stichting W/E adviseurs

W/E rapport 32326 / RVO EGO2300051

MPG Industriefunctie

Verkenning grenswaarde MPG industriefunctie – DEFINITIEF

Stichting W/E adviseurs
Eindhoven, 20 november 2023

MPG Industriefunctie

Verkenning grenswaarde MPG industriefunctie

Opdrachtgever
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Graadt van Roggenweg 200 | 3531 AH | Utrecht
P.O. box 8242 | 3503 RE | Utrecht
Contactpersoon: M. (Menno) Brouwer | menno.brouwer@rvo.nl

Opdrachtnemer
W/E adviseurs
Jan van Hooffstraat 8 E, 5611 ED EINDHOVEN
Contactpersoon: H. (Harry) Hoiting | hoiting@w-e.nl

Projectnummer
W/E 32326 / RVO EGO2300051

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Opzet onderzoek	5
2.1	Demarcatie	6
2.1.1	Statische berekening	7
2.1.2	Dynamische berekening	7
3	Selectie referentiegebouwen	8
3.1	Bron	8
3.2	Eerste classificatie	8
3.3	Selectie referentiegebouwen	12
4	Referentiegebouwen	13
4.1	Referentie 1: Opslagboxen	14
4.2	Referentie 2: Kleine industriehallen	15
4.3	Referentie 3: Sorteercentrum	16
4.4	Referentie 4: Distributiecentrum	17
4.5	Referentie 5: Agrarische schuur	18
5	Resultaten MPG-berekeningen	19
5.1	Referentiegebouwen	19
5.2	Data	21
5.3	Conclusie	23
6	Gevoeligheidsanalyse	25
6.1	Fundering	25
6.2	Zonnepanelen	26
6.3	Gebouwinstallaties	27
6.3.1	Verwarmd/onverwarmd	28
6.3.2	Koel- / vrieshuizen	28
6.4	Kraanbaan	29
6.5	Conclusie	29
7	Voorstel MPG-eis industriefunctie	30
7.1	Grenswaarde MPG-eis	30
7.2	Aanbevelingen	30
7.2.1	Demarcatie	30
7.2.2	Vormfactoren	30
7.2.3	Beschikbare NMD milieuverklaringen	30
7.2.4	Monitoring	31
7.3	Aanvullend onderzoek	31
7.3.1	De dynamische MPG-scores	31
7.3.2	Fundering	31
7.3.3	Type industriefuncties	32
7.3.4	Materialisatie constructies	32
8	Bronnen	33
9	Bijlagen met uittrekstaten	34

1 Inleiding

Op 23 december 2022 heeft minister De Jonge een brief naar de Tweede Kamer verzonden, waarin de beleidsmatige acties voor de komende periode worden gepresenteerd. Daarbij zijn drie hoofdlijnen onderscheiden:

1. het aanscherpen en verbreden van de milieuprestatie-eis;
2. het introduceren van normering voor de CO2-emissie van het materiaalgebruik in gebouwen;
3. het stimuleren van bouwen met biobased grondstoffen.

Naast de aanscherping van de milieuprestatie-eis voor gebouwen met woon- en kantoorfunctie, zal ook een milieuprestatie-eis gaan gelden voor de andere gebruiksfuncties uit het Bouwbesluit en de bestaande bouw (verbouw). Voorzien is een inwerkingtreding per 1-1-2025.

Om de verbreding naar andere gebruiksfuncties in te kunnen vullen, is er meer inzicht nodig in de MPG-niveaus bij die functies. Er zijn meerdere studies verricht die inzicht geven om een hoogte van de milieuprestatie-eis te introduceren.

Voor gebouwen met een industriefunctie[1] bestaan nog geen eisen aan de energie- of milieuprestatie. Om inzicht te krijgen in de hoogte van een mogelijke eis is inzicht nodig in de prestatie van industriegebouwen.

Deze rapportage is een invulling van de RVO offerteaanvraag “MPG industriefunctie”.

Vraagstelling

In deze rapportage zijn de volgende activiteiten beschreven:

1. Definitief maken vijf referentietypen gebouwen industriefunctie;
2. Dimensioneren referenties industriegebouwen;
3. Materialisatie referentiegebouwen industriefunctie, afgestemd met stakeholders;
4. Gevoeligheidsanalyse relevante materialisatie en vormfactoren;
5. Voorstel MPG-eis.

Het betreft gebouwen met alleen een industriefunctie en dus geen combinatiegebouwen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet en demarcatie van het onderzoek.

Hoofdstuk 3 geeft de selectiemethode naar referentiegebouwen met een industriefunctie.

Hoofdstuk 4 geeft een visuele indruk en een tabel met kenmerken van de gekozen referentiegebouwen met een industriefunctie.

Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van de MPG-berekeningen van de referentiegebouwen.

Hoofdstuk 6 geeft de resultaten van de gevoeligheidsanalyse op een aantal parameters.

Hoofdstuk 7 geeft een voorstel voor de eis aan de MPG voor gebouwen met een industriefunctie en aanbevelingen voor aanvullend onderzoek.

Hoofdstuk 8 geeft de gebruikte bronnen.

De bijlagen (hoofdstuk 9) geven de gedetailleerde achtergrondinformatie. Deze zal zijn aangevuld met Excel-spreadsheets met alle gebruikte en gevonden data.

---

[1] Industriefunctie (bouwbesluit): gebruiksfunctie voor het bedrijfsmatig bewerken of opslaan van materialen en goederen, of voor agrarische doeleinden; Een industriefunctie omvat bijvoorbeeld een werkplaats of een magazijn van een fabriek, een opslagruimte in een pakhuis, of een stal van een boerderij.

2 Opzet onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om te komen tot een eerste voorstel voor een eis aan de MPG van gebouwen met een industriefunctie.

Als startpunt voor deze studie zijn bestaande bronnen gebruikt waarin al is gekeken naar de MPG-score van gebouwen met een industriefunctie. Hiervoor zijn voornamelijk studies van Bouwen met Staal en van DGBC gebruikt. Binnen het onderzoek van Bouwen met Staal [1] worden de MPG-scores van variaties op 165 hallen berekend door middel van een parametrische studie. Hierdoor zijn er al veel materialisaties voor hallen berekend onder verschillende omstandigheden. Daarnaast is er binnen de studie ook een set van 100 industriegebouwen geanalyseerd. Deze gebouwen zijn allemaal gemaakt voor BREEAM berekeningen. De Koploper studie van DGBC [2] heeft een analyse gedaan op berekeningen van 10 industriegebouwen met een lage MPG-score om te analyseren hoe deze lage waarde is gehaald.

Deze twee studies bieden al een belangrijke basis voor het bepalen van een MPG-eis voor de industriefunctie. Er mist echter nog inzicht in het effect van andere vormen industriegebouwen en de opbouw van de berekening. Binnen de Bouwen met Staal studie zijn alleen rechthoekige hallen berekend. Het is niet bekend wat de MPG-score zal zijn voor andere gebouwvormen.

Binnen de analyses van bestaande datasets [2][6][7] is er niet bekend welke demarcatie er is gebruikt voor het maken van de MPG-berekeningen. Uit onderzoek van W/E adviseurs naar de MPG van overige gebruiksfuncties kwam bijvoorbeeld naar voren dat gespeeld kan worden met de demarcatie om er voor te zorgen dat de MPG gehaald kan worden. Om tot een MPG-eis voor de industriefunctie te komen is het daarom van belang om nog een controle op de beschikbare data te doen door middel van MPG-berekeningen van referentiegebouwen met de juiste demarcatie. Hiervoor wordt de demarcatie gebruikt die ook is gebruikt voor de referentieberekeningen van de andere gebruiksfuncties [3], op basis van Demarcatie MPG-berekening [5].

Daarom is er binnen dit onderzoek voor gekozen om vijf referentiegebouwen met een industriefunctie vast te leggen en voor elk referentiegebouw een bestaand gebouw te zoeken waarvoor de MPG wordt uitgerekend. De referentiegebouwen moeten een zekere afspiegeling geven van de spreiding van de Nederlandse gebouwen met een industriefunctie weergeven, maar kunnen niet representatief te zijn voor alle Nederlandse industriegebouwen. Dit heeft twee redenen. De eerste reden is dat de industrie heel erg divers is. Daarom zouden er 20 of misschien wel meer referentiegebouwen gemaakt moeten worden. De tweede reden is dat er ook gebouwen met een ‘niet standaard’ vorm geanalyseerd kunnen worden. Hierdoor is het een aanvulling op de bovenstaande onderzoeken.

De resultaten van de referentieberekeningen zijn vergeleken met de resultaten van de eerder genoemde onderzoeken. Daarnaast zijn de berekeningen ook vergeleken met een dataset van MPG-scores van gerealiseerde industriegebouwen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de dataset die is gebruikt in de studie Overige gebruiksfuncties [6], een overzicht van MIA-VAMIL aanvragen [7], en van de koplopers studie [2].

Op basis van dit onderzoek wordt een eerste voorstel gemaakt voor een grenswaarde aan de MPG van gebouwen met een industriefunctie. Het is een eerste opzet. Voor een definitieve grenswaarde moet nog onderzoek worden, omdat er een enorme diversiteit is aan gebouwen met een industriefunctie en er nog relatief weinig onderzoek is gedaan op dit onderwerp. Daarom is in dit rapport ook een suggestie gegeven voor onderwerpen die nog verder onderzocht moeten worden voor het opstellen van een definitieve grenswaarde.

Binnen dit project is er ook gebruik gemaakt van een consultatie van belangrijke stakeholders. De referentiegebouwen zijn ter controle doorgestuurd naar de stakeholders om te contoleren of de gebouwen voldoende representatief zijn voor industriegebouwen om de diversiteit van de gebouwen te vangen. Deze feedback is vervolgens verwerkt in de referentiegebouwen en de gevoeligheidsanalyse. Daarnaast zijn de resultaten ook voorgelegd aan een klankbordgroep. Deze hebben hier vervolgens ook feedback op kunnen geven.

2.1 Demarcatie

Om aan te sluiten bij het onderzoek voor de MPG-eis voor de andere gebruiksfuncties wordt dezelfde demarcatie gebruikt als in de studies van DGMR [4] en LBP [3]. Hiervoor is gebruik gemaakt van de geactualiseerde demarcatielijst van Nieman [5]. Op basis van deze richtlijnen vallen de volgende onderdelen buiten de scope:

- Binnenwanden tussen verblijfsruimten, tenzij deze behoren tot de constructie of brandveiligheid van het gebouw;
- Afwerkingen, met uitzondering van betegeling in de sanitaire ruimten;
- Zonwering;
- Sanitaire en keukenvoorzieningen;
- Terrein voorzieningen;
- Logistieke laadstations zijn niet meegenomen indien deze niet aan de constructie vast zitten;
- Werktuigbouwkundige installaties, zoals kraanbanen;
- Gebruiksgebonden installaties, bijvoorbeeld koelcellen en productielijnen;
- Verlichting (heeft geen eis voor de industriefunctie).

Binnen de MPG-berekening is gerekend met een levensduur van 50 jaar. Daarnaast is er voor gekozen om zo veel mogelijk product categorie 3 verklaringen te gebruiken, met uitzondering van producten waarvoor het gangbaar is in de markt om categorie 2 verklaringen te kiezen. De peildatum is vastgezet op 11-07-2023.

Om verder aan te sluiten bij de referentieberekeningen van DGMR [4] en LBP Sight [3] zijn de berekeningen opgesplitst in een statisch en een dynamisch deel.

Daarnaast is er voor gekozen om milieuverklaringen die geschaald moeten worden op gebruiksoppervlakte uit de berekening te laten. Hieronder valt aarding, elektriciteitsleidingen, waterleidingen, en binnenriolering. De keuze is gemaakt om deze buiten de scope van de berekeningen te laten vallen omdat het onbekend is hoe representatief deze milieuverklaringen zijn voor de industriefunctie. Deze milieuverklaringen zijn namelijk ontwikkeld voor kantoren die een andere elektriciteit en watervraag hebben dan de industriefunctie. Daarnaast hebben deze milieuverklaringen gezamenlijk een lage impact op de MPG-score van een gebouw van ongeveer 0.01.

Volgens de demarcatie moet het brandveiligheidssysteem ook meegenomen worden. Echter zijn hier geen milieuverklaringen van aanwezig en zijn deze dus niet meegenomen in de berekeningen.

2.1.1 Statische berekening

De berekeningen die binnen deze studie worden gemaakt zijn de statische berekeningen. De statische gebouwelementen zijn gerelateerd aan de constructie gerelateerde onderdelen. Dit resulteert in de volgende onderdelen:

- Fundering;
- Constructie;
- Vloer;
- Gevel (open en dicht);
- Dak;
- Inbouw.

In de studie van DGMR [4] wordt de isolatie niet meegenomen in de statische berekening, maar wordt het meegenomen in de dynamische berekening. In deze studie is er echter gekozen om de isolatie conform demarcatie mee te nemen in de statische berekening omdat hier bestaande gebouwen uitgewerkt worden. De isolatiewaarde is echter wel van belang omdat er volgens het bouwbesluit binnen de industriefunctie onderscheid kan maken tussen verwarmde en onverwarmde ruimten. Voor ruimten die niet bestemd zijn voor het koelen of verwarmen ten behoeve van personen hoeft de ruimte niet te voldoen aan de eisen voor isolatie en ventilatie (Bouwbesluit, hoofdstuk 5.1 artikel 5.5). Omdat verwarmde industriefuncties ook zullen moeten voldoen aan de MPG-eis zal dit onderwerp terugkomen bij de gevoeligheidsanalyse.

2.1.2 Dynamische berekening

De dynamische gebouwelementen zijn de elementen die gerelateerd kunnen worden aan het energieconcept van het gebouw, en dus invloed hebben op het energieverbruik van een gebouw. Voor het dynamische gedeelte van de berekening kunnen er conform demarcatie variaties gemaakt worden op de volgende onderdelen:

- Verwarmingsinstallaties;
- Luchtbehandeling;
- Brandveiligheidsinstallaties;
- Zonnepanelen;
- Leidingen.

Wat er van de bovenstaande onderdelen meegenomen moet worden in de MPG-berekening hangt af van de energieprestatie-eisen van de industriefunctie. De industriefunctie heeft echter geen energieprestatie-eisen, waardoor de energieprestatie berekeningen die bij de referentiegebouwen zijn geleverd alleen betrekking hebben op het kantoor/bijeenkomst gedeelte en niet op de industriefunctie. Daardoor is het op dit moment niet mogelijk om een goede inschatting te maken van de hoeveelheid installaties die benodigd zijn voor het gebouw.

Binnen deze studie wordt er daarom geen dynamische berekening gemaakt. Er zal echter wel een gevoeligheidsanalyse plaatsvinden op deze onderwerpen.

3 Selectie referentiegebouwen

Binnen voorgaand onderzoek is er uitgezocht wat voor type industriegebouwen er in de afgelopen 10 jaar zijn gebouwd om tot 5 referentiegebouwen te komen die een spreiding van de Nederlandse industrie weergeven. Het doel is hierbij niet om vijf gebouwen te vinden die representatief zijn voor de industrie, maar wel een mate van spreiding aangeven voor de industrie. Binnen dit hoofdstuk wordt de methode uitgelegd om tot de vijf referentiegebouwen te komen.

3.1 Bron

De eerste actie bij de uitvoering van de werkzaamheden was om beschikbare bronnen te besturen. De beschikbare bronnen boden echter geen overzicht van de industriegebouwen in Nederland in combinatie met relevante data met betrekking tot gebruiksfunctie en afmetingen. Daarom is binnen dit onderzoek gebruik gemaakt van de verrijkte BAG van TNO [9]. Binnen de aangeleverde dataset van TNO is BAG data gecombineerd met andere datasets. Hierdoor is er informatie beschikbaar over de gebruiksfuncties, geometrie en energievraag. De geleverde dataset bestaat uit alle gebouwen in het BAG waarvoor geldt dat verblijfsobjecten een industriefunctie als gebruiksdoel hebben. In het bouwbesluit wordt er binnen de industriefunctie nog een “lichte industriefunctie” gedefinieerd als sub-functie. Een lichte industriefunctie is een industriefunctie waarin activiteiten plaatsvinden waarbij het verblijven van personen een ondergeschikte rol speelt (Bouwbesluit, 1.1 lid 3). De gebouwen die onder de gebruiksdoel industriefunctie vallen in het BAG voldoen aan de gebouwen die binnen het Bouwbesluit worden gedefinieerd als industriefunctie.

Filteren dataset

De dataset is gefilterd op basis van de volgende aspecten:

- Alle ronde gebouwen zijn er uit gehaald;
- Alle gebouwen die overeenkomen met trafo’s zijn er uit gehaald;
- Alle gebouwen gebouwd vóór 2010 zijn er uit gehaald zodat de dataset nieuwbouw representeert;
- Alle gebouwen waarvan minder dan 90% van de vloeroppervlakte gemarkeerd is als industriefunctie zijn er uit gehaald.

3.2 Eerste classificatie

Als eerste stap is er gekeken naar een grootte classificatie om de data beter te kunnen analyseren. Hiervoor is als startpunt de grootteclassificatie genomen uit het onderzoek van Savills [8]. Er zijn nog extra grootteklassen toegevoegd in de klassen die vaak voorkomen om meer onderscheid te krijgen. Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal gebouwen per grootteklasse in de dataset. De Tabel laat zien dat er vooral veel kleine industriegebouwen zijn. Bij nader onderzoek blijkt dat dit vaak meerdere panden zijn gecombineerd in één bouwwerk. Dit is bijvoorbeeld een complex waarin individuele garageboxen gehuurd kunnen worden, waarbij elke garagebox een eigen pand ID heeft gekregen in het BAG.

Tabel 1 Aantal gebouwen per gedefinieerde grootteklasse.

Grootteklasse (m2 BVO)	Aantal gebouwen
1. 0 - 100	46%
2. 100 – 1.000	36%
3. 1.000 – 2.000	9%
4. 2.000 – 5.000	5%
5. 5.000 – 15.000	2%
6. 15.000 – 30.000	1%
7. 30.000 – 60.000	0%
8. 60.000 – 700.000	0%
Eindtotaal	100%

Het aantal gebouwen per grootteklassen varieert over de tijd. Figuur 1 geeft dit aandeel per categorie over de tijd heen. Hieruit is te zien dat het aandeel gebouwen tot 100 m² groeit over de jaren heen, terwijl de grootteklasse van 100-1.000 m² verminderd. Wanneer er gekeken wordt naar het aandeel BVO per grootteklasse per jaar is er geen duidelijke trend te zien.

Figuur 1 Het aandeel van de grootteklasse over het aantal gebouwen binnen de dataset per jaar.

Vervolgens is er gekeken de verdeling van de grootteklassen voor verschillende classificaties van bodemgebruik [11]. Eerst is er gekeken naar het aandeel per grootteklassen en per terreintype op basis van aantal gebouwen (zie Tabel 2). Hieruit wordt duidelijk dat de meeste gebouwen op een bedrijventerrein staan, waarbij de meeste gebouwen voorkomen in categorieën 1 (0-100 m² BVO: 27%) en 2 (100-1000 m² BVO: 19%). Daarnaast is ook te zien dat de semi-bebouwde grond ook een groot aandeel heeft. Uit statistieken blijkt dat voor ongeveer twee-derde van de semi-bebouwde terreinen geldt dat het een bouwplaats is. Daardoor is dit geen relevante groep om naar te kijken. Daarnaast heeft landbouw ook een relatief groot aandeel van in totaal 16%.

Tabel 2 Aandeel gebouwen per grootteklasse en type terrein op basis van het aantal gebouwen.

% van totaal aantal gebouwen	Grootte								
Grondsoorten	1. 0 - 100	2. 100 - 1.000	3. 1.000 - 2.000	4. 2.000 - 5.000	5. 5.000 - 15.000	6. 15.000 - 30.000	7. 30.000 - 60.000	8. 60.000 - 700.000	Totaal
b1_Bedrijfsterrein	26%	21%	5%	3%	1%	0%	0%	0%	57%
b10_Droog_natuurlijk_terrein	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b11_Hoofdweg	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b12_Nat_natuurlijk_terrein	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b13_Water	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b2_Bebouwd	3%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
b3_Semi_bebouwd	10%	7%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	20%
b4_Glastuinbouw	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
b5_Spoorweg	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b6_Vliegveld	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b7_Recreatie	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
b8_Landbouw	6%	6%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	16%
b9_Bos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Totaal	**46%**	**36%**	**9%**	**6%**	**2%**	**1%**	**0%**	**0%**	**100%**

Er is ook gekeken naar het aantal vierkante meters per grootteklasse en grondsoorten (zie Tabel 3). Hierin is te zien dat bedrijventerreinen in de grootteklassen 5.000 – 15.000 m^2 en 2.000 – 5.000 m^2 het grootste aandeel hebben.

Tabel 3 Aandeel gebouwen per grootteklasse en type terrein op basis van de m^2 BVO.

% van totaal m2 gebouwen	Grootte								
Grondsoorten	1. 0 - 100	2. 100 - 1.000	3. 1.000 - 2.000	4. 2.000 - 5.000	5. 5.000 - 15.000	6. 15.000 - 30.000	7. 30.000 - 60.000	8. 60.000 - 700.000	Totaal
b1_Bedrijfsterrein	1%	9%	8%	10%	10%	7%	5%	1%	51%
b10_Droog_natuurlijk_terrein	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b11_Hoofdweg	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b12_Nat_natuurlijk_terrein	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b13_Water	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b2_Bebouwd	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
b3_Semi_bebouwd	0%	3%	2%	3%	3%	2%	3%	2%	19%
b4_Glastuinbouw	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	6%
b5_Spoorweg	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b6_Vliegveld	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
b7_Recreatie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
b8_Landbouw	0%	2%	2%	4%	4%	3%	1%	5%	22%
b9_Bos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Totaal	**2%**	**15%**	**13%**	**18%**	**17%**	**13%**	**11%**	**11%**	**100%**

Figuur 2 geeft de ontwikkeling voor de gebouwen op de grondsoorten landbouw en bedrijfsterrein. Hierin is te zien dat het aantal kleine bedrijven is gegroeid, voor zowel op een bedrijfsterrein als landbouw.

Figuur 2 Het aantal van grond- en groottetypen die per jaar gebouwd zijn.

Dit kan ook gedaan worden naar het aandeel in oppervlakte per grond- en grootteklassen. Figuur 3 laat zien dat elke klasse een ongeveer hetzelfde aantal vierkante meters per jaar bouwt. De kleine bedrijven hebben hier juist een lage bijdrage.

Figuur 3 Het aantal vierkante meters gebouwd per jaar voor de verschillende grond- en grootteklassen.

Om tot een set van categorieën voor de referentiegebouwen te komen is er naar de bovenstaande data gekeken. Hieruit blijkt dat vooral de twee kleinste categoriegroepen het vaakste voorkomen. Daarom zijn deze twee groepen behouden. Vervolgens is er gekozen om nog twee referentie categorieën te selecteren op basis van aantal en aantal BVO

gebouwd. Hierdoor zijn categorie 3 en 4 samengevoegd, en is 5 behouden. Vervolgens is er nog een Landbouw categorie gekozen op aantal.

Daarnaast is er ook nog een categorie toegevoegd op basis van een onderzoek van Savillis [8]. Hieruit blijkt dat logistiek vastgoed in optrek is, waarbij er zowel meer als grotere logistieke centra worden gebouwd. Het onderzoek laat ook zien dat het gemiddelde oppervlakte van een logistiek centrum op 20.000 m² ligt. Deze categorie is toegevoegd binnen de referentiegebouwen.

De resultaten van de bovenstaande tabellen in combinatie met het onderzoek van Savills [8] resulteert in de volgende categorieën van referentiegebouwen.

Tabel 4 Voorstel categorieën referentiegebouwen met industriefunctie

1.	Bedrijf 0-100 m2
2.	Bedrijf 100-1.000 m2
3.	Bedrijf 1.000-5.000 m2
4.	Bedrijf 5.000-15.000 m3
5.	Logistiek centrum 15.000-30.000 m2
6.	Landbouw 0 – 1.000 m2

3.3 Selectie referentiegebouwen

Op basis van de categorieën kunnen er referentiegebouwen uitgekozen worden. De referentie categorieën zijn gebaseerd op de gebouwvoorraad en geven een spreiding aan typologieën die voorkomen in de gebouwde omgeving. Op basis van de dataset, kan de mediaan van de vloeroppervlakte en de hoogte berekend worden voor de verschillende categorieën, zie Tabel 5. Op basis van deze gegevens kunnen er vijf referentiegebouwen geselecteerd worden. Deze referentiegebouwen zijn ook voorgelegd aan belangrijke stakeholders en klankbordgroep leden, waarna hun feedback is meegenomen in de uitwerking van de referentiegebouwen.

Tabel 5 Voorstel afmetingen referentiegebouwen met industriefunctie

Referentiegebouw	aantal	m² vloer	hoogte [m]
1. Bedrijf 0-100 m²	3.568	54	6
2. Bedrijf 100-5.000 m²	4.101	760	7
3. Bedrijf 5.000-15.000m²	216	7.392	10
4. Logistiek centrum 15.000-30.000 m²	64	19.427	12
5. Landbouw 0-1.000 m²	1.860	200	6

4 Referentiegebouwen

Nu er vijf gebouw typologieën zijn gevonden die een spreiding van de Nederlandse industrievoorraad weergeven, kunnen deze omgezet worden in vijf referentiegebouwen. Hiervoor is gekozen om de bouwtekeningen op te vragen van gebouwen waarvan de oppervlakte en hoogte zo dicht mogelijk overeenkomen met de gegevens uit Tabel 5. Zoals eerder benoemd is er ook voor gekozen om gebouwen te selecteren die afwijken van de standaard hal zoals gemaakt in het Bouwen met Staal verslag [1].

Tabel 6 geeft een overzicht van de gekozen referentiegebouwen. Op de komende pagina's wordt de keuze voor de gebouwen uitgelegd in combinatie met de belangrijkste uitganspunten voor de berekeningen.

Tabel 6 Overzicht van de gekozen referentiegebouwen.

Eigenschap	1	2	3	4	5
BVO totaal	892	1.945	7.608	18.493	283
GO industrie	846	1.471	6.438	16.649	262
GO kantoor	0	376	529	575	0
GO bijeenkomst	0	0	118	485	0
Gemeenschappelijk	0	11	286	220	0
Gebouwhoogte	6,5	8,0	10,0	13,9	7,8
Aantal Bouwlagen	1	2	2	2	1
Verlies/BVO	2,59	1,54	1,80	1,53	2,43

4.1 Referentie 1: Opslagboxen

Binnen de verrijkte bag dataset zijn 46% van de objecten gedefinieerd als een bedrijfspand tussen de 0-100 m². Wanneer deze opgezocht worden blijkt dat het gaat om complexen waar kleinere opslagboxen/bedrijfsruimten in zitten. De onderstaande referentie is gekozen omdat hier meerdere boxen in zitten door de U-vorm, en dus niet efficiënte vorm, van het gebouw.

parameter | onderdeel	omschrijving	m²
algemeen		
BVO		892
GO		846
aantal units	21 (ongeveer 40 m² per unit)	
gebruiksfunctie(s)	100% industrie	
bouwdelen		
dichte gevels	metselwerk plint met sandwichpanelen	1.087
ramen	aluminium kozijnen	132
garagedeuren		117
dak	stalen dakplaat	896
vloer	beton – in het werk gestort variabele vloerbelasting q_k = 10,00 kN/m2	911
constructie	stalen kolommen en liggers	
fundering	prefab betonpaal 10-14m	
constructie berekend op PV	ja, permanente belasting: qk = 0,30 kN/m²	
verwarmde ruimte	nee	

4.2 Referentie 2: Kleine industriehallen

De 100-1.000 m² categorie heeft ook een hoog aandeel in aantal doordat deze vaker voorkomen binnen een gebouw. Op basis van oppervlakte en hoogte is dit gebouw gekozen. Het gebouw heeft een licht afwijkende vorm.

parameter | onderdeel	omschrijving	m²
algemeen		
BVO		1.825
GO		1.858
aantal units	3 (ongeveer 52 m² per unit)	
gebruiksfunctie(s)	80% industrie, 20% kantoor	
bouwdelen		
dichte gevels	betonnen plint met sandwichpanelen	1.122
ramen	aluminium kozijnen	136
garagedeuren		93
dak	stalen dakplaat met lichtstraten	1.614
vloer	beton – in het werk gestort variabele vloerbelasting: q_k = 3,50 kN/m2	1.665
constructie	stalen kolommen en liggers	
fundering	diepfunderingsputten 3,5 m	
constructie berekend op PV	ja, permanente belasting: q_k = 0,15 kN/m²	
verwarmde ruimte	nee	

4.3 Referentie 3: Sorteercentrum

Voor Referentie 3 is er een gebouw gekozen waarvan het oppervlakte en de hoogte matchen met de gevonden waarden in hoofdstuk 3. Hierbij is gekozen voor een vorm waarbij er een hogere verhouding in verliesoppervlakte is door het gat in het midden.

parameter | onderdeel	omschrijving	m²
algemeen		
BVO		7.608
GO		7.369
aantal units	1	
gebruiksfunctie(s)	91% industrie, 7% kantoor, 1% bijeenkomst	
bouwdelen		
dichte gevels	betonnen plint met sandwichpanelen	5.529
ramen	aluminium kozijnen	282
garagedeuren		418
dak	stalen dakplaat	6.335
vloer	beton - in het werk gestort variabele vloerbelasting q_k = 25,00 kN/m2	6.335
constructie	stalen kolommen en liggers	
fundering	mortelschroefpaal 6-8 m	
constructie berekend op PV	nee	
verwarmde ruimte	nee	

4.4 Referentie 4: Distributiecentrum

Hier is gekozen voor een groot distributiecentrum. Het is een vrij rechthoekige vorm, maar de verhouding met het kantoor gedeelte zorgt voor meer informatie over de combinatie in plaats van alleen een hal.

parameter | onderdeel	omschrijving	m^2
algemeen		
BVO		18.493
GO		17.929
aantal units	1	
gebruiksfunctie(s)	94% industrie, 3% kantoor, 3% bijeenkomst	
bouwdelen		
dichte gevels	betonnen plint met sandwichpanelen	8.299
ramen	aluminium kozijnen	399
garagedeuren		296
dak	stalen dakplaat	19.083
vloer	beton - kanaalplaten	19.040
constructie	stalen kolommen en liggers variabele vloerbelasting q_k = 5,00 kN/m2	
fundering	op staal (poerfundering)	
constructie berekend op PV	ja, permanente belasting: q_k = 0,20 kN/m^2	
verwarmde ruimte	ja	

4.5 Referentie 5: Agrarische schuur

Deze referentie is toegevoegd om een situatie er bij te hebben met een punt dak in plaats van een plat dak. Ook hebben kleinere gebouwen over het algemeen ook een hogere MPG-score waardoor een puntdak hier een grotere impact maakt.

parameter | onderdeel	omschrijving	m²
algemeen		
BVO		283
GO		262
aantal units	1	
gebruiksfunctie(s)	100% industrie	
bouwdelen		
dichte gevels	metselwerk plint met sandwichpanelen	322
ramen	aluminium kozijnen	0
garagedeuren		4
dak	Stalen dakplaat	330
vloer	beton – in het werk gestort	283
constructie	stalen kolommen en liggers vloerbelasting - onbekend	
fundering	op staal (balkfundering)	
constructie berekend op PV	nee	
verwarmde ruimte	nee	

5 Resultaten MPG-berekeningen

Binnen dit hoofdstuk zullen de resultaten van de statische MPG-berekening besproken worden voor de referentiegebouwen. Daarna zal de beschikbare data geanalyseerd worden om deze twee bronnen samen te voegen en vergelijken.

5.1 Referentiegebouwen

De resultaten van het statische gedeelte van de MPG-berekening zijn te vinden in Tabel 7. De Tabel laat zien dat de resultaten verschillen tussen de 0,307 en 0,675. De tabel laat ook zien dat de gebouwen met een ongunstigere vormfactor ook een hogere MPG hebben. Daarnaast valt er op dat referentiegebouw 4 een lage MPG-score heeft, wat overeenkomt met de hoge oppervlakte wat resulteert in een lagere score.

Tabel 7 Overzicht referentiegebouwen inclusief MPG-score voor het statische gedeelte.

Eigenschap	1	2	3	4	5
BVO	892	1.945	7.608	18.493	283
GO totaal	846	1.858	7.370	17.929	262
GO industrie	846	1.471	6.438	16.649	262
GO kantoor	0	376	529	575	0
GO bijeenkomst	0	0	118	485	0
Gemeenschappelijk	0	11	286	220	0
Gebouwhoogte	6,5	8,0	10,0	13,9	7,8
Aantal Bouwlagen	1	2	2	2	1
Volume	5.501	13.545	73.585	179.706	2.041
Schil/BVO	2,59	1,54	1,80	1,53	2,43
MPG Statisch	0,649	0,541	0,675	0,307	0,388

Om meer inzicht in te krijgen op waarom bepaalde gebouwen hoger scoren. Tabel 8 geeft een overzicht van de verdeling van de MPG score. De bijdrage van elke onderdeel varieert per referentie gebouw. Er zijn echter een paar scores die opvallen.

Allereerst is de MPG-impact van de fundering sterk variërend. Binnen de referentiegebouwen hebben alleen referentiegebouw 1 en 3 een paalfundering. Dit is ook te zien in de resultaten. Daarnaast hebben deze twee referenties ook een hogere vloerbelasting waar op gerekend moet worden. Als resultaat kan dit oplopen tot een impact met een aandeel van 33%. Bij referentiegebouw 3 is er ook gewerkt met een type funderingspaal met een hoge MKI per meter. Dit kan ook bijdragen aan de hoge impact. Binnen de gevoeligheidsanalyse zal dit onderwerp nog verder aan bod komen.

Daarnaast valt op dat de gevel (open en dicht) hoger scoren voor referentiegebouw 1 en 3. Deze gebouwen hebben een ongunstige vormfactor. Door de hoge verhouding gevel ten opzichte van de BVO scoort dit onderdeel relatief hoog.

Tabel 8 MPG score per gebouw onderdeel.

MPG	1	2	3	4	5
Afvoer	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004
Constructie	0,110	0,062	0,079	0,078	0,086
Dak	0,050	0,109	0,075	0,078	0,029
Fundering	0,108	0,092	0,247	0,019	0,036
Gevel dicht	0,150	0,078	0,120	0,039	0,061
Gevel open	0,161	0,052	0,037	0,015	0,051
Inbouw	0,000	0,056	0,008	0,003	0,000
Vloeren	0,070	0,090	0,109	0,075	0,120
Totaal	**0,649**	**0,541**	**0,675**	**0,307**	**0,388**

Om op basis van de referentiegebouwen een MPG-eis voor de industriefunctie te bepalen is er gekozen om de resultaten te vergelijken met de gewogen totaal eis voor combinatiegebouwen. Om de relatie te bepalen tussen de MPG-eis voor industriefunctie en het combinatiegebouw is gebruik gemaakt van methode 3 van het Vervolgonderzoek uitbreiding grenswaarden MPG [12]. Binnen deze methode wordt er één oppervlakte-gewogen MPG-eis op basis van een MPG-eis op functieniveau in het bouwbesluit, zie Formule 1. Binnen deze formule is er een MPG-eis van 0,8 aangehouden voor de kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie.

$$MPG_{totaal} = \frac{MPG_{industrie\ eis} * BVO_{industrie} + MPG_{kantoor\ eis} * BVO_{kantoor} + MPG_{bijeenkomst} * BVO_{bijeenkomst}}{BVO_{totaal}}$$

Figuur 4 weergeeft de MPG-score van het statische gedeelte van de referentiegebouwen weer op basis van het aandeel BVO voor industriefunctie. De Figuur laat zien dat de gebouwen allemaal zouden voldoen aan een grenswaarde van 0,7. Dit is echter alleen voor het statische gedeelte van het gebouw, dus installaties zijn hierin nog niet meegenomen.

Figuur 4 MPG-score van de referentiegebouwen t.o.v. MPG-grenswaarde voor industrie functie.

Referentie 1 en 3 scoren relatief hoog. Dit komt voornamelijk door de uitschieters die hierboven zijn benoemd. Voor de efficiëntere gebouwen zou een MPG-eis voor industriefunctie van 0,5 haalbaar zijn.

De resultaten vallen binnen de 50- en 90-percentiel van de studie van Bouwen met Staal [1], met uitzondering van referentiegebouw 4. Referentiegebouw 3 ligt het dichtste op de 90-percentiel resultaten van het Bouwen met Staal onderzoek, zie Figuur 5. De resultaten van de referentiegebouwen liggen voornamelijk lager door de lagere impact van de fundering. Dit benadrukt dat de fundering een groot effect heeft op het referentiegebouw. Daarnaast laat de Figuur zien dat de MPG-score van de gevels voor de referentiegebouwen hoger uitvallen. Dit kan komen omdat er binnen het Bouwen met Staal onderzoek de aanname is gedaan dat er 5% van de gevel open, terwijl dat binnen de referentie 8-17% is. Daarnaast worden er geen deuren meegenomen in het onderzoek, terwijl de overhead deuren een significante bedrage kunnen hebben zoals bijvoorbeeld in referentie 1. Bovendien hebben referentie 1 en 3 een ongunstigere vormfactor waardoor de gevel/vloer verhouding hoger ligt.

Figuur 5 Vergelijking MPG-score van referentiegebouwen en de 90-percentiel van de parametrische berekeningen van het Bouwen met Staal (2021) onderzoek.

Zoals eerder benoemd zijn er onderdelen van het gebouw, die op dit moment nog niet goed meegenomen kunnen worden. Doordat er binnen de industriefunctie op dit moment weinig bekend is met betrekking tot leidingwerk, installaties, en gebouw gebonden elektriciteitsverbruik, is het moeilijk om een goede GO waarde te bepalen voor de industriefunctie. Een aanpassing van de GO waarde zal waarschijnlijk nodig zijn omdat de milieuverklaringen die geschaald zijn op oppervlakte waarschijnlijk niet gelden voor de industriefunctie. Dit onderwerp zal binnen de gevoeligheidsanalyse terugkomen.

5.2 Data

Ondanks dat er op dit moment nog geen eis ligt voor de MPG van industriegebouwen, zijn er wel berekeningen gemaakt. Binnen deze studie is er gekeken naar 3 verschillende datasets: een GPR export [6], een MIA-VAMIL overzicht [7] en data van de koploper studie van DGBC [2]. Dit zijn echter drie bronnen waarbij er waarschijnlijk duurzaamheidsambities aanwezig zijn. Dit kan er voor zorgen dat de MPG-scores lager uitvallen dan normale industriegebouwen zonder duurzaamheidsambities. Daarnaast gaat het om beschikbare datasets waarvan de berekeningen onbekend zijn. Hierdoor is het onbekend welke demarcatie er is gebruikt en kan er gespeeld zijn in bijvoorbeeld het aandeel meegenomen

BVO. Omdat er nog geen verplichting is voor zonnepanelen is de MPG-impact van zonnepanelen uit de data van [2] gehaald. In het geval van de MIA-VAMIL aanvragen is aangenomen dat er geen PV aanwezig is in de berekening omdat dit niet vereist is vanuit de subsidie. Daarnaast is het onbekend welke versie van de NMD database is gebruikt. Het is onbekend hoeveel de berekeningen van de dataset overeenkomen met de resultaten van de referentie berekeningen. Het is echter wel belangrijk om hier ook naar te kijken omdat deze scores een weergave van de praktijk weergeven.

Figuur 6 geeft een overzicht van de scores. Het gaat binnen de dataset echter wel om een gecombineerde MPG-score van een combinatiegebouw. Het is onbekend wat het aandeel industrie is voor deze gebouwen. Het eerste wat opvalt is dat de scores van de datasets vrijwel overeenkomen, waarbij de resultaten van de koploperstudie een iets grotere spreiding hebben. Daarnaast blijkt er uit de data van de Koploperstudie dat de impact van zonnepanelen een significant verschil kan hebben op de MPG-score. Door het meenemen van PV kan de MPG-score verhogen met 1,31.

De resultaten van het statische gedeelte van de referentieberekeningen liggen rond en net iets hoger dan de resultaten van de Overige functies en MIA-VAMIL dataset.

Figuur 6 Boxplot van de MPG scores per dataset.

Aangezien de MPG-grenswaarde makkelijk haalbaar moet zijn voor het grootste gedeelte van de gebouwen, kan er gekeken worden naar het 90-percentiel van de verschillende datasets om te kijken wat haalbaar zou zijn voor 90% van de gebouwen. Tabel 9 geeft een overzicht van deze resultaten. Kijkend naar de data van de drie verschillende datasets zou een MPG-eis gesteld kunnen worden variërend van 0,500 – 0,620. Om de hoeveelheid data per set gelijk te trekken, kan er ook gekeken worden naar het totaal van de drie datasets. Hieruit blijkt dat de koplopers hoger uitvallen dan het grootste gedeelte van de andere datasets. Hier zou dus een grenswaarde van 0,6 gezet kunnen worden.

Tabel 9 90-percentiel van de MPG scores van de verschillende datasets.

Dataset	90 percentiel
Overig	0,499
MIAVAMIL	0,575
Koplopers	0,617
Totaal	0,577

Er kan ook gekeken worden naar de MPG per BVO, zie Figuur 7. Hieruit blijkt dat de MPG redelijk constant is over de grootte. Er zijn echter ook uitschieters, die vaker terug te vinden zijn bij kleinere BVO's. Het laat ook zien dat het grotendeel aan gebouwen onder de 20.000 m² BVO bevatten.

Figuur 7 MPG-scores van de datasets per m² BVO.

5.3 Conclusie

De data van de statische MPG-score voor de referentiegebouwen kan samengevoegd worden met de aangeleverde data waarvan het aandeel industrie bekend is (MIA-VAMIL) om te kijken wat voor grenswaarde er voor industrie zou kunnen gelden. Figuur 8 geeft de resultaten van de gecombineerde MPG-scores over het aandeel van de industriefunctie in de totale BVO. De vlakken geven aan wat de gecombineerde MPG-score is voor verschillende MPG-grenswaarden voor industrie. Hierbij is de aanname gemaakt dat de MPG voor de kantoor en bijeenkomstfunctie op 0,8 zal liggen. Hier is te zien dat een MPG-grenswaarde van industrie van 0,8 haalbaar is voor het grootste gedeelte van de data. Bij een grenswaarde van 0,6 zou er ook nog een groot gedeelte van de industriegebouwen gemaakt kunnen worden.

Figuur 8 Industrie grenswaarde ten opzichte van de MPG-resultaten uit de dataset en het statische gedeelte van de referentiegebouwen.

6 Gevoeligheidsanalyse

In het hoofdstuk Resultaten MPG-berekeningen zijn de resultaten gegeven op het statische gedeelte van de referentiegebouwen. Binnen dit hoofdstuk zullen onderdelen met een hoge impact op de MPG-score besproken worden, waaronder ook onderdelen van het dynamische gedeelte.

6.1 Fundering

De fundering kan een hoge impact hebben op de MPG-score met een bijdrage van ongeveer 30%. [1][2] Binnen de referentiegebouwen scoort vooral referentiegebouw 3 hoog op de fundering. De hoogste bijdrage komt van de funderingspalen.

Er zijn drie belangrijke factoren die meespelen in de MKI van de funderingspalen:

- de benodigde lengte voor het type ondergrond;
- het aantal benodigde funderingspalen;
- de milieuverklaringen in het NMD.

Omdat de berekening van de funderingspalen redelijk complex is, is er voor gekozen om een kleine gevoeligheidsanalyse te doen op de lengte van de funderingspalen en de type milieuverklaringen. Hiervoor is gekozen om te kijken naar de paallengte voor een ongunstige ondergrond van 15m voor referentiegebouwen 1 en 3 omdat hier het aantal milieuverklaringen bekend is.

Figuur 9 weergeeft de impact van de palen op de score van de referentiegebouwen. Er is gekozen om voor referentie 1 en 3 een gevoeligheidsanalyse te maken omdat hier de hoeveelheid benodigde funderingspalen van bekend zijn. De Figuur laat voornamelijk zien dat het type funderingspaal een grote impact heeft, waarbij de schroefpaal de hoogste impact heeft. De impact kan oplopen tot 50% van de totale impact van de MPG score. Daarnaast is er ook te zien dat de impact ook verhoogt, vooral voor de schroefpaal wanneer de lengte verhoogt (referentie 3 van origineel naar schroefpaal).

Hieruit blijkt dus dat het type funderingspaal de grootste impact heeft wanneer er gekeken wordt naar 3 gangbare type systemen. Er missen echter nog milieuverklaringen voor andere gangbare type funderingspalen zoals de hoge snelheidspaal.

Figuur 9 Gevoeligheidsanalyse voor een ongunstige ondergrond met verschillende typen funderingspalen.

6.2 Zonnepanelen

Naar verwachting is het vanaf 2025 is het voor industriegebouwen met een dakoppervlakte groter dan 250 m^2 verplicht om het dak vol te leggen met zonnepalen. Dit kan effect hebben op de MPG-score van de constructie en de zonnepalen. Dit is echter op dit moment geen eis, waardoor het buiten de demarcatie valt. Dit onderzoek is daarom toegevoegd als informatie en zal nog niet meegenomen worden in de voorgestelde grenswaarde.

Wanneer het dak vol gelegd wordt met zonnepanelen, moet de constructie ook verzwaard worden. Hiervoor kan een simpele ontwerp berekening gemaakt worden op basis van [13][14]. Wanner dit wordt gedaan voor referentiegebouw 1 resulteert dit in een toename van 12% in de hoeveelheid staal voor liggers, kolommen en dakplaat. Dit heeft een lage impact op de MPG-score met een verhoging van ongeveer 0,01. Hierbij hoort de kanttekening dat referentiegebouw 1 al berekend is op zonnepalen. Daarnaast geldt dit voor één referentiegebouw en kan de impact variëren voor andere overspanningen.

Er is ook gekeken naar de hoeveelheid zonnepanelen die geplaatst worden en de bijbehorende milieu impact. Hiervoor zijn twee scenario's uitgewerkt, voor 6 verschillende typen zonnepanelen. De type panelen en specificaties zijn te vinden in Tabel 10.

Tabel 10 Overzicht van de gebruikte zonnepanelen.

Type	Piekvermogen [Wp/m^2]	Opbrengst [kWh/m^2]	Impact [MKI/m^2]	Categorie milieu-verklaring
mono-Si	147	129	2,276	3
CIS	114	100	0,177	3
multi-Si	147	129	1,873	3
amorf dunne film	114	100	0,181	3
Solarge	185	161	0,864	1
Axasun	197	173	1,166	1

Voor het eerste scenario weergeeft de MPG van het benodigde aantal zonnepanelen voor een referentie energievraag van 42 kWh/m2 [1]. Dit is een waarde gebaseerd op het werkelijke gebruik van industriefuncties. Voor de MPG-berekening zal deze waarde waarschijnlijk lager komen te liggen omdat alleen het gebouw gebonden energieverbruik meegenomen hoeft te worden voor de MPG volgens de demarcatie [5]. Hiervoor is gebruik gemaakt van de totale GO. Voor het tweede scenario is de MPG berekend wanneer het dak voor 90% gevuld (omdat 100% niet haalbaar is) is met zonnepanelen.

Figuur 8 geeft een overzicht van de MPG scores voor de verschillende typen zonnepanelen en scenario's. Het resultaat laat zien dat er een groot verschil zit tussen de MPG-scores, vooral wanneer de benodigde en volledige scenario's worden vergeleken. Wanneer je kijkt naar benodigd varieert de impact tussen de 0,052 en 0,751, met een verhoging op de MPG van de referentiegebouwen van 11-177%. Wanneer het dak volledig met zonnepanelen wordt gevuld, ligt de MPG-score van de zonnepanelen tussen de 0,314 en 2,425 met een verhoging op de MPG van de referentiegebouwen van 21-689%.

Daarnaast zit er ook een groot verschil tussen de typen zonnepanelen, waarbij de mono-Si en multi-Si veel hoger scoren dan de CIS en amorf zonnepanelen. Daar staat echter wel tegenover dat de mono-Si en multi-Si panelen een hogere opwekkingsrendement hebben. De productcategorie 1 verklaringen vallen onder de mono-Si groep, maar scoren wel beter. Dit komt gedeeltelijk door het verschil tussen product 1 verklaringen en product 3

verklaringen, maar bij de benodigde MPG komt dit ook door de hogere opbrengst omdat deze bekend is.

Concluderend, PV panelen hebben een hoge impact, die zou kunnen oplopen van een verhoging van de MPG-score van 2,4. Hierbij speelt vooral het type PV-paneel dat gebruikt wordt een grote rol, waarbij de afweging tussen hoeveelheid opgewekte energie en materiaalimpact van belang is. Daarnaast zal de demarcatie van de hoeveelheid zonnepanelen die meegenomen moeten worden in een MPG-berekening een grote impact hebben. Het is daarom van belang om een duidelijke demarcatie te hebben van het aantal zonnepanelen dat meegenomen moet worden in de MPG-berekening voordat er een eis wordt vastgesteld voor de MPG-grenswaarde voor de industriefunctie.

Figuur 10 MPG-score voor de verschillende typen zonnepanelen.

6.3 Gebouwinstallaties

Wat er volgens de demarcatie meegenomen moet worden aan gebouwinstallaties in een MPG-berekening is sterk afhankelijk van de eisen die aan een gebouw worden gehangen volgens het bouwbesluit. Zoals al eerder benoemd zijn er op dit moment geen energieprestatie eisen voor de industriefunctie. Echter, er zijn wel eisen gesteld aan de minimale luchtverversing, verlichting, en brandveiligheid. Hierdoor zullen er conform de demarcatie gebouwinstallaties meegenomen moeten worden. Binnen het onderzoek MPG 'overige gebruiksfunctie' [17] is er onderzocht wat het effect op de MPG-score is voor deze installaties conform demarcatie. Hieruit blijkt dat de installaties een effect van ongeveer 0,11 zullen hebben op de MPG score.

Ter informatie kan er ook gekeken worden naar de impact van de installaties wanneer er energieprestatie-eisen aan het gebouw komen te hangen. Dit kan gedaan worden op basis van het Bouwen met Staal [1] en Koploper [2] onderzoek. Uit deze studies blijkt dat de installaties (excl. Pv) een impact hebben van ongeveer 0.07-0.12. De MPG-scores komen overeen met de P-90 van 0.11 voor de geanalyseerde gebouwen binnen de studie. Binnen de koploper studie komen de MPG-bijdragen van de installaties echter veel lager uit met een score van 0.01-0.04 en een bijdrage van 1-6% aan de totale score.

Figuur 11 De effecten van de MPG-scores voor installaties volgens verschillende studies.

Het is goed om te weten wat de bijdrage is voor installaties volgens berekeningen. Echter is het wel onbekend wat er is meegenomen in deze berekeningen. Daarnaast moet er ook in het achterhoofd genomen worden dat de MPG-berekeningen in deze studies zijn gemaakt voor een BREEAM-certificaat. Dit geeft aan dat de gebouwen een hoger ambitieniveau op duurzaamheid zullen hebben. Binnen de parametrische studie is er echter aangenomen dat de installaties benodigd zijn voor de volle BVO van de hal. Dit kan weer een overschatting zijn. Daarnaast zijn het ook niet de goede verklaringen voor een industriefunctie.

6.3.1 Verwarmd/onverwarmd

Binnen het bouwbesluit wordt er wel onderscheid gemaakt tussen verwarmde en onverwarmden ruimtes. Voor industriehallen die niet worden verwarmd voor gebruikers of met een seizoensgebonden gebruik zijn er geen eisen aan de isolatie van de gebouwschil. Wanneer de industriehal verwarmd wordt geldt er wel een eis aan de isolatiegraad van de gebouwschil, wat een impact kan hebben op de MPG. Binnen de gevoeligheidsanalyse van Bouwen met Staal [1] blijkt dat de impact van isolatie volgens de bouwbesluit 2015 eisen resulteert in een effect van maximaal 0.099 voor 90% van de berekeningen. Dit is een bijdrage van 11%.

Kijkend naar de isolatiegraad van de referentiegebouwen, lijkt het er op dat referentiegebouwen 1, 3 en 4 verwarmd zijn. Kijkend naar de resultaten voor vloeren, gevel dicht en daken valt er echter geen verband te zien met de extra hoeveelheid isolatie voor deze drie gebouwen.

6.3.2 Koel- / vrieshuizen

Een industriefunctie die ook vaak voorkomt is de koel-/vrieshuis functie. Volgens het onderzoek van Savills [8], is ongeveer 11% van de logistieke panden te categoriseren als een koelhuis. De referentiegebouwen binnen dit onderzoek zijn geen koelvrieshuizen. Volgens Bouwen met Staal [1] kan een vrieshuis een significant effect hebben. Door een verhoging van de gebouwschilkwaliteit kan de MPG-score voor de gevel en dak respectievelijk 70% en 30% hoger worden ten opzichte van een verwarmde hal. Dit kan resulteren in een MPG-score die 17% hoger is. Binnen deze analyse is er allen gekeken naar de isolatiewaarde van de gebouwschil en zijn extra installaties niet meegenomen.

6.4 Kraanbaan

Binnen de industriefunctie kunnen er soms zwaardere constructies benodigd zijn om de industriefunctie te faciliteren, zoals voor kraanbanen. Binnen de gevoeligheidsanalyse van Bouwen met Staal is dit onderwerp ook meegenomen. Hieruit bleek dat 25% van het staalgebruik in de hal met kraanbaan gaat naar de kraanbaanligger. Echter blijkt uit de 90-percentiel scores dat dit geen groot effect heeft, omdat er hallen zijn met een hogere MPG-score door een minder optimale constructie of grotere overspanningen. [1]

6.5 Conclusie

Kijkend naar de demarcatie en ge gevoeligheidsanalyse blijkt dat met name de fundering een groot effect op de MPG-score kan hebben. De rest van de analyses lijken ook een redelijk effect te hebben van ongeveer 0,1.

Figuur 12 Effect van de verschillende onderdelen van de gevoeligheidsanalyse op de MPG-score.

7 Voorstel MPG-eis industriefunctie

7.1 Grenswaarde MPG-eis

Op basis van MPG-berekeningen van het statische gedeelte van industriegebouwen gebouwen en de resultaten van de gevoeligheidsanalyse kan worden geconcludeerd dat een MPG-grenswaarde van 1,0 voor de industriefunctie een goede instapeis is.

De MPG voor het statische gedeelte van de doorgerekende industriegebouwen was vrijwel nooit hoger dan 0,8. Wanneer de effecten van maatregelen uit de gevoeligheidsanalyse van hoofdstuk 6 bij worden opgeteld, kom je maximaal op een MPG van 1,0 uit.

De gegeven MPG-grenswaarde is een eerste voorstel voor de grenswaarde. Er zijn aanvullende punten benoemd die nog onvoldoende zijn meegenomen bij het vaststellen van de definitieve MPG-grenswaarde. Daarover moet vanuit het beleid een mening over gevormd worden.

Deze punten zijn te vinden in hoofdstuk 7.2 Aanbevelingen. Daarnaast zijn er nog een paar onzekerheden die invloed hebben op de hoogte van de eis, maar waarvoor er binnen dit onderzoek geen tijd was. Deze onderzoeken zouden in het komende jaar nog uitgevoerd moeten worden om meer zekerheid over de grenswaarde te krijgen. Deze punten zijn te vinden in Hoofdstuk 7.3 Aanvullend onderzoek.

7.2 Aanbevelingen

7.2.1 Demarcatie

Voordat er een eis gesteld wordt is het van belang om een duidelijke demarcatie te hebben over wat er meegenomen moet worden in de industriefunctie. Uit verschillende onderzoeken [6][2] blijkt dat er op dit moment wordt gespeeld met wat er wel en niet meegenomen wordt binnen een berekening. Zo worden stellingen bijvoorbeeld meegenomen in BVO waardoor de MPG veel lager uit valt. Het is belangrijk om hier duidelijke regels op te krijgen. Binnen dit onderzoek zijn de berekeningen gebaseerd op de vernieuwde demarcatie van Nieman [5], die al meer duidelijkheid geeft over wat er meegenomen zou moeten worden. Hier zit ook nog ruimte in voor interpretatie. Daarom is het ook belangrijk om met duidelijke voorbeelden te komen over wat er wel en niet onder valt.

7.2.2 Vormfactoren

De MPG-score is afhankelijk van verschillende factoren, waar de ontwerper soms geen invloed op kan hebben. Daarom kan er ook nog gedacht worden om de eis afhankelijk te maken van bepaalde gebouwparameters. Zo zou er bijvoorbeeld gedacht kunnen worden aan een eis die afhankelijk is het type ondergrond of vloerbelasting omdat de fundering een groot effect kan hebben. Binnen dit onderzoek is er verder te weinig data verzameld om conclusies te trekken over verdere vormfactoren. Het is belangrijk om hier over na te denken om toe te voegen aan de regelgeving zodat de eis ook haalbaar is onafhankelijk van de locatie.

7.2.3 Beschikbare NMD milieuverklaringen

Voordat er een MPG-eis aan de industriefunctie gesteld wordt is het ook nog belangrijk om het NMD uit te breiden [1][2]. Op dit moment zijn veel milieuverklaringen nog onvoldoende toereikend voor de industriefunctie waardoor MPG-berekeningen nog onvoldoende representatief zijn voor het gebouw. Met name binnen de installaties is dit van toepassing. Het is daarom wenselijk om de ontwikkeling van milieuverklaringen te stimuleren.

In 2020 is er aangekondigd dat de milieu-impactcategorieën gaan veranderen. Hierdoor komt er een overgang van 11 naar 19 milieu-impactcategorieën [16]. Dit zal ook impact hebben op de MPG-score omdat deze gebaseerd is op een weging van deze categorieën. Het effect van de overgang op de MPG-scores is echter nog niet bekend. Daarom is het ook van belang om het effect van deze verandering te weten voordat er een eis wordt bepaald.

7.2.4 Monitoring

De keuze is gemaakt om een goed haalbare eis vast te stellen omdat er op dit moment nog veel onbekend is met betrekking tot de MPG-scores van de industriefunctie. Daarom is het advies om in het eerste jaar van de MPG-eis een ruime grenswaarde te stellen zodat er meer data verzameld kan worden. Het is belangrijk om een goed monitoringssysteem op te zetten zodat de eis aangescherpt kan worden op basis van daadwerkelijke MPG-scores, zodat er data beschikbaar komt die representatief is voor de gehele industrie. Na een jaar kan dan op basis van deze data gekeken worden hoe ver de grenswaarde aangescherpt kan worden.

Daarnaast is het ook goed om de MPG-scores van bepaalde typen industrie (bijvoorbeeld zware industrie, industriegebouwen kleiner dan 100 m^2) in de praktijk in de gaten te houden. Hiervan is op basis van dit rapport onbekend hoe deze in de praktijk zullen scoren. Daarom moet er binnen het monitoringssysteem ook goed in de gaten worden gehouden om wat voor type industrie het gaat. Zo kan de aanscherping van de grenswaarde beter gedaan worden en eventueel onderscheid gemaakt gaan worden tussen verschillende industriesoorten. Daarnaast kan er aan gedacht worden om eventueel te werken met een uitzondering op aanvraag, waardoor er wel MPG-scores voor deze gebouwen verzameld worden indien het toch niet haalbaar schijnt te zijn.

7.3 Aanvullend onderzoek

7.3.1 De dynamische MPG-scores

Zoals eerder benoemd zijn er binnen de MPG-berekeningen van dit onderzoek alleen de statische onderdelen mee genomen. Binnen het dynamische deel van het onderzoek zal er meer duidelijk worden over de impact die, met name, de installaties zullen hebben op de MPG-score. Binnen dit onderzoek zijn er een paar aspecten die van belang zijn:

- De demarcatie moet duidelijk zijn om te weten welke installaties er wel en welke er niet meegenomen moeten worden;
- Daarnaast moet er ook goed naar de milieuverklaringen gekeken worden om te zien welke milieuverklaringen er toepasselijk zijn voor de industriefunctie en of er eventuele verschalingen en/of nieuwe milieuverklaringen nodig zijn voor de industriefunctie.

Wanneer dit duidelijk is, kunnen er nieuwe berekeningen gemaakt worden om de MPG-score voor het dynamische gedeelte beter te bepalen.

7.3.2 Fundering

Zoals gebleken in dit onderzoek kan de fundering een significant effect hebben op de MPG-score van het gebouw. Om hier meer duidelijkheid op te krijgen zou het goed zijn om twee typen onderzoek te doen.

Het eerste onderzoek heeft te maken met het type ondergrond. Referentiegebouwen 2-5 zijn geplaatst op een gunstige ondergrond. Wanneer deze verplaatst zouden worden naar een ongunstige ondergrond kan dit een significant effect hebben. Volgens het onderzoek van Bouwen met Staal [1] en DGBC [2] kan de locatie een verhoging tot 0,5 €/(m^2BVO·jaar) opleveren. Daarom is het goed om hier verder onderzoek naar te doen.

Het tweede onderzoek heeft te maken met het effect van de belasting van het gebouw. Referentiegebouw 3 heeft een hogere MPG-score voor fundering terwijl het dezelfde type ondergrond heeft als referentiegebouwen 2,4 en 5. Daarom is het belangrijk om te onderzoeken wat het effect van belasting op de MPG kan zijn.

7.3.3 Type industriefuncties

Binnen dit onderzoek zijn er vijf referentiegebouwen uitgekozen. Maat er zijn ook type industriefuncties waarbij de MPG-score sterker zal afwijken dan deze referentiegebouwen. Voorbeelden die interessant zouden zijn om verder uit te werken:

- Datacenters;
- Koel-vrieshuizen;
- Zware industrie;
- Distributiecentrum XXL.

7.3.4 Materialisatie constructies

De constructies die binnen de referentieberekeningen zijn meegenomen bestaan voornamelijk uit staal en sandwichpanelen. Deze materialisering is gangbaar voor onze referenties. Er zijn echter ook veel variaties op de constructie mogelijk. Een houten constructie zal waarschijnlijk beter scoren. De MPG-score voor een volledig betonnen constructie is onbekend, maar deze zal ook minder vaak voorkomen. Binnen het onderzoek van Bouwen met Staal [1] zijn er meerdere constructies meegenomen. Het is echter goed om dit nog een keer in detail te onderzoeken voor de gebouwen waarvan de MPG-waarde dichter op de grenswaarde komt te liggen.

8 Bronnen

[1] MPG-grenswaarde voor industriehallen, Bouwen met Staal. Hollander, J.P. den (27 mei 2020)

[2] Koploperstudie. DGBC (2022)

[3] Uitgangspunten en resultaten dynamisch model overige gebruiksfuncties. LBP Sight (17 mei 2023)

[4] Uitwerking BENG referentiegebouwen ten behoeve van milieuprestatie gebouwen - concept. DGMR (17 mei 2023)

[5] Demarcatie MPG-berekening. Nieman. Porthuis, J.W., & Huijzer, J.C. (8 feb 2023)

[6] Verkenning MPG-niveaus overige gebruiksfuncties. Stichting W/E adviseurs. (2 feb 2023)

[7] dataset MPG overige gebruiksfuncties. MIA-VAMIL. (2023)

[8] Memo eerste aanzet tot analyseren segmentering van de logistieke vastgoedmarkt. Savills (2020)

[9] Verrijkte BAG. TNO (2023, april)

[10] Bodemgebruik; uitgebreide gebruiksvorm, per gemeente. StatLine (2018, september) https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table?dl=3D8B&ts=1681893336592

[11] Bodemgebruik, Classificatie . Centraal Bureau voor de Statistiek (2023) https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen/bodemgebruik-classificatie

[12] Vervolgonderzoek uitbreiding grenswaarden MPG. Nieman (14 jul 2021)

[13] Bepaal zelf het juiste type steeldeck. Industriebouwen (2023) https://industriebouwen.be/het-juiste-type-steeldeck-bepalen/

[14] Constructief Tabellenboek. Eurocode (apr 2015) 2e druk. ISBN: 9789082216110

[15] Onderzoek vorm-gebruiksfactoren MPG, Nieman. Porthuis, Jw., Kuindersma, P., Sleruink, E.L., Dunnink, M.J. (31 jan 2023)

[16] Van 11 naar 19 milieu-impactcategorieën. Nationale Milieu Database (2023) https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/informatie-voor-lca-uitvoerders/milieu-impact-categorieen/

[17] MPG ‘overige gebruiksfunctie’, Stichting W/E adviseurs (1 nov 2023)

9 Bijlagen met uittrekstaten

Referentie 1

Cat.	Bouwdeel/Element/Productnaam	Variant	Aantal	Eenheid	MPG	Subtotaal		Toelichting
						0,649	**100%**	
	Fundering					***0,108***	***17%***	
	Bodemvoorzieningen					*0,005*	*1%*	
3	Grondaanvullingen, Zand		892	m3	0,005			Aanname 1m grondaanvulling onder footprint gebouw.
	Funderingsvoeten en -balken					*0,039*	*6%*	
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	350 x 400	372,64	m	0,039			
	Funderingspalen					*0,064*	*10%*	
2	Funderingspalen, Heipaal; beton, prefab; AB-FAB	220 x 220	1850,5	m	0,064			
	Vloeren					***0,070***	***11%***	
	Vloeren op grondslag					*0,070*	*11%*	
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C20/25,CEMIII; incl.wapening	180	911,6	m2	0,07			
	Constructie					***0,110***	***17%***	
	Doosconstructies					*0,110*	*17%*	
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		19480	kg	0,053			Kolommen
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		17309	kg	0,047			Liggers
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		2005	kg	0,005			Windverbanden verticaal
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		1831	kg	0,005			Windverbanden horizontaal
	Gevels					***0,311***	***48%***	
	Gevel dicht - borstwering					*0,030*	*5%*	
2	Massieve wanden dragend, Beton, prefab, utiliteitsbouw; AB-FAB	120	220	m2	0,023			
3	Isolatielagen, EPS	3,5	220	m2	0,006			
	Gevel dicht - sandwichpanelen					*0,109*	*17%*	
3	Bekledingen, Sandwich paneel licht golvend, staal + EPS; gepoedercoat (55mu)	5,4	842,1	m2	0,106			
3	Bekledingen, Sandwich paneel licht golvend, staal + EPS; gepoedercoat (55mu)	5,4	25	m2	0,003			Plankprofiel
	Buitenwandopeningen, gevuld met ramen					*0,070*	*11%*	
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	630 x 2	156	m	0,012			Waterslag als lekprofiel tussen borstel en sandwichpanelen
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		132	m2	0,011			
3	Buitenramen, aluminium, geanodiseerd		56	m2	0,007			
3	Buitenbeglazing, HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm		87	m2	0,024			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	240 x 1	98	m	0,003			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	240 x 1	98	m	0,006			Waterslag boven raam
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	550 x 2	98	m	0,006			Waterslag onder raam
	Buitenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,102*	*16%*	
3	Transportdeuren, Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geisoleerd		198	m2	0,102			
	Daken					***0,050***	***8%***	
	Platte daken					*0,050*	*8%*	
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak1.0	135	911,6	m2	0,028			
3	Isolatielagen, EPS	2,5	911,6	m2	0,019			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	50 x 1	222,2	m	0,003			
	Afvoer					***0,000***	***0%***	
	Afvoeren					*0,000*	*0%*	
3	Hemelwaterafvoeren, Pvc; grecycled; diameter:80mm; d:1.8mm		71,5	m	0,000			

Referentie 2

Cat.	Bouwdeel/Element/Productnaam	Variant	Aantal	Eenheid	MPG	Subtotaal		Toelichting
						0,541	**100%**	
	Fundering					***0,092***	***17%***	
	Bodemvoorzieningen					*0,004*	*1%*	
3	Grondaanvullingen, Zand		1693	m3	0,004			
	Funderingspalen					*0,088*	*16%*	
3	Funderingspalen, Beton; In grond gestorte paal (IGGP), 250x250 mm	709 x 709	127,3	m	0,043			Diepfunderingsputten, diameter omgerekend naar omtrek vierkant
3	Funderingspalen, Beton; In grond gestorte paal (IGGP), 250x250 mm	886 x 886	46,9	m	0,025			Diepfunderingsputten, diameter omgerekend naar omtrek vierkant
3	Funderingspalen, Beton; In grond gestorte paal (IGGP), 250x250 mm	1063 x 1063	26,8	m	0,020			Diepfunderingsputten, diameter omgerekend naar omtrek vierkant
	Vloeren					***0,090***	***17%***	
	Vloeren op grondslag					*0,090*	*17%*	
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening	150	1693	m2	0,057			
3	Isolatielagen, EPS	3,4	1693	m2	0,031			Rc = 0.12m / 0.035 W/mK = 3.4 m2K/W
3	Bodemafsluitingen, PE folie	0,23	1693	m2	0,003			
	Constructie					***0,062***	***11%***	
	Doosconstructies					*0,062*	*11%*	
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		19991	kg	0,026			Kolommen
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		22668	kg	0,030			Liggers
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		4309	kg	0,006			Windverbanden
	Gevels					***0,13***	***24%***	
	Gevels dicht - borstwering					*0,075*	*14%*	
2	Massieve wanden dragend, Beton, prefab, utiliteitsbouw; AB-FAB	120	113,7	m2	0,006			
3	Isolatielagen, PUR/PIRschuim platen (pentaan geblazen)	4,26	113,7	m2	0,002			Dikte van 100mm
3	Bekledingen, Aluminium; profiel-niet gecoat	3	22,12	m2	0,002			
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + EPS; gepoedercoat (55mu)	4,5	619,8	m2	0,031			Sandwichpanelen normaal
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + EPS; gepoedercoat (55mu)	7,65	388,8	m2	0,033			Sandwichpanelen brandwerend (dikker)
	Buitenwandopeningen, gevuld met ramen					*0,029*	*5%*	
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	280 x 2	162,7	m	0,003			Waterslag voor overgang Borstel - sandwichpaneel
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		135,9	m2	0,006			
3	Buitenramen, aluminium, geanodiseerd		10,8	m2	0,001			
3	Buitenbeglazing, HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm		101,6	m2	0,014			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	240 x 1	71,9	m	0,001			
3	Waterslagen, Hardsteen	290 x 50	71,9	m	0,004			
3	Stelkozijnen, Onverduurzaamd hout; geverfd		162,7	st	0,000			
	Buitenwandopeningen, gevuld met puien					*0,000*	*0%*	
3	Dichte puivulling, PIR Sandwichplaten aluminium (0,7mm); gecoat	31,4	6,44	m2	0,000			
	Buitenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,026*	*5%*	
3	Transportdeuren, Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geisoleerd		93,2	m2	0,024			
3	Stelkozijnen, Onverduurzaamd hout; geverfd		10	st	0,000			
3	Buitendeuren, Aluminium; gemoffeld; bekleding:volkern		10	st	0,001			
3	Buitenbeglazing, HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm		13,9	m2	0,002			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	50 x 1	12,5	m	0,000			
	Daken					***0,109***	***20%***	

	Dakopeningen					*0,005*	*1%*	
3	Dakramen, Pvc; gerecyceld pvc; stalen kokerprofielen		19,2	st	0,005			Aanname dat 1 dakraam ogeveer gelijk is aan 1 m2. totale oppervlakte 79.2 m2
	Platte daken					*0,104*	*19%*	
2	NVPU; PIR plaat;gecacheerd met alulaminaat platdakisolatie Rd=6,0	6	1558	m2	0,054			
3	Plat dakbedekkingen, EPDM, sbs cachering; verkleefd		1558	m2	0,021			
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak0.88	70	935	m2	0,012			
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak1.5	200	623	m2	0,017			
	Inbouw					***0,056***	***10%***	
	Binnenwanden, niet-constructief					*0,051*	*9%*	
2	Massieve wanden niet dragend, Beton, prefab, woningbouw; AB-FAB	140	700,4	m2	0,039			
3	Systeemwanden niet dragend verplaatsbaar, Beweegbare systeemwand, metalstud / steenwol / gipsplaat gemonteerd op plafond rails.		99,6	m2	0,008			
3	Afwerklagen, Keramische tegels; geglazuurd/gelijmd		31,6	m2	0,001			
2	Gipskartonplaat systeemwand 100 mm, enkel beplaat met 60 mm glaswol isolatie (NBVG)		247	m2	0,004			Extra voorzetwand voor kantoren
	Binnenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,001*	*0%*	
3	Binnenkozijnen, Staal; verzinkt+gemoffeld		14,4	m2	0,001			
3	Binnendeuren, Hout; geschilderd:alkyd		6	st	0,000			
	Trappen en hellingen					*0,004*	*1%*	
3	Balustrades, Staal; gepoedercoat; spijlen		0,45	m	0,000			
3	Leuningen, Staal gecoat, rond 60 mm		13,15	m	0,000			
3	Centrale trap, Gecoat staal met Meranti treden; duurzame bosbouw		3	stuk(s)	0,004			
	Afvoer					***0,002***	***0%***	
	Afvoeren					*0,002*	*0%*	
3	Hemelwaterafvoeren, Pvc; grecycled; diameter:80mm; d:1.8mm		525	m	0,002			2 keer de benodigde lengte vanwege 2x zo dikke buizen.

Referentie 3

Cat.	Bouwdeel/Element/Productnaam	Variant	Aantal	Eenheid	MPG	Subtotaal		Toelichting
						0,675	**100%**	
	Fundering					***0,247***	***37%***	
	Bodemvoorzieningen					*0,004*	*1%*	
3	Grondaanvullingen, Zand		6333	m3	0,004			
	Funderingsvoeten en -balken					*0,016*	*2%*	
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	500 x 550	662	m	0,016			
	Funderingspalen					*0,227*	*34%*	
3	Funderingspalen, Schroefpaal; beton,in het werk gestort, C20/25; incl.wapening, diameter 320	320	4640	m	0,167			
3	Funderingspalen, Schroefpaal; beton,in het werk gestort, C20/25; incl.wapening, diameter 400	400	1463	m	0,059			
	Vloeren					***0,109***	***16%***	
	Vloeren op grondslag					*0,097*	*14%*	
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening	210	6155	m2	0,069			
3	Isolatielagen, EPS	3,5	6155	m2	0,028			
	Vrijdragende vloeren					*0,012*	*2%*	
2	Vrijdragende Vloeren, Kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB	150	459,8	m2	0,003			
2	Vrijdragende Vloeren, Betonhuis; druklaag breedplaatvloer; betonmortel C20/25,CEMIII; incl. wapening	50	459,8	m2	0,001			Druklaag kanaalplaatvloer
2	Vrijdragende Vloeren, Kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB	200	759,2	m2	0,007			
	Constructie					***0,079***	***12%***	
	Doosconstructies					*0,078*	*12%*	
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		246925	kg	0,078			
	Kolommen en liggers					*0,001*	*0%*	
2	Liggers + balken, Betonhuis; beton,in het werk gestort,C20/25,CEMIII; incl.wapening	400 x 500	11	m	0,000			
2	Liggers + balken, Betonhuis; beton,in het werk gestort,C20/25,CEMIII; incl.wapening	400 x 400	77,7	m	0,001			
	Gevels					***0,157***	***23%***	
	Buitenwanden					*0,119*	*18%*	
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + PIR; gepoedercoat (55mu)	4,5	4773,7	m2	0,052			
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + PIR; gepoedercoat (55mu)	4,5	96	m2	0,001			Paneel voor overkapping
3	Bekledingen, Geperste steenwol plaat met kunststof coating	200	466	m2	0,067			Brandwerende binnenmuren
	Buitenwandopeningen, gevuld met ramen					*0,011*	*2%*	
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		281,8	m2	0,003			
3	Buitenramen, aluminium, geanodiseerd		7,2	m2	0,000			
3	Buitenbeglazing, HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm		148,9	m2	0,005			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	50 x 1	185,4	m	0,000			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	130 x 2	185,4	m	0,000			
3	Stelkozijnen, Onverduurzaamd hout; geverfd		281	st	0,000			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	720 x 2	69	m	0,001			Waterslag overkapping boven
4	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	830 x 2	69	m	0,001			Waterslag overkapping onder
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	130 x 2	433	m	0,001			Waterslag voor borstel
	Buitenwandopeningen, gevuld met puien					*0,000*	*0%*	
3	Dichte puivulling, PIR Sandwichplaten PVC (1,5mm)	33	82	m2	0,000			
	Buitenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,027*	*4%*	
3	Transportdeuren, Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geisoleerd		418	m2	0,025			

3	Stelkozijnen, Onverduurzaamd hout; geverfd		16 st	0,000			
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		42,2 m2	0,000			
3	Buitendeuren, Aluminium, geanodiseerd		42,2 m2	0,001			
	Daken				***0,075***	***11%***	
	Dakopeningen				*0,022*	*3%*	
3	Dakramen, Pvc; gerecyceld pvc; stalen kokerprofielen		378 st	0,022			Aanname dat 1 stuk gelijk is aan 1 m2
	Platte daken				*0,053*	*8%*	
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak0.7	18	1553 m2	0,001			
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak0.88	70	846 m2	0,003			
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak1.0	135	3237 m2	0,011			
3	Plat dakbedekkingen, EPDM, sbs cachering; verkleefd		5635 m2	0,018			
2	NVPU; PIR plaat; gecacheerd met mineraal glasvlies platdakisolatie Rd=6,0	2,1	5635 m2	0,020			d = 100mm, Rd = 100 / 0.021
	Inbouw				***0,008***	***1%***	
	Binnenwanden, niet-constructief				*0,004*	*1%*	
2	Gipskartonplaat systeemwand 100 mm, enkel beplaat met 60 mm glaswol isolatie (NBVG)		559 m2	0,002			Voorzetwand kantoorfunctie
3	Afwerklagen, Keramische tegels; geglazuurd/gelijmd		450,2 m2	0,002			
	Binnenwandopeningen, gevuld met deuren				*0,001*	*0%*	
3	Binnendeuren, Honingraat; geschilderd:alkyd		24 st	0,000			
3	Binnenkozijnen, Staal; verzinkt+gemoffeld		44,16 m2	0,000			
	Trappen en hellingen				*0,003*	*0%*	
3	Centrale trappen, Gecoat staal met Meranti treden; duurzame bosbouw		6,3 st	0,002			Aanname dat er 3 kleine trappen van 0.77m in 1 stuk passen.
3	Interne trappen, Staal met Meranti treden; duurzame bosbouw		4 st	0,000			Binnentrappen
3	Balustrades, Staal; gepoedercoat; spijlen		21,4 m	0,000			
3	Leuningen, Staal gecoat, rond 60 mm		44 m	0,000			
3	Leuningen, Staal gecoat, rond 60 mm		56 m	0,000			Trappen binnen

Referentie 4

Cat.	Bouwdeel/Element/Productnaam	Variant	Aantal	Eenheid	MPG	Subtotaal		Toelichting
						0,307	**100%**	
	Fundering					***0,019***	***6%***	
	Bodemvoorzieningen					*0,005*	*2%*	
3	Grondaanvullingen, Zand		17741	m3	0,005			Aanname 1m grondaanvulling onder footprint gebouw.
	Funderingsvoeten en -balken					*0,015*	*5%*	
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1000 x 400	2	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1400 x 400	2,8	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1600 x 400	16	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1000 x 400	8	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1200 x 400	10,8	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1400 x 400	18,2	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1600 x 400	30,4	m	0,001			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1800 x 600	3,6	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2000 x 700	48	m	0,002			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2200 x 600	2,2	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2400 x 600	14,4	m	0,001			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1000 x 400	28	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1000 x 400	3	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1200 x 600	10	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1500 x 600	12	m	0,000			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1800 x 700	13	m	0,001			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	1800 x 699	42	m	0,002			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2000 x 700	32	m	0,002			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2000 x 700	28	m	0,001			Betonklasse C35/45
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening+eps	2600 x 800	34,2	m	0,003			Betonklasse C35/45
	Vloeren					***0,075***	***24%***	
	Vloeren op grondslag					*0,063*	*21%*	
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening	150	16742	m2	0,055			
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C30/37,CEMIII; incl.wapening	120	999	m2	0,003			
3	Bodemafsluitingen, PE folie	0,23	16742	m2	0,003			
3	Bodemafsluitingen, PE folie	0,23	999	m2	0,000			
3	Isolatielagen, EPS	3,5	999	m2	0,002			
	Vrijdragende vloeren					*0,012*	*4%*	
2	Vrijdragende Vloeren, Kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB	200	933	m2	0,004			
3	Dekvloeren, Zandcement	70	933	m2	0,003			
3	Dekvloeren, Zandcement	70	999	m2	0,003			
2	Vrijdragende Vloeren, Betonhuis; druklaag breedplaatvloer; betonmortel C30/37,CEMIII; incl. wapenin	70	993	m2	0,002			Druklaag kanaalplaat
	Constructie					***0,078***	***25%***	
	Doosconstructies					*0,078*	*25%*	
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		196244	kg	0,026			Kolommen
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		369342	kg	0,048			Liggers
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		31349	kg	0,004			Windverbanden
	Gevels					***0,053***	***17%***	
	Buitenwanden					*0,038*	*12%*	
2	Massieve wanden dragend, Beton, prefab, utiliteitsbouw; AB-FAB	120	536	m2	0,003			
3	Isolatielagen, PUR/PIRschuim platen (pentaan geblazen)	3,5	536	m2	0,001			

3	Bekledingen, Sandwich paneel trapeziumvormige, staal + PIR; gepoedercoat (55mu)	4,5	656,5	m2	0,003			Trapezium platen voorkant
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + PIR; gepoedercoat (55mu)	4,5	6814,2	m2	0,03			Sandwichpanelen industrie
3	Bekledingen, Sandwich paneel vlak, staal + PIR; gepoedercoat (55mu)	4,5	292,6	m2	0,001			Aanbouw kantoor
	Buitenwandopeningen, gevuld met ramen					*0,007*	*2%*	
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	150 x 2	536	m	0,000			Afwaterprofiel betonplint
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		399,3	m2	0,002			
3	Buitenbeglazing, HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm		322	m2	0,004			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	50 x 1	169,3	m	0,000			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	170 x 2	39,74	m	0,000			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	340 x 2	39,74	m	0,000			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	270 x 2	39,74	m	0,000			
	Buitenwandopeningen, gevuld met puien					*0,001*	*0%*	
3	Dichte puivulling, PIR Sandwichplaten PVC (1,5mm)		4,5	m2	0,000			Tussenstukken tussen de ramen
3	Dichte puivulling, PIR Sandwichplaten PVC (1,5mm)		184,7	m2	0,000			Aanname voor polycarbonaat ramen
3	Buitenkozijnen, Aluminium vast en/of draaiend, geanodiseerd		193,5	m2	0,001			
	Buitenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,007*	*2%*	
3	Transportdeuren, Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geisoleerd		296,1	m2	0,007			
	Daken					***0,078***	***25%***	
	Platte daken					*0,078*	*25%*	
3	Plat dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak0.7		17741	m2	0,005			
2	NVPU; PIR plaat; gecacheerd met mineraal glasvlies platdakisolatie Rd=6,0		17741	m2	0,073			
	Inbouw					***0,003***	***1%***	
	Binnenwanden, niet-constructief					*0,002*	*1%*	
3	Afwerklagen, Keramische tegels; geglazuurd/gelijmd		253,3	m2	0,000			
3	Systeemwanden niet dragend verplaatsbaar, Beweegbare systeemwand, metalstud / steenwol / gipsp		246,8	m2	0,002			
	Binnenwandopeningen, gevuld met deuren					*0,000*	*0%*	
3	Binnenkozijnen, Staal; verzinkt+gemoffeld		66,12	m2	0,000			
3	Binnendeuren, Spaanplaat; geschilderd:alkyd		29	st	0,000			
	Trappen en hellingen					*0,000*	*0%*	
3	Leuningen, Staal gecoat, rond 60 mm		26,4	m	0,000			
3	Centrale trappen, Gecoat staal met Meranti treden; duurzame bosbouw		3	st	0,000			
	Afvoer					***0,000***	***0%***	
	Afvoeren					*0,000*	*0%*	
3	Hemelwaterafvoeren, Pvc; grecycled; diameter:80mm; d:1.8mm		1050,8	m	0,000			

Referentie 5

Cat.	Bouwdeel/Element/Productnaam	Variant	Aantal	Eenheid	MPG	Subtotaal		Toelichting
						0,388	**100%**	
	Fundering					***0,036***	***9%***	
	Bodemvoorzieningen					*0,005*	*1%*	
3	Grondaanvullingen, Zand		283	m3	0,005			Aanname 1m grondaanvulling onder footprint gebouw.
	Funderingsvoeten en -balken					*0,031*	*8%*	
2	Fundatiebalken, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C20/25,CEMIII; incl.wapening+eps	700 x 250	72	m	0,031			
	Vloeren					***0,12***	***31%***	
	Funderingsvoeten en -balken					*0,12*	*31%*	
3	Bodemafsluitingen, PE folie	0,23	283	m2	0,003			
2	Vloeren constructief, Betonhuis; beton,in het werk gestort, C20/25,CEMIII; incl.wapening	120	283	m2	0,049			
3	Dekvloeren, Zandcement	70	283	m2	0,067			
	Constructie					***0,086***	***22%***	
	Funderingsvoeten en -balken					*0,086*	*22%*	
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		6573	kg	0,060			Spanten
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		1446	kg	0,013			Randbalken
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		226	kg	0,002			Gordingen bevestiging strips
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		752	kg	0,007			Gevelbalken/kolommen
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		100	kg	0,001			Dakbalk
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		109	kg	0,001			Windverband verticaal
2	Zwaar constructiestaal 7820 kgm3, incl. conservering		102	kg	0,001			Windverband dakvlak
2	Liggers + balken, Europees Naaldhout, gedroogd, geschaafd, duurzame bosbouw	196 x 71	300	m	0,001			Gordingen
	Gevels					***0,112***	***29%***	
	Funderingsvoeten en -balken					*0,112*	*29%*	
3	Bekledingen, Sandwich paneel trapeziumvormige, staal + EPS; gepoedercoat (55mu)	2	298,2	m2	0,046			
2	Baksteenmetselwerk buitenwanden KNB	100	46,6	m2	0,01			
3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	110 x 90	59,6	m	0,005			Lekdorpel voor overgang sandwich naar baksteen.
3	Stelkozijnen, Onverduurzaamd hout; geverfd		4	st	0,000			
3	Buitendeuren, Pvc; gerecyceld pvc; stalen kokerprofielen; bekleding:volkern;		4	st	0,004			
3	Transportdeuren, Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geisoleerd		27	m2	0,047			
3	Waterkeringen, EPDM; folie	50 x 1	4	m	0,000			
	Daken					***0,029***	***7%***	
	Funderingsvoeten en -balken					*0,029*	*7%*	
3	Hellend dakbedekkingen, Stalen dakplaat verzinkt, StaalplaatDak0.88		335	m2	0,029			
	Afvoer					***0,004***	***1%***	
	Vloeren op grondslag					*0,004*	*1%*	
3	Dakgoten, Staal; prefab goot; verzinkt en gecoat		49,7	m	0,004			
3	Hemelwaterafvoeren, Staal verzinkt		4,4	m	0,000			