCC en een vergelijkbare BENG 2-prestatie:

**7.4.2 Onderwijsfunctie BENG 3**

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder de BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. In de grafiek is te zien dat bij Onderwijs S (g32), M (g33) en L (g34) er verschillende maatregelpakketten zijn met een BENG 3 van 80 tot 120%. Alleen voor Onderwijs XL (g35) komt uit de concepten een BENG 3 van  $\leq 70\%$  naar voren.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

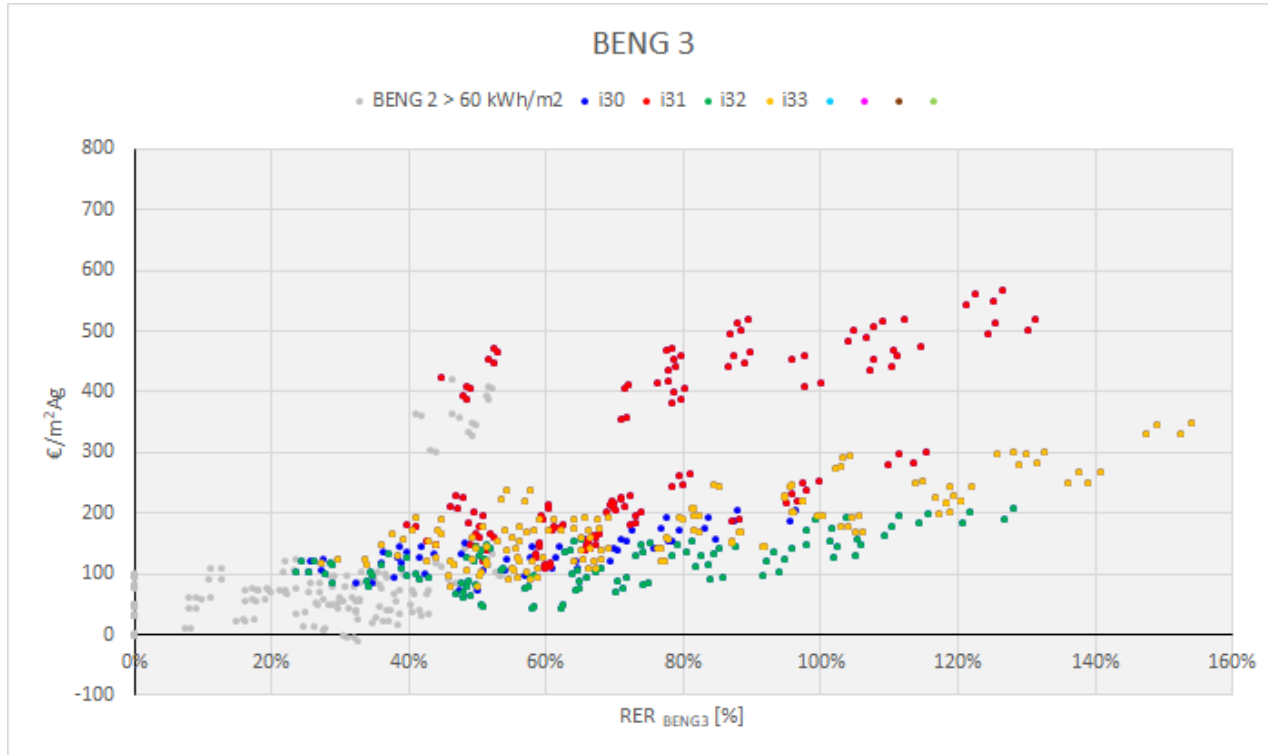
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

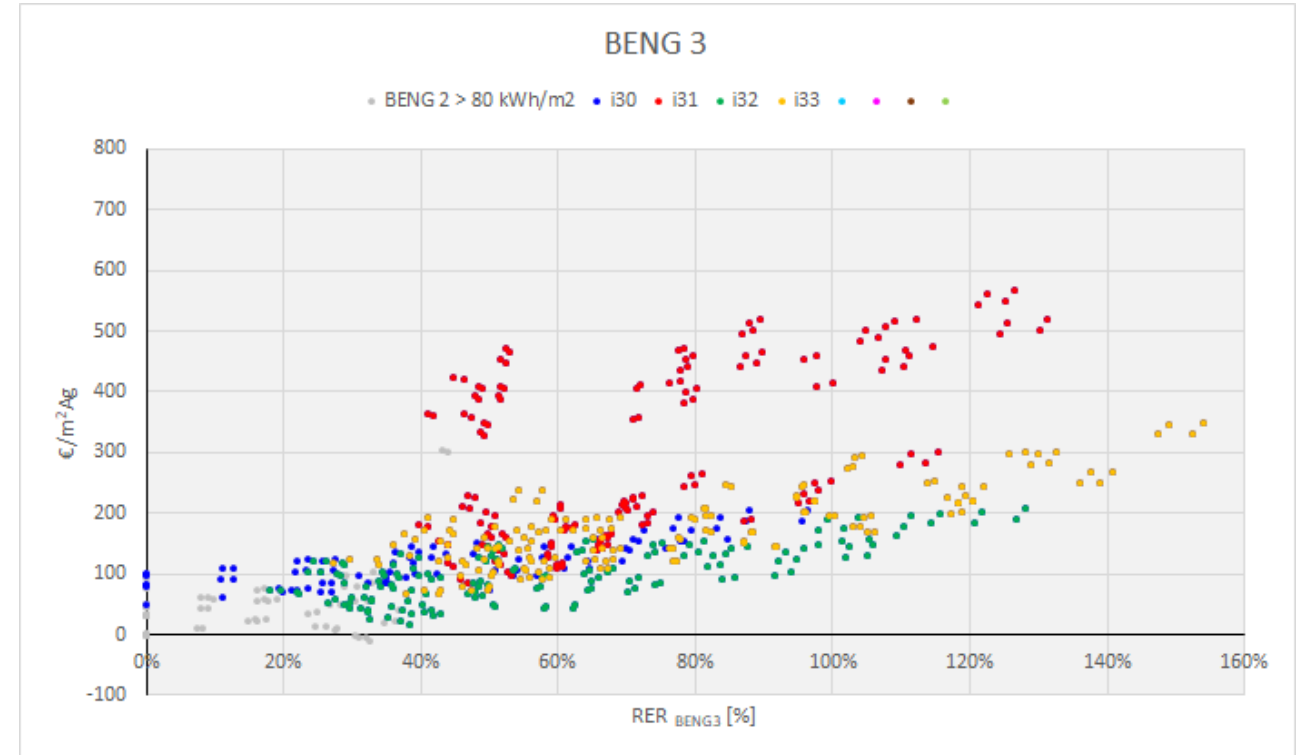
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

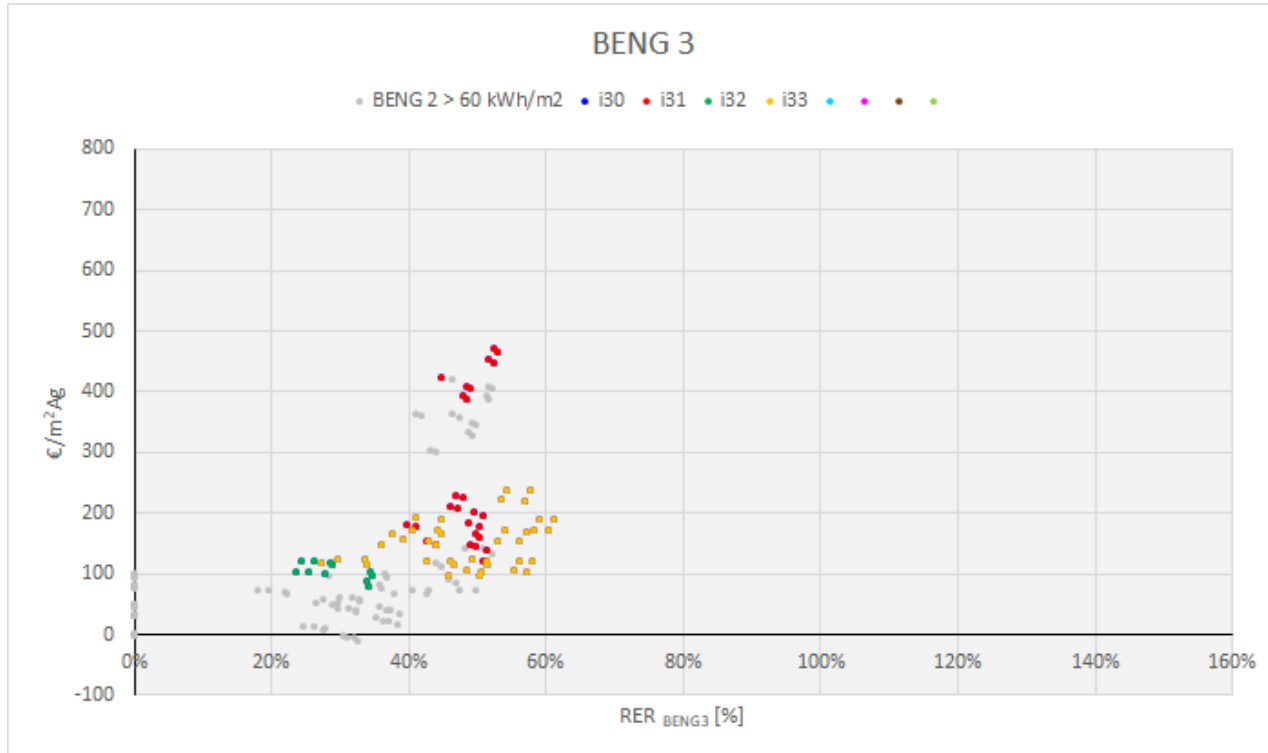


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

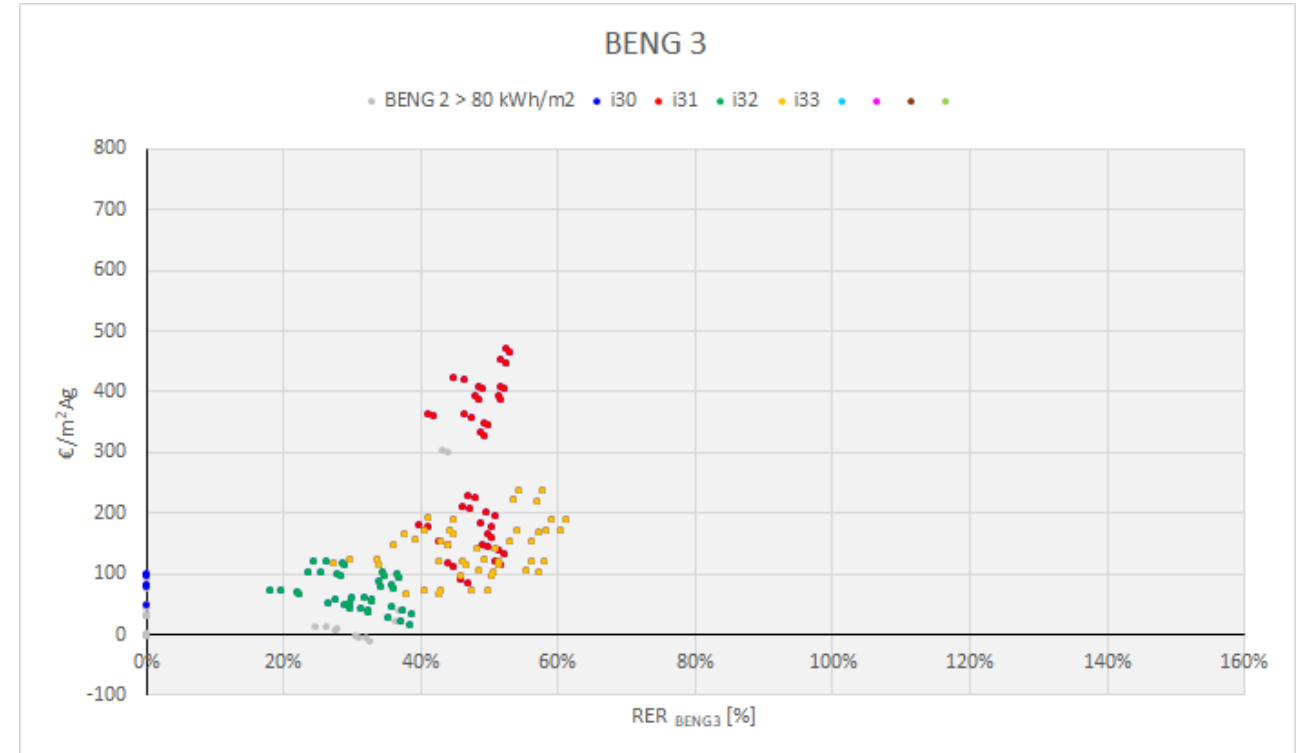
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

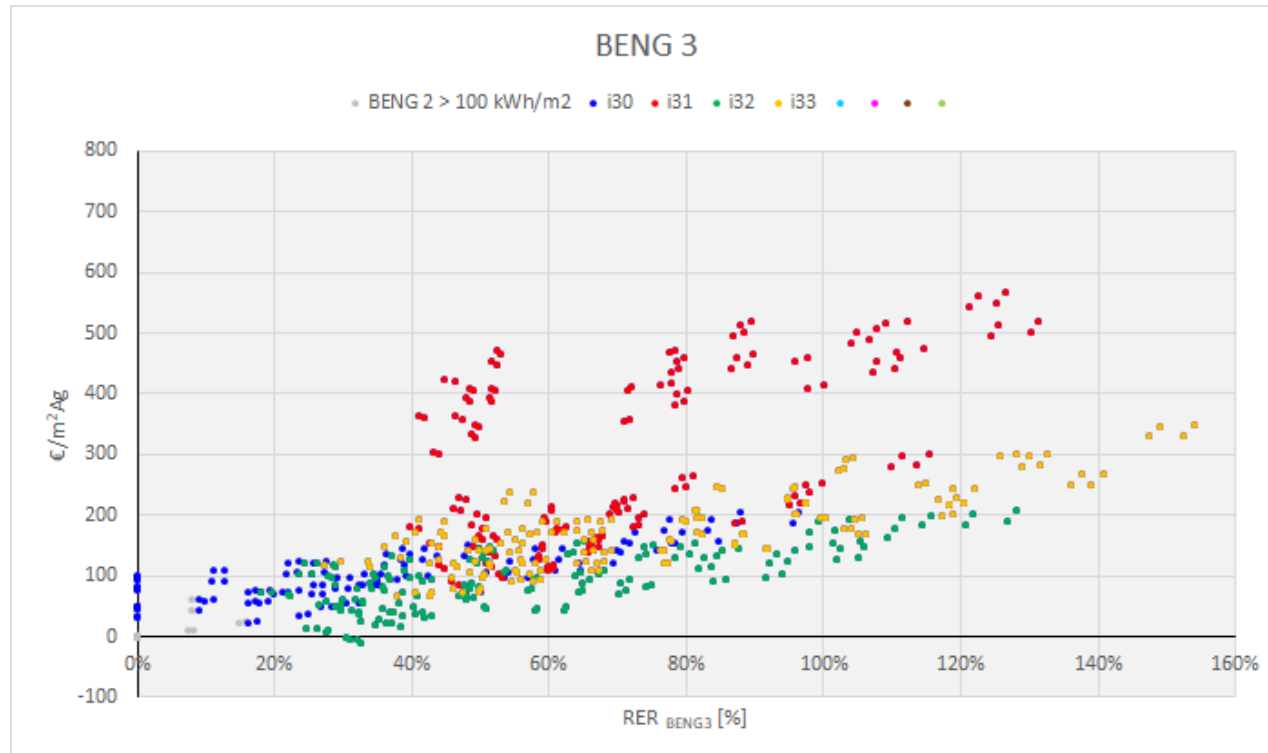


Zonder de varianten met PV:

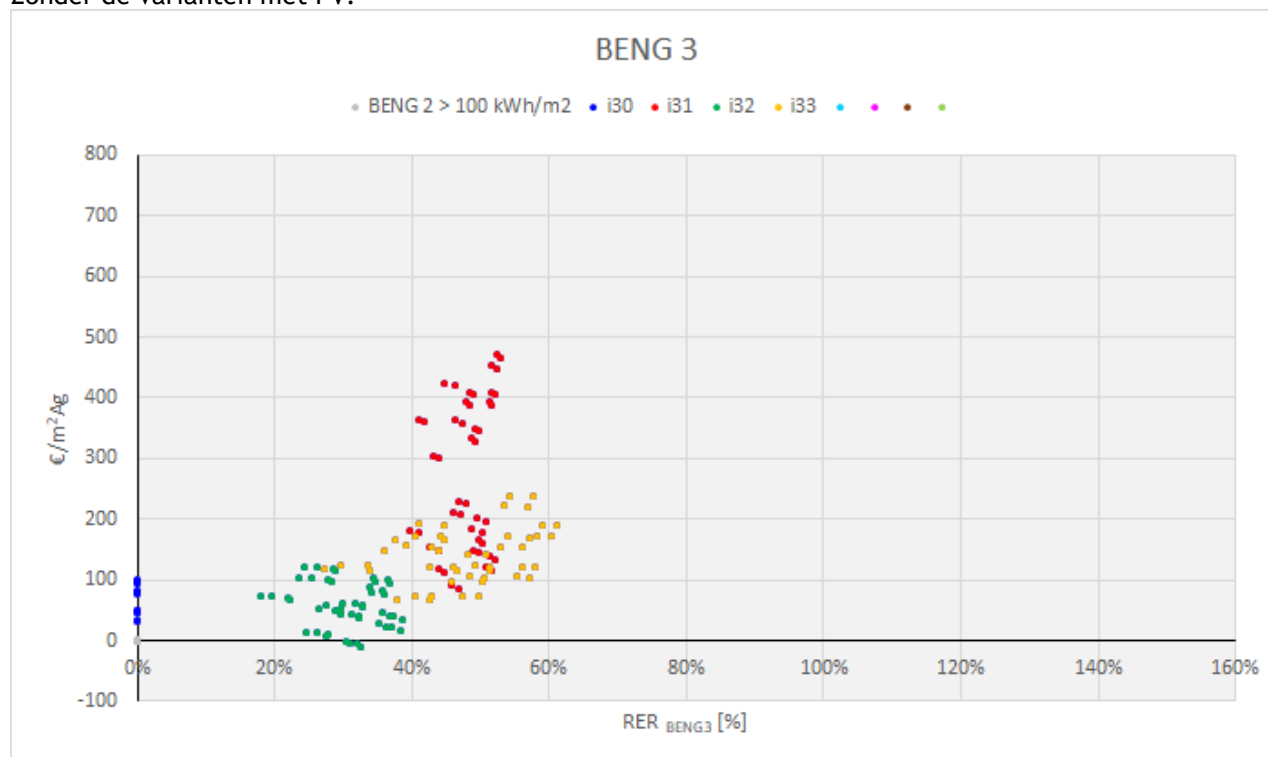


**BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>**

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden.

Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup> kan er alleen met PV (in combinatie met verschillende opwektechnieken) een BENG 3-prestatie van 60% of meer worden gerealiseerd. Voor Onderwijs XL (g35) komt uit de concepten maximaal een BENG 3 van 70% naar voren.

**7.5 Gezondheidszorgfunctie zonder bed**

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de gezondheidszorgfuncties zonder bed. Deze gebouwcategorie omvat bijvoorbeeld tandartspraktijken, gezondheidscentra, huisartsenposten, fysiotherapie etc. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij de overige gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

**7.5.1 Gezondheidszorgfunctie zonder bed BENG 2**

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de gezondheidszorgfuncties zonder bed. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 19: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

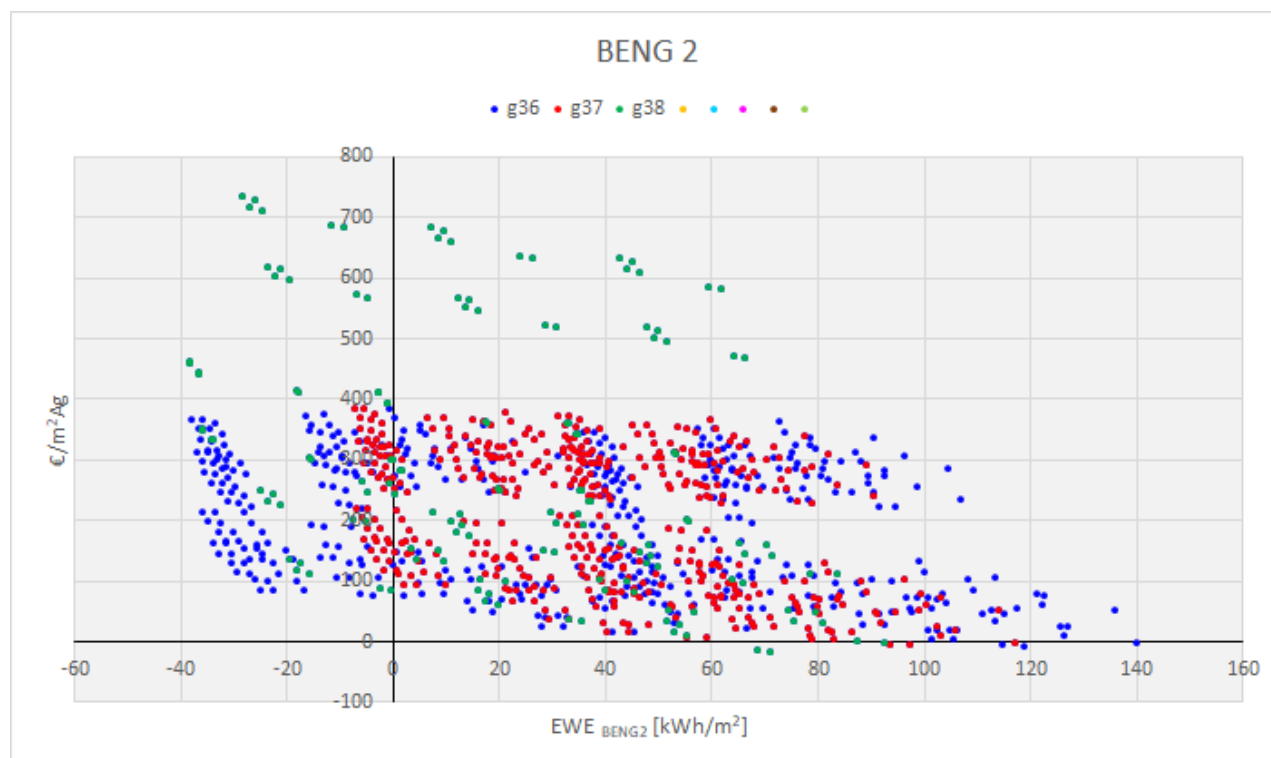
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g36 = Gezond zonder bed XS 100	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
g37 = Gezond zonder bed XS 200	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g38 = Gezond zonder bed S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
	i31 = WP bodem	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i32 = WP buitenlucht		
	i33 = biomassa		

Bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor de overige gebouwen wordt er gebruik gemaakt van een elektroboiler.

**tabel 20: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l10 = TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l11 = LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l12 = LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p12 = dak+gevel PV
	p13 = helft p11

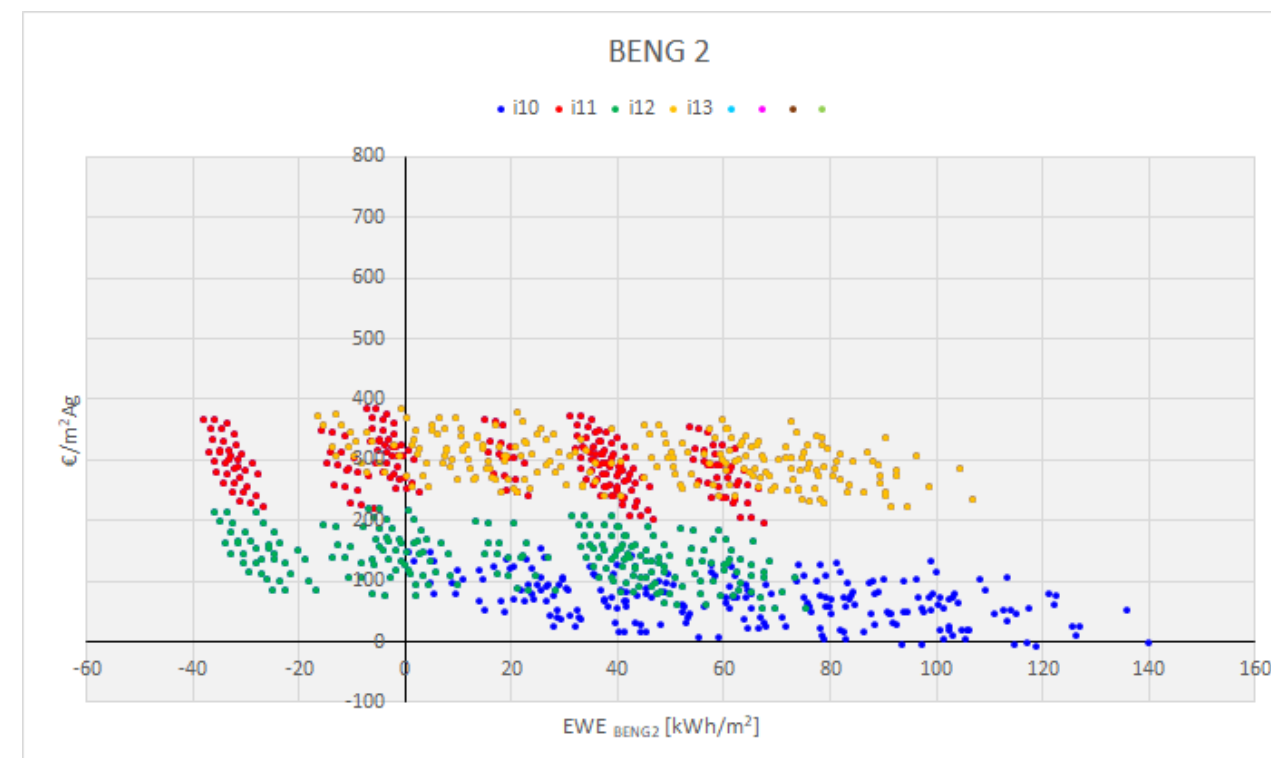
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de gezondheidszorgfuncties zonder bed. De resultaten van XS 100 (g36) en XS 200 (g37) zijn op het eerste oog bepalend voor de breedte van de resultaten in de figuur. De resultaten van Gezondheid zonder bed S (g38) staan echter verdeeld tussen de punten van beide XS-gebouwen.



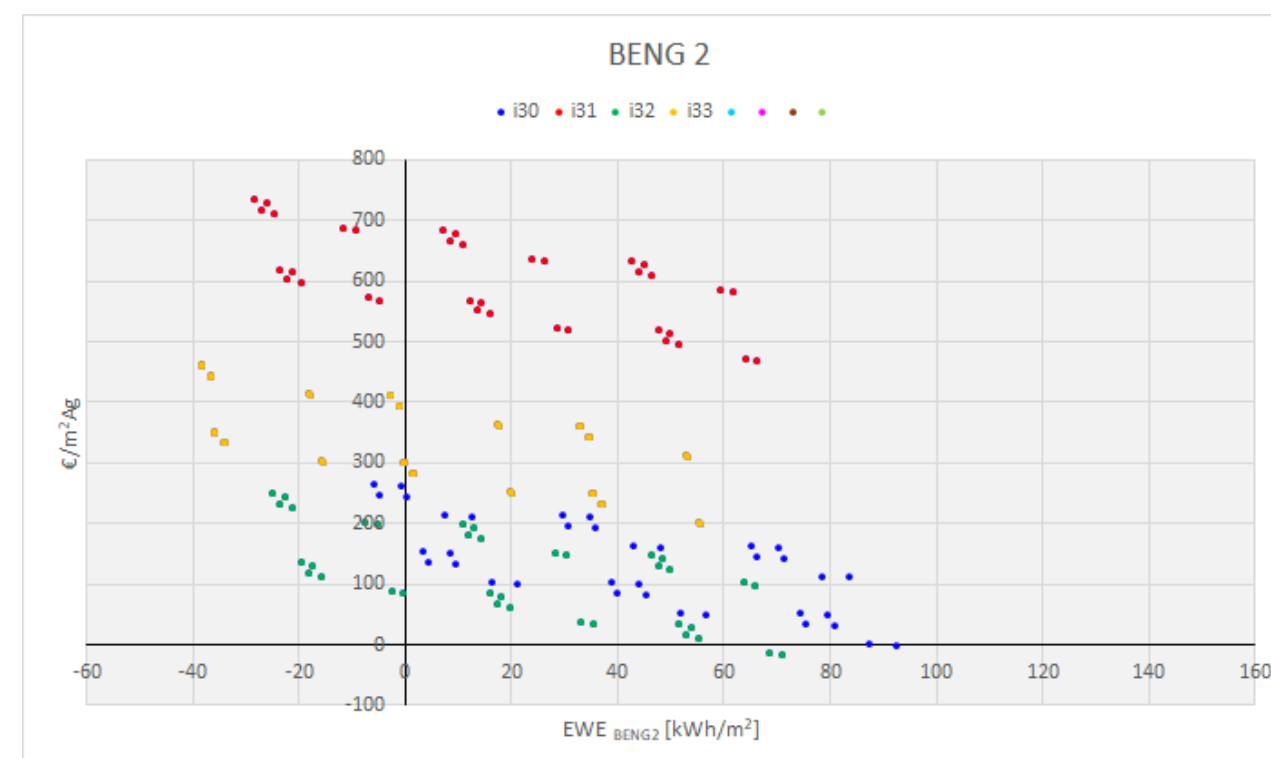
Met het XS 100 gebouw (g36) zijn de laagste BENG 2-resultaten te realiseren. Er is geen duidelijk kostenoptimaal punt. Wel lijkt er sprake van een kostenoptimale zone voor BENG 2 die loopt van circa 60 tot circa 120 kWh/m<sup>2</sup>.

#### Installatieconcept

In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor de XS-gebouwen en vervolgens voor Gezondheid zonder bed S (g38) omdat hierbij gebruik wordt gemaakt van verschillende installatieconcepten.



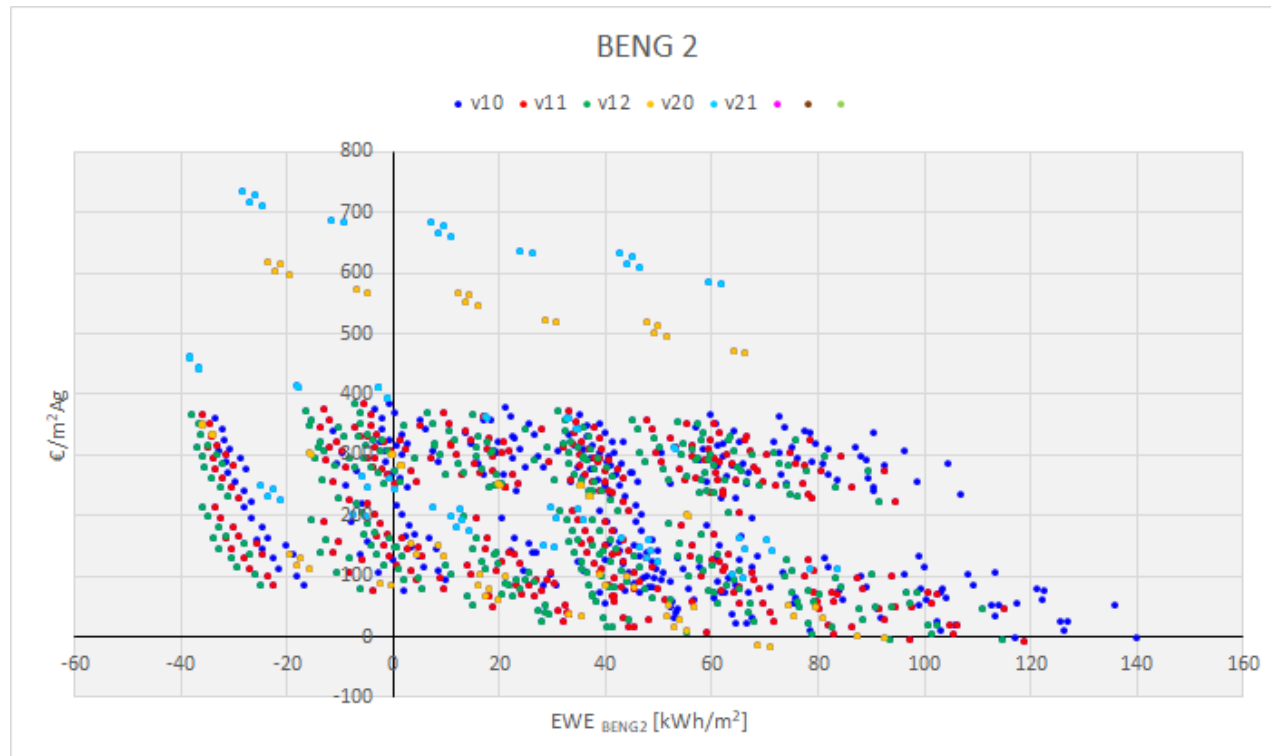
Bij de XS-gebouwen hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



Bij het grotere gebouw - Gezondheid zonder bed S (g38) - hebben concepten met gas (i30) samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met een bodembron (i31) hebben de hoogste NCC.

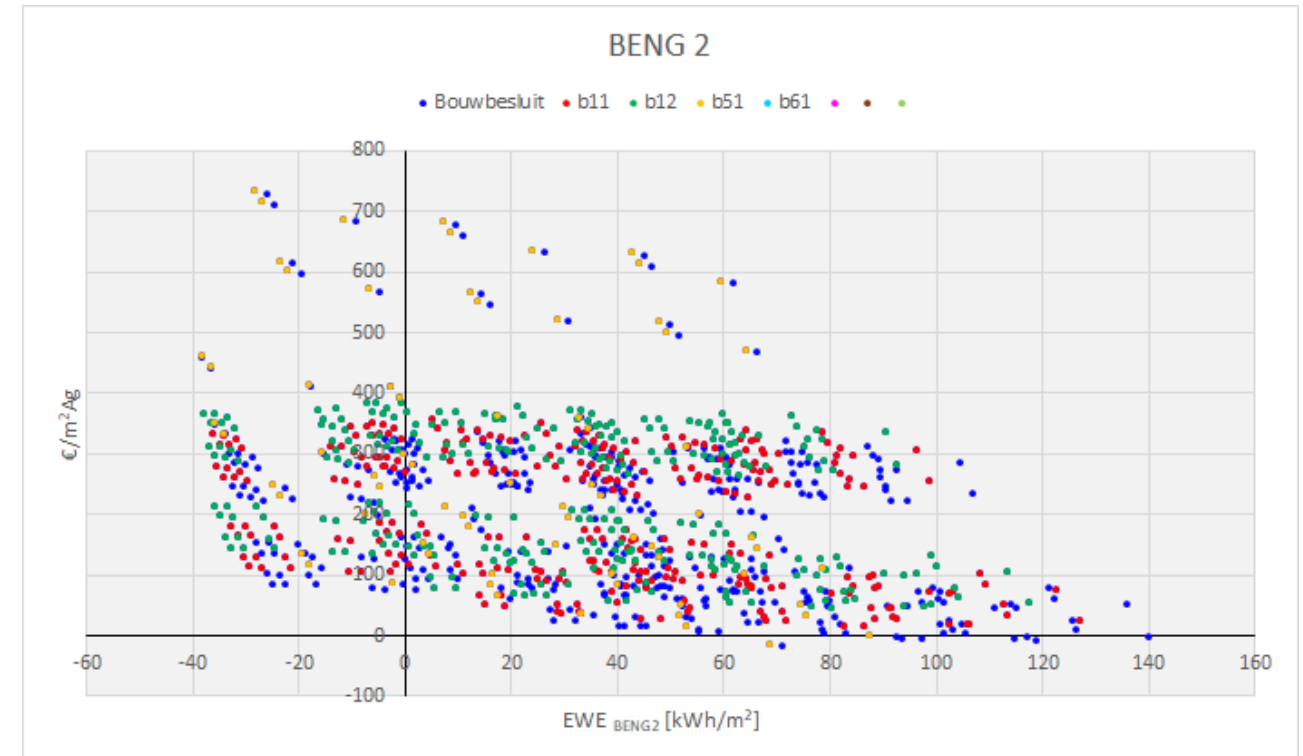
**Ventilatie**

Net als bij woningbouw leidt bij de XS gebouwen de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11,v12) niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de verschillende ventilatiesystemen liggen per bouwtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar. Bij de grotere gebouwen is het verschil in NCC tussen de ventilatieconcepten (v20 en v21) groter.



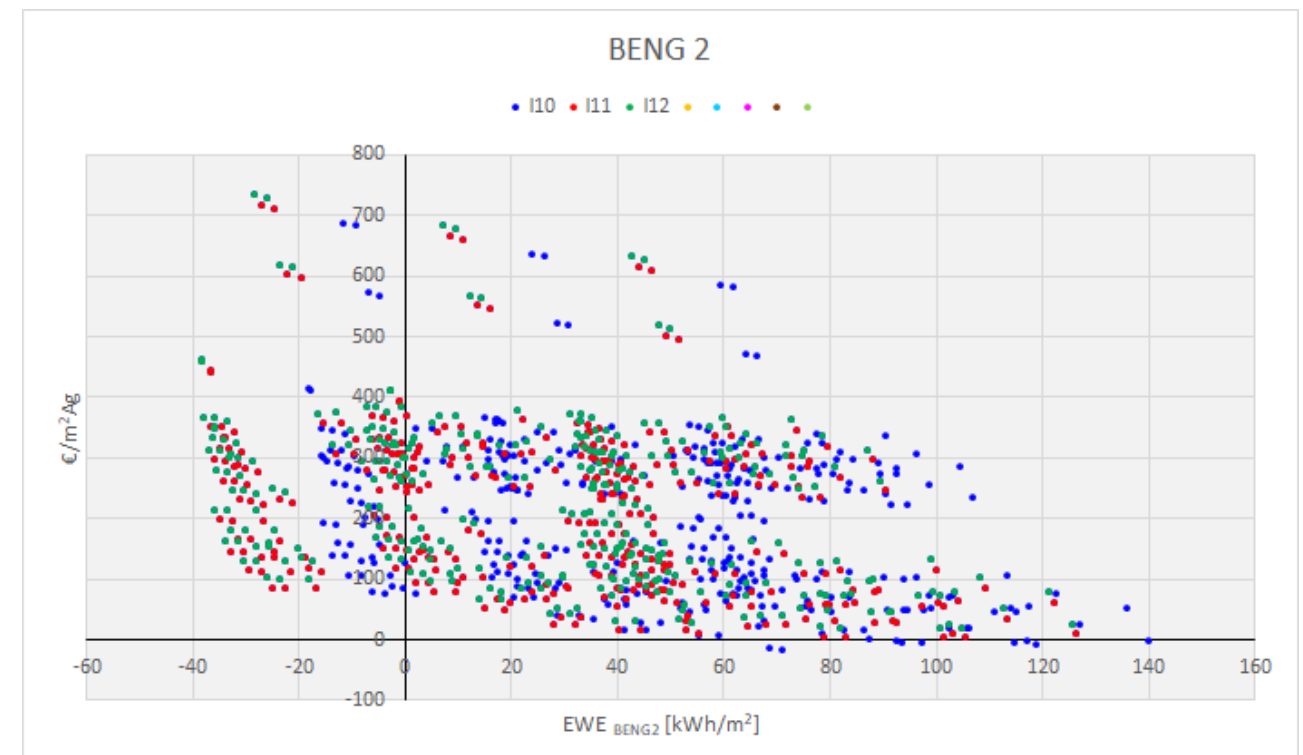
**Bouwkundig**

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC kosten van pakket b11, b51 en b61 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) en b12 ( $R_c$  vloer 6/gevel 6/dak 10 en  $U_w$  0,9) in de meeste gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10, b50 of b60 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en  $U_w$  1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.



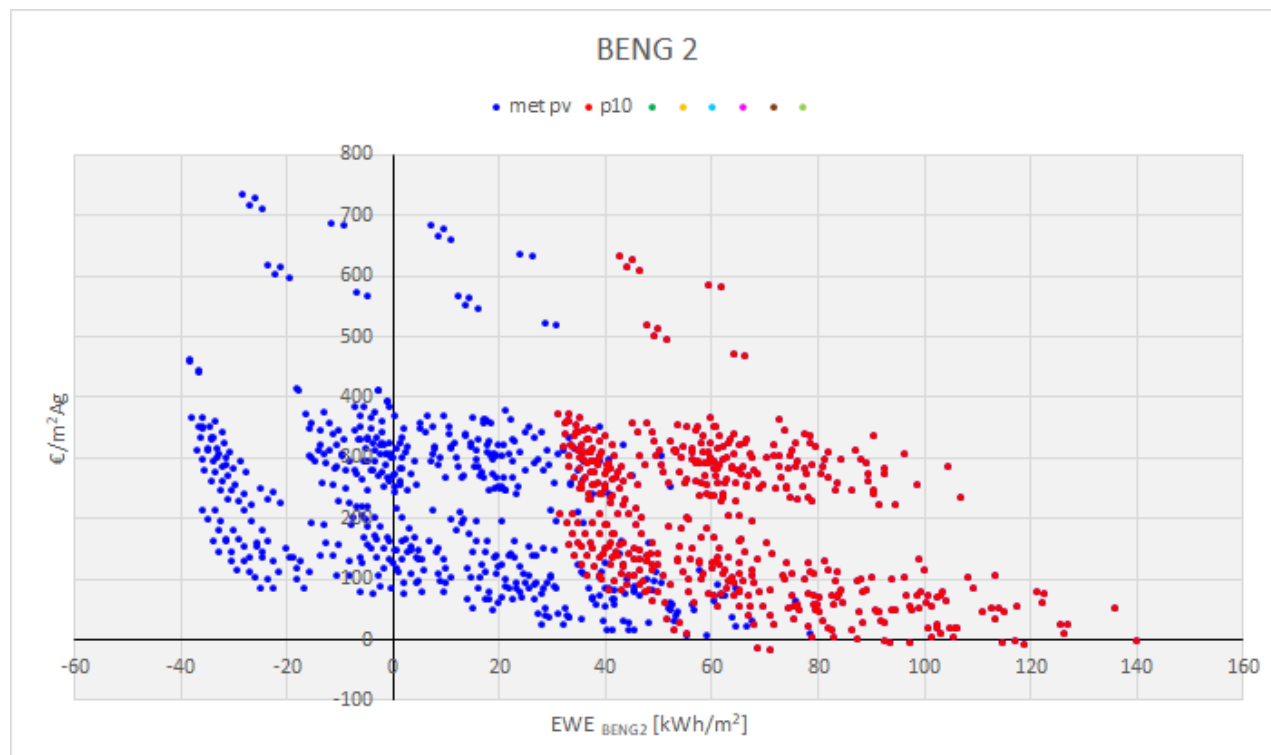
**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (l11 en l12) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 15 kWh/m<sup>2</sup> en een kleine verhoging van de NCC.



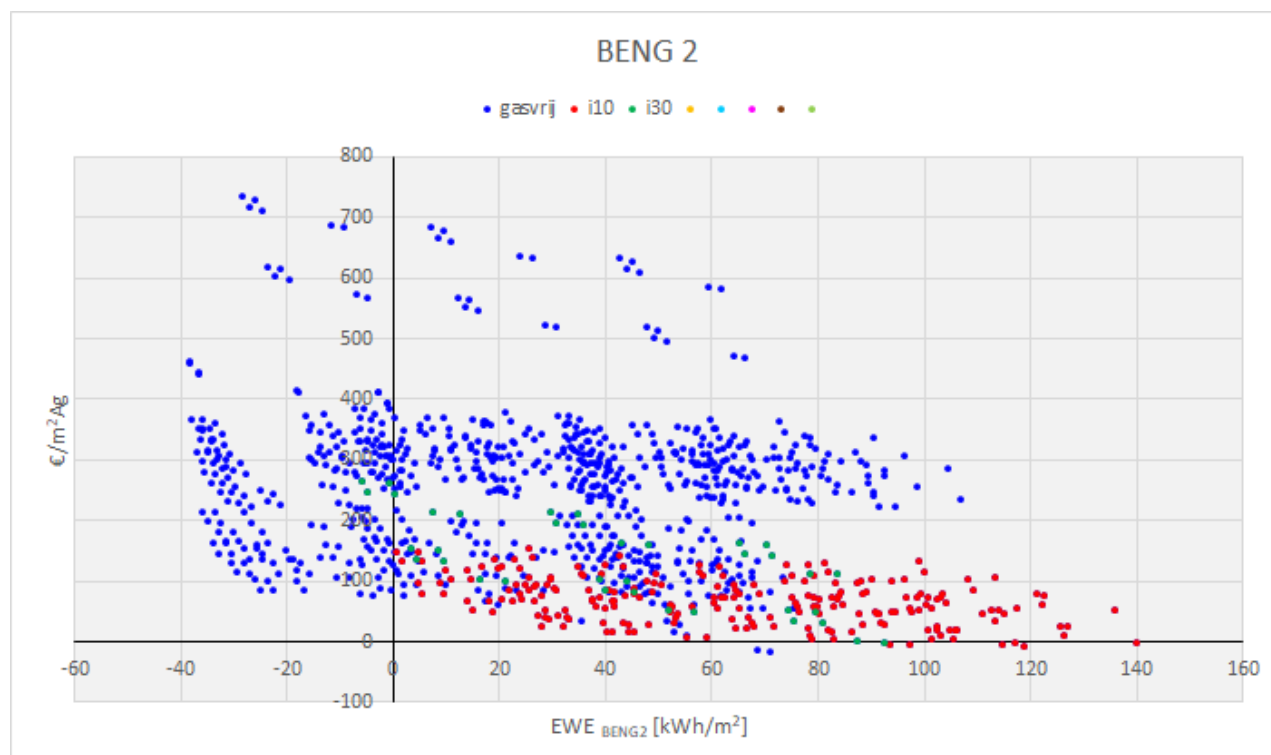
PV

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 30 kWh/m<sup>2</sup>.



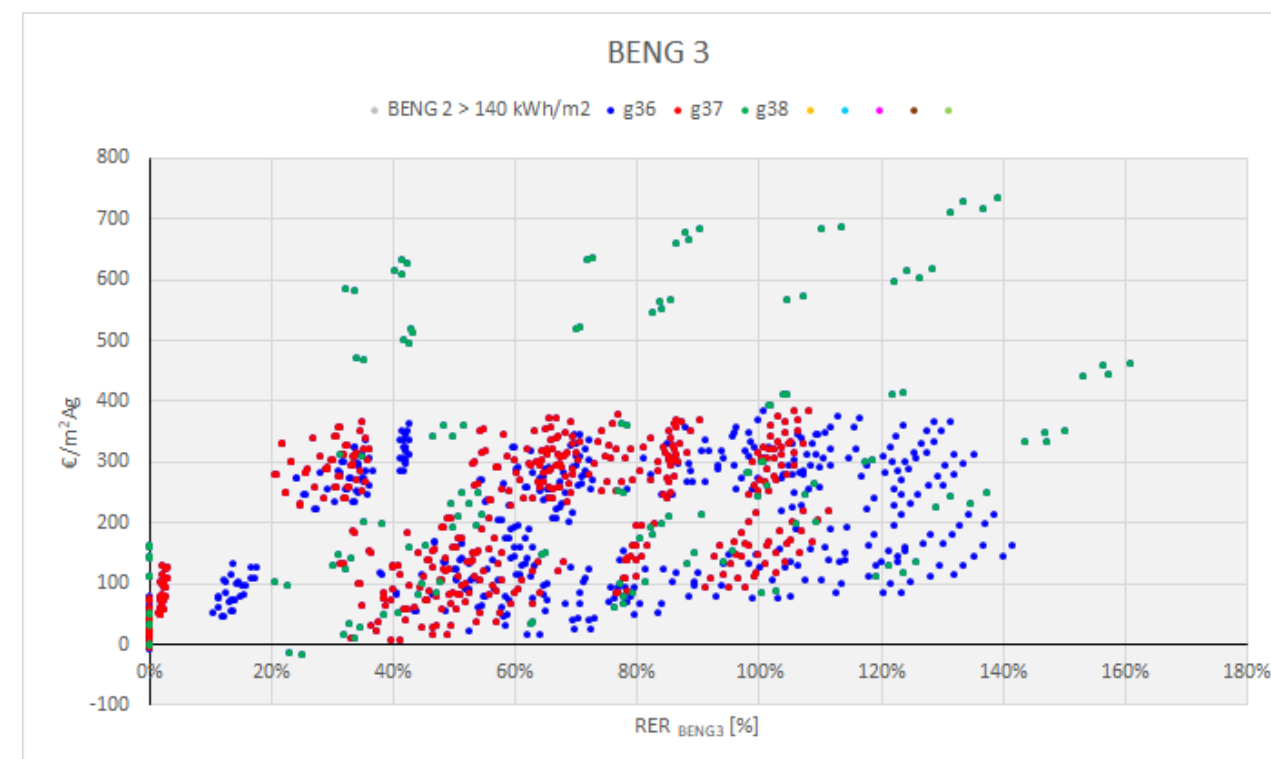
#### Aardgasvrij

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator en enigszins hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor de XS gebouwen (i10) en voor Gezondheid zonder bed S (i30).



#### 7.5.2 Gezondheidszorgfunctie zonder bed BENG 3

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. Een BENG 3 van 100% is voor alle drie de referentiegebouwen te bereiken.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

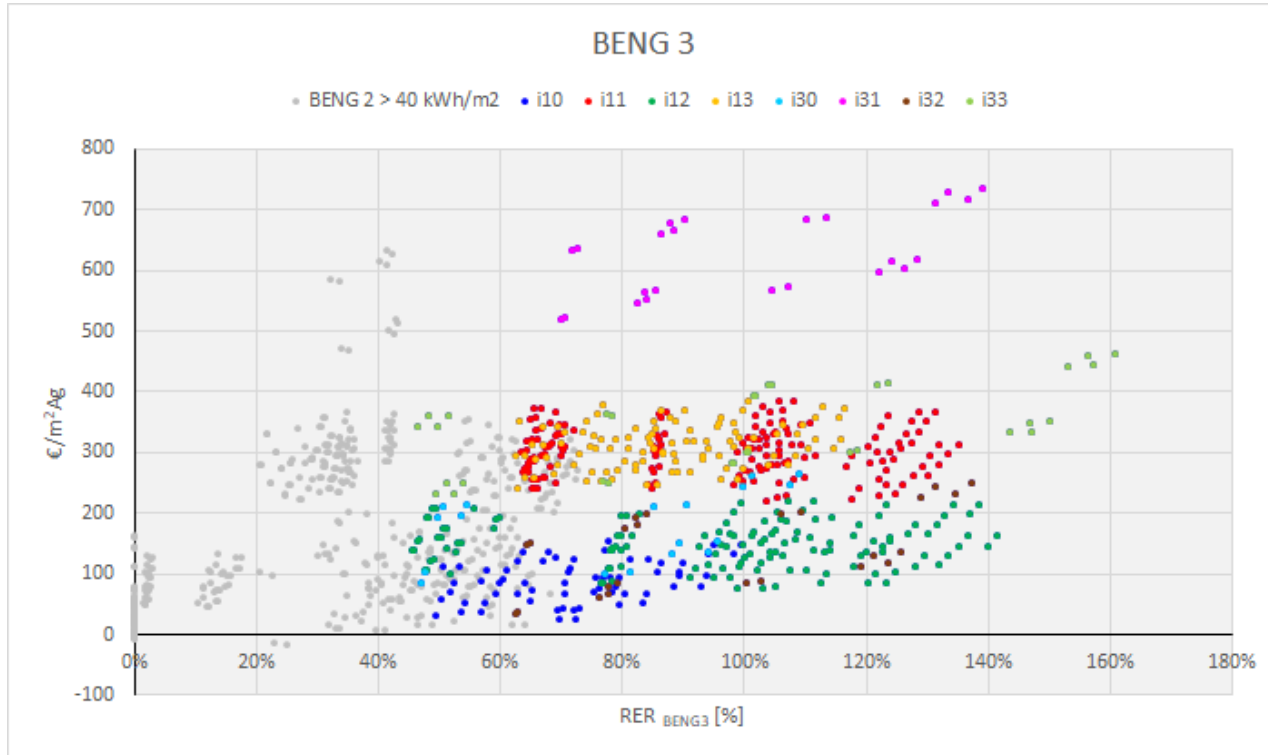
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator wordt via het wetgevingsproces besloten door de Minister van BZK en wordt voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Doordat er bij de XS-gebouwen gebruik wordt gemaakt van andere installatieconcepten als bij Gezondheid zonder bed S zijn er acht verschillende installatieconcepten: gasketels met i10 en i30, warmtepompen bodemwarmtewisselaar met i11 en i31, warmtepompen buitenlucht met i12 en i32, biomassa met i13 en i33. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

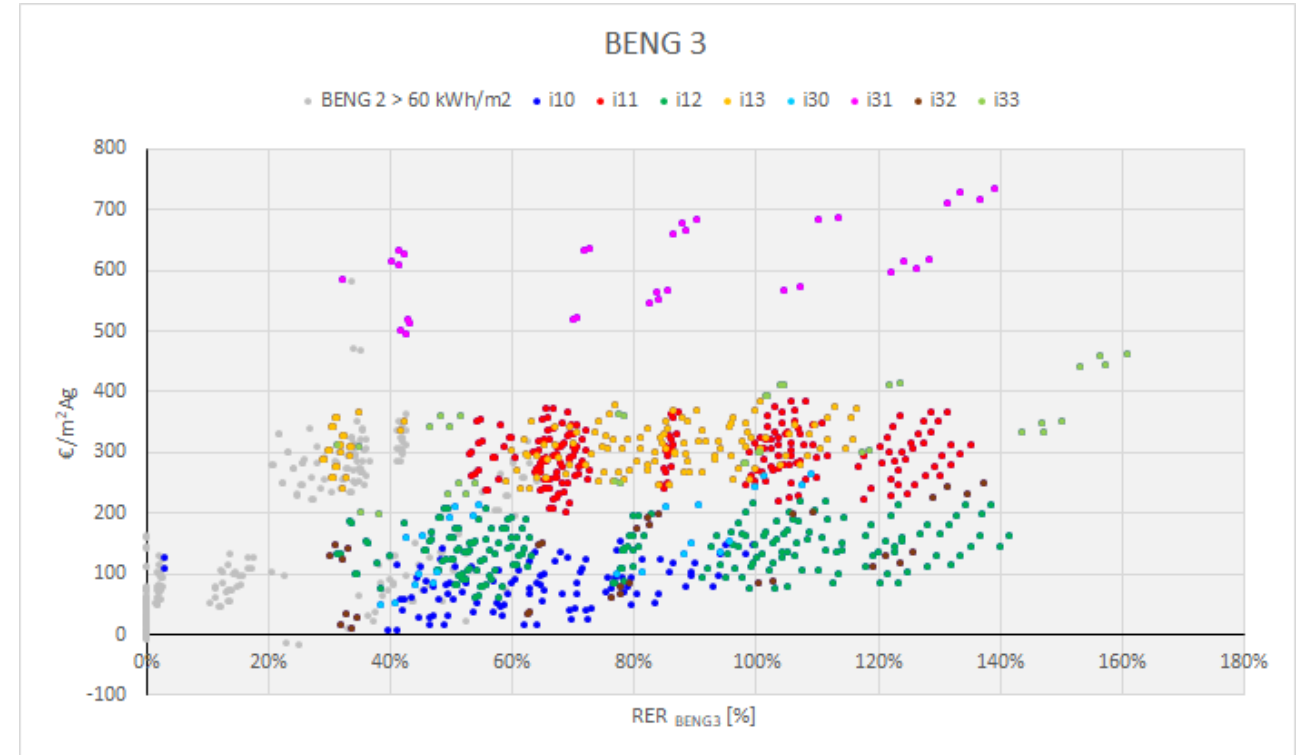
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

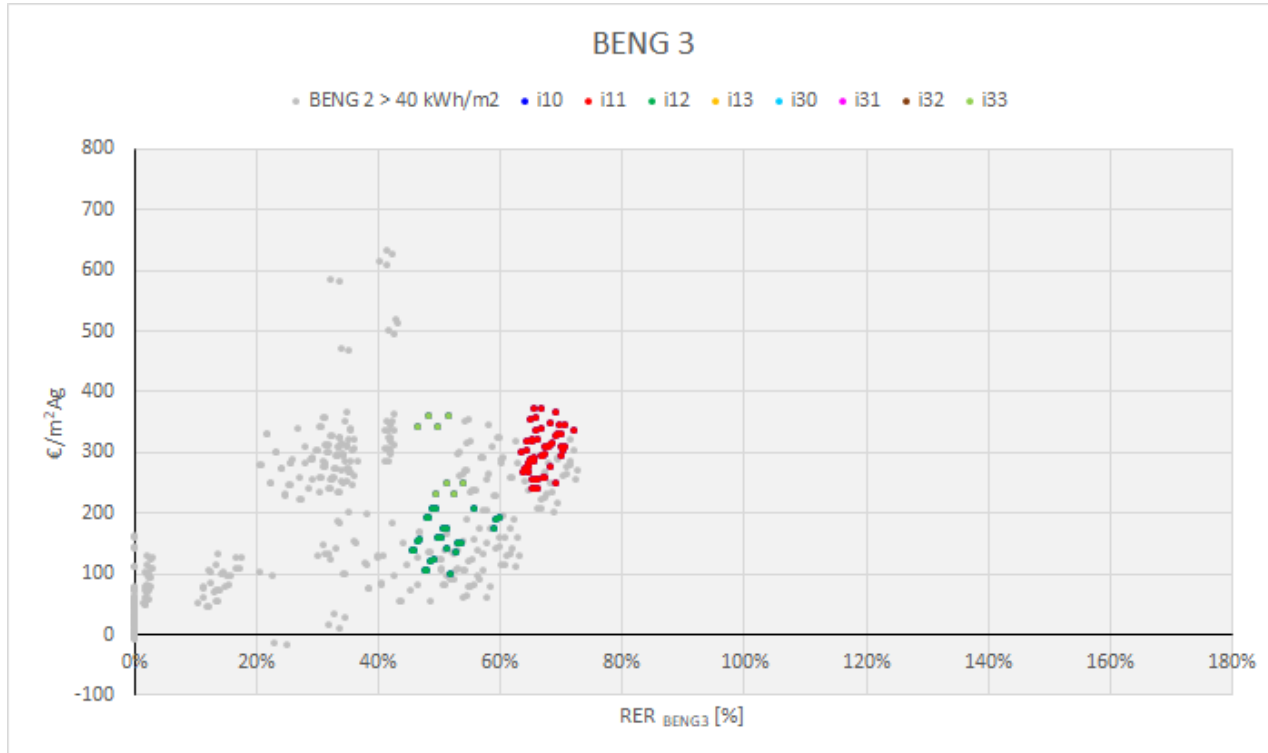


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

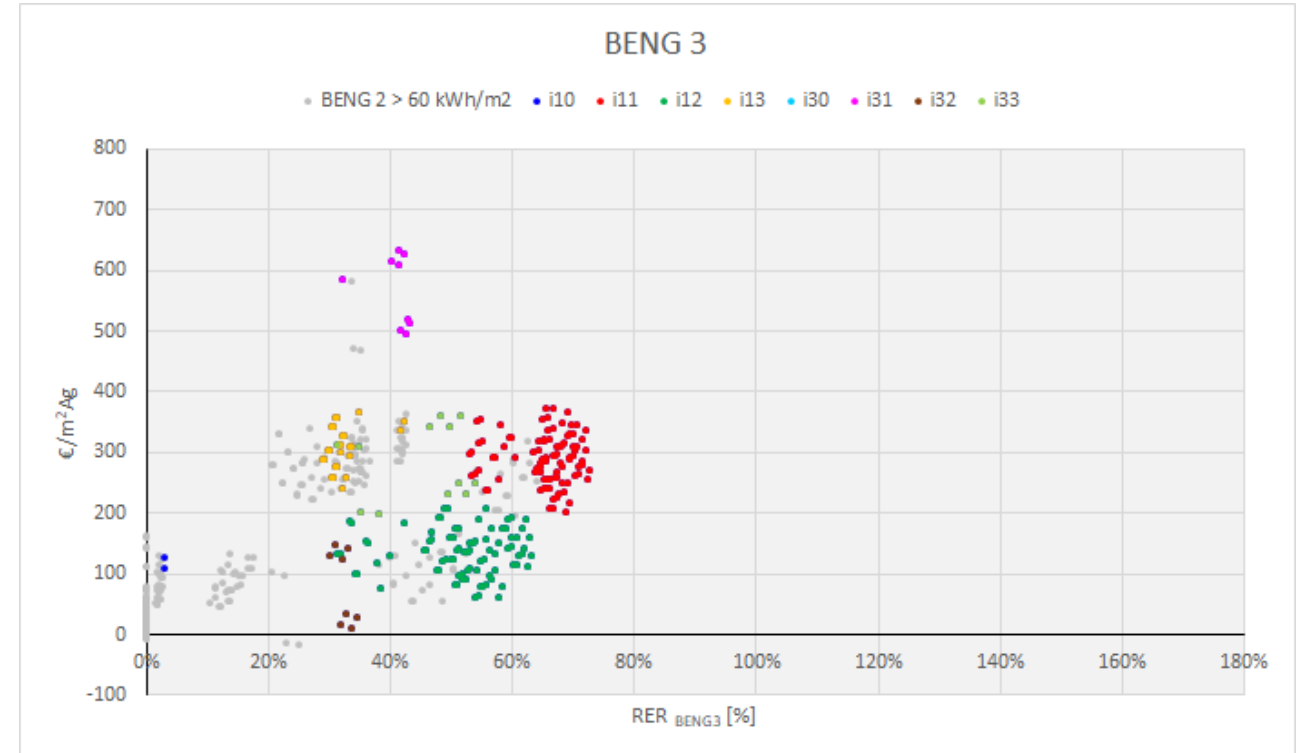
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

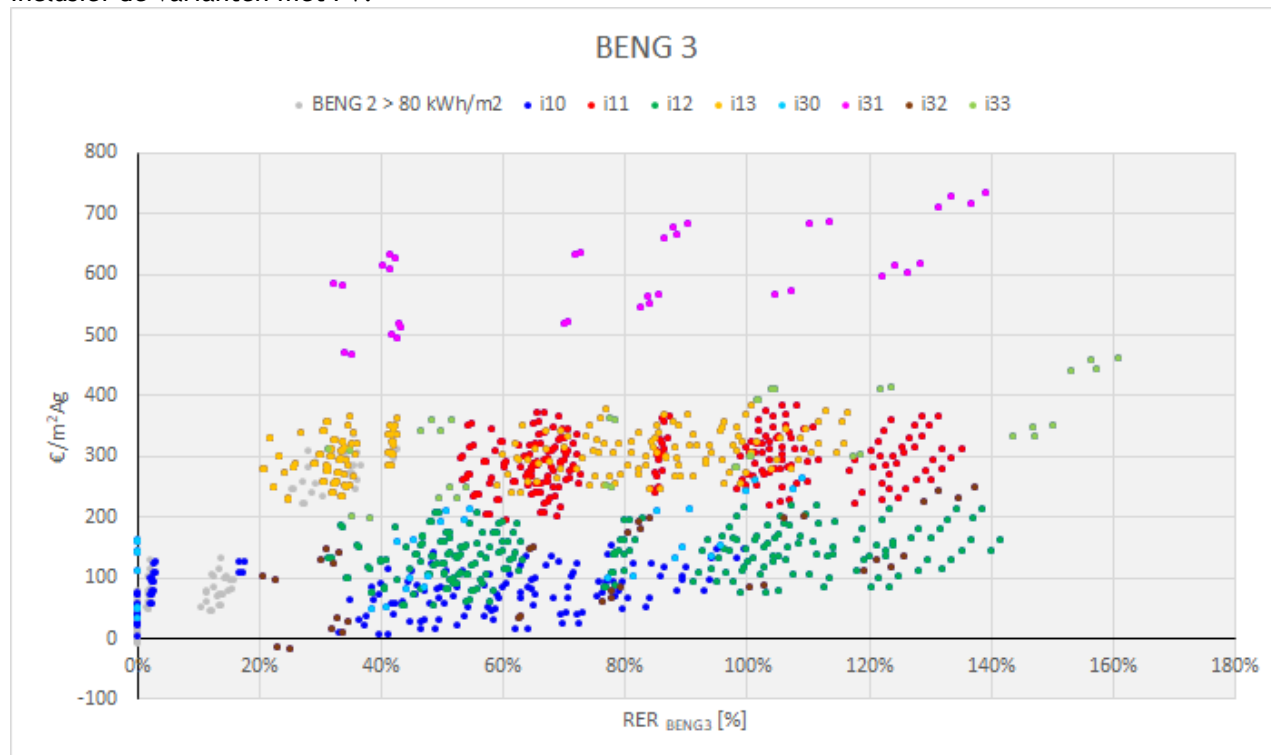


Zonder de varianten met PV:

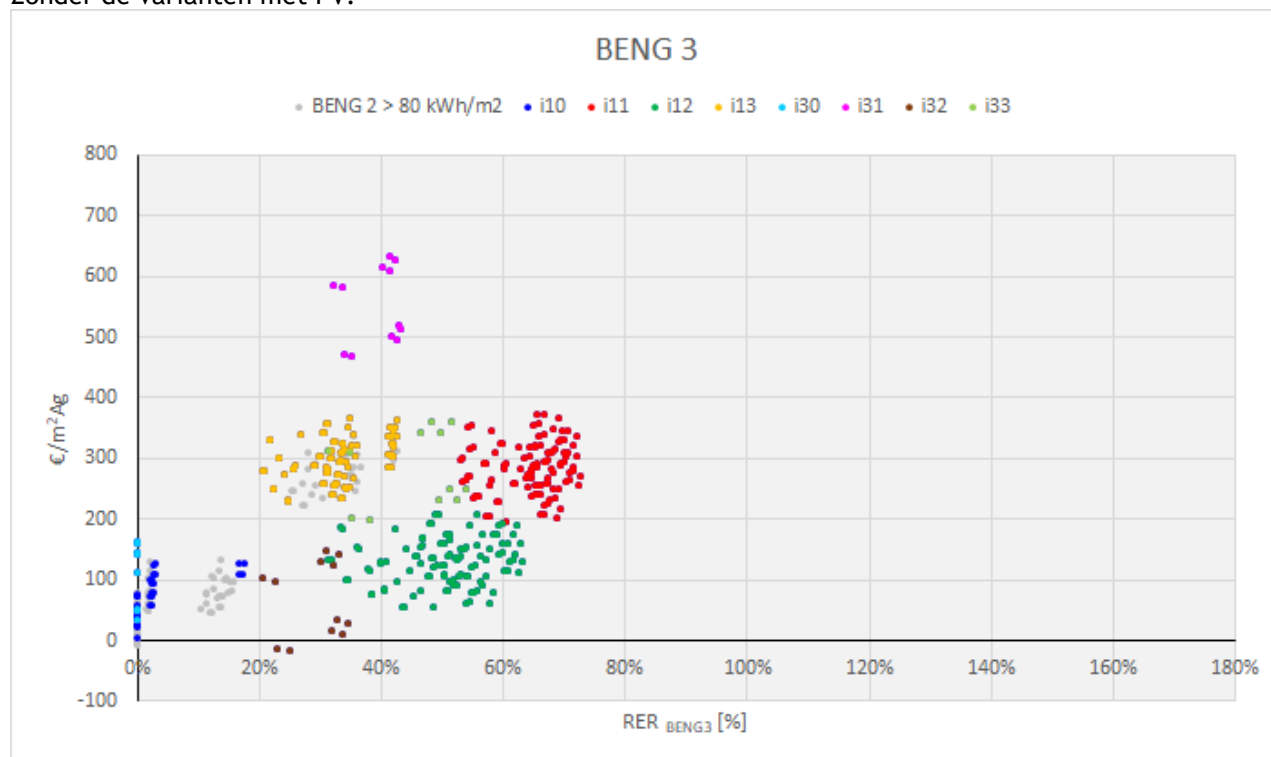


### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is duidelijk zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt.

Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 40 kWh/m<sup>2</sup> kan er alleen met PV (in combinatie met verschillende opwektechnieken) een BENG 3-prestatie van 70% of meer worden gerealiseerd. Zonder PV kan alleen bij de XS-gebouwen en met warmtepompconcepten een BENG 3 van 45% of meer gerealiseerd worden.

#### 7.6 Gezondheidszorgfunctie met bed

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de gezondheidszorgfuncties met bedgebied. Bij de gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

##### 7.6.1 Gezondheidszorgfunctie met bed BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de gezondheidszorgfuncties met bed. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

tabel 21: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten

Gebouwtype	installatie	ventilatie	bouwkundig
g39 = Gezondheid met bed L	i40 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
g40 = Gezondheid met bed XL	i41 = WP aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i42 = WP buitenlucht		
	i43 = biomassa		

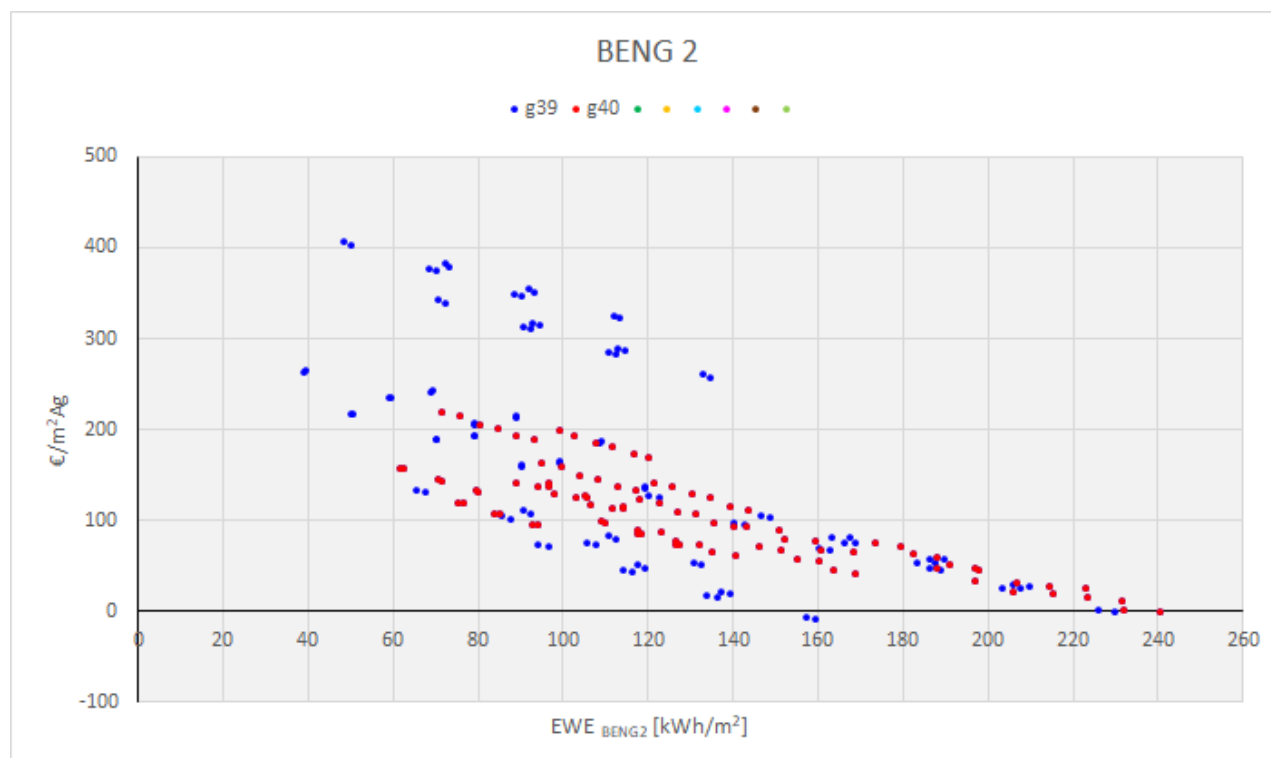
Voor warm tapwater wordt er in de installatieconcepten met gas en biomassa gebruik gemaakt van een collectief tapwatersysteem en bij de warmtepompconcepten van elektrische doorstroomtoestellen.

tabel 22: gehanteerde codering verlichting en PV

Verlichting	PV
l30 = 8 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid manual on/off	p10 = geen PV
l31 = 5 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual off/veeg off	p11 = dak PV
	p13 = helft p11

In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de gezondheidszorgfuncties met bed.

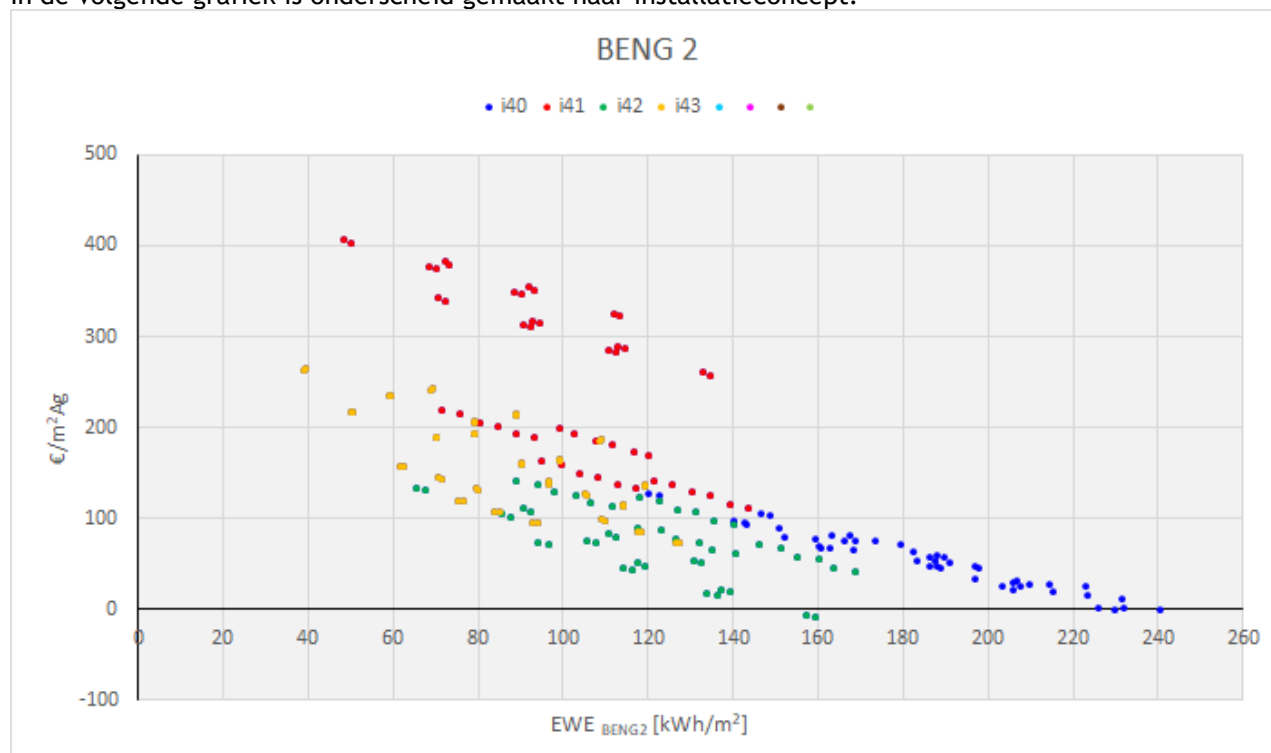




In de figuur is te zien dat er bij een zelfde BENG 2-prestatie bij Gezondheid met bed L (g39) zowel concepten zijn met hogere als lagere NCC ten opzichte van gezondheid met bed XL (g40). Er is geen duidelijk kostenoptimaal punt. Verondersteld kan worden dat er vanaf circa 160 tot 240 kWh/m<sup>2</sup> sprake is van een kostenoptimale zone.

#### Installatieconcept

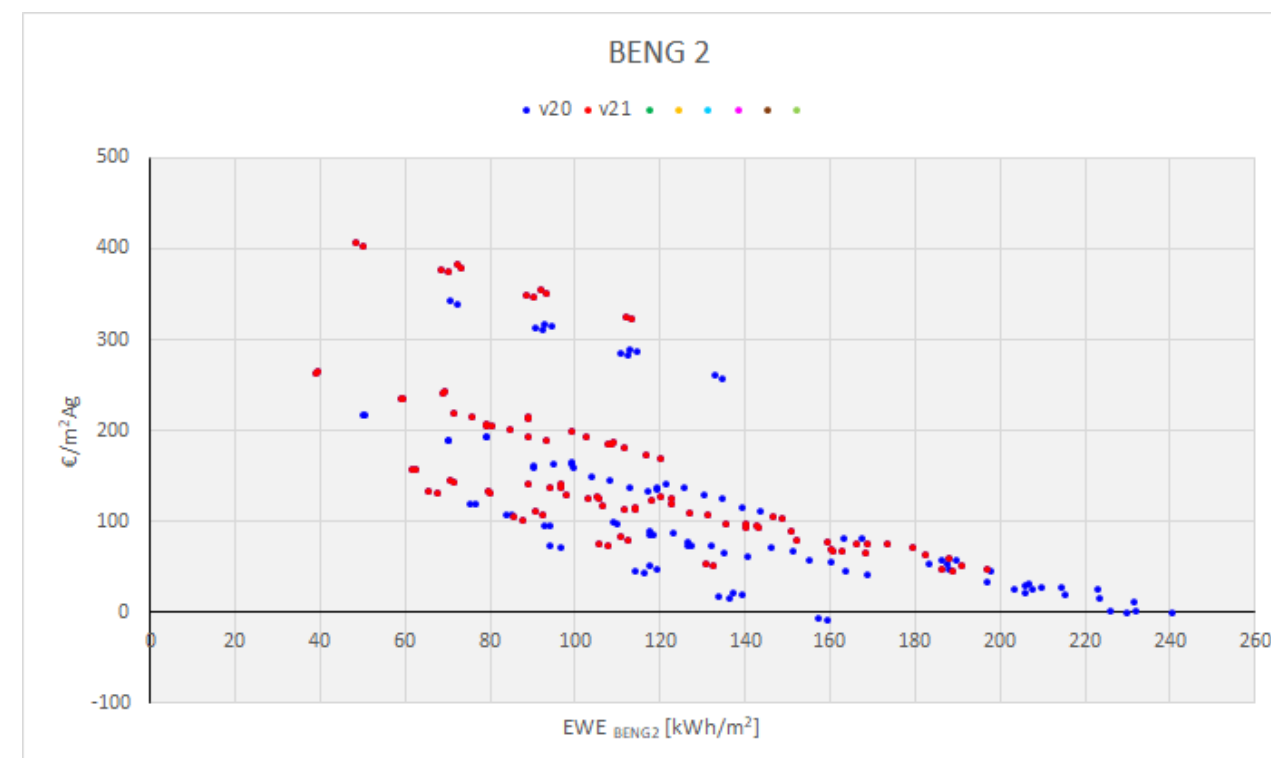
In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept:



De concepten met gas (i40) hebben samen met warmtepompen op buitenlucht (i42) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met aquifer (i41) en de biomassaconcepten (i43) hebben de hoogste NCC maar ook een lagere BENG 2-indicator.

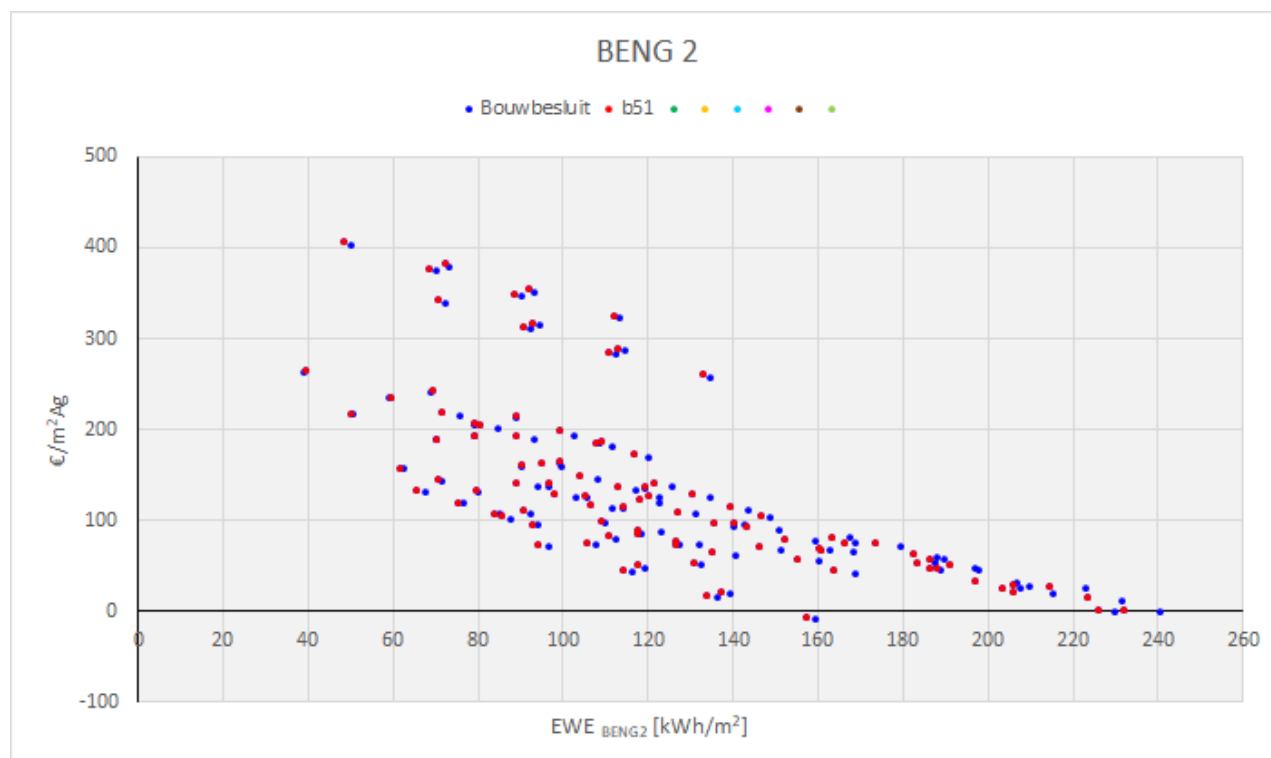
#### Ventilatie

Toepassing van het ventilatiepakket (v21) leidt tot een aanzienlijke verbetering van de BENG 2 score bij een beperkte stijging van de NCC.



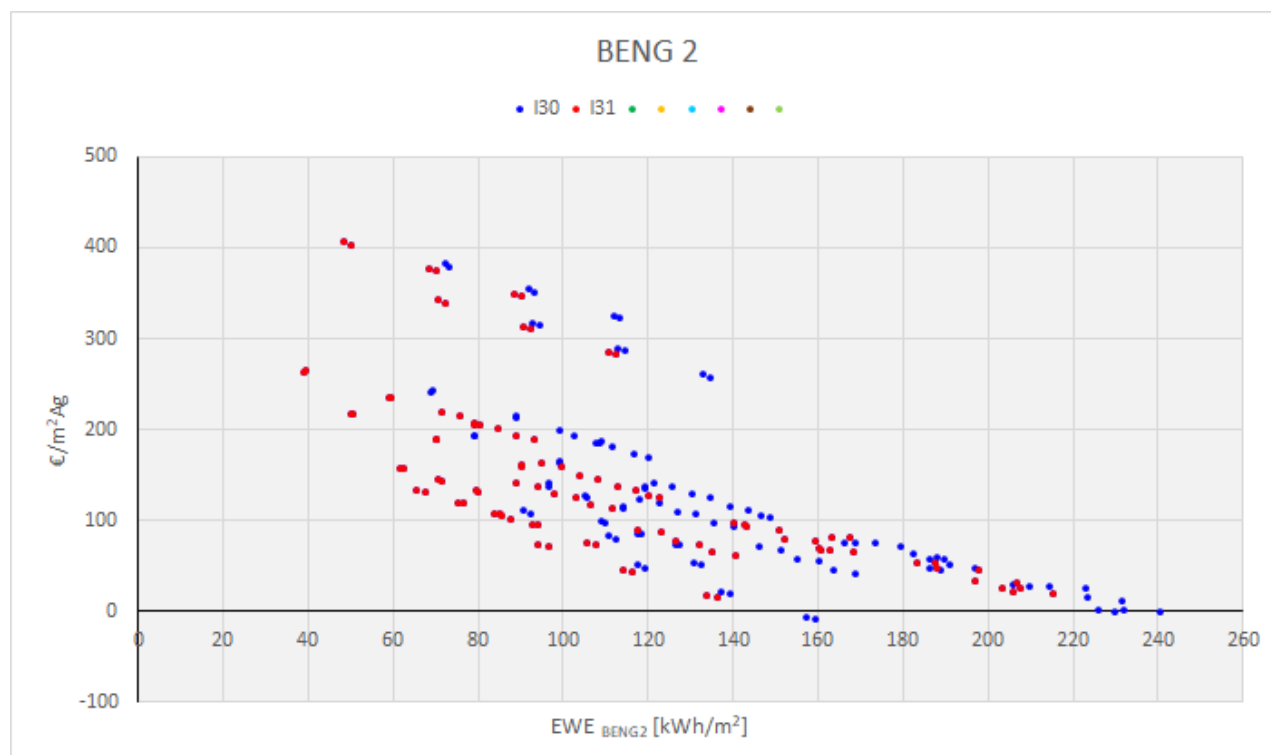
#### Bouwkundig

Bij het bouwkundige maatregelpakket b51 (R<sub>c</sub> vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en U<sub>w</sub> 0,9) blijkt dat het effect op BENG 2 beperkt is en de NCC iets stijgen.



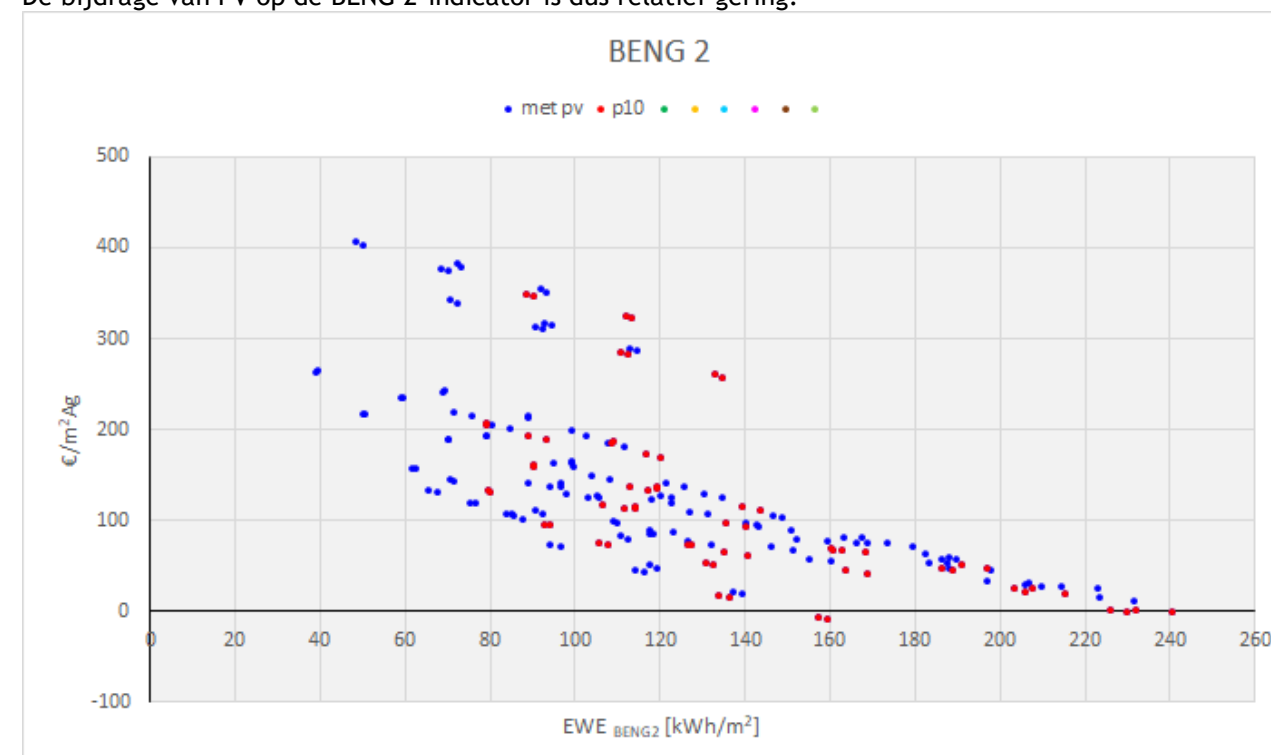
#### Verlichting

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie (I31) ten opzichte van TL+PL verlichting met aanwezigheidsdetectie (I30) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 25 kWh/m<sup>2</sup> en een verhoging van de NCC.



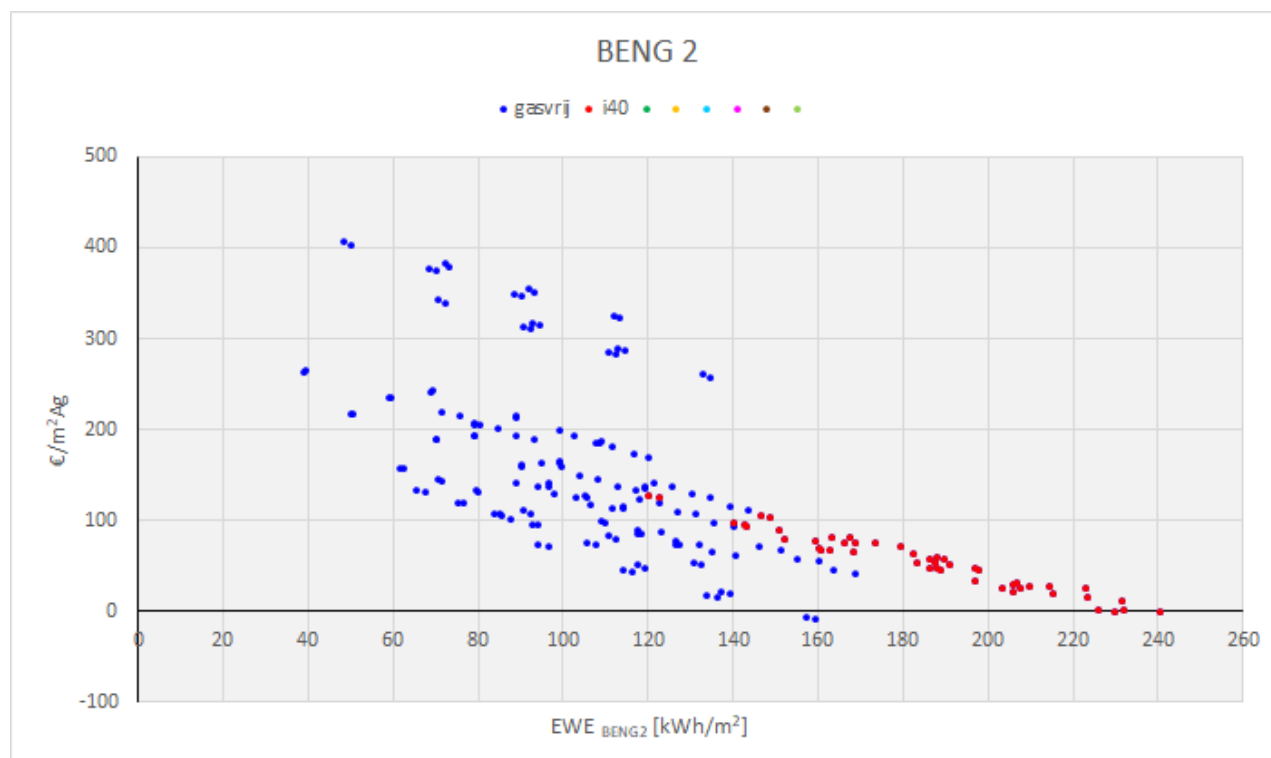
#### PV

Het effect van PV is niet zo duidelijk te zien in de onderstaande grafiek. Toepassing van PV laat een concept in een diagonale lijn naar linksboven opschuiven. PV verdient zich bij deze gebouwen bij de gehanteerde uitgangspunten dus niet terug. De concepten met en zonder PV staan door elkaar heen. De bijdrage van PV op de BENG 2-indicator is dus relatief gering.



#### Aardgasvrij

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door een relatief lage BENG 2 indicator en hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten (i40).



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

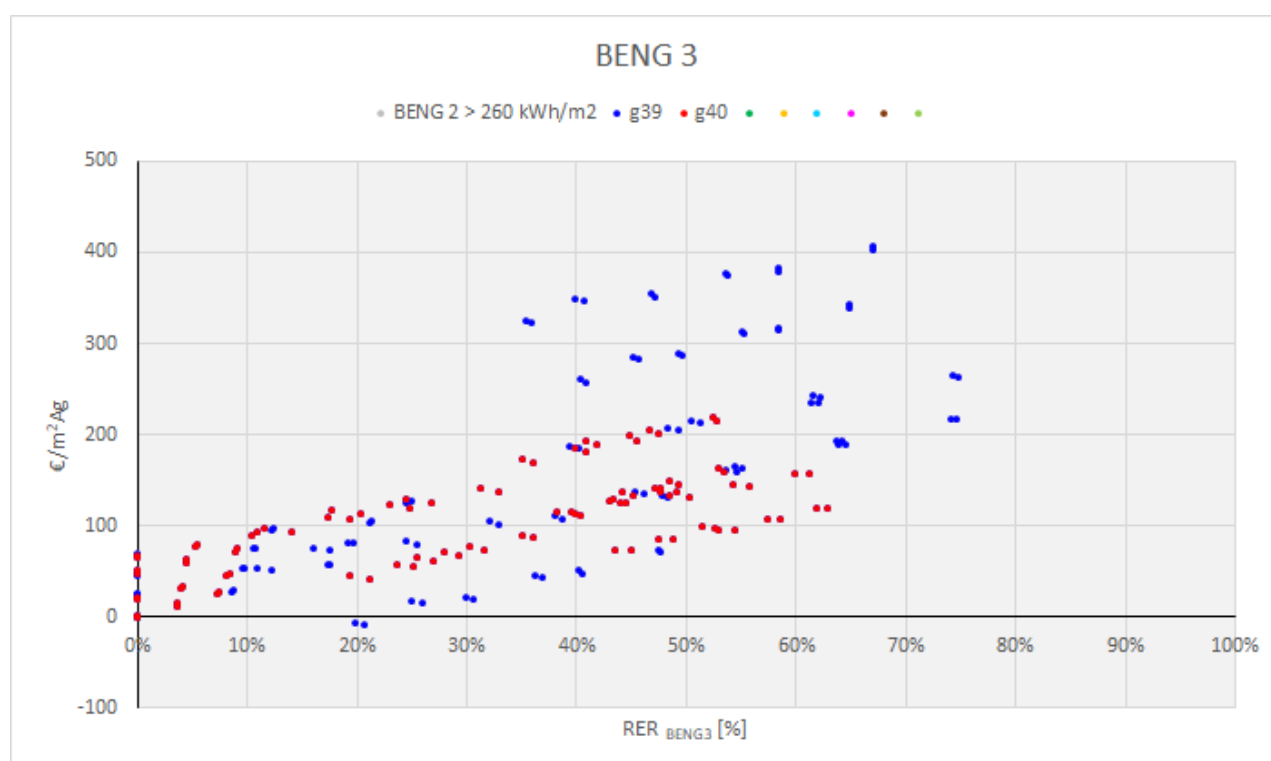
De keuze voor de definitieve ligging van het eiseniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2 niveau gehanteerd is om de BENG 3 grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

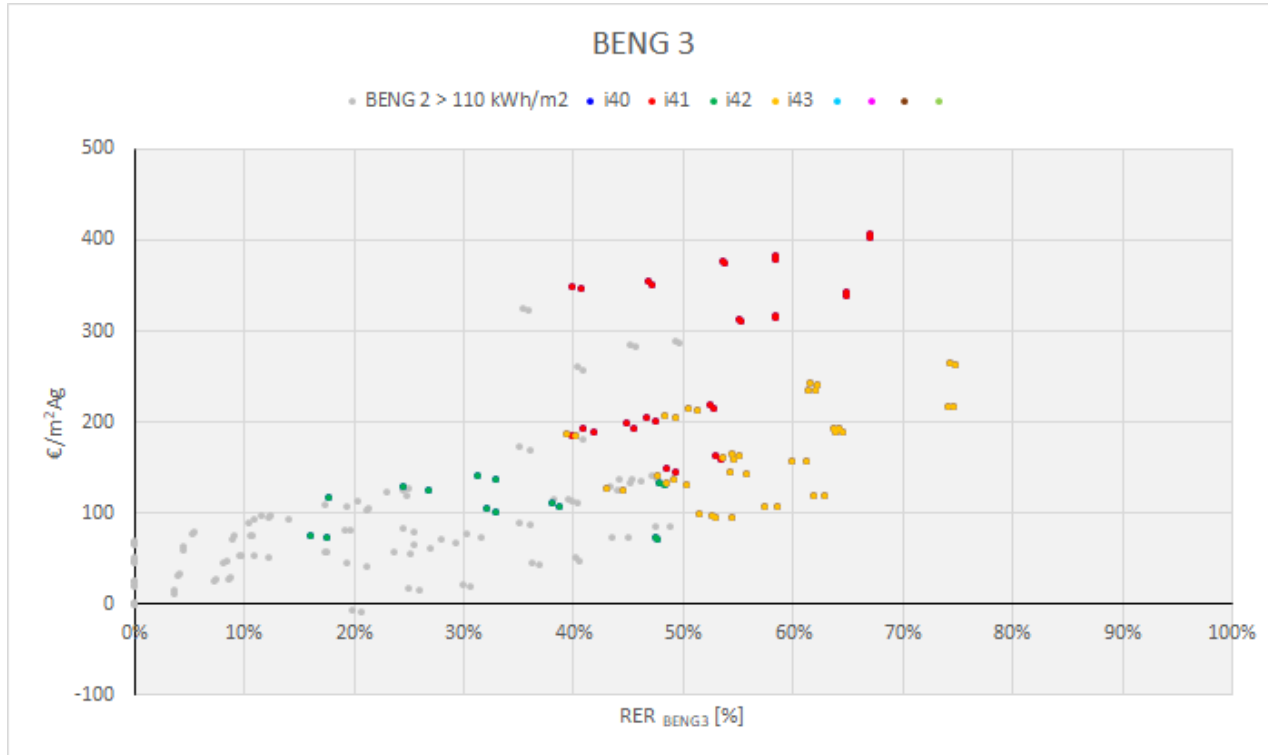
### 7.6.2 Gezondheidszorgfunctie met bed BENG 3

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk bouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven.



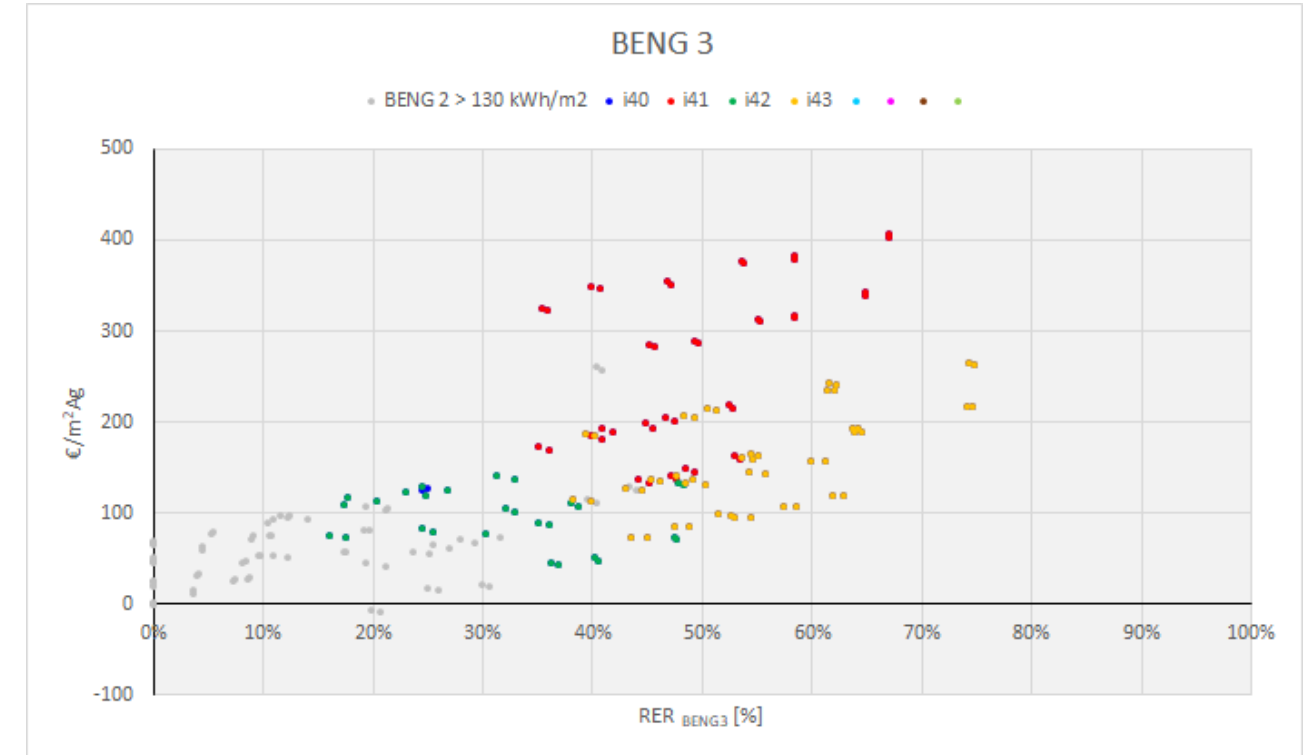
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 110 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

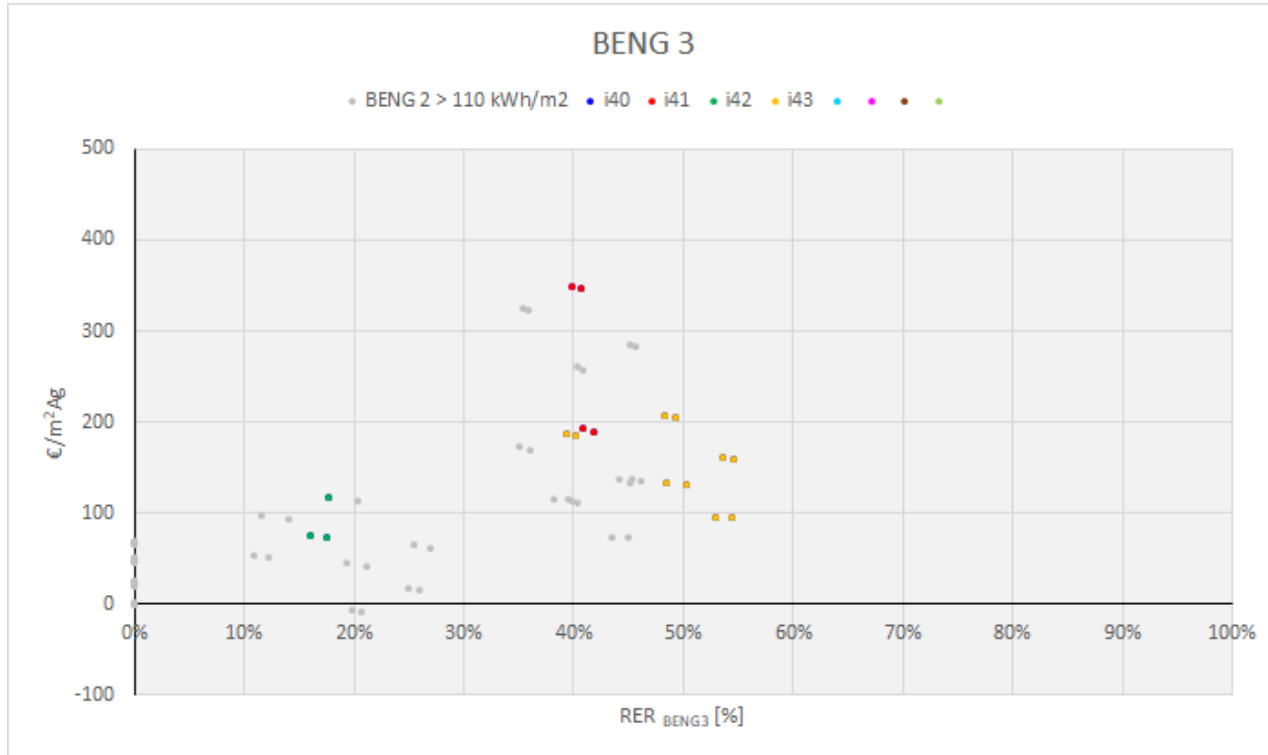


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 130 kWh/m<sup>2</sup>

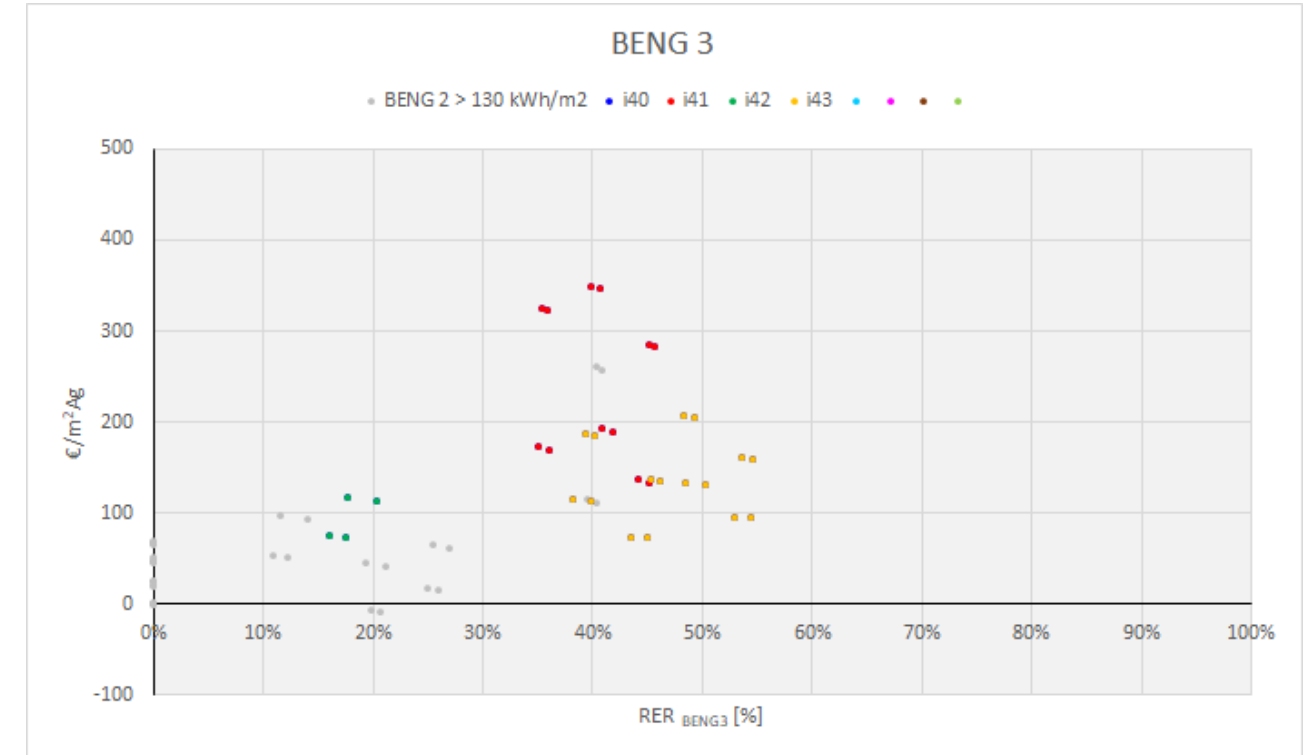
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

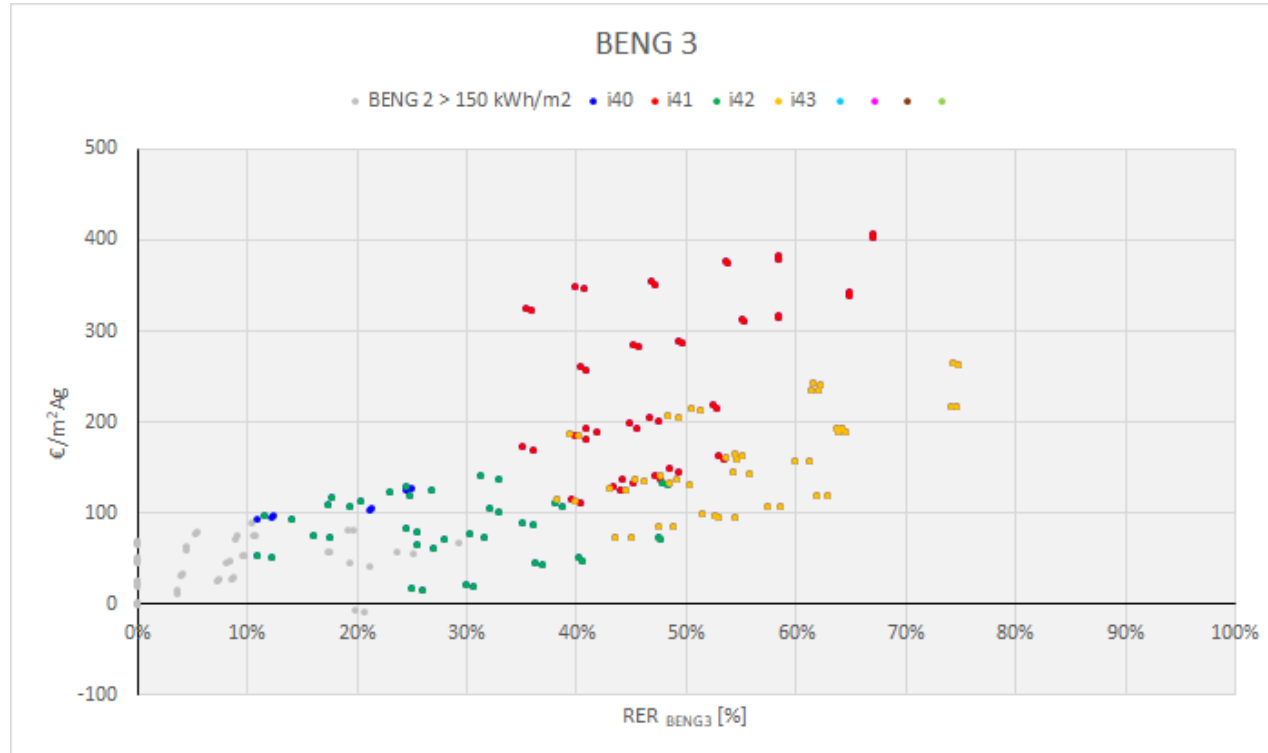


Zonder de varianten met PV:

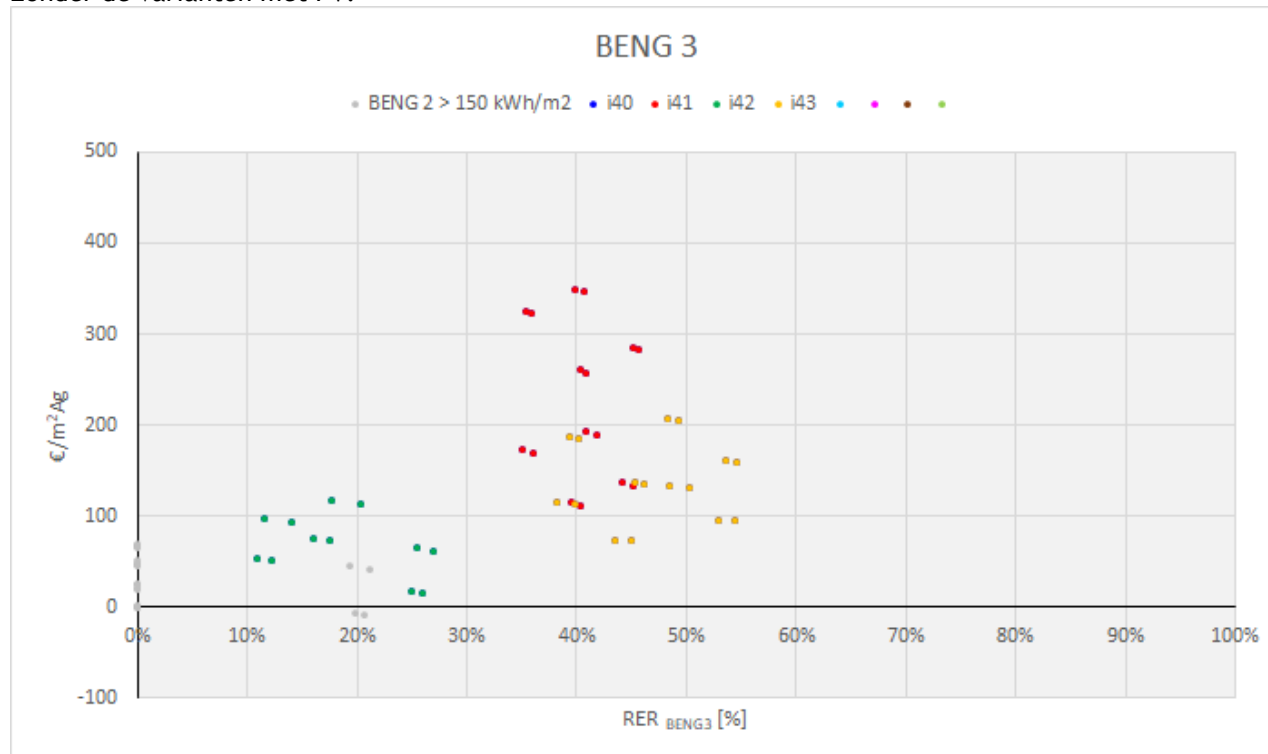


### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 150 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Bij toepassing van gasconcepten is maximaal een BENG 3 van 25% haalbaar. Ook bij toepassing van warmtepompconcepten op buitenlucht is maximaal een BENG 3 van 40% haalbaar. Een BENG 3-eis  $\geq 40\%$  kan vrijwel alleen gerealiseerd worden met concepten met warmtepompen met als bron een aquifer of concepten met biomassa.

#### 7.7 Winkelfunctie

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de winkelfuncties. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij alle gebouwen de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen.

##### 7.7.1 Winkelfunctie BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de winkelfuncties. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 23: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

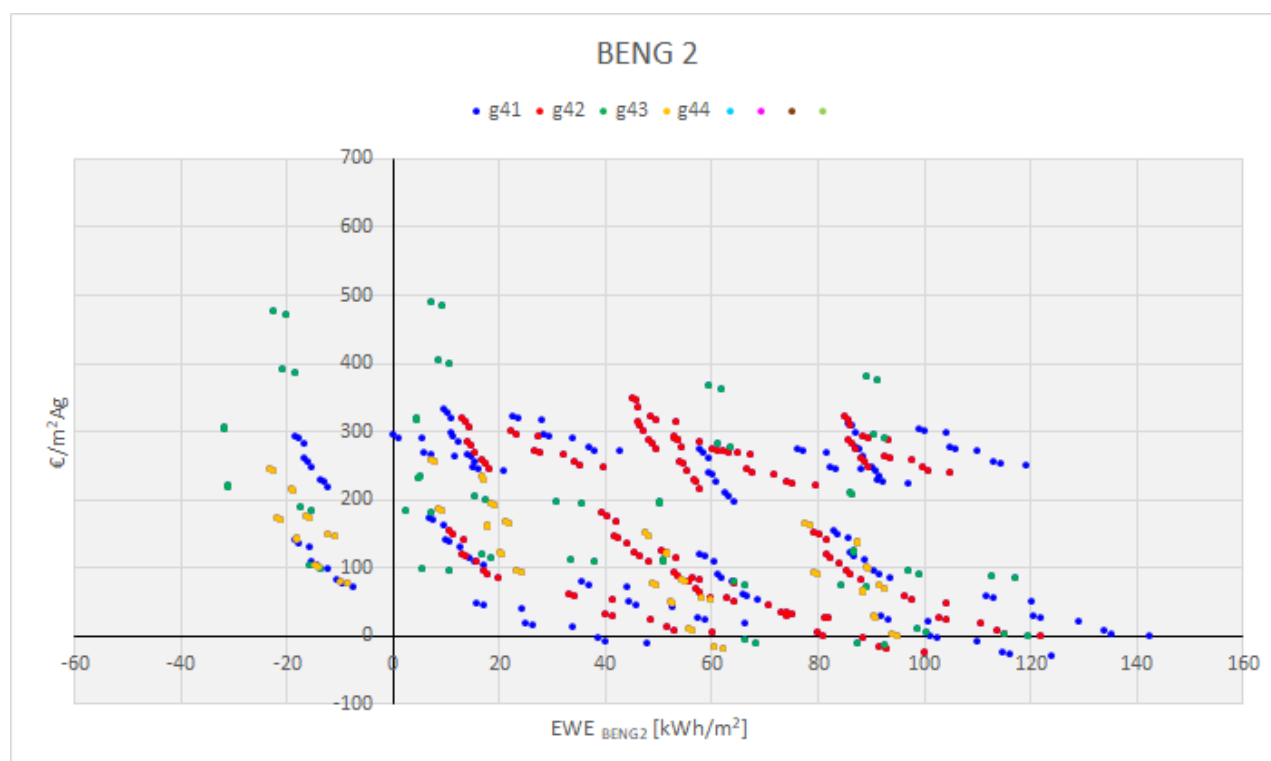
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g41 = Winkel XS 100	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
g42 = Winkel XS 200	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g43 = Winkel S	i30 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
g44 = Winkel XL	i31 = WP bodem/aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i32 = WP buitenlucht		
	i33 = biomassa		

Bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor de overige gebouwen wordt er gebruik gemaakt van een elektroboiler. Bij installatieconcept 31 wordt er bij Winkel XL gebruik gemaakt van een aquifer, bij Winkel S van een bodembron.

**tabel 24: gehanteerde codering verlichting en PV**

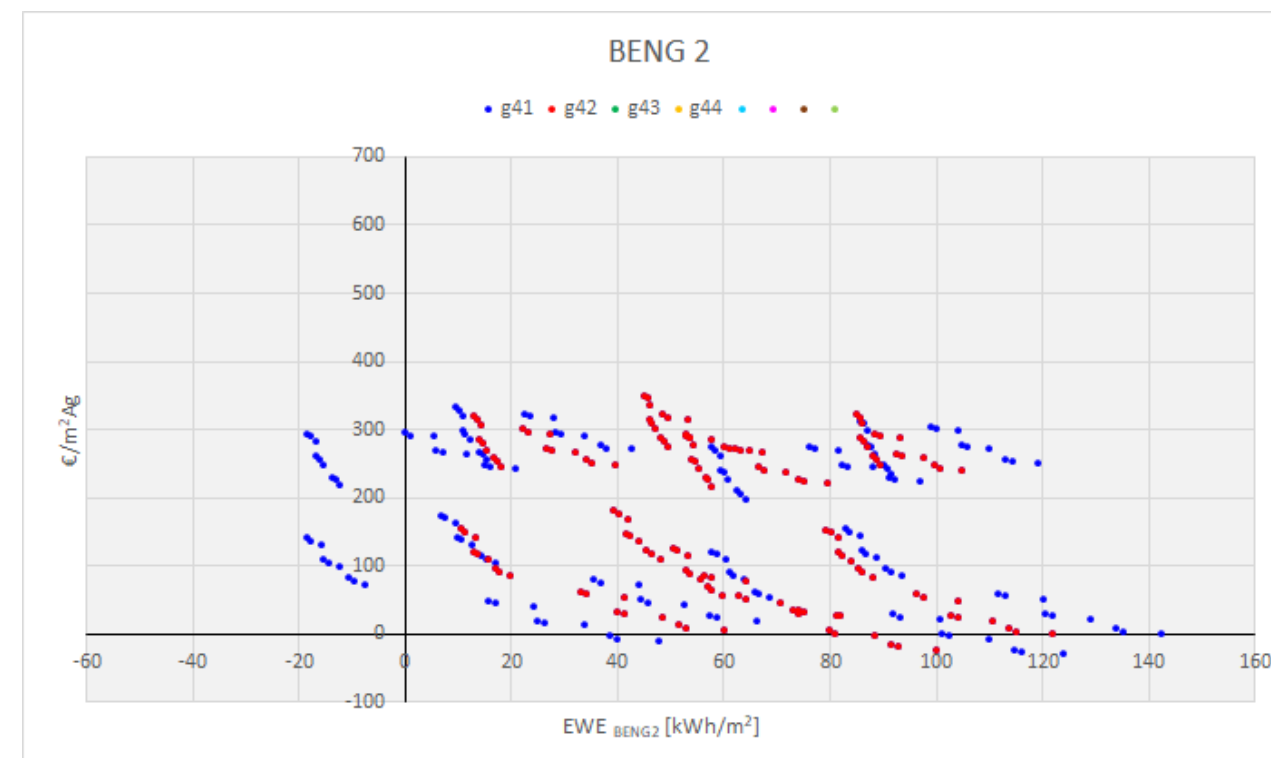
Verlichting	PV
l40 = 14 W/m <sup>2</sup> TL+PL manual on/off	p10 = geen PV
l41 = 8 W/m <sup>2</sup> LED manual on/veeg off	p11 = dak PV
	p13 = helft p11

In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de winkels.

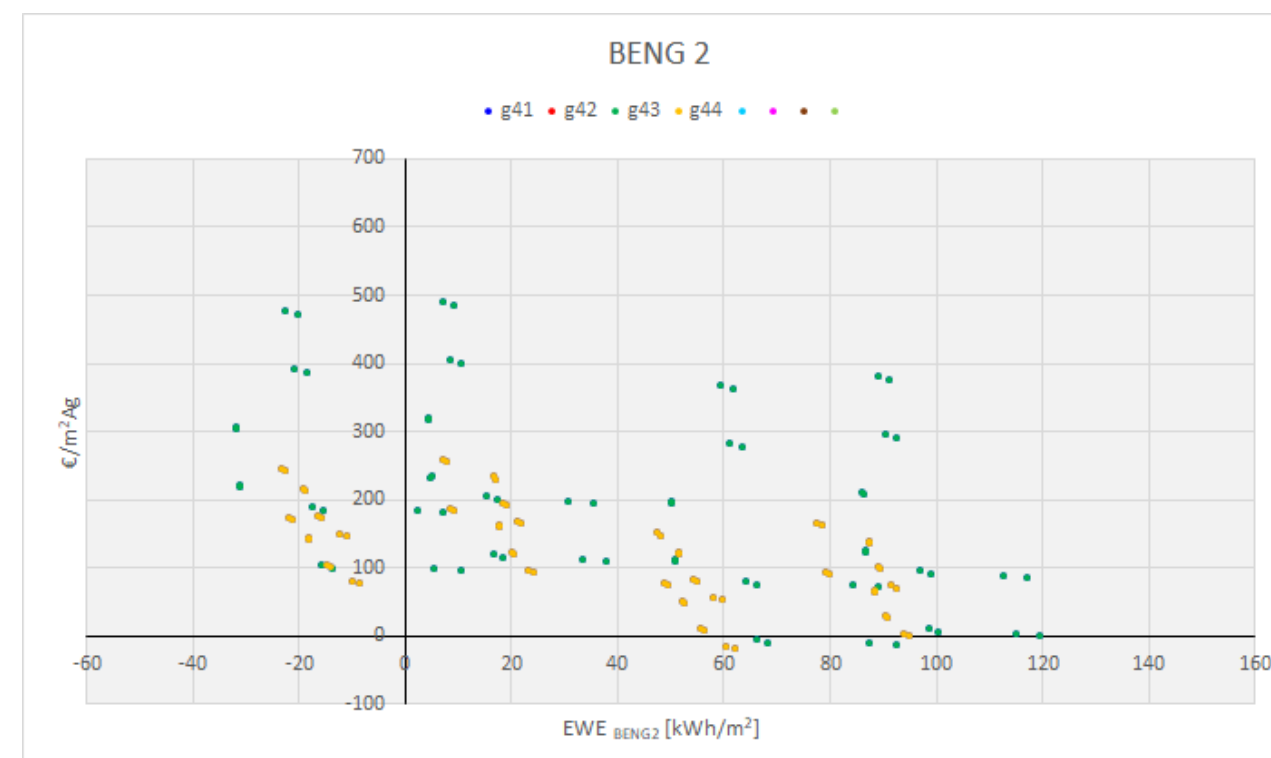


Voor de XS 200 winkel (g42) zijn er in de grafiek geen concepten weergegeven met een BENG 2-indicator < 10 kWh/m<sup>2</sup>. Voor de andere gebouwen bedragen de laagste BENG 2-indicatoren circa -20 kWh/m<sup>2</sup>. Door toepassing van meer PV zijn lagere prestaties wel haalbaar. In de grafiek is er geen duidelijk kostenoptimaal punt. Er lijkt wel een kostenoptimale zone te zijn die loopt van circa 40 tot 120 kWh/m<sup>2</sup>. De resultaten verschillen echter per gebouw.

Om te bepalen of de resultaten van XS 100 (g41) en XS 200 (g42) net als bij kantoor en bijeenkomst zonder kinderopvang dominant zijn bij de interpretatie van de resultaten zijn de resultaten voor de XS-gebouwen en de overige gebouwen in de hierna volgende grafieken apart weergegeven:



Er lijkt voor de XS-gebouwen een kostenoptimaal punt te zijn bij een BENG 2 van circa 110 kWh/m<sup>2</sup>. Voor het XS 200 gebouw (g42) ligt dit punt bij circa 100 kWh/m<sup>2</sup> en voor het XS 100 gebouw (g41) bij circa 120 kWh/m<sup>2</sup>.

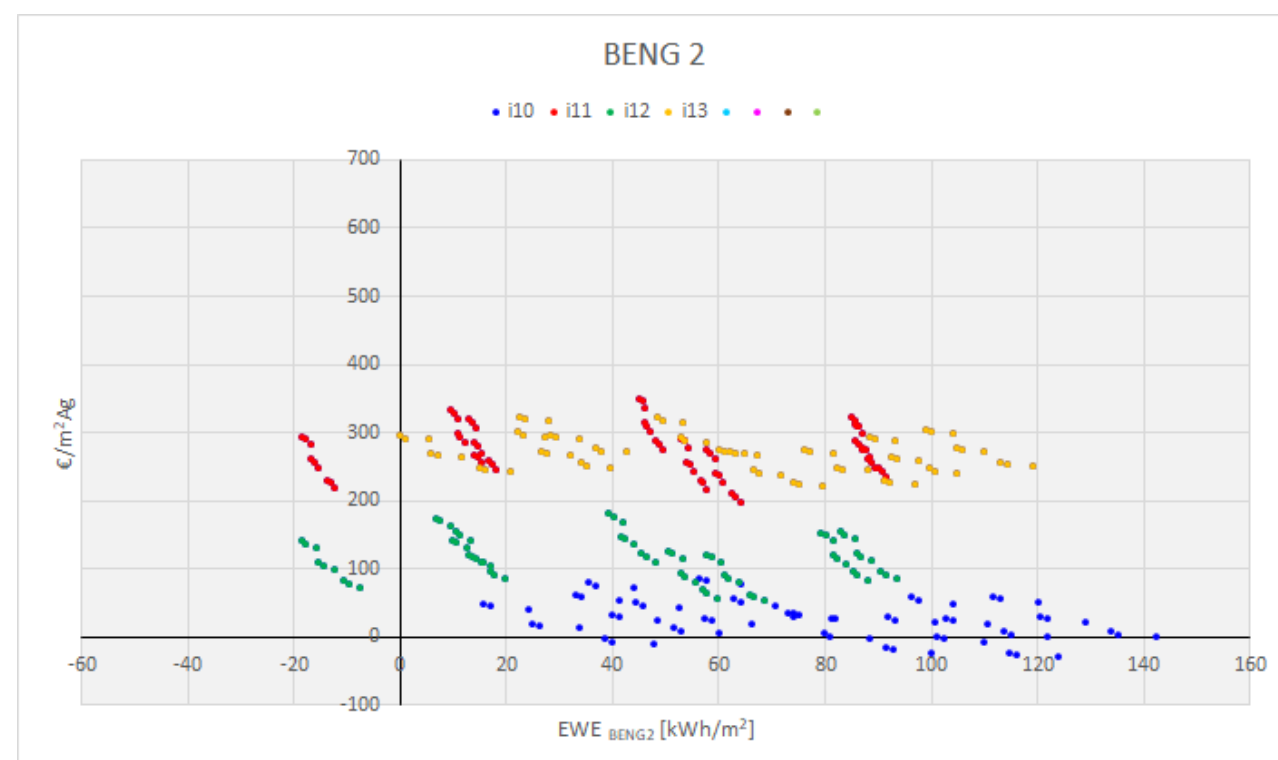


Bij de overige gebouwen lijkt er een kostenoptimaal punt te zijn bij een BENG 2-indicator van circa 65 kWh/m<sup>2</sup>. De resultaten kunnen echter ook geïnterpreteerd worden als een kostenoptimale zone die loopt van circa 65 tot 95 kWh/m<sup>2</sup>.

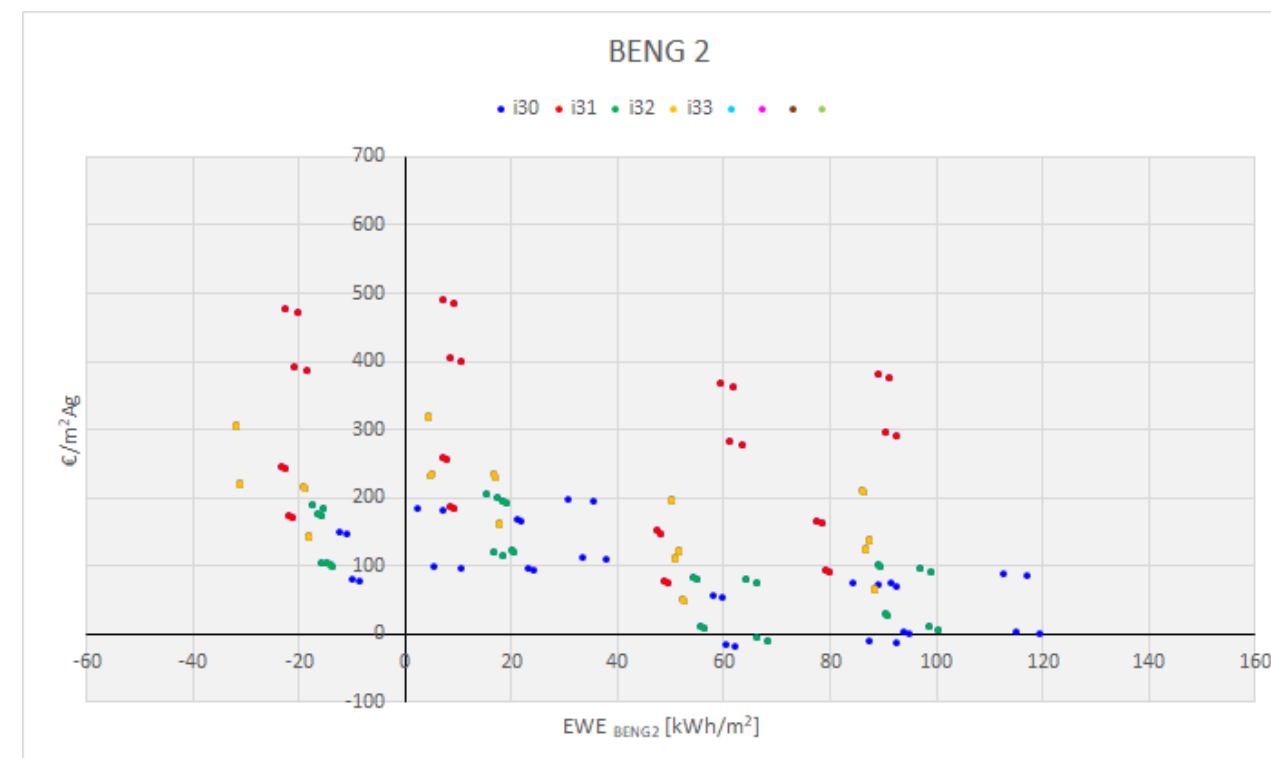
Geconcludeerd wordt in ieder geval dat een eventueel kostenoptimaal punt voor de verschillende gebouwen bij een verschillende BENG 2-prestatie ligt. Bij de XS gebouwen zijn bij NCC van circa nul lagere BENG 2-prestaties te realiseren dan bij de overige twee gebouwen.

#### Installatieconcept

In de volgende grafieken is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor de XS-gebouwen en vervolgens voor de grotere gebouwen.



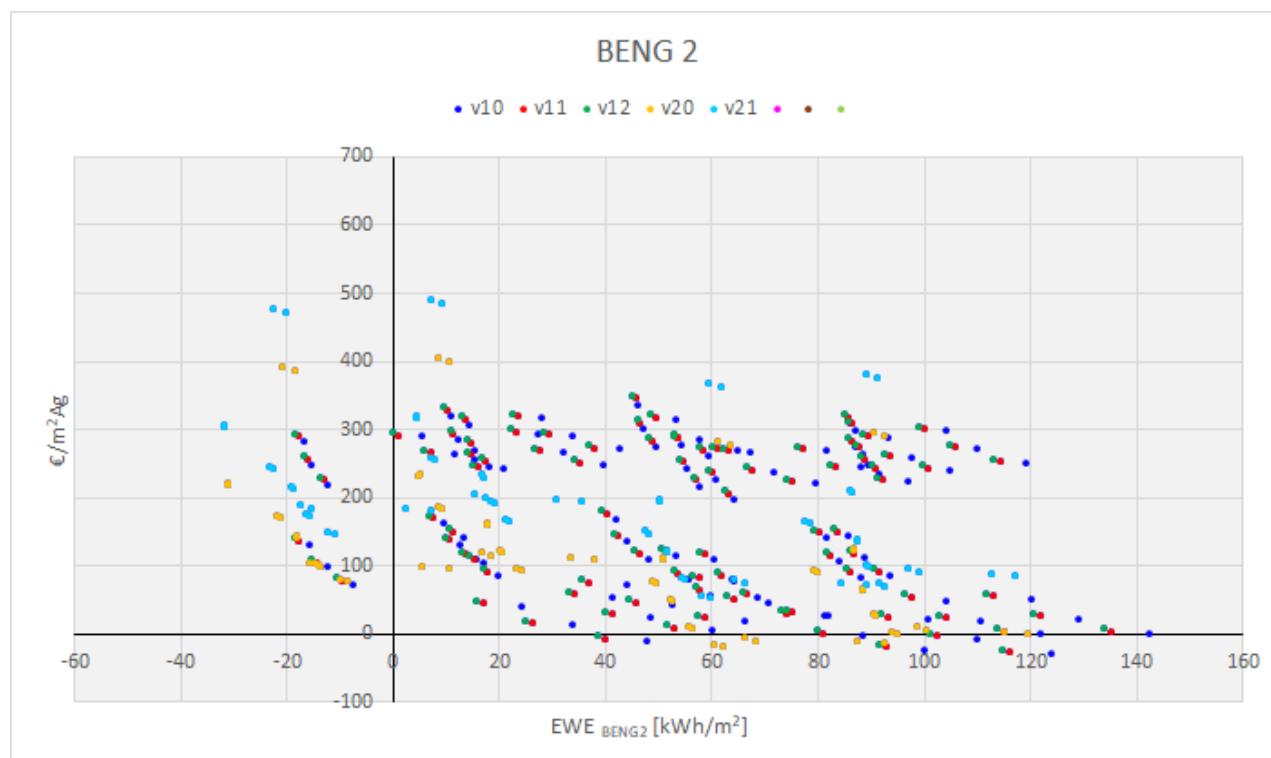
Bij de XS-gebouwen hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



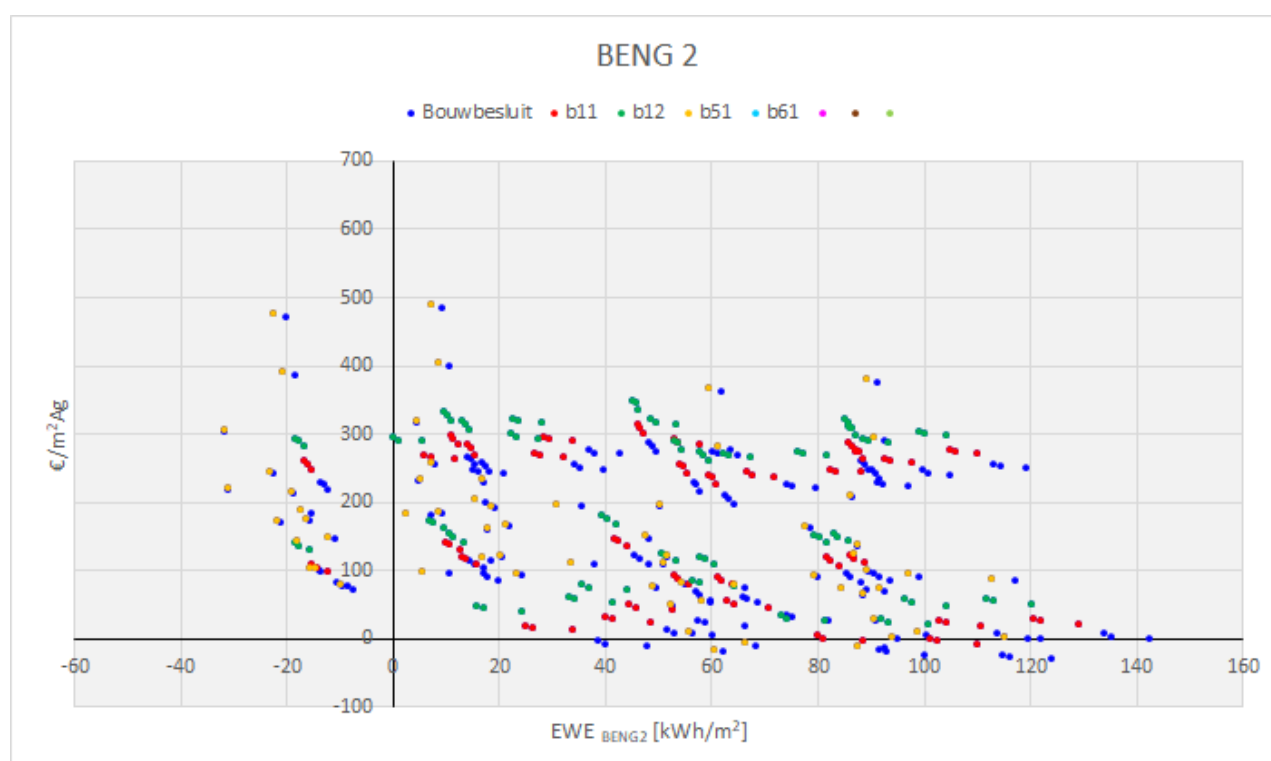
Bij de grotere gebouwen hebben concepten met gas (i30) samen met warmtepompen op buitenlucht (i32) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met als bron bodem of aquifer (i31) en de biomassaconcepten (i33) hebben de hoogste NCC.

#### Ventilatie

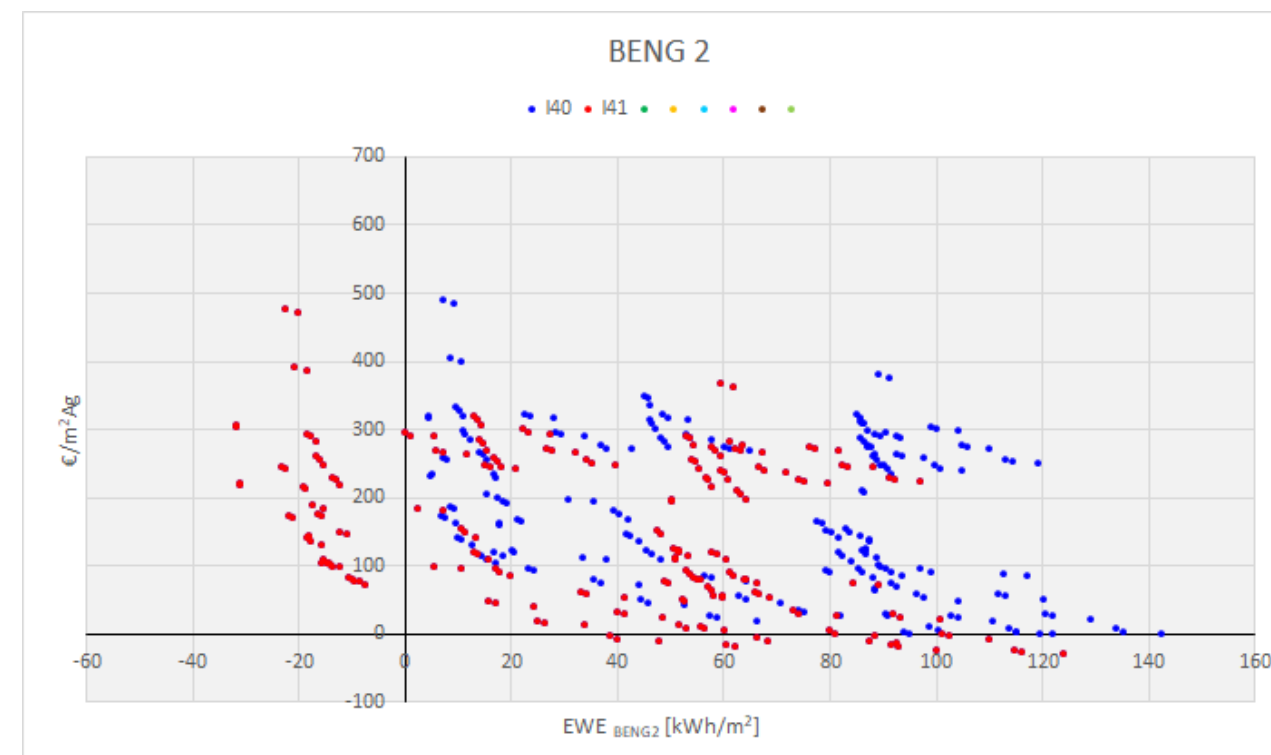
Net als bij woningbouw leidt bij de XS gebouwen de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11, v12) niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de verschillende ventilatiesystemen liggen per bouwtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar. Bij de grotere gebouwen is het verschil in NCC tussen de ventilatieconcepten (v20 en v21) groter.

**Bouwkundig**

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC kosten van pakket b11, b51 en b61 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) en b12 ( $R_c$  vloer 6/gevel 6/dak 10 en  $U_w$  0,9) in de meeste gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10, b50 of b60 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak ,36 en  $U_w$  1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.

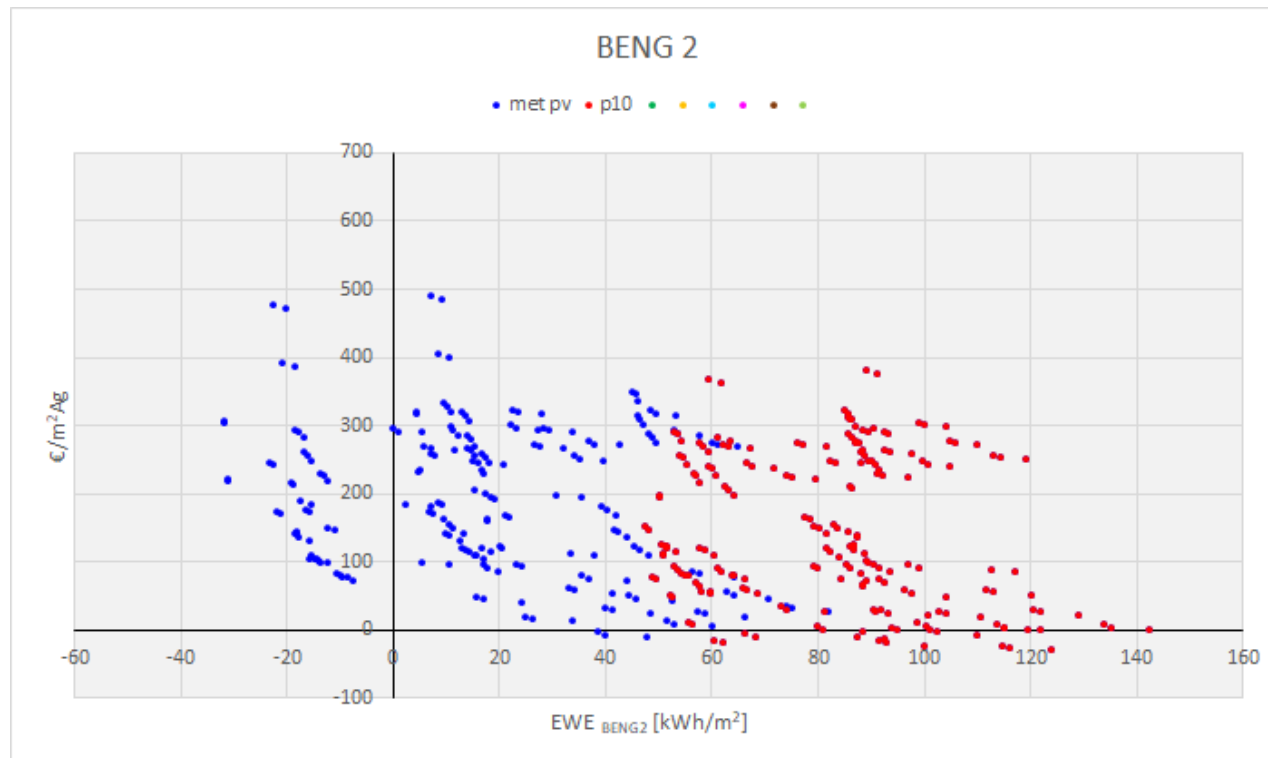
**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting in combinatie met veegschakeling (l41) ten opzichte van TL+PL verlichting met handschakeling (l40) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 30 kWh/m<sup>2</sup> bij ongeveer gelijke tot enigszins lagere NCC.

**PV**

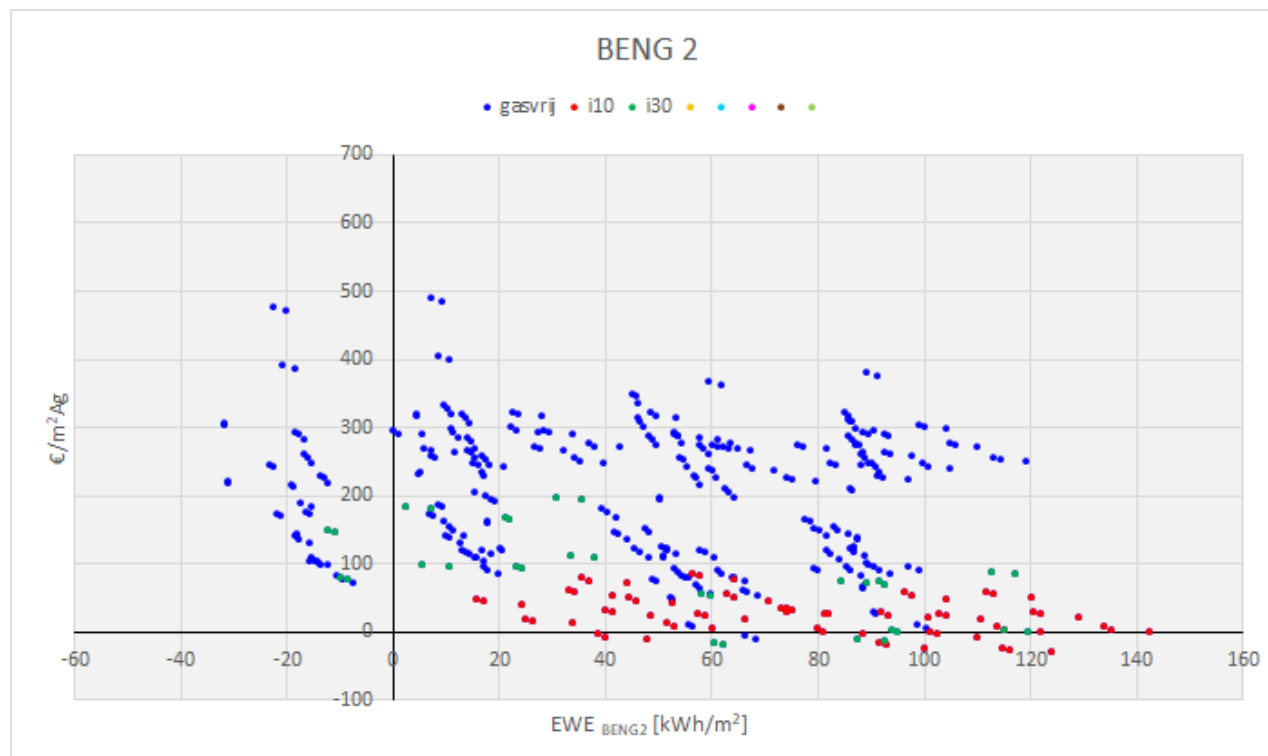
Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 50 kWh/m<sup>2</sup>.





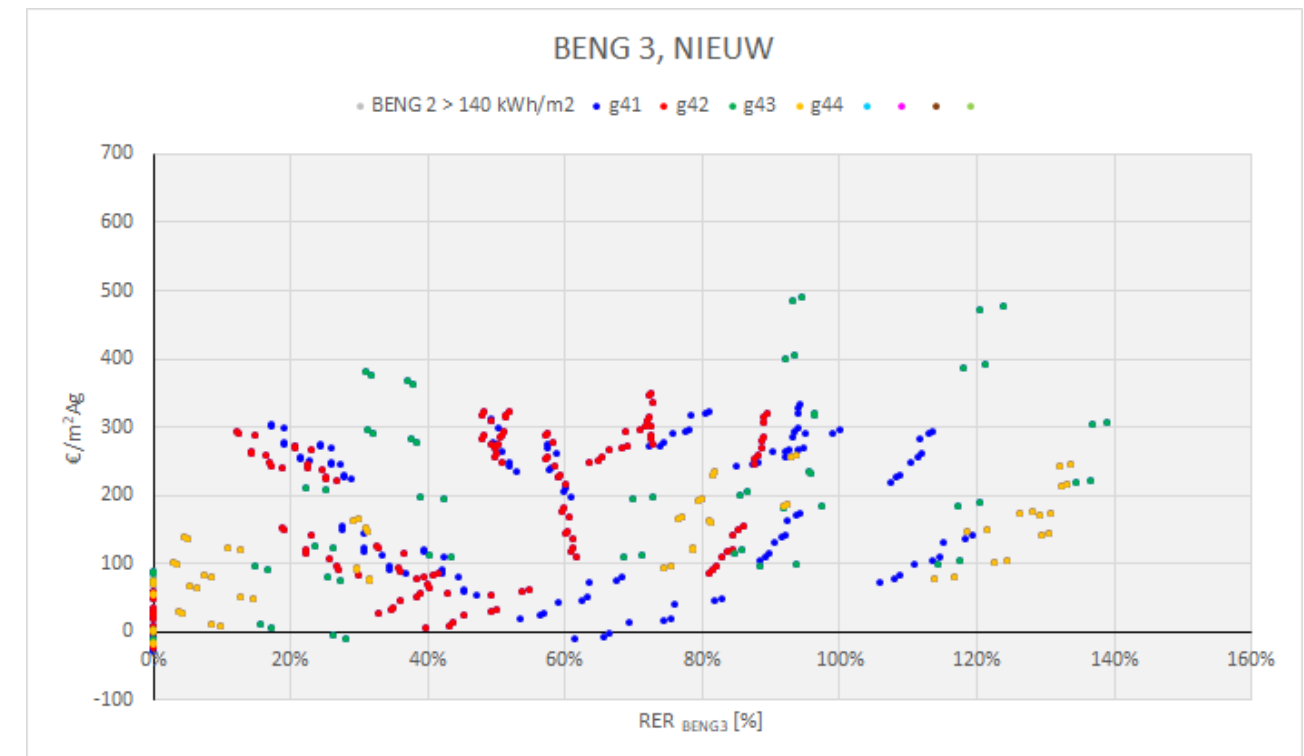
#### Aardgasvrij

De aardgasvrije concepten kenmerken zich in de meeste gevallen door hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor de XS gebouwen (i10) en de overige gebouwen (i30).



#### 7.7.2 Winkelfunctie BENG 3

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

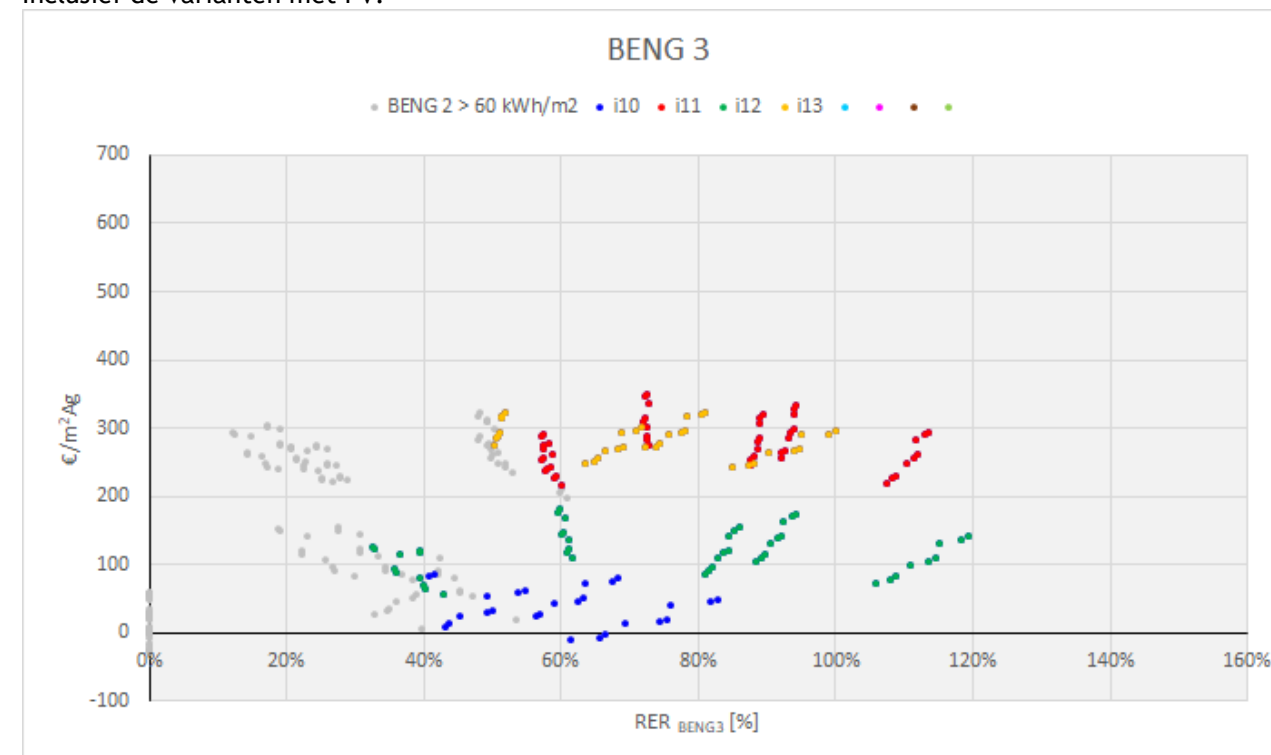
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

In de onderstaande grafieken zijn eerst de resultaten voor de XS gebouwen getoond bij het laagste beschouwde BENG 2-niveau. Bij dit niveau kan er bij de XS-gebouwen een grote bandbreedte aan BENG 3 resultaten gerealiseerd worden - van circa 50% tot meer dan 100%. Deze resultaten worden echter in belangrijke mate door PV bepaald zoals in de tweede figuur is te zien.

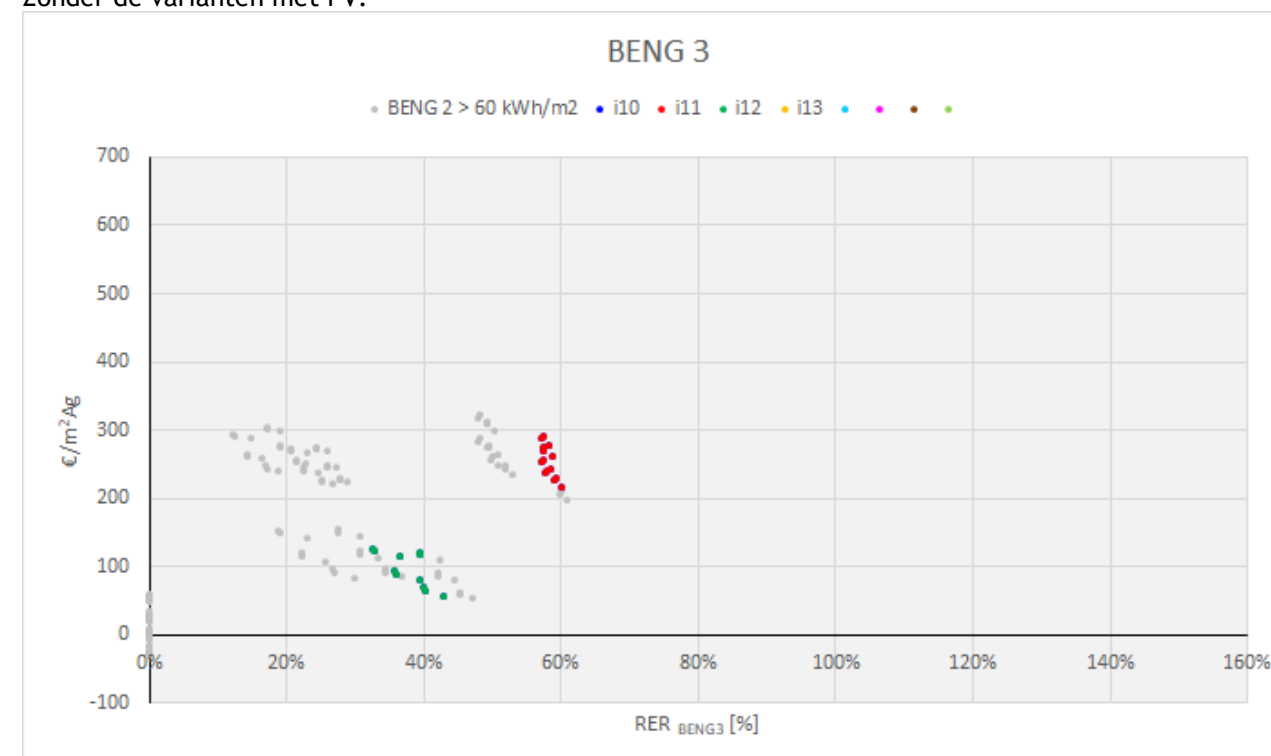
Wanneer rekening wordt gehouden met PV lijken de XS-gebouwen niet bepalend voor de BENG 3-eis. Om de overige resultaten in relatie tot het installatieconcept en gebouwtype zo goed mogelijk in beeld te brengen zijn de resultaten van de XS-gebouwen in de overige grafieken achterwege gelaten.

### BENG 3 bij de XS gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

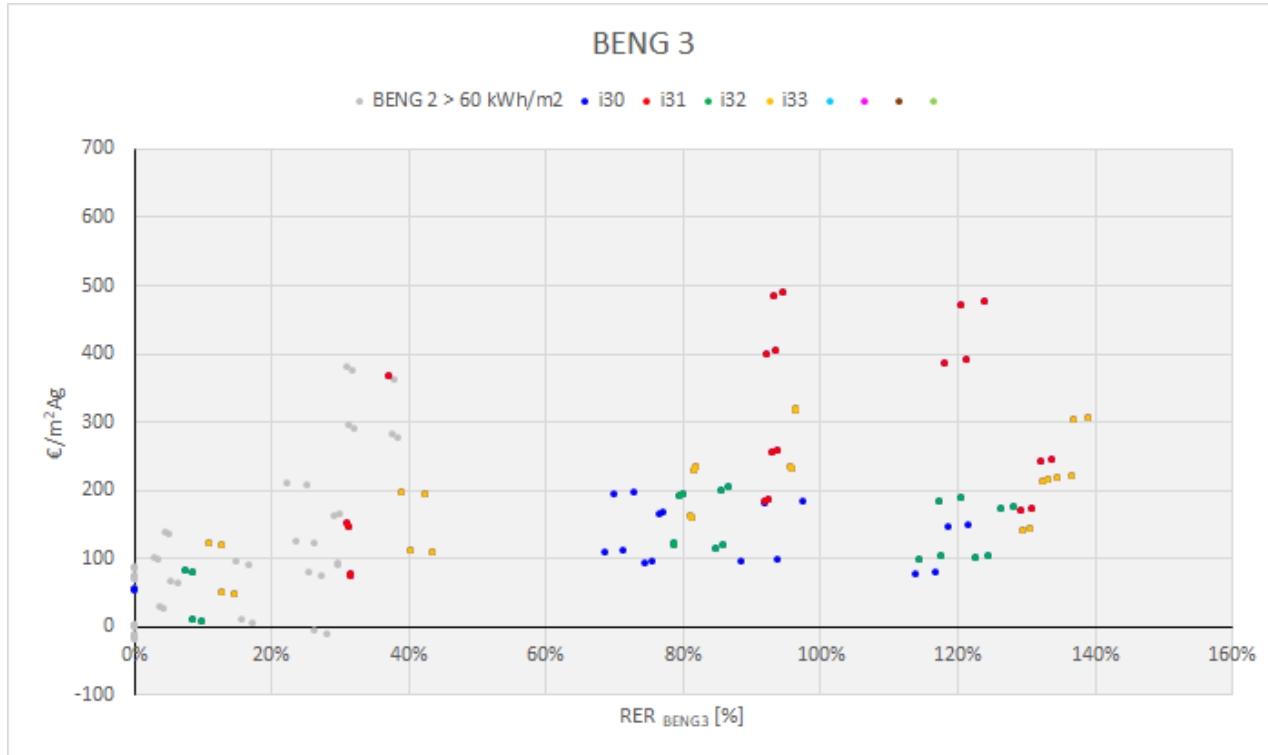


Zonder de varianten met PV:



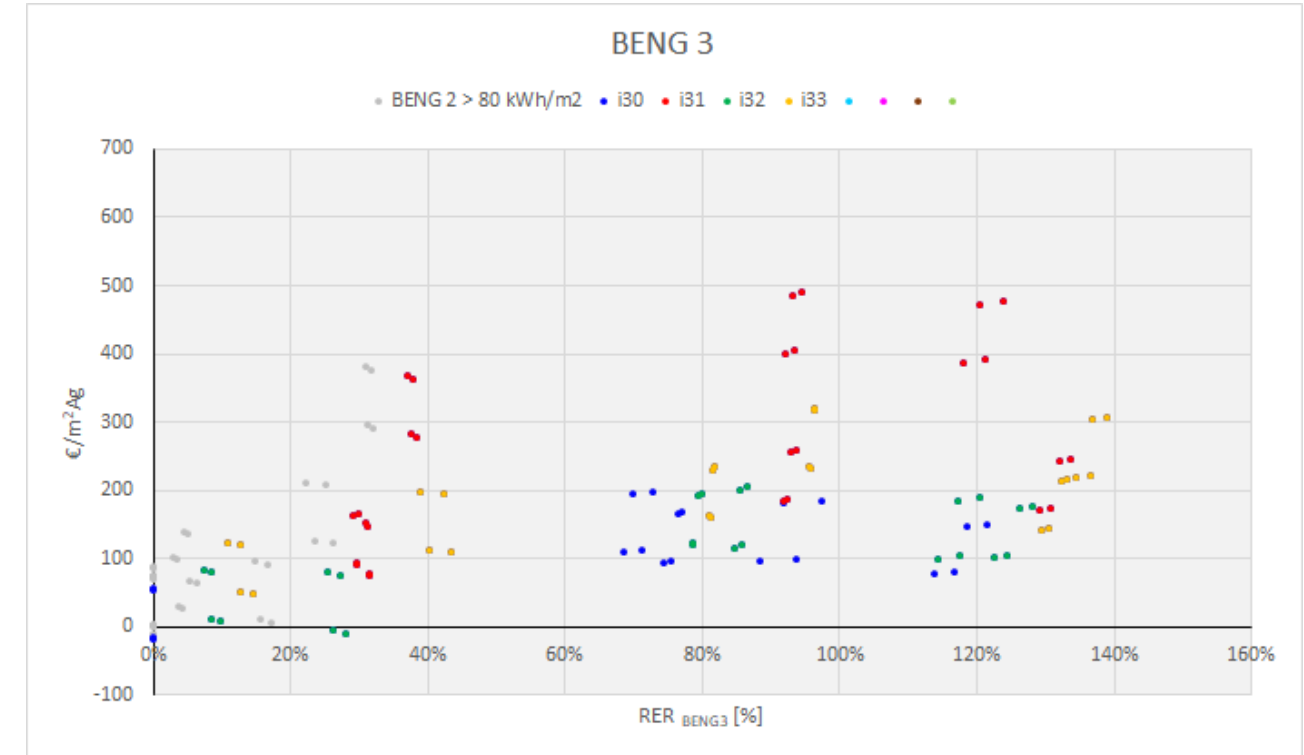
BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 60 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

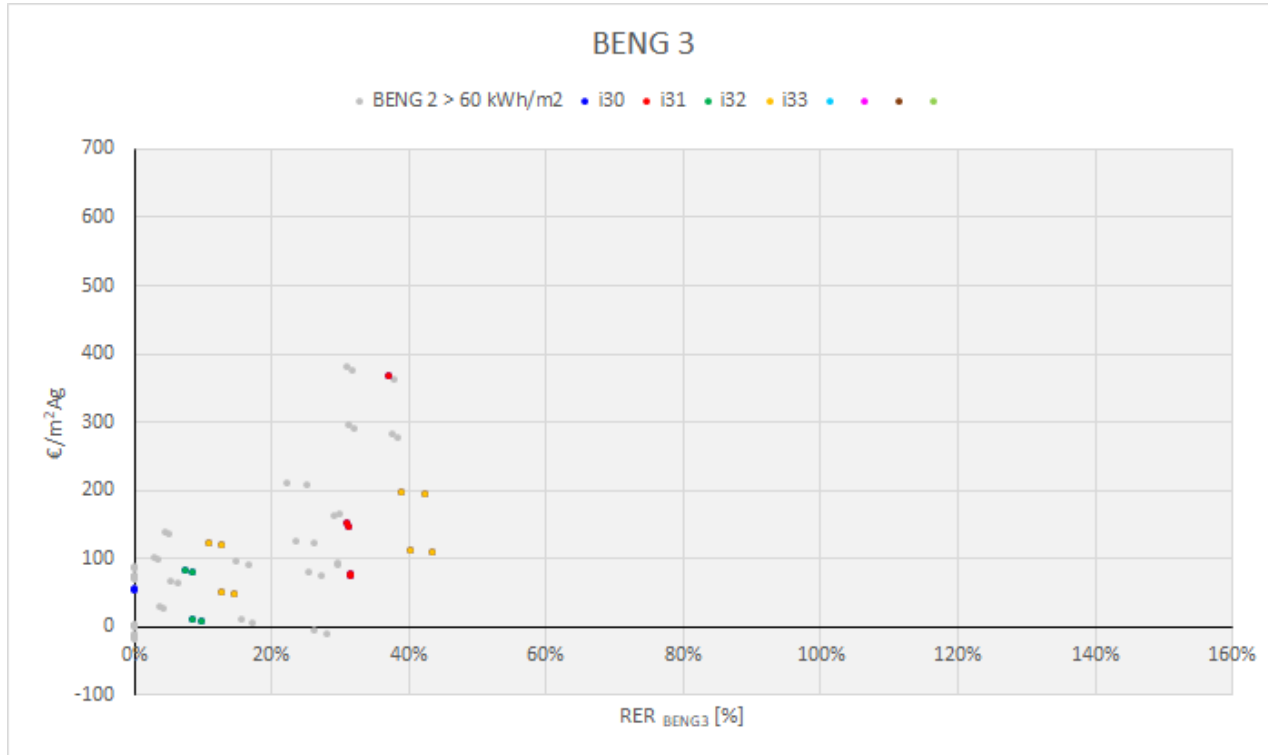


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 80 kWh/m<sup>2</sup>

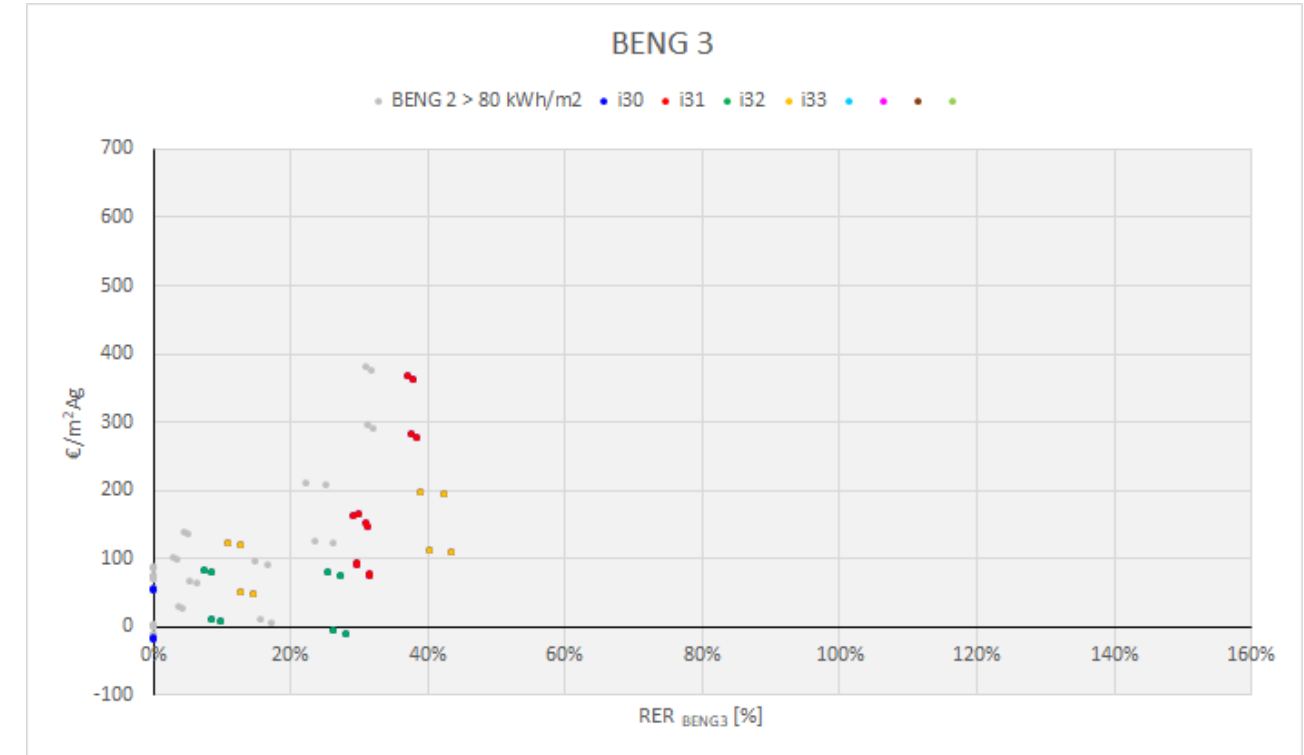
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

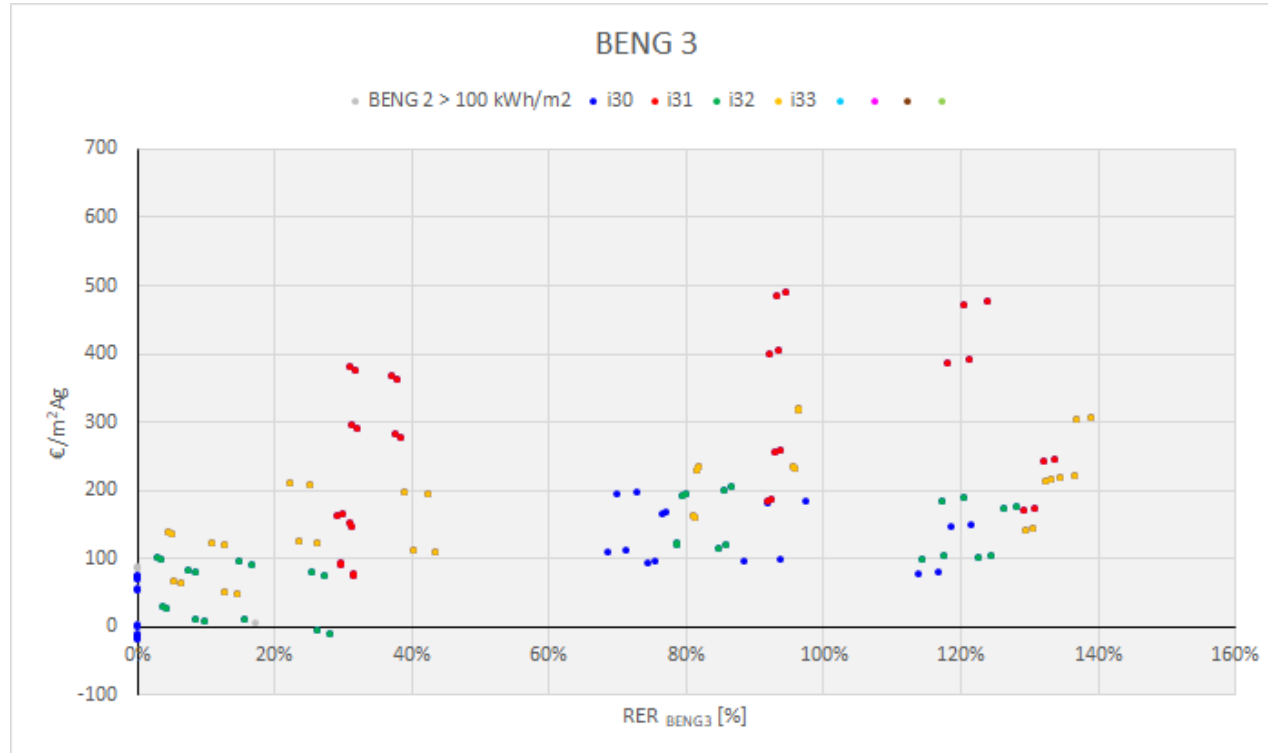


Zonder de varianten met PV:

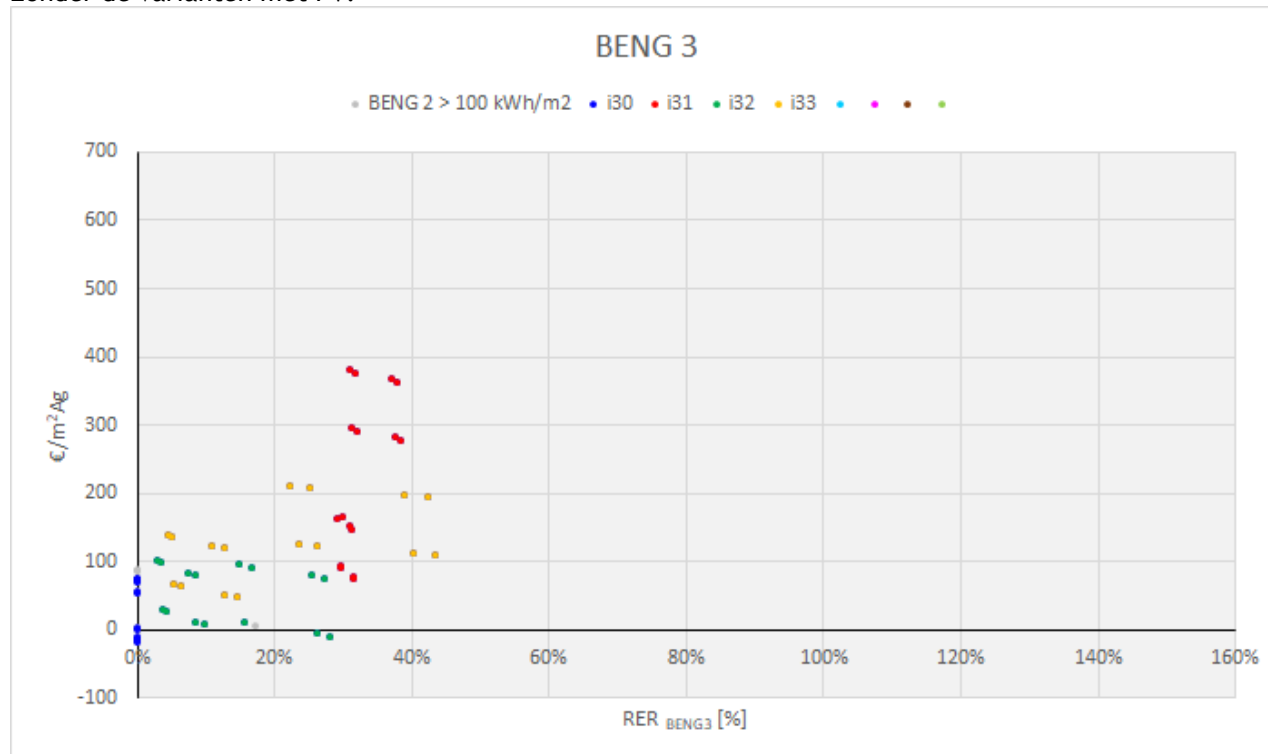


### BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Ook bij de grotere winkelgebouwen wordt er bij het laagste beschouwde BENG 2-niveau van  $\leq 60$  kWh/m<sup>2</sup> een breed scala aan BENG 3-resultaten gerealiseerd met verschillende opwekconcepten.

Wanneer rekening wordt gehouden met PV varieert BENG 3 van circa 70% tot maximaal 140%. Zonder PV is BENG 3 maximaal 45%.

Met PV zijn voor de winkelfunctie relatief hoge BENG 3-resultaten te behalen. Dit wordt veroorzaakt doordat de referentiegebouwen voor de winkelfunctie allemaal één of maximaal tweelaags zijn.

### 7.8 Sportfunctie

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de sportfuncties. Bij de presentatie van de resultaten zijn bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 de varianten met veel PV op het dak (p11) al weggelaten. De p13 varianten (gematigde hoeveelheid PV) zijn wel in de grafieken opgenomen. Bij de overige gebouwen zijn alle PV-varianten opgenomen.

#### 7.8.1 Sportfunctie BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de sportfuncties. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

tabel 25: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten

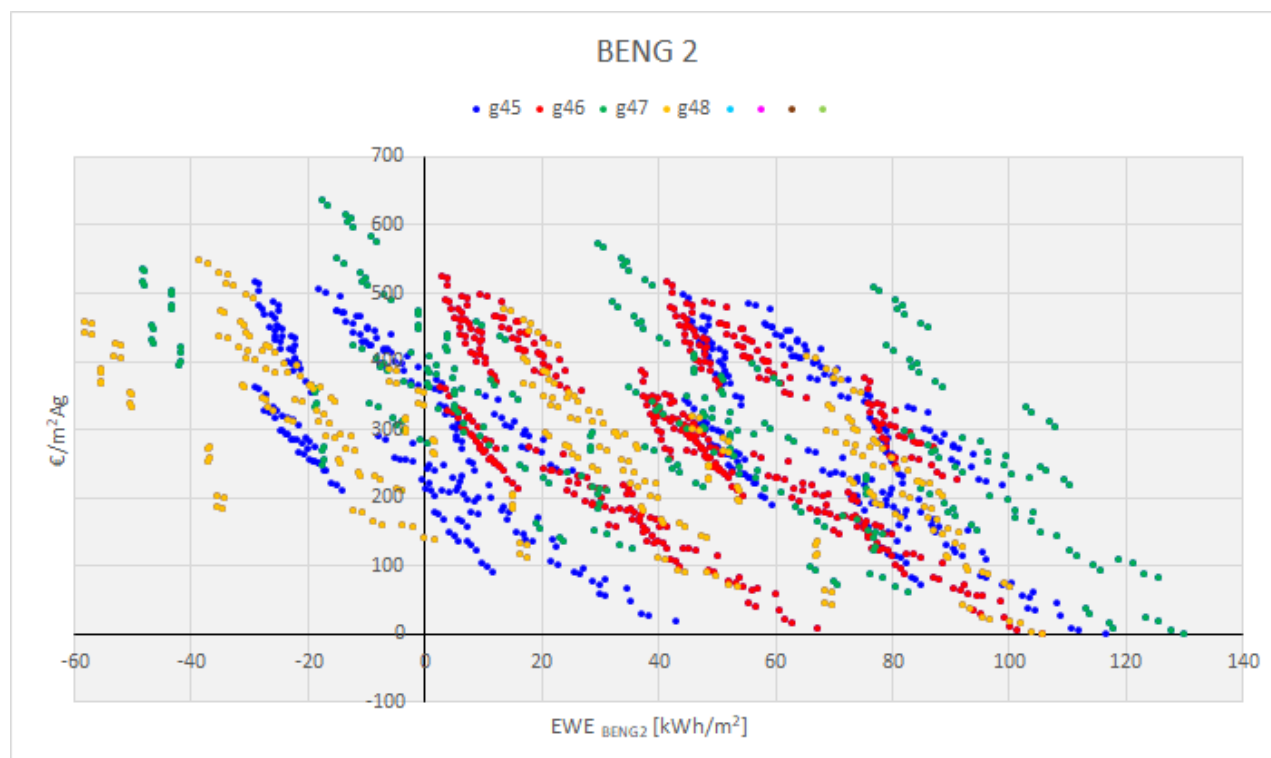
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g45 = Sport XS 100	i10 = gasketel	v10 = C4c systeem	b10 = isolatie BB & HR** glas
g46 = Sport XS 200	i11 = WP bodem	v11 = D2 systeem	b11 = isolatie BB* & triple glas
	i12 = WP buitenlucht	v12 = D5a1 systeem	b12 = isolatie passief & triple glas
	i13 = biomassa		
g47 = Sport M	i50 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
g48 = Sport L	i51 = WP aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i52 = WP buitenlucht		
	i53 = biomassa		

Bij de kleine gebouwen XS 100 en XS 200 is voor de zowel de bouwkundige, ventilatie en installatie varianten gebruik gemaakt van de concepten bij woningbouw. Voor warm tapwater is hierin een combitoestel meegenomen. Bij de installatieconcepten voor de overige gebouwen wordt er voor warm tapwater gebruik gemaakt van een collectief tapwatersysteem met circulatieleiding en voorraadvat.

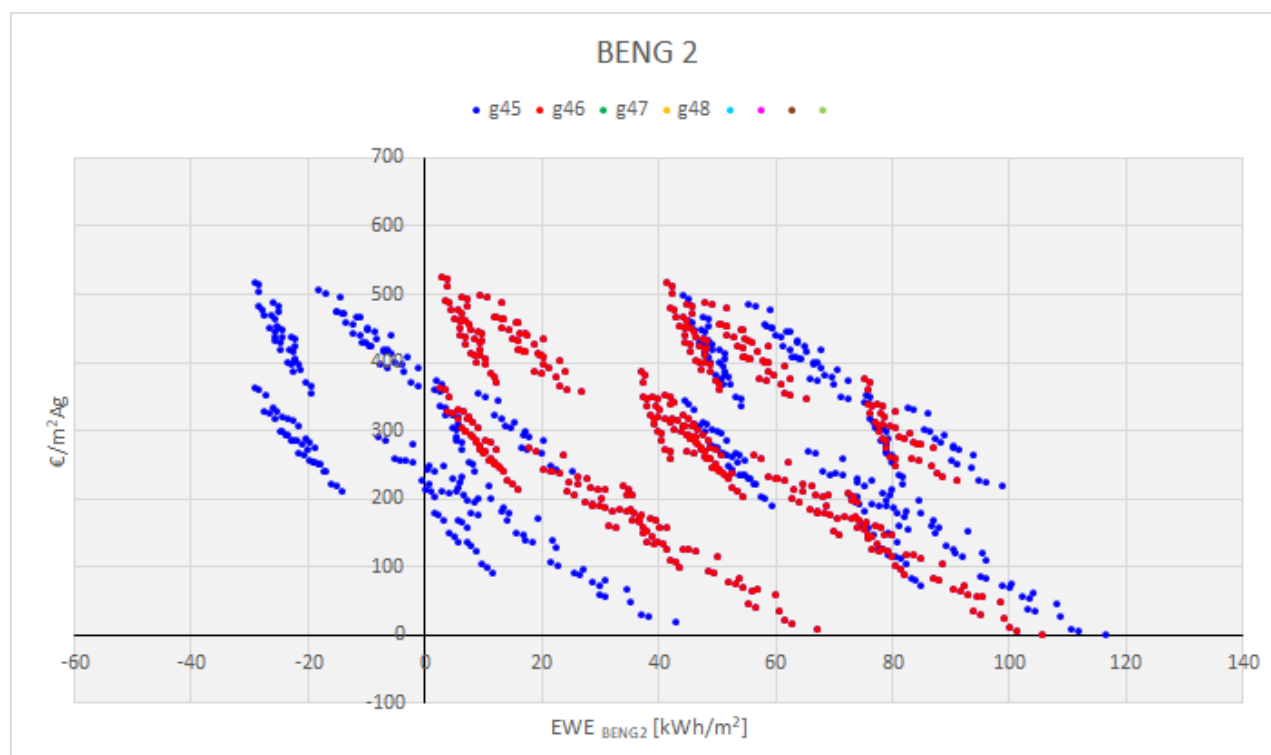
tabel 26: gehanteerde codering verlichting en PV

Verlichting	PV
l20 = 15 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid auto on/auto off	p10 = geen PV
l21 = 12 w/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid auto on/auto off daglicht	p11 = dak PV
l22 = 12 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p13 = helft p11

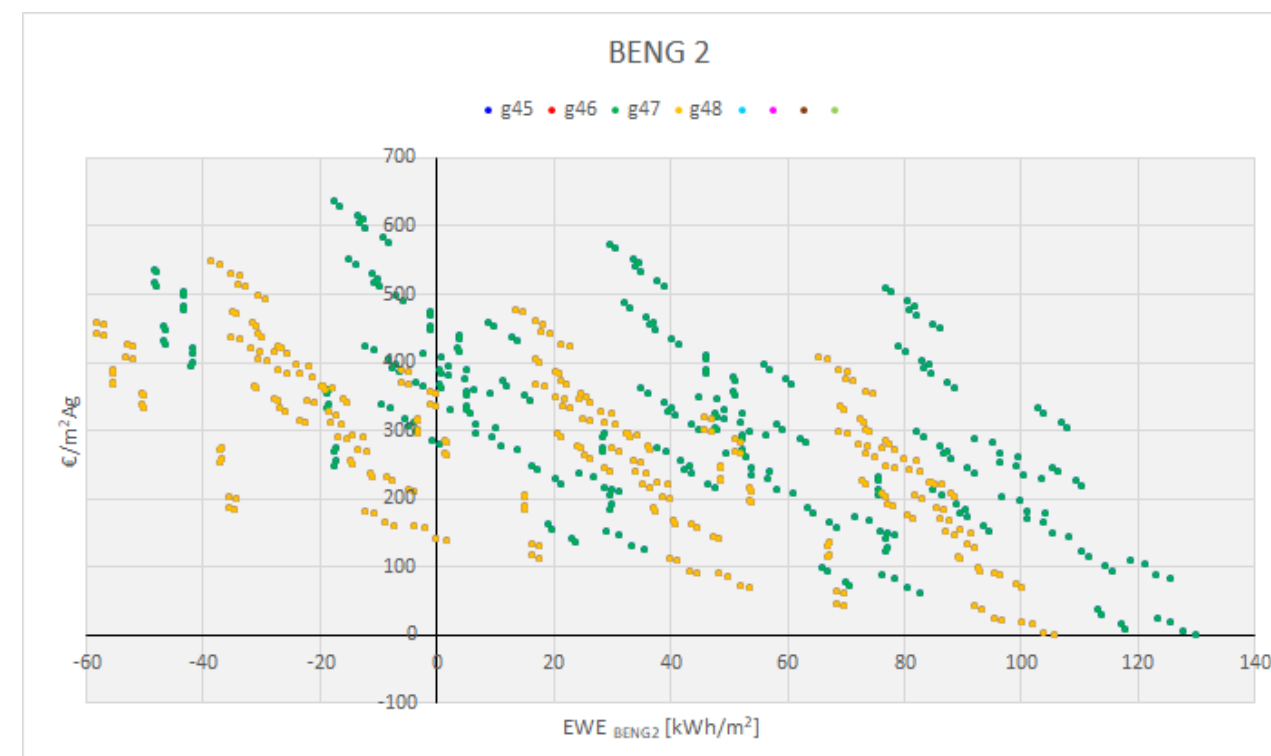
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van de sportgebouwen.



De kleine XS-gebouwen hebben een BENG 2 van maximaal circa 120 kWh/m<sup>2</sup>. Bij de grotere sportgebouwen is er een veel grotere spreiding van de BENG 2-resultaten. Bij Sport M (g47) loopt BENG 2 door tot maximaal circa 130 kWh/m<sup>2</sup>. Bij Sport L (g48) bedraagt BENG 2 maximaal circa 105 kWh/m<sup>2</sup>. Omdat de resultaten van de XS-gebouwen zo verschillen van de overige gebouwen zijn de XS-gebouwen en de overige gebouwen in de hierna volgende grafieken apart weergegeven.



Met het XS 100-gebouw (g45) zijn de laagste BENG 2-resultaten te realiseren. Er is geen duidelijk kostenoptimaal punt. Voor beide XS-gebouwen geldt dat de kostenoptimale zone begint bij een BENG 2 van circa 40 kWh/m<sup>2</sup> en doorloopt tot circa 120 kWh/m<sup>2</sup>.

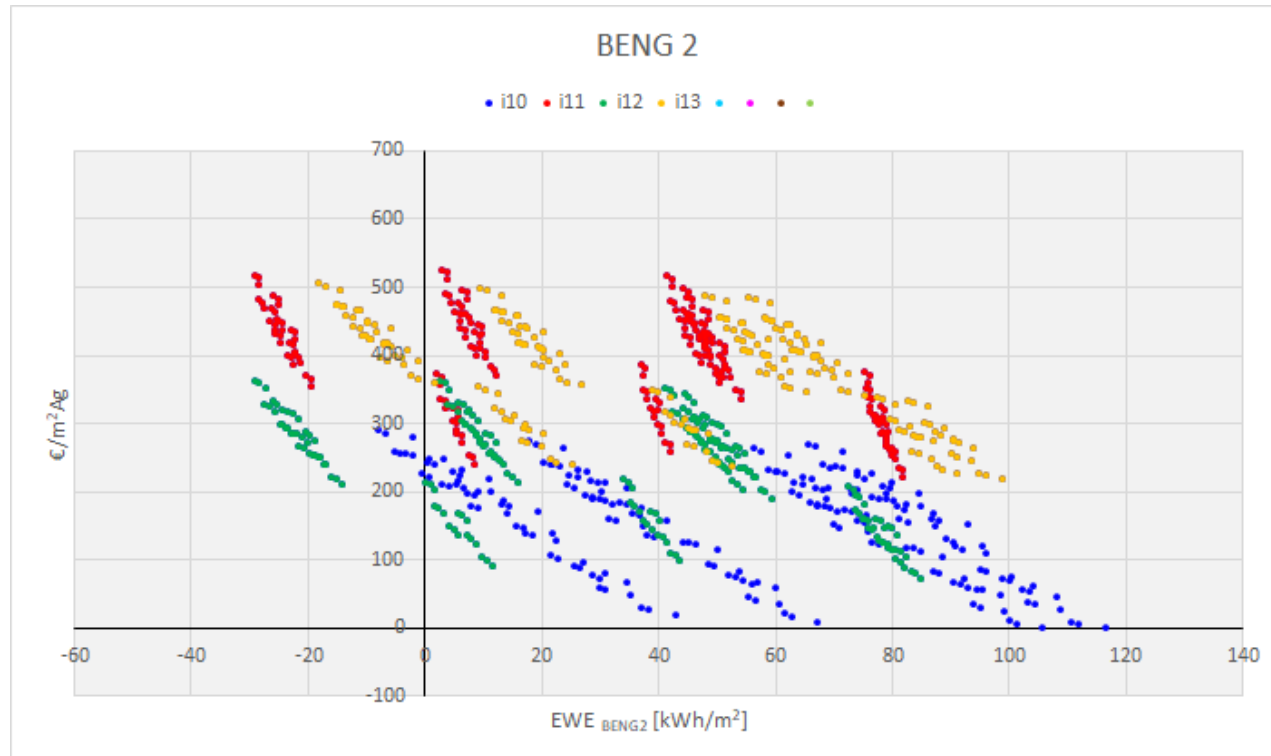


Bij de overige gebouwen is te zien dat bij er bij Sport M (g47) en Sport L (g48) ook veel lagere BENG 2 prestaties te realiseren zijn, maar dan wel tegen hogere NCC.

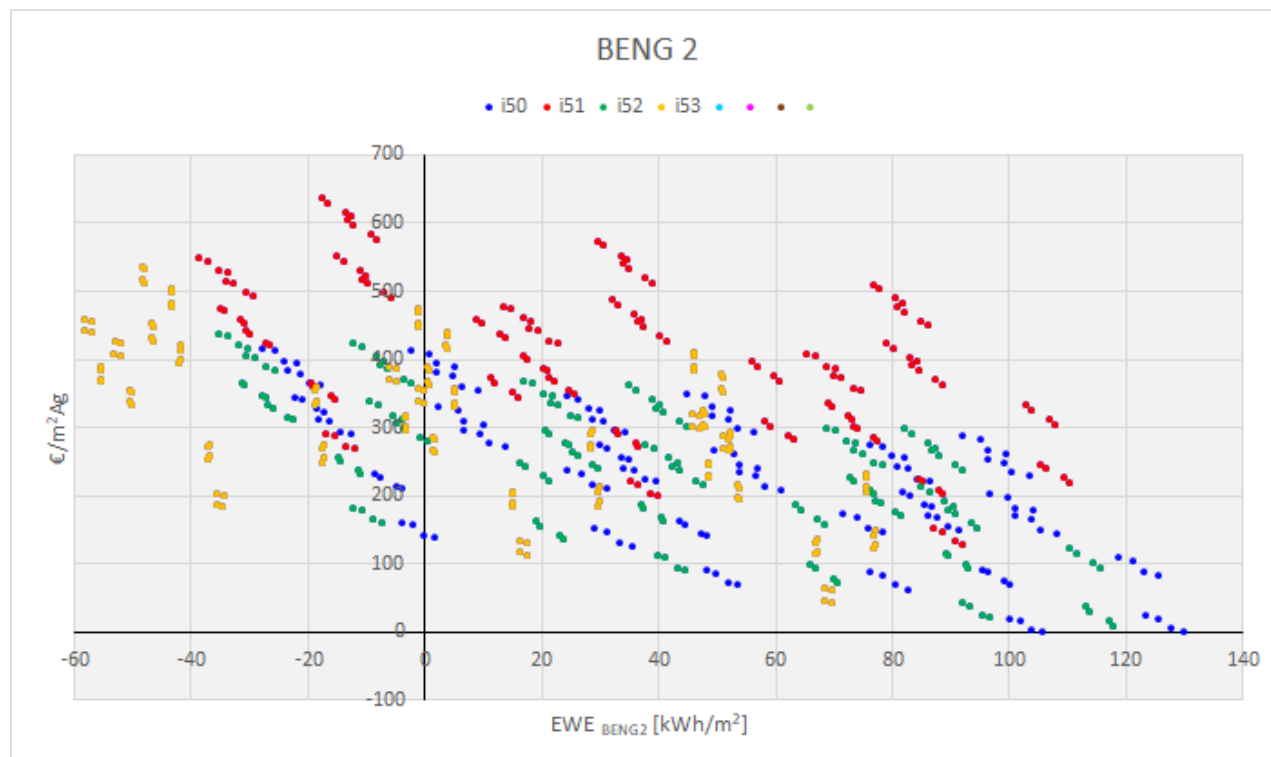
Het kostenoptimale punt ligt voor Sport M (g47) bij een BENG 2-indicator van circa 120 kWh/m<sup>2</sup> en voor Sport L (g48) bij een BENG 2-indicator van circa 105 kWh/m<sup>2</sup>. De hogere energiegebruiken ten opzichte van de XS-gebouwen zijn terug te voeren op de hogere ventilatiedebieten die bij deze gebouwen zijn gehanteerd.

#### Installatieconcept

In de volgende grafieken is onderscheid gemaakt naar installatieconcept. Eerst voor de XS-gebouwen en vervolgens voor de grotere gebouwen.



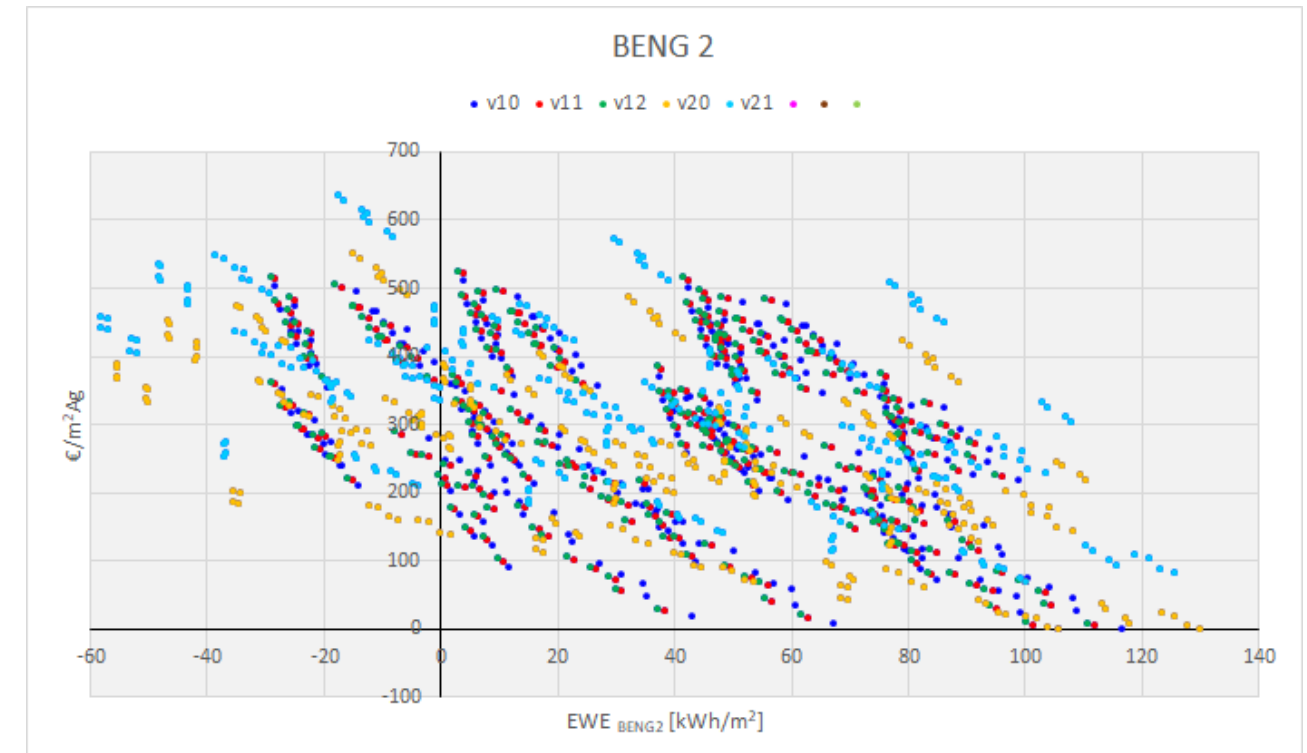
Bij de XS-gebouwen hebben de gasconcepten (i10) de laagste NCC. De overige installatieconcepten leiden allemaal tot hogere NCC.



Bij de grotere gebouwen hebben concepten met gas (i50) samen met warmtepompen op buitenlucht (i52) de laagste NCC. De concepten met warmtepompen met aquifer (i51) hebben de hoogste NCC.

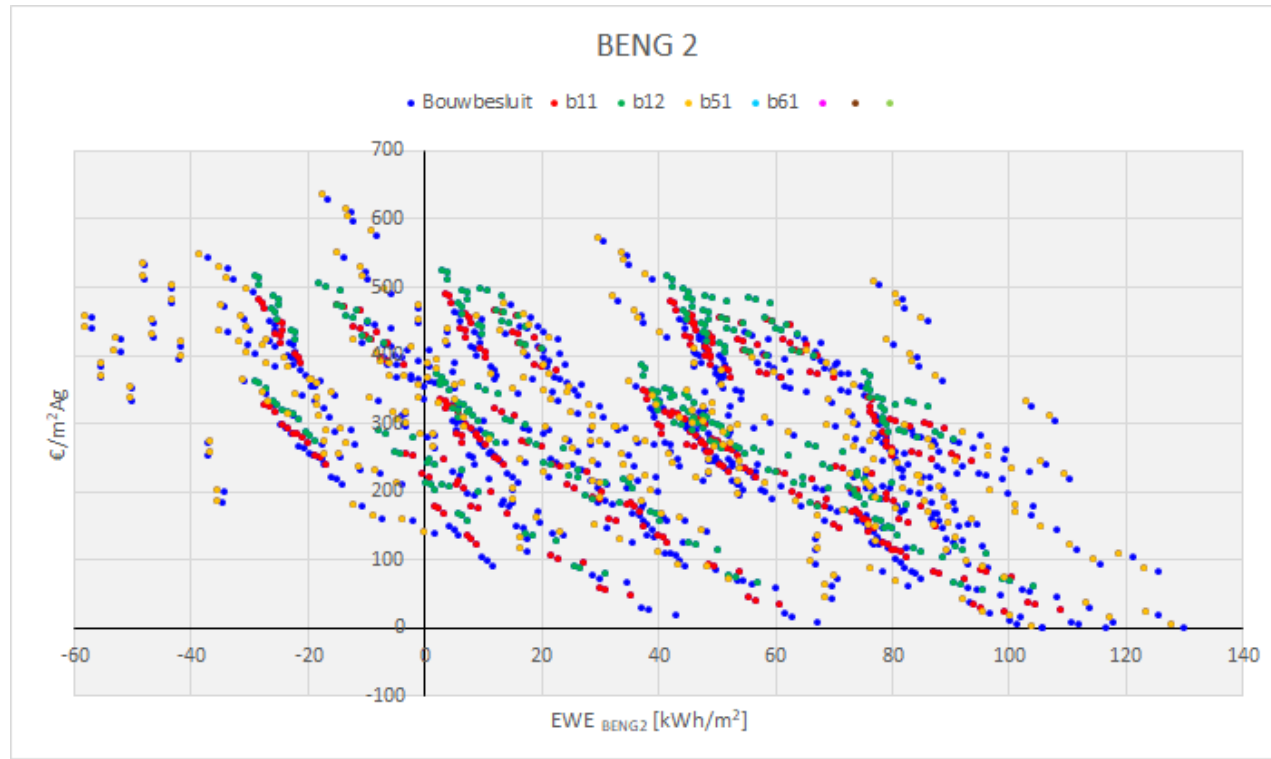
**Ventilatie**

Bij de XS-gebouwen leidt de keuze voor het ventilatieconcept (v10, v11, v12) niet tot een grote verschuiving van de BENG 2-resultaten of de NCC. De resultaten van de verschillende ventilatiesystemen liggen per gebouwtype/maatregelpakket steeds dicht bij elkaar. Bij de grotere sportgebouwen hebben de concepten met balansventilatie met CO<sub>2</sub> regeling en 80% wtw (v21) ten opzichte van de concepten met balansventilatie en 70% wtw (v20) een vergelijkbare BENG 2-prestatie maar een duidelijk hogere NCC.



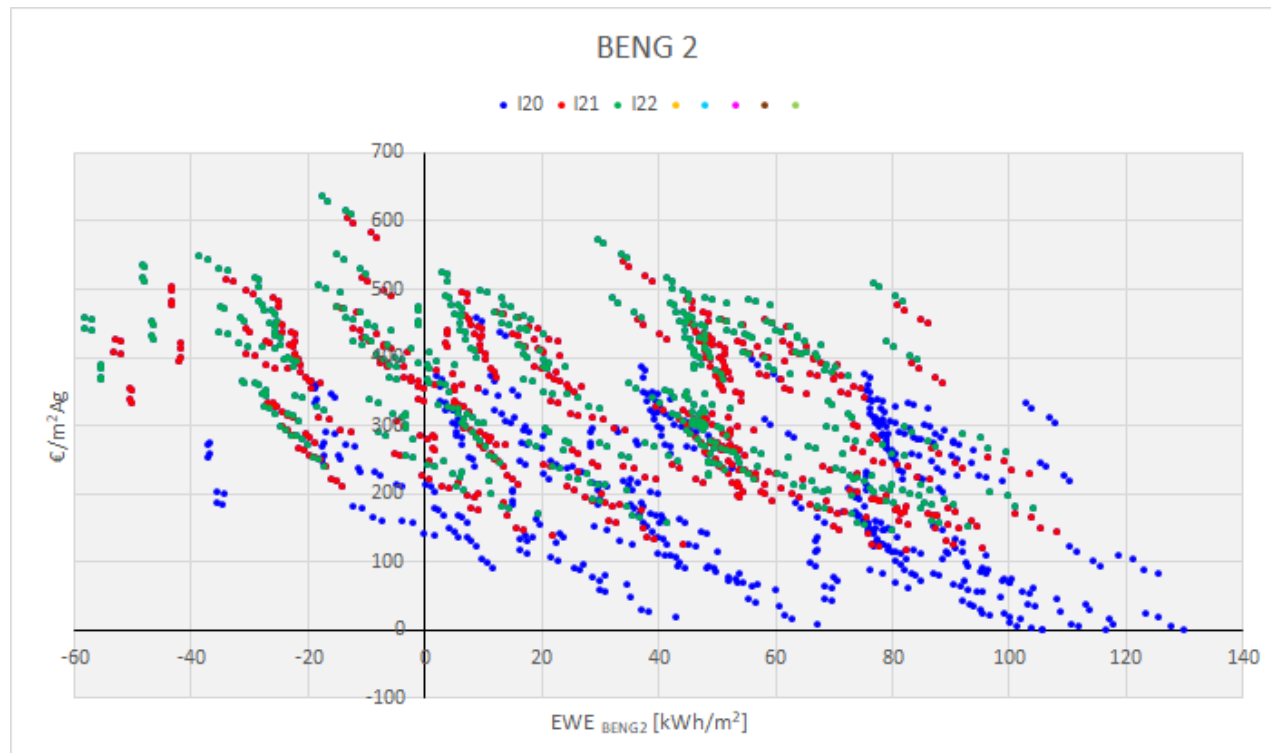
**Bouwkundig**

Bij de bouwkundige maatregelpakketten blijkt dat de NCC kosten van pakket b11, b51 en b61 (R<sub>c</sub> vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en U<sub>w</sub> 0,9) en b12 (R<sub>c</sub> vloer 6/gevel 6/dak 10 en U<sub>w</sub> 0,9) in de meeste gevallen hoger zijn dan die van de basisvariant b10, b50 of b60 (R<sub>c</sub> vloer 3,7/gevel 4,7/dak 6,3 en U<sub>w</sub> 1,4). De puntenwolk schuift in de grafiek iets naar linksboven.



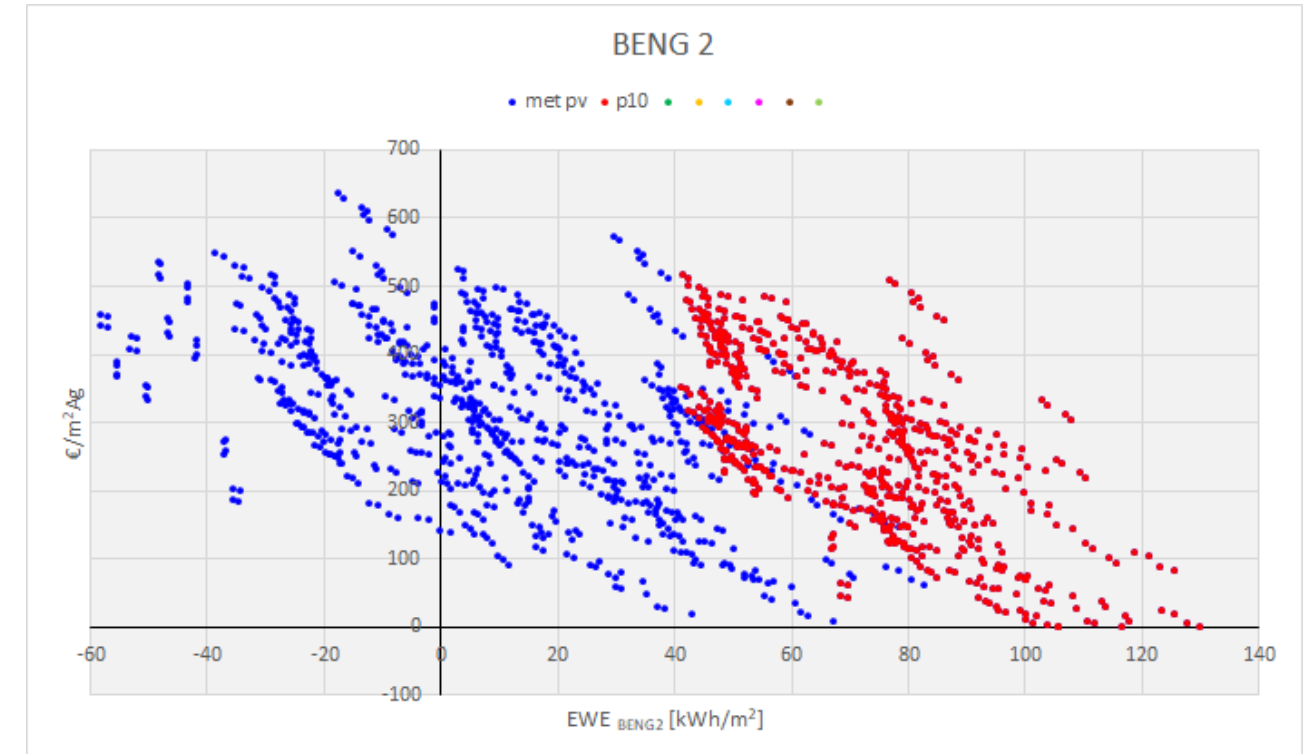
**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED verlichting in combinatie met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (I21 en I22) ten opzichte van TL+PL verlichting met aanwezigheidsdetectie leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 25 kWh/m<sup>2</sup> en een substantiële verhoging van de NCC.



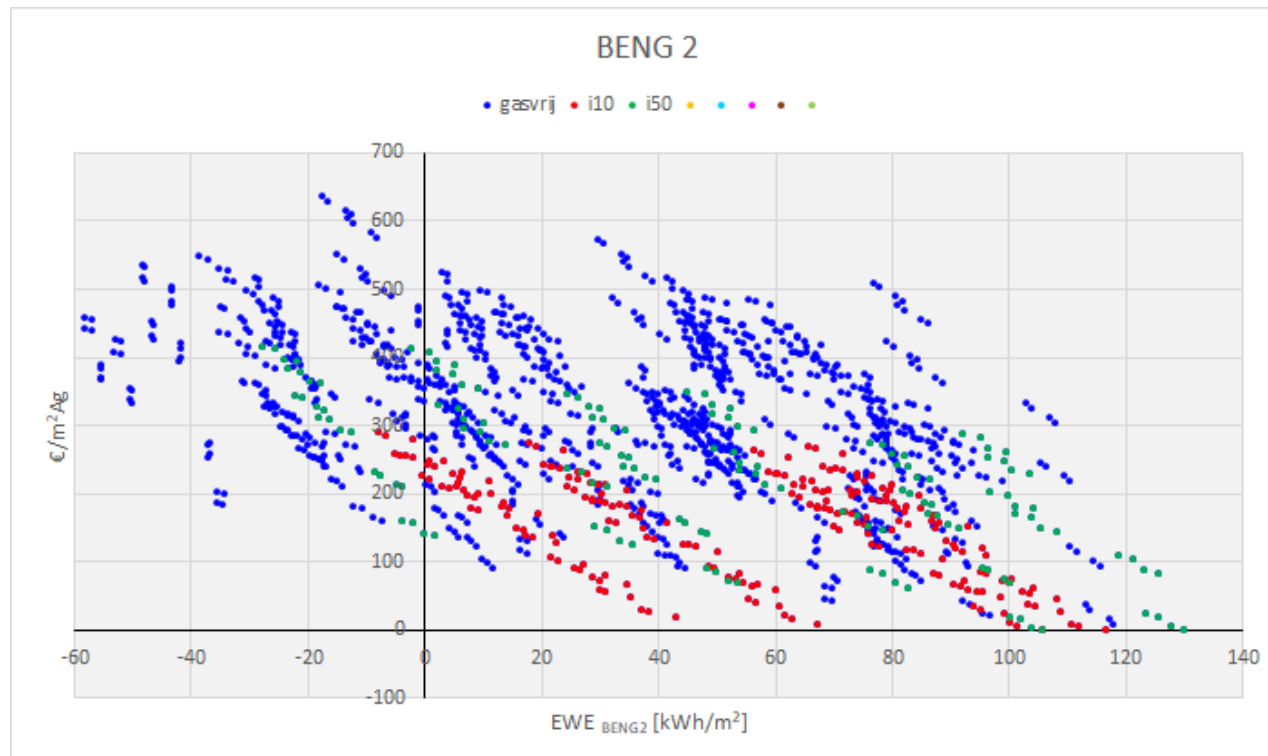
**PV**

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift voor de verschillende gebouwtypen naar links bij toepassing van PV.



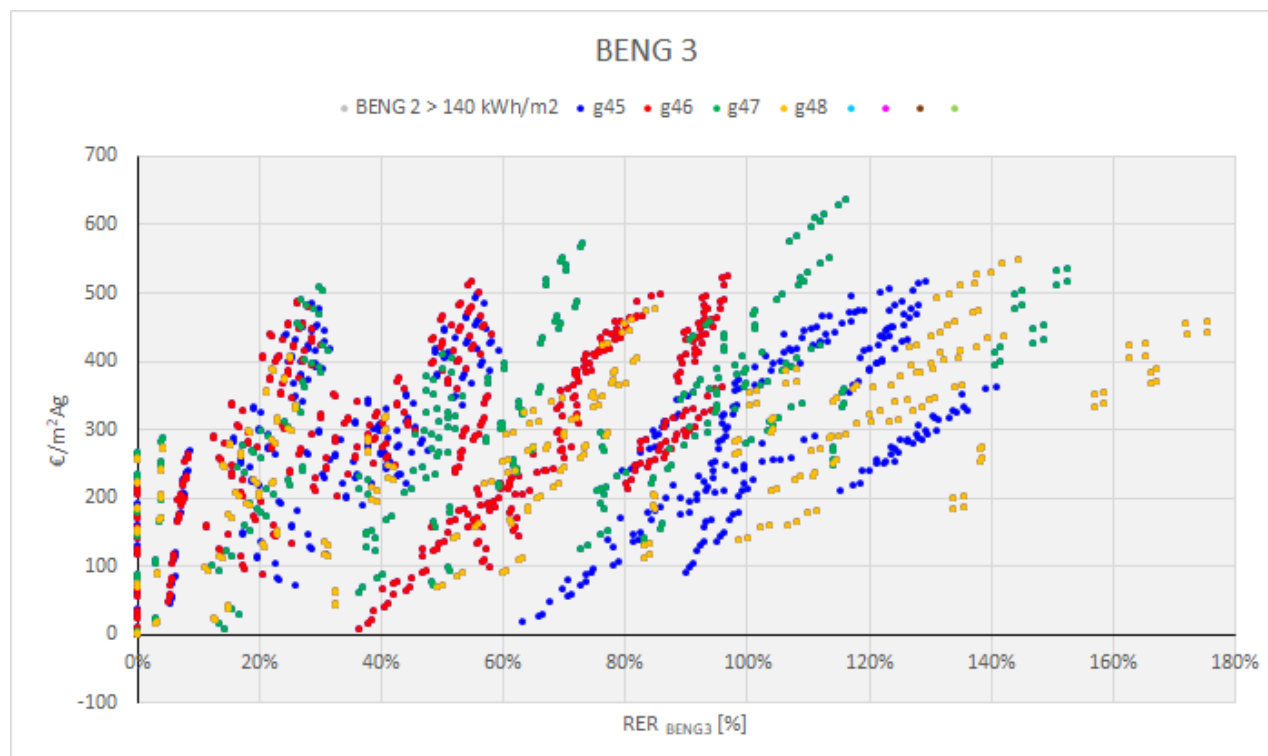
**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator en over het algemeen wat hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten voor de XS-gebouwen (i10) en de overige gebouwen (i30). Er zijn bij Sport M en L echter ook concepten met warmtepompen op buitenlucht die vergelijkbare kosten hebben als de gasconcepten:



### 7.8.2 Sportfunctie BENG 3

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk bouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

De keuze voor de definitieve ligging van het eiseniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

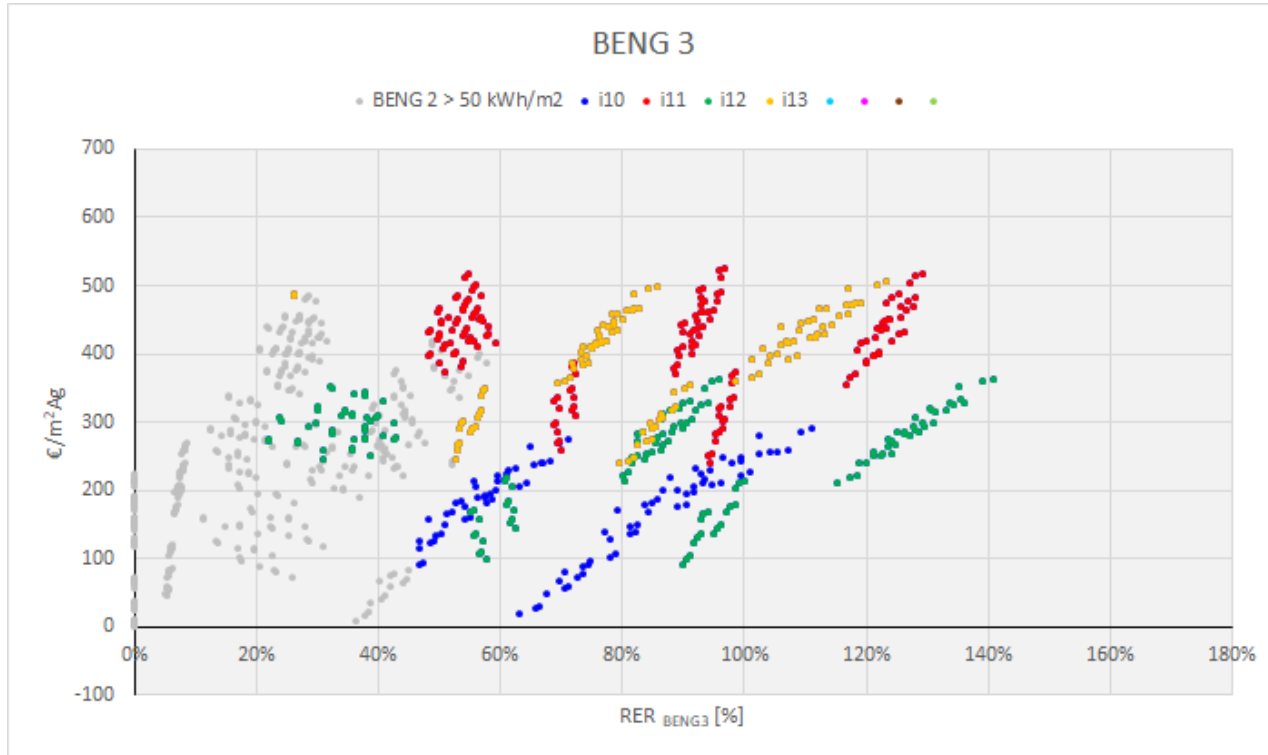
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

In de onderstaande grafieken zijn eerst de resultaten voor de XS-gebouwen getoond bij het strengste BENG 2- niveau. Hieruit komt naar voren dat bij een strenge BENG 2- eis er een breed scala aan resultaten voor BENG 3-gerealiseerd kan worden. De XS-gebouwen zijn dus niet bepalend voor de BENG 3-eis. Om de overige resultaten in relatie tot het installatieconcept en bouwtype zo goed mogelijk in beeld te brengen zijn de resultaten van de XS-gebouwen in de overige grafieken achterwege gelaten.



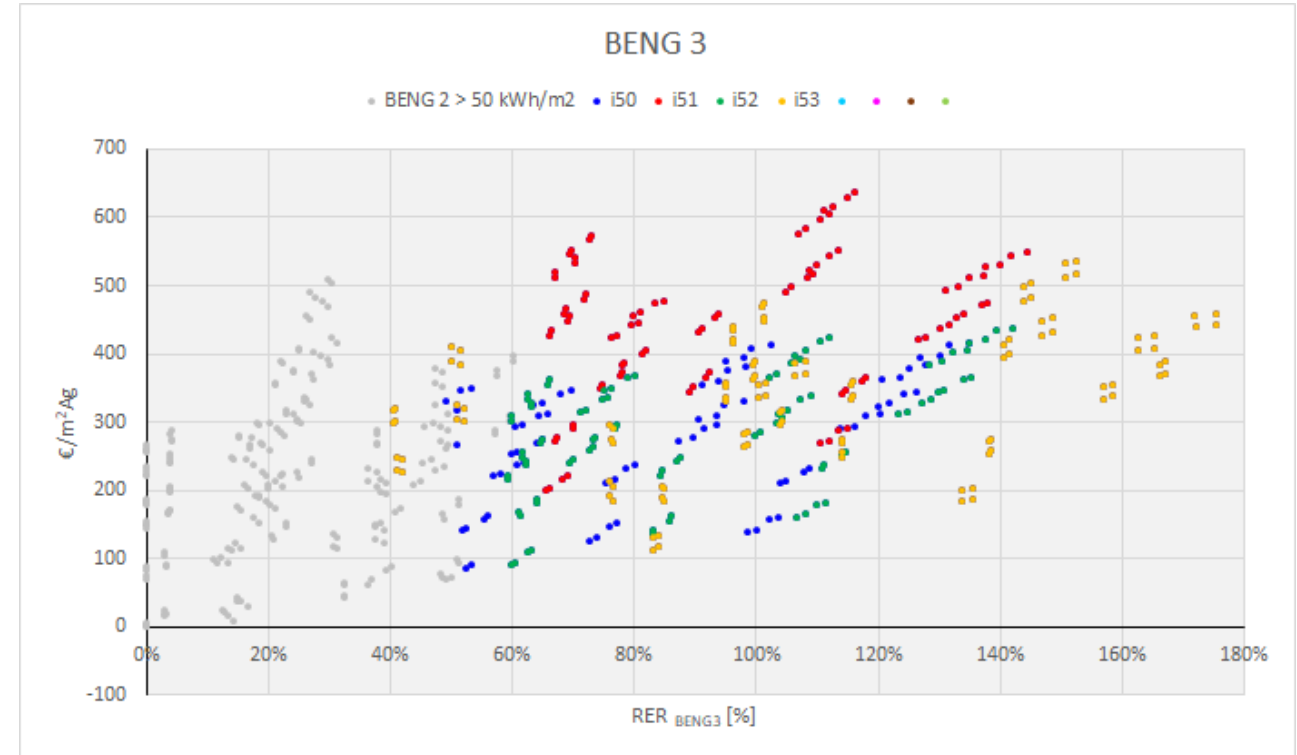
BENG 3 bij de XS gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

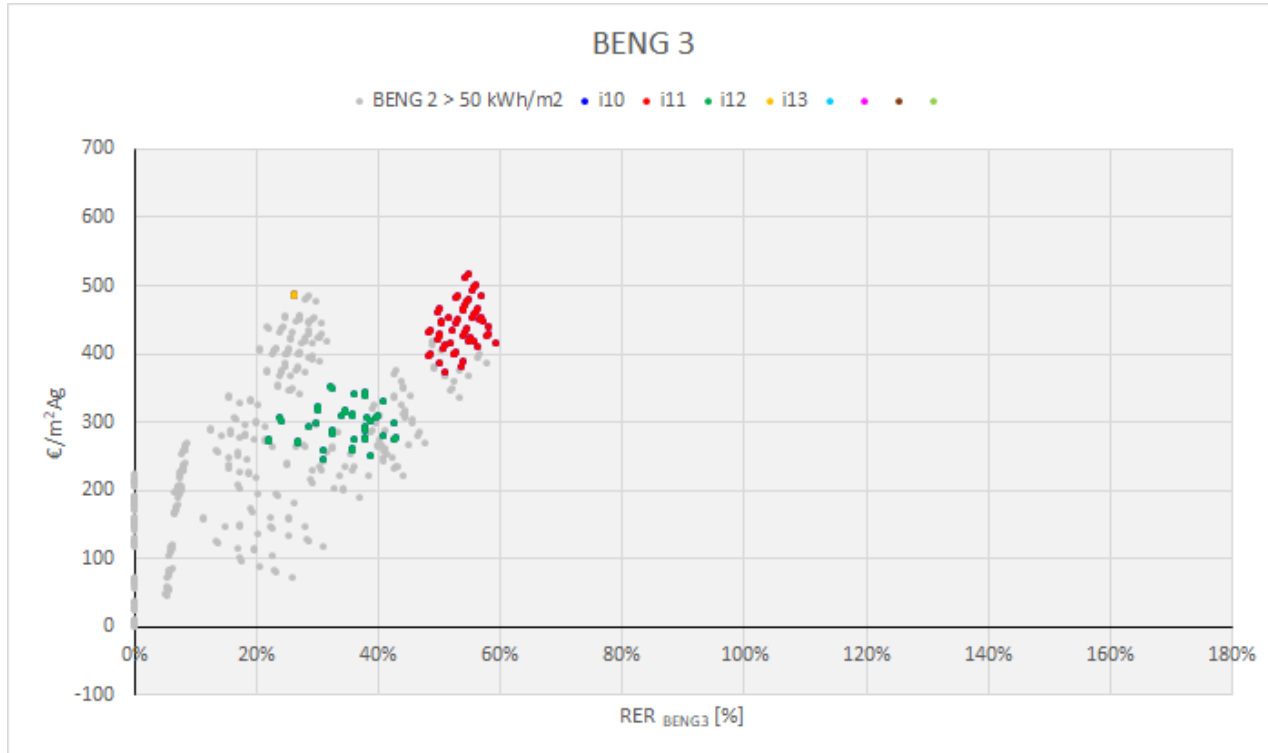


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup>

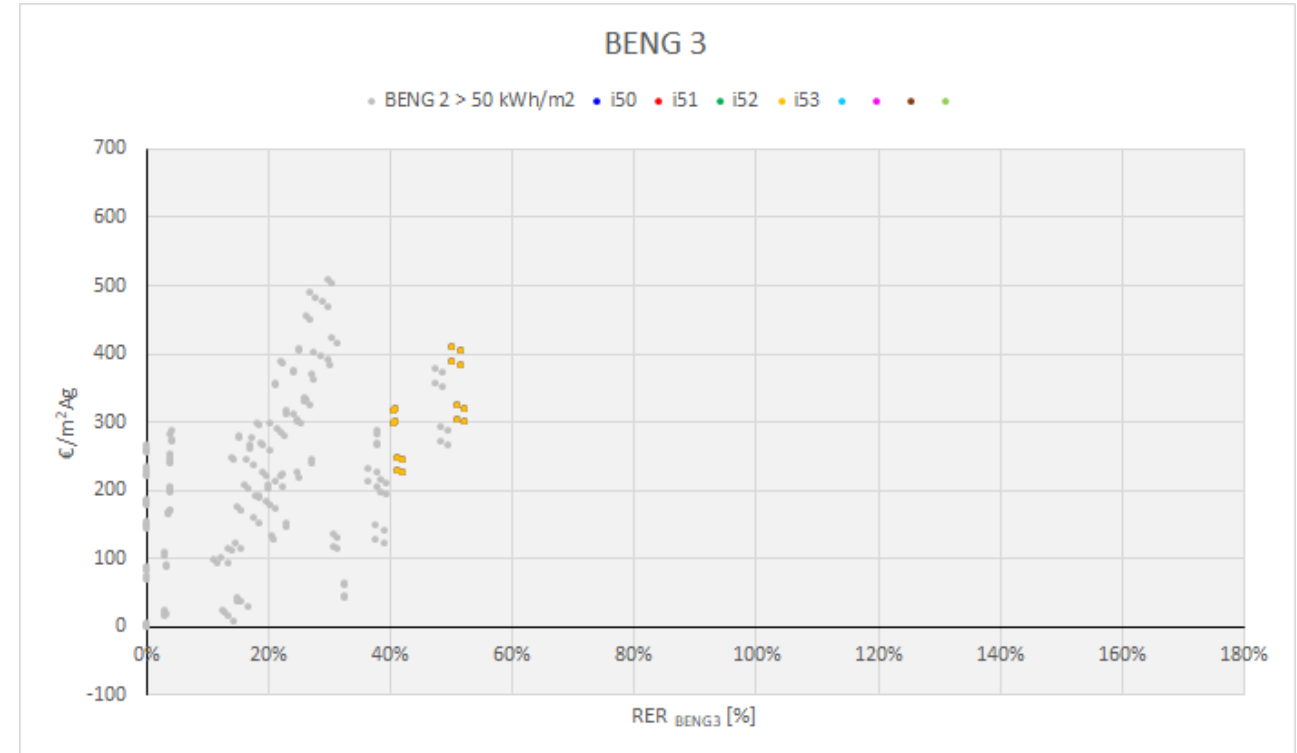
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

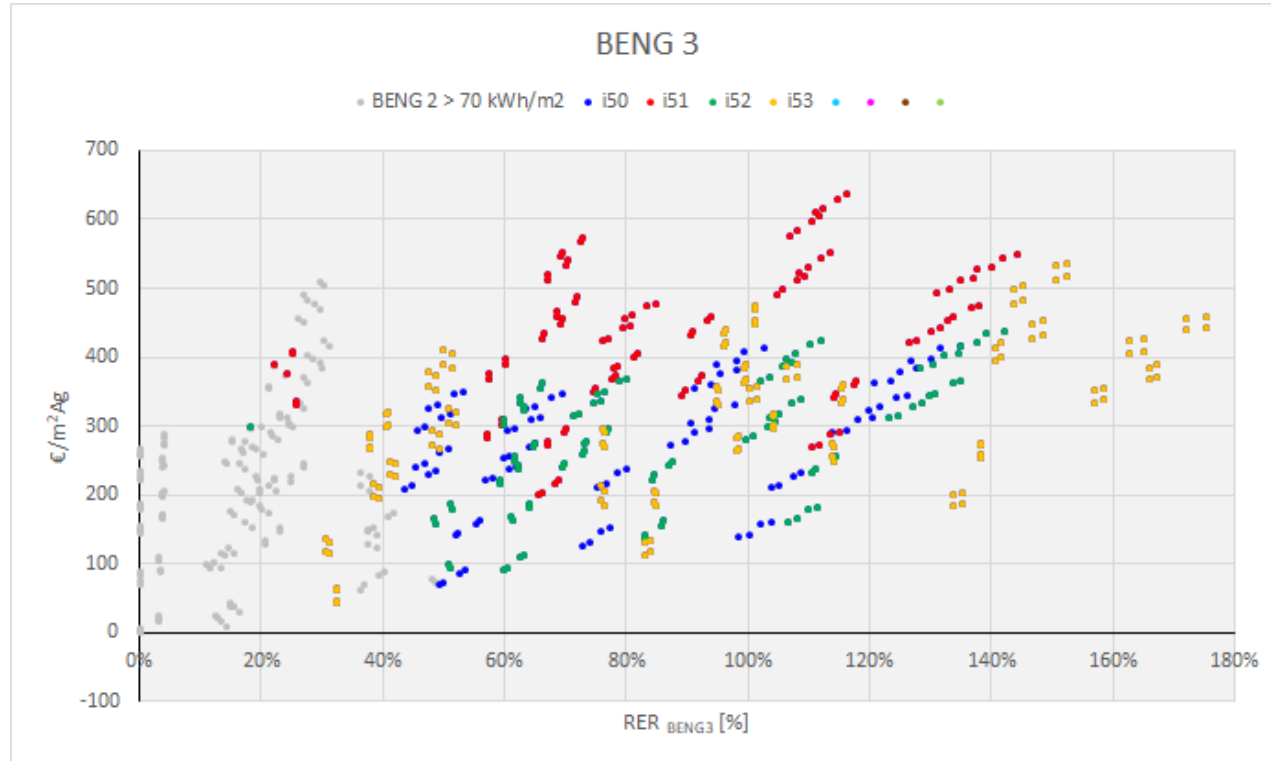


Zonder de varianten met PV:



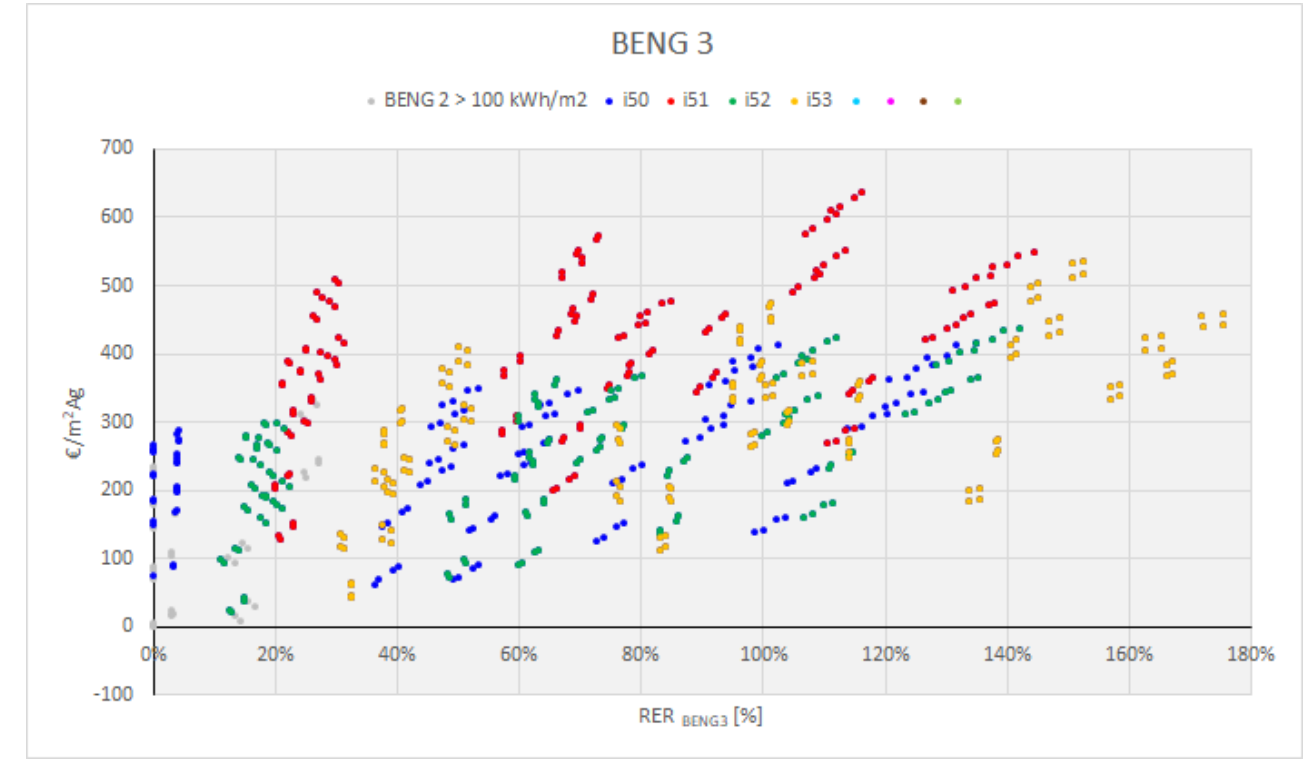
BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 70 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

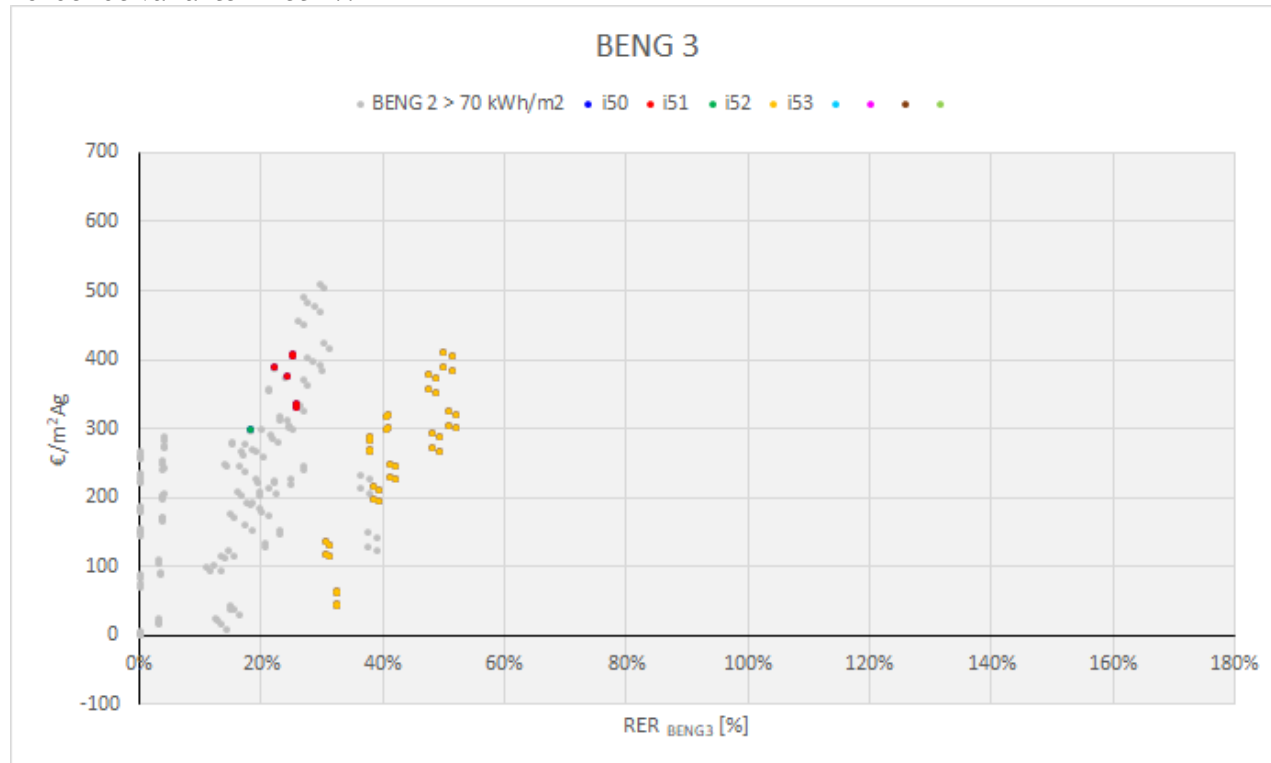


BENG 3 bij de grotere gebouwen bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

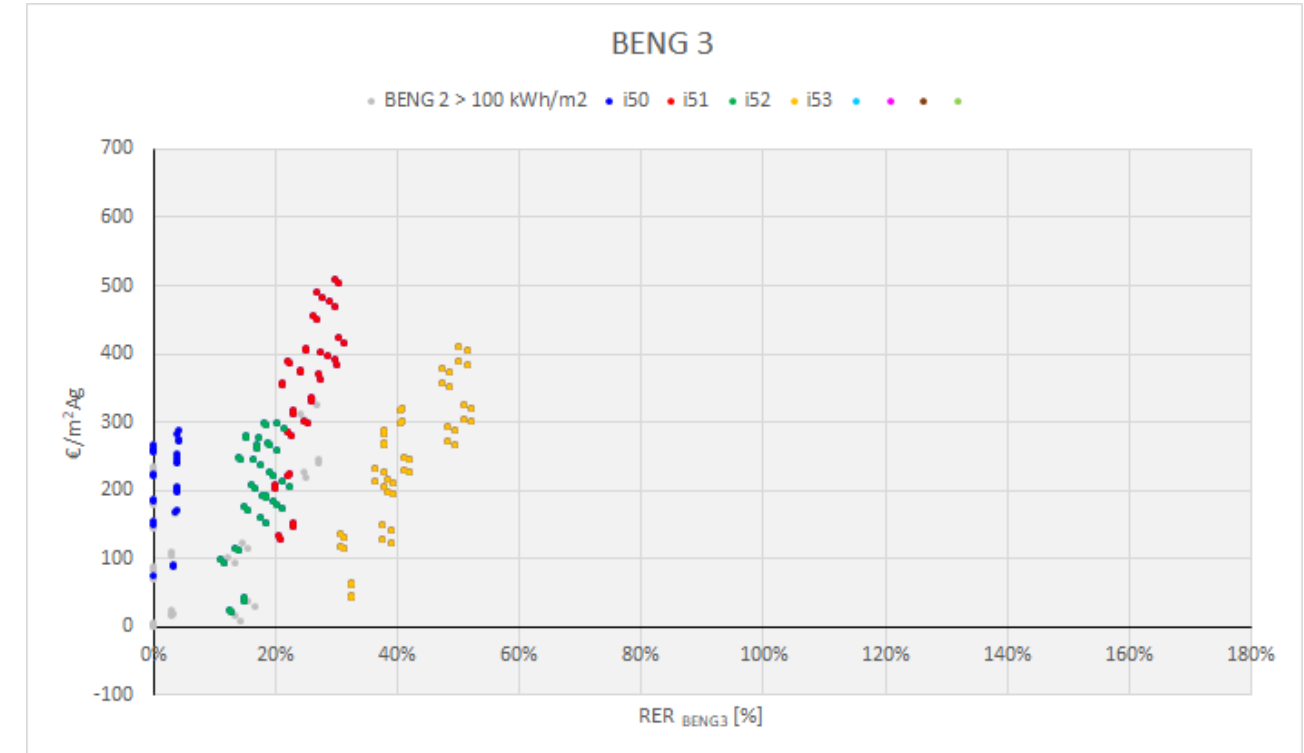
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Bij het laagste doorgerekende BENG 2-niveau van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup> kan er met verschillende opwektechnieken in combinatie met PV een BENG 3-prestatie van 50% of meer worden gerealiseerd. Zonder PV kan bij grotere gebouwen bij de doorgerekende BENG 2 niveaus alleen met biomassa-concepten aan de BENG 2-prestatie van maximaal 50 kWh/m<sup>2</sup> voldaan worden. De andere opwekconcepten hebben zonder PV allemaal een veel hogere BENG 2-prestatie.

### 7.9 Logiesfunctie in een logiesgebouw

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de logiesfunctie in een logiesgebouw. Bij deze gebruiksfunctie is er slechts gekeken naar één referentiegebouw. Hierbij zijn alle PV-varianten opgenomen.

#### 7.9.1 Logiesfunctie in logiesgebouw BENG 2

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de logiesfunctie in een logiesgebouw. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke gebouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 27: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

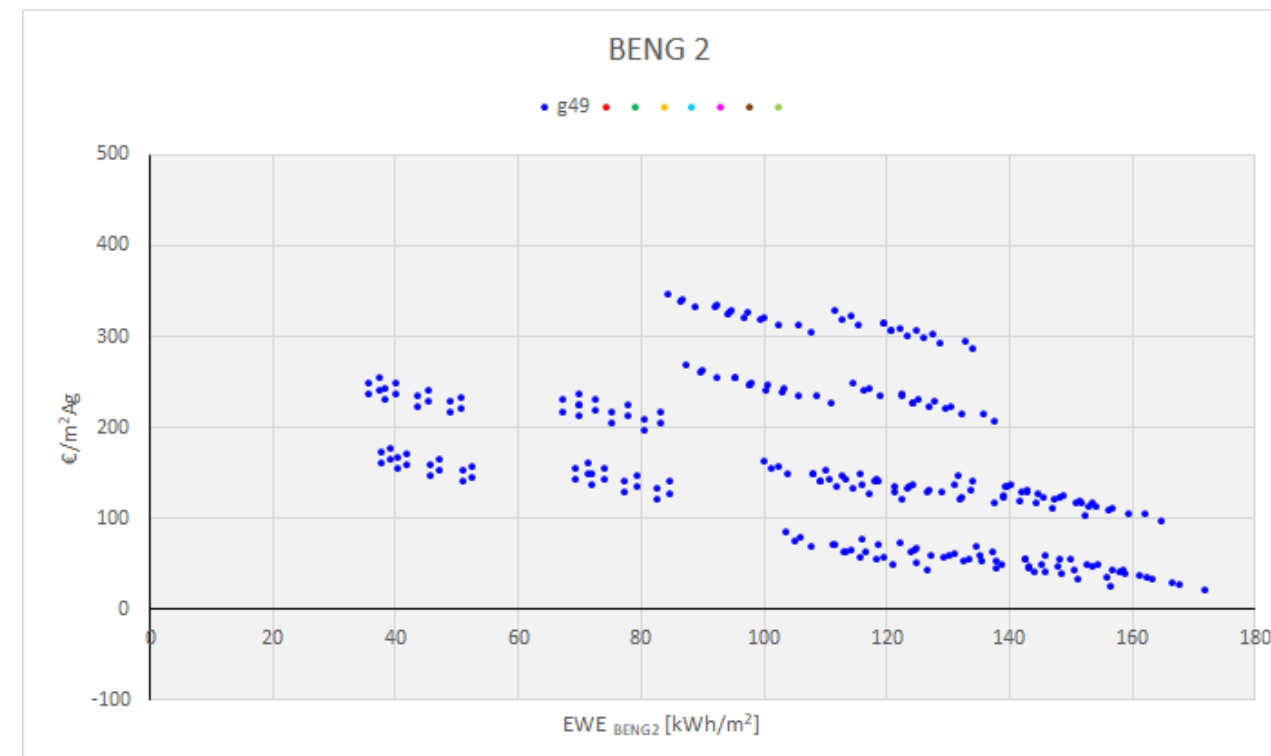
Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g49 = Logiesgebouw M	i50 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
	i51 = WP aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i52 = WP buitenlucht		
	i53 = biomassa		

Voor warm tapwater wordt er in de installatieconcepten gebruik gemaakt van een collectief tapwatersysteem met circulatieleiding en voorraadvaten.

**tabel 28: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l30 = 8 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid manual on/auto off	p10 = geen PV
l31 = 5 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p11 = dak PV
	p12 = dak+gevel PV
	p13 = helft p11

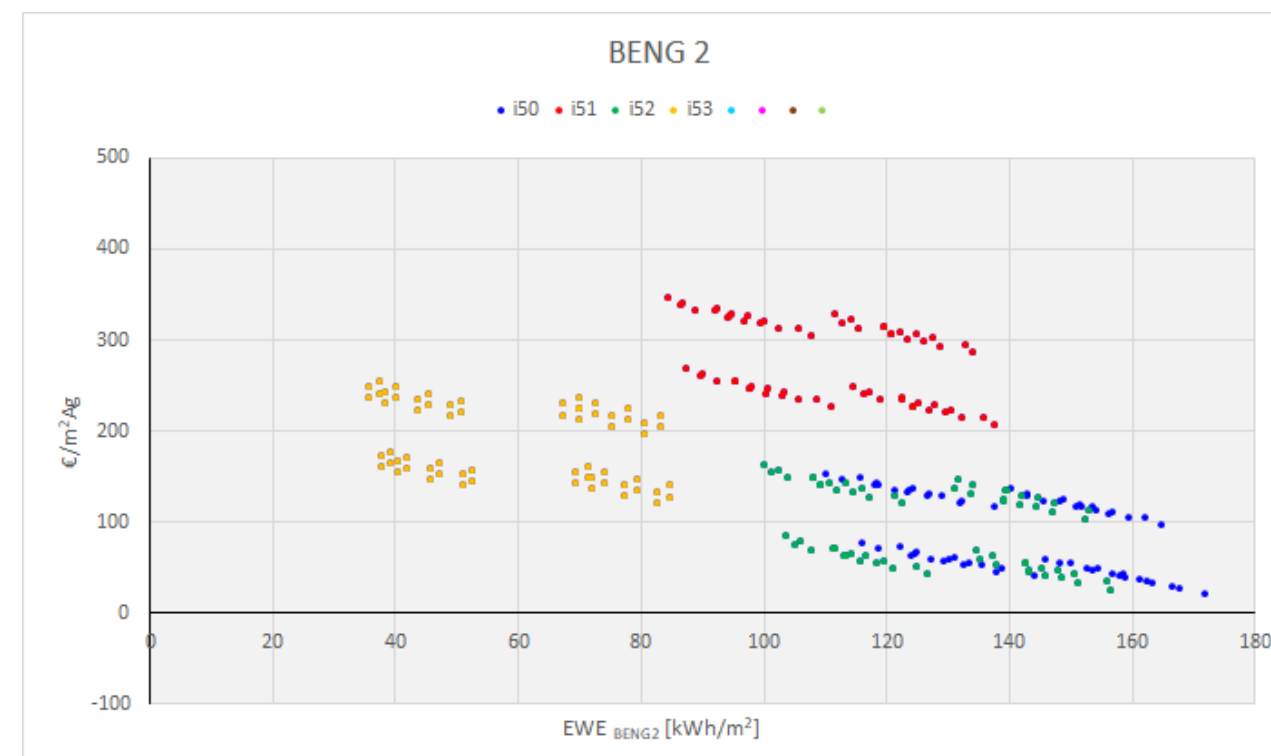
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van het Logiesgebouw M (g49).



Het kostenoptimale punt lijkt te liggen bij een BENG 2-indicator van circa 160 kWh/m<sup>2</sup>. Dit punt wordt bepaald door de concepten met gas en concepten met warmtepompen met buitenlucht als bron.

#### Installatieconcept

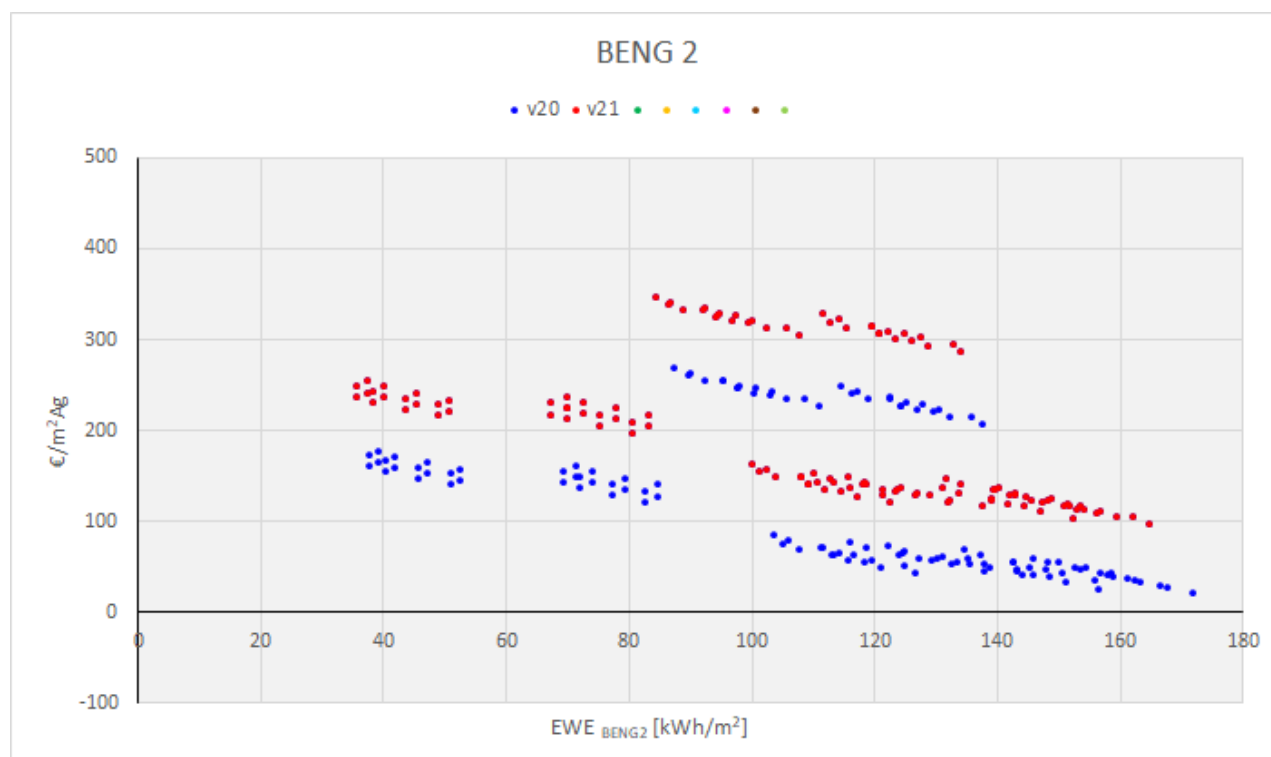
In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept:



De concepten met gas (i50) hebben samen met de concepten met warmtepompen op buitenlucht (i51) de laagste NCC. De warmtepompen met een aquifer (i51) hebben de hoogste NCC.

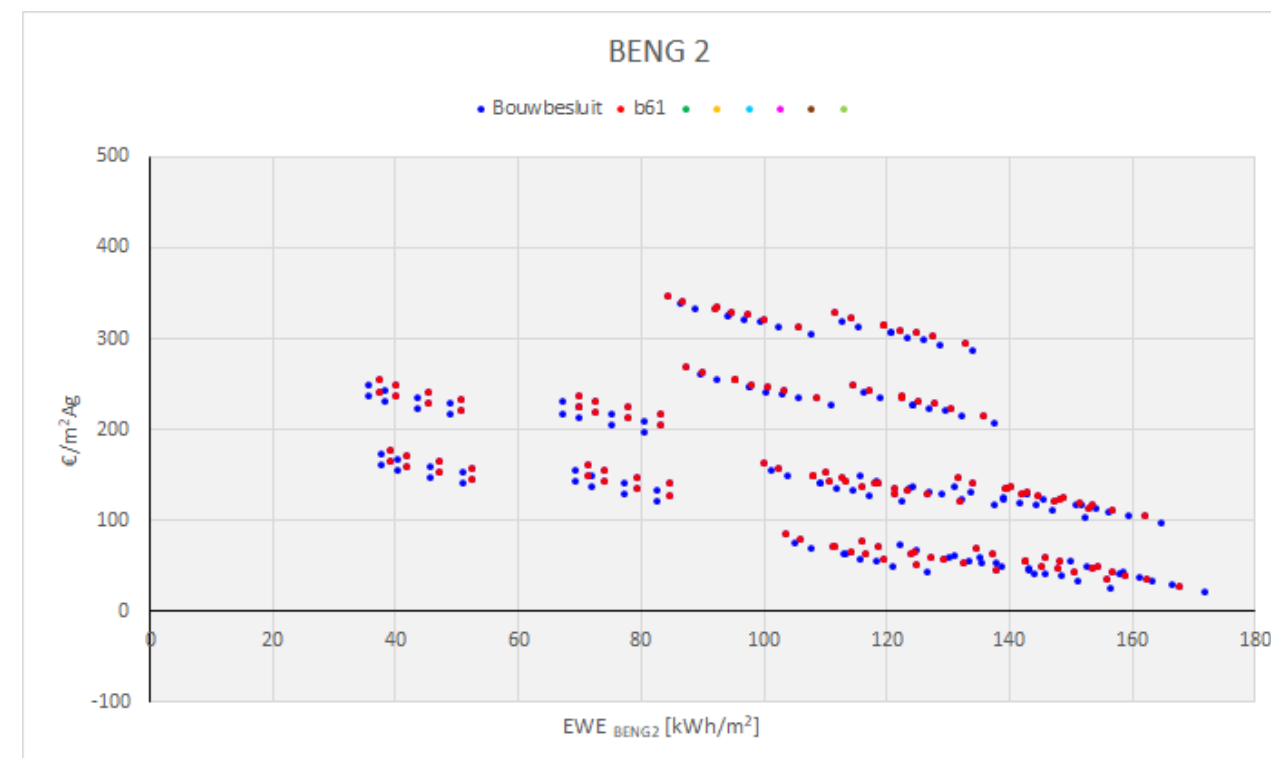
#### Ventilatie

Toepassing van het ventilatiepakket (v21) leidt tot een beperkte verbetering van de BENG 2-score bij een aanzienlijke stijging van de NCC.



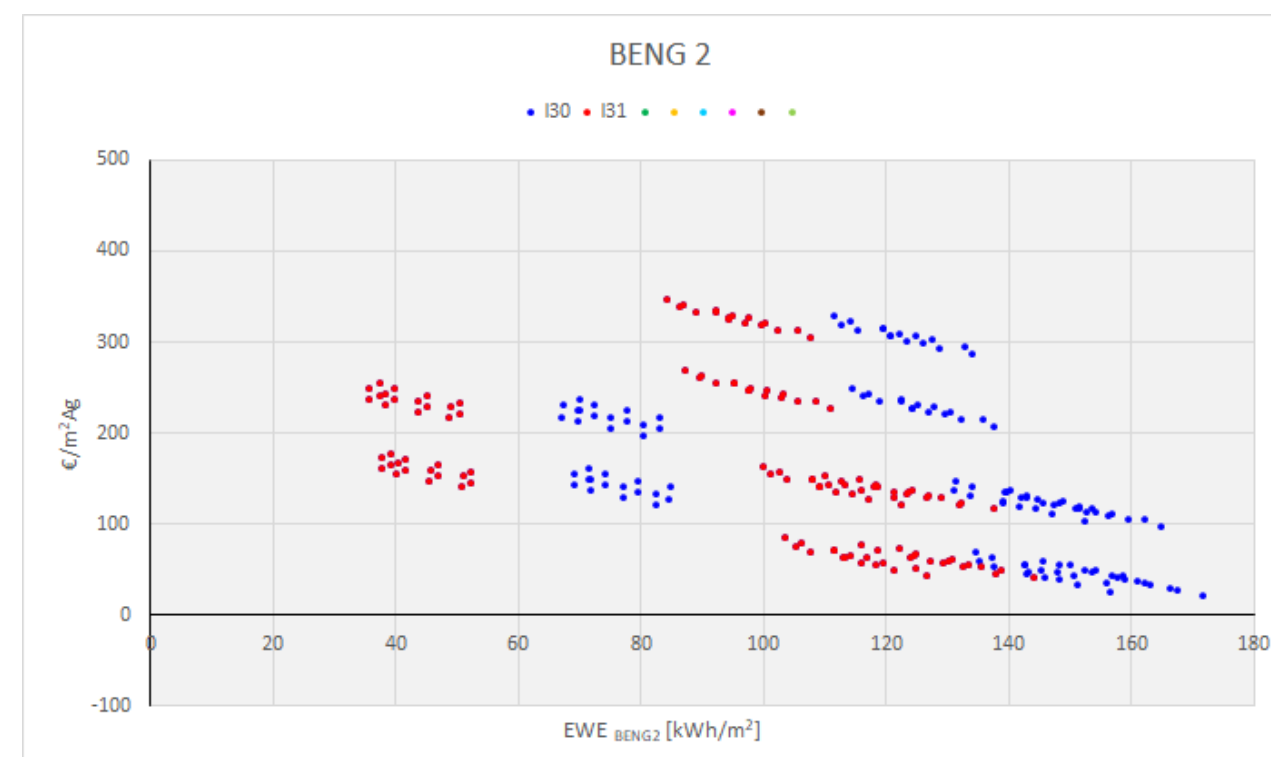
#### Bouwkundig

Bij het bouwkundige maatregelpakket b51 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) blijkt dat het effect op BENG 2 beperkt is en de NCC iets stijgen.



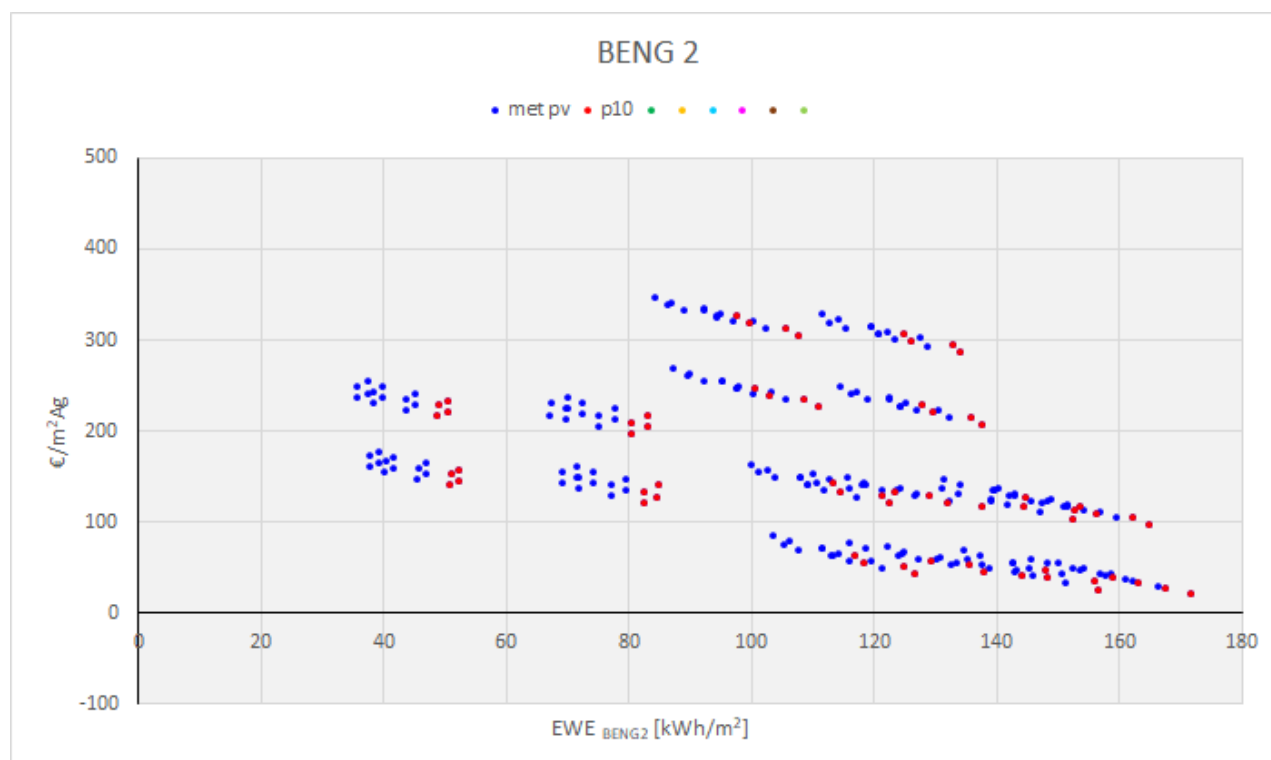
#### Verlichting

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (I31) ten opzichte van TL+PL verlichting met aanwezigheidsdetectie (I30) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 30 kWh/m<sup>2</sup> en licht hogere NCC.

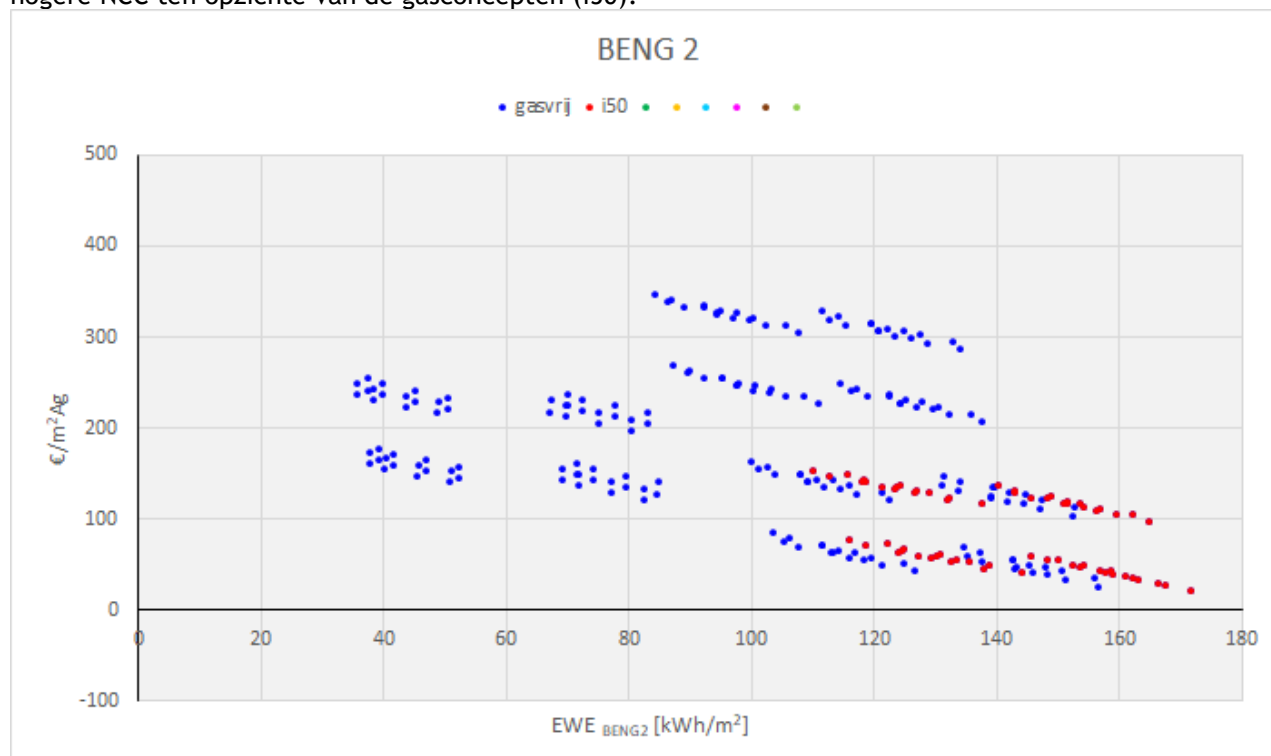


**PV**

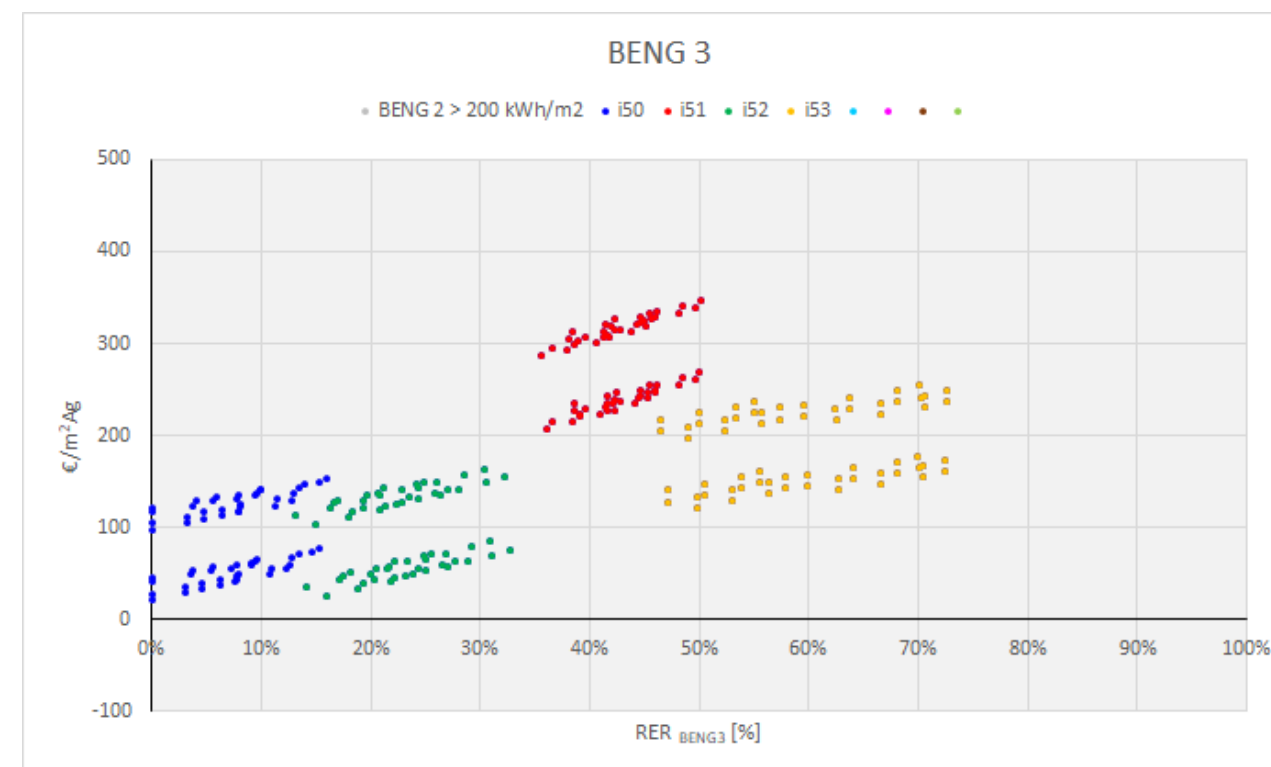
Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 50 kWh/m<sup>2</sup>.

**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator bij gelijkblijvende of hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten (i50).

**7.9.2 Logiesfunctie in logiesgebouw BENG 3**

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk gebouwtype het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat bij de onderzochte concepten de hoogste waarde voor BENG 3 circa 75% bedraagt bij concepten met biomassa en circa 50% bij concepten met warmtepompen.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

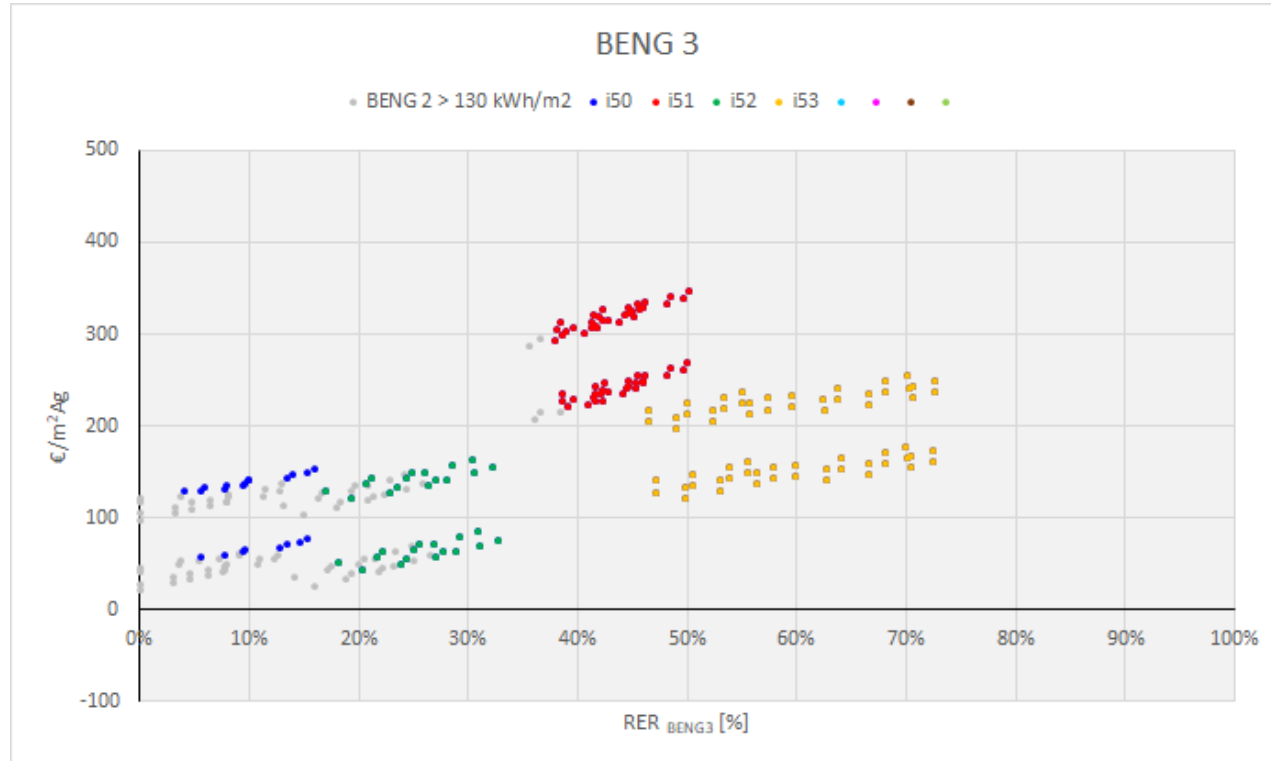
De keuze voor de definitieve ligging van het eisenniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welke BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

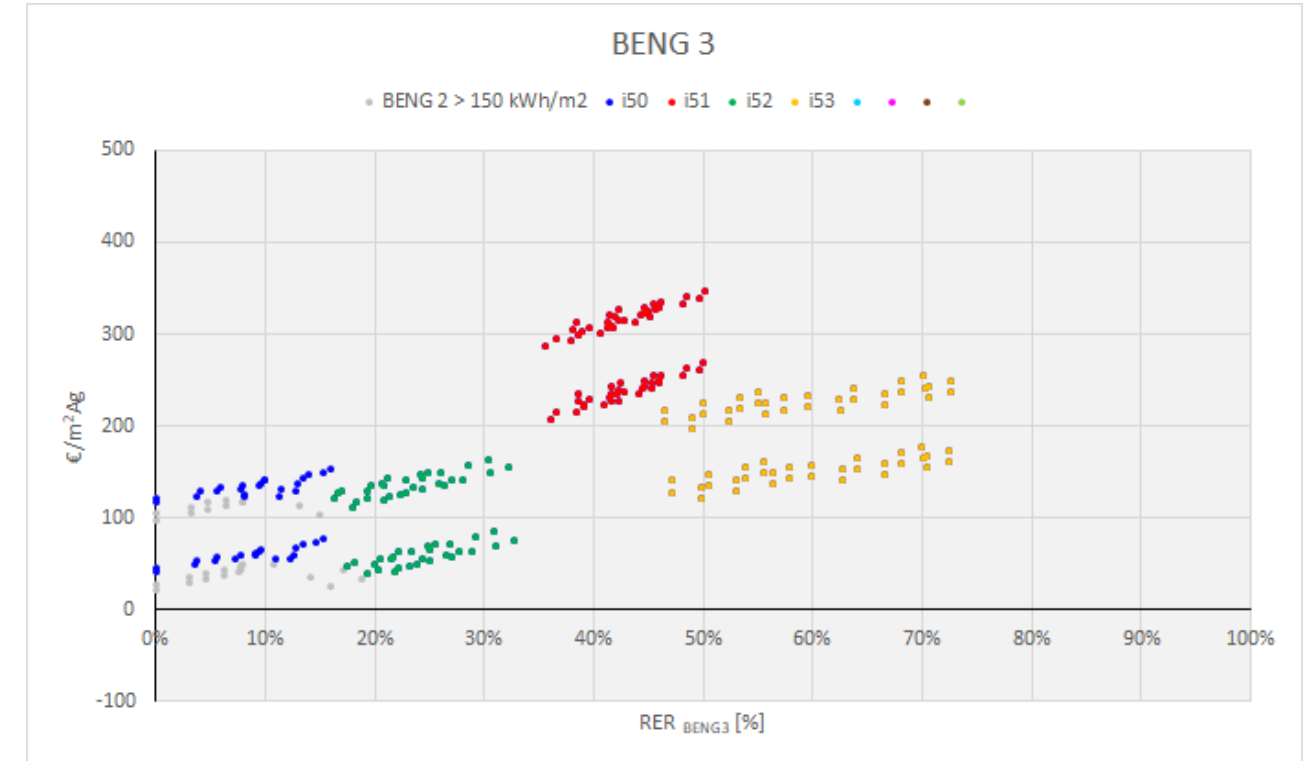
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 130 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

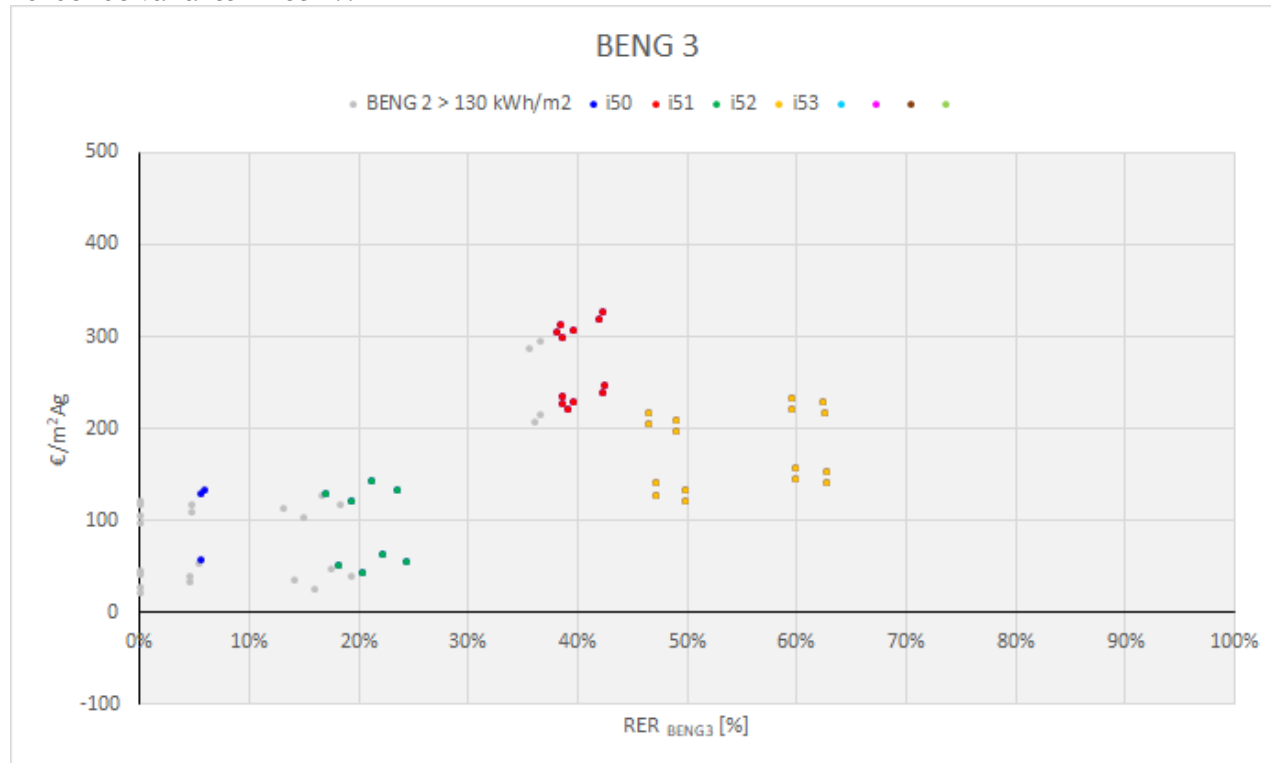


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 150 kWh/m<sup>2</sup>

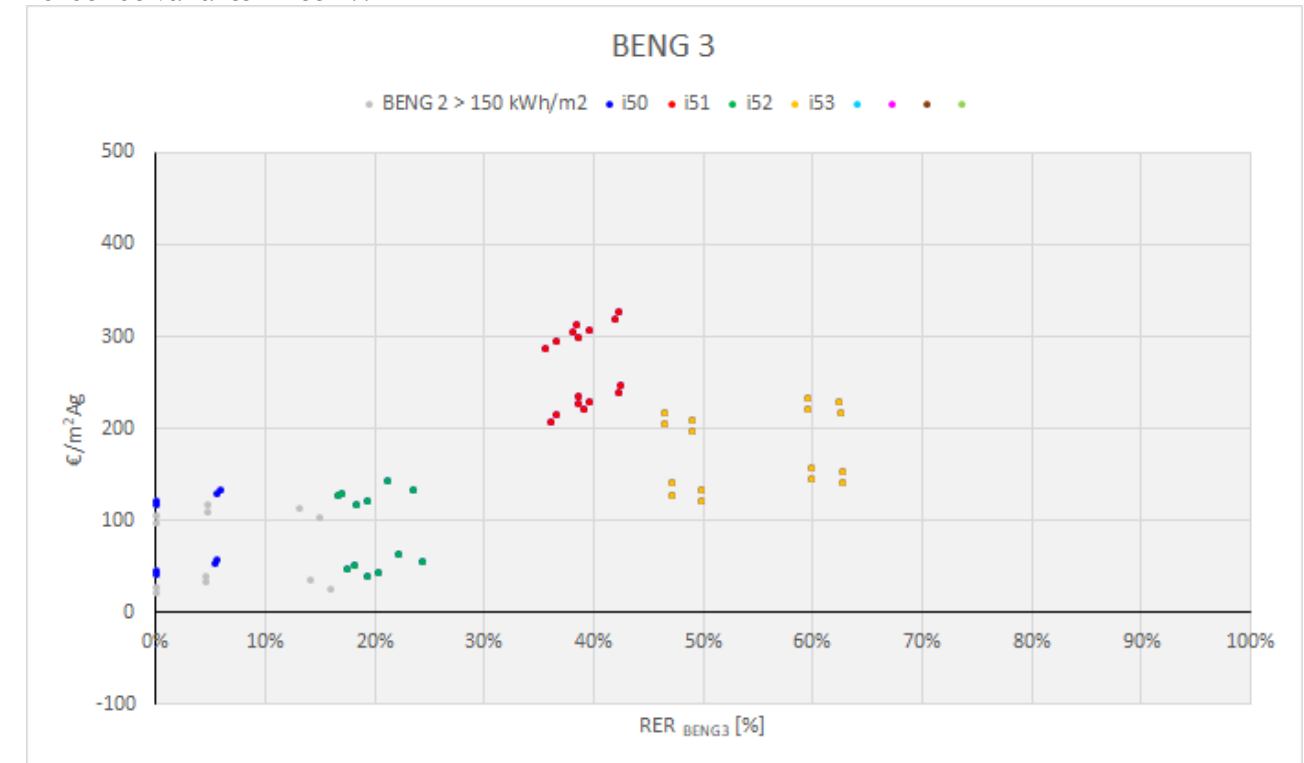
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:

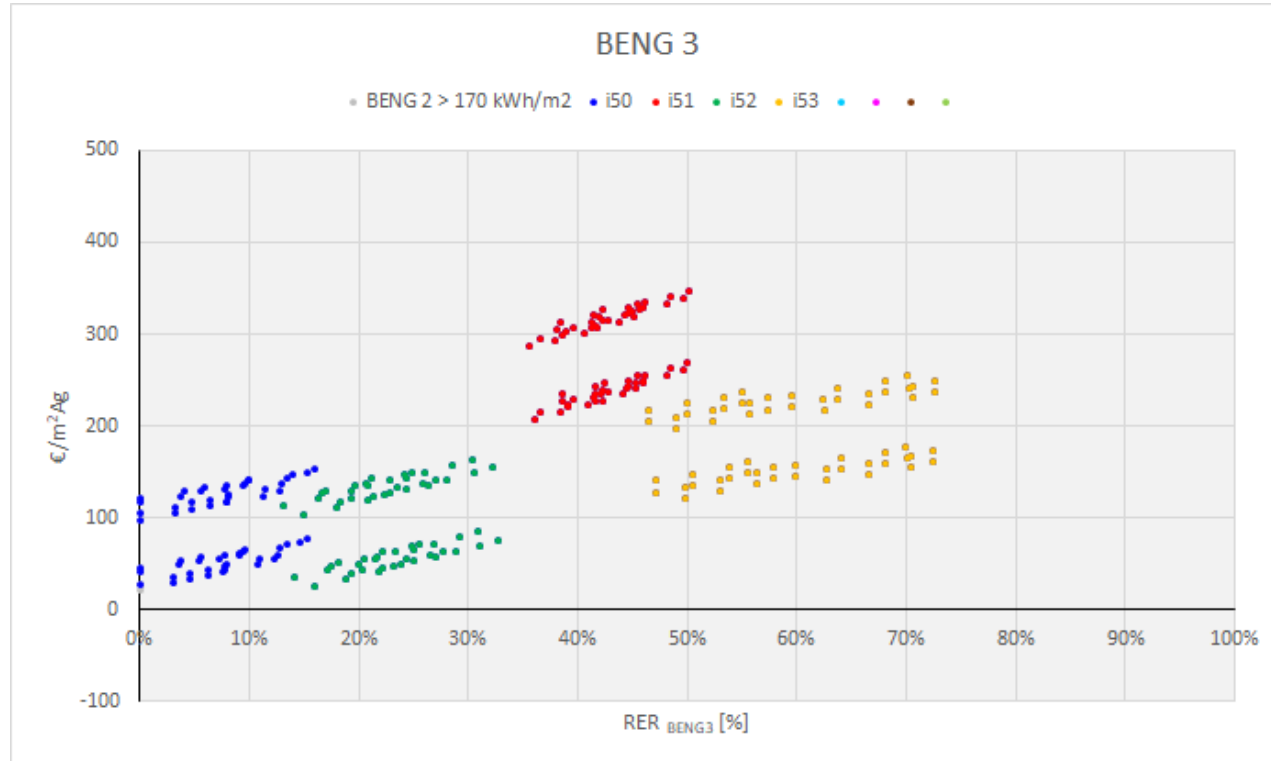


Zonder de varianten met PV:

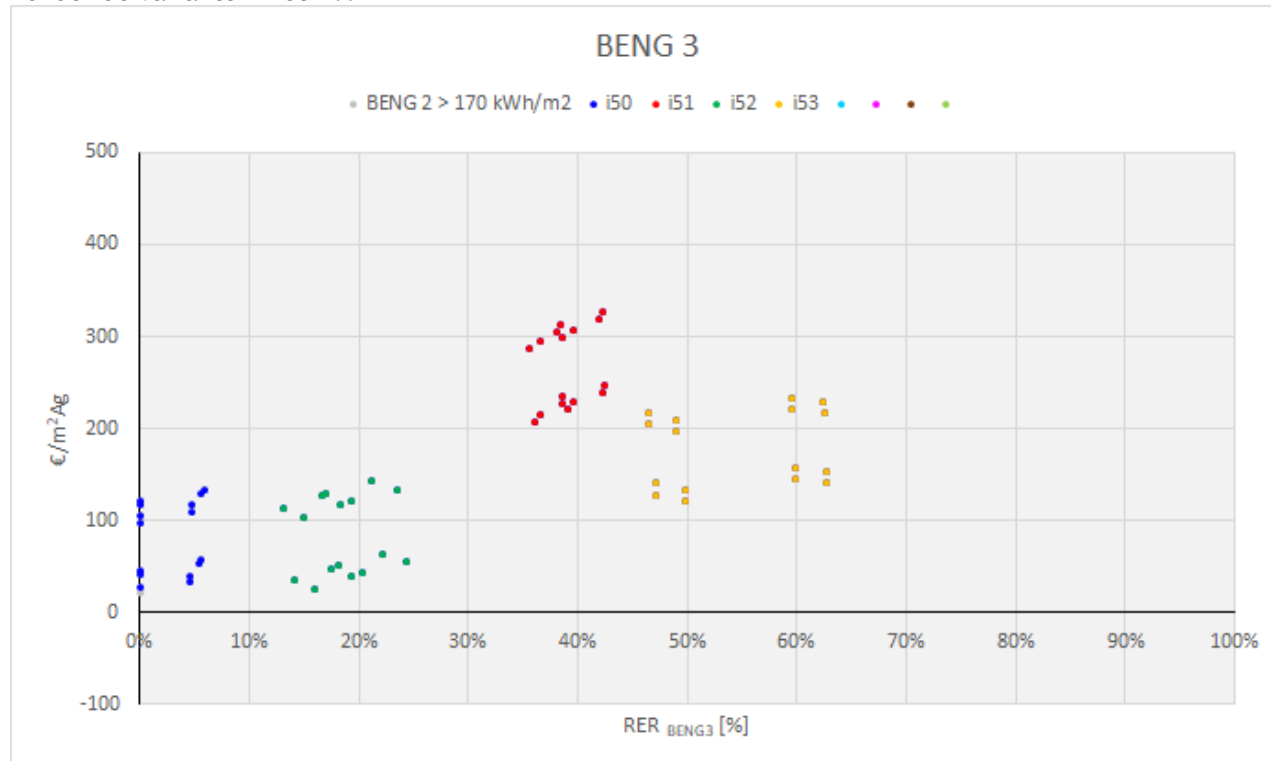


**BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 170 kWh/m<sup>2</sup>**

Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Afhankelijk van het te hanteren BENG 2-niveau is zichtbaar dat bij een strengere BENG 2-eis, er minder punten in de BENG 3-grafieken overblijven op basis waarvan de BENG 3-eis gesteld kan worden. Bij het vaststellen van de BENG 3-eis is het aantal verschillende concepten (opwektechnieken en/of PV) waarmee de eis gerealiseerd kan worden een aandachtspunt. Bij een BENG 2-eis van  $\leq 130$  kWh/m<sup>2</sup> kan alleen met biomassaconcepten een BENG 3 van meer dan 50% worden gerealiseerd. Een BENG 3-prestatie van meer dan 25% kan ook gerealiseerd worden met warmtepompen met of zonder PV. De BENG 3-prestatie bedraagt voor concepten met warmtepompen (en PV) maximaal circa 50%.

**7.10 Celfunctie**

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de celfunctie. Bij deze gebruiksfunctie is er gekeken naar één referentiegebouw: een celledgebouw. Van dit gebouw zijn alleen de gedeeltes met celfuncties in beschouwing genomen. Voor dit gebouw zijn alle PV-varianten opgenomen.

**7.10.1 Celfunctie BENG 2**

De onderstaande grafieken tonen de BENG 2-resultaten voor de celfunctie. Per grafiek geven wij een korte toelichting. Om de resultaten beter te kunnen interpreteren tonen wij dezelfde afbeelding een aantal keer waarbij door middel van kleurcoderingen aangegeven is welke bouwtypen of varianten het betreft. Hierbij gebruiken wij de volgende coderingen:

**tabel 29: gehanteerde codering gebouwtype en installatievarianten**

Gebouwtype	Installatie	Ventilatie	Bouwkundig
g50 = Celledgebouw (celdeel)	i50 = gasketel	v20 = D2 systeem 70% wtw	b50/60 = isolatie BB & HR** glas
	i51 = WP aquifer	v21 = D5a CO2 systeem 80% wtw	b51/61 = isolatie BB* & triple glas
	i52 = WP buitenlucht		
	i53 = biomassa		

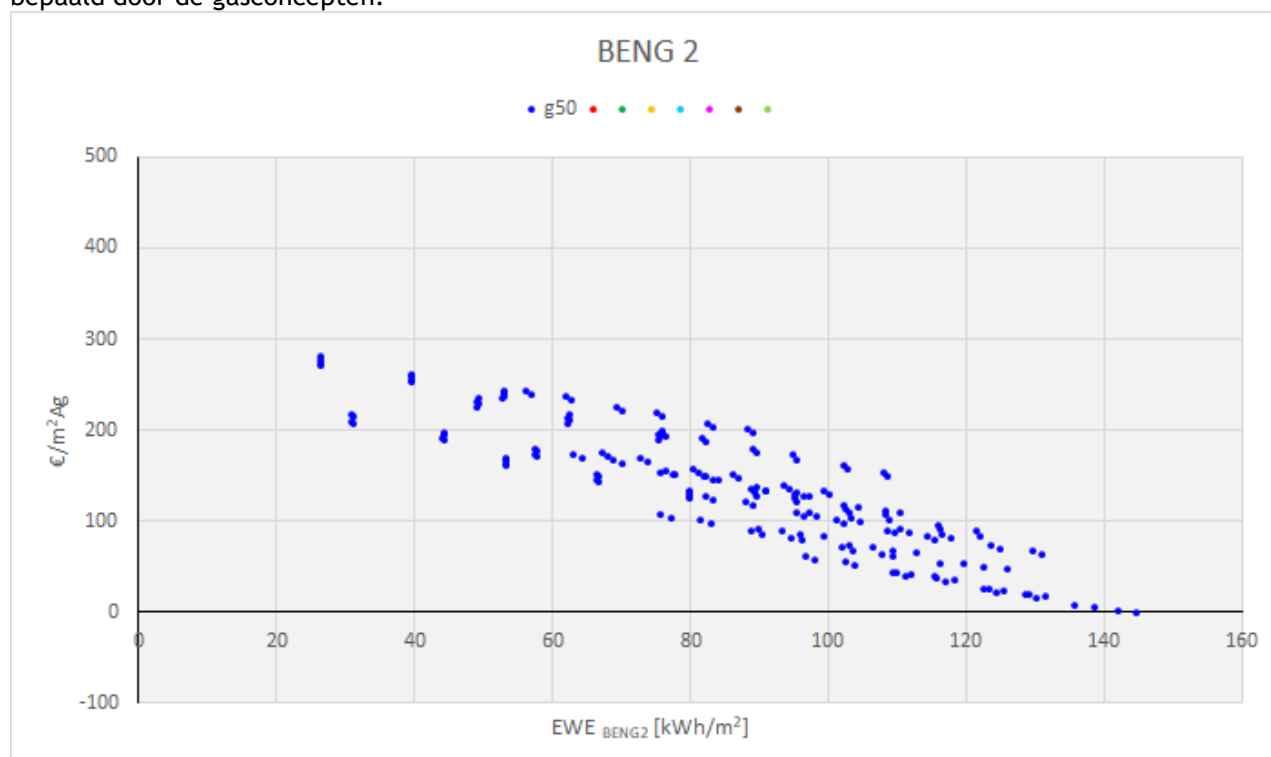
Voor warm tapwater wordt er in de installatieconcepten gebruik gemaakt van een collectief tapwatersysteem met circulatieleiding en voorraadvaten.

**tabel 30: gehanteerde codering verlichting en PV**

Verlichting	PV
l30 = 8 W/m <sup>2</sup> TL+PL aanwezigheid manual on/auto off	p10 = geen PV
l31 = 5 W/m <sup>2</sup> LED aanwezigheid manual on/auto off daglicht	p11 = dak PV
	p13 = helft p11

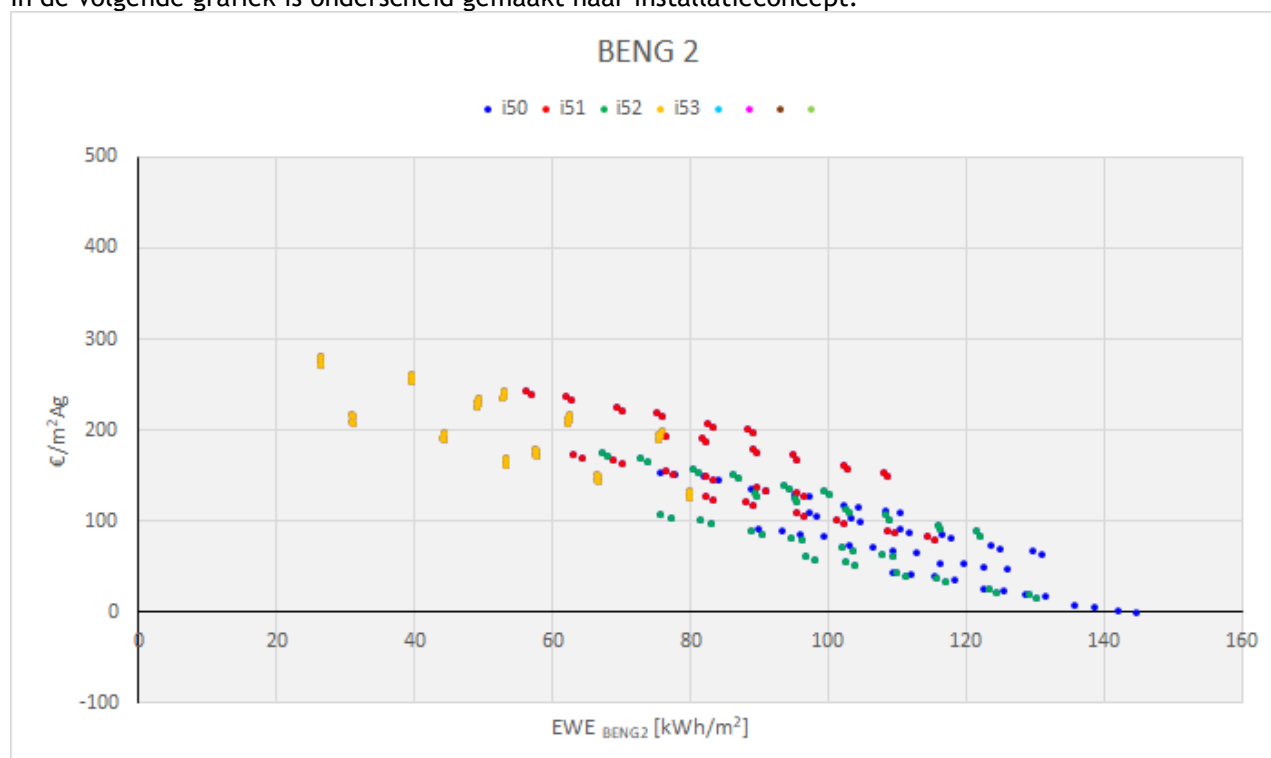
In de onderstaande grafiek staan alle varianten van het Cellingebouw (g50).

In de figuur is te zien dat vrijwel alle energiebesparende maatregelen leiden tot hogere NCC. Het kostenoptimale punt lijkt te liggen bij een BENG 2-indicator van circa 140 kWh/m<sup>2</sup>. Dit punt wordt bepaald door de gasconcepten.



#### Installatieconcept

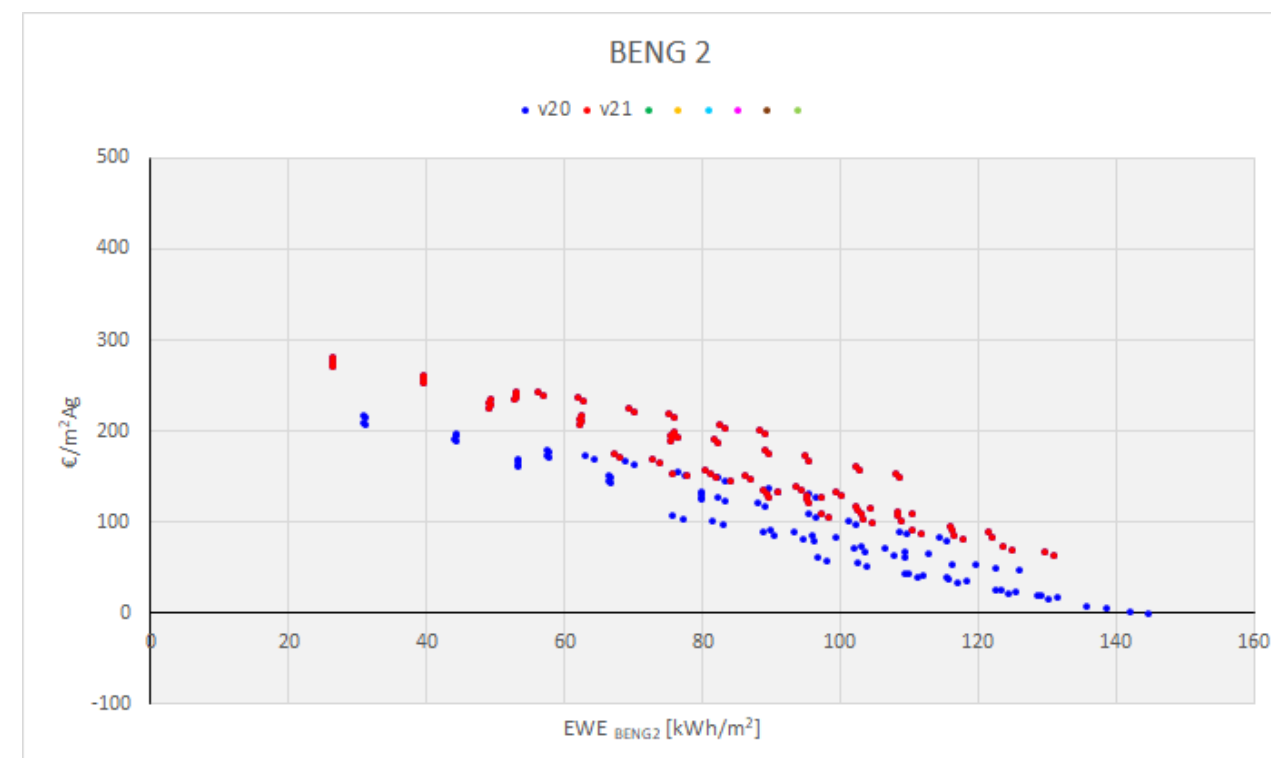
In de volgende grafiek is onderscheid gemaakt naar installatieconcept:



De gasconcepten (i50) hebben samen met de warmtepompen op buitenlucht (i51) de laagste NCC. De biomassaconcepten (i33) hebben samen met de warmtepompen met als bron een aquifer (i51) de hoogste NCC.

#### Ventilatie

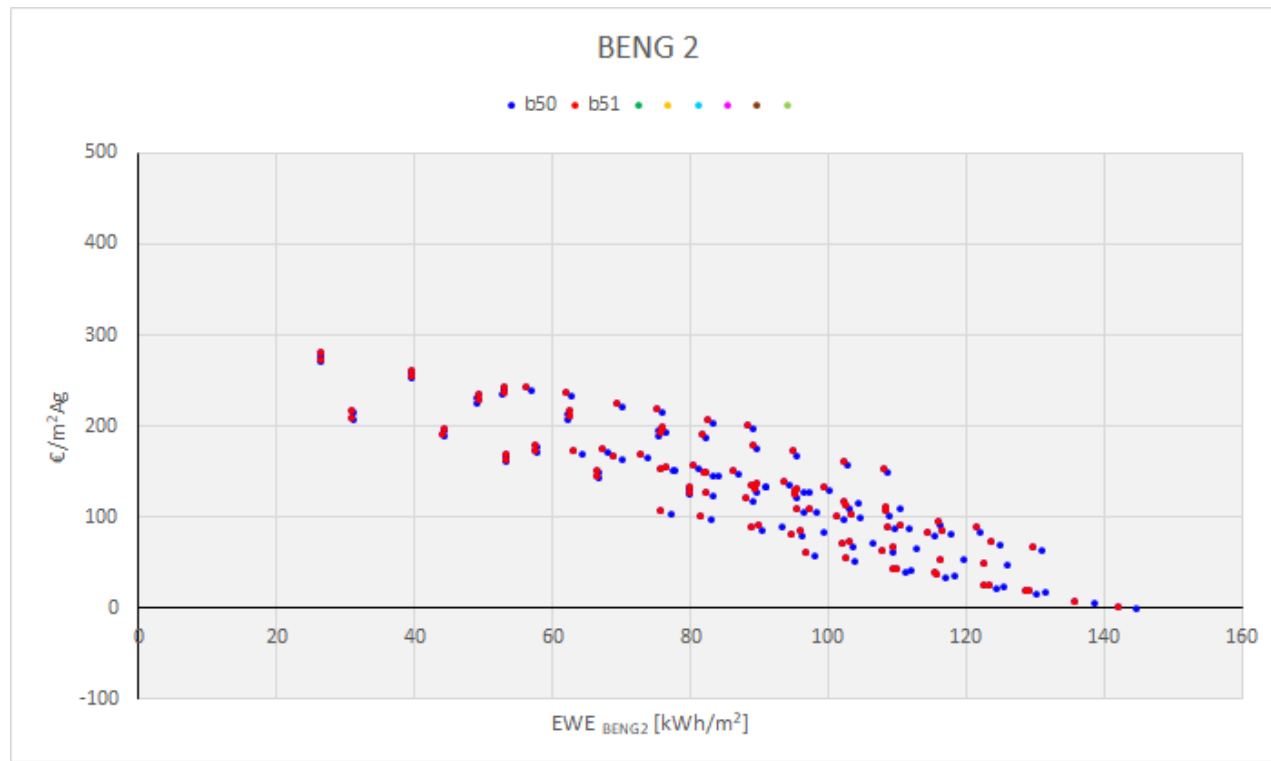
Toepassing van het ventilatiepakket (v21) leidt tot een beperkte verbetering van de BENG 2-score bij een aanzienlijke stijging van de NCC.



#### Bouwkundig

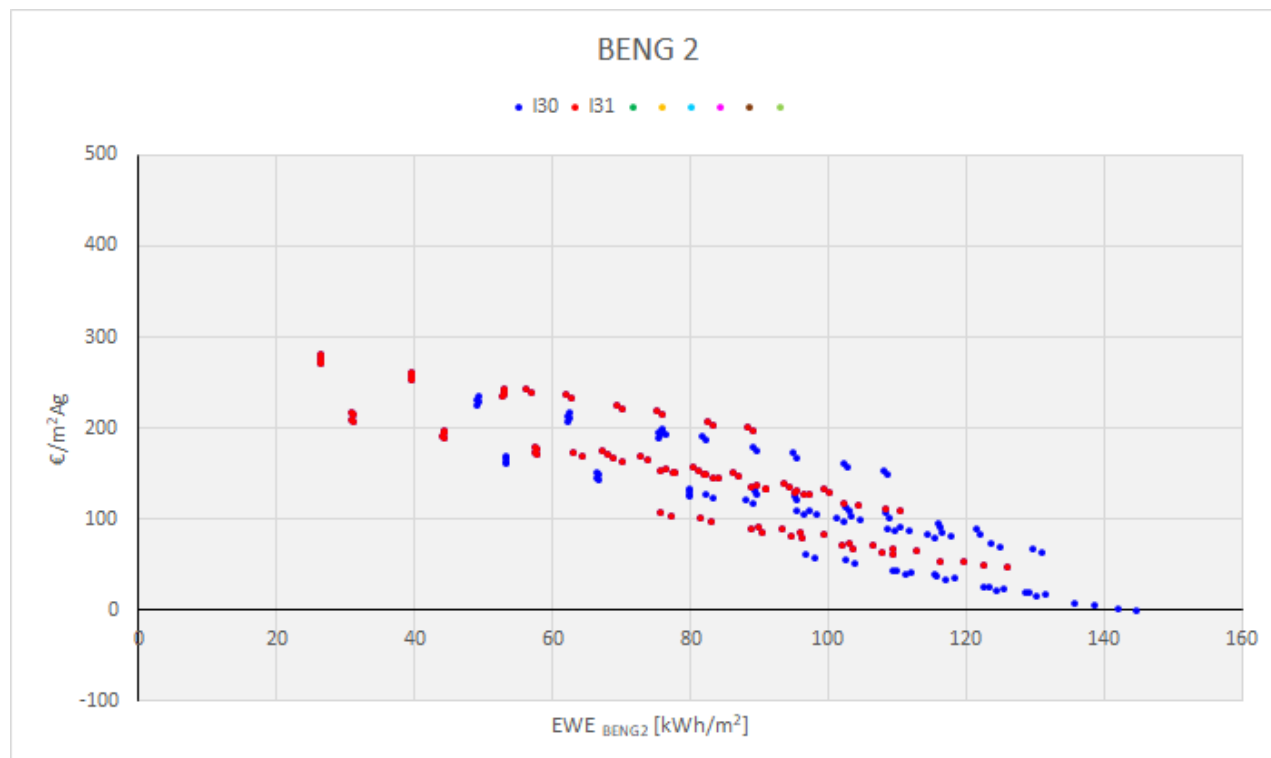
Bij het bouwkundige maatregelpakket b51 ( $R_c$  vloer 3,7/gevel 4,7/dak 8 en  $U_w$  0,9) blijkt dat het effect op BENG 2 beperkt is en de NCC iets stijgen.





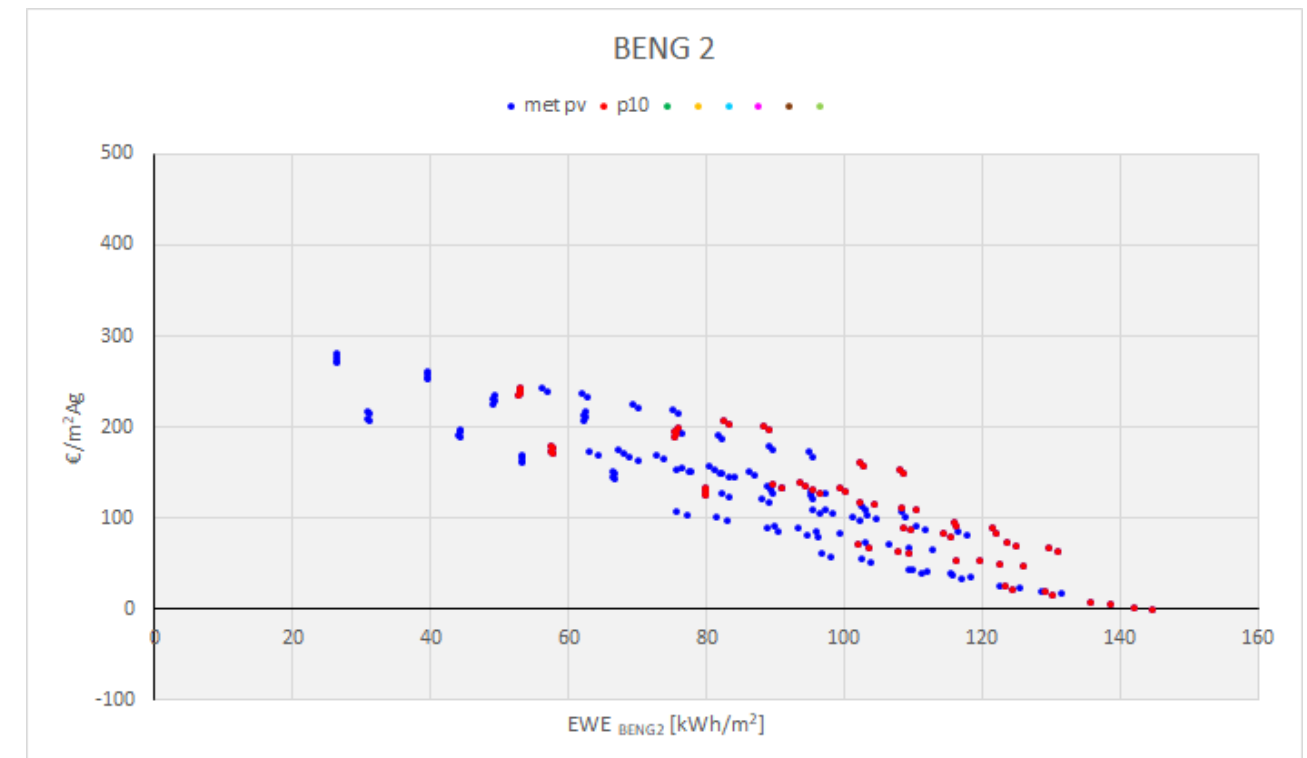
**Verlichting**

Bij de verlichtingsmaatregelen is te zien dat LED-verlichting met aanwezigheidsdetectie en daglichtregeling (l31) ten opzichte van TL+PL verlichting met aanwezigheidsdetectie (l30) leidt tot een verlaging van BENG 2 met circa 20 kWh/m<sup>2</sup> bij hogere NCC.



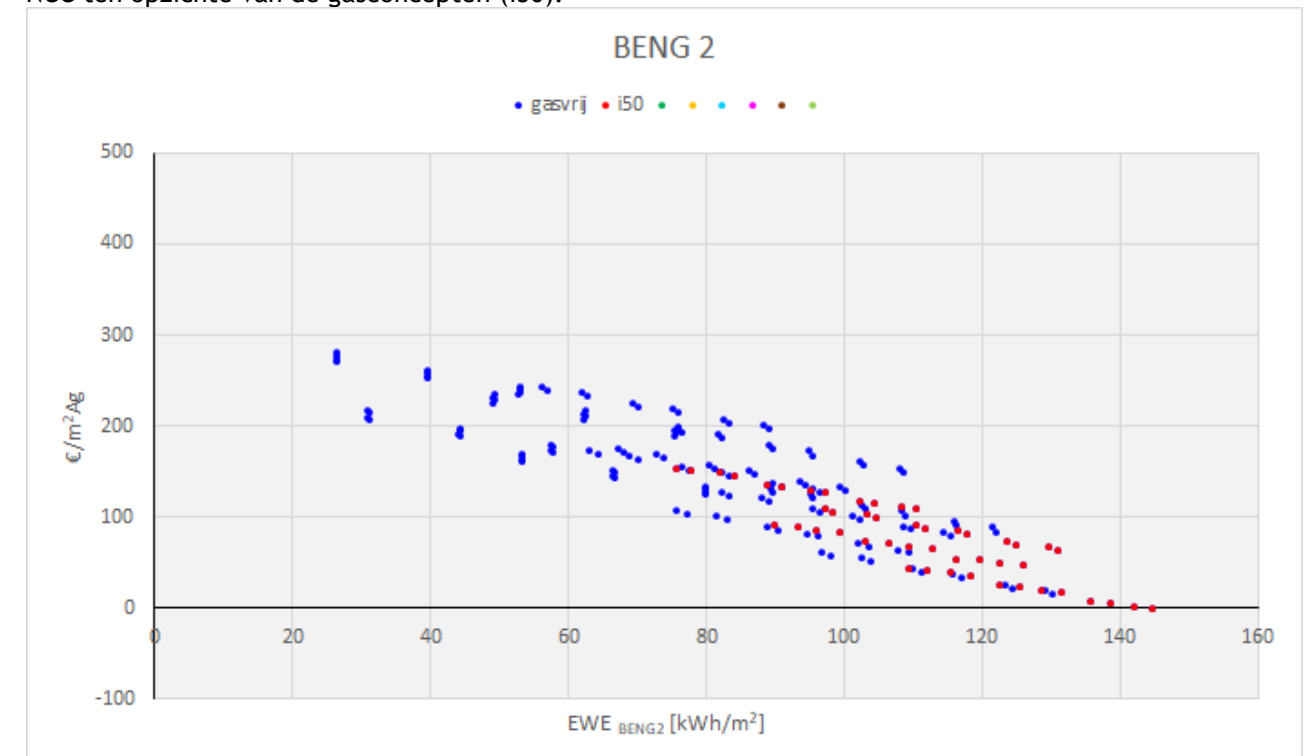
**PV**

Het effect van PV is duidelijk zichtbaar in de onderstaande grafiek: de puntenwolk schuift naar links bij toepassing van PV. Zonder PV is een BENG 2 te realiseren vanaf circa 50 kWh/m<sup>2</sup>.



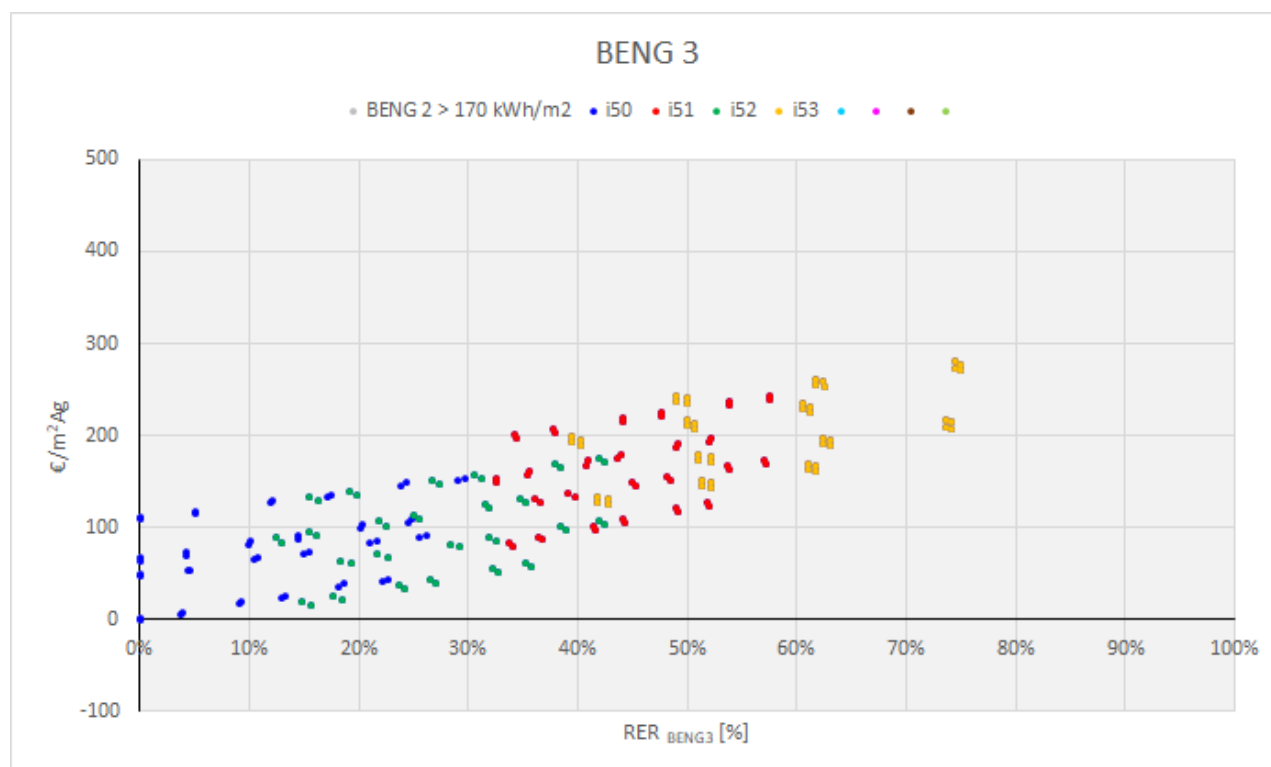
**Aardgasvrij**

De aardgasvrije concepten kenmerken zich door relatief lage BENG 2-indicator en vergelijkbare of hogere NCC ten opzichte van de gasconcepten (i50):



### 7.10.2 Celfunctie BENG 3

Om inzicht te krijgen in de spreiding van de BENG 3-resultaten over de doorgerekende gebouwen en maatregelpakketten, zijn in de grafiek hieronder alle berekende BENG 3-resultaten weergegeven. In de grafiek is door middel van een kleurcodering aangegeven welk type installatie het betreft. In de grafiek zijn alle doorgerekende punten weergegeven. De grafiek laat zien dat bij concepten met biomassa en met warmtepompen de hoogste waarden voor BENG 3 te bereiken zijn. Een BENG 3 van 30% of hoger is met meerdere installatieconcepten te realiseren.



Om de eis voor BENG 3 te kunnen beoordelen moet allereerst een keuze gemaakt worden voor de hoogte van de BENG 2-eis. Alle punten die niet voldoen aan de BENG 2-eis, lopen niet meer mee in de beoordeling van de resultaten van BENG 3.

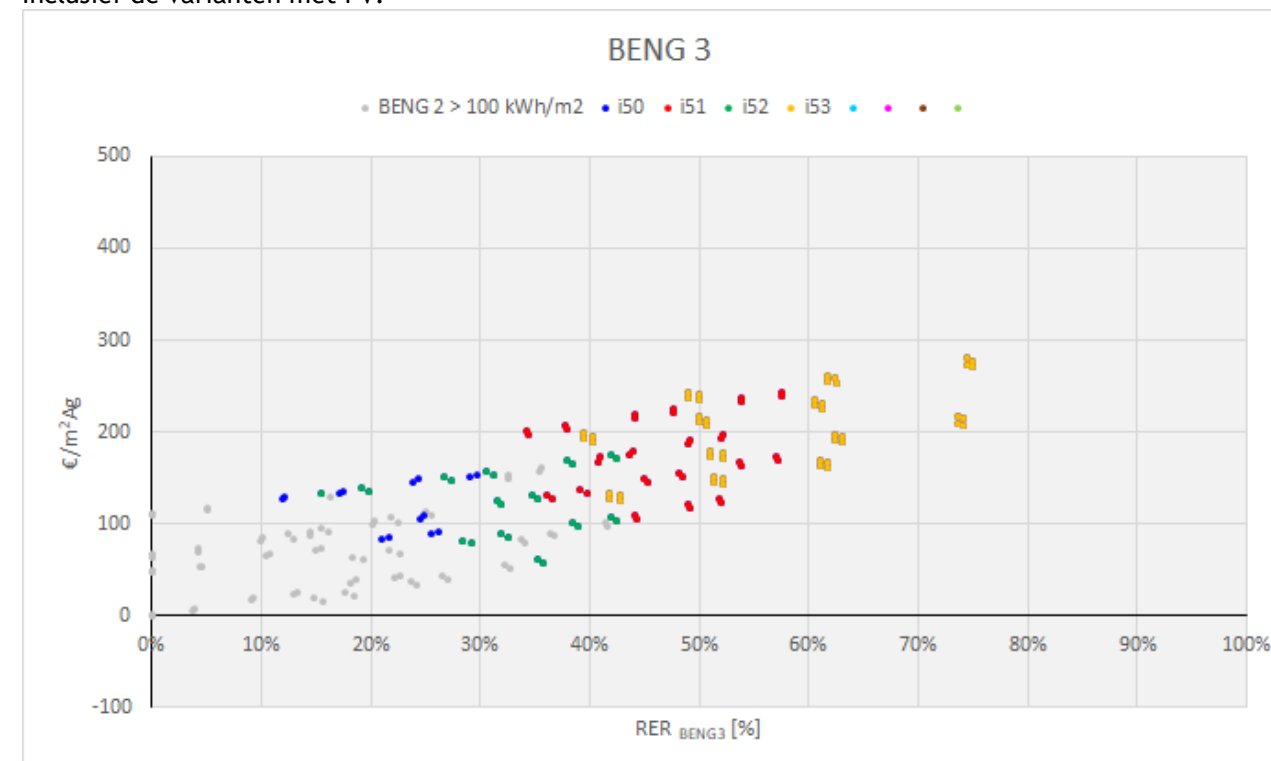
De keuze voor de definitieve ligging van het eisniveau voor de BENG 2-indicator zal via het wetgevingsproces worden besloten door de Minister van BZK en worden voorgelegd aan de Tweede Kamer. Om in deze rapportage toch inzicht te kunnen geven in de effecten op BENG 3 zijn hieronder afbeeldingen opgenomen waarin de BENG 3-resultaten voor drie verschillende BENG 2-niveaus weergegeven zijn.

In de grafieken is de BENG 3-indicator weergegeven, waarbij steeds de punten met een BENG 2-indicator groter dan een bepaalde waarde lichtgrijs gemaakt zijn (om aan te geven dat zij buiten beschouwing gelaten moeten worden). In de kop van de grafiek is weergegeven welk BENG 2-niveau gehanteerd is om de BENG 3-grafiek te maken.

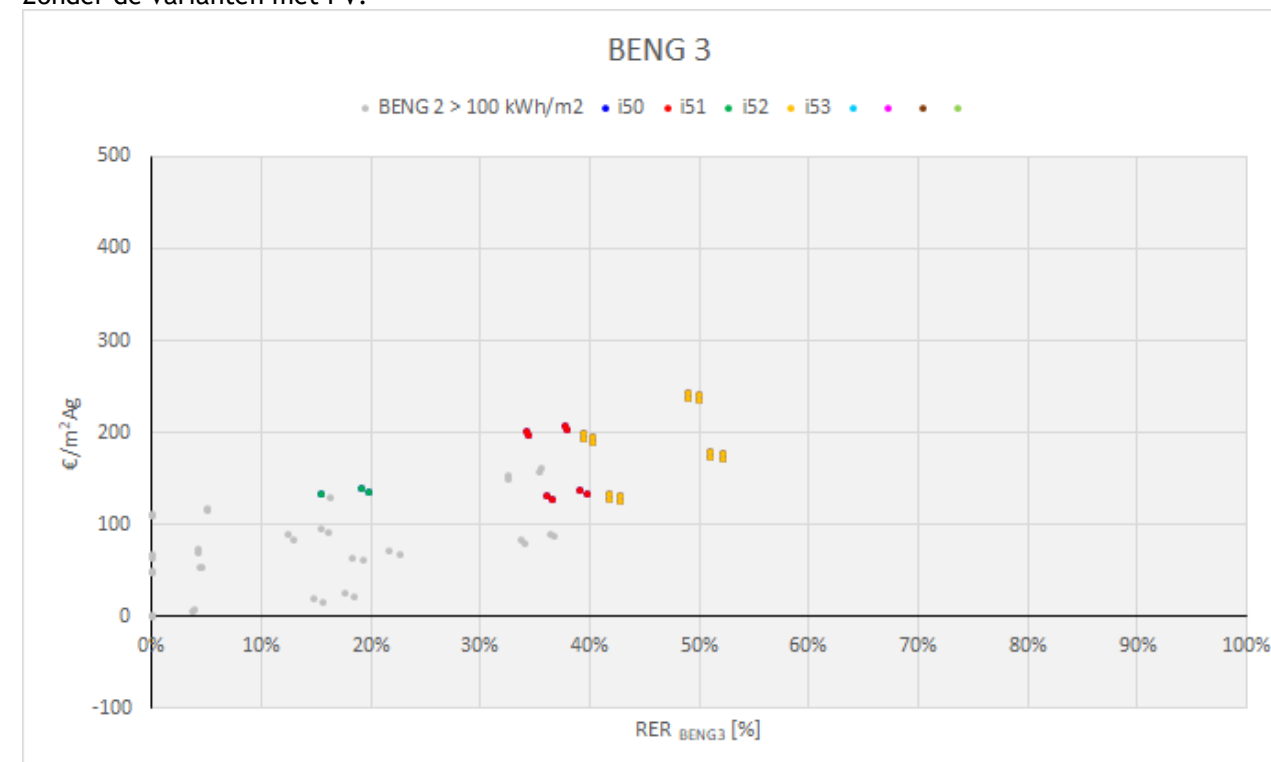
Om duidelijk te maken met welke technieken bepaalde BENG 3-niveaus bereikt kunnen worden, zijn de installatieconcepten door middel van een kleurcodering aangegeven in de grafieken. Ook zijn grafieken toegevoegd waarin de PV-resultaten weggelaten zijn, zodat duidelijk te zien is in welke pakketten PV is toegepast.

### BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

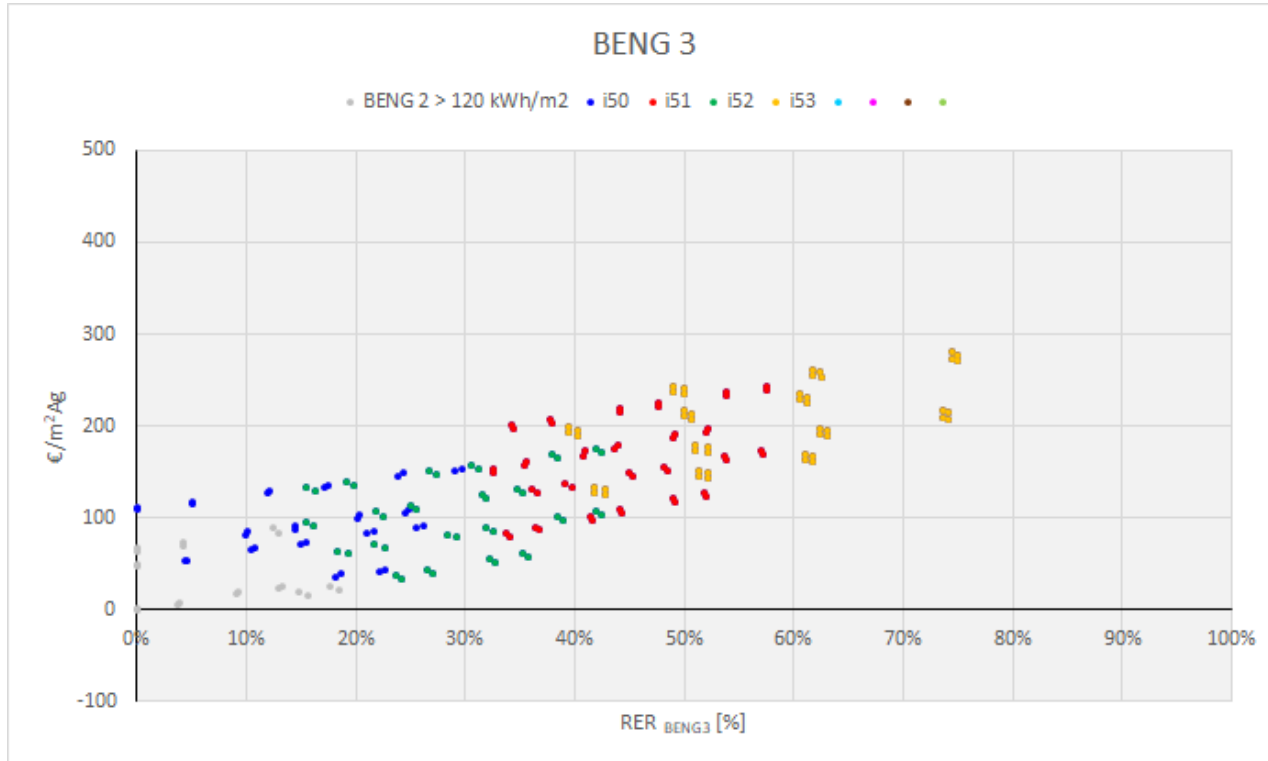


Zonder de varianten met PV:



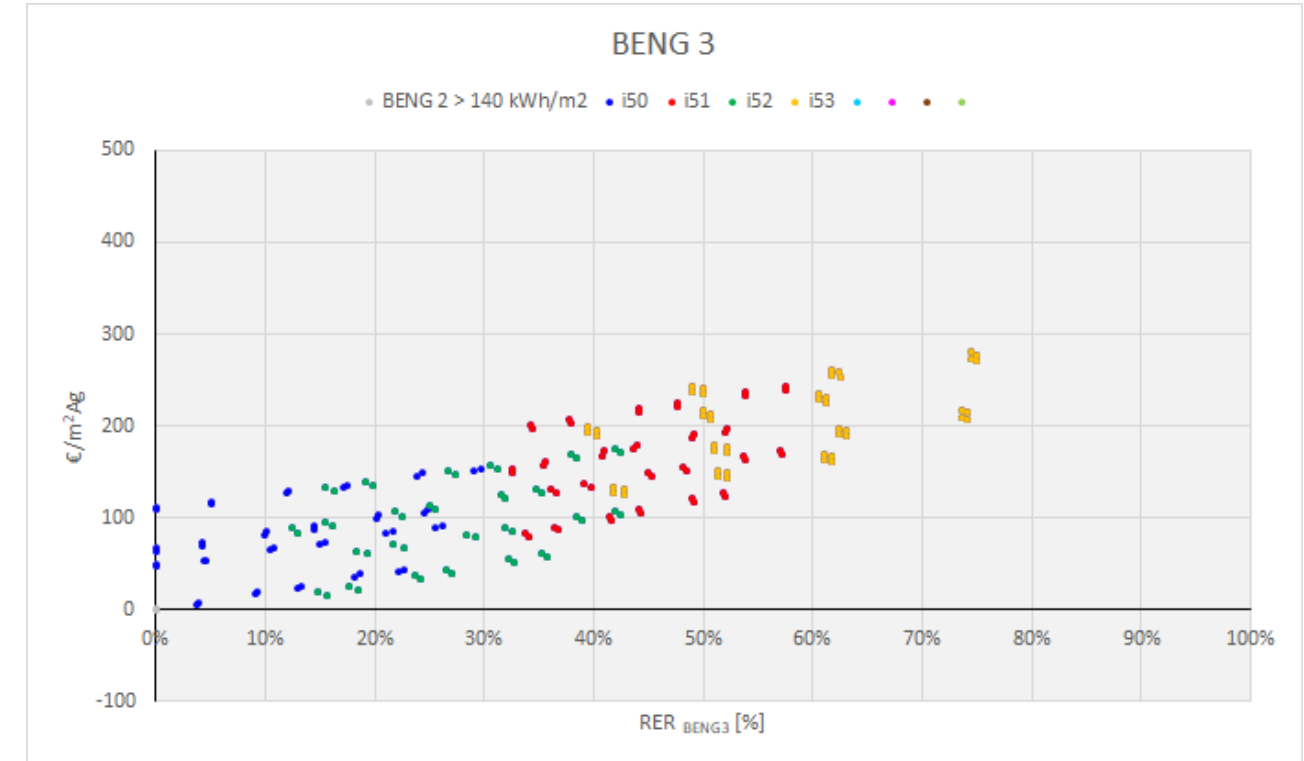
BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 120 kWh/m<sup>2</sup>

Inclusief de varianten met PV:

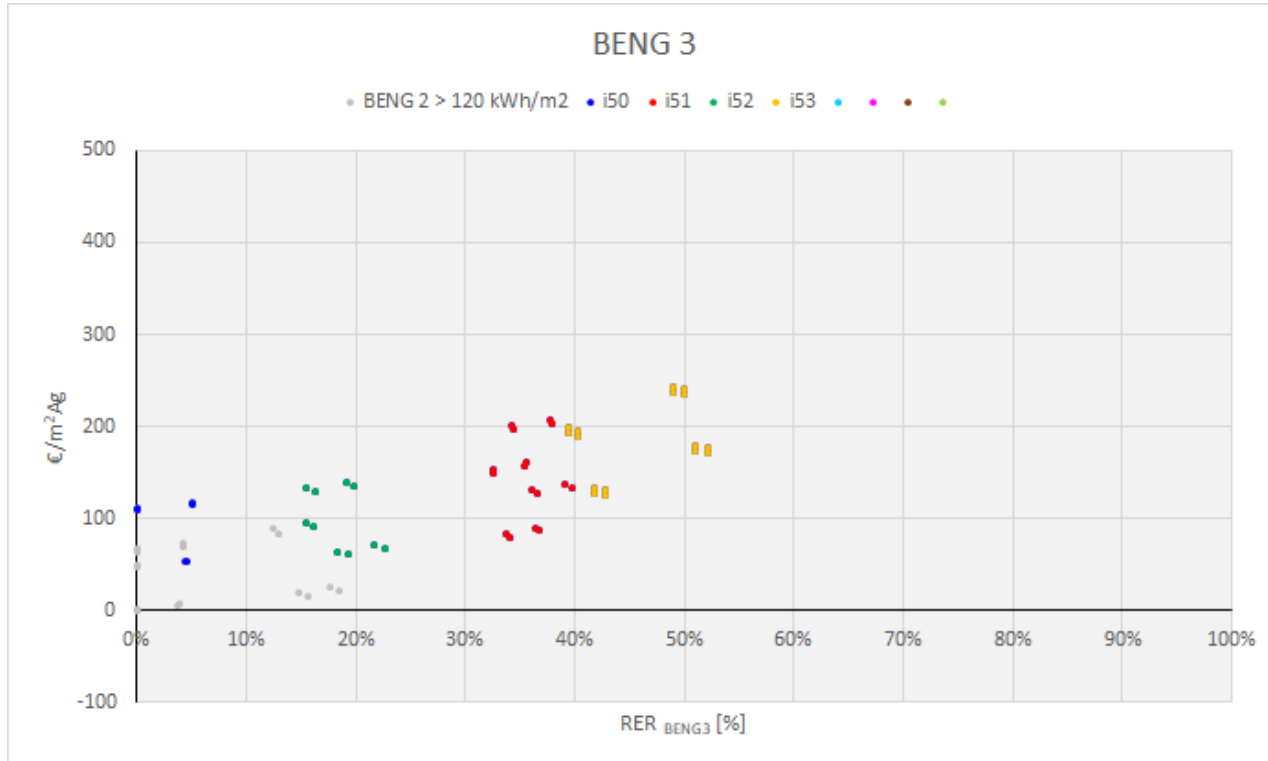


BENG 3 bij een BENG 2-eis van maximaal 140 kWh/m<sup>2</sup>

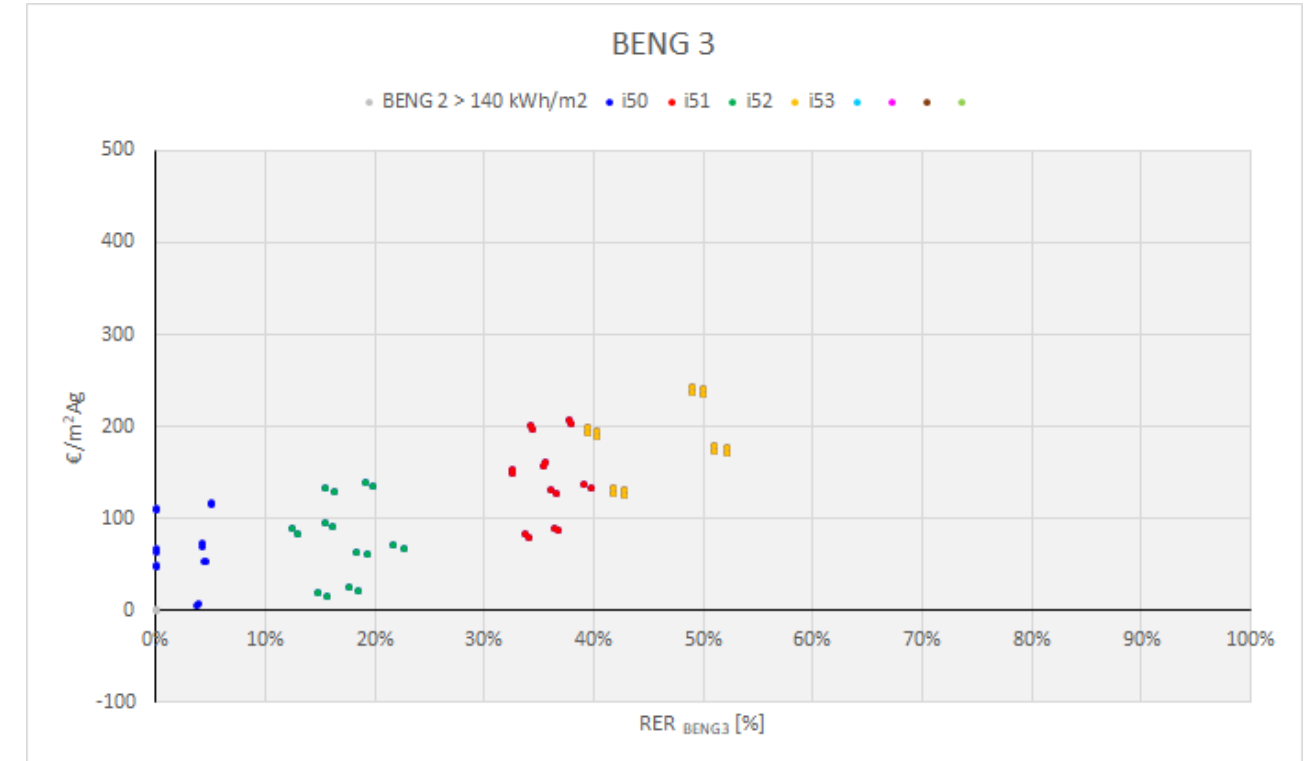
Inclusief de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:



Zonder de varianten met PV:





## 8. Resultaten utiliteitsbouw BENG 1

Zoals we al in hoofdstuk 6 hebben aangegeven heeft de BENG 1-indicator een sterke correlatie met de compactheid van het gebouw: hoe compacter het gebouw, des te beter is de BENG 1-indicator.

Om de BENG 1-curve voor de utiliteitsgebouwen in deze studie vast te kunnen stellen is het noodzakelijk om een grote verscheidenheid aan gebouwen te beschouwen zodat een brede range van  $A_{Is}/A_g$  verhoudingen meegenomen wordt in het onderzoek. Helaas bieden de referentiegebouwen per gebruiksfunctie deze brede variatie niet, maar door een vergelijkbare aanpak te hanteren als bij woningbouw kan toch een brede range beschouwd worden. De volgende aanpak en uitgangspunten zijn hiervoor gehanteerd:

- Alle utiliteitsgebouwen zijn in dit onderzoek meegenomen: G20 t/m G54, waarbij de XS-gebouwen één keer zijn meegenomen (dus in totaal 25 gebouwen).
- Per gebruiksfunctie zijn alle gebouwen doorgerekend, dus alle gebouwen krijgen iedere gebruiksfuncties één keer toegewezen (bijvoorbeeld het onderwijsgebouw is zowel doorgerekend als kantoorgebouw, winkel, onderwijs, gezondheidszorg etc.).
- De minimale isolatie-eisen uit het Bouwbesluit zijn voor alle gebouwen aangehouden:  $R_c \geq 4,7/3,7/6,3$  (gevel/vloer/dak) en  $U_{raam} \leq 1,65$ .
- Alle koudebruggen zijn forfaitair aangehouden.
- Om een verscheidenheid aan gebouweigenschappen in de studie mee te nemen, behoudt ieder gebouw zijn eigen warmtecapaciteit
- De daglichtsector en de daylight supply factor is per gebruiksfunctie bepaald door het gemiddelde van de gebouwen te nemen met de desbetreffende gebruiksfunctie. De factoren van de XS-gebouwen zijn niet meegenomen in de bepaling van het gemiddelde omdat deze gebouwen een bovengemiddeld grote daglichtsector hebben en niet representatief zijn.

Het gevolg van deze aanpak is dat er in totaal 25 varianten ontstaan voor elk van de acht gebruiksfuncties waarbij de  $A_{Is}/A_g$  verhouding varieert van 0,64 tot 2,86. Daarbij wordt wel opgemerkt dat dit een theoretische aanpak is om te kunnen variëren in geometrievarianten, waarbij niet iedere geometrievariant even logisch is voor iedere gebruiksfunctie. Bijvoorbeeld de sportgeometrie zal in de praktijk niet (zo vaak) voorkomen in kantoorgebouwen. Bij het bestuderen van de grafieken in dit hoofdstuk moet dit aspect in het achterhoofd gehouden worden.

Uit de BENG 2-berekeningen die in het vorige hoofdstuk gepresenteerd zijn, is gebleken dat een bouwkundig pakket met extra isolatie en triple glas ten opzichte van de referentie (= isolatie op Bouwbesluit niveau en HR++ beglazing) bij de meeste gebouwen niet tot lagere NCC leidt. Met andere woorden: het huidige Bouwbesluitniveau is al kostenoptimaal. Het gevolg hiervan is dat voor de BENG 1-analyse alleen gekeken hoeft te worden naar een isolatiepakket op bouwbesluitniveau. Op basis daarvan kan de BENG 1-knikpunt grafiek bepaald worden.

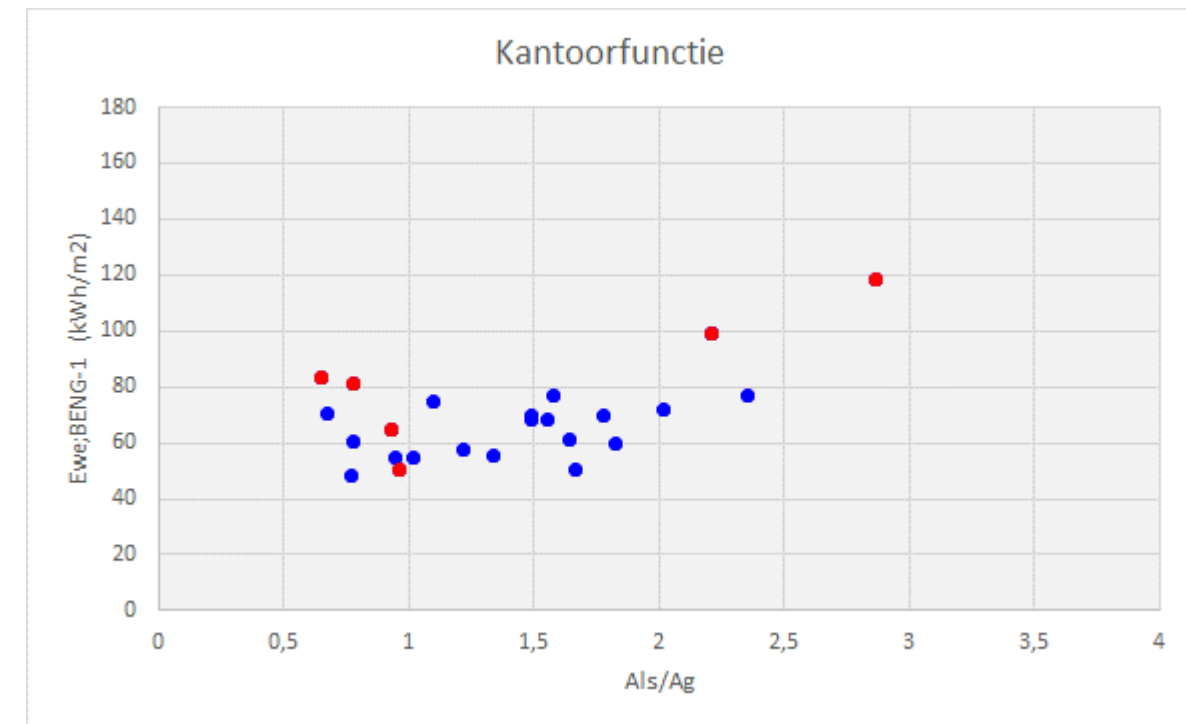
Doordat BENG 1 in de NTA 8800 doorgerekend wordt met een vast ventilatiesysteem, is het type ventilatiesysteem niet meer van invloed op de BENG 1-indicator. Bij de analyse van het BENG 1-knikpunt hoeft hiermee dus niet gevarieerd te worden.

### 8.1 Kantoorfunctie BENG 1

Voor de kantoorfuncties zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (=Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa is afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddelde percentage van het gebruiksoppervlakte als daglichtsector van 49% (gebaseerd op het gemiddelde van de gebouwen G22 t/m G25) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.68.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van circa 50 tot bijna 120 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' kantoorgebouwen. Waarbij de XS-kantoorgebouwen zich aan de rechterkant van de grafiek bevinden ( $A_{Is}/A_g$  2,2 en 2,86).

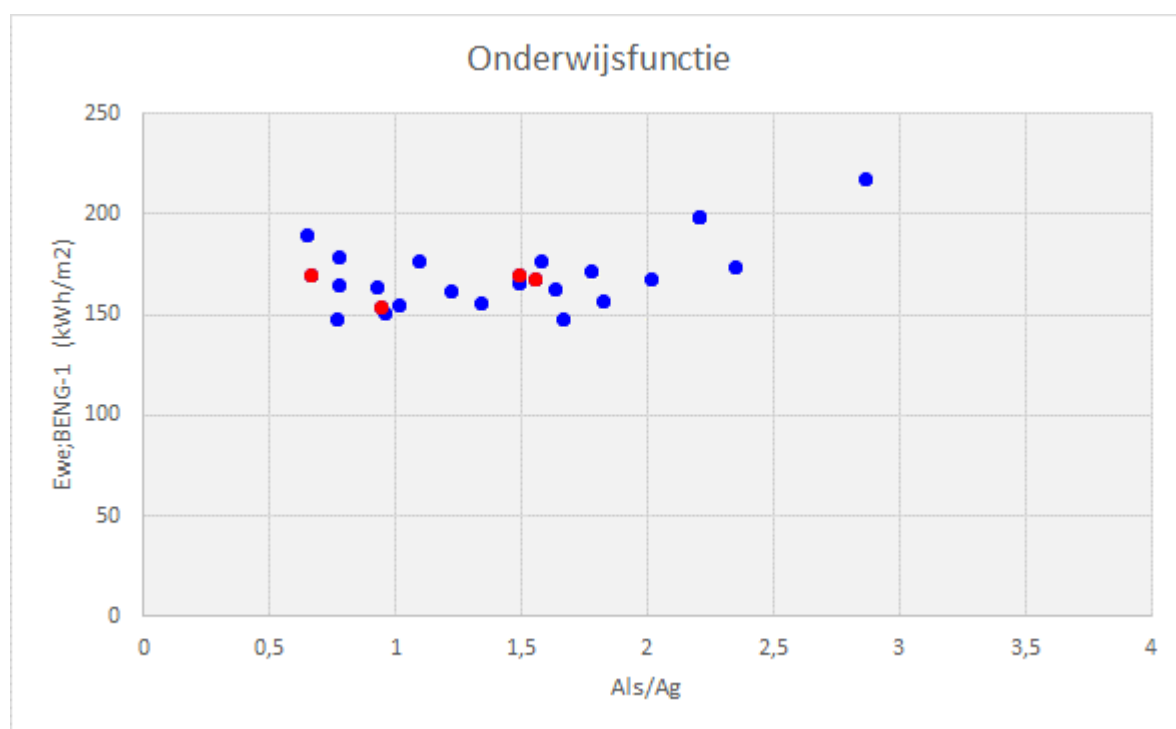


#### 8.4 Onderwijsfunctie BENG 1

Voor de onderwijsfuncties zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa is afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- .
- Gemiddeld percentage van de gebruiksoppervlakte als daglichtsector van 57% (gebaseerd op het gemiddelde van de gebouwen G32 t/m G35) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.67.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:

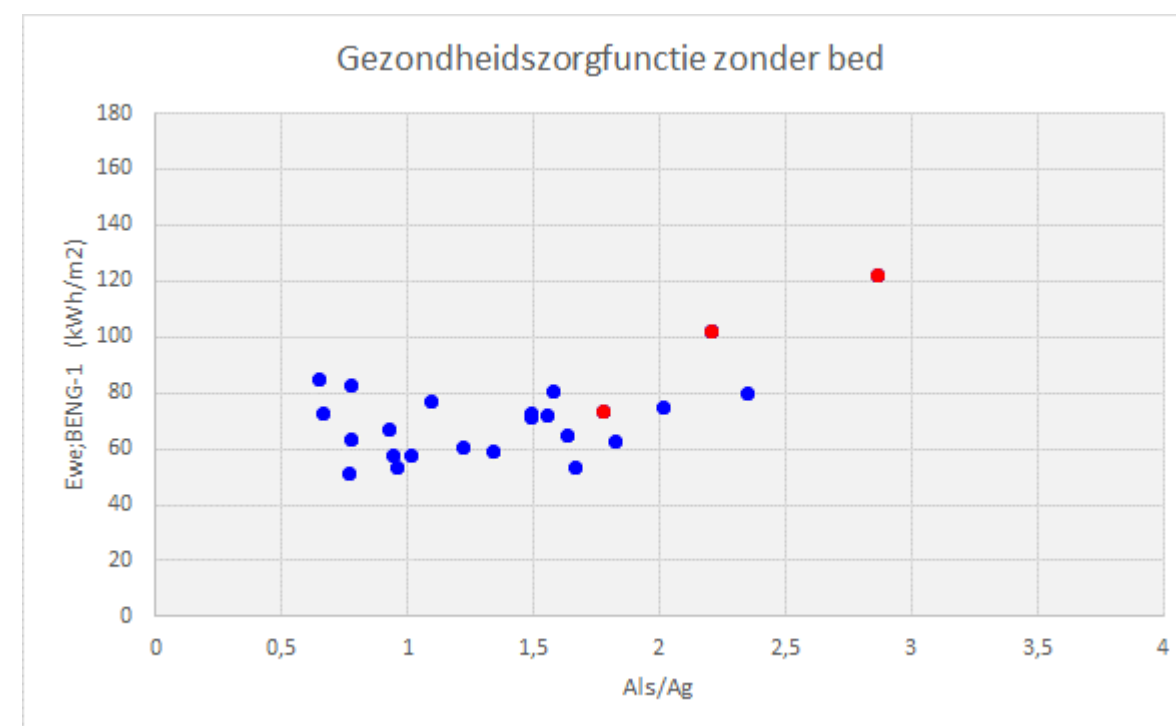


De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van circa 150 tot bijna 220 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' onderwijsgebouwen. In vergelijking met de hiervoor getoonde grafieken ligt het BENG 1-niveau voor onderwijsgebouwen veel hoger. Dat komt doordat bij onderwijsgebouwen het minimum ventilatiedebiet in het Bouwbesluit veel hoger is, en dit heeft een duidelijk zichtbaar effect op de BENG 1-resultaten.

#### 8.5 Gezondheidszorgfunctie zonder bed BENG 1

Voor de gezondheidszorgfuncties zonder bed zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddelde percentage van het gebruiksoppervlakte als daglichtsector van 58% (gebaseerd op gebouw G38) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.55 op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



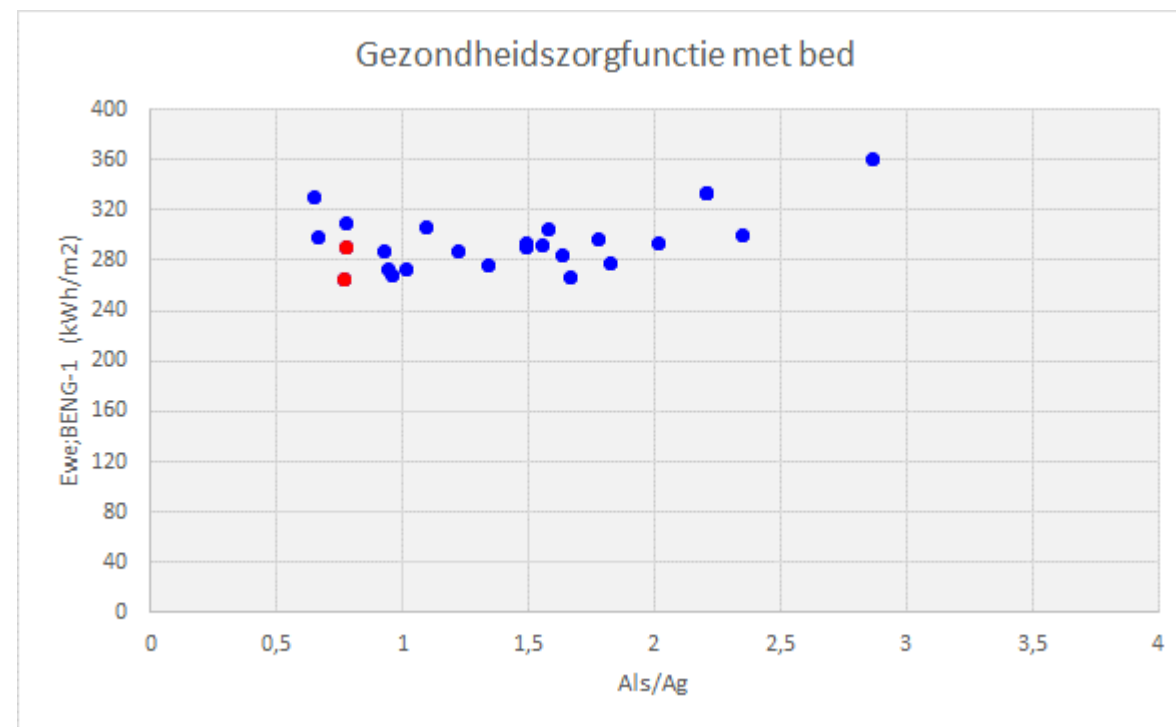
De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van 50 tot ruim 120 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' gezondheidszorgfuncties zonder bed. Waarbij de XS-gezondheidszorggebouwen zich aan de rechterkant van de grafiek bevinden ( $A_{ls}/A_g$  2,2 en 2,86).

### 8.6 Gezondheidszorgfunctie met bed BENG 1

Voor de gezondheidszorgfuncties met bed zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (=Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddeld percentage van de gebruiksoppervlakte als daglichtsector van 30% (gebaseerd op het gemiddelde van de gebouwen G39 t/m G40) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.68.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



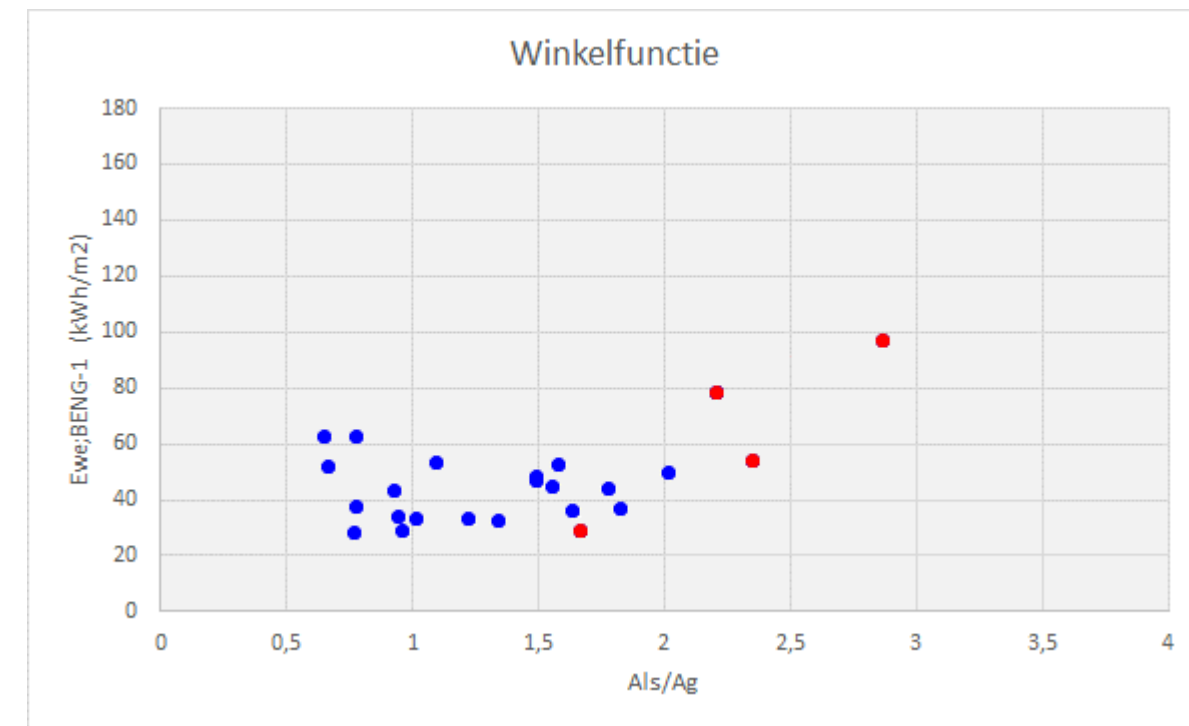
De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van 260 tot ruim 360 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' gezondheidszorgfuncties met bed. In vergelijking met de hiervoor getoonde grafieken ligt het BENG 1-niveau voor gezondheidszorgfuncties met bed veel hoger. Dat komt doordat bij gezondheidszorgfuncties met bed het minimum ventilatiedebiet in het Bouwbesluit veel hoger is én de binnentemperatuur ook hoger is, en dit heeft een duidelijk zichtbaar effect op de BENG 1-resultaten.

### 8.7 Winkelfunctie BENG 1

Voor de winkelfunctie zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (=Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Bij de winkelfunctie is geen sprake van daglichtsectoren voor verlichting.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van bijna 30 tot bijna 100 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' winkels. Waarbij de XS-winkel zich aan de rechterkant van de grafiek bevinden ( $A_{is}/A_g$  2,2 en 2,86).

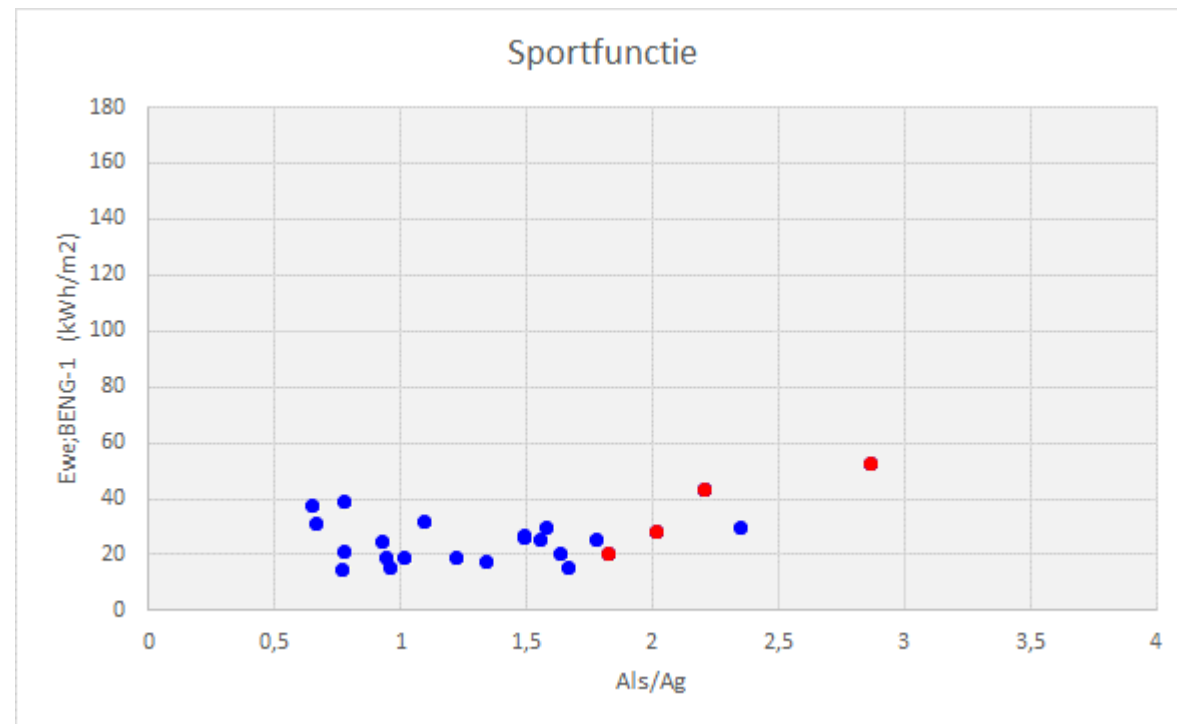


### 8.8 Sportfunctie BENG 1

Voor de sportgebouwen zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddelde percentage van het gebruiksovervlakte als daglichtsector van 17% (gebaseerd op het gemiddelde van de gebouwen G47 t/m G48) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.69.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:



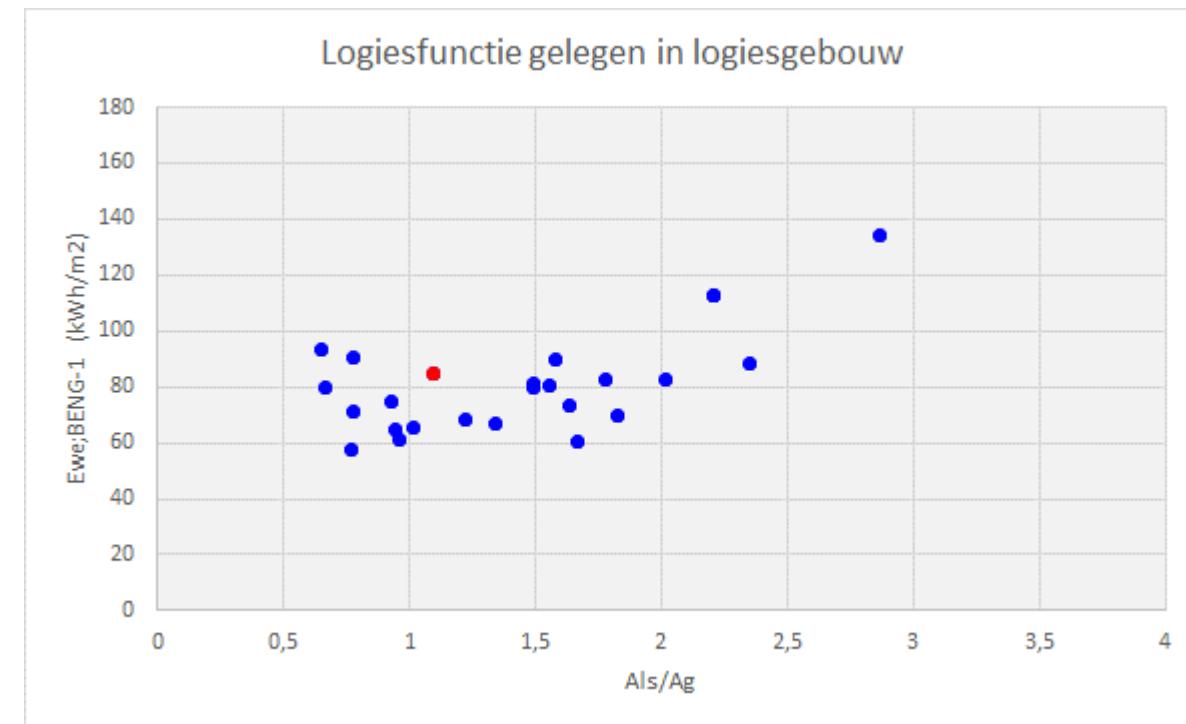
De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van 15 tot bijna 55 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' sportgebouwen. Waarbij de XS-sport zich aan de rechterkant van de grafiek bevindt ( $A_{Is}/A_g$  2,2 en 2,86).

### 8.9 Logiesfunctie in een logiesgebouw BENG 1

Voor de logiesfunctie gelegen in een logiesgebouw zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddelde percentage van het gebruiksovervlakte als daglichtsector van 63% (gebaseerd op gebouw G49) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.67.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1 grafiek er als volgt uit:



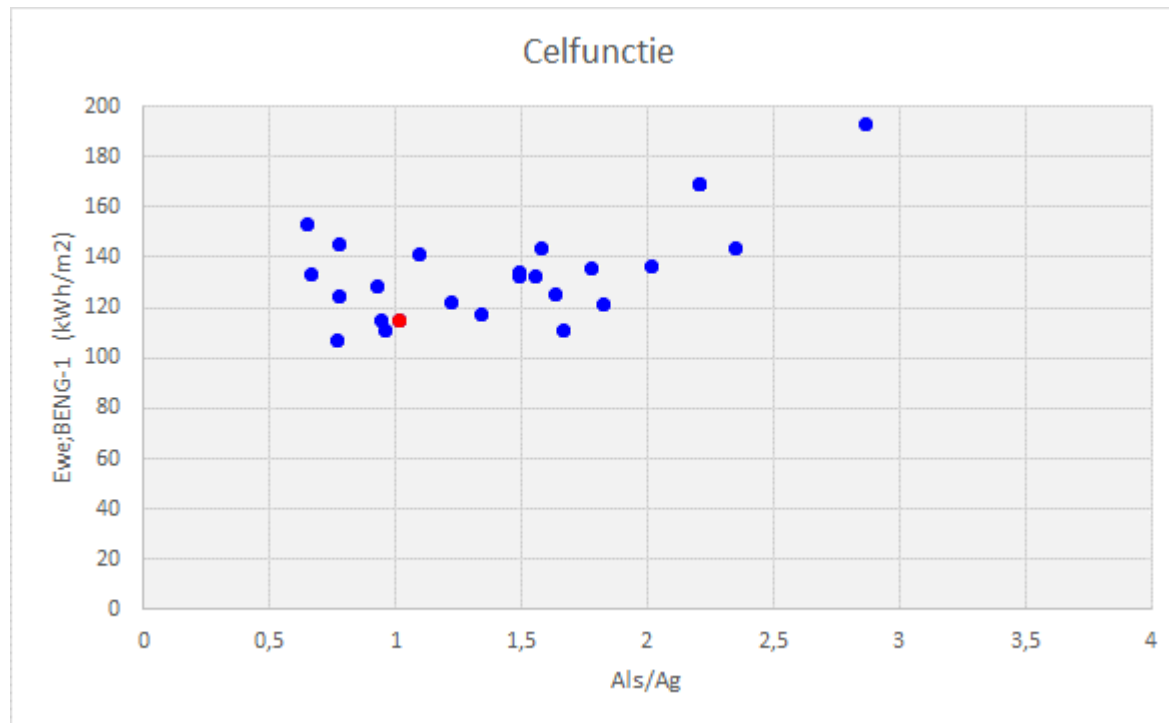
De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van bijna 60 tot bijna 135 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen zijn de 'echte' logiesfuncties gelegen in een logiesgebouw.

### 8.10 Celfunctie BENG 1

Voor de celfunctie zijn 46 geometrie varianten doorgerekend met de volgende uitgangspunten:

- $R_c$  gevel 4,7/  $R_c$  vloer 3,7/  $R_c$  dak 6,3 en  $U_{raam} = 1,65$  (= Bouwbesluitniveau).
- Voor alle gebouwen zijn de forfaitaire koudebruggen gehanteerd en is gerekend met oriëntatie O10.
- Thermische massa afhankelijk van het type oorspronkelijk gebouw.
- Gemiddeld percentage van de gebruiksoppervlakte als daglichtsector van 10% (gebaseerd op gebouw G50) is aangehouden en het bijbehorende gemiddelde Daylight supply factor van 0.76.

Op basis van deze uitgangspunten ziet de BENG 1-grafiek er als volgt uit:

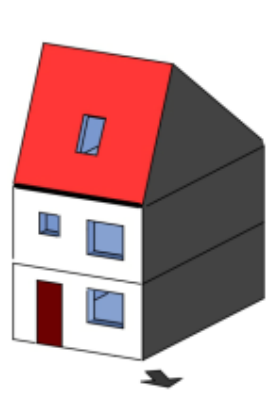


De grafiek laat een spreiding in BENG 1-resultaten zien die varieert van 105 tot bijna 195 kWh/m<sup>2</sup>. De rood gemarkeerde stippen is de 'echte' celfunctie.

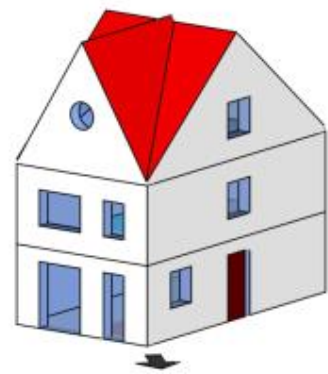
ir. T.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA  
DGMR Bouw B.V.

**Bijlage 1**

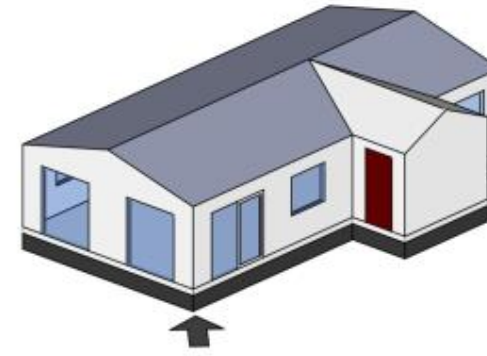
Titel                      Overzicht 3D-modellen referentiegebouwen



G10 Woning S tussen



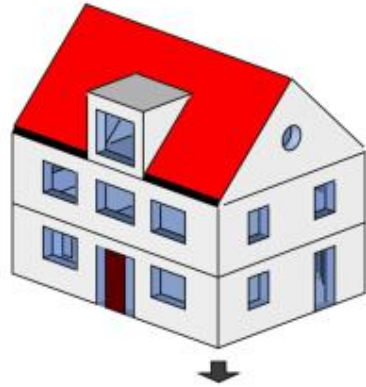
G11 Woning M hoek



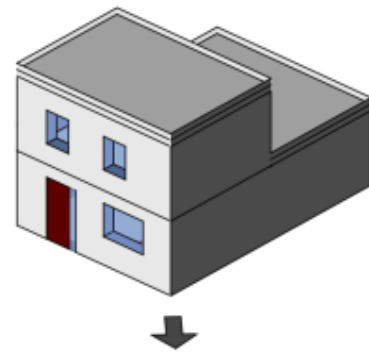
G16 Woonwagen



G17 Logieswoning



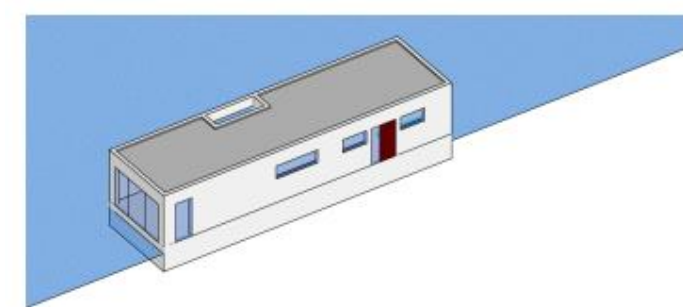
G12 Woning L vrij



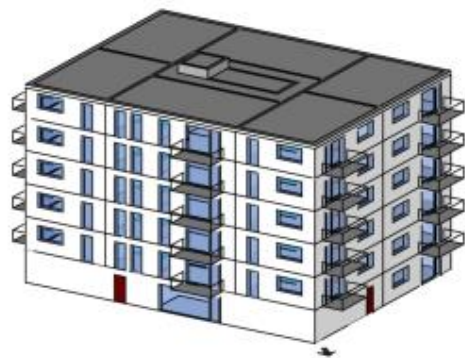
G13 Woning M tussen



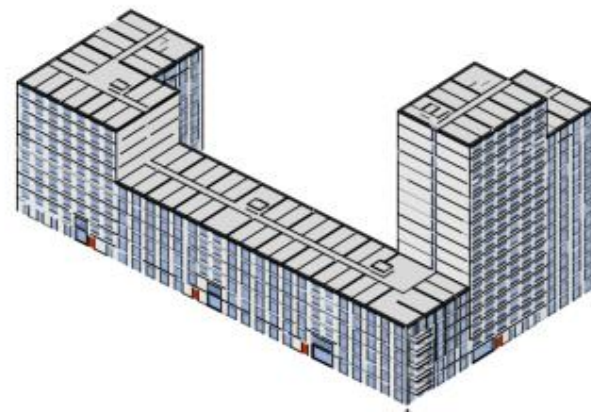
G18 Drijvend bouwwerk (nieuwe ligplaats)



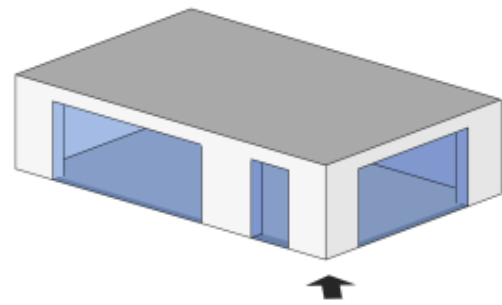
G19 Drijvend bouwwerk (bestaande ligplaats)



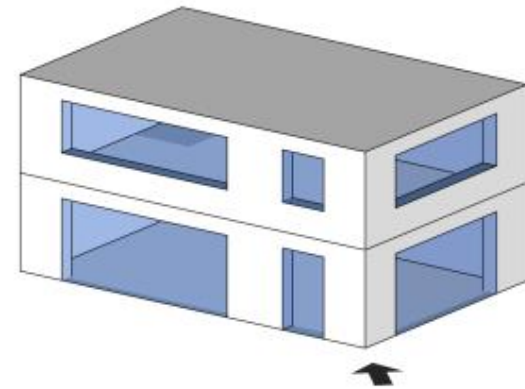
G14 Woongebouw M (33 woningen)



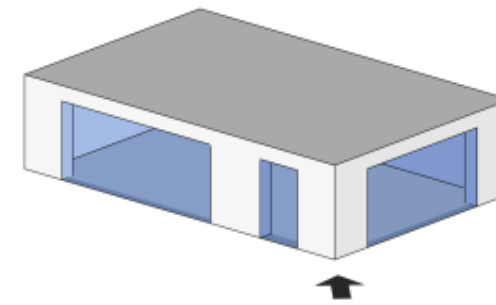
G15 Woongebouw XL (604 XS woningen)



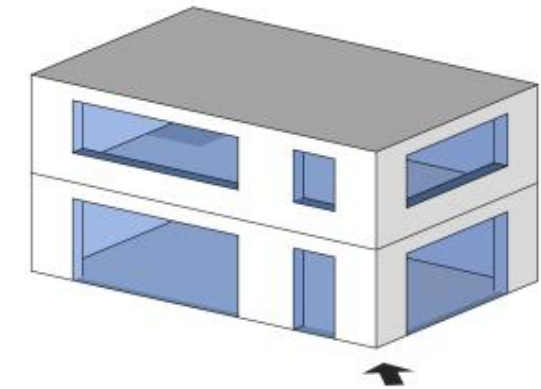
G20 Kantoor XS 100



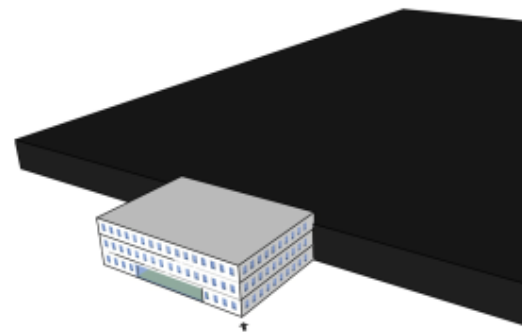
G21 Kantoor XS 200



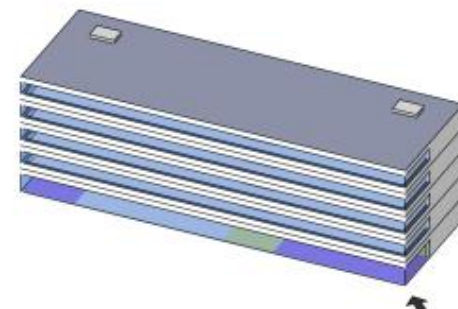
G26 Bijeenkomst XS 100



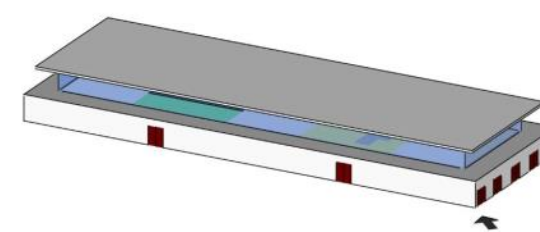
G27 Bijeenkomst XS 200



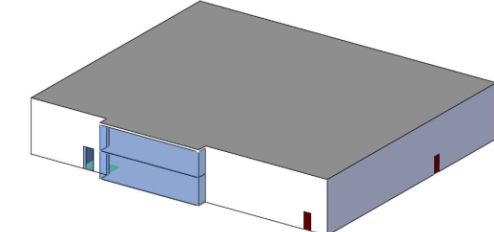
G22 Kantoor S



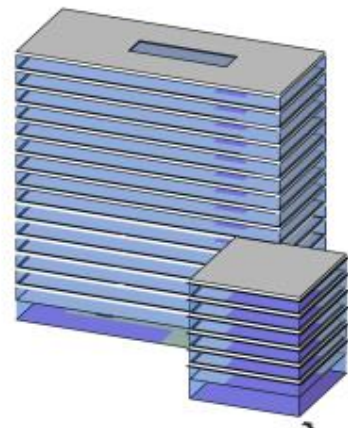
G23 Kantoor M



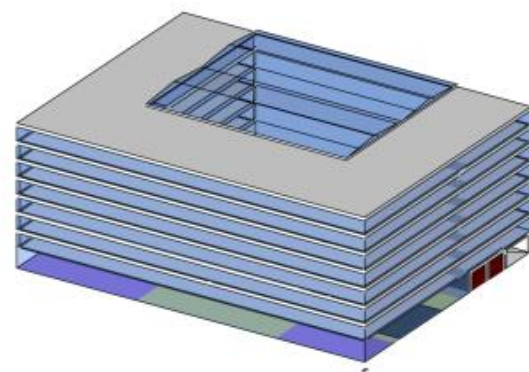
G28 Bijeenkomst S



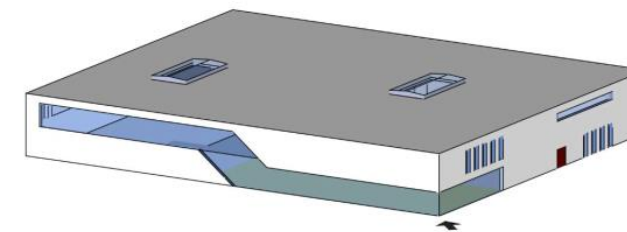
G29 Bijeenkomst M



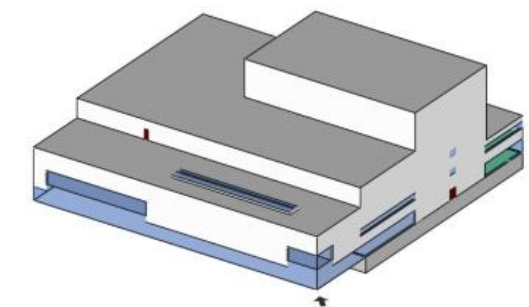
G24 Kantoor XL1



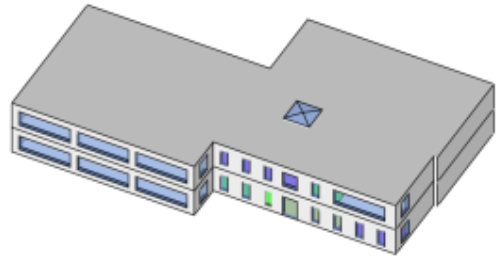
G25 Kantoor XL2



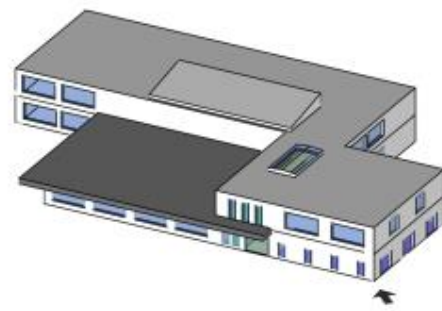
G30 Bijeenkomst L



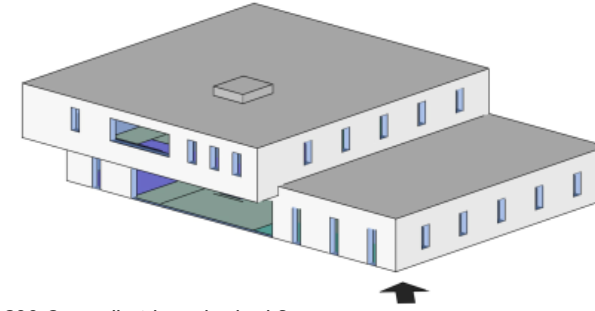
G31 Bijeenkomst XL



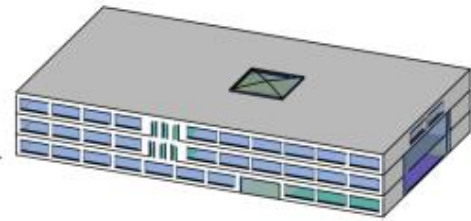
G32 Onderwijs S



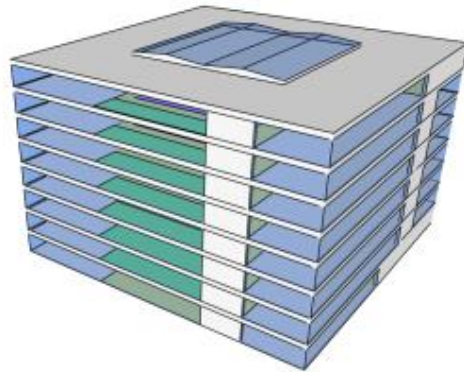
G33 Onderwijs M



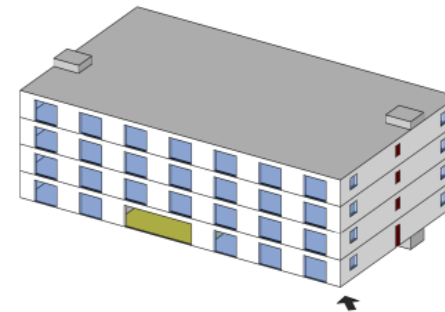
G38 Gezondheid zonder bed S



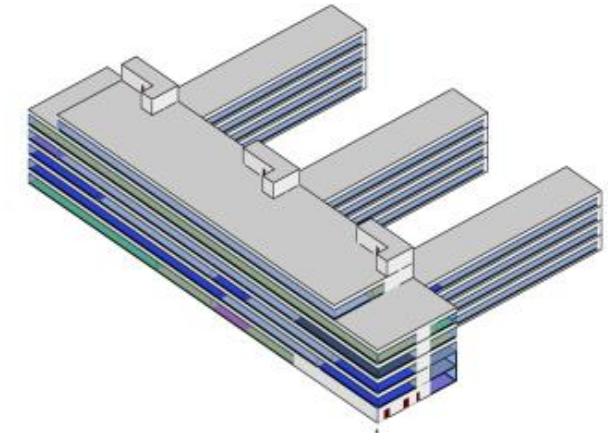
G34 Onderwijs L



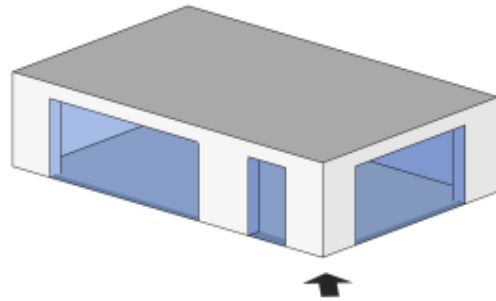
G35 Onderwijs XL



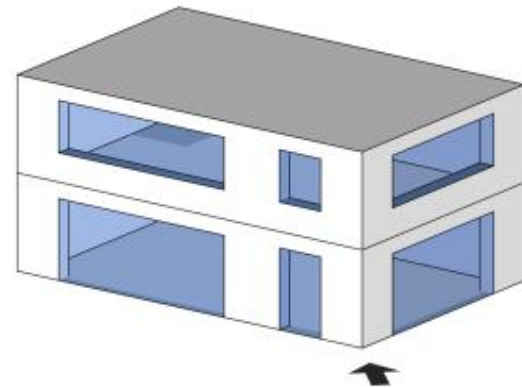
G39 Gezondheid met bed L



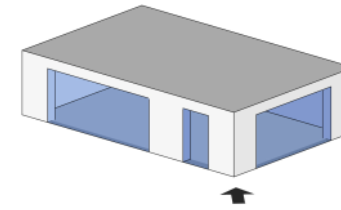
G40 Gezondheid met bed XL



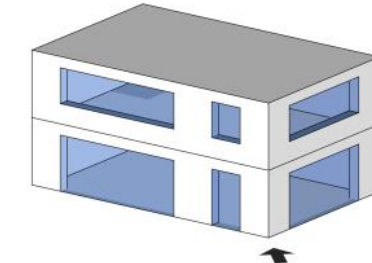
G36 Gezondheid zonder bed XS 100



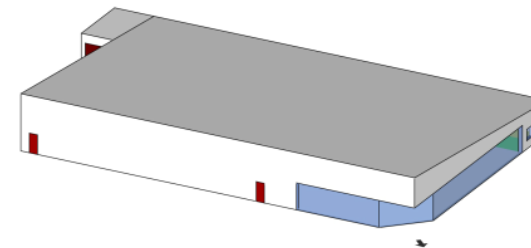
G37 Gezondheid zonder bed XS 200



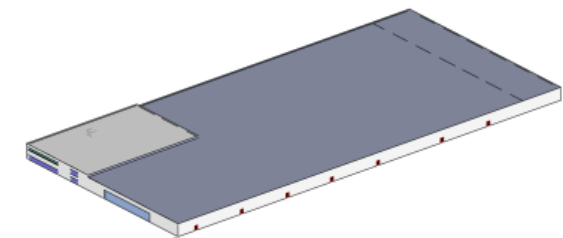
G41 Winkel XS 100



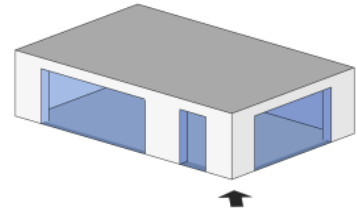
G42 Winkel XS 200



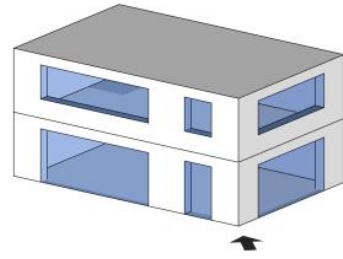
G43 Winkel S



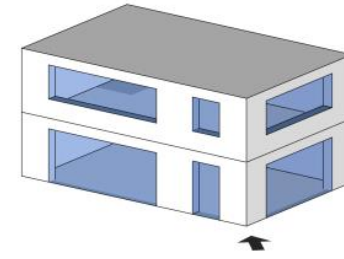
G44 Winkel XL



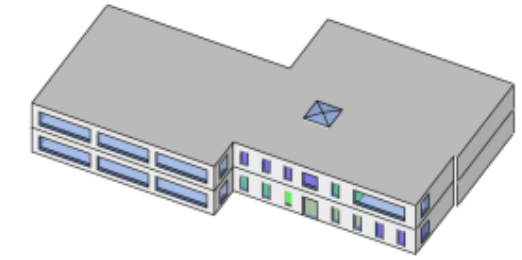
G45 Sport XS 100



G46 Sport XS 100

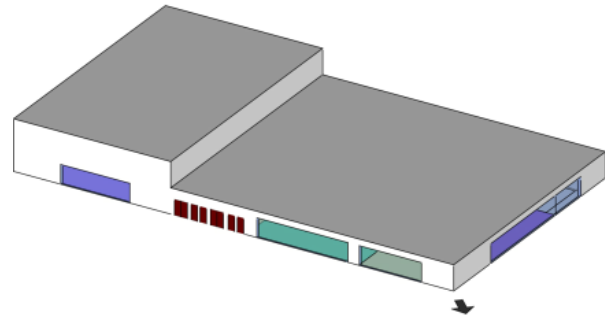


G53 Bijeenkomst kinderopvang XS 200

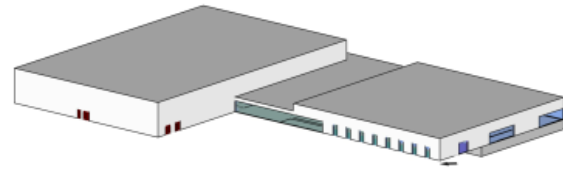


G54 Bijeenkomst kinderopvang S

---

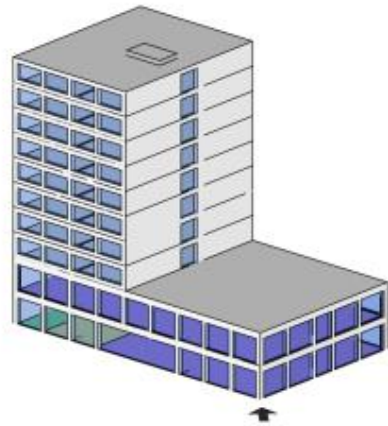


G47 Sport M



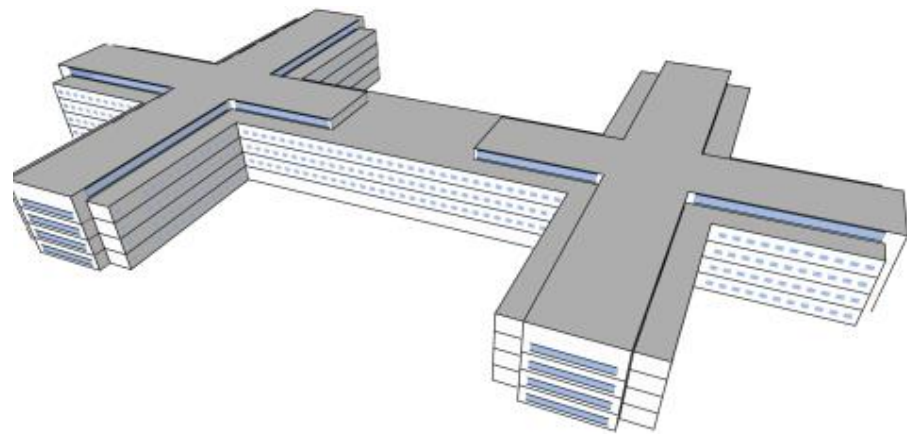
G48 Sport L

---



G49 Logiesgebouw M

---



G50 Cellengebouw

---

**Bijlage 2**

Titel	Uitgangspunten gebouwen en maatregelen
Toelichting	Zie apart bijgevoegd Excel bestand B2017137800R001_Bijlage 2.xlsx



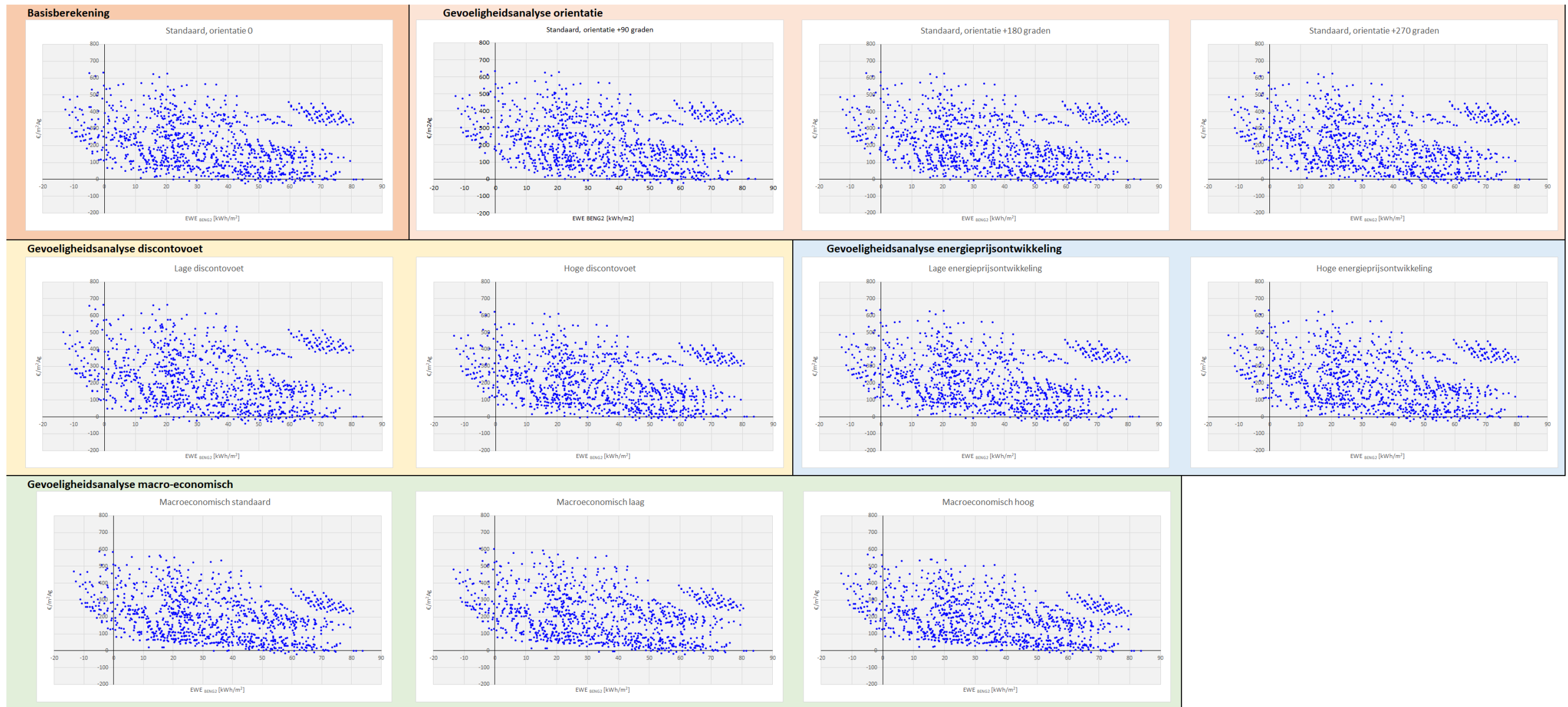
**Bijlage 3**

Titel

Verantwoordingsrapportage investeringskosten  
Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800Bron  
ToelichtingArcadis  
Zie apart bijgevoegd document

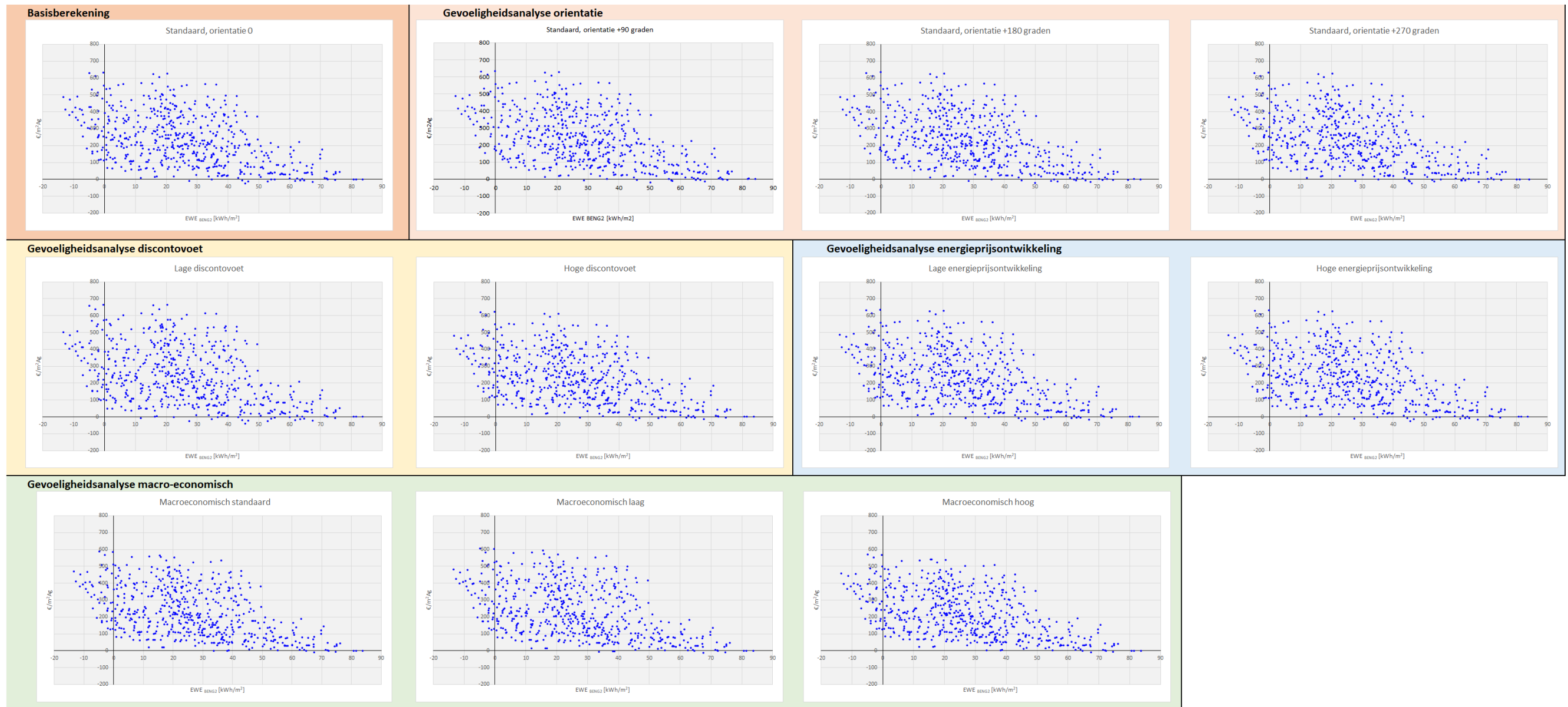


**BENG 2 - Woongebouwen en grondgebonden woningen**



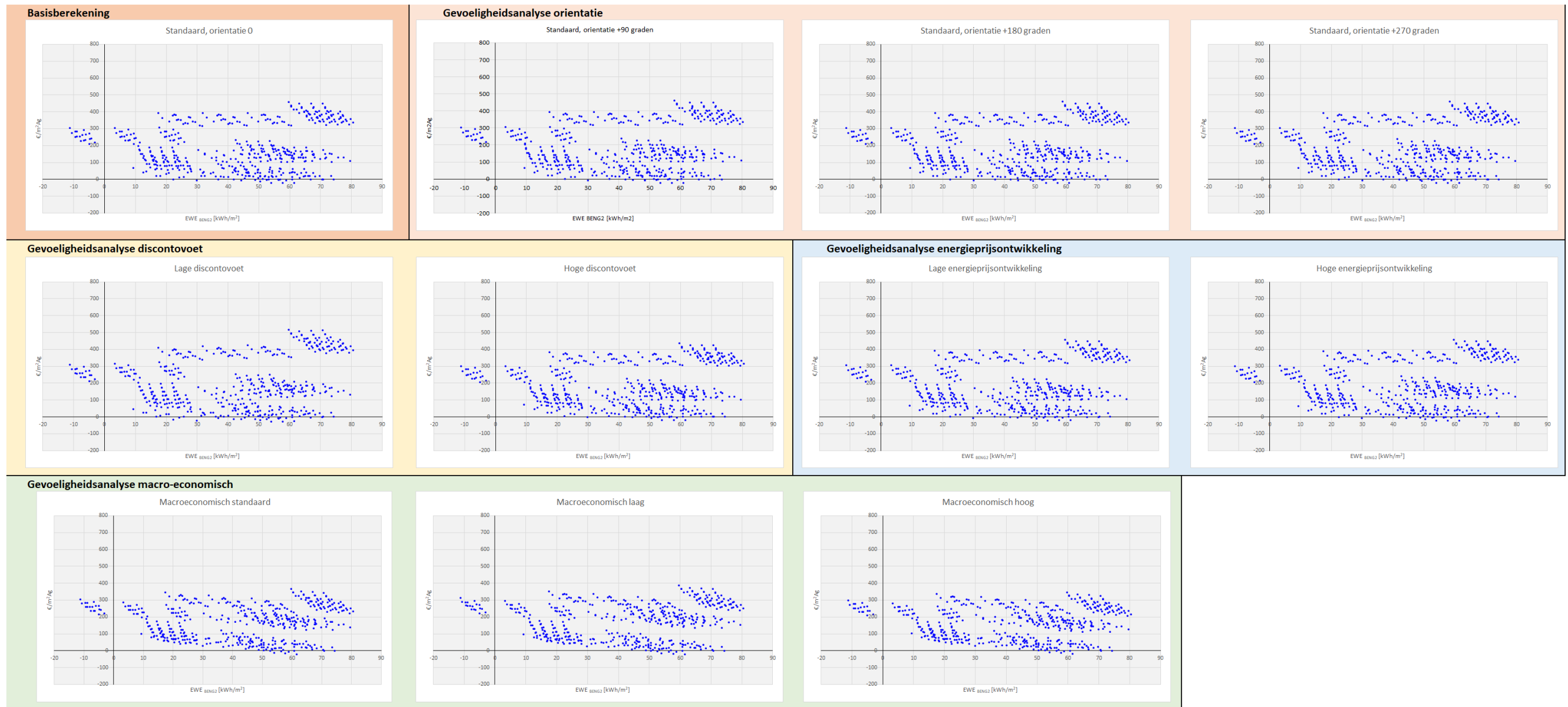
De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

## BENG 2 - Grondgebonden woningen



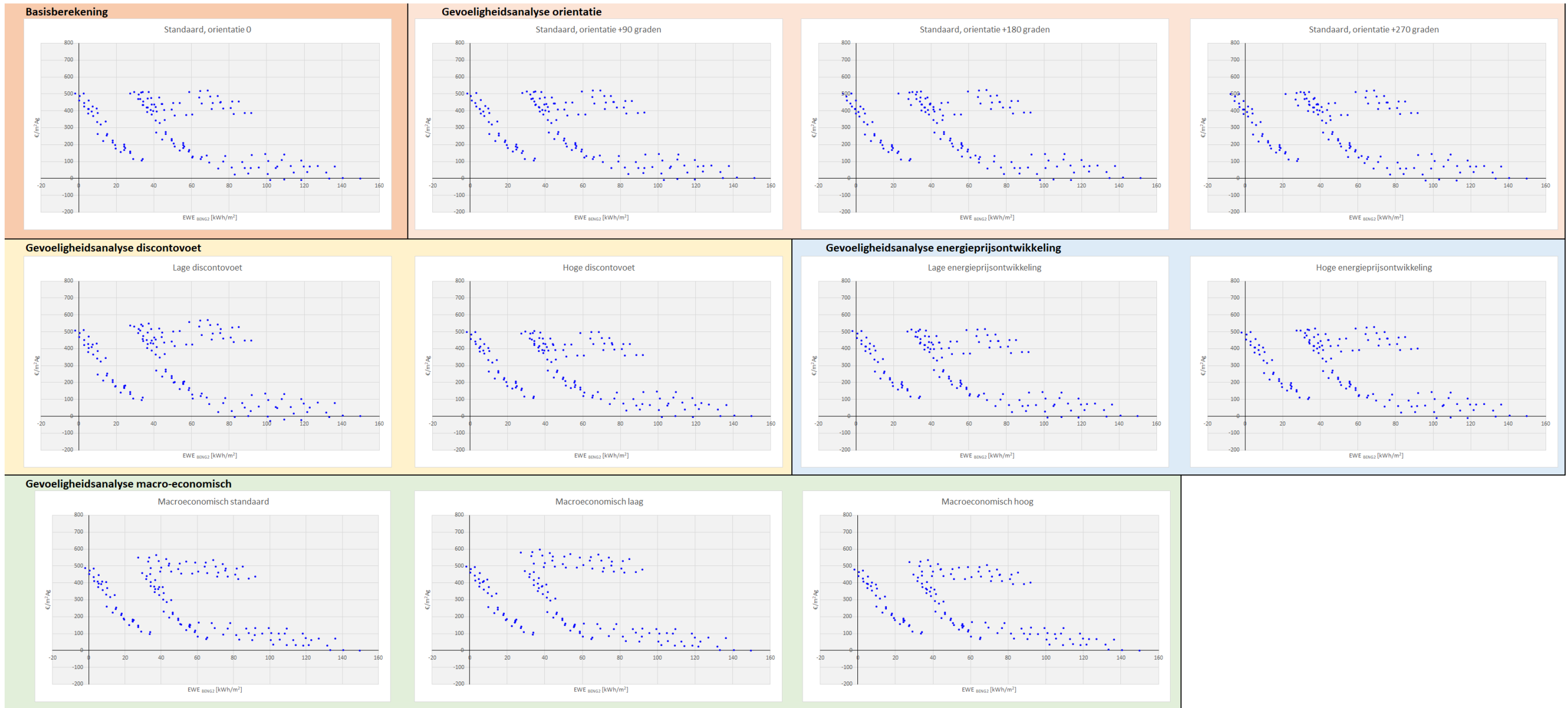
De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

## BENG 2 - Woongebouwen



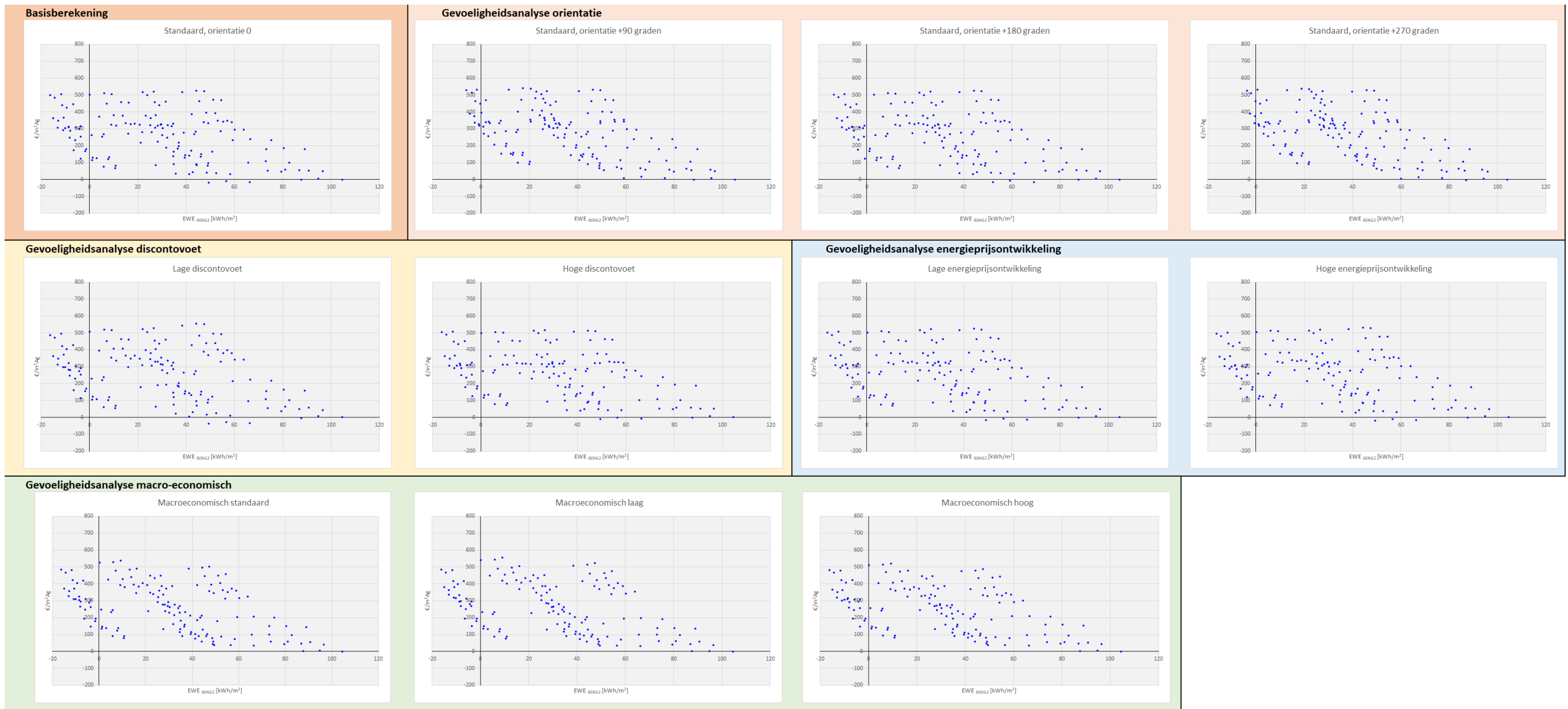
De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

BENG 2 - Woonwagen



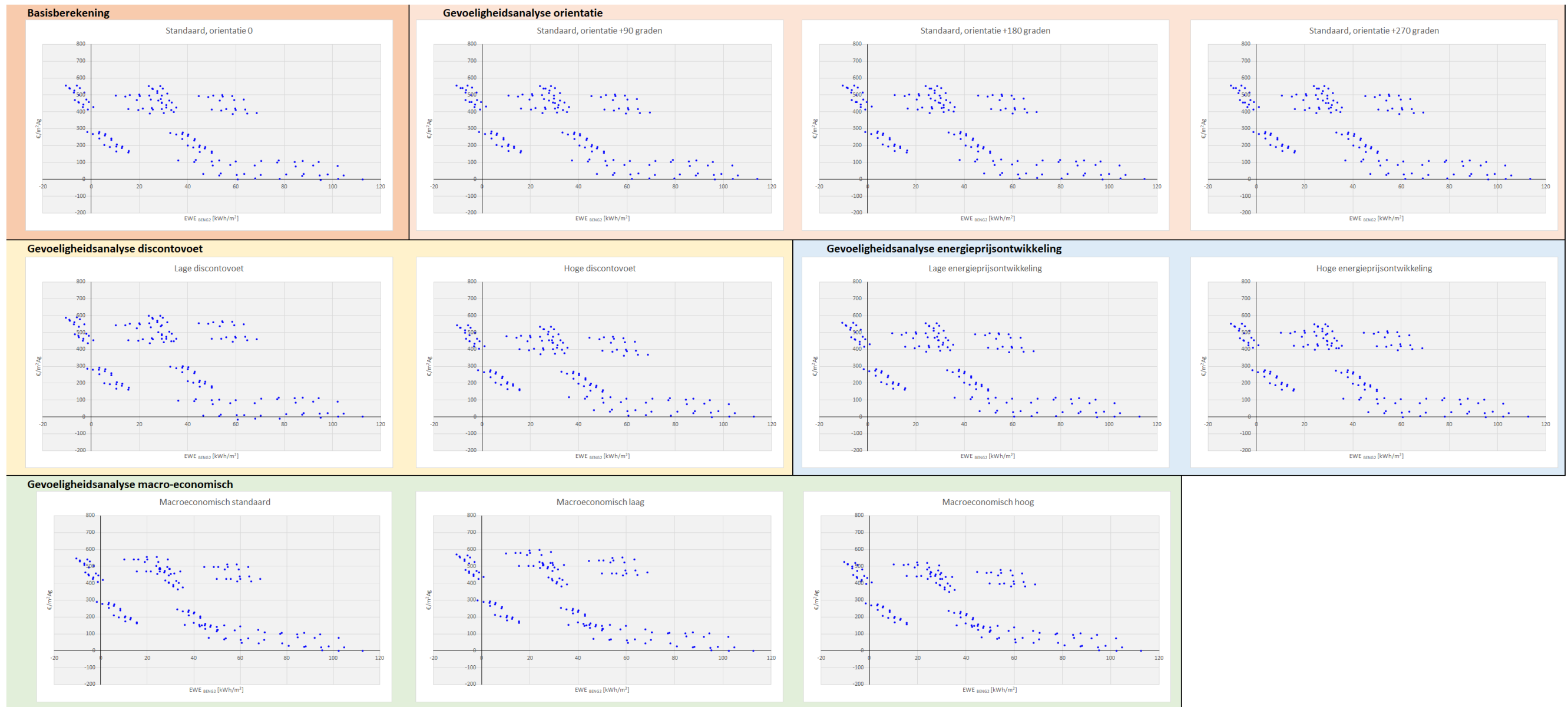
De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

**BENG 2 - Logieswoning**



De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

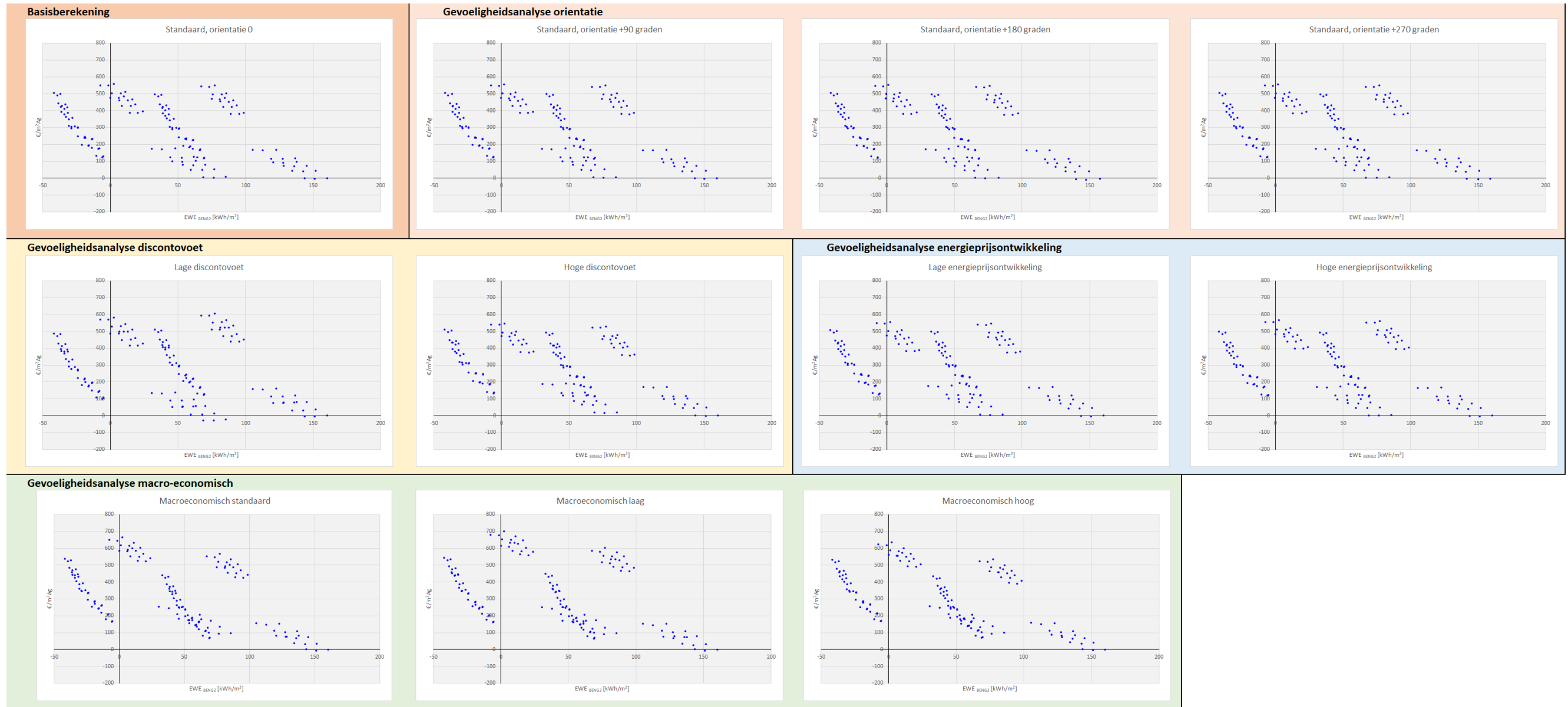
## BENG 2 - Drijvende woonfunctie nieuwe ligplaats



De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).



## BENG 2 - Drijvende woonfunctie bestaande ligplaats

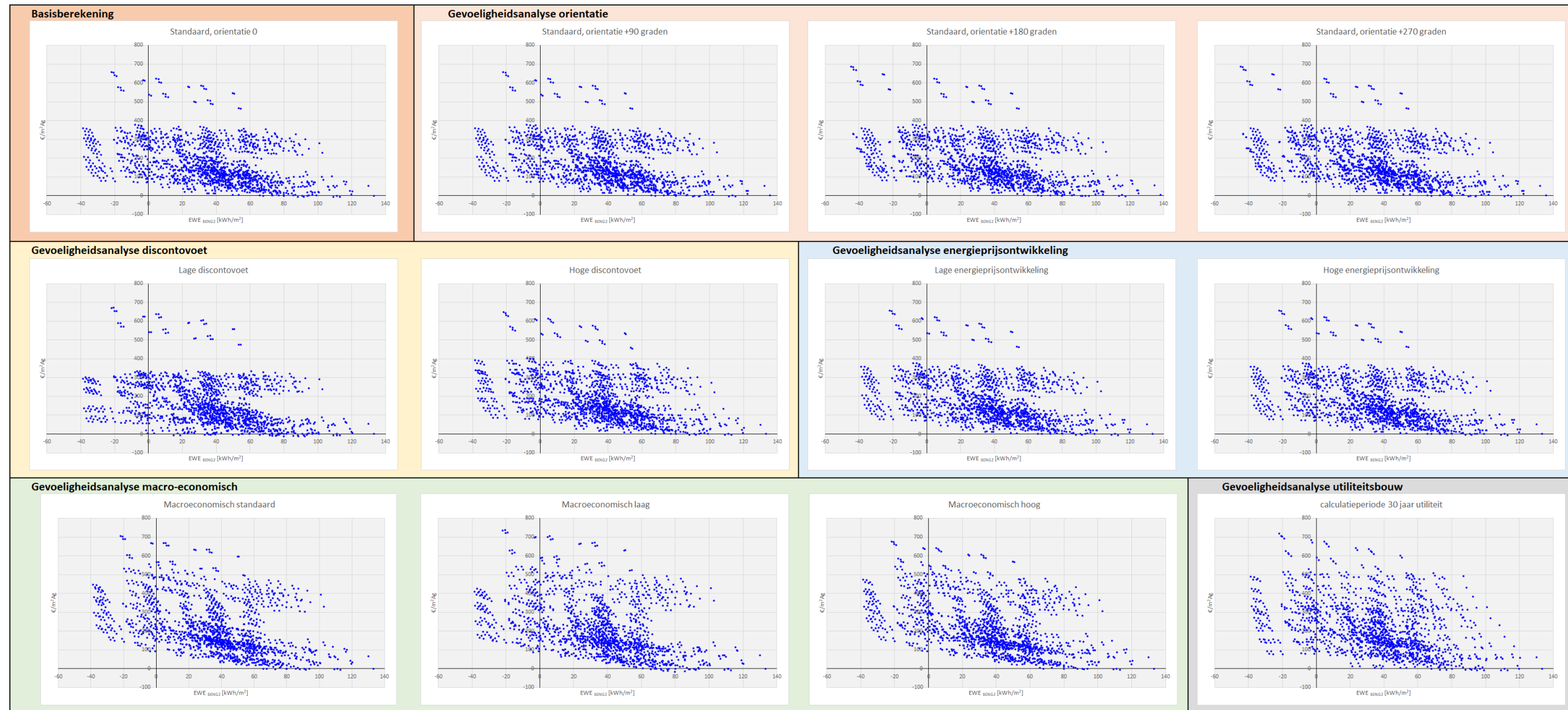


De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

**Bijlage 5**

Titel                      Gevoeligheidsanalyses BENG 2 utiliteitsbouw

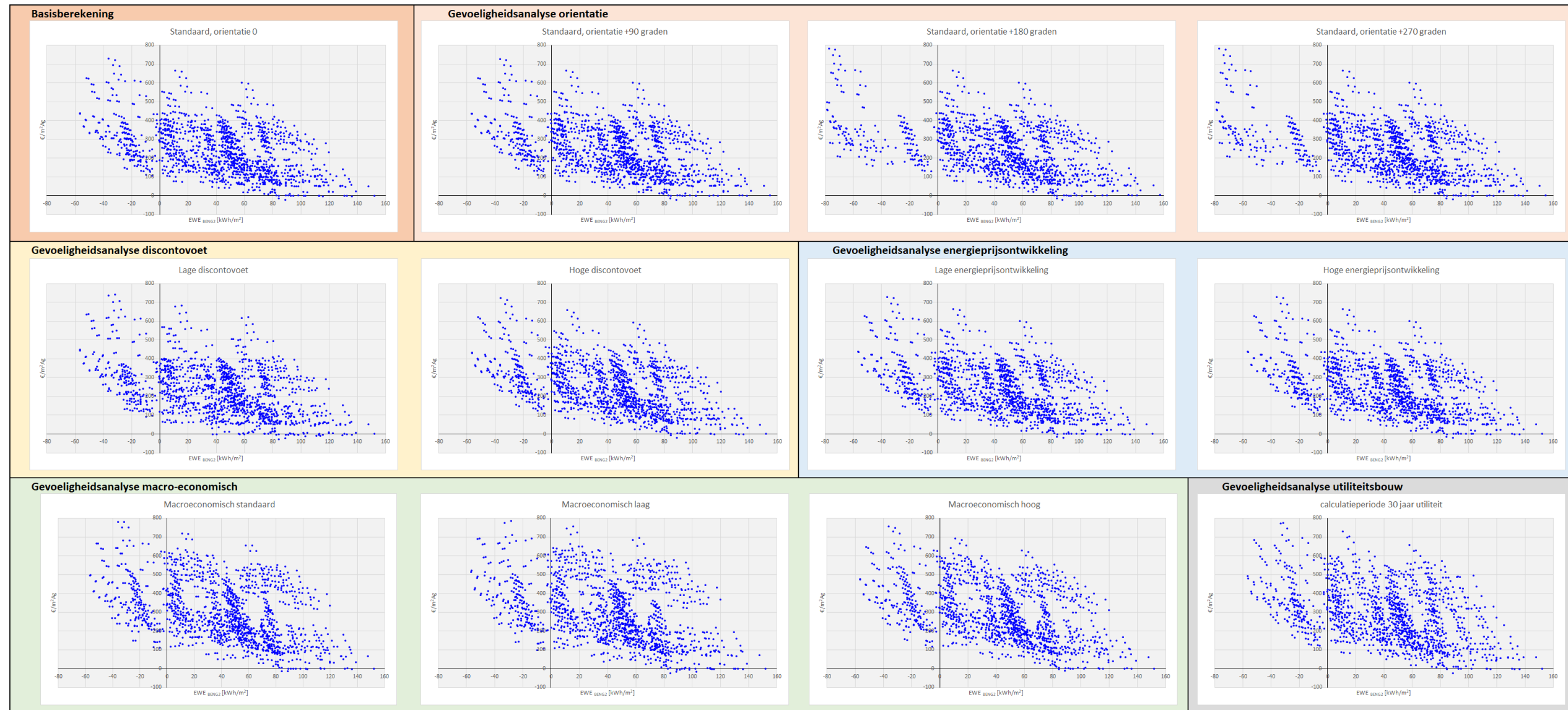
## BENG 2 - Kantoorfuncties



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhogtes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijsontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

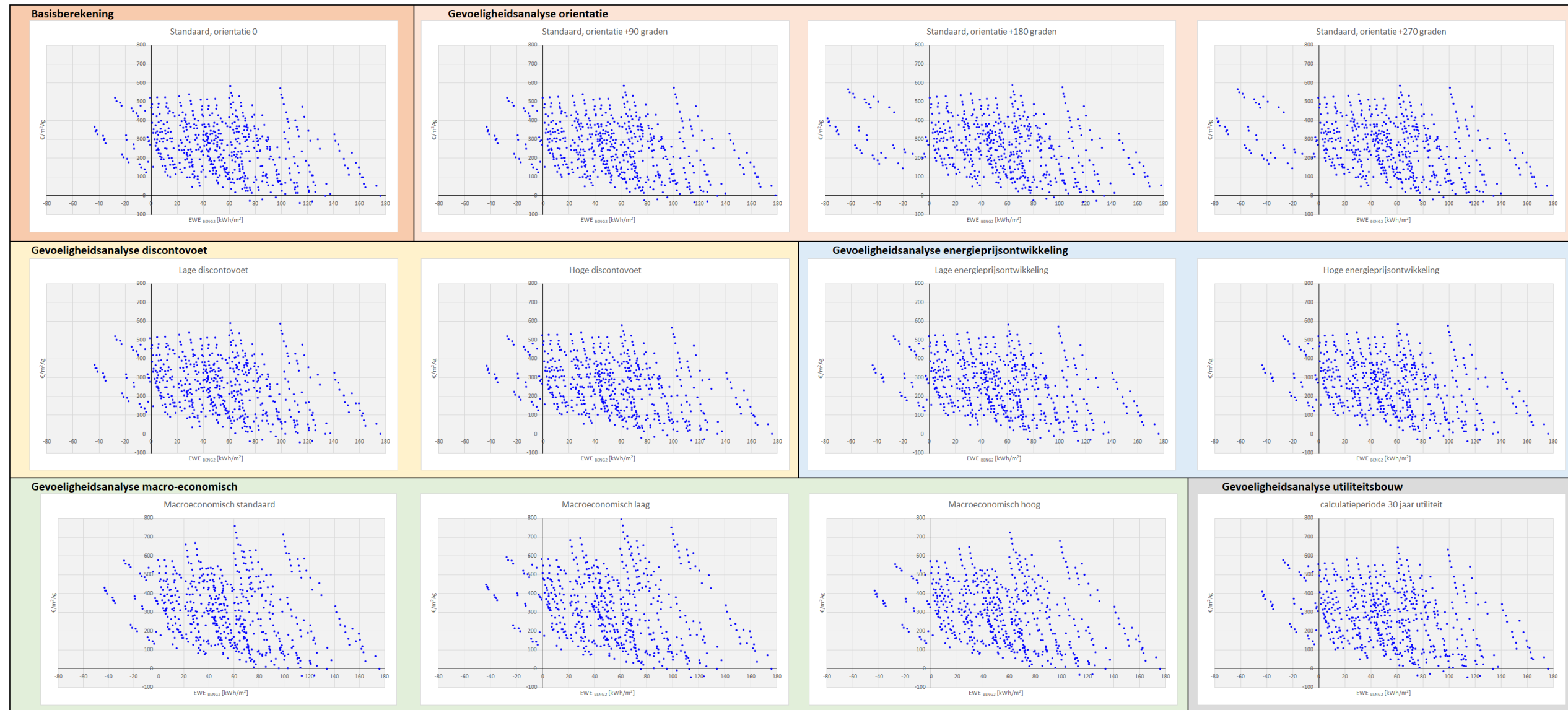
## BENG 2 - Bijeenkomstfuncties zonder kinderopvang



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhooftes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijzontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

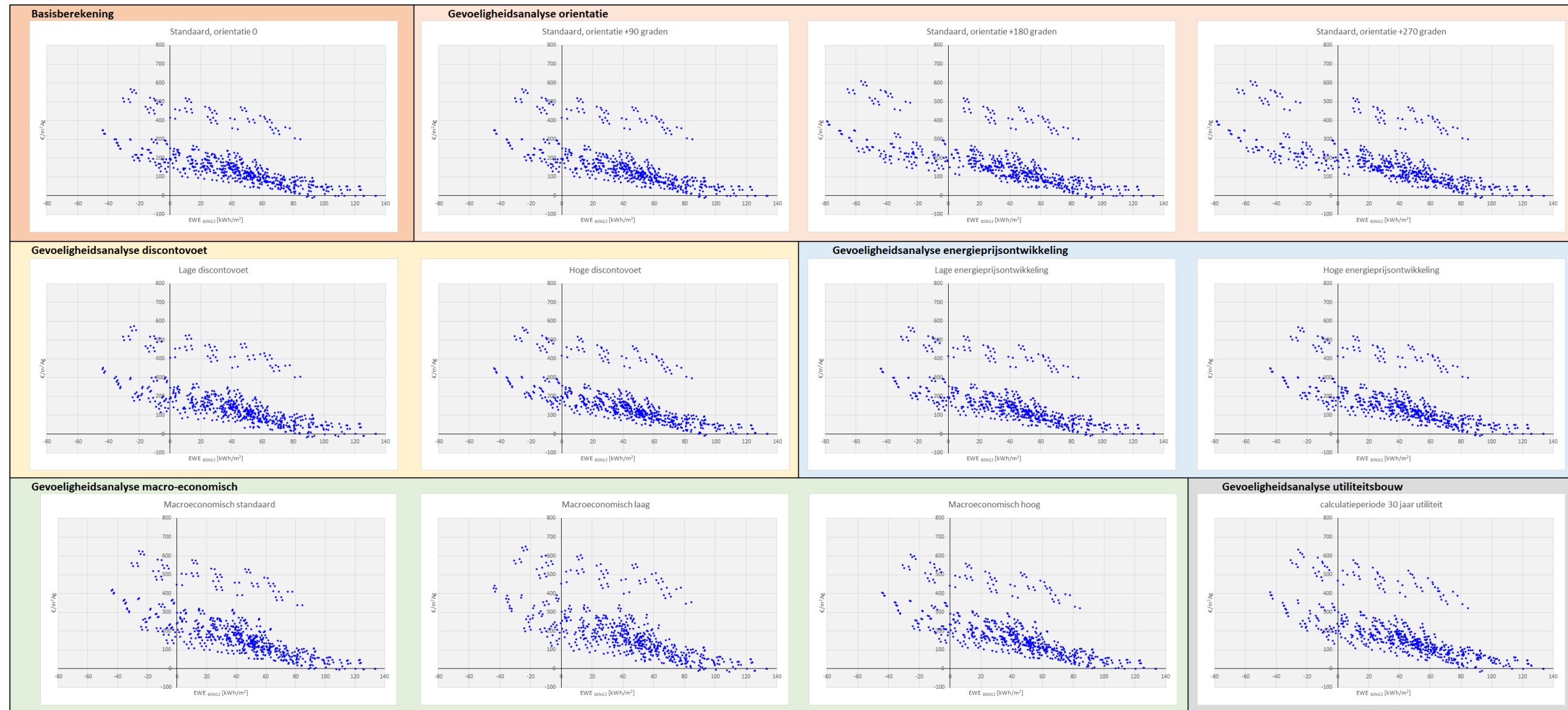
## BENG 2 - Bijeenkomstfuncties met kinderopvang



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhooftes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discontovoet en de energieprijontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

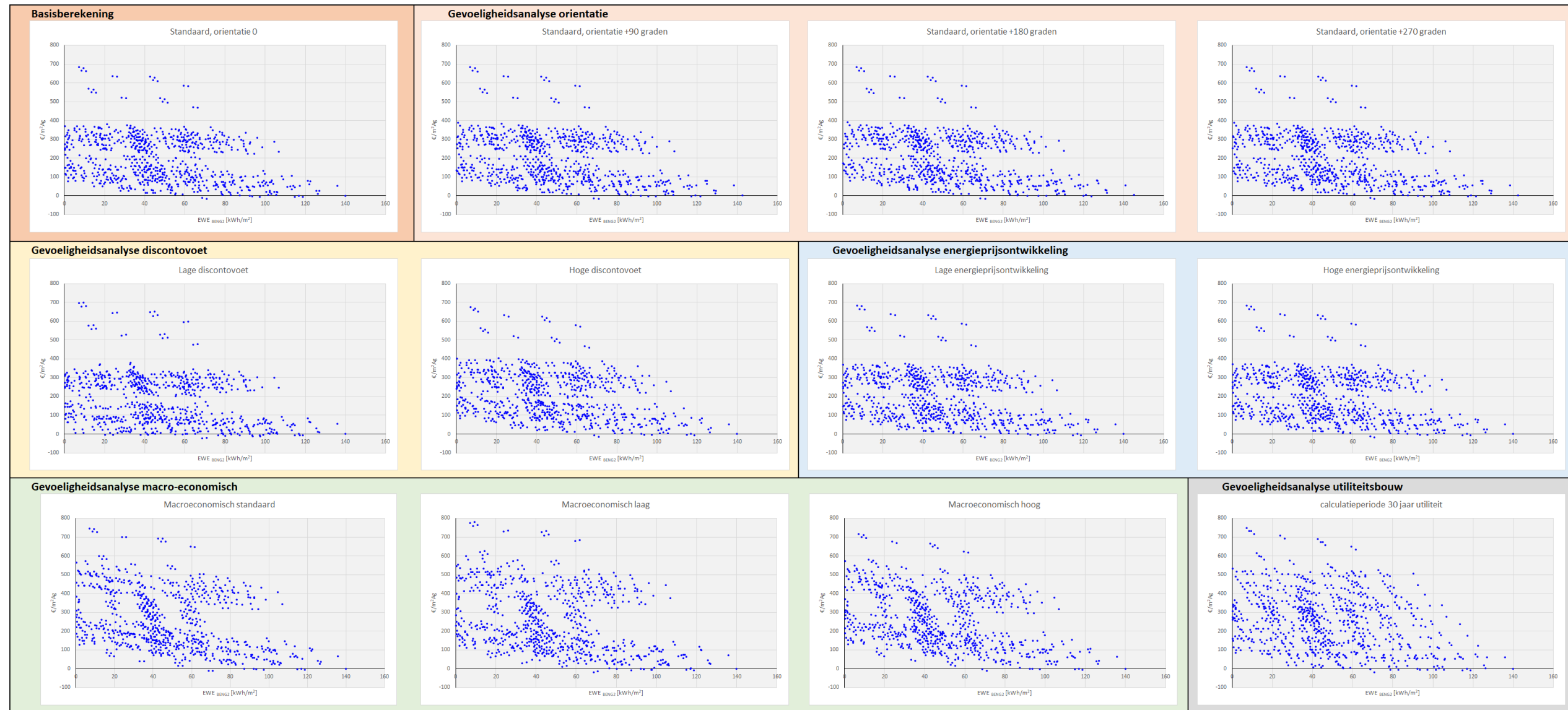
## BENG 2 - Onderwijsfuncties



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhogtes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijswontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

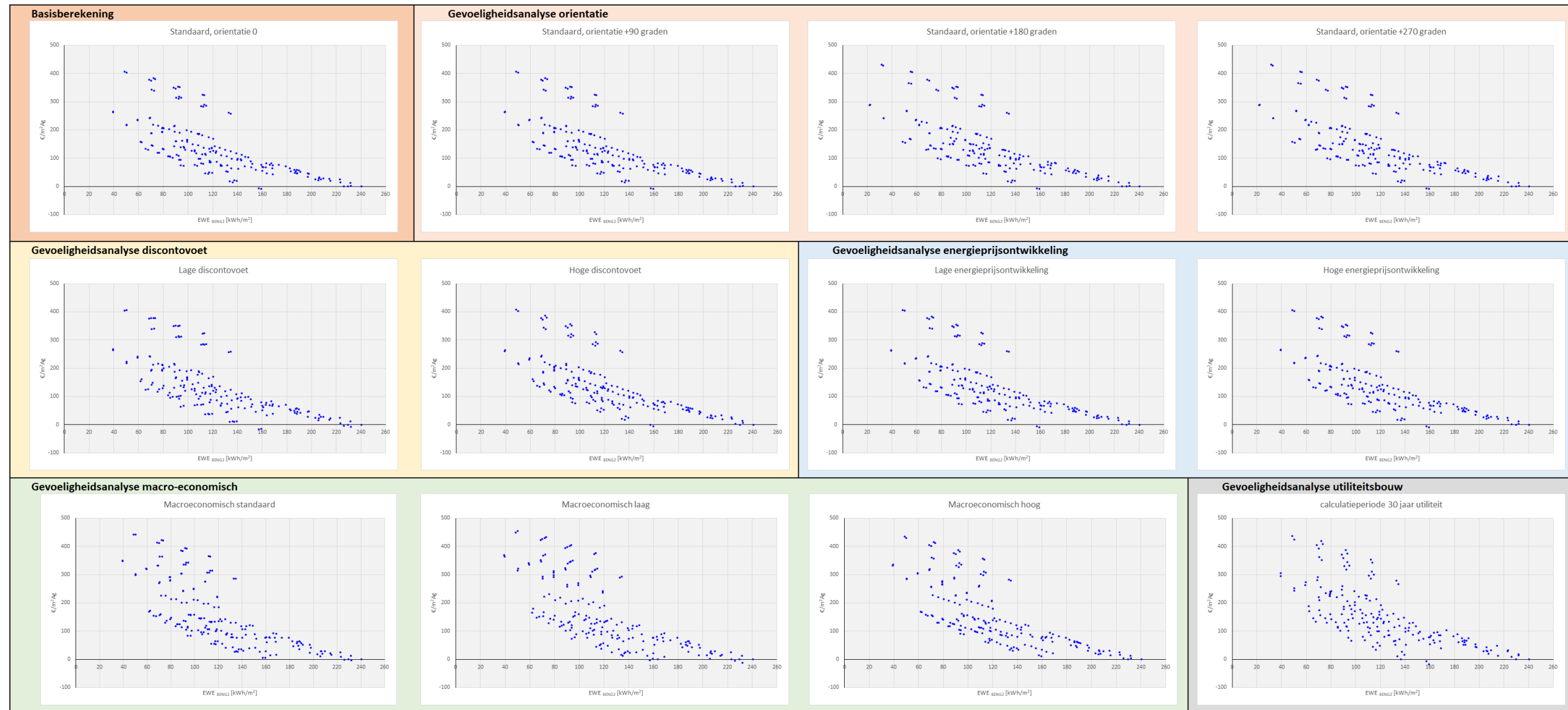
## BENG 2 - Gezondheidszorgfuncties zonder bed



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhooftes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discontovoet en de energieprijswontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

## BENG 2 - Gezondheidszorgfuncties met bed



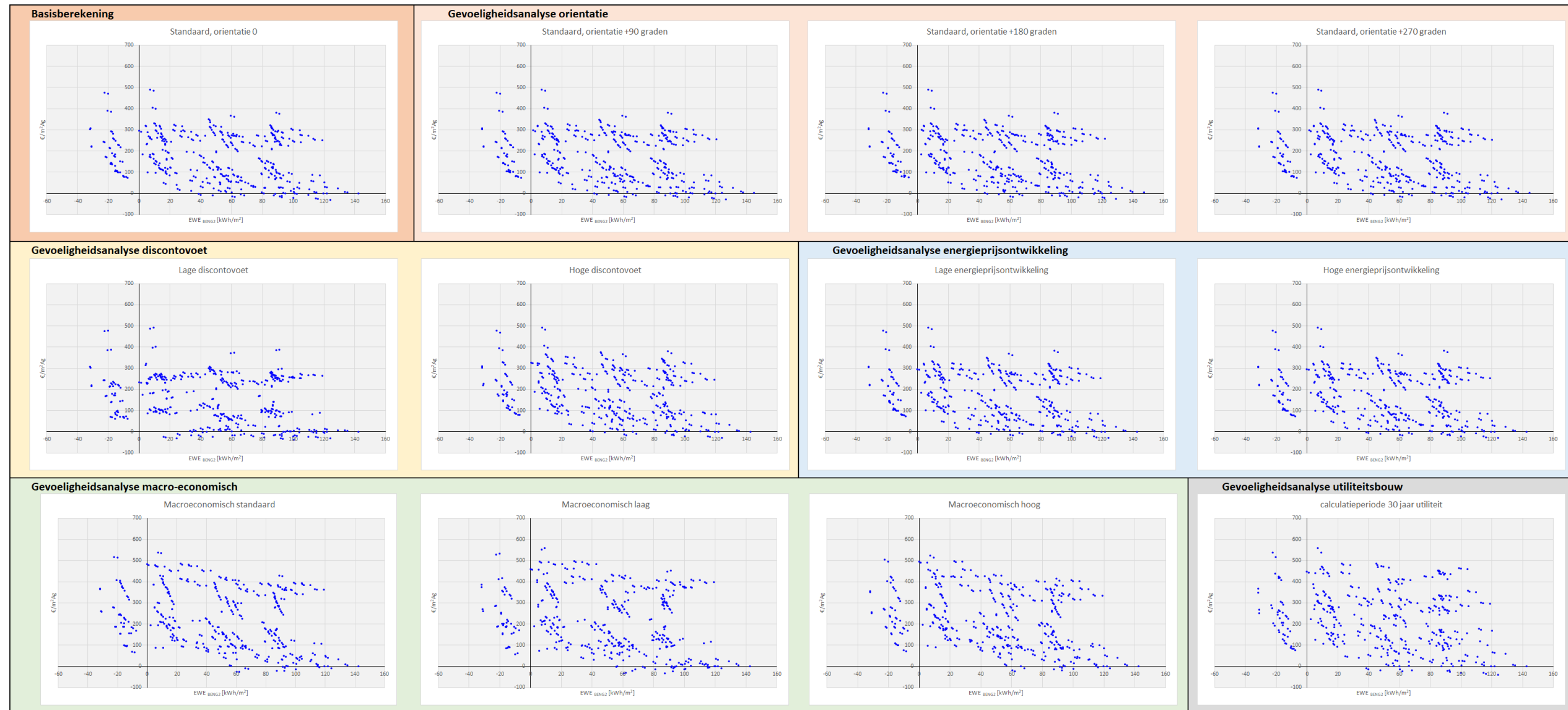
De gevoeligheidsanalyses voor oriëntatie laten een vergelijkbaar beeld zien over de vier oriëntaties.

De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discontoet en de energieprijsontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compacter dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.



## BENG 2 - Winkelfuncties



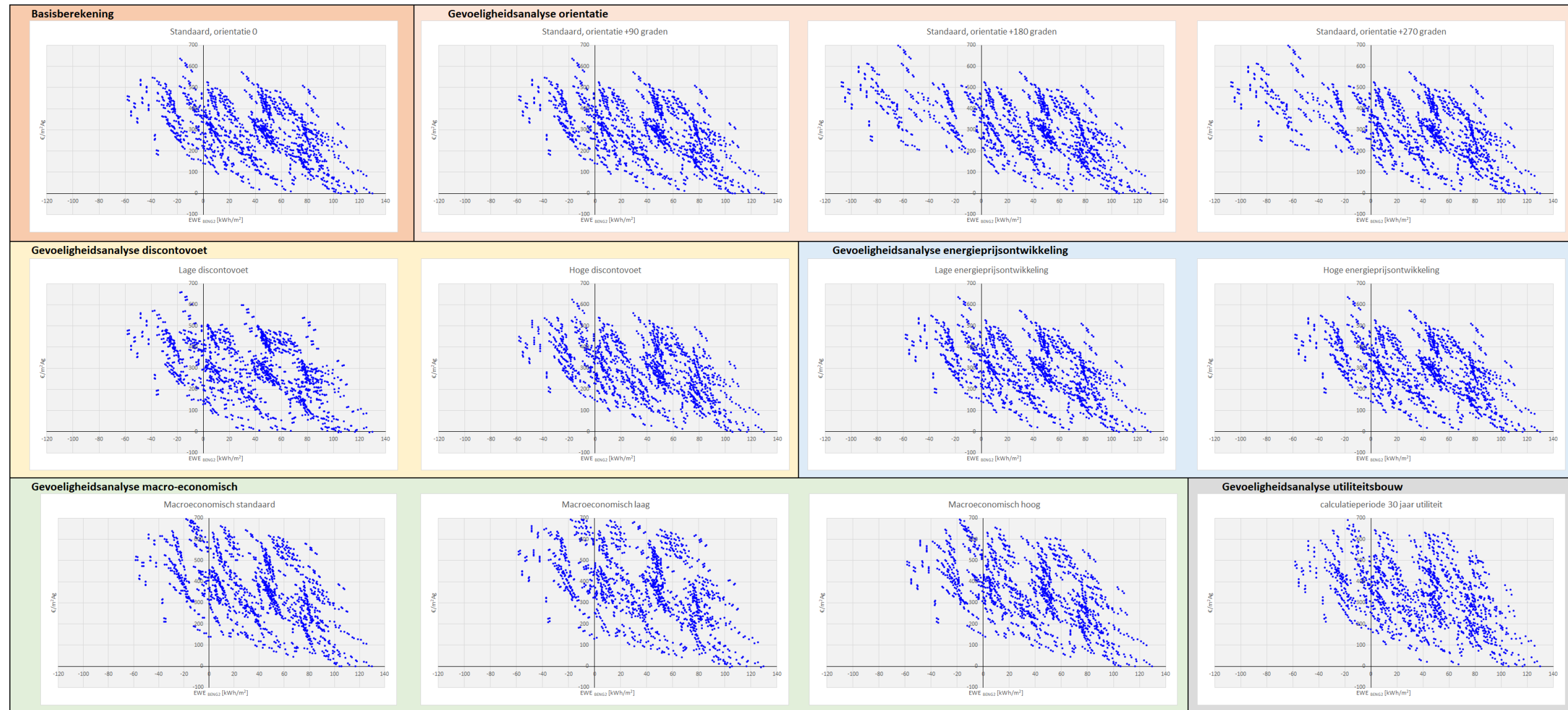
De gevoeligheidsanalyses voor oriëntatie laten een vergelijkbaar beeld zien over de vier oriëntaties.

De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

De gevoeligheidsanalyses laten eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven).

## BENG 2 - Sportfuncties

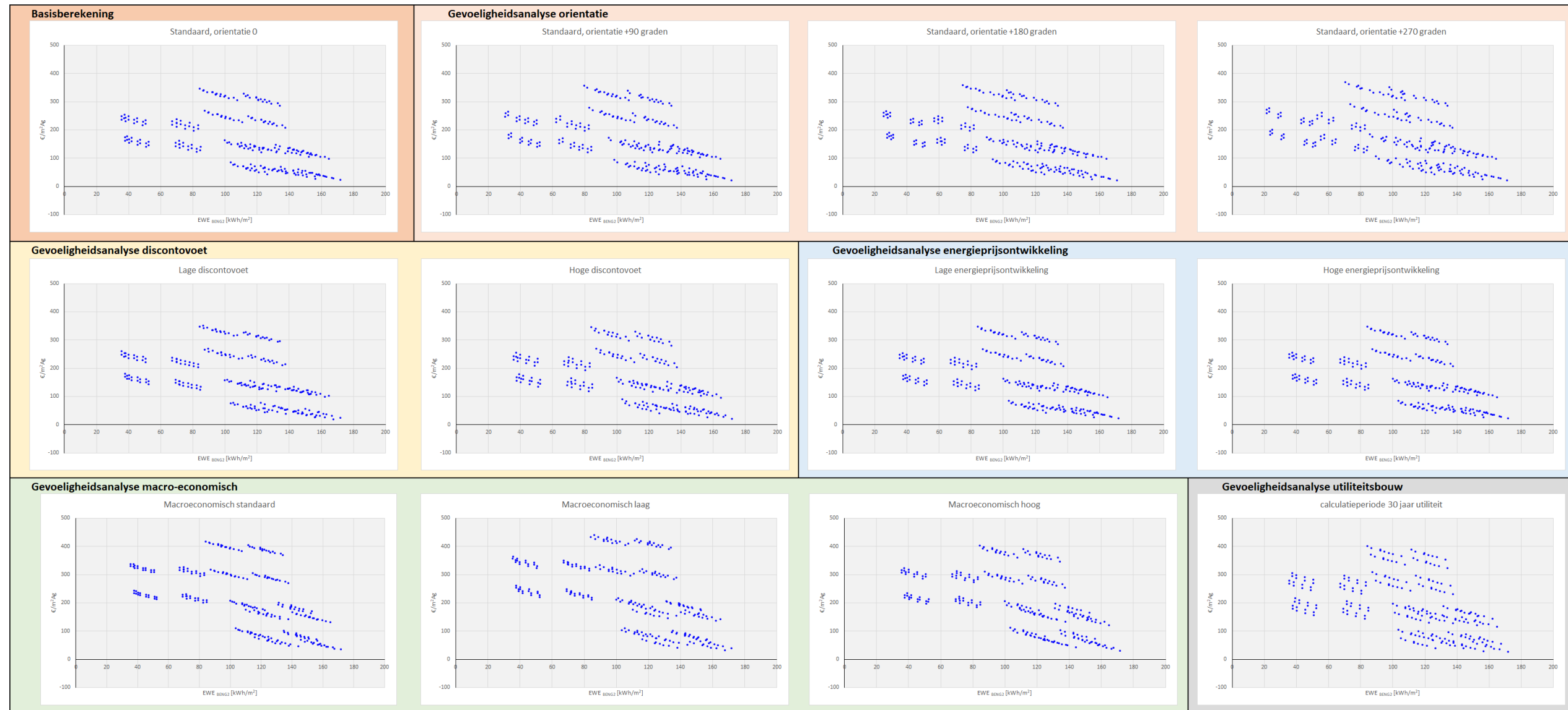


De gevoeligheidsanalyses voor oriëntatie laten een vergelijkbaar beeld zien over de vier oriëntaties.

De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijsontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

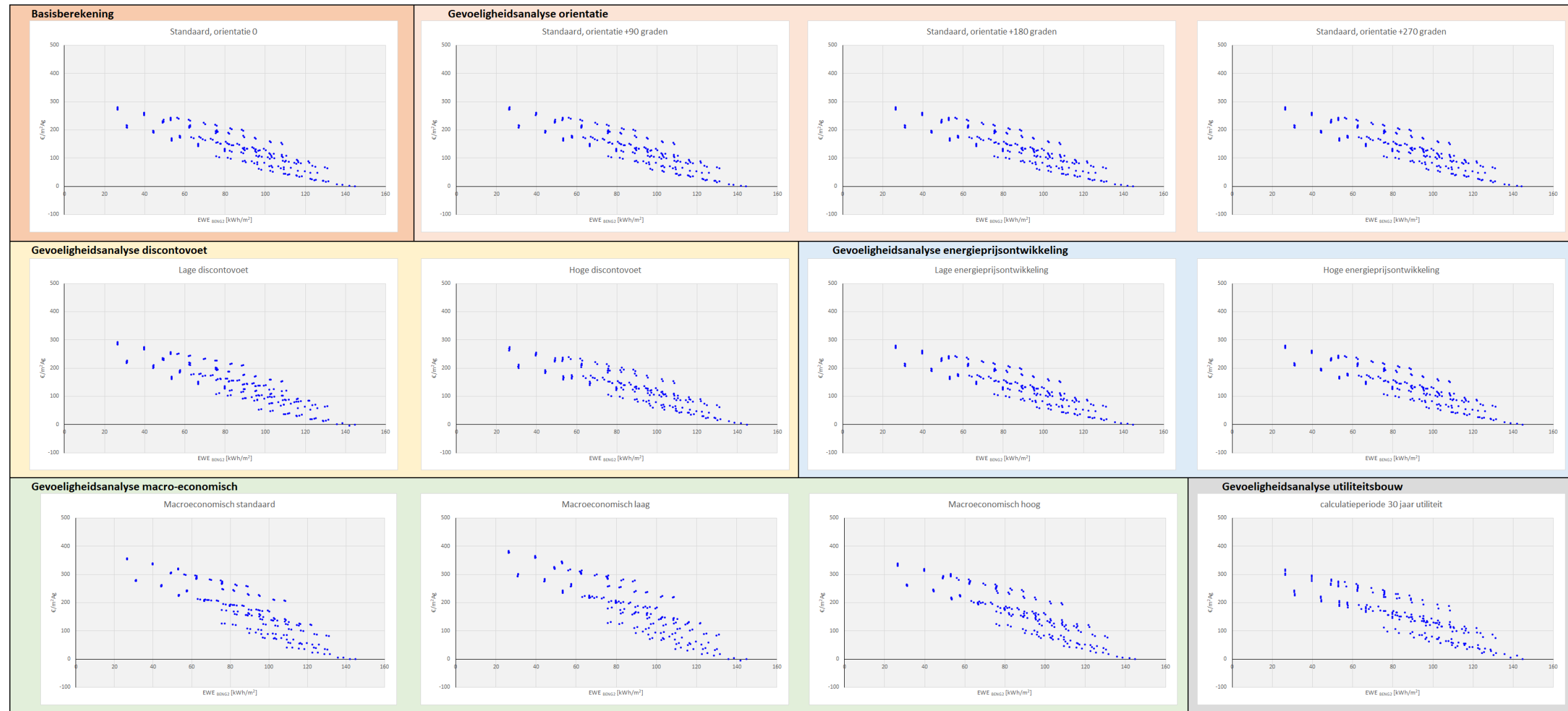
## BENG 2 - Logiesfuncties in logiesgebouw



Bij de oriëntatie gevoeligheidsanalyses is voor een aantal varianten te zien dat het effect op BENG 2 groter wordt door het draaien van het gebouw. Dit speelt met name bij de varianten waarbij er sprake is van gevel PV of een gebouw met verschillende dakhooftes: er draait dan een gevel of dak 'naar voren' waar meer PV op geplaatst kan worden dan bij de standaard oriëntatie, waardoor er een grotere energiebesparing mogelijk is. De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discountvoet en de energieprijzontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compact dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.

## BENG 2 - Celfuncties



De gevoeligheidsanalyses voor oriëntatie laten een vergelijkbaar beeld zien over de vier oriëntaties.

De gevoeligheidsanalyses voor variatie in de discontovoet en de energieprijontwikkeling laten over het algemeen eenzelfde patroon zien als de basisberekening (linksboven). De puntenwolk wordt bij deze gevoeligheidsanalyses wat compacter of luchtiger al naar gelang de analyse. Maar de kostenoptimale zone ligt op een vergelijkbare positie als in de basisberekening.

De macro-economische puntenwolk is minder compacter dan de financieel economische puntenwolk, maar laat wel een vergelijkbare kostenoptimale zone zien als de financieel economische analyse.