

Omgaan met net- congestie bij maatschappelijk vastgoed

TNO 2025 R11667 – 28 augustus 2025

Omgaan met net-congestie bij maatschappelijk vastgoed

Auteurs	Ir. A. de Lange Dr. A.A.L. Traversari, MBA Ir. S.P.M. van Heumen
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Bijlagen	TNO Publiek
Aantal pagina's	33 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	3
Projectnummer	060.37543

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

Samenvatting

In dit onderzoek wordt een antwoord gegeven op de onderzoeksvraag: *‘Op welke wijze kan een bestaand gebouw binnen het maatschappelijk vastgoed het beste omgaan met netcongestie en tegelijkertijd bijdragen aan de verduurzamingsopgave?’*

Dit is onderzocht voor drie verschillende maatschappelijke sectoren: onderwijs, langdurige zorg en sport. Voor deze sectoren zijn drie representatieve gebouwprofielen geselecteerd waarvoor een energiegebruikersprofiel is opgesteld, deze gebouwprofielen komen allemaal in aanmerking voor verduurzaming.

Voor deze gebouwprofielen zijn verschillende maatregelen geanalyseerd om invoedings- en afnamenetcongestie tegen te gaan. Voor elke maatregel is berekend wat de invloed is op het energiegebruiksprofiel, en of de kosten van de maatregel terugverdiend kunnen worden binnen de technische levensduur. Uit deze resultaten blijkt dat het mogelijk is om in het bestaande vastgoed beter om te gaan met de netcongestieproblematiek. De doeltreffendheid van iedere maatregel is afhankelijk van het energiegebruiksprofiel maar er zijn enkele maatregelen die in algemene zin goede oplossingen zijn om het probleem te reduceren.

Uit dit onderzoek blijkt dat er drie belangrijke coping strategieën zijn vanuit het gebouw zelf die kunnen bijdragen om de netcongestie problematiek na verduurzaming te verminderen.

1. **Energiebesparing.** Reduceren van de energievraag van het gebouw door het toepassen van duurzame apparatuur en verlichting.
2. **Peak shaving.** Met peak shaving wordt de maximale vraag of leveringscapaciteit op een bepaald moment gelimiteerd. Maatregelen die kunnen worden toegepast is de aanpassing van een aan/uit lucht/water warmtepomp systeem naar een modulerend systeem. Een modulerend systeem kan het systeem eerder aanzetten op een lager vermogen en langzamer opwarmen zodat de hoge inschakelpiek deels kan worden voorkomen. Verder kan er een voorspellende regeling worden toegepast (gebouw automatiserings- en controlesystemen: GACS). Een voorspellende regeling kan bepalen wanneer het optimaal is om de verwarmingsinstallatie in te schakelen zodat op het gewenste moment de benodigde ruimtetemperatuur is bereikt. Als er bijvoorbeeld koude dagen in het verschiet liggen dan kan het gebouw alvast langzaam wat extra worden opgewarmd zodat de belasting van het net wordt verplaatst naar momenten waarop afnamecongestie een minder groot probleem is.
3. **Energieopslag.** Verder kan energie nog worden opgeslagen door middel van een boiler (warmtapwater) of een batterij. Dit kan zowel invoedings- als afnamenetcongestie tegengaan. De batterij kan de piekbelasting van het net door PV-panelen en door warmtevraag in het gebouw beide (deels) opvangen.

Dit onderzoek toont aan dat maatregelen zoals het reduceren van de energievraag, peak shaving en energieopslag kunnen bijdragen aan het verminderen van netcongestie in maatschappelijk vastgoed. Door deze strategieën kunnen gebouwen zowel verduurzamen als de belasting op het elektriciteitsnet beperkt houden waardoor geen aanpassing van de aansluit- en transportovereenkomst (ATO) noodzakelijk is. De toepasbaarheid en effectiviteit van de maatregelen varieert per sector maar biedt veel potentieel voor de toekomst.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Introductie	5
2 Methode en uitgangspunten	8
2.1 Methodiek op basis van gebouwprofielen	8
2.2 Aansluiting op het net	9
2.3 Beschouwde maatregelen.....	10
2.4 Analyse.....	18
3 Resultaten	21
3.1 Maatregelen invoedingsnetcongestie.....	22
3.2 Maatregelen afnamenetcongestie.....	23
3.3 Veelbelovende maatregelen.....	24
4 Conclusie	28
5 Limitaties.....	29
Ondertekening.....	30
Bijlagen	
Bijlage A: Gebouwprofielen Onderwijs	31
Bijlage B: Gebouwprofielen Langdurige Zorg	32
Bijlage C: Gebouwprofielen Sport	33

1 Introductie

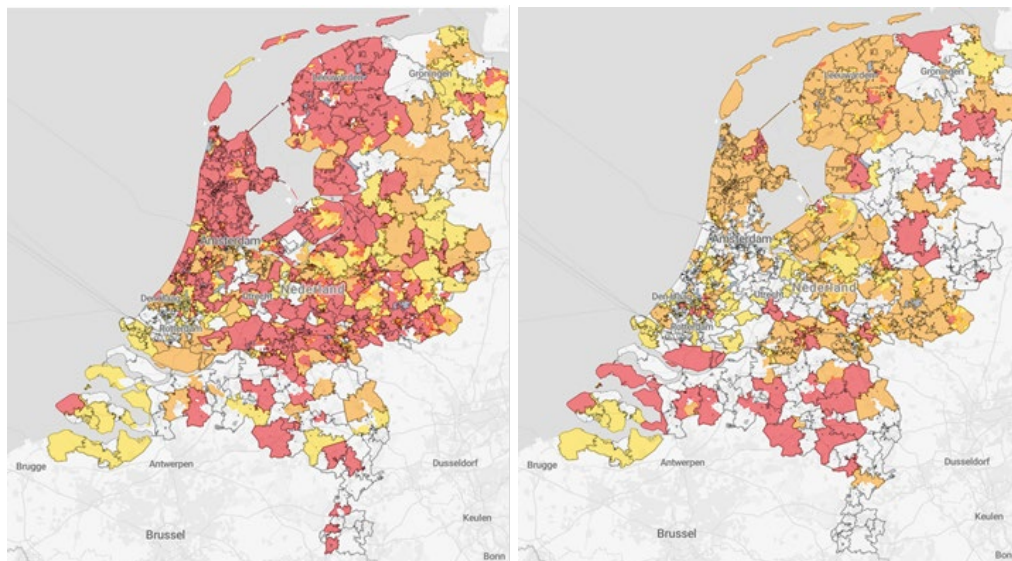
Door het overvolle openbare elektriciteitsnetwerk (netcongestie) en de toenemende capaciteitsbehoefte is het in grote delen van Nederland erg lastig om een nieuwe aansluiting op het openbare elektriciteitsnetwerk te verkrijgen of een bestaande aansluit- en transportovereenkomst (ATO) te vergroten^a. Netcongestie treedt op in twee vormen: invoedings- en afnamenetcongestie. Op zonnige dagen raakt het openbare elektriciteitsnet overbelast als gevolg van de toenemende hoeveelheid teruggeleverde energie door zonnepanelen (invoeding) en op andere momenten raakt het openbare elektriciteitsnet soms overbelast als gevolg van de toenemende vraag naar elektriciteit voor o.a. het verwarmen van gebouwen (afname) door de toename van warmtepompen, laadpalen voor elektrische auto's, etc.. De snelle energietransitie en daarmee elektrificatie in Nederland heeft ertoe geleid dat het elektriciteitsnet op bepaalde momenten in het jaar de capaciteitsgrenzen heeft bereikt. Dit heeft als gevolg dat er in grote delen van Nederland een wachtlijst is voor het verkrijgen of uitbreiden van het gecontracteerd vermogen. Dit geldt met name bij gebouwen met een grootverbruikaansluiting (alle aansluitingen > 3 x 80 Ampère), zowel voor afname als voor invoeding.

In 2024 stonden 9.400 partijen op de wachtlijst voor afname van elektriciteit en 10.000 op de wachtlijst voor teruglevering^b. De gebieden in Nederland waar de problematiek het grootst is, zijn weergegeven in figuur 1^c (d.d. augustus 2025). Op deze landelijke capaciteitskaart is te zien waar voldoende transportcapaciteit is en waar tekorten zijn. De kaart geeft grootverbruikers en andere geïnteresseerden een beeld van waar in Nederland op de netten ruimte is voor een aansluiting.

^a [Capaciteitskaart Netbeheer Nederland](#)

^b [Netbeheer Nederland](#)

^c [Capaciteitskaart Netbeheer Nederland](#)



Figuur 1: Capaciteitskaart voor afname d.d. 22-8-2025 (links) en invoeding (rechts). Rood = tekort aan transportcapaciteit met wachtrij. Oranje = gebied is in onderzoek, met wachtrij. Geel = beperkt transportcapaciteit beschikbaar, zonder wachtrij. Wit = transportcapaciteit beschikbaar zonder wachtrij.

Deze wachtlijst voor een grootverbruikers elektriciteitsaansluiting is een belangrijk knelpunt voor de verduurzamingsopgave waar Nederland voor staat. Voor de gebouwde omgeving en het maatschappelijk vastgoed daarin, is deze verduurzamingsopgave vertaald naar een directe CO₂-emissiereductie van 55% in 2030 en 100% (klimaatneutraal) in 2050. Een voor de hand liggende oplossingsrichting bij de verduurzaming van het bestaande maatschappelijk vastgoed is om over te stappen van fossiele brandstoffen naar duurzame alternatieven zoals (groene) stroom en het gebruik van hernieuwbare bronnen bijvoorbeeld via warmtepompen.

Het niet verkrijgen of verruimen van een ATO voor de elektriciteitsaansluiting bemoeilijkt maatschappelijke sectoren in het op effectieve wijze bijdragen aan de verduurzamingsopgave. Tegelijkertijd moet worden zorggedragen dat de lokaal opgewekte elektriciteit zoveel mogelijk wordt benut en vooral binnen het gebouw wordt ingezet en slechts een minimale hoeveelheid aan het openbare elektriciteitsnetwerk wordt ingevoed (teruggeleverd).

Er zijn diverse studies uitgevoerd naar generieke en collectieve oplossingsrichtingen ten aanzien van mogelijkheden voor opslag en teruglevering van duurzaam opgewerkte energie, rekening houdend met de netcongestie.^{d,e} Binnen het maatschappelijk vastgoed is echter grote variatie in de verdeling van het energiegebruik over de dag (energieprofiel). Een basisschool is bijvoorbeeld buiten schooltijden meestal niet volledig in gebruik of zelfs geheel gesloten en heeft in die periode veelal een lagere energievraag, terwijl een sportkantine juist in de weekenden en avonden een relatief hoge energievraag heeft. De potentie van een coping strategie om knelpunten met betrekking tot netcongestie zo veel mogelijk te reduceren is dus mede afhankelijk van de manier waarop een gebouw wordt gebruikt.

Met dit als aanleiding is een onderzoek opgezet, waarbij de hoofdvraag luidt:

^d [RVO Verbeteren netinpassing zonne-energieprojecten, 10 toepassingen in kaart gebracht](#)

^e [Gelders energieakkoord - Eerste Hulp bij Netcongestie](#)

Op welke wijze kan een bestaand gebouw binnen het maatschappelijk vastgoed het beste omgaan met netcongestie en tegelijkertijd bijdragen aan de verduurzamingsopgave?

Het onderzoek is gericht op alle bestaande maatschappelijk vastgoed binnen de sectoren onderwijs, sport en langdurige zorg, dat verduurzaamd moet worden in het kader van het Klimaatakkoord. De doelstelling voor dit onderzoek is om gebouweigenaren concrete handvaten te geven hoe om te gaan met netcongestie en de verduurzamingsopgave.

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt vanuit het programma van het Expertisecentrum Verduurzaming Zorg (EVZ) binnen het Kennis- en innovatieplatform verduurzaming maatschappelijk vastgoed (KIPmv).

2 Methode en uitgangspunten

2.1 Methodiek op basis van gebouwprofielen

De eerste stap in de studie is het genereren van representatieve gebouwprofielen van het vastgoed in de betreffende sector. Deze stap geeft antwoord op de deelvraag welke verscheidenheid aan gebouweigenschappen er aanwezig is binnen het maatschappelijk vastgoed.

Een gebouwprofiel bestaat uit een set met bouwkundige en installatietechnische eigenschappen en een omschrijving van de manier waarop het gebouw wordt gebruikt. Per sector zijn in nauw overleg met de deelnemers in de klankbordgroep (RVO, ActiZ, Kenniscentrum Sport en Bewegen, Kenniscentrum Ruimte-OK en TNO) drie representatieve gebouwprofielen gekozen. De gebouwprofielen staan in meer detail beschreven in Bijlage A, B & C. Op basis van de gebouwprofielen zijn met VABI Elements, versie 3.11.2.23, energiegebruiksprofielen voor deze gebouwprofielen gegenereerd. Per profiel is er onderzocht welke coping maatregelen passend zijn om knelpunten met netcongestie zo veel mogelijk te elimineren. De energieprofielen zijn samen met de coping maatregelen in Excel verder nabewerkt. Voor de verschillende maatregelen is geanalyseerd of deze de afname en/of invoeding kunnen beperken zodat binnen de bestaande ATO kan worden verduurzaamd.

Onderstaand worden achtereenvolgens de gebouwprofielen per sector, de beschouwde maatregelen en de overige uitgangspunten voor de analyse nader toegelicht.

2.1.1 Onderwijs

Onderwijsgebouwen ouder dan 40 jaar komen volgens het integraal huisvestigingsplan (IHP) in aanmerking voor sloop-nieuwbouw. Onderwijsgebouwen minder dan 15 jaar oud, zijn relatief energiezuinig en komen nog niet in aanmerking voor budgetten ten behoeve van verduurzaming. Met deze randvoorwaarden zijn in overleg met RVO, Kenniscentrum Ruimte-OK en verschillende onderwijsinstellingen 3 representatieve gebouwprofielen opgesteld, te weten:

- › Profiel 1: basisonderwijs, bouwjaar 1980-2000, BVO van ca. 1.000 m²
- › Profiel 2: voortgezet onderwijs, bouwjaar 1980-2000, BVO van ca. 5.000 m²
- › Profiel 3: middelbaar beroepsonderwijs / hoger onderwijs, bouwjaar 1980-2000, BVO van ca. 14.000 m²

De bouwkundige en installatietechnische eigenschappen zijn bepaald op basis van de door RVO beschikbaar gestelde energielabeldatabase (d.d. 31 oktober 2023) en ter controle voorgelegd bij de betrokken onderwijsinstanties.

2.1.2 Langdurige zorg

Bij het invullen van de bouwprofielen ten behoeve van de sector zorg is gefocust op de gebouwen voor verlening van intramurale langdurige zorg. Ziekenhuizen vallen buiten de scope van het onderzoek. Uitgangspunt voor het opstellen van de profielen is een bouwjaar tussen 1980 en 2015. Gebouwen uit deze periode zullen maatregelen moeten treffen om te verduurzamen. In samenspraak met verschillende zorgorganisaties zijn de volgende 3 representatieve bouwprofielen opgesteld:

- › Profiel 1: woonvoorziening gehandicaptenzorg, bouwjaar 1980-2000, BVO ca. 1.500 m²
- › Profiel 2: intramurale ouderenzorg, bouwjaar 1980-2000, BVO ca. 6.000 m²
- › Profiel 3: intramurale ouderenzorg, bouwjaar 2000-2015, BVO ca. 10.000 m²

De bouwkundige en installatietechnische eigenschappen zijn bepaald op basis van de door RVO beschikbaar gestelde energielabeldatabase (d.d. 31 oktober 2023) en ter controle voorgelegd bij verschillende zorgorganisaties.

2.1.3 Sport

De sportsector kent een breed spectrum aan bouwtypologieën afhankelijk van de sport die in het desbetreffende gebouw beoefend wordt. Om een zo groot mogelijk aantal bouwtypen te kunnen bedienen is in overleg met Kenniscentrum Sport en Bewegen (KSB) afgestemd om 3 bouwprofielen van verschillende sportdisciplines op te stellen, waarin het uitgangspunt een bouwjaar tussen 1980 en 2010 is.

- › Profiel 1: fitnessaccommodatie, bouwjaar 1980-2010, BVO van ca. 1.000 m²
- › Profiel 2: sporthal/gymzaal, bouwjaar 1980-2010, BVO van ca. 500 m²
- › Profiel 3: voetbalkantine, bouwjaar 1980-2010, BVO van ca. 600 m²

De geometrische, bouwkundige en installatietechnische eigenschappen zijn door CFP Green Buildings, dat in opdracht van KSB werkt, bepaald op basis van de referenties uit hun eigen database.

2.2 Aansluiting op het net

Voor gebouwen met een aansluiting tot 3 x 80 A blijft salderen^f volgens het huidige regeerprogramma tot 1 januari 2027 mogelijk^g. Daarna wordt deze salderingsmogelijkheid volledig afgeschaft. In de huidige energiecontracten wordt dit tot 2027 financieel aantrekkelijke uitgangspunt deels afgezwakt middels de 'terugleverkosten'. Dit zijn kosten die worden betaald voor de teruglevering aan het elektriciteitsnet. Dit is ook van toepassing als het totale energiegebruik over een jaar hoger is dan de totale opwek. Omdat de uitgangspunten in de contracten voor gebouwen continu wijzigen en om de beoordelingsmethodiek in het onderzoek bruikbaar te houden voor de komende jaren, zijn de volgende uitgangspunten ten aanzien van terugleveren van energie aangehouden, onafhankelijk van de grootte van de aansluiting:

^f Salderen is het verrekenen op jaarbasis van de stroom die wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnet met de stroom die van het net wordt afgenomen

^g <https://www.rijksoverheid.nl/regering/documenten/publicaties/2024/09/13/regeerprogramma-kabinet-schoof>

- › Salderen vindt niet plaats;
- › Er wordt geen vergoeding ontvangen voor eventueel teruggeleverde elektriciteit;
- › Het gecontracteerd vermogen van invoeding is afhankelijk van de maatregel (zie 2.3.1). Als niet wordt aangegeven hoe groot het gecontracteerde vermogen voor invoeding is, geldt dat dit gelijk is aan het vermogen voor afname (ATO);
- › Er wordt geen rekening gehouden met eventuele terugleverkosten.

Tot 2027 zijn dit conservatieve uitgangspunten voor gebouwen met een aansluiting tot 3 x 80 A. Voor alle grootverbruikaansluitingen is dit al de huidige realiteit.

Gebouwen met een grootverbruikaansluiting hebben een gecontracteerd vermogen voor afname. Op basis van de contracten van de referentiegebouwen met grootverbruik-aansluiting is een gecontracteerd vermogen voor afname aangehouden dat gelijk is aan 90% van het aansluitvermogen. Voorbeeld: Bij een aansluitcapaciteit van 3 x 150 A is het uitgangspunt een ATO met een vermogen voor afname van 93 kW ($3 \times 150 \times 400/\sqrt{3} \times 0,9$).

2.3 Beschouwde maatregelen

De scope van het onderzoek betreft maatregelen op gebouwniveau waarmee eigenaren van vastgoed zelf mogelijke knelpunten met betrekking tot netcongestie (verkleinen van de benodigde aansluiting op het openbare elektriciteitsnet of de aansluitcapaciteit beter benutten) kunnen beperken. Maatregelen op gebiedsniveau zoals flexibel gebruik van het net of het gebruik afstemmen met gebouwen in de omgeving via bijvoorbeeld energiehub's, zijn locatie-afhankelijke oplossingen en niet nader beschouwd.

Er is een onderscheid gemaakt in maatregelen ten behoeve van invoedingsnetcongestie en maatregelen ten behoeve van afnamenetcongestie. De TOOLBOX Netcongestie Rijksvastgoedbedrijf^h geeft oplossingsrichtingen voor met name gebouwen van de rijksoverheid en is niet gebruikt voor dit onderzoek, dat zich specifiek richt op zorginstellingen, scholen en sport.

2.3.1 Potentiële maatregelen invoedingsnetcongestie

Wanneer het niet mogelijk is om de lokaal door PV-panelen opgewekte energie terug te leveren aan het openbare elektriciteitsnet, dan kan het lonen om de opwekking zo veel mogelijk af te stemmen op het gebruik. Er zijn verschillende manieren mogelijk om dit te realiseren. Bij de beoordeling van onderstaande maatregelen zijn voor deze situatie specifiek de volgende uitgangspunten aangehouden:

- › Geen van de profielen heeft een gecontracteerd vermogen voor teruglevering. Terugleveren aan het net is dus niet mogelijk, zie ook 2.2. Om eventuele boetes te voorkomen dienen de omvormers te zijn voorzien van actieve vermogensbegrenzing.
- › Maximaal 50% van het bruto dakoppervlak is beschikbaar voor het plaatsen/installeren van PV-panelen.

Onderstaand worden de verschillende maatregelen die zijn doorgerekend toegelicht.

^h <https://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/documenten/publicatie/2025/04/15/netcongestie>

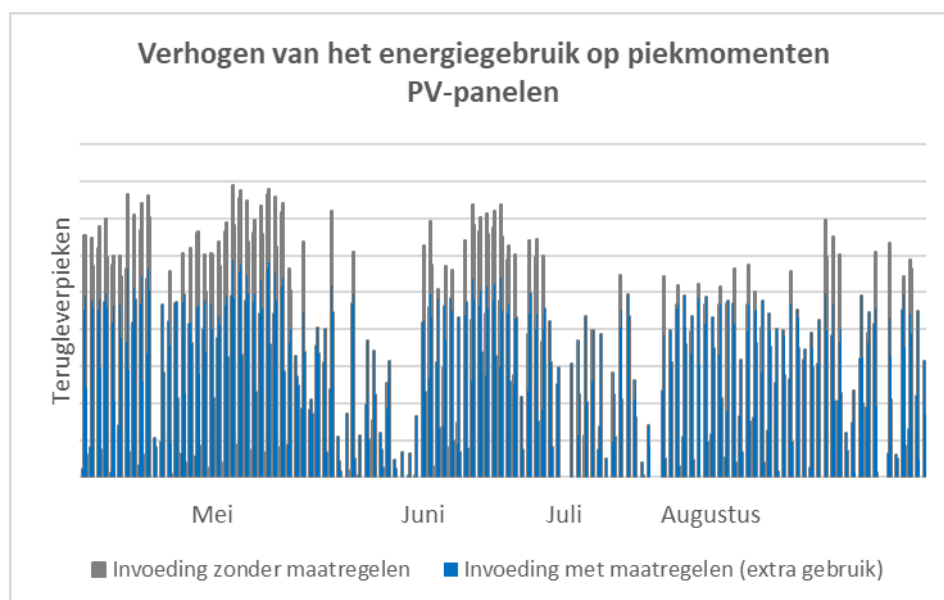
2.3.1.1 Verhoog energiegebruik op moment van pieklevering PV-panelen

› Koeling geregeld op basis van opbrengst PV-panelen

Koeling verhoogt normaal gesproken de energievraag van het gebouw en draagt, op de korte termijn, niet bij aan de verduurzamingsopgave omdat het elektriciteitsnet nog niet geheel gevoed wordt uit natuurlijke bronnen. De vraag om te koelen in gebouwen is echter (over het algemeen) het hoogst in de zomer op momenten dat het warm is en de zon schijnt en dus de invoedingsnetcongestie problematiek het grootst is. Een oplossing voor invoedingsnetcongestie kan zijn dat er koeling wordt toegepast in het gebouw die wordt geregeld op basis van de opbrengst van PV-panelen via het gebouwautomatiserings- en controlesysteem (GACS). Er wordt dus extra gebruik gemaakt van de koeling middels een airco als er voldoende opbrengst is van de PV-panelen. Hierdoor kan ook de afname van elektriciteit worden gereduceerd, doordat er al wordt gekoeld op momenten dat er voldoende elektriciteit voor handen is, waardoor er op momenten dat netcongestie speelt minder (koel)vraag is. Bij de beoordeling van deze maatregel zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Voor de berekening is uitgegaan van een Multi-split unit (Airco) als koeling.
- Alle elektriciteit die is opgewekt door de PV-panelen en niet nodig is voor apparatuur, verlichting of installaties in het gebouw kan gebruikt worden voor koeling.
- De setpoints van koeling worden met betrekking tot de gebruikstijden gelijk gehouden met verwarming en er wordt gekoeld tot een temperatuur van 25 graden Celsius in het gebouw.

In figuur 2 wordt het effect van de maatregel van verhoging van het energiegebruik op momenten van pieklevering van PV-panelen met een voorbeeld geïllustreerd.



Figuur 2: Voorbeeld van het effect van het verhogen van het energiegebruik gedurende piekmomenten

2.3.1.2 Energieopslag

› Batterij opgeladen met PV-panelen

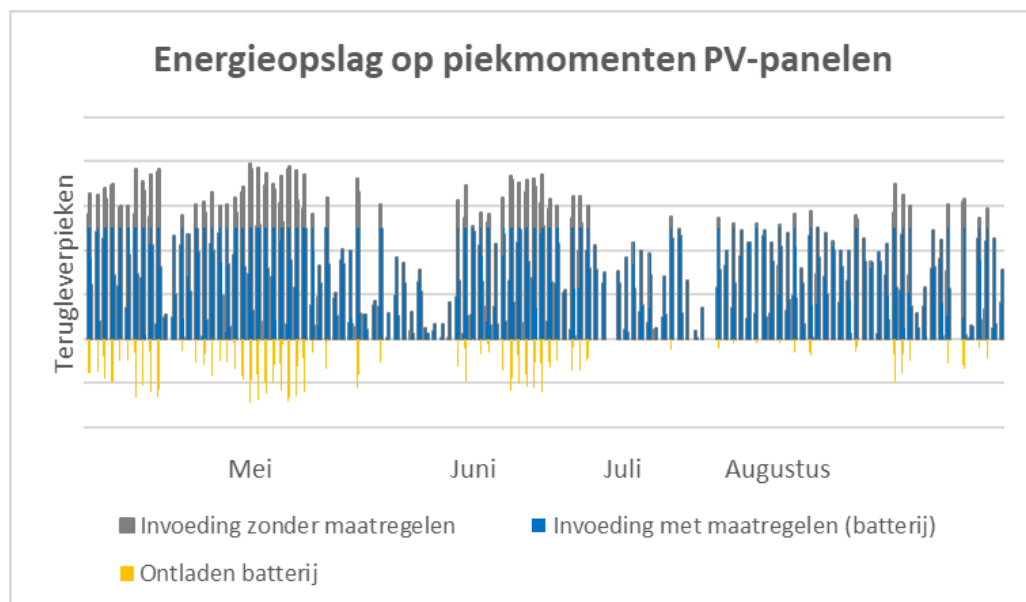
Het uitgangspunt in dit onderzoek is dat grootverbruikaansluitingen geen gecontracteerd vermogen voor teruglevering hebben en niet kunnen salderen. Een batterij kan een oplossing bieden om de elektriciteit die wordt opgewekt op de momenten dat er geen elektriciteitsvraag is tijdelijk op te slaan, zodat deze elektriciteit op een later moment kan worden gebruikt en daarmee kan worden ingezet en niet verloren gaat. Er zijn verschillende soorten batterijen voor energieopslag beschikbaar in de markt, zoals lithium-ion, lithium-ijzerfosfaat, of zoutwater. Ieder type batterij heeft voor- en nadelen. Omdat de functionaliteit van een batterij in basis niet verschilt, wordt er geen onderscheid gemaakt in het type batterij. Bij de beoordeling van deze maatregelen zijn verschillende uitgangspunten aangehouden.

- Er is geen rekening gehouden van degeneratie van de batterij.
- De batterij heeft een ongelimiteerd op- en ontlaadvermogen.
- De batterij kan worden ontladen tot 20% van de totale capaciteit.

In figuur 3 wordt het effect van de maatregel van energieopslag (batterij) op het energiegebruik en de piekbelasting in één gebouw met een voorbeeld geïllustreerd.

› Koeling geregeld op basis van opbrengst PV-panelen + batterij

Door middel van de toevoeging van een batterij aan koeling door PV-panelen kan er nog beter op de juiste momenten gekoeld worden in een gebouw om de temperatuur comfortabeler te maken. Voor de berekening zijn dezelfde uitgangspunten aangehouden als bij de voorgaande maatregelen.



Figuur 3: Voorbeeld van het effect van energieopslag (batterij) op het energiegebruik en de piekbelasting in één gebouw

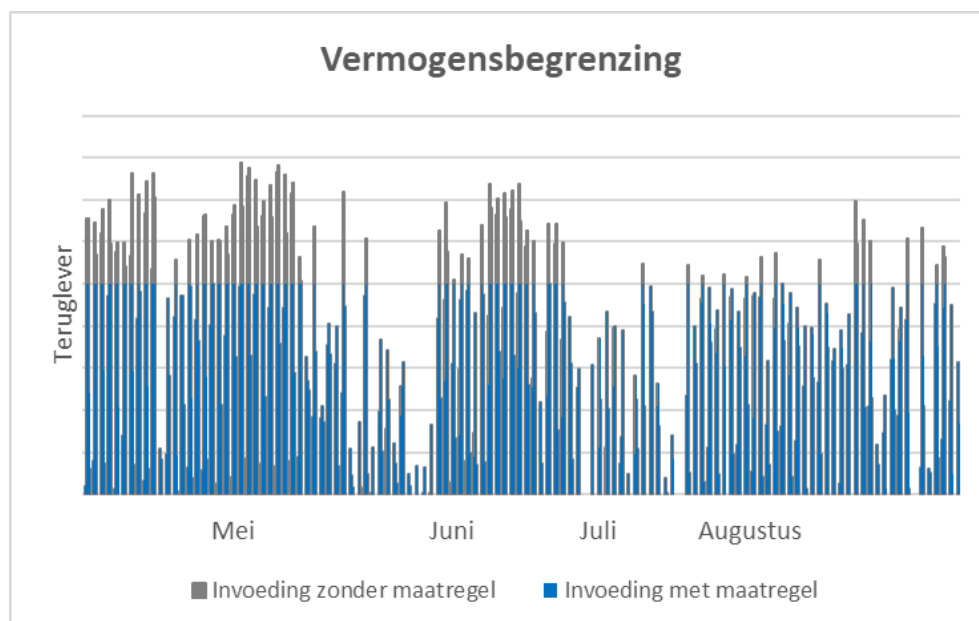
2.3.1.3 Vermogensbegrenzing

› Oriëntatie PV-panelen optimaliseren

Over een jaar genomen wekt een PV-paneel met een hellingshoek van 30-40° en een zuidelijke oriëntatie in Nederland de meeste energie op. Een dergelijk PV-paneel zal een piek in het opgewekte vermogen hebben rond het middaguur, op het moment dat de zon op het zuiden staat. Als het energieverbruik echter voornamelijk in de ochtenduren hoog is, dan kan het (om netcongestie tegen te gaan) lonen om de PV-panelen oost georiënteerd te plaatsen. Voor alle profielen is berekend welke oriëntatie (slechts één oriëntatie en geen combinatie van oriëntaties) optimaal is om de invoedingsnetcongestie te beperken en binnen het gebouw optimaal gebruik te maken van de PV-panelen.

› Invoeding PV maximaliseren (vermogensbegrenzing)

Als laatste maatregel kan de invoeding van PV-panelen gemaximaliseerd worden op basis van de overeengekomen invoeding binnen de ATO. Deze maatregel heeft voor- en nadelen. Het voordeel is dat het netcongestieprobleem direct is opgelost aangezien de opbrengst van de PV-panelen op geen enkel moment meer boven het gecontracteerde invoedingsvermogen (90% van het afnamevermogen) kan komen. Het nadeel is dat de totale elektriciteitsopbrengst afneemt waardoor de prestaties van de PV-panelen suboptimaal worden aangezien de invoeding en daarmee de opbrengst van de PV-panelen wordt afgekapt op een bepaalde grenswaarde. Voor deze maatregel wordt voor alle profielen berekend hoeveel elektriciteitsopwekkingspotentieel niet wordt gebruikt door deze maatregel en daarmee kan worden bepaald of het voor desbetreffend profiel wel of geen goede maatregel is. In figuur 4 wordt het effect van de maatregel van vermogensbegrenzing op de piekbelasting in één gebouw met een voorbeeld geïllustreerd.



Figuur 4: Voorbeeld van het effect van vermogensbegrenzing op de piekbelasting in een gebouw

2.3.2 Potentiële maatregelen afnamenetcongestie

Op dit moment zijn alle gebouwen waarvan een gebouwprofiel is bepaald voorzien van een gasgestookte verwarmingsinstallatie. Hierbij hebben bouwkundige maatregelen zoals het toepassen van isolatie geen invloed op het elektriciteitsgebruik. De gebouwprofielen komen echter allemaal in aanmerking voor de verduurzamingsopgave. Dit betekent dat bij deze gebouwen allemaal een (hybride) warmtepomp en bouwkundige maatregelen worden

toegepast aangezien dit belangrijke oplossingsrichtingen zijn bij de verduurzaming (zie ook de sectorale routekaartⁱ). De volgende uitgangspunten zijn hiervoor aangehouden:

- › Bij alle gebouwprofielen is het uitgangspunt dat deze reeds voorzien zijn van een beperkt geïsoleerde vloer ($R_c = 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ of $R_c = 2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$, afhankelijk van de bouwperiode) inclusief kruipruimte. Na renovatie wordt de R_c -waarde van de vloer + $1,7 \text{ m}^2\text{K/W}$
- › Uitgangspunt is dat de gebouwen reeds zijn voorzien van geïsoleerde spouwmuur ($R_c = 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ of $R_c = 2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$, afhankelijk van de bouwperiode) en dat deze uitsluitend aan de binnenzijde kunnen worden voorzien van extra isolatie. Na renovatie wordt de R_c -waarde van de gevel + $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- › Ten aanzien van het plat dak is het uitgangspunt dat deze in de huidige staat reeds beperkt is geïsoleerd ($R_c = 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ of $R_c = 2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$, afhankelijk van de bouwperiode). Uitgangspunt is dat dakbedekking wordt vervangen en er een nieuwe isolatielaag wordt aangebracht. Als gevolg van de aanwezigheid van verschillende installaties op het dak is uitgegaan van een relatief beperkte verbetering van de isolatiewaarde. Na renovatie wordt de R_c -waarde van het dak + $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- › Uitgangspunt ten aanzien van de ramen is dat deze in de huidige situatie bij gebouwen uit de periode 1980-2000 zijn voorzien van standaard dubbele beglazing ($U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) en uitsluitend het glas vervangen wordt voor HR++ beglazing, passend in de bestaande kozijnen. U -waarde ramen na renovatie = $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- › Bij alle gebouwprofielen wordt een hybride lucht/water warmtepomp toegepast met een thermisch vermogen die aansluit bij de benodigde capaciteit voor desbetreffend gebruiksprofiel. Alle gebruiksprofielen hebben een thermisch vermogen van 30 – 60 W/m^2 . Het afgiftesysteem wordt vervangen door laag temperatuur (LT) radiator convectoren.

Op dit moment is de netcapaciteit niet toereikend om bovenstaande verduurzamingsmaatregelen door te voeren. De bouwkundige maatregelen die zijn toegepast voor deze gebouwprofielen zijn conservatief ingeschat aangezien het dan van toepassing is op een groot deel van de gebouwvoorraad. Toepassing van meer isolatiemaatregelen (gevel, dak en vloerisolatie) is doorgerekend (+ $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ i.p.v. + $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) voor de verschillende gebouwprofielen. Dit verlaagt het totale energieverbruik gemiddeld gezien met ca. 15%. Maar de netcapaciteit is op de piekmomenten nog steeds bij alle profielen niet toereikend.

2.3.2.1 Energie besparen

› Energiezuinige apparatuur en verlichting

De eerste stap om afnamenetcongestie tegen te gaan is energie besparen. De meest eenvoudige manier om energie te besparen is de toepassing van energiezuinige apparatuur en verlichting. Het gebruik en de opzet van de gebouwen in de 3 verschillende sectoren (onderwijs, zorg en sport) verschilt substantieel waardoor ook het benodigd vermogen voor apparatuur en verlichting verschilt ($2 - 6 \text{ W/m}^2$). Om het effect van energiezuinige apparatuur en verlichting te kunnen bepalen zijn de onderstaande uitgangspunten aangehouden:

- Het benodigd vermogen voor apparaten en verlichting wordt verlaagd met 50% onafhankelijk van het initiële vermogen.
- Er worden geen aanpassingen gedaan aan het gebruik van de verlichting en apparatuur, dus het gebruikersprofiel van het gebouw blijft gelijk.

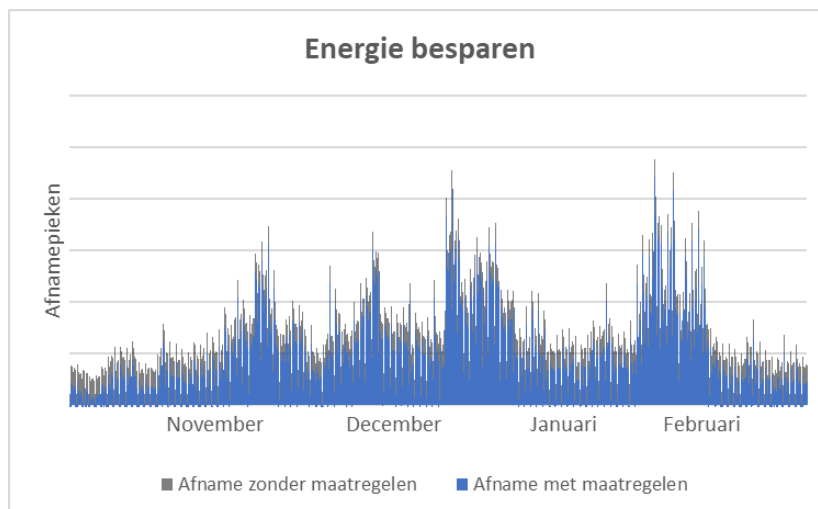
In figuur 5 wordt het effect van energiebesparende maatregelen op de piekbelasting en het energiegebruik in een gebouw met een voorbeeld geïllustreerd.

ⁱ [Sectorale routekaarten Care en Cure 2025 - Expertisecentrum Verduurzaming Zorg.](#)

› Bodemwarmtepomp in plaats van een hybride lucht/water-warmtepomp.

Een bodemwarmtepomp als hybride systeem gebruikt, in plaats van een hybride systeem met buitenlucht als warmtebron, de bodem als bron voor het onttrekken van de benodigde energie voor het verwarmen van een gebouw. Een belangrijk verschil ten opzichte van een lucht/water-warmtepomp is dat de bron bij de laagste buitentemperatuur een relatief hoge en constante temperatuur heeft, waardoor het rendement van de warmtepomp minder gerelateerd is aan de buitenluchttemperatuur. Verder gelden dezelfde beperkingen als voor een lucht/water-warmtepompsysteem. Een bijkomend voordeel van een bodemwarmtepomp is dat het gebouw met een bodembron op een efficiënte manier kan worden gekoeld. Bij de beoordeling van deze maatregelen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Bodemwarmtepompen zijn er in verschillende varianten; met een aquifer of een gesloten bron (horizontale of verticale bodemwarmtewisselaar). De keuze voor het type bron is afhankelijk van de totale warmte- en koudevraag en bodemgesteldheid en mogelijkheden op de betreffende locatie. Deze keuze heeft effect op het rendement en de kosten van het systeem. Om een generieke vergelijking mogelijk te maken zijn de kosten en rendementswaarden gebaseerd op een warmtepompsysteem met gesloten bron en verticale bodemwisselaars voor warmte- en koudeopslag.
- Er is uitgegaan van een systeem dat in staat is de gevraagde warmte te kunnen leveren.
- De bodemwarmtepomp wordt ingezet voor het verwarmen en het passief koelen van het gebouw.



Figuur 5: Voorbeeld van het effect van energie besparende maatregelen (energiezuinige apparatuur en verlichting, reductie 50%), op de piekbelasting en het energiegebruik in een gebouw.

2.3.2.2 Peak shaving

› Modulerend verwarmingssysteem in plaats van aan/uit systeem.

In de uitgangspositie bij deze studie is de warmtepomp zo ingeregeld dat hij bij een energievraag direct op vol vermogen wordt ingeschakeld en weer uitgaat zodra er is voldaan aan de vraag. De warmtepomp zal in deze gevallen voortdurend pendelen tussen 2 verschillende standen, aan of uit. Dit resulteert in grote (inschakel) pieken en met grote fluctuaties in de elektriciteitsvraag over de dag. Ook kan dit temperatuurschommelingen in het gebouw veroorzaken. Een modulerend systeem kan dit (deels) oplossen door het

systeem eerder aan te zetten op een lager vermogen en langzamer op te warmen zodat de hoge inschakelpiek deels kan worden voorkomen. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van slimme GACS. Bij de beoordeling van deze maatregelen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Lucht/water warmtepomp met een nominale brontemperatuur van 7,0 °C en een nominale aanvoertemperatuur 35,0 °C
- Lucht/water warmtepomp met een nominaal rendement (COP) van 3,0.
- Ondergrens van de modulatie gereguleerd op 30% van nominaal vermogen

› Geen of beperkte nachtverlaging.

Nachtverlaging betekent dat de thermostaat gedurende de nacht omlaag wordt gezet zodat het energiegebruik wordt gereduceerd (bijv. overdag 21 °C en 's nachts 16 °C). In de ochtend als het gebouw weer wordt gebruikt, wordt de thermostaat weer omhoog gezet waardoor er een aanwarpiek ontstaat. Dit issue is alleen van toepassing voor de sectoren sport en onderwijs aangezien in de zorgsector de verwarming ook in de nacht veelal aan blijft staan. Bij de beoordeling van deze maatregel zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Bij geen nachtverlaging staat de temperatuur op een constante temperatuur ingesteld. De exacte temperatuur waarop het gebouw constant wordt gehouden is verschillend per bouwprofiel en afhankelijk van het energiegebruikersprofiel.
- Voor de sector onderwijs is nog een extra maatregel doorgeregeld namelijk 'beperkte' nachtverlaging. De temperatuurinstelling in het gebouw wordt verlaagd in het weekend en blijft doordeweeks constant.

Het reduceren van de nachtverlaging op momenten dat netcongestie dreigt, zal het energiegebruik van het gebouw verhogen. Vermoedelijk is deze energietoename slechts beperkt waardoor de voordelen, zonder verruimen van de ATO kunnen verduurzamen, kunnen opwegen tegen de beperkte toename van het energiegebruik.

› Toepassing voorspellende regeling.

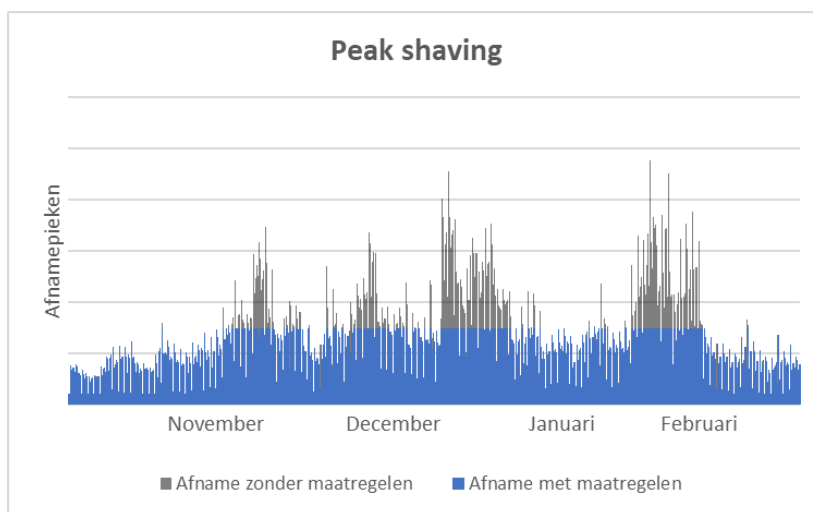
Een voorspellende regeling kan worden toegepast om de piekbelasting te verminderen en deel uitmaken van een GACS. De voorspellende regeling bepaalt, op basis van weersverwachting, gebouwkenmerken en mogelijk de ruimte die beschikbaar is op het openbare elektriciteitsnetwerk, wanneer het optimaal is om de verwarmingsinstallatie in te schakelen zodat op het gewenste moment de benodigde ruimtetemperatuur is bereikt. Als er bijvoorbeeld koude dagen in het verschiet liggen dan kan het gebouw alvast langzaam wat extra worden opgewarmd, zodat de belasting van het net wordt verdeeld en verplaatst wordt naar momenten waarop afnamecongestie een minder groot probleem is. Daarnaast kan deze regeling zorgdragen voor een optimale instelling van de installaties en wordt er niet meer verwarmd of gekoeld dan noodzakelijk (vraaggestuurde klimatisering). Bij de beoordeling van deze maatregel zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het energiegebruik neemt met 10% toe gedurende de periode dat de ruimte alvast wordt verwarmd aangezien de ruimte langer op temperatuur moet worden gehouden. Op andere momenten leidt een voorspellende regeling juist tot een verminderd energiegebruik, waardoor dit per saldo als een energiebesparende maatregel met een relatief korte terugverdientijd kan worden gezien.
- De lucht/water-warmtepomp begint 24 uur voor de voorspelde koude dag met het verwarmen van het gebouw.
- Er is alleen gekeken naar het verdelen van het benodigd vermogen gedurende de periode en er is niet onderzocht wat het effect is op de comforttemperatuur die wordt bereikt in het gebouw door de maatregelen.

› Toepassing vloerverwarming in plaats van radiatoren.

Het toepassen van laagtemperatuursystemen zoals vloerverwarming heeft niet alleen energetische voordelen maar kan ook helpen bij netcongestie. De piekbelasting kan mogelijk worden gereduceerd door de toepassing van vloerverwarming in plaats van radiatoren. Door de thermische massa en het zelfregelende effect van het vloerverwarmingssysteem kan energie worden gebufferd. Het nadeel van vloerverwarming is echter dat het in bestaande gebouwen vaak complex is om dat te installeren, waardoor de kosten kunnen oplopen.

In figuur 6 wordt het effect van peak shaving in het algemeen op de piekbelasting en het energiegebruik in een gebouw met een voorbeeld geïllustreerd.



Figuur 6: Voorbeeld van peak shaving op het energiegebruik en de piekbelasting in een gebouw.

2.3.2.3 Energieopslag

› Elektrische boiler voor opslag warmtapwater (i.c.m. douche WTW)

Een boiler is feitelijk een energieopslagsysteem waarbij warmte wordt opgeslagen die bijvoorbeeld geproduceerd is met elektriciteit. Deze warmte wordt met lage warmteverliezen opgeslagen om op een later moment te worden ingezet. In deze studie wordt de opgeslagen warmte uitsluitend gebruikt voor warmtapwater bereiding. Tevens wordt bij deze maatregel een douchewater warmteterugwinsysteem (WTW) gebruikt om de warmtevraag te reduceren en daarmee de inzet van de opgeslagen warmte te vergroten. Deze maatregel is toepasbaar op gebruiksprofielen met een significant warmtapwater verbruik en de inzet van douches. Gezien het lage warmtapwater verbruik in onderwijsgebouwen is deze maatregel niet geprojecteerd op de energiegebruiksprofielen uit de sector onderwijs. Bij de beoordeling van het systeem zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

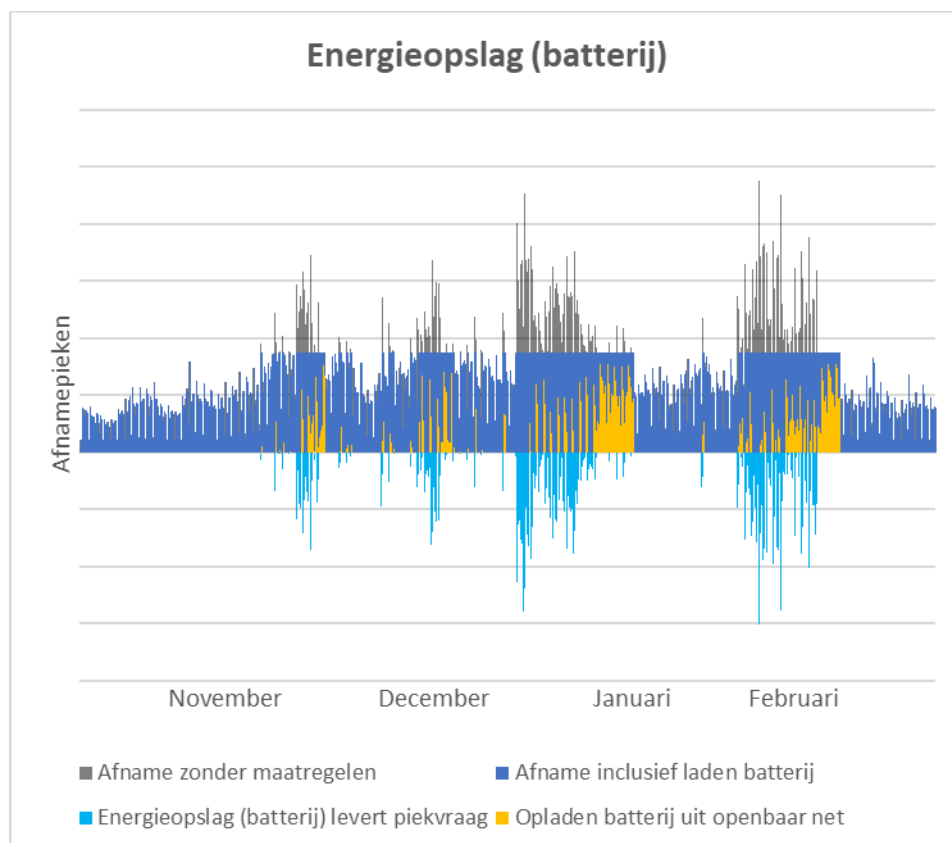
- Er zijn verschillende soorten douche-WTW's verkrijgbaar, waarvan de rendementen variëren tussen 30 en 70%. Om een eenduidige vergelijking mogelijk te maken is uitgegaan van een thermisch rendement van 50%.
- De exacte hoeveelheid opslagcapaciteit verschilt per gebouw maar er is gerekend met een verbruik van ca. 60 liter per douchebeurt. Er is gekozen voor een opstelling waarbij de opslagcapaciteit gelijk is aan 3 dagen warmtapwaterbehoefte. Hiermee wordt circa 90% van de totale jaarlijkse tapwatervraag gedekt door het systeem, mits er een toereikende hoeveelheid zonnepanelen op het dak aanwezig is.

› Batterij opgeladen vanuit het openbaar net.

De toepassing van een batterij kan niet alleen een uitkomst bieden voor afnamenetcongestie maar kan ook een oplossing zijn voor invoedingsnetcongestie. Een batterij kan op tijden van de dag dat het openbaar net niet zwaar belast is elektriciteit opnemen en dit kan op een later moment gedurende de dag gebruikt worden of zelfs aan het openbare netwerk worden teruggeleverd. Bij beoordeling van deze maatregel zijn verschillende uitgangspunten aangehouden:

- Er is geen rekening gehouden van degeneratie van de batterij.
- De batterij heeft een ongelimiteerd op- en ontladvermogen.
- De batterij heeft een capaciteit die voldoende is om te voorkomen dat de vraag aan het elektriciteitsnet boven de contractwaarde komt.
- De batterij kan worden ontladen tot 20% van de totale capaciteit.

In figuur 7 wordt het effect van energieopslag in het algemeen op de piekbelasting en het energiegebruik in een gebouw met een voorbeeld geïllustreerd.



Figuur 7: Voorbeeld van energieopslag (elektrische boiler/batterij) op het energiegebruik en de piekbelasting in een gebouw.

2.4 Analyse

2.4.1 Energiegebruik

Op basis van de gebouwprofielen en met het rekenmodel Vabi Elements, versie 3.11.2.23 zijn de uurlijkse waarden van het energiegebruik berekend (energiegebruik voor verwarmen, koelen, ventileren, apparatuur en verlichting) voor alle maatregelen. Fluctuaties binnen het

uur worden niet beschouwd. Het energiegebruik ten behoeve van de bereiding van warmtapwater wordt op basis van de rendementswaarden van de aanwezige installaties en de door de deelnemende partijen opgegeven momenten waarop warmtapwater wordt gebruikt bepaald. Deze energieprofielen kunnen worden gebruikt om voor elke maatregel het effect op het energiegebruik te bepalen.

2.4.2 Terugverdiëntijd

De terugverdiëntijd is gekoppeld aan de technische levensduur van de maatregel (de periode totdat het product technisch is afgeschreven en vervangen moet worden), de kosten van de betreffende oplossing en de energiekosten. Van iedere oplossing is de levensduur afhankelijk van verschillende factoren. Om eenduidige vergelijking mogelijk te maken is van een vaste levensduur uitgegaan, zoals weergegeven in onderstaande tabel. Deze waarden zijn indicatief en zullen in realiteit per situatie kunnen verschillen.

Tabel 1: Overzicht technische levensduur per oplossing

Oplossing	Technische levensduur [jaar]	Bron
PV-panelen	25	www.milieucentraal.nl
Lithium-ion batterij	10-20	www.thuisbatterij-expert.nl/levensduur
Douche-WTW	20	Opgaaf door Newton Energy Solutions
Warmtepomp (bodem en lucht/water)	20	www.warmtepomp-panel.nl
Bouwkundige maatregelen	50	www.nederlandisoleert.nl

De terugverdiëntijd is verder gebaseerd op de totale investeringskosten noodzakelijk per maatregel. De in deze studie aangehouden indicatieve kosten per maatregel zijn weergegeven in Tabel 2, inclusief BTW en installatie en exclusief subsidies. Voor een overzicht van de financieringsmogelijkheden voor verduurzamingsmaatregelen wordt verwezen naar de site van RVO⁷. Opgemerkt wordt dat de genoemde bedragen in realiteit afhankelijk zijn van een groot aantal factoren en dus mogelijk kunnen afwijken van gegeven bedragen.

Als laatste is de terugverdiëntijd afhankelijk van het energiegebruik en hieraan gekoppeld de energietarieven. In de huidige energiemarkt zijn verschillende energiecontracten mogelijk; van energiecontracten met vaste tarieven tot dynamische energiecontracten met per uur wisselende tarieven voor afname en invoeding van elektriciteit. De energietarieven zijn sterk fluctuerend. Om vergelijking mogelijk te maken is uitgegaan van vaste tarieven voor afname. De tarieven per kWh en m³ aardgas zijn voor zover mogelijk gebaseerd op de tarieven van de referentiegebouwen en zijn weergegeven in Tabel 3.

De in deze studie gebruikte eenvoudige terugverdiëntijd (ETVT) is gedefinieerd als:

$$ETVT (jr) = \frac{\text{totale investeringskosten maatregel (€)}}{\text{jaarlijkse besparing aan energiekosten (€)}}$$

Hierbij is geen rekening gehouden met inflatie en kapitaallasten/rente.

⁷ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/verduurzaming-utiliteitsbouw/financiering>

Tabel 2: Overzicht indicatieve investering per oplossing

Oplossing	Investering, incl. BTW	Bron
PV-panelen	€ 800,- + € 0,75 per Wp	milieucentraal
Lithium-ion batterij	€ 580,- per kWh	Offertes participerende zorginstantie
Douche-WTW	€ 1.500,-	milieucentraal
Boiler	€ 4.000,-	milieucentraal
Lucht-water warmtepomp	€ 1.200,- per kWth + € 40.000	Kostenkentallen RVO
Bodemwarmtepomp	€ 2.600,- per kWth + € 60.000	Kostenkentallen RVO
Elektrische boiler met WTW	€ 1.500,- per toestel	Expert opinion
Energiezuinige apparatuur/verlichting	€ 20,- per m ²	Opgaaf vanuit participerende partijen
Voorspellende regeling als onderdeel van GACS	€ 6,- per m ²	www.aimz.nl
Spouwmuurisolatie	€ 35,- per m ²	www.nederlandisoleert.nl
Vloer isolatie	€ 58,- per m ²	www.nederlandisoleert.nl
Dak isolatie	€ 111,- per m ²	www.nederlandisoleert.nl
HR++ glas toepassen	€ 210,- per m ²	www.milieucentraal.nl

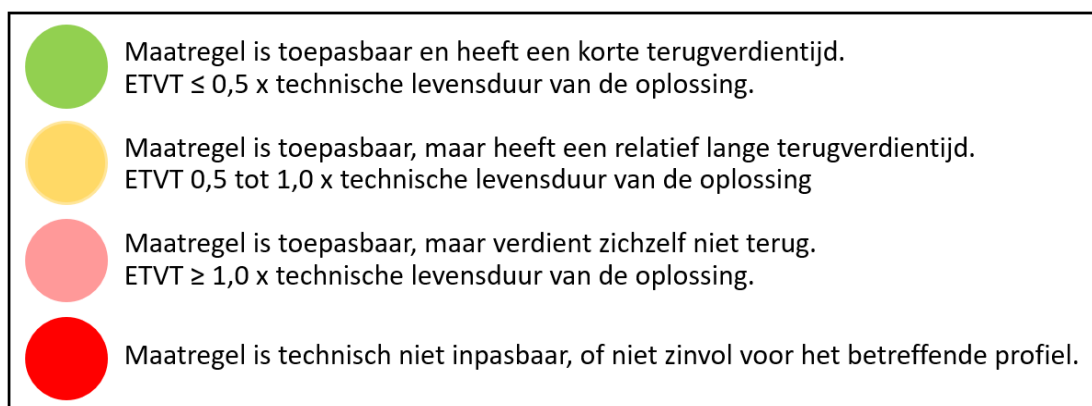
Tabel 3: Energietarieven per gebouwprofiel

Profiel	Tarief gas [€/m ³]*	Tarief elektriciteit [€/kWh]*
Onderwijs 1	1,48	0,31
Onderwijs 2	1,48	0,24
Onderwijs 3	1,48	0,24
Zorg 1	1,48	0,25
Zorg 2	1,48	0,22
Zorg 3	1,48	0,22
Sport 1	1,35	0,23
Sport 2	1,32	0,30
Sport 3	1,24	0,29

* Tarieven zijn inclusief energielasting en BTW

3 Resultaten

In onderstaande tabellen (tabel 4 en 5) is per energiegebruiksprofiel met een kleuraanduiding aangegeven in welke mate een maatregel toepasbaar is. In groen, geel of roze is aangegeven of de betreffende oplossing een korte of relatief lange terugverdientijd heeft, of zich niet terugverdient. Bij de rode kleur is de maatregel technisch niet mogelijk of niet van toepassing voor het betreffende profiel. Bij een rode kleur is de maatregel technisch niet inpasbaar of niet zinvol geacht voor het betreffende profiel (zie figuur 8). De eenvoudige terugverdientijd (ETVT) is hierbij gedefinieerd als: totale investeringskosten van de betreffende maatregel, gedeeld door de besparingen aan energiekosten. Hierbij is geen rekening gehouden met inflatie en kapitaallasten/rente.



Figuur 8: Toelichting van de beoordeling.

Tot slot worden in dit hoofdstuk per sector de meest relevante resultaten toegelicht.

3.1 Maatregelen invoedingsnetcongestie

Tabel 4: Beoordeling terugverdientijd van de maatregelen voor invoedingsnetcongestie voor alle 3 de sectoren (onderwijs, zorg en sport)

	Meer energie gebruiken op piekmomenten		Energieopslag	Vermogensbegrenzing	
	Airco geregeld o.b.v. opbrengst PV-panelen	Airco geregeld op basis van opbrengst PV-panelen + batterij	Batterij opladen met PV-panelen	Oriëntatie PV-panelen	Invoeding PV maximaliseren
Schoolprofiel 1 1000 m ²					
Schoolprofiel 2 5000 m ²					
Schoolprofiel 3 14000 m ²					
Zorgprofiel 1 1.500 m ²					
Zorgprofiel 2 6.000 m ²					
Zorgprofiel 3 10.000 m ²					
Sportprofiel 1 1000 m ²					
Sportprofiel 2 500 m ²					
Sportprofiel 3 600 m ²					

3.2 Maatregelen afnamenetcongestie

Tabel 5: Beoordeling terugverdientijd van de maatregelen voor afnamenetcongestie voor alle 3 de sectoren (onderwijs, zorg en sport)

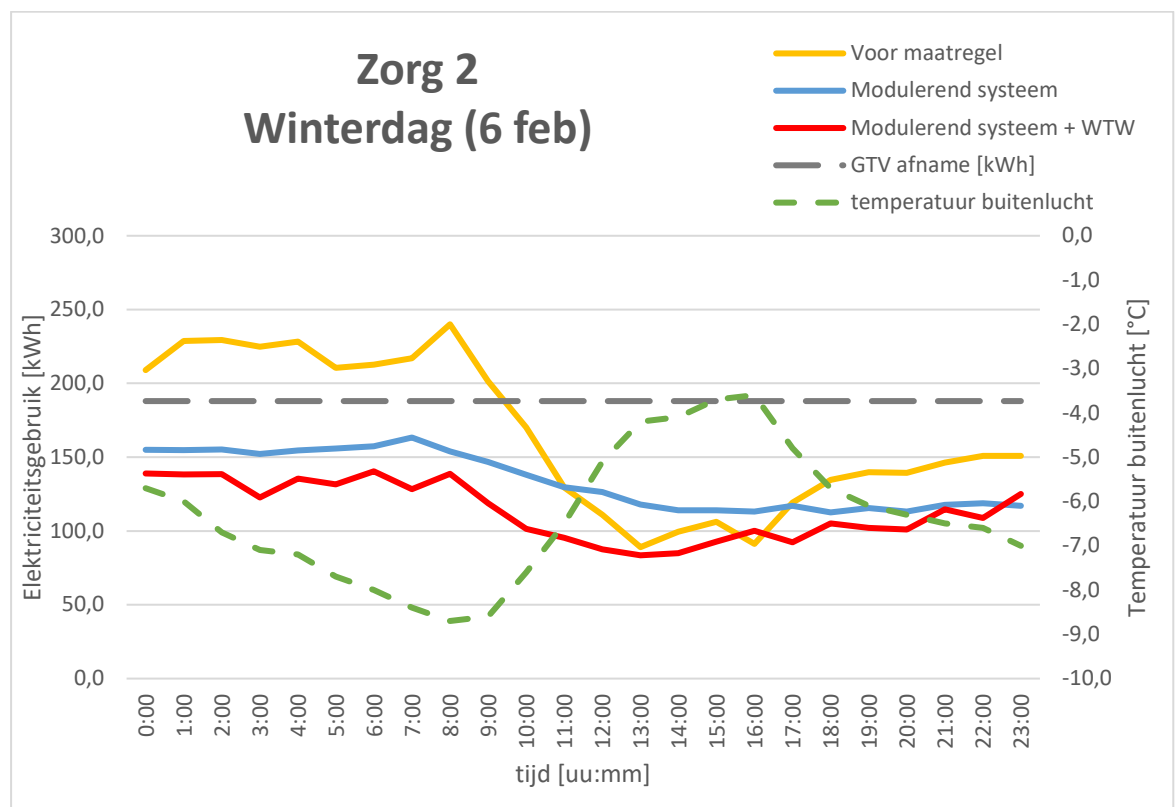
	Energie besparen		Peak shaving				Energieopslag	
	Energiezuinige apparatuur/verlichting	Bodem warmtepomp i.p.v. Lucht/water warmtepomp	Modulerend systeem	Geen nachtverlaging	Voorspellende regeling	Toepassing vloerverwarming i.p.v. radiatoren	Boiler voor warm-tapwater	Batterij opgeladen vanuit het net
Schoolprofiel 1 1000 m ²								
Schoolprofiel 2 5000 m ²								
Schoolprofiel 3 14000 m ²								
Zorgprofiel 1 1.500 m ²								
Zorgprofiel 2 6.000 m ²								
Zorgprofiel 3 10.000 m ²								
Sportprofiel 1 1000 m ²								
Sportprofiel 2 500 m ²								
Sportprofiel 3 600 m ²								

3.3 Veelbelovende maatregelen

3.3.1 Modulerend systeem

Uit het onderzoek is gebleken dat voor alle gebouwprofielen de toevoeging van een modulerend systeem aan de lucht/water-warmtepomp een rendabele maatregel is met een beperkte terugverdiëntijd (1 – 12 jaar) aangezien de investeringskosten relatief beperkt zijn en de energiekosten omlaag gaan door efficiënter gebruik van de installatie.

In onderstaand figuur staat voor één gebouwprofiel het effect van een modulerend systeem weergegeven. Verder is ook het effect van de toevoeging van een WTW-systeem aan het ventilatiesysteem toegevoegd i.c.m. een modulerend systeem. Dit brengt de energievraag nog verder omlaag.



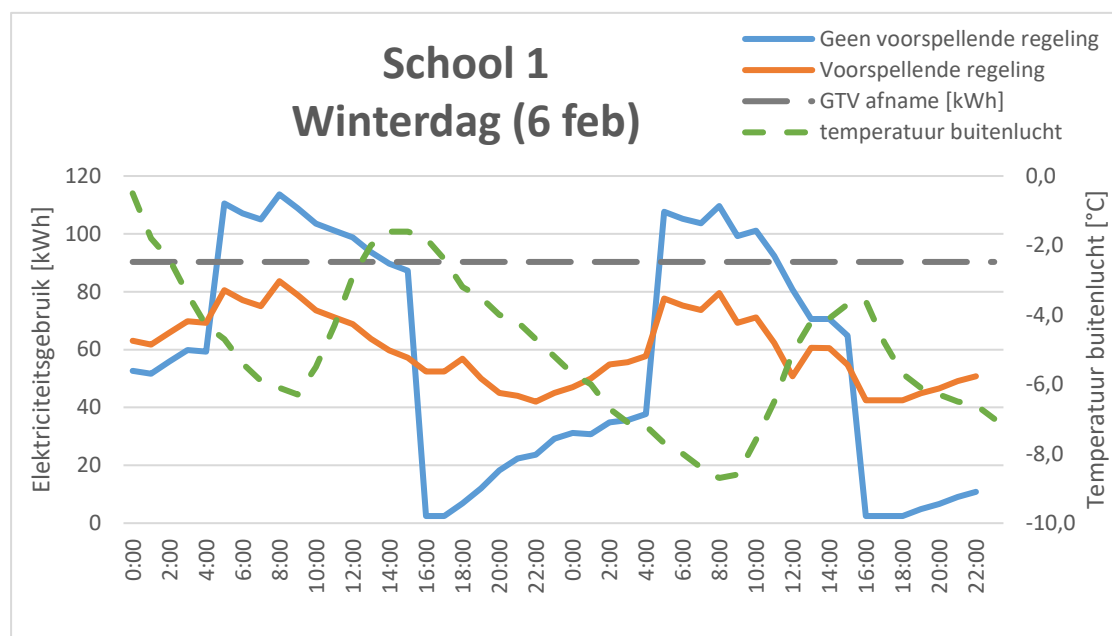
Figuur 9: Het effect van een modulerend systeem en een modulerend systeem inclusief WTW ventilatie op het energiegebruik en de piekbelasting bij zorgprofiel 2. Het afgifte systeem betreft LT radiator convectoren.

3.3.2 Voorspellende regeling

De toepassing van een voorspellende regeling op de gebouwinstallaties in het gebouw blijkt op basis van dit onderzoek een effectieve en rendabele maatregel met een terugverdiëntijd van 1-2 jaar. Dit houdt in dat de installaties hun vermogen kunnen afstemmen op het voorspelde klimaat van de aankomende dagen. Wanneer er bijvoorbeeld koud weer

voorspeld wordt over 1 of 2 dagen, dan start het systeem al eerder langzaam op om daarmee de gebouwmassa alvast te verwarmen met als doel om een piekbelasting te voorkomen.

In dit onderzoek is de voorspellende regeling voor alle gebouwprofielen doorgerekend waarbij als randvoorwaarde is aangehouden dat er bij de voorspelling geanticipeerd wordt op de weersverwachting 24 uur vooruit en het extra geschatte energieverbruik gedurende de 24 uur ongeveer 10% is. Met een dergelijke geavanceerde regeling (GACS) kan ook beter vraaggestuurd worden geregeld, waardoor alleen geklimatiseerd wordt op de momenten en in de ruimten wanneer en waar dat noodzakelijk is. Zo kan aan het eind van de “werkdag” ook eerder gestopt worden met klimatisering zodat nog net geen discomfort ontstaat. In onderstaand figuur staat voor één gebouwprofiel het effect weergegeven van de voorspellende regeling. De (modulerende) warmtepomp wordt eerder op de dag al ingeschakeld op basis van een verwachte buitentemperatuur zodat de piekbelasting in de ochtend wordt verminderd.



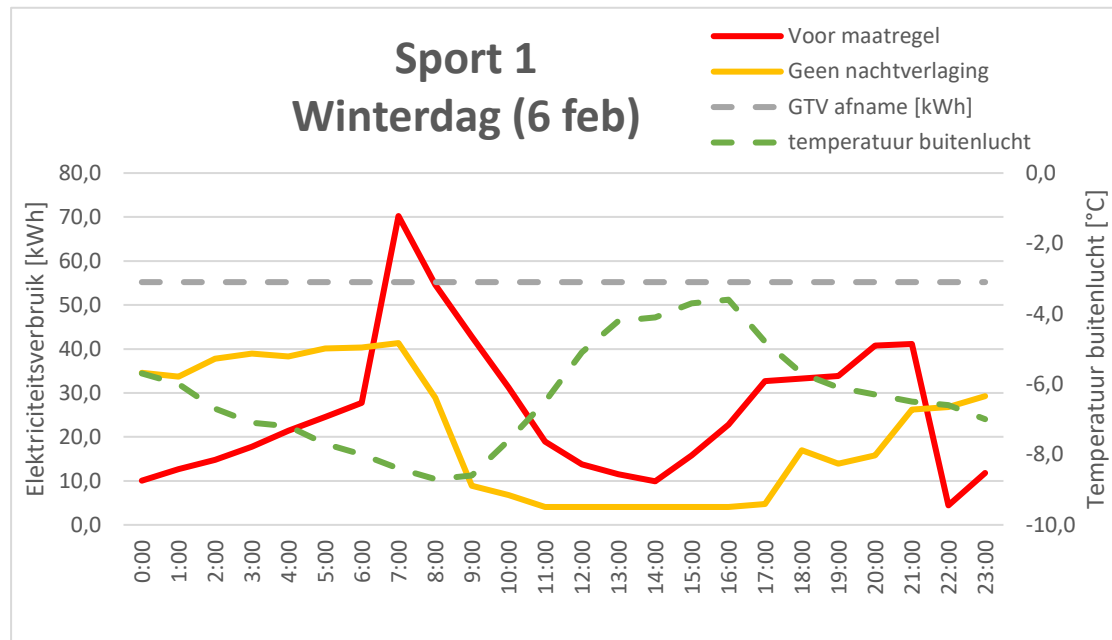
Figuur 10: Het effect van een voorspellende regeling op het energieverbruik en de piekbelasting bij schoolprofiel 1 gedurende 2 dagen.

3.3.3 Geen of beperkte nachtverlaging

De maatregel om nachtverlaging te reduceren in het gebouw is vooral relevant voor de sectoren onderwijs en sport. In de zorg is voor dit onderzoek de aanname gedaan dat de temperatuur in gebouwen voor het verblijf van cliënten redelijk constant wordt gehouden gedurende de dag en nacht. Enkel bij zorgprofiel 1 wordt nachtverlaging in beperkte mate toegepast. Voor zorgprofiel 2 en 3 is deze maatregel niet van toepassing.

Voor de sectoren onderwijs en sport kan het reduceren van nachtverlaging op momenten dat een grote warmtevraag wordt verwacht een goede maatregel zijn om de piekbelasting te reduceren (in de ochtend). Een nadeel van geen of beperkte nachtverlaging is echter dat het energieverbruik van het gebouw omhoog gaat, de mate van stijging in energieverbruik is sterk afhankelijk van de gebouwweigenschappen maar zal naar verwachting beperkt blijven. In figuur 11 staat voor één gebouwprofiel de toepassing van geen nachtverlaging uitgelicht. In deze figuur is te zien dat door reductie van nachtverlaging er in de ochtend tussen 07:00

en 08:00 geen piekvraag meer is, maar dat de vraag tussen 0:00 en 07:00 hoger is bij de situatie waar de nachtverlaging is gereduceerd.



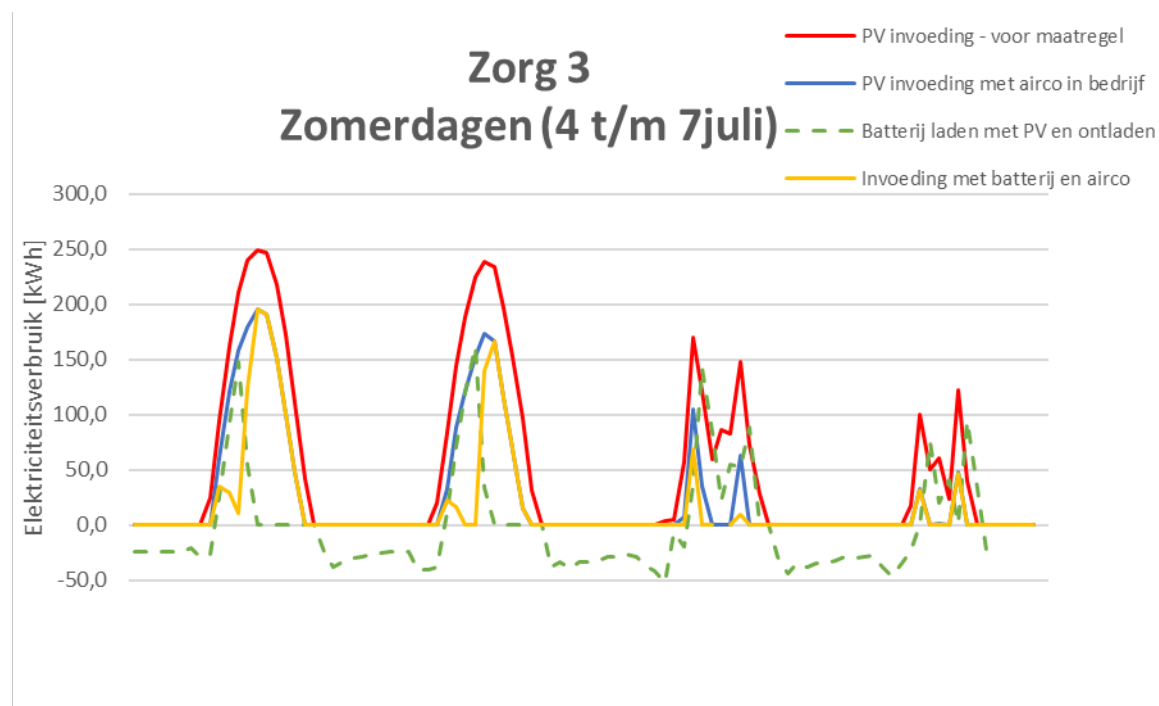
Figuur 11: Het effect van het reduceren van nachtverlaging op het energieverbruik en de piekbelasting voor sportprofiel 1 gedurende één dag.

3.3.4 Energieopslag

Uit het onderzoek is gebleken dat voor alle profielen, onafhankelijk van de verdeling van het elektriciteitsgebruik over de dag, blijkt dat het zuid oriënteren van PV-panelen gunstiger is dan oost of west. Echter kan een deel van de opgewekte elektriciteit niet zelf worden ingezet (55 – 65%) en wordt 35 – 45% van het jaarlijkse elektriciteitsgebruik gedekt door PV-panelen. Om dit percentage te verhogen kan een batterij worden toegevoegd aan het gebouw. Aangezien de aanschaf van een batterij relatief kostbaar is, verdient deze maatregel zich niet in korte tijd terug maar wel binnen de technische levensduur van het product van 10 tot 20 jaar (afhankelijk van de gebruiksintensiteit), tabel 1. Voor deze analyse is een technische levensduur van 15 jaar aangehouden. Bij deze analyse is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen thuisbatterijen (i.e. lithium-ion of anders) maar is uitsluitend de functionaliteit (elektriciteitsopslag met een tijdshorizon van ca. 24 uur) beschouwd. Met PV-panelen met een geïnstalleerde capaciteit die gelijk is aan 100% van de elektriciteitsvraag per jaar, in combinatie met een batterij-opslag die gelijk is aan 50% van het gemiddelde dagelijkse elektriciteitsgebruik, ligt het percentage van de door PV-panelen opgewekte elektriciteit voor eigen gebruik op 60 – 70 %, ten opzichte van 40 tot 45% zonder batterij. Om de piekopnames in de zomer te reduceren kan verder gebruik worden gemaakt van gereguleerde koeling (topkoeling). Mits de koeling enkel wordt gebruikt in combinatie met de PV-panelen is dit een rendabele maatregel die de invoeding significant kan reduceren. De terugverdientijd van deze maatregel is relatief lang aangezien er geen besparing plaatsvindt in elektriciteitsgebruik en er wel investeringen nodig zijn.

In onderstaand figuur 12 zijn voor één gebouwprofiel bovenstaand beschreven maatregelen gevisualiseerd. De batterij kan een deel van de opgewekte energie opslaan waardoor de

hoeveelheid elektriciteit die wordt teruggeleverd aan het net afneemt. Dit wordt verder gereduceerd door de toevoeging van koeling aan het gebouw.



Figuur 12: Het effect van een batterij en koeling (geregeld door PV-panelen) op de piekbelasting van het net gedurende 4 specifieke zomerdagen voor zorgprofiel 3.

4 Conclusie

Het onderzoek richt zich op vastgoed in de maatschappelijke sectoren onderwijs, langdurige zorg en sport. Per sector is het energieprofiel voor 3 representatieve gebouwprofielen inzichtelijk gemaakt, waarop potentiële energiebesparende maatregelen zijn geprojecteerd. Hiermee is een antwoord gegeven op de hoofdvraag:

“Op welke wijze kan een bestaand gebouw binnen het maatschappelijk vastgoed het beste omgaan met netcongestie en tegelijkertijd bijdragen aan de verduurzamingsopgave?”

Een effectieve maatregel is het toepassen van een modulerende opwekker in de klimaatinstallaties van het gebouw (specifiek de toevoeging van een modulerend systeem aan de lucht/water-warmtepomp). Dit gaat gepaard met een relatief lage investering die wel (deels) de pieken kan reduceren door de benodigde energie gelijkmatiger op te wekken. De terugverdientijd van deze maatregel blijkt tussen de 1 en 12 jaar te liggen, afhankelijk van het gebruik van het gebouw en het type systeem dat wordt aangeschaft.

Ook kan er nog een voorspellende regeling worden toegepast in het GACS van het gebouw. Met deze maatregel kan worden geanticipeerd op 1 tot 2 dagen vooruit. Hierdoor kan een opwekker (warmtepomp) bijvoorbeeld eerder worden ingeschakeld op basis van voorspellingen van de warmtevraag en op deze manier de piekbelasting door bijvoorbeeld lage temperaturen worden tegengegaan. Dit is een effectieve maatregel tegen afnamenetcongestie met een relatief korte terugverdientijd door lage investeringen.

Bij de sectoren sport en onderwijs kan er verder nog gereduceerd worden in nachtverlaging om de piekbelasting in de ochtend te verminderen. Dit is een effectieve maatregel om afnamenetcongestie tegen te gaan. Het nadeel is echter dat het energiegebruik toeneemt waardoor de terugverdientijd van deze maatregel lang is. Deze maatregel zou effectiever gebruikt kunnen worden door het gebouw multifunctioneel in te zetten. Veel gebouwen in de onderwijssector staan in de avond of weekenden leeg. Als dit gebouw meer in gebruik wordt genomen kan het hogere energiegebruik worden gerechtvaardigd.

Om invoedingsnetcongestie tegen te gaan zijn ook verschillende maatregelen mogelijk. Enkele maatregelen zijn een batterij en gebruik maken van koeling die geregeld wordt op basis van de PV-panelen. Dit reduceert de piekbelasting significant. Als er nog steeds teveel wordt opgewekt door de PV-panelen kan de invoeding nog worden gemaximaliseerd op het maximaal gecontracteerd vermogen van het gebouw.

Deze resultaten geven een algemeen beeld. Dit zal over het algemeen afwijken van een specifiek werkelijk gebouw maar dit geeft wel inzicht in de oplossingsrichtingen. Voordat een definitieve richting wordt gekozen moet voor die specifieke situatie een detailonderzoek plaatsvinden. Hiervoor is het van belang inzicht te hebben in de afspraken die zijn gemaakt met de netbeheerder (contract), hoe ziet het energiegebruiksprofiel over de dag er exact uit en wat zijn de grootste energiegebruikers binnen het gebouw, hoe wordt het gebouw op dit moment en in de toekomst gebruikt, wat is de bouwkundige staat van het gebouw, wat zijn middellange en lange termijnplannen met het gebouw etc.. Hierna kan worden beoordeeld wat de momenten zijn gedurende het jaar dat de piekbelasting het hoogst is.

5 Limitaties

Per profiel is de gebouwgeometrie en het gebouwgebruik gebaseerd op één specifieke praktijksituatie. Dit zal echter per gebouw anders zijn. Hierdoor mogen de resultaten niet zonder meer op een ander gebouw worden geprojecteerd.

Het onderzoek is toegespitst op enkele specifieke maatregelen waarvan is uitgegaan dat deze goed inpasbaar zijn in de aanwezige installatie. In hoeverre deze passend zijn in een specifieke gebouwinstallatie vanuit de installatieopzet, proces betreffende onderhoud en beheer en gebruik van het vastgoed, moet voor iedere situatie worden beschouwd. Een van de initiatieven die ondersteuning kan bieden in het complete proces is BespaarSamen¹¹.

¹¹ [BespaarSamen.nl](https://www.bespaarsamen.nl)

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Delft, 28 augustus 2025

Ir. R.M.A. Kroeze
Research Manager

Ir. A. de Lange
Auteur

Bijlage A

Gebouwprofielen

Onderwijs

Betreft: Representatieve gebouwprofielen Nederland
Sector: Onderwijs
opsteller: Ir. J. Straathof
datum: 07-2024

TNO innovation
for life

Aantal referentiegebouwen in database Energielabels: 801 (filters: > 50% GBO onderwijsfunctie, GBO totaal 500 - 20000 m²)

	PROFIEL 1	PROFIEL 2	PROFIEL 3
<i>Bouwjaar/renovatiejaar</i>	ca. 1980-2000	ca. 1980-2000	ca. 1980-2000
<i>deel in database Energielabels</i>	25%	25%	25%
<i>GBO gebouw</i>	1000 m²	5000 m²	14000 m²
<i>bruto dakoppervlak beschikbaar voor PV</i>	750 m²	1667 m²	4750 m²
<i>percentage raam in gevels</i>	45 %	45 %	45 %
	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
<i>aantal bouwlagen</i>	2	2 á 3	3
<i>type dak (plat of kap)</i>	plat	plat	Plat
<i>type onderwijs (PO / VO / MBO / HBO)</i>	PO	VO	MBO
Uitgangspunten bouwkundig			
<i>Rc-waarde</i>	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W
<i>Rc-waarde</i>	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W
<i>Rc-waarde</i>	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W	2.0 m²K/W
	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
<i>massa constructies</i>	zwaar	zwaar	zwaar
<i>U-waarde raam</i>	3.0 W/m²K	3.0 W/m²K	3.0 W/m²K
<i>g-waarde glas</i>	0.7 [-]	0.7 [-]	0.7 [-]
	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
<i>buitenzonwering aanwezig?</i>	O/Z/W handmatig	O/Z/W handmatig	O/Z/W handmatig
Uitgangspunten klimaatinstallaties			
<i>opwrekverwarming</i>	HR-107 ketel	HR-107 ketel	HR-107 (7 x Remeha Quinta Ace 160)
<i>deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)</i>	83%	83%	83%
<i>afgifte verwarming</i>	radiatoren	radiatoren	in LBK en radiatoren
<i>opwrekverwarming</i>	n.v.t.	n.v.t.	compressie koeling
<i>deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)</i>	58%	58%	41%
<i>afgifte koeling</i>	n.v.t.	n.v.t.	bepikt split-units
<i>rendementswaarden koeling in VABI</i>	n.v.t.	n.v.t.	bron: 35°, afgifte: 7°C, COP: 2,5
<i>opwrekverwarming</i>	elektroboilers	elektroboilers	elektroboilers
<i>deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)</i>	81%	81%	81%
<i>circulatieleiding voor tapwater aanwezig? (ja/nee)</i>	nee	nee	nee
<i>volume boilerkasten</i>	15 l. ca. 10 stuks	ca. 15 l. ca. 20 stuks	ca. 15 l. ca. 40 stuks
<i>type ventilatiesysteem?</i>	A	D	D
<i>deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)</i>	38%	45%	45%
<i>type sturing op ventilatiesysteem?</i>	n.v.t.	tijdsturing	aan/uit
<i>Type WTW in LBK?</i>	n.v.t.	warmtewiel	warmtewiel
<i>deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)</i>	n.v.t.	35%	35%
<i>aandrijving (gelijkstroom / wisselstroom)</i>	n.v.t.	gelijkstroom	gelijkstroom
Uitgangspunten gebouwgebruik			
<i>geïnstalleerd vermogen verlichting</i>	6 W/m²	4 W/m²	4 W/m²
<i>gebruikstijden verlichting</i>	ma-vr 8-15u op 100%. 16-18u op 30%. daar buiten op 10%	ma-vr 8-15u op 100%. 16-18u op 30%. daar buiten op 10%	ma-vr 8-15u op 100%. 16-18u op 30%. daar buiten op 10%
<i>interne warmteproductie door apparatuur</i>	4 W/m²	3 W/m²	3 W/m²
<i>gebruikstijden apparatuur</i>	ma-vr 8-15u op 100%, daar buiten op 15%	ma-vr 8-15u op 100%, daar buiten op 15%	ma-vr 8-15u op 100%, daar buiten op 15%
<i>Aantal gebouwgebruikers</i>	ca. 1 leerling per 6 m² BVO + 20 personeel	ca. 650 leerlingen + 50 personeel	ca. 1500 incl personeel
<i>gebruikstijden gebouwgebruikers</i>	ma-vr 8-15u op 80%. 7+16+17u op 20%. daar buiten op 0%	ma-vr 8-15u op 80%. 7+16+17u op 20%. daar buiten op 0%	ma-vr 8-15u op 80%. 7+16+17u op 20%. daar buiten op 0%
<i>setpoints verwarming</i>	21 °C tijdens gebruikstijden, daar buiten 16 °C	21 °C tijdens gebruikstijden, daar buiten 16 °C	21 °C tijdens gebruikstijden, daar buiten 16 °C
<i>setpoints koeling</i>	n.v.t.	n.v.t.	25 °C tijdens gebruikstijden, daar buiten 28 °C
<i>Gebruikstijden verwarming en koeling</i>	ma-vr 5-16u	ma-vr 5-16u	ma-vr 5-16u
<i>Wordt er gedoocht in het gebouw?</i>	nee	nee	nee
<i>Zo ja, wanneer en hoe vaak?</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>grootverbruik/kleinverbruik aansluiting?</i>	kleinverbruik	grootverbruik	grootverbruik
<i>grootte aansluiting</i>	3 x 35A	3 x 201A	945A
<i>gecontracteerd vermogen voor afname?</i>	n.v.t.	84 kW	292 kW
<i>gecontracteerd vermogen voor teruglevering?</i>	n.v.t.	-	-
Referentiegebouw			
Basisschool 't Palet Gerard Doustraat 192, Den Haag	ISW Sweelincklaan Sweelincklaan 1, 's Gravenzande	ROC Midden Nederland Disketteweg 10, Amersfoort	
			

Bijlage B

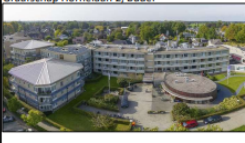
Gebouwprofielen

Langdurige Zorg

Betreft: Gebouwprofielen
Sector: Zorg
opsteller: ir. J. Straathof
datum: 07-2024

TNO innovation
for life

Aantal referentiegebouwen in database Energielabels: 779 (filters: > 50% GBO gezondheidszorgfunctie, GBO totaal 1000 - 20000 m²)

	PROFIEL 1 1980-2000	PROFIEL 2 1980-2000	PROFIEL 3 2000-2015
Bouwjaar (of renovatiejaar)	1980-2000	1980-2000	2000-2015
deel in database Energielabels	26%	26%	34%
GBO gebouw	1500 m ²	6000 m ²	10000 m ²
bruto dakoppervlak beschikbaar voor PV	1500 m ²	2000 m ²	5000 m ²
percentage glas in gevels	40 %	40 %	35 %
(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
aantal bouwlagen	1	3	3
type dak (plat of kap)	plat	plat	plat
type gebouwgebruik	gehandicaptenzorg	ouderenzorg intramuraal	ouderenzorg intramuraal
Uitgangspunten bouwkundig			
Rc-waarde vloer	2.0 m ² /K/W	2.0 m ² /K/W	2.6 m ² /K/W
Rc-waarde gevel	2.0 m ² /K/W	2.0 m ² /K/W	2.6 m ² /K/W
Rc-waarde dak	2.0 m ² /K/W	2.0 m ² /K/W	2.6 m ² /K/W
(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
massa constructies	zwaar	zwaar	zwaar
U-waarde raam	3.0 W/m ² /K	3.0 W/m ² /K	1.8 W/m ² /K
g-waarde glas	0.7 [-]	0.7 [-]	0.6 [-]
(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)	(gemiddelde waarde incl filter op bouwjaar)
buitenzonwering aanwezig?	O/Z/W handmatig	O/Z/W handmatig	O/Z/W automatisch
Uitgangspunten klimaatinstallaties			
opwekker verwarming	HR 107 ketel	HR 107 ketel	WP buitenlucht
deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)	74%	74%	33%
afgifte verwarming	radiatoren	radiatoren	LBK + vloerverwarming
opwekker koeling	geen	geen	compressiekoeling
deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)	34%	64%	53%
afgifte koeling	n.v.t.	n.v.t.	LBK + vloerkoeling
rendementswaarden koeling in VAB:	n.v.t.	n.v.t.	bron: 35°, afgifte: 7°C, COP: 2.5
opwekker tapwater	indirect gasgestookte boilers	indirect gasgestookte boilers	elektroboiler met hotfill op WP
deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)	51%	51%	niet herleidbaar
circulatieleiding voor tapwater aanwezig? (ja/nee)	nee	nee	nee
volume boilerkasten	200l per woning (gebouw = 3 woningen)	200l per 8 bewoners	500 l per 8 bewoners
type ventilatiesysteem	C	D	D
deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)	32%	51%	68%
type sturing op ventilatiesysteem?	geen	geen	geen
Type WTW in LBK?	n.v.t.	warmtewiel	warmtewiel
deel in database Energielabels (incl filter bouwjaar)	n.v.t.	46%	43%
aandrijving (gelijkstroom / wisselstroom)	n.v.t.	gelijkstroom	gelijkstroom
uitgangspunten gebouwgebruik			
geïnstalleerd vermogen verlichting	1.5 W/m ²	2 W/m ²	2 W/m ²
gebruikstijden verlichting	ma-zo 7-9 en 17-22u op 100%. 10-16u op 50%. 23u op 60%. daar buiten op 20%	ma-zo 7-9 en 17-22u op 100%. 10-16u op 50%. 23u op 60%. daar buiten op 20%	ma-zo 7-9 en 17-22u op 100%. 10-16u op 50%. 23u op 60%. daar buiten op 20%
interne warmteproductie door apparatuur	2 W/m ²	2 W/m ²	2 W/m ²
gebruikstijden apparatuur	ma-zo 8-20u op 100%, daar buiten op 50%	ma-zo 8-20u op 100%, daar buiten op 50%	ma-zo 8-20u op 100%, daar buiten op 50%
Aantal gebouwgebruikers	21 cliënten + 5 medewerkers	125	205
gebruikstijden gebouwgebruikers	ma-vr 9-17u 25%, daar buiten 100%. Feest- en vakantiedagen 50%	ma-vr 9-17u 25%, daar buiten 100%. Feest- en vakantiedagen 50%	ma-vr 9-17u 25%, daar buiten 100%. Feest- en vakantiedagen 50%
setpoints verwarming	21 °C / 18 °C	> 23 °C	> 23 °C
gebruikstijden verwarming	iedere dag 6-23u	permanent	permanent
setpoints koeling	n.v.t.	< 25 °C	< 25 °C
gebruikstijden koeling	n.v.t.	permanent	permanent
Wordt er gedoucht in het gebouw?	ja	ja	ja
Zo ja, wanneer en hoe vaak?	iedere client dagelijks tussen 7:00 en 9:00u	2,5x per cliënt/week, tussen 7:00 en 10:00	2,5x per cliënt/week, tussen 7:00 en 10:00
overige energiegebruiker 1 (bijv. grote keuken):	wordt dagelijks gekookt voor alle cliënten	eten wordt dagelijks opgewarmd	eten wordt dagelijks opgewarmd
vermogen overige energiegebruiker 1:	keuken zoals in een woning, elektrisch	wordt opgewarmd in een oven	wordt opgewarmd in een oven
gebruikstijden overige energiegebruiker 1:	tussen 17:00 en 18:00u	50% luncht warm, 50% avonden warm	50% luncht warm, 50% avonden warm
grootverbruik/kleinverbruik aansluiting?	kleinverbruik	grootverbruik	grootverbruik
grootte aansluiting?	3 x 80A	900A	1000A
gecontracteerd vermogen voor afname?	n.v.t.	188 kW	277 kW
gecontracteerd vermogen voor teruglevering?	n.v.t.	geen	geen
Referentiegebouw			
N.b.: Referentie gebouw dient uitsluitend ter indicatie. Uitgangspunten referentie komen niet overeen met aangehouden uitgangspunten en de geometrie van het rekenmodel.	's Heeren Loo, Trommelhof Trommelhof 9-10, Noordwijk	Woonzorgcentrum Thebe, Park Stanislaus Kloosterdreef 3, Moergestel	Land van Horne, Marienburgh Graafschap Hornelaan 2, Budel
			

Bijlage C

Gebouwprofielen Sport

Betreft: Representatieve gebouwprofielen Nederland
Sector: Sport
opsteller: Ir. A. de Lange
datum: 10-2024

TNO innovation
for life

	PROFIEL 1	PROFIEL 2	PROFIEL 3
Gebruiksfunctie	Fitness (+ fysio)	Sportshal / gymzaal	Veldsport (voetbalkantine)
Bouwjaar (of renovatiejaar)	1999	1992	2005 (uitbreiding in 2012)
GBO gebouw	1083	504	592
percentage glas in gevels	35 %	10 %	45 %
aantal bouwlagen	2	1	2
type dak (plot of kap)	plat	plat en schuin	plat
Uitgangspunten bouwkundige			
Rc-waarde vloer	3 m ² K/W	1.3 m ² K/W	2.5 m ² K/W
Rc-waarde gevel	3 m ² K/W	2 m ² K/W	2.5 m ² K/W
Rc-waarde dak	3 m ² K/W	2 m ² K/W	2.5 m ² K/W
U-waarde raam	1.65 W/m ² K	2.3 W/m ² K	1.65 W/m ² K
g-waarde glas	0.6 [-]	0.75 [-]	0.6 [-]
buitenzonwering aanwezig?	-	-	-
Uitgangspunten klimaatinstallaties			
opwekker verwarming	HR 107 ketel	HR 107 ketel	HR 107 ketel
afgifte verwarming	radiatoren en vloerverwarming	radiatoren	radiatoren
opwekker koeling	geen	geen	geen
afgifte koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
opwekker tapwater	indirect gestookte boiler op HR ketel	indirect gestookte boiler op HR ketel	direct gestookt via HR107 ketels
circulatieleiding voor tapwater aanwezig? (ja/nee)	ja	ja	nee
volume boilers/vaten	300 liter	300 liter	n.v.t.
type ventilatiesysteem	Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer
regeling op ventilatiesysteem? (geen/tijdsturing/CO2-sturing)	geen	geen	geen
Type WTW in LBK, indien aanwezig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Type bypass, indien aanwezig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Type bevochtiging in LBK, indien aanwezig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
verwarmingsbatterij in LBK, indien aanwezig (ja/nee)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
koelbatterij in LBK, indien aanwezig (ja/nee)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Uitgangspunten gebouwgebruik			
geïnstalleerd vermogen verlichting	3 W/m ²	4 W/m ²	4 W/m ²
gebruikstijden verlichting	Van 07:00-10:00 is de verlichting 100% en in de middag t/m 18:00-30 - 50 %. Van 18:00 - 23:00 is de verlichting weer 80 - 100 %.	Van 08:00-14:00 staat de verlichting voor 100% aan, van 14:00-18:00 staat de verlichting voor 50% aan, van 18:00-23:00 staat de verlichting voor 100% aan.	De verlichting staat aan gedurende gebruikerstijden dus voornamelijk in de middag van 15:00-20:00 en op enkele avonden.
interne warmteproductie door apparatuur	5 W/m ²	1 W/m ²	2 W/m ²
gebruikstijden apparatuur	Van 07:00-10:00 is de apparatuur voor 100% in gebruik en in de middag t/m 18:00-30 - 50 %. Van 18:00 - 23:00 de apparatuur weer 80 - 100 % in gebruik	Van 08:00-14:00 staat de apparatuur voor 100% aan, van 14:00-18:00 staat de apparatuur voor 50% aan, van 18:00-23:00 staat de apparatuur voor 100% aan.	De apparatuur staat aan gedurende gebruikerstijden dus voornamelijk in de middag van 15:00-20:00 en op enkele avonden.
Aantal gebouwgebruikers	120 leden, 5 man personeel	50 leden	270 leden
gebruikstijden gebouwgebruikers	alle dagen open van 07:00 tot 23:00 en in de weekenden van 07:00 tot 16:00. Van 07:00-11:00 is 100% aanwezig. Van 11:00-18:00 is op ma-vr 30% aanwezig en op za en zo (11:00-16:00) 60%. Op ma-vr van 18:00-21:00 is 100% aanwezig en van 21:00-23:00 is 60% aanwezig.	Van 08:00-15:00 is de ruimte voor 100% in gebruik. Van 15:00-19:00 is de ruimte voor 30 - 50% in gebruik, op za is hij voor 70% in gebruik. In de avond van 19:00-23:00 is de ruimte voor 50 - 70% in gebruik	Van 15:00-20:00 is van ma - za 60% van de gebruikers aanwezig. Op za zijn ook 60% van de gebruikers aanwezig van 09:00-15:00. Op di, do & vrij is 50% van de gebruikers aanwezig van 20:00-23:00.
setpoints verwarming	19 °C / 16 °C	18 °C / 16 °C	19 °C / 14 °C
gebruikstijden verwarming	Gedurende openingstijden staat de verwarming aan. Ma - vr: 07:00-23:00 & Za - zo: 07:00-16:00	Gedurende de openingstijden staat de verwarming aan. Ma - za: 08:00-23:00	Gedurende de openingstijden staat de verwarming aan. Ma & wo: 15:00-20:00, Di, do, vrij: 15:00-23:00, za: 08:00-23:00
setpoints koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
gebruikstijden koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Wordt er gedoucht in het gebouw?	ja	ja	ja
Zo ja, wanneer en hoe vaak?	Ongeveer 10% van de leden maakt gebruik van de douche faciliteiten	Ongeveer 25% van de leden maakt gebruik van de douche faciliteiten.	468 douchebeurten per week. Op zaterdagen overdag en doordeweeks in de avonden. 30
grootverbruik/kleinverbruik aansluiting:	kleinverbruik	kleinverbruik	kleinverbruik
grootte aansluiting:	3 x 80 A	3 x 80 A	3 x 80 A
gecontracteerd vermogen voor afname:	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Referentiegebouwen			
	Meester Tigchelaarstraat 1, 1797 BB Julianadorp	Lindenlaan 69, 6241 BB Bunde	Polderstraat 22, 6666 LD Heteren
			

Mobility & Built Environment

Molengraaffsingel 8
2629 JD Delft
www.tno.nl