

EEN METHODIEK VOOR HET VERDUURZAMEN VAN BESTAANDE KLEINE KANTOORGEBOUWEN

EEN CASESTUDY

T. EVERS

7 JULI 2017

BACHELOR EINDOPDRACHT CIVIELE TECHNIEK

VOORWOORD

Dit rapport presenteert het onderzoek naar verduurzamingsmogelijkheden voor het kantoorgebouw van aannemersbedrijf H. te Goor. De systematische onderzoeksaanpak die ik hiervoor heb toegepast dient tevens als nieuwe onderzoeksmethodiek voor het vaststellen van de meest geschikte duurzaamheidsmaatregelen voor kleine kantoorgebouwen. Om tot deze maatregelen voor het kantoorgebouw van H. in Goor te komen, staat de volgende onderzoeksvraag centraal: *welke combinatie van maatregelen vormt de best mogelijke oplossing om de duurzaamheid van het kantoorgebouw van H. te Goor tot een voor H. gewenst niveau te brengen?* Dit onderzoek heb ik uitgevoerd in opdracht van H. van april tot juli 2017 in het kader van mijn bachelor eindopdracht, als onderdeel van de bachelorstudie Civiele Techniek aan de Universiteit Twente. Het betreft een onderzoek van wetenschappelijk aard, waarin gebruik is gemaakt van een casestudy. Hierdoor resulteert dit onderzoek in een nieuwe onderzoeksopzet voor verduurzaming van kleine kantoorgebouwen en een voorstel van geschikte duurzaamheidsmaatregelen voor het kantoorgebouw van H..

Dit project staat geheel in het teken van duurzaamheid in de bouw. Omdat mijn interesse binnen de civiele techniek in dit onderwerp ligt, leek het mij erg leuk opgedane kennis in de studie in zo'n project op praktische wijze toe te kunnen passen. Het verdiepen in het wereldje van de duurzame bouw en het in de praktijk kunnen toepassen ervan heeft mij erg veel geleerd. De maanden bij H. zijn erg leuk geweest waarin hard werken en gezelligheid heeft gezorgd voor een leerzame en gezellige tijd.

Bij en tijdens het uitvoeren van dit onderzoek heb ik veel baat gehad bij adviezen van mijn interne begeleider Bram Entrop. Deze adviezen hebben geholpen dit rapport tot een naar mijn mening volwaardig eindproduct te brengen, waarin zowel wetenschappelijke als praktische elementen in terugkomen. Daarnaast ben ik zeer erkentelijk voor de hulp die ik heb gehad vanuit H. voor het verkrijgen van benodigde informatie, maar ook voor de goede sfeer en de gezelligheid tijdens het uitvoeren van dit onderzoek. Met name extern begeleider Liesbeth ten Voorde en Sander Haverkate ben ik hiervoor dankbaar, maar ook Wim Bouwhuis, Dik Groot Jebbink en Jan Verschoor, die mij van belangrijke informatie hebben voorzien. Bovendien wil ik niet nalaten installatiebedrijf Moekotte en Dutch Solar Systems in Enschede te bedanken, die kosteloos inspanning hebben verricht om mij en H. te helpen voor het doorrekenen van installatiekosten.

Ondanks de technische aard van het onderwerp, heb ik getracht het rapport leesbaar te maken voor iedereen. Ik wens u dan ook veel leesplezier toe!

Tom Evers

Goor, 7 juli 2017

SAMENVATTING

Klimaatverandering door menselijke invloed is een groot maatschappelijk probleem op mondiale schaal. Vele oorzaken worden hiervoor aangewezen en een ervan is het energiegebruik van gebouwen. Productie, uitputting en gebruik van de energiedragers elektriciteit en gas schaden het milieu. Om milieuvervuiling tegen te gaan, zijn nieuwbouw en renovatiewerk in Nederland en de EU verplicht te voldoen aan steeds hogere standaarden voor duurzaamheidseisen. Echter zijn het de bestaande gebouwen die het meest bijdragen aan milieuvervuiling. Veel bedrijven en huishoudens investeren de laatste decennia om onder andere deze reden in duurzaamheidsmaatregelen. Zo wil ook aannemersbedrijf H. meegaan in deze ontwikkelingen door hun eigen kantoorgebouw te verduurzamen. Het kantoorgebouw bestaat uit oudbouw (1988) en nieuwbouw (2001). Omdat het kantoorgebouw met betrekking tot duurzaamheid niet voldoet aan de wensen, is onderzoek verricht naar het vaststellen van geschikte maatregelen om het kantoorgebouw te verduurzamen, waarbij een onderzoeksmethodiek is ontworpen voor het vaststellen van de meest geschikte maatregelen voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen.

Om de wensen van H. om te zetten in concrete oplossingen, is gebruik gemaakt van een systematische methodiek om tot de meest geschikte maatregelen voor de verduurzaming van een gebouw te komen. Deze methodiek kan worden toegepast op woningbouw en utiliteitsbouw. Om een methodiek te ontwerpen dat speciaal voor kleine kantoorgebouwen kan worden toegepast, wordt het onderzoek naar het kantoorgebouw van H. als casestudy gebruikt.

Dit onderzoek bevat een modelgebaseerd en een thermografisch onderzoek. Het thermografisch onderzoek toont warmtelekken in de thermische schil aan. Dit onderzoek heeft geresulteerd in twee problemen: (1) een warmtelek aan de zuidoostzijde van het kantoorgebouw, en (2) warmtelekken door de gevelpanelen op de verdiepingsvloer van de oudbouw.

In de modelgebaseerde aanpak is gebruik gemaakt van een energiesimulatiemodel, waarmee het theoretische energiegebruik, installaties, milieuvervuiling en binnenklimaat zijn berekend; de factoren waarin de term *duurzaamheid* in dit onderzoek is opgesplitst.

Uit een simulatie van het kantoorgebouw onder huidige conditie is gebleken dat het theoretisch elektriciteitsgebruik zeer hoog is: 153 kWh/m² BVO (95 kWh/m² BVO wenselijk). Het gasgebruik is echter zeer laag: 4,5 m³/m² BVO (12 m³/m² BVO wenselijk). De resultaten tonen aan dat de maximale warmteverlies en de maximale koellast laag zijn: respectievelijk 193 W/m² en 200 W/m² BVO (beide 300 W/m² BVO wenselijk). Door het hoge elektriciteitsgebruik heeft het kantoorgebouw een hoge hoeveelheid milieuvervuiling. De CO₂-uitstoot bedraagt ca. 95 kg/m² BVO (76 kg/m² BVO wenselijk) en de primaire-energiebehoefte bedraagt ca. 437 kWh/m² BVO (370 kWh/m² BVO wenselijk).

Vervolgens zijn meerdere alternatieve maatregelenpakketten zijn doorgerekend op duurzaamheidsimpact en kosten. De acht alternatieven bevatten alle dezelfde maatregelen met betrekking tot elektriciteitsafname om het elektriciteitsgebruik zo veel als mogelijk in te perken. Een toekomstgericht plan om het kantoorgebouw all-electric te maken is onderzocht middels meerdere alternatieve maatregelen. Een ander toekomstgericht plan is de toepassing van hernieuwbare-energieopwekking, waarvan meerdere opties zijn geanalyseerd.

Uit calculaties van het energiesimulatiemodel blijkt dat het elektriciteitsgebruik niet voldoende kan worden gereduceerd om aan de normen voor elektriciteitsgebruik te voldoen. Acht alternatieven zijn opgesteld en doorgerekend met betrekking tot duurzaamheid en kosten. Deze twee factoren vormen de twee criteria in een multicriteria-analyse. Hierin zijn zeven subcriteria met betrekking tot duurzaamheid en één subcriterium m.b.t. kosten meegenomen.

Zonder beschouwing van de 'prijs-kwaliteitverhouding' van de alternatieven blijken drie alternatieven de hoogste kosteneffectiviteit te bezitten. Uit het rangschikken van de alternatieven blijkt alternatief A7 de meest geschikte oplossing voor de verduurzaming van het kantoorgebouw van H. te zijn. Dit maatregelenpakket bevat een gasabsorptiewarmtepomp, na-isolatie van de koudebruggen, LT-convectoren, zonnepanelen, ledverlichting, daglichtregeling van verlichting, klokschakelaars voor kopieerapparaten, stand-by killers en een slimme meter met energieverbruiksmanager. Deze maatregelen zorgen volgens het energiesimulatiemodel voor een

elektriciteitsafname van ca. 15% en een gasafname van 83%. De uitvoering van deze maatregelen is ingepland in een uitvoeringsplan.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Begrippenlijst	5
1 Inleiding	6
2 Onderzoeksopzet	7
2.1 Onderzoeksdoel	7
2.2 Onderzoeksvragen	7
2.3 Onderzoeksaanpak	7
2.4 Projectgrenzen	8
3 Huidige conditie duurzaamheid kantoorgebouw	10
3.1 Beschrijving kantoorgebouw	10
3.2 Thermografische analyse	11
3.3 Werkelijk energiegebruik kantoorgebouw	12
3.4 Energie-audit	12
3.5 Analyse duurzaamheidsprestatie	15
3.6 Deelconclusie	18
4 Vaststelling duurzaamheidsmaatregelen	19
4.1 Vaststelling doelen maatregelen	19
4.2 Voorstel lowbudgetmaatregelen	20
4.3 Toetsing toepasbaarheid maatregelen	20
4.4 Maatregelenpakketten	21
5 Beoordeling maatregelenpakketten	23
5.1 Duurzaamheidsanalyse	23
5.2 Economische analyse	24
5.3 Multicriteria-analyse	25
5.4 Deelconclusie	26
6 Uitvoeringsplan	27
6.1 Organisatie	27
6.2 Tijdsaspect	27
6.3 Kwaliteit	28
6.4 Conceptplanning.....	29
7 Discussie	30
8 Conclusie	31
9 Aanbevelingen	32
Verwijzingen	33
Bijlagen	36

BEGRIPPENLIJST

BENG: afkorting van Bijna Energieneutraal Gebouw, een maatstaf met nu nog officieuze richtlijnen voor duurzaamheid van gebouwen. BENG-indicatoren zullen vanaf 1 januari 2021 worden aangehouden.

Duurzaamheidsprestatie-analyse: een duurzaamheidsprestatie-analyse is een analyse waarin de duurzaamheidsaspecten van het kantoorgebouw gestaafd worden aan wettelijke normen en eisen, waarbij gebruik wordt gemaakt van (kritieke) prestatie-indicatoren; is in dit rapport doorgaans afgekort tot DPA.

Energie-audit: een energie-audit is een theoretische, modelgebaseerde analyse van het energiegebruik en het binnenklimaat van een gebouw. Deze analyse geeft inzicht in energiegebruik van energiegebruikers, warmteverliezen, binnenluchttemperatuur etc.

Energiesimulatiemodel: een computermodel dat het energiegebruik, binnenklimaat etc. van een gebouw berekent en simuleert op basis van ingevoerde gebouwkenmerken.

Energieprestatiecoëfficiënt: de energieprestatiecoëfficiënt (afgekort EPC) is de verhouding tussen het energiegebruik van een gebouw en het toelaatbaar energiegebruik, dat afhangt van gebouwkenmerken. Voor utiliteitsbouw wordt de EPC bepaald door rekenmethoden in NPR 2916.

Hernieuwbare energie: hernieuwbare energie is energie afkomstig uit natuurlijke bronnen die worden aangevuld zonder uitputting van grondstoffen; is in dit rapport doorgaans afgekort tot HNB-energie.

Kritieke prestatie-indicator: kritieke prestatie-indicatoren, in dit rapport vaak afgekort tot KPI's, zijn categorieën om duurzaamheid in onder te verdelen. Een kritieke prestatie-indicator is een overkoepelende categorie met meerdere prestatie-indicatoren.

Maatregelenpakket: een verzameling aan maatregelen dat als één oplossing dient te worden beschouwd om het onderzoeksdoel te bereiken.

Prestatie-indicator: een prestatie-indicator, in dit rapport vaak afgekort tot PI, is een specifieke grootheid dat een bepaald aspect van duurzaamheid representeert. Door middel van een prestatie-indicatoren is duurzaamheid gekwantificeerd.

Rc-waarde: warmteweerstand van een meerlaagse constructie als gevel-, dak- en vloerconstructie, gemeten in m^2K/W .

Werkelijk energiegebruik: de feitelijke gebruikte energiehoeveelheid van het gebouw, gebaseerd op energieafrekeningen van H.

Theoretisch energiegebruik: het theoretisch energiegebruik van het gebouw is het energiegebruik dat wordt berekend door een energiesimulatiemodel. Het theoretisch energiegebruik is gebaseerd op gebouweigenschappen.

Uitvoeringsplan: een planning van het uit te voeren werk. In dit onderzoek is een planning van het resulterende maatregelenpakket opgesteld op basis van duurzaamheidsaspecten en kosten.

U-waarde: warmtedoorgangcoëfficiënt van ramen, gemeten in W/m^2K .

1 INLEIDING

Aannemersbedrijf H bestaat 90 jaar en streeft naar een zo duurzaam mogelijk ondernemen. Als onderdeel van een duurzaam ondernemen is een duurzaam kantoorgebouw essentieel. Aangezien de helft van het kantoorgebouw reeds 29 jaar bestaat, kan worden gesteld dat het kantoorgebouw veel gebreken kent met betrekking tot duurzaamheid. Het kantoorgebouw voldoet niet aan de duurzaamheidswensen, waardoor H. niet het duurzame ondernemen kan uitstralen dat ze wensen.

Daarom dient dit probleem te worden opgelost middels een onderzoek naar de meest geschikte duurzaamheidsmaatregelen. Hiervoor is een onderzoeksmethodiek naar het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen geschikt. Hier is niet eerder onderzoek naar gedaan. Wel is een algemene onderzoeksmethodiek ontworpen voor het verduurzamen van gebouwen in het algemeen. Het onderzoek naar verduurzaming van het kantoorgebouw van H. dient diensgevolge als casestudy voor het ontwerpen van een onderzoeksmethodiek voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen. Door het uitvoeren van een casestudy kan een onderzoeksopzet worden ontworpen dat kan worden gebruikt voor toekomstige, gelijksoortige casestudy's.

Projecten van het aannemersbedrijf strekken zich uit over heel Nederland. De wens om het eigen kantoorgebouw te verduurzamen staat niet geheel op zichzelf. Het verduurzamen van kantoorgebouwen is een trend dat de laatste decennia op gang aan het komen is. Anno 2017 wordt milieuvervuiling beschouwd als een van de grootste mondiale maatschappelijke problemen. Een van de grote energiegebruikers, en dus milieuvervuilers, zijn gebouwen. In de Europese Unie gebruiken gebouwen ongeveer 40% van het eindenergiegebruik en CO₂-uitstoot. In de EU en in Nederland is wetgeving opgesteld die ervoor zorgt dat gebouwen een duurzamer karakter krijgen. Onder andere middels Rc-waarden en EPC worden de eisen waar nieuwbouw en renovatie aan moeten voldoen in de loop van tijd steeds verder opgeschroefd. Echter hebben deze regels geen invloed op bestaande bouw, wat het grootste percentage van de totale bouw uitmaakt. Het ontwerpen van duurzame nieuwbouw draagt immers niet bij aan de daling van het energiegebruik van gebouwen (Asadi, Silva, Antunes, & Dias, 2011). Hierom moeten maatregelen worden genomen om bestaande bouw duurzamer te maken. In de afgelopen decennia is veel onderzoek gedaan naar mogelijke oplossingen en zijn veel installaties en technieken op de markt verschenen (Fulvio, Beccali, Cellura, & Mistretta, 2010). Het verduurzamen van gebouwen kent echter vele moeilijkheden. Elk gebouw heeft zijn eigen karakteristieken, zoals energiegebruik, binnenklimaat en menselijke factoren. Elk gebouw vereist dus andere maatregelen om op een effectieve manier in een duurzamer gebouw getransformeerd te worden. Daarnaast vereisen duurzaamheidsmaatregelen bijna altijd een investering. Het willen investeren en de grootte van de investering hangt per eigenaar af, wat de verduurzamingsmogelijkheden inperkt. Maar ook veranderingen in klimaat, het gebruik van het gebouw en (inter)nationaal beleid zijn onzekerheden die invloed hebben op de duurzaamheid van het gebouw. Al met al vereist elk bestaand gebouw een eigen onderzoek naar de beste duurzaamheidsmogelijkheden (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012).

Dit rapport is ingedeeld in negen hoofdstukken. Hoofdstuk 2 heeft betrekking op de onderzoeksopzet, waarbij onderzoeksdoel, -vragen en -methodiek zijn toegelicht. In hoofdstuk 3 is de huidige duurzaamheidsconditie van het kantoorgebouw van H. Hoofdstuk 4 beschrijft de opstelling van duurzaamheidsmaatregelen en maatregelenpakketten. In hoofdstuk 5 zijn de maatregelenpakketten met elkaar vergeleken middels een multicriteria-analyse. Hiervoor zijn de criteria duurzaamheid en kosten beschouwd, die zijn geanalyseerd in resp. een duurzaamheidsanalyse en kosten-batenanalyse in hetzelfde hoofdstuk. Het meest geschikte maatregelenpakket is in hoofdstuk 6 verwerkt in een uitvoeringsplan. De discussie is getoond in hoofdstuk 7. Conclusies met betrekking tot de nieuwe onderzoeksmethodiek en de meest geschikte maatregelen voor het kantoorgebouw van H. zijn beschreven in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 9 toont ten slotte de aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

2 ONDERZOEKSOPZET

In de onderzoeksopzet is de onderzoeksmethodiek getoond die is gebruikt om het onderzoeksproces, dat wensen en eisen van H. omzet in een uitvoeringsplan met duurzaamheidsmaatregelen, systematisch en overzichtelijk te laten verlopen. Dit hoofdstuk toont tevens het onderzoeksdoel, de bijbehorende onderzoeksvragen, de onderzoeksmethodiek en de projectgrenzen van dit onderzoek

2.1 ONDERZOEKSDOEL

Op basis van de probleemomschrijving in hoofdstuk 1 is geconcludeerd dat het kantoorgebouw van veranderingen zal moeten ondergaan om aan de wensen van H. te voldoen. Om tot een optimale oplossing te komen is onderzoek vereist en hiervoor is het volgende hoofddoel opgesteld:

Het komen tot één maatregelenpakket dat wordt beschouwd als de best mogelijke oplossing om de duurzaamheid van het kantoorgebouw van H. tot een voor H. gewenst niveau te brengen.

Om tot één maatregelenpakket te komen, zijn verschillende tussenstappen vereist. Een eis van H. is het uitvoeren van een analyse van de huidige staat van het kantoorgebouw met betrekking tot duurzaamheid. Onderzoek hiernaar wordt verricht middels een energie-audit. Dit is een theoretische controle van de duurzaamheid van het kantoorgebouw, waaruit blijkt wat onder andere de reeds duurzame eigenschappen van het kantoorgebouw zijn. Het resultaat van een energie-audit is een van de subdoelen van dit onderzoeksproject. Ook wenst H. een oplossing gepresenteerd te krijgen in de vorm van bijvoorbeeld een uitvoeringsplan. Dit uitvoeringsplan bevat een stapsgewijze invoering van maatregelen en bijbehorende kosten; het vormt het tweede subdoel in dit onderzoek. Tevens heeft H. de eis gesteld geen maatregelen te introduceren die verbouwing van het kantoorgebouw vereisen. H. is niet bereid grote aanpassingen met betrekking tot de gebouwconstructie uit te voeren. Tot slot wenst H. een duurzaam kantoorgebouw door middel van (een combinatie van) slim gekozen maatregelen, wat betekent dat het definiëren van 'een gewenst niveau' aan de onderzoeker overgelaten is.

2.2 ONDERZOEKSVRAGEN

Het onderzoek is opgesplitst in verschillende onderzoeksvragen. De hoofdvraag representeert het hoofddoel. Drie onderzoeksvragen definiëren de onderzoeken die zullen worden verricht.

Hoofdvraag:

Hoe wordt gekomen tot een optimale combinatie van maatregelen om de duurzaamheid van een bestaand klein kantoorgebouw tot een wenselijk niveau te brengen?

- (1). Wat is de huidige conditie met betrekking tot duurzaamheid van het kantoorgebouw?
- (2). Welk alternatief duurzaamheidsmaatregelenpakket is de meest gunstige oplossing voor H?
- (3). Wat is een geschikte onderzoeksmethodiek voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen in het algemeen?

2.3 ONDERZOEKSAANPAK

Het onderzoek dat de hierboven gestelde vragen moet beantwoorden is een complex proces dat structuur en overzicht vereist. Om deze reden is een onderzoeksmethode, ofwel onderzoeksstrategie, gebruikt. Deze methode is nader beschreven in deze paragraaf.

Een duurzaamheidsonderzoek kan op meerdere manieren worden uitgevoerd, afhankelijk van het doel en de breedte van het onderzoek. Zo gebruikt Verhoef (Verhoef, 2011) het rekenprogramma EPU. Verhoef berekent de EPC van een sportcomplex op basis van het totale energiegebruik, met als doel het energiegebruik te reduceren. H. streeft echter naar een duurzaam kantoorgebouw. 'Duurzaamheid' is een breed begrip dat zich volgens de rijksoverheid in de bouw vertaalt in duurzame materialen, gezond binnenklimaat, prettig leefbare gebouwen, duurzaam slopen, verantwoord watergebruik en voorkomen van uitputting van grondstoffen (Rijksoverheid, sd).

Het energiegebruik en binnenklimaat van het kantoorgebouw worden beïnvloed door weersomstandigheden (temperatuur, lichtinval, etc.), wat betrekking heeft op het schaalniveau van dit onderzoek. Zowel het energiegebruik als het binnenklimaat worden geanalyseerd, wat betrekking heeft op de breedte van dit onderzoek. Energieposten door gebouweigenschappen, menselijke invloeden en stedenbouwkundig plan worden beschouwd. Resultaten worden getoetst aan de Nederlandse normen voor duurzame bouw. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de fase van de gebiedsontwikkeling (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2010). Om het onderzoeksdoel te bereiken zullen het genoemde schaalniveau en breedte van het onderzoek gehanteerd worden. Op basis hiervan is geconcludeerd dat een energiesimulatiemodel benodigd is om de duurzaamheid te analyseren. Dit betekent dat er een modelgebaseerde aanpak toegepast zal moeten worden. Zo'n model is in andere projecten reeds vaak gebruikt om energiebesparingsmaatregelen door te rekenen. In dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van het energiesimulatiemodel VABI Elements. Dit computerprogramma blijkt het meest geschikt voor dit onderzoek. Zie Bijlage 1: keuze energiesimulatiemodel (Engels) voor een onderbouwing van de keuze voor dit simulatiemodel.

Bij de toepassing van een modelgebaseerde aanpak wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde 'multi-objective optimisation technique' om tot een optimale oplossing te komen (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012). Deze techniek wordt gebruikt voor het vinden van oplossingen in geval van complexe beslissingen. Naast de modelgebaseerde aanpak wordt ook een thermografische analyse uitgevoerd om de thermische schil van het kantoorgebouw te analyseren voor eventuele koudebruggen. Door verschillende benaderingsmethoden staat het thermografisch onderzoek los van het modelgebaseerde onderzoek. Echter worden de resultaten, en met name de gevolgen ervan, samengevoegd in de vorm van duurzaamheidsmaatregelen.

De opbouw van dit rapport is grotendeels gebaseerd op een systematische methodiek voor het analyseren en toepassen van duurzaamheidsmaatregelen voor bestaande gebouwen, dat is beschreven door Zhenjun Ma (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012). Deze methodiek verdeelt dit complexe proces in vijf fasen, waarvan de eerste drie van toepassing zijn in dit onderzoek. Het betreft de fasen (1) onderzoeksopzet, (2) energie-audit en duurzaamheidsprestatie-analyse en (3) vaststelling van (de meest geschikte) duurzaamheidsmaatregelen. In fase 1 wordt het onderzoek voorbereid en opgezet. Probleemstelling, onderzoeksdoelen, onderzoeksvragen en onderzoeksopzet worden toegelicht. Fase 2 bevat de resultaten en toelichting van de energie-audit, de duurzaamheidsprestatie-analyse en een samenvattende beoordeling. In de duurzaamheidsprestatie-analyse wordt de huidige duurzaamheidsconditie van het kantoorgebouw getoetst aan de Nederlandse normen en eisen. Fase 3 toont de opgestelde maatregelenpakketten, die zijn samengesteld op basis van de resultaten uit fase 2, die vervolgens worden geanalyseerd en gerangschikt op basis van duurzaamheidseigenschappen, kosten en een multicriteria-analyse.

De gebruikte methodiek voor het verduurzamen van kantoorgebouwen is toepasbaar op zowel woningbouw als alle utiliteitsbouw. In dit rapport is een klein kantoorgebouw geanalyseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van specifieke tools en methoden; deze zijn weergegeven in Figuur 1. De figuur toont de activiteiten zoals beschreven door Ma en de tools en methoden zijn aangepast aan dit onderzoek. Ma benoemt in zijn paper verscheidene tools per activiteit. Voor de specifieke toepassing van de methodiek zijn tools geselecteerd op basis van toepasbaarheid en bekendheid ervan bij de onderzoeker. De figuur toont tevens de hoofdstukken waarin de activiteiten behandeld worden. Een toelichting van de tools worden in de desbetreffende hoofdstukken gegeven.

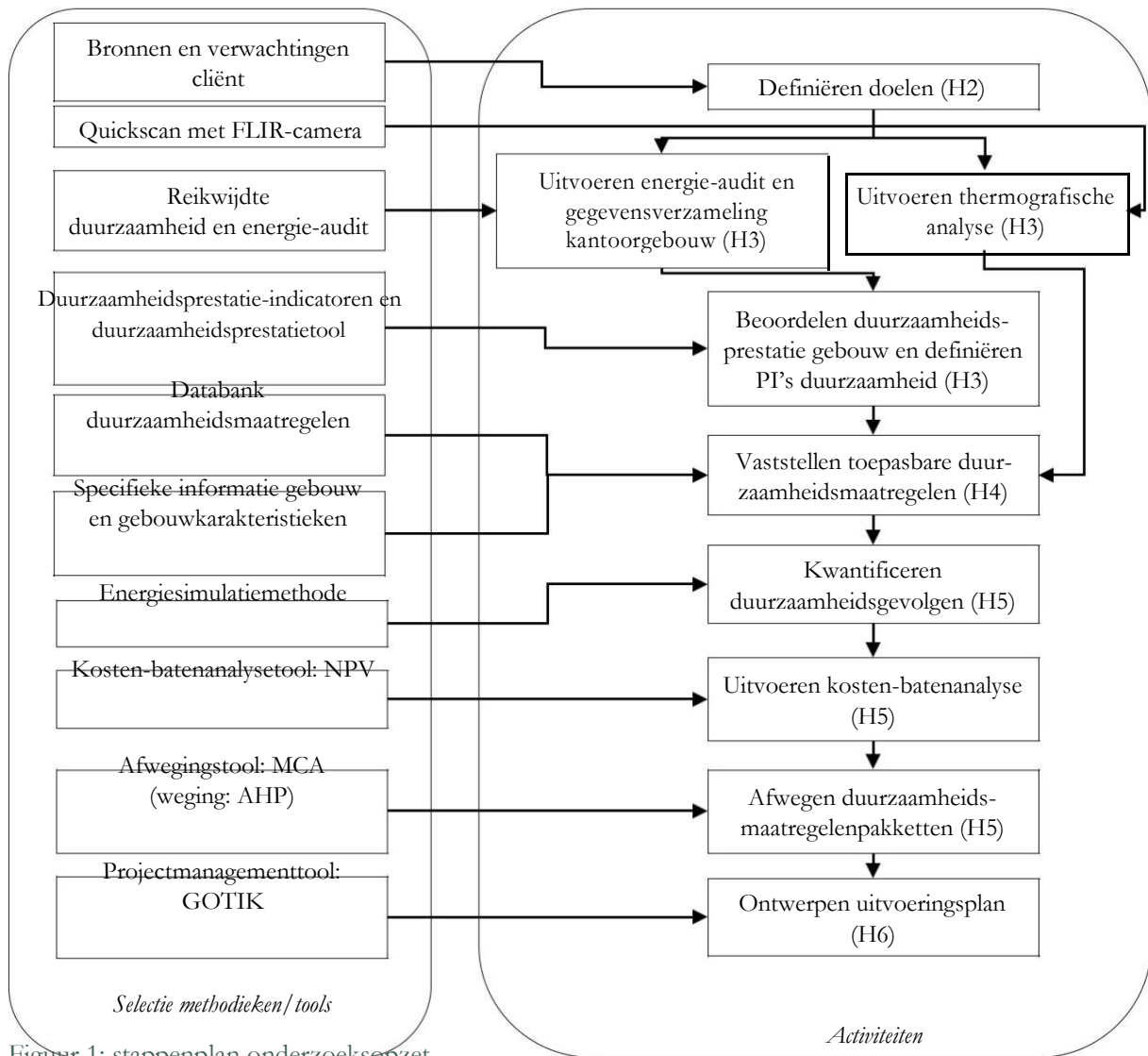
2.4 PROJECTGRENZEN

Budget: H. heeft geen budget gesteld voor de te nemen duurzaamheidsmaatregelen. Bij het opstellen van maatregelenpakketten is dus geen rekening gehouden met kostenbeperkingen.

Duurzaamheid : tot nu toe is in dit rapport gesproken over de term 'duurzaamheid'. Echter kent de term een definitie dat zich verder strekt dan duurzame gebouwen. H. stelt in haar opdrachtomschrijving geen eisen aan de begrenzing van de term. In samenspraak met H. is overeengekomen dat duurzaamheid in dit onderzoek wordt begrensd tot de volgende aspecten binnen het kader van duurzame

gebouwen: energiegebruik, warmteverlies, koellast, milieuvervuiling en binnenklimaat. Deze aspecten zijn in dit onderzoek kwantitatief geanalyseerd in de duurzaamheidsprestatie-analyse. Daarnaast is in de multicriteria-analyse materiaalgebruik kwalitatief beschouwd.

Uitvoering: dit onderzoek is begrensd met betrekking tot niveau van detaillering en uitwerkingsfase. Het ontwerpniveau van maatregelen strekt zich tot ontwerpfase. Dit houdt in dat zaken als vergunningaanvraag etc. niet zijn uitgevoerd, maar kosten en subsidiemogelijkheden wel zijn gekwantificeerd. Dit project begrenst zich bovendien tot onderzoek; de uitvoeringsfase van het advies is niet van toepassing.



Figuur 1: stappenplan onderzoeksopzet

3 HUIDIGE CONDITIE DUURZAAMHEID KANTOORGEBOUW

In hoofdstuk 3 is de huidige conditie van het kantoorgebouw met betrekking tot duurzaamheid geanalyseerd. Deze analyse vormt de eerste stap in het onderzoek om tot een optimaal maatregelenpakket voor het kantoorgebouw van H. te komen. Vanuit informatie van de gebouwconstructie, menselijke factoren en installatietechnische gegevens is de duurzaamheid van het gebouw bepaald. Dit proces is verricht in twee stappen: de energie-audit en de duurzaamheidsprestatie-analyse van het gebouw. Een energie-audit is verricht om inzicht te krijgen in energiegebruikers in het kantoorgebouw en om het inzicht te krijgen in de staat van het binnenklimaat. Hierbij wordt tevens inzicht verkregen in warmteverliezen en milieuvervuiling. Deze resultaten zijn vervolgens getoetst in de duurzaamheidsprestatie-analyse van het kantoorgebouw. Cijfers zijn gegeven aan de geselecteerde duurzaamheidsindicatoren. Naast het modelgebaseerde onderzoek is een thermografisch onderzoek uitgevoerd. Resultaten uit deze analyses vormen antwoord op onderzoeksvraag 1.

3.1 BESCHRIJVING KANTOORGEBOUW

De huidige duurzaamheidsconditie van het kantoorgebouw hangt af van zijn gebouweigenschappen. De gebouweigenschappen zijn in het energiesimulatiemodel geïmplementeerd. Zie voor de warmtedoorgangscoefficienten van de constructies, de oppervlakten van de verblijfsgebieden, de gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur en de geïmplementeerde geometrie van het kantoorgebouw, Bijlage 2: foto's installaties. Tevens zijn in deze bijlage alle invoergegevens van het energiesimulatiemodel weergegeven. Informatie over het kantoorgebouw is verkregen uit archiefmateriaal. Het archiefmateriaal bestaat uit bouwtekeningen van constructie-eigenschappen en offertes van installaties. Rc-waarden van constructies van de oudbouw zijn geschat aan de hand van omschrijvingen van de directeur van H. en variëren van ca. 0,13 tot ca. 2,28 m²K/W. Informatie over instellingen (tijdschema's, temperaturen etc.) van installaties zijn verkregen middels een interview met een projectleider van H. Rc- en U-waarden van constructies in de nieuwbouw zijn gebaseerd op bouwtekeningen. Deze variëren respectievelijk van 1,42 tot 4,09 m²K/W en de warmtedoorgangscoefficient van de ramen is ca. 2,00 W/m²K. De buitentemperatuurwaarden zijn afkomstig van een weerstation gelegen op Vliegveld Twenthe, nabij Het Hazewinkel te Oldenzaal (KNMI). Enkele foto's van de aanwezige installaties/systemen radiatoren, cv-ketels, verlichting en boiler zijn weergegeven in Bijlage 3: invoer VABI Elements kantoorgebouw huidige toestand.

Het kantoorgebouw van H. bestaat uit oudbouw (1988) en nieuwbouw (2001). De oudbouw is in Figuur 2 te zien als de lagere helft. Er werken ca. 34 personen en het kantoorgebouw heeft een BVO van ca. 1035 m². Het netto te

verwarmen volume is ca. 2838 m³, wat wordt verzorgd door twee Remeha Quinta 45 hr-ketels die naast het kantoorgebouw nog twee gebouwen verwarmen. De totale oppervlakte van de ramen bedraagt ca. 207 m² en de totale oppervlakte van de buitengevel bedraagt ca. 572 m², wat betekent dat het raampercentage ca. 36% bedraagt. De totale warmteverliesoppervlakte bedraagt ca. 1035 m². Het kantoorgebouw wordt op werkdagen gebruikt van ca. 7:00 tot 18:00 uur. Op weekenddagen is het gebouw gesloten.

Topkoeling wordt geregeld door  Figuur 2: impressie kantoorgebouw in het energiesimulatiemodel

een compressiekoelmachine in de luchtbehandelingskast, dat zich op het dak bevindt. Verlichting wordt hoofdzakelijk verzorgd door compacte tl-lampen, tl-buizen en spotjes. Alle kantoren hebben paneelradiatoren waarbij gebruik wordt gemaakt van hogetemperatuurverwarming. Actieve verwarming vindt plaats door een verwarmingsbatterij in de luchtbehandelingskast, dat ook warmteterugwinning bevat door middel van een warmtewiel. Warm tapwater wordt geregeld door twee Itho Daalderop close-in-boilers in de twee aanwezige pantry's.

3.2 THERMOGRAFISCHE ANALYSE

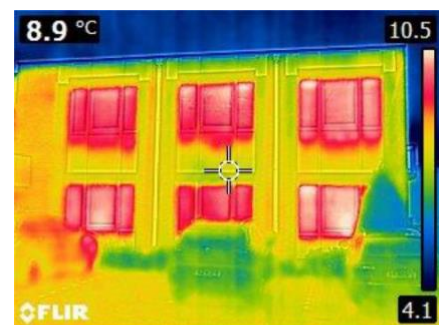
Voor het kantoorgebouw van H. is, naast een energiesimulatie, ook een thermografische analyse uitgevoerd. Het doel van deze analyse is het waarden van de thermische schil van het kantoorgebouw. Eventuele koudebruggen in de schil kunnen worden aangetoond zodat passende maatregelen kunnen worden toegepast. Zo kan tevens worden voorkomen dat duurzaamheidsmaatregelen op basis van theoretische resultaten worden getroffen die weinig tot geen effect zullen hebben door koudebruggen in de thermische schil. Aanbevelingen in deze paragraaf berusten op kwalitatieve onderbouwing en zijn gebaseerd op experimenten in de vorm van infraroodmetingen. Het thermografisch onderzoek staat náást de modelgebaseerde aanpak die is gebruikt voor het doorrekenen van de duurzaamheid van het kantoorgebouw. In de thermografische analyse zijn alleen de buitengevels onderzocht.

Koudebruggen zijn plekken in de thermische schil waar substantieel meer warmte ontsnapt dan zou moeten. Voor het maken van infraroodbeelden is gebruik gemaakt van een FLIR-camera (forward looking infrared). Hierbij moet rekening gehouden worden met de verhouding stralingsenergie-temperatuur, dat verschilt per materiaal. De emissiecoëfficiënt geeft die verhouding voor elk materiaal weer. De gevels van het gebouw zijn allen geheel uit baksteen vervaardigd en alle deuren bestaan uit het materiaal hout, met uitzondering van de glazen entree deur. Omdat er geen verschillende materialen met elkaar vergeleken zijn hoeft de emissiecoëfficiënt

niet worden meegenomen in dit onderzoek. Infraroodbeelden geven inzicht in energieverlies, ontbrekende/natte/uitgezakte isolatie, luchtlekken (en dus warmtelekken), thermische bruggen (koudebruggen), waterinfiltratie door platte daken, breuken in warmwaterleidingen, constructiefouten, het opdrogen van gebouwen, fouten in toevoerleidingen, elektrische fouten en kieren/naden/gaten en verdere lekkages. Bij het nemen van ir-foto's zijn weers- en temperaturomstandigheden, die moeten voldoen aan bepaalde voorschriften, in beschouwing genomen zodat aan de voorwaarden voor thermografisch onderzoek wordt voldaan. Foto's en genoteerde weersomstandigheden zijn opgenomen in Bijlage 4: thermografische analyse. De geanalyseerde thermische schil is opgedeeld in drie delen: buitengevel, ramen/panelen en deuren. De buitengevel en ramen en panelen zijn onderzocht op warmtelekken, waarbij relatieve temperatuurafwijkingen zijn beschouwd. De deuren zijn onderling vergeleken op warmte-emissie.

De resultaten toonden relatief kleine en grote warmtelekken. Voor kleine warmtelekken (zoals bijvoorbeeld resultaat I in Bijlage 4:

Figuur 3: infraroodbeeld buitengevel directeurskantoor



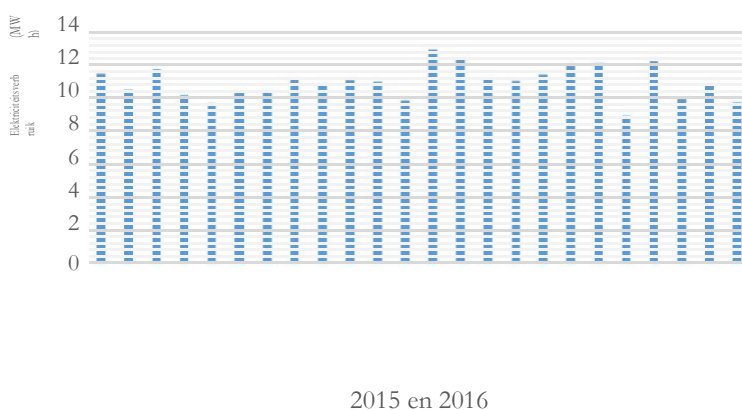
Figuur 4: infraroodbeeld buitengevel oudbouw zuidoostzijde

thermografische analyse) zijn geen maatregelen getroffen vanwege de kleine invloed die deze hebben op het energiegebruik van het kantoorgebouw. De grote warmtelekken dienen wel te worden hersteld. Uit de ir-foto's blijken twee noemenswaardige warmtelekken te bestaan.

- De bakstenen gevel links van en onder het raam aan de zuidoostzijde van het gebouw, wijzend naar de zuidwestzijde, toont een warmtelek waarbij het warmteverschil ca. 5°C met het overige geveloppervlak, zie Figuur 3. De gevel is deel van het oude gebouwdeel en grenst aan het nieuwe gebouwdeel. Waarschijnlijk is de isolatie beperkt. Na-isolatie wordt aanbevolen.
- Alle panelen in de verdiepinggevel van de oudbouw tonen een warmtelek dat zich onder het raam naar beneden uitstrekt, zie Figuur 4 voor een voorbeeld. Het temperatuurverschil is ca. 1,5°C met het overige paneeloppervlak. Dit is waarschijnlijk gevolg van een gebrekkige isolatie. Aanbevolen wordt nieuwe isolatie toe te passen ter plekke van de warmtelekken.

3.3 WERKELIJK ENERGIEGEBRUIK KANTOORGEBOUW

Aan de hand van jaarafrekeningen van H. zijn elektriciteits- en gasgebruik van de afgelopen jaren bekend en weergegeven in Figuur 5 (elektriciteitsgebruik) en Tabel 1 (gasgebruik). Het totale elektriciteitsgebruik in 2016 bedraagt 133.613 kWh. Het elektriciteits- en gasgebruik wordt gemeten door één (dubbele) meter en is afkomstig van drie gebouwen: het kantoorgebouw en de ernaast gelegen Timmerfabriek



Figuur 5: werkelijk elektriciteitsgebruik 2015 en 2016

en de Werf. Doordat onbekend is welk aandeel energie door het kantoor is gebruikt, is een degelijke kalibratie van het energiesimulatiemodel onmogelijk. De Timmerfabriek is sinds ca. oktober 2016 niet meer in gebruik door afkeuring van het aanwezige materieel (projectleider H., 2017). Daarnaast is niet bekend wat het vermogen van dit materieel is, waardoor geen reële schatting kan worden gemaakt van het energiegebruik van de Timmerfabriek in 2016. Dit impliceert dat het energiegebruik van het kantoorgebouw ook niet kan worden ingeschat. Door deze beperking kan het theoretische energiegebruik niet worden gekalibreerd met het werkelijke energiegebruik. Berekeningen met betrekking tot de huidige en toekomstige duurzaamheid van het kantoorgebouw zijn aanzienlijk minder betrouwbaar dan wanneer kalibratie is toegepast. Conclusies in dit onderzoek zijn gebaseerd op het theoretische energiegebruik.

Tabel 1: werkelijk jaarlijks gasgebruik 2014-2016

Begindatum	Einddatum	Aantal dagen	Aantal gewogen graaddagen	Gasverbruik (m ³)
28-jan-14	7-jan-15	344	2307	17.410
8-jan-15	4-jan-16	361	2786	17.618
5-jan-16	26-jan-17	387	3487	23.941

3.4 ENERGIE-AUDIT

Het energiesimulatiemodel berekent de duurzaamheid van het kantoorgebouw op basis van ingevoerde gebouwgegevens zoals constructies van bouwelementen (Rc-waarden), aanwezige installaties/apparaten en menselijke factoren. Dit resulteert in de theoretische berekening van energiegebruik van de aanwezige installaties, bouwtechnische kenmerken als transmissieverlies en koellast en kwantificatie van het binnenklimaat. In de berekening is gebruik gemaakt van buitenklimaatgegevens van 2016.

Deze paragraaf is ingedeeld in de subparagrafen Totaal energiegebruik, Warmteverlies, Koellast, Ventilatietoets en Binnenklimaat. Doel van deze paragraaf is het inzichtelijk krijgen van energiebehoefte, energiegebruikers, energieverliezen en binnenklimaat van het kantoorgebouw. Op basis van de resultaten kunnen gerichte duurzaamheidsmaatregelen worden getroffen.

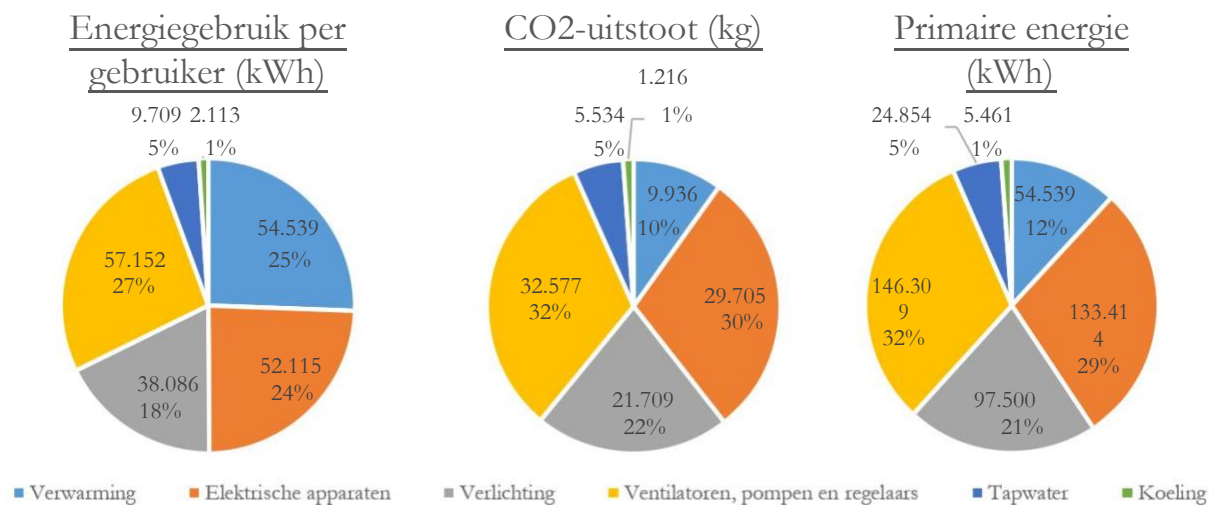
3.4.1 ENERGIEGEBRUIK

Op basis van de gebouweigenschappen is het theoretische elektriciteitsgebruik van het kantoorgebouw per energiegebruiker berekend. Tabel 2 toont het totale theoretische elektriciteits- en gasgebruik en de daarbij corresponderende CO₂-uitstoot en primaire-energiebehoefte van het kantoorgebouw.

Tabel 2: resultaten totaal energiegebruik van kantoorgebouw

(Gevolgen van) energiegebruik	Elektriciteitsgebruik (kWh/jaar)	Gasgebruik (m ³ /jaar)	Totale CO ₂ - uitstoot (kg/jaar)	Totale primaire energie (kWh/jaar)
	159.194	5.582	100.677	462.076

Figuur 6 toont het theoretisch energiegebruik per energiegebruiker. Deze figuur geeft inzicht in de verdeling van het energiegebruik, zodat grote energiegebruikers kunnen worden vastgesteld. De volgende energiegebruikers worden door het energiesimulatiemodel onderscheiden: verwarming, elektrische apparaten, verlichting, ventilatoren/pompen/regelaars, tapwater en koeling. De resultaten tonen aan dat categorie ventilatoren/pompen/regelaars de grootste energiegebruiker is (27%), gevolgd door verwarming (25%) en elektrische apparaten (24%). Uit gedetailleerder onderzoek blijkt het energiegebruik door de categorie ventilatoren/pompen/regelaars te worden gebruikt door het gebruik van balansventilatie. Elektriciteitsgebruik door elektrische apparaten wordt gebruikt zoals in het energiesimulatiemodel is ingevoerd: door pc's, monitors en kopieerapparaten.



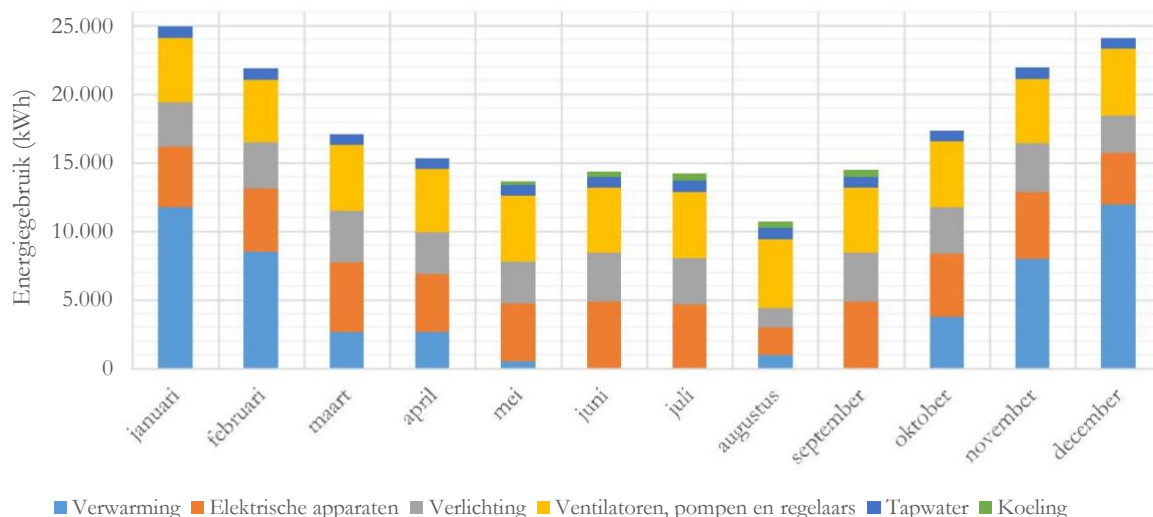
Figuur 6: jaarlijks theoretisch energie-, primaire-energiegebruik en CO₂-uitstoot van de energiegebruikers

Het theoretische elektriciteitsgebruik ligt ca. 1,2 maal zo hoog als het werkelijke elektriciteitsgebruik, terwijl de twee naastgelegen gebouwen niet in het model zijn beschouwd. Dit geeft dat het model het elektriciteitsgebruik te hoog inschat. Het theoretische gasgebruik is echter 4,3 maal zo laag als het werkelijke gasgebruik. Door verwarming van de twee naastgelegen gebouwen is niet duidelijk of dit resultaat een goede benadering is.

Figuur 7 toont het energiegebruik op maandelijkse basis, zodat inzicht wordt verkregen in de seizoensafhankelijke energiegebruik in het kantoorgebouw. De grafiek toont aan dat energiegebruik door verwarming sterk afhangt van het weer. 's Zomers wordt het gebouw niet verwarmd. 's Winters neemt de verwarming tot ca. 50% van het energiegebruik in beslag. Energiegebruik van de overige categorieën, die

allen elektriciteit als energiedrager hebben, zijn tamelijk constant over het jaar heen. Enige afwijkingen in augustus en december kunnen worden toegeschreven aan vakantieperioden van respectievelijk de bouwvak van drie weken en kerstvakantie van twee weken.

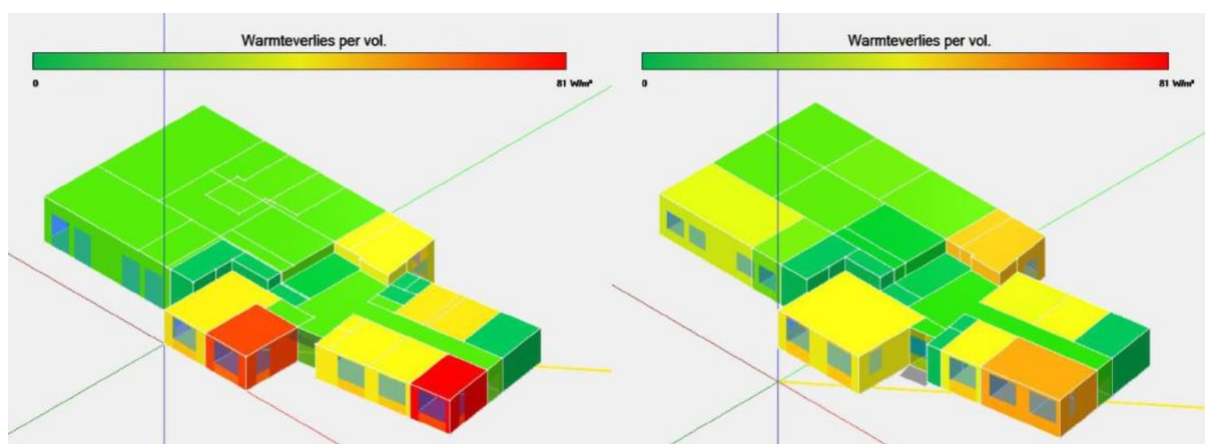
Maandgrafiek energiegebruik per gebruiker



Figuur 7: maandelijks theoretisch energiegebruik van het kantoorgebouw

3.4.3 WARMTEVERLIES

Warmteverlies, ofwel transmissieverlies, is berekend om de warmtebehoefte in elke verblijfsruimte te bepalen. Een hoog warmteverlies betekent een hogere energierekening. Het energiesimulatiemodel gebruikt voor deze berekening de norm NEN-EN 12831 (ISSO 53, kantoorgebouwen met verdiepingen lager dan vijf meter). Op basis van de gebouweigenschappen is het warmteverlies per verblijfsruimte berekend en Figuur 8 toont de resultaten van de begane grond en de verdieping. Uit de resultaten blijkt dat in het kantoor van de controller van H. de grootste warmteverlies plaatsvindt. De ruimte is rechtsonder op de begane grond in de figuur te zien en bedraagt ca. 81 W/m³. Opgemerkt moet worden dat de schaal is aangepast aan de maximale aanwezige warmteverlieswaarde. Andere waarden variëren van ca. 26 tot 73 W/m³. Gemiddeld bedraagt het warmteverlies in verblijfsruimten ca. 41 W/m³.

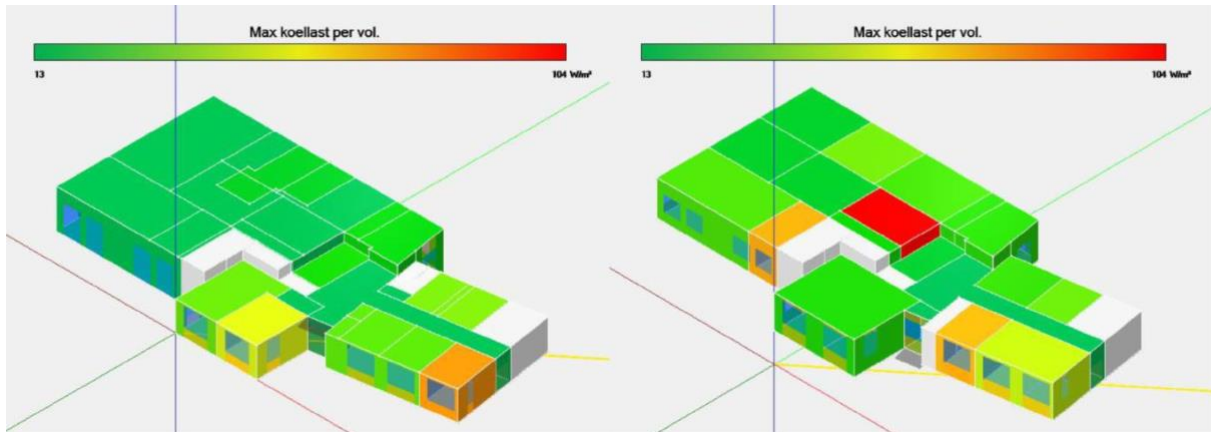


Figuur 8: warmteverlies per verblijfsruimte (W/m³)

3.4.4 KOELLAST

In de koellastberekening is het koelvermogen voor de benodigde koude ten behoeve van een aangenaam binnenklimaat berekend. De berekeningsmethode is opgenomen in NEN 5067. Resultaten tonen de

maximale koellast, die is berekend per ruimte en per tijdsperiode, tot op het uur nauwkeurig. Koellast hangt onder andere af van interne warmteproducties, ontwerptemperaturen en infiltratiedebiet. Figuur 9 toont de koellast per ruimte. Opvallend is de hoge koellast in de kopieerruimte. Dit wordt veroorzaakt door de vele aanwezige warmteproducerende apparaten. In deze ruimte is de koellast 104 W/m³. Verder varieert de koellast van 19 tot 68 W/m³ in verblijfsruimten, met een gemiddelde van 39 W/m³.



Figuur 9: koellast per verblijfsruimte (W/m³)

3.4.5 VENTILATIETOETS

Het energiesimulatiemodel toetst de ventilatiedebieten aan de eisen van het Bouwbesluit. Het kantoorgebouw van H. maakt gebruik van balansventilatie door middel van een luchtbehandelingskast. Deze luchtbehandelingskast bevat een verwarmings- en koelbatterij. Ook wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning (WTW) door middel van een warmtewiel. Uit de berekening van het energiesimulatiemodel blijkt dat de ventilatie-eisen ruimschoots gehaald zijn. Gemiddeld is de ventilatie per ventilatierooster 7,4 maal zo hoog als de eisen die het Bouwbesluit voorschrijft. Balansventilatie met warmteterugwinning wordt beschouwd als een duurzame installatie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland). Hier valt dus weinig winst te behalen met betrekking tot duurzaamheid. Om deze reden is in dit rapport geen verdere aandacht besteed aan alternatieve opties voor de aanwezige balansventilatie.

3.4.6 BINNENKLIMAAT

Het binnenklimaat is in dit onderzoek door middel van drie variabelen gekwantificeerd: CO₂ aantal uren buiten klasse B, GTO overschrijding aantal weeguren en GTO onderschrijding aantal weeguren. Klasse B slaat op ATG klasse B, dat een maximum van 150 overschrijdingsuren per ruimte hanteert. Deze klasse wordt veelal gebruikt voor kantoorgebouwen. Klasse B accepteert een afwijking van 20%, waarbij de prestatie van het kantoorgebouw met betrekking tot binnenklimaat wordt bestempeld als 'goed'. Uit de resultaten van het energiesimulatiemodel blijkt dat het aantal over- en onderschrijdingsuren ver boven deze norm zit. De verblijfsruimte met de minste overschrijdingsuren, Een van de kantoren haalt een aantal van 2.443 overschrijdingsuren. De ruimte met de meeste gewogen overschrijdingsuren bedraagt 10.730 uur. Het aantal gewogen temperatuuronderschrijdingsuren (GTO) zijn geteld bij een ruimtetemperatuur van 20 °C of lager. Onderschrijdingsuren vinden doorgaans veel minder plaats dan overschrijdingsuren. Een temperatuuronderschrijding van 0 uur is de norm in ATG klasse B. Er zijn twee kantoorruimten met een onderschrijdingstijd van 105 en 56 uur. De overige kantoorruimten hebben een onderschrijdingstijd van 0 uur, met enkele uitzonderingen van 1 tot 3 uur per jaar. Zie voor de figuren Bijlage 5: resultaten energie-audit binnenklimaat.

3.5 ANALYSE DUURZAAMHEIDSPRESTATIE

In de vorige paragraaf zijn de resultaten uit de energie-audit van het kantoorgebouw toegelicht. Hierbij is naar voren gekomen hoeveel energie de systemen theoretisch gebruiken, hoeveel energieverlies optreedt door de thermische schil en hoe aangenaam het binnenklimaat is. In deze paragraaf zijn de verkregen resultaten, ofwel de duurzaamheidsprestatie, beoordeeld op basis van maatstaven. De

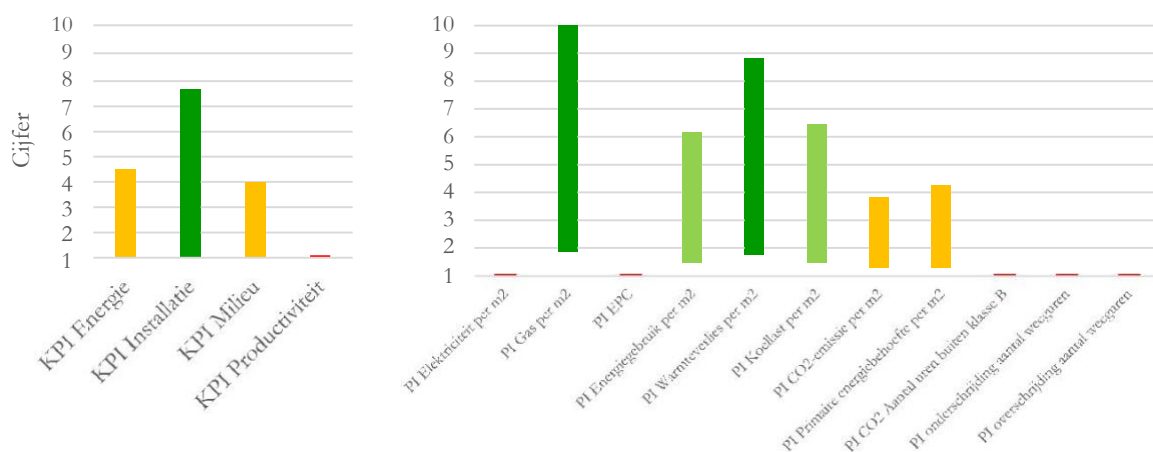
duurzaamheidsprestatie-analyse van een gebouw draait om de vraag hoe energiezuinig het gebouw is en of het gebouw voldoet aan de Nederlandse eisen voor prestatie-eisen.

Het analyseren van de duurzaamheidsprestatie is uitgevoerd op basis van zogenaamde kritieke prestatie-indicatoren (afgekort KPI's). Met behulp van KPI's kan 'duurzaamheid' worden gekwantificeerd. Er zijn meerdere beoordelingsmethoden van gebouwprestaties beschikbaar, zoals LEED en BREEAM. Ook VABI Elements berekent de gebouwprestatie. De methode van het energiesimulatiemodel is gemakshalve gebruikt om de duurzaamheidsprestatie te analyseren. Een beoordelingsmethode van gebouwprestaties is gebruikt als framework om milieuprestaties van het gebouw te evalueren en zodoende te verbeteren. De beoordelingsmethode toets de/het energiegebruik en -productie aan de Nederlandse normen voor gebouwprestaties.

In dit onderzoek zijn de volgende door het energiesimulatiemodel aangeboden KPI's geanalyseerd: energie, installatie, milieu en productiviteit. KPI Energie geeft inzicht in de gebouwprestaties met betrekking tot elektriciteits- en gasgebruik, de EPC en het totale energiegebruik. Deze duurzaamheidsaspecten worden prestatie-indicatoren (PI's) genoemd. KPI Installatie geeft inzicht in de hoeveelheid warmteverlies en koellast. KPI Milieu koppelt een gebouwprestatie aan de CO₂-emissie en primaire energiebehoefte per m² BVO van de energieproductie. Bij KPI Productiviteit zijn aantal uren CO₂ buiten klasse B, aantal overschrijdingsuren (GTO) en aantal overschrijdingsuren (GTO) geanalyseerd. Deze prestatie-indicatoren kwantificeren de kwaliteit van het binnenklimaat. Bij het beoordelen van de gebouwprestatie geeft het energiesimulatiemodel een cijfer van 1 tot 10, waarbij 10 het beste resultaat is. Afhangend van het KPI is het cijfer bepaald op basis het gehele gebouw of op de minst duurzame ruimte binnen het gebouw.

3.5.1 KRITIEKE PRESTATIE-INDICATOREN

De cijfers van de KPI's, zie Figuur 10, zijn het resultaat van een gewogen gemiddelde van de PI-cijfers. De PI's zijn afzonderlijk in de volgende paragrafen geanalyseerd. Uit de resultaten blijkt dat kritieke prestatie-indicator KPI Installatie hoog scoort, in tegenstelling tot KPI Productiviteit. Het lage cijfer voor deze KPI impliceert dat het binnenklimaat zeer slecht is en dientengevolge zorgt voor slechte werkomstandigheden. KPI Energie en KPI Milieu, die door de afwezigheid van hernieuwbare-energiebronnen direct samenhangen, scoren een onvoldoende. De cijfers impliceren dat het kantoorgebouw meer energie gebruikt dan volgens de normen wordt geaccepteerd, maar ook meer energie gebruikt dan nodig zou moeten zijn. In onderstaande paragrafen worden de prestatie-indicatoren geanalyseerd. Tabel 3 toont de resultaten uit de resultaten uit de energie-audit per prestatie-indicator. Hierin geeft de laatste kolom een indicatie van de verbeteringen die zullen moeten worden ondergaan om een voldoende te scoren.



Figuur 10: cijfers kritieke prestatie-indicatoren en prestatie-indicatoren

Tabel 3: resultaten prestatie-indicatoren in vergelijking met

KPI	Prestatie-indicator	Resultaat	Resultaat voor cijfer 6
Energie	PI Elektriciteit per m ² BVO (kWh)	153	95
	PI Gas per m ² BVO (m ³)	4,5	12,0
	PI EPC (-)	2,6	1,0
	PI Energiegebruik per m ² BVO (kWh)	197	212
Installatie	PI Warmteverlies per m ² BVO (W)	193	300
	PI Koellast per m ² BVO (W)	280	300
Milieu	PI CO ₂ -emissie per m ² BVO (kg)	95	76
	PI Primaire energiebehoefte per m ² BVO (kWh)	437	370
Productiviteit	PI CO ₂ aantal uren buiten klasse B (h)	1.125	500
	PI GTO overschrijding aantal weeguren (h)	7.601	150
	PI GTO overschrijding aantal weeguren (h)	19.692	150

3.5.2 KPI ENERGIE

KPI Energie representeert het energiegebruik van het kantoorgebouw. Het totale energiegebruik hangt af van de specifieke energiegebruiken van de gebruikers. De prestatie-indicator PI Elektriciteit per m² BVO scoort zeer slecht. Het elektriciteitsgebruik van het kantoorgebouw blijkt dus zeer hoog te zijn. Eerder bleek dat met name verlichting, elektrische apparaten en de balansventilatie elektriciteit consumeren. PI Gas per m² BVO scoort echter uitstekend. Het kantoorgebouw maakt dus op een duurzame wijze gebruik van gas ten behoeve van verwarming. PI EPC scoort zeer slecht door het hoge elektriciteitsgebruik van het kantoorgebouw. Al met al scoort PI Energiegebruik per m² BVO een voldoende. Het energiegebruik van het kantoorgebouw is dus beoordeeld als redelijk.

3.5.3 KPI INSTALLATIE

KPI Installatie bevat PI Warmteverlies per m² BVO en PI Koellast per m² BVO. Beide hebben even zware weging in het cijfer dat aan KPI Installatie is gegeven: 7,7. De twee prestatie-indicatoren zijn berekend per ruimte. Het gegeven cijfer representeert de slechtst scorende ruimte. In het geval van warmteverlies is dit 193 W/m². Samen met de ruimte Spreekkamer ronde tafel (168 W/m²) zijn dit de enige twee ruimten die een warmteverlies hoger dan 150 W/m² hebben. Alle andere ruimten hebben een warmteverlies dat overeenkomt met cijfer gelijk aan 10. Aangezien de slechtst scorende ruimte een 8,8 scoort, kan worden gesteld dat het kantoorgebouw zeer weinig warmte verliest. Dit is een van de sterke punten van het kantoorgebouw. De koellast heeft een cijfer 6,3. Dit cijfer is gebaseerd op de ruimte die de hoogste koellast heeft: de kopieerruimte (280 W/m²). Samen met deze ruimte zijn er nog drie ruimten met een koellast hoger dan 150 W/m²; de waarden hiervan zijn 198 W/m², 176 W/m² en 186 W/m². De overige ruimten hebben een koellast met een cijfer gelijk aan 10. Aangezien alle ruimten, op de kopieerruimte na, hoog scoren kan worden gesteld dat het kantoorgebouw duurzaam omgaat met het produceren van koude.

3.5.4 KPI MILIEU

KPI Milieu bestaat uit PI CO₂-emissie per m² BVO en PI Primaire energiebehoefte per m² BVO. Deze kritieke prestatie-indicatoren hebben betrekking op de milieuvervuiling die wordt veroorzaakt bij het verkrijgen van de door het gebouw gebruikte energie. Aangezien er geen gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare-energiebronnen, is deze kritieke prestatie-indicator volledig afhankelijk van het energiegebruik. De twee PI's geven KPI Milieu een gemiddeld onvoldoende cijfer van 4,2. Deze PI's representeren het gehele gebouw en scoren een onvoldoende.

3.5.5 KPI PRODUCTIVITEIT

Bij KPI Productiviteit zijn de volgende prestatie-indicatoren geanalyseerd: PI Aantal uren CO₂ buiten klasse B, PI Aantal weeguren GTO overschrijdingsuren en PI Aantal weeguren GTO overschrijdingsuren. De drie PI's hebben een even zware weging in het cijfer van KPI Productiviteit, dat een 1,0 bedraagt. De PI-cijfers zijn gebaseerd op de slechtst scorende ruimte.

De drie prestatie-indicatoren scoren zeer slecht. In het geval van PI CO₂ aantal uren buiten klasse B hebben zeven ruimten een waarde hoger dan 500 uur. Deze extreme waarden betekenen dat het CO₂-gehalte in de ruimten te hoog is. De maximale waarde van PI Onderschrijding aantal weeguren is 45.851 uur. Samen met tien andere ruimten scoort deze prestatie-indicator een 1. De overige ruimten scoren een voldoende. De maximale waarde van PI Overschrijding is 134.832 uur. Deze waarde is bereikt in de kopieerruimte. Bovendien hebben alle ruimten een overschrijding van minstens 2.816 uur. Een 1 wordt gehaald op een tijd van 338 uur of meer. Uit de resultaten blijkt tevens dat de binnentemperatuur in enkele verblijfsruimten 's zomers oploopt tot ca. 29°C. Dit is tevens de oorzaak van de hoge waarden van de prestatie-indicatoren. Echter blijkt de binnentemperatuur 's zomers niet zo hoog te zijn; 29°C is immers een zeer onaangename binnentemperatuur. Het is niet bekend waarom het energiesimulatiemodel dergelijk hoge waarden als uitkomst geeft. Deze resultaten zijn ongegrond en zijn hierom niet verder gebruikt in dit onderzoek. Dit betekent dat dit onderzoek geen eventuele benodigde maatregelen ten behoeve van het binnenklimaat kan verschaffen.

3.6 DEELCONCLUSIE

Deze paragraaf beoordeelt de analyse in paragraaf 3.5. Hierin zijn de duurzame en niet-duurzame kenmerken van het kantoorgebouw geïnventariseerd. Ook vormt deze paragraaf antwoord op onderzoeksvraag 1.

3.6.1 DUURZAME EIGENSCHAPPEN KANTOORGEBOUW

Uit de duurzaamheidsprestatie-analyse blijkt een aantal prestatie-indicatoren, ofwel duurzaamheidsaspecten, goed te scoren. Deze dragen dus bij aan een duurzaam kantoorgebouw. Ook zijn alle installaties en constructie-eigenschappen genoemd die algemeen bekend staan als duurzame eigenschappen voor kantoorgebouwen.

Gasgebruik: het energiesimulatiemodel berekent een energiegebruik van ca. 4,5 m³/m² BVO. Een gemiddeld kantoorgebouw met hetzelfde gebruiksoppervlak gebruikt ca. 11,4 m³/m² BVO gas.

Warmteverlies: de ruimte met het hoogste warmteverlies heeft een waarde van 193 W/m².

Koellast: de koellast van het kantoorgebouw blijkt zeer laag te zijn. Dit betekent dat er weinig energie nodig is om het kantoorgebouw te koelen.

Balansventilatie met warmteterugwinning: het kantoorgebouw maakt gebruik van balansventilatie met toepassing van warmteterugwinning. De WTW zorgt voor efficiënt gebruik van elektriciteit voor verwarming en koeling (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) (De Vree, sd).

Tijdsturing ventilatie: de luchtbehandelingskast maakt gebruik van tijdsturing, waardoor onnodige ventilatie wordt voorkomen.

3.6.2 NIET-DUURZAME EIGENSCHAPPEN KANTOORGEBOUW

Uit de duurzaamheidsprestatie-analyse van het kantoorgebouw zijn een aantal prestatie-indicatoren die zijn bestempeld als niet-duurzaam. Daarnaast noemt deze subparagraaf installaties en constructie-eigenschappen die bijdragen aan een niet-duurzaam kantoorgebouw en/of niet voldoen de Nederlandse eisen voor renovatie. Prestatie-indicatoren worden als niet-duurzaam beschouwd als deze een cijfer lager dan 6 scoren.

Elektriciteitsgebruik : uit de energiesimulatie blijkt dat het elektriciteitsgebruik zeer hoog is. Het energiesimulatiemodel berekent een hoeveelheid van 154 kWh/m² BVO. Uit het model blijkt dat energie wordt gebruikt door de volgende gebruikers: verlichting (24%), elektrische apparaten (pc's, monitors, printers e.d., 33%) en mechanische toe- en afvoer van de luchtbehandelingskast (36%).

EPC: als gevolg van het hoge elektriciteitsgebruik is de EPC zeer hoog. Op basis van het theoretische elektriciteitsgebruik is de EPC 2,6. Ter vergelijking: de EPC-eis voor nieuwbouw is volgens het Bouwbesluit 0,8.

CO₂-emissie: de CO₂-emissie, die plaatsvindt bij de productie van elektriciteit en het oppompen van gas, is hoger dan gewenst. Volgens het energiesimulatiemodel bedraagt de uitstoot 95 kg, terwijl een voldoende wordt gescoord vanaf een uitstoot van 76 kg.

Primaire energie: net als bij de CO₂-emissie is het primaire-energiegebruik hoger dan wenselijk. De primaire-energiebehoefte bedraagt 437 kWh per jaar. Om een voldoende te scoren in de duurzaamheidsprestatie-analyse, is een maximale behoefte van 370 kWh toegestaan.

Close-in-boilers: de twee close-in-boilers die aanwezig zijn in de twee pantry's worden als niet-duurzame installaties beschouwd (Milieu Centraal, sd).

4 VASTSTELLING DUURZAAMHEIDSMAAATREGELLEN

De combinatie van energie-audit en duurzaamheidsprestatie-analyse van het kantoorgebouw geven de mogelijkheid gerichte maatregelen te treffen. Duurzaamheidsmaatregelen zijn de toepassing van bepaalde materialen en/of installaties die de energieprestatie en de duurzaamheid van het kantoorgebouw bevorderen. Duurzaamheidsmaatregelen kunnen energiezuinige installaties, geavanceerde regelsystemen en hernieuwbare-energieopwekkers zijn, maar ook veranderingen in energiegebruik en toepassing van geavanceerde warmte- en koudeopwekking. De effectiviteit van duurzaamheidsmaatregelen hangt af van zowel gebouwweigenschappen als menselijke factoren en gebruiken (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012).

In hoofdstuk 4 is het proces beschreven dat de brug vormt tussen resultaten van de huidige duurzaamheidsconditie van het kantoorgebouw en de samenstelling van maatregelenpakketten. In dit proces zijn de volgende stappen behandeld: (1) vaststelling van de doelen van de maatregelen, gebaseerd op de duurzaamheidsprestatie-analyse, (2) een toetsing van de toepasbaarheid van maatregelen, waarin maatregelen die niet voldoen aan de wensen en eisen van H. of niet geschikt zijn voor het kantoorgebouw zijn gefilterd. Eveneens zijn op basis van de duurzaamheidsresultaten lowbudgetmaatregelen voorgedragen.

4.1 VASTSTELLING DOELLEN MAATREGELLEN

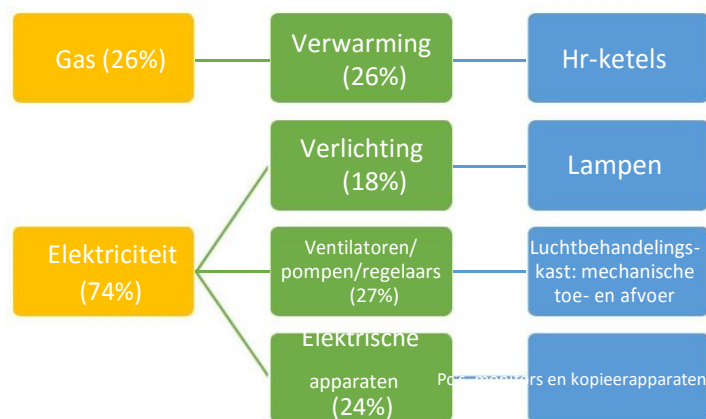
Voor het ontwerpen van maatregelen moet een doel worden opgesteld, ofwel een antwoord op de vraag hoe duurzaam het gebouw moet worden. Dit doel hangt af van de eisen van H. Uit hoofdstuk 2 blijkt dat H. maatregelen eist die geen verbouwing van het kantoorgebouw vereisen.

Bij het inventariseren van maatregelen is gebruik gemaakt van twee maatstaven. Kritieke prestatie-indicatoren zijn toegepast om de duurzaamheid van de maatregelen te kwantificeren. Daarnaast zijn ook BENG-indicatoren beschouwd met het oog op een toekomstbestendig kantoorgebouw. Omdat de eisen in de laatstgenoemde maatstaf niet direct van toepassing zijn op de verduurzaming van het kantoorgebouw van H., zoals eerder uitgelegd, is deze ondergeschikt aan de kritieke prestatie-indicatoren van het energiesimulatiemodel en derhalve minder gewichtig. BENG bevat ten tijde van dit onderzoek alleen voorgenomen criteria voor nieuwbouw. Het is daarom geen doel te voldoen aan deze criteria. Het is echter wel een indicatie van de eisen waar duurzame bouw vandaag de dag aan zullen moeten voldoen. Om deze reden dienen de BENG-indicatoren als streven in het verduurzamingsproces. Dit is met name toegepast voor het toepassen van hernieuwbare energie. Wel is het doel te voldoen aan de duurzaamheidsprestatie-analyse berekend met behulp van het energiesimulatiemodel.

De energie-audit en de beoordeling ervan hebben inzicht gegeven in de duurzame en niet-duurzame factoren van het huidige kantoorgebouw. De prestatie-indicatoren PI Elektriciteit per m² BVO, PI EPC, PI CO₂-emissie per m² BVO en PI Primaire-energiebehoefte per m² BVO scoren laag door één reden: een hoog elektriciteitsgebruik. Als het elektriciteitsgebruik wordt verlaagd, dan worden de EPC, de CO₂-emissie en de primaire-energiebehoefte automatisch ook verlaagd. Verlaging van het elektriciteitsgebruik is dus een van de belangrijkste doelen.

Vanuit het oogpunt van BENG zijn drie factoren (indicatoren) van belang: BENG-indicator 1: energiebehoefte, BENG-indicator 2: primair fossiel energiegebruik en BENG-indicator 3: aandeel hernieuwbare energie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, sd).

Er zijn uitsluitend maatregelen geanalyseerd die grote invloed kunnen hebben op het energiegebruik van het



Figuur 11: verdeling energiegebruik grote energiegebruikers

gebouw. Kleine energiegebruikers zijn koeling (1%) en warm water (5%). Maatregelen om het energiegebruik van deze twee energiegebruikers te reduceren hebben zeer beperkte invloed. Grote energiegebruikers met de daarbij horende energiepercentages zijn weergegeven in Figuur 11. In deze figuur zijn de energievragende installaties weergegeven. Op basis hiervan kunnen gerichte maatregelen worden getroffen om het energiegebruik te verlagen.

De prestatie- en BENG-indicatoren hebben enige overlap. BENG-indicator 2 komt overeen met KPI CO₂-uitstoot en KPI Primaire-energiebehoefte. Deze duurzaamheidsfactoren worden direct veroorzaakt door het energiegebruik van het gebouw. Dit betekent dat maatregelen die het energiegebruik van het gebouw beïnvloeden invloed hebben op de CO₂-uitstoot en primaire-energiebehoefte. Om deze reden zijn er geen maatregelen voor deze specifieke duurzaamheidsfactoren geanalyseerd. Dus enkel maatregelen die betrekking hebben op de reductie van energie (BENG-indicator 1) en het aandeel hernieuwbare energie (BENG-indicator 3) zijn geanalyseerd. De maatregelen moeten ervoor zorgen dat het kantoorgebouw 'duurzaam' is. Een gebouw wordt als duurzaam beschouwd als het voldoet aan de Nederlandse normen, vastgelegd in Bouwbesluit 2012. De normen hebben onder andere betrekking op het energiegebruik (EPG) en ventilatie. Vanaf 2021 zal het concept BENG de EPC vervangen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, sd). Duurzaamheidsmaatregelen zullen decennialang effect hebben en moeten derhalve rekening houden met toekomstige normen en maatstaven. Om het kantoorgebouw van H. 'duurzaam' te maken, zijn dus maatregelen geanalyseerd die streven naar de huidige en toekomstige duurzaamheidsnormen.

4.2 VOORSTEL LOWBUDGETMAATREGELLEN

In deze paragraaf zijn aanbevelingen gedaan die relatief lage investeringskosten hebben. Het gaat hierbij om klein materieel dat een bijdrage levert aan de duurzaamheid van het kantoorgebouw. Op deze manier worden kleine 'zwakheden' van het kantoorgebouw zo veel als mogelijk verholpen.

Slimme meter met energieverbruiksmanager: de huidige elektriciteits- en gasmeter meten enkel de totale gebruiken van het kantoorgebouw, de Timmerfabriek en de Werf samen. Door het toepassen van een slimme meter met energieverbruiksmanager wordt direct een stap gezet richting een duurzaam energiegebruik, door toezicht te houden op energiegebruik van apparaten. Zo kan ook inzicht worden verkregen in sluipverbruik van elektrische apparaten.

Schakelklok voor printers om sluipverbruik te reduceren: in de kopieerruimten staan een aantal apparaten waaronder kopieerapparaten. Deze staan 's nachts doorgaans in stand-by-modus. Deze apparaten maken een groot deel uit van het elektriciteitsgebruik van elektrische apparaten. Schakelklokken voorkomen sluipverbruik van deze apparaten zonder dat de apparaten dagelijks in- en uitgeschakeld moeten worden met zelf in te stellen aan- en uittijden. 6 stuks van ca. € 35 geeft een investering van € 210.

Stand-by killers pc's en monitors: het toepassen van stand-by killers op elk bureau maakt het makkelijker alle elektronische apparatuur 's nachts uit te schakelen. Op deze manier kan sluipverbruik van pc's en monitors, waarvan sommigen 's nachts aanstaan, worden gereduceerd. Ca. 34 stuks van ca. € 30 maakt een totale investering van ca. € 1.020.

Isoleren koudebruggen: koudebruggen die zijn voortgevloeid uit de thermografische analyse kunnen worden weggenomen door het aanbrengen van nieuwe isolatie op de desbetreffende plekken in de buitengevel.

4.3 TOETSING TOEPASBAARHEID MAATREGELLEN

Het energiezuinig maken van gebouwen staat tegenwoordig hoog in het vaandel. Er zijn veel installaties en systemen op de markt die de verduurzaming van gebouwen bevorderen. Elk systeem heeft zijn eigen voor- en nadelen op het gebied van doeltreffendheid, milieuvervuiling, kosten, toepasbaarheid etc. In dit hoofdstuk is onderzoek verricht naar de toepasbaarheid van maatregelen. Toepasbaarheid hangt af van eisen van H. en gebouweigenschappen. Dit impliceert dat maatregelen die verbouwing vereisen niet toepasbaar zijn, evenals maatregelen die enkel kunnen worden toegepast bij nieuwbouw. Daarnaast bevatten sommige maatregelen voorwaarden, zoals bepaalde grondeigenschappen bij warmte- en koudeopslag met

een open bronsysteem. Tabel 4 toont de resultaten van de toetsing van duurzaamheidsmaatregelen en de invoermogelijkheid in het energiesimulatiemodel.

Tabel 4: beschikbare maatregelen toepassing hernieuwbare energie

Maatregel HNB-energie	Energieproductie	Toetsing toepasbaarheid	VABI Elements invoermogelijkheid
Combiwarmtepomp	Warmte	X	V
HRe-ketel (WKK)	Warmte, elektriciteit	V	V
Hybride warmtepomp	Warmte	V	V
Kleine windturbine	Elektriciteit	V	V
Lucht/water-warmtepomp	Warmte	V	V
Ventilatiewarmtepomp	Warmte	X	V
Water/water-warmtepomp (WKO)	Warmte	V	V
Zonnepanelen	Elektriciteit	V	V
Maatregel gasloze warmteopwekker	Energiedrager		
Biomassaketel	Biomassa	V	X
Combiwarmtepomp	Elektriciteit	X	V
Lucht/water-warmtepomp	Elektriciteit	V	V
Pelletkachel	Pellets	V	X
Ventilatiewarmtepomp	Elektriciteit	X	V
Water/water-warmtepomp (WKO)	Elektriciteit	V	V
Zonneboiler/-collector verwarming	Zonlicht	V	X
Lucht/lucht-warmtepomp i.c.m. LBK	Elektriciteit	V	X
Maatregel elektriciteitsafname	Gebruiker		
Aanwezigheidsdetectie en Ledverlichting	Verlichting	V	X
Schakelklok kopieerapparaten	Verlichting	V	X
Slimme meter met	Elektrische apparaten	V	X
Stand-by killers pc's en monitors	-	V	X
Stand-by killers pc's en monitors	Elektrische apparaten	V	X
Maatregelen isolatie thermische schil	-		
Isolatie: HR-glas/driedubbel glas	-	V	V
Isolatie: spouwmuurisolatie	-	V	V
Lagetemperatuurverwarming (LTV)	-	V	V

Het elektriciteitsgebruik moet zo veel als mogelijk worden gereduceerd. Met de geïnventariseerde maatregelen zijn geen alternatieven te creëren. Om het gasgebruik te reduceren tot 0 zijn zeven maatregelen geanalyseerd. Het produceren van hernieuwbare energie kent zes mogelijkheden, waarvan drie overlappen met maatregelen ten behoeve van gasreductie. Om deze reden zijn verschillende combinaties van systemen geanalyseerd in zogenaamde maatregelenpakketten. Uit de geïnventariseerde maatregelen zijn acht alternatieve maatregelenpakketten samengesteld waarvan wordt verwacht dat deze het kantoorgebouw aan de wensen van H. laten voldoen.

4.4 MAATREGELENPAKKETTEN

Een totaal van acht maatregelenpakketten zijn samengesteld uit de toepasbare maatregelen uit de vorige paragraaf. Tabel 5 toont een overzicht van de maatregelenpakketten. In deze tabel zijn ook de duurzaamheids-, kosten-baten- en MCA-resultaten weergegeven. Deze resultaten zijn afkomstig uit hoofdstuk 5, waar de analyses zijn toegelicht. De combinaties van maatregelen zijn gebaseerd op de opgestelde doelen. Er is getracht maatregelenpakketten te creëren die verschillend zijn in investeringskosten, maar ook om de gevolgen van bepaalde maatregelen te constateren, zodat de meest effectieve maatregelen kunnen worden toegepast. Bijlage 6: specificaties maatregelen geeft een bondige toelichting bij de samenstelling van elk maatregelenpakket. Ook geeft de bijlage toelichting voor enkele maatregelen die ondanks de toepasbaarheid niet zijn meegenomen in de analyses.

Tabel 5: overzicht maatregelenpakketten en corresponderende duurzaamheids-, kosten-baten- en MCA-resultaten

Nummer	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Naam	Combinatie gasabsorptie-warmtepomp-compressiekoelmachine	Efficiënt energiegebruik	Maximale investering	Minimale investering	Combinatie lucht/water-warmtepomp-compressiekoelmachine	Combinatie minimale investering-lagetemperatuurverwarming	Combinatie gasabsorptiewarmtepomp-lagetemperatuurverwarming	Warmte-krachtkoppeling
Maatregelen	Bouwkundige maatregelen thermische schil (na-isolatie)							
Isolatie koudebruggen				110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W
Buitengevel oudbouw	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W					
Ramen oudbouw	HR-glas	HR-glas	HR-glas					
Buitengevel nieuwbouw	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W	110 mm glaswol, Rc = 3,6 m ² K/W					
	Installatietechnische maatregelen							
Warmte-opwekker	Lucht/water-warmtepomp (aandrijving d.m.v. gas)		Water/water-warmtepomp		Lucht/water-warmtepomp		Lucht/water-warmtepomp (aandrijving d.m.v. gas)	HRe-ketel
Opslag/buffering			Warmte- en koudeopslag (gesloten systeem)					
Koeling			Vrije koeling via WKO					
Afgiftesysteem			LT-convectoren		LT-convectoren	LT-convectoren	LT-convectoren	
Regeling ventilatie		CO ₂ -besturing LBK	CO ₂ -besturing LBK		CO ₂ -besturing LBK			
Hernieuwbare energie	Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²	Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²	Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²		Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²		Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²	Zonnepanelen 50 st 260 Wp/m ²
Regeling verlichting	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling	Daglichtregeling
Regeling kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten	Klokschakelaars kopieerapparaten
Regeling pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors	Stand-by killers pc's/monitors
Verlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting	Ledverlichting
Monitoring energiegebruik	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager	Slimme meter en energieverbruiksmanager
Elektriciteitsafname (kWh)	29.050	28.432	12.486	28.901	20.142	28.902	29.145	29.157
Gasafname (m ³)	451	674	5.582	-1.299	5.582	-1.298	4.463	-5.704
HNB-energie (kWh)	18.899	18.899	56.698	0	92.846	0	97.421	18.899
Initiële kosten (€)	54.165	28.700	83.200	18.100	82.900	43.100	78.900	33.100
Kostenbesparing energie (€/jaar)	3.024	3.100	4.800	1.900	5.500	1.900	5.600	-1.000
Onderhoudskosten (€/jaar)	600	0	1.000	0	1.000	0	600	500
Net Present Value (€)	-9.800	25.000	-13.400	1000	-1000	-4.100	-32.000	-59.000
Terugverdientijd (jaar)	37	12	34	13	26	-	45	25
Gewogen gemiddelde (MCA)	54	70	42	44	58	43	58	30

5 BEOORDELING MAATREGELENPAKKETTEN

De beoordeling van de maatregelenpakketten is verricht op basis van duurzaamheidsgevolgen en kosten. Deze twee factoren vormen de criteria in een multicriteria-analyse. Dit hoofdstuk is ingedeeld in vier paragrafen. Paragraaf 5.1 toont de resultaten van de energiesimulatieberekeningen van de maatregelenpakketten. Paragraaf 5.2 vergelijkt de kosten van de maatregelenpakketten in een economische analyse met behulp van de Net Present Value. De resultaten uit paragraaf 5.1 en 5.2 zijn in paragraaf 5.3 verwerkt in een multicriteria-analyse met als doel de maatregelenpakketten met elkaar te vergelijken en te rangschikken. Paragraaf 5.4 toont de conclusies die uit dit hoofdstuk getrokken kunnen worden, wat tevens het antwoord op onderzoeksvraag 2 vormt.

5.1 DUURZAAMHEIDSANALYSE

De opgestelde maatregelenpakketten zijn op dezelfde wijze doorgerekend met het energiesimulatiemodel als de huidige conditie van het kantoorgebouw in de energie-audit. Invoergegevens in het energiesimulatiemodel kunnen worden teruggevonden in Bijlage 7: invoer energiesimulatiemodel maatregelen. De duurzaamheidsanalyse berekent de toekomstige theoretische duurzaamheid van het kantoorgebouw. De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in Tabel 6. In deze tabel is A0 de huidige conditie van het kantoorgebouw, waarvan de resultaten afkomstig zijn uit de energie-audit. In de tabel zijn de waarden van het resulterende elektriciteits- en gasgebruik en het aandeel hernieuwbare energie weergegeven. Hier is duidelijk te zien dat alternatief A3 en A5 zogenaamde *all-electric-alternatieven* zijn. Alternatief A4 en A6 bevatten geen hernieuwbare-energiebronnen. Alternatief 8 heeft de grootste energieafname tot gevolg. Daar vindt echter een hoge gastoename plaats door gebruik van de HRe-ketel. Ook is duidelijk af te leiden dat gasloze verwarming gepaard gaat met een forse elektriciteitsstijging, die overigens lager is dan de elektriciteitsafname door de overige genomen maatregelen.

Tabel 6: resultaten duurzaamheidsanalyse

	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Elektriciteitsgebruik (kWh)	159.200	130.100	130.800	148.300	130.300	139.100	130.300	130.100	130.000
Gasgebruik (m ³)	5.600	5.100	4.900	0	6.900	0	6.900	1.100	11.200
Aandeel HNB-energie (%)	0	11	12	13	0	46	0	48	9

Tabel 7 toont de resultaten uit het energiesimulatiemodel van de cijfers van de prestatie-indicatoren per alternatief. Hieruit wordt duidelijk dat de maatregelen voor elektriciteitsafname slechts beperkte invloed hebben en dat niet wordt geslaagd om een voldoende te scoren voor het elektriciteitsgebruik per m² BVO en de EPC. De EPC is zelfs in alle alternatieven beoordeeld met het cijfer 1. Verder hebben hernieuwbare-energiebronnen een positief effect op de CO₂-emissie en de primaire-energiebehoefte. In de meeste gevallen scoren die prestatie-indicatoren voldoende en soms zelfs zeer goed.

Tabel 7: analyse duurzaamheidsprestatie maatregelenpakketten

Prestatie-indicator	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
PI Elektriciteit per m ² BVO	1	3	3	2	3	3	3	3	3
PI Gas per m ² BVO	10	10	10	9	10	10	10	10	7
PI EPC	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PI Energiegebruik per m ² BVO	6	8	8	9	7	10	7	9	6
PI Warmteverlies per m ² BVO	9	9	10	10	9	9	9	9	9
PI Koellast per m ² BVO	7	8	8	8	8	8	8	8	8
PI CO ₂ -emissie per m ² BVO	4	6	7	6	5	7	5	7	6
PI Primaire-energiebehoefte per m ² BVO	4	7	7	7	6	8	6	9	6

5.2 ECONOMISCHE ANALYSE

De duurzaamheidsalternatieven moeten zorgen voor een energiezuinig en duurzaam kantoorgebouw. De alternatieven vereisen elk een andere investering en leveren verschillende energiebesparingen op. Om de financiële aantrekkelijkheid van een te maken investering te kwantificeren, is de Net Present Value (NPV) berekend. De financiële analyse een van de criteria in de multicriteria-analyse. Ma noemt de NPV-methode als een van de mogelijke beoordelingsmethoden om de economische uitvoerbaarheid van verschillende duurzaamheidsalternatieven te vergelijken (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012). De NPV-berekening is gebaseerd op de methode gebruikt door Valdiserri, die is toegepast op investeringen in verduurzaming van een bestaand kantoorgebouw in Italië (Valdiserri & Biserni, 2016). De toegepaste vergelijkingen zijn:

Vergelijkingen Net Present Value en terugverdientijd

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t - C_n}{(1+r)^t} = 0$$

Waarbij:

- I_0 is de initiële-investeringskosten van het alternatief (€);
- S is de jaarlijkse energiebesparing bepaald in jaar 0 (€/jaar);
- S_n is de energiebesparing in jaar n (€);
- C_n is de onderhoudskosten in jaar n (€);
- n is de tijdsperiode (-);
- LS is de levensduur (jaar);
- r is de rentevoet/discontovoet (%);
- i is de jaarlijkse verhoging van de energiekosten (%).

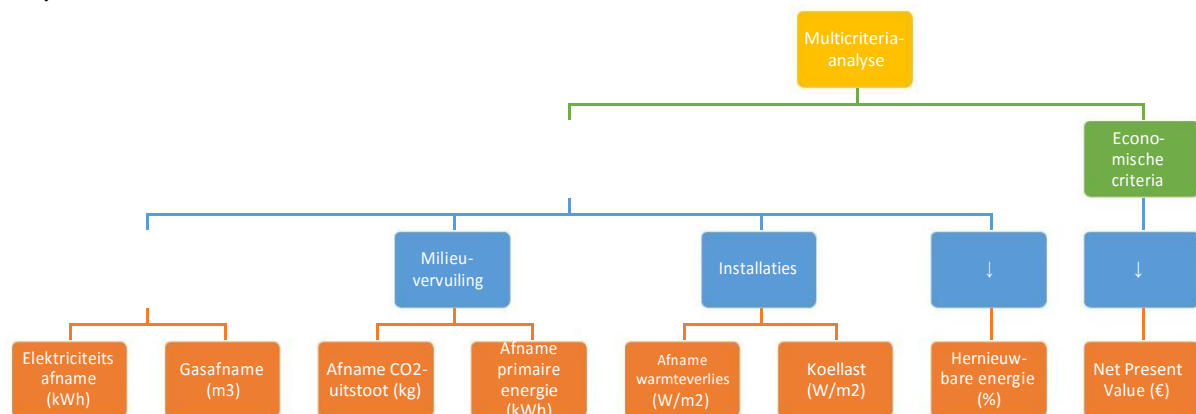
Bijlage 8: calculatie Net Present Value toont een uitgebreide versie van de berekening van de Net Present Value. Kosten en eigenschappen van installaties zijn in samenwerking met H. verkregen via installatiebedrijf Moekotte en Dutch Solar Systems te Enschede. Kosten van na-isolatie zijn berekend door calculatoren van H. Tabel 8 toont de resultaten van de economische analyse. De Net Present Value valt bij de meeste alternatieven negatief uit doordat de totale kosten niet zijn terugverdiend in de levensduur van de grootste installaties (ter vereenvoudiging in de NPV-berekening is gerekend met de kleinste LS-waarde). Uit de resultaten blijkt dat alternatief A2 en A4, die beide geen installaties bevatten, een positieve NPV hebben, evenals alternatief A7. Alternatief A6 wordt niet terugverdiend door onder andere de rente. Alternatief A8 heeft zelfs een hogere energierekening tot gevolg, waardoor dit maatregelenpakket zich niet terugverdiend. De tabel toont ook aan dat alternatief A7 financieel veel aantrekkelijker is dan het even prijzige alternatief A4. Dit is duidelijk het gevolg van de hogere energiebesparing.

Tabel 8: resultaten economische analyse

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Initiële investering (€)	54.200	28.700	83.200	18.100	82.900	43.100	78.900	43.400
Energiebesparing (€/jaar)	3.000	3.000	4.700	1.900	5.500	1.900	5.200	-1.000
NPV (€)	-9.800	25.000	-16.000	800	-700	-4.100	2.500	-59.000
TVT (jaar)	37	12	37	13	26	-	26	-

5.3 MULTICRITERIA-ANALYSE

In deze multicriteria-analyse (MCA) zijn duurzaamheids- en economische criteria meegenomen. De MCA is toegepast zodat de opgestelde alternatieven op basis van subcriteria de meest kostenefficiënte maatregelen kunnen worden onderscheiden. Hieruit is één alternatief maatregelenpakket geresulteerd het meest geschikt is als oplossing voor het kantoorgebouw van H.. De criteria zijn in Figuur 12 weergegeven en zijn gebruikt om de prestatie van de opgestelde alternatieven te meten. Hierbij zijn de criteria onderling gewogen met behulp van de AHP-methode (analytisch hiërarchisch proces). Op basis hiervan resulteert voor elk alternatief een totaal gewogen gemiddelde, zie hiervoor Bijlage 9: calculatie multicriteria-analyse. Duurzaamheidscriteria komen overeen met prestatie-indicatoren en BENG-indicatoren. De economische subcriterium is de Net Present Value. Een uitgebreide versie van de berekeningen van de multicriteria-analyse is ook te vinden in Bijlage 9: calculatie multicriteria-analyse. De weging van de subcriteria is dusdanig bepaald dat criterium duurzaamheid driemaal zo zwaar weegt als criterium kosten. Hierbij is subcriterium elektriciteitsgebruik het belangrijkste, aangezien dit de minst-duurzame factor van het kantoorgebouw blijkt te zijn. Daarna volgen de CO₂-uitstoot, primaire-energiebehoefte en hernieuwbare energie, die ongeveer even belangrijk zijn. Omdat warmteverlies en koellast reeds zeer goed scoren en ook bij invoering van de maatregelenpakketten goed blijven scoren, hebben deze indicatoren weinig invloed in de multicriteria-analyse.



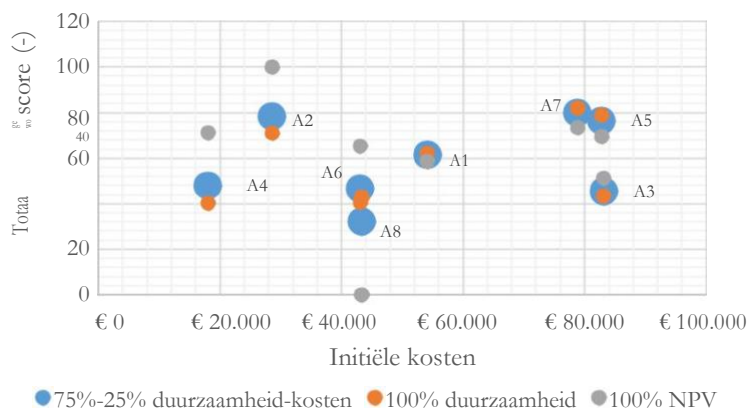
Figuur 12: (sub)criteria in multicriteria-analyse

Tabel 9 toont de resultaten van de multicriteria-analyse door middel van een totaal gewogen score, die is gebaseerd op de weging van de subcriteria en de relatieve prestatie van de indicator. De totaal gewogen score is tevens weergegeven in Figuur 13. In deze figuur zijn ook de scores weergegeven indien alleen het criterium duurzaamheid van belang is, evenals het criterium kosten. Deze extremen dienen als gevoeligheidsanalyse van de weging.

Tabel 9: resultaten multicriteria-analyse

Alternatief	Totaal gewogen score	Rangschikking
A1	61	4
A2	78	2
A3	45	7
A4	48	5
A5	76	3
A6	47	6
A7	80	1
A8	32	8

Uit Figuur 16 blijkt dat alternatief A4, A2 en A7 de meest kostenefficiënte oplossingen zijn (de alternatieven links en boven in het diagram). Echter hebben alternatief A2, A7 en A5 de hoogste score. Alternatief A2 heeft de beste kenmerken met betrekking tot kosten. Omdat de beste kenmerken van A2 beide betrekking hebben op kosten, wat niet het speerpunt is van H., is dit alternatief niet



Figuur 13: totaal gewogen score van maatregelenpakketten

gekozen tot meest geschikte oplossing. Alternatief A5 en A7 zijn op alle punten hetzelfde, met uitzondering van het elektriciteitsgebruik, gasgebruik en NPV. De NPV van A5 ligt veel lager door de hogere jaarlijkse onderhoudskosten. Omdat het hoge elektriciteitsgebruik minder duurzaam is dan het lage gasgebruik van het kantoorgebouw, is gekozen alternatief A7 als beste oplossing voor te dragen. Dit alternatief bevat een elektriciteitsgebruik dat 6% lager ligt dan dat van A5. Ondanks dat het gasgebruik van A7 hoger ligt, is het totale energiegebruik lager dan dat van A5.

5.4 DEELCONCLUSIE

De acht opgestelde alternatieven zijn geanalyseerd op duurzaamheidsverbeteringen van het kantoorgebouw en de kosten die hierbij gepaard gaan. In de duurzaamheidsanalyse is de nadruk gelegd op elektriciteitsafname, gasafname en het gebruik van hernieuwbare energie. In de economische analyse is gebruik gemaakt van de Net Present Value. Hiervoor zijn de initiële kosten, onderhoudskosten en subsidies meegenomen. De twee analyses zijn in een multicriteria-analyse gebruikt als criteria, waarin de subcriteria van duurzaamheid overeenkomen met de prestatie-indicatoren. In de weging, waarbij gebruik is gemaakt van de methode analytische hiërarchisch proces, is gekozen voor een verhouding 75%-25% van de criteria duurzaamheid en kosten. Een gevoeligheidsanalyse (100%-0% en 0%-100%) is hierbij uitgevoerd ter vergelijking. De multicriteria-analyse resulteert in drie kosteneffectieve alternatieven: alternatief A2, A5 en A7. Dit verandert niet bij andere verhoudingen in de weging van duurzaamheid en kosten. Van de twee kosteneffectieve alternatieven is alternatief A7 bij een 75-25-weging het hoogst scorende alternatief. Alternatief A7 is samengesteld met het doel zowel het gas- als elektriciteitsgebruik zo veel als mogelijk afzonderlijk van elkaar te verlagen. Hierbij wordt na-isolatie van de koudebruggen toegepast. Daarnaast worden zonnepanelen toegepast voor een schoner energiegebruik en hoger aandeel hernieuwbare-energiegebruik. Uit het duurzaamheidsonderzoek naar het verduurzamen van het kantoorgebouw van aannemersbedrijf H. te Goor blijkt dat een maatregelenpakket met de volgende maatregelen op basis van duurzaamheid en koste als meest geschikte oplossing kan worden bestempeld:

- Na-isolatie koudebruggen: ca. 110 mm glaswol, $R_c = \text{ca. } 3,6 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- Warmtedistributie: LT-convectoren
- Opwekking hernieuwbare energie: zonnepanelen 50 stuks à 260 Wp/m^2 ;
- Verlichting: ledverlichting;
- Regeling verlichting: daglichtregeling;
- Regeling elektriciteitsgebruik kopieerapparaten: klokschakelaars;
- Regeling elektriciteitsgebruik pc's/monitors: stand-by killers;
- Monitoren energiegebruik: slimme meter en energieverbruiksmanager.

6 UITVOERINGSPLAN

In dit hoofdstuk is een uitvoeringsplan opgesteld op basis van projectmanagementtool GOTIK. Invoering van maatregelen is tijdsafhankelijk door vijf factoren. Deze factoren zijn geld, organisatie, tijd, informatie en kwaliteit (GOTIK). De factoren kosten en informatie zijn reeds behandeld in de vorm van investeringen en Net Present Value enerzijds en de voorgestelde maatregelen anderzijds. Het aspect tijd hangt af van vooraf te nemen activiteiten zoals aanvragen van vergunningen, subsidies etc. Het aspect kwaliteit is van toepassing op onzekerheden van de te nemen maatregelen. Met name geavanceerde en recent geïntroduceerde installaties kunnen uitsluitend worden toegepast onder bepaalde omstandigheden en voorwaarden, zoals bijvoorbeeld bepaalde grondeigenschappen in het geval van een water/water-warmtepomp.

6.1 ORGANISATIE

Het invoeren van maatregelen vereist te ondernemen activiteiten van verschillende partijen. In deze paragraaf zijn de partijen per activiteit toegelicht. Vergunningchecks zijn te vinden in Bijlage 10: vergunningchecks.

Vergunningen: voor het installeren van zonnepanelen en nieuwe kozijnen dient H. een vergunning aan te vragen. Voor de aanleg van zonnepanelen is alleen een vergunning vereist indien zonnepanelen een afstand tot de dakrand hebben dat kleiner is dan de hoogte van het paneel. Een vergunning kan worden aangevraagd bij gemeente Hof van Twente. De gemeente heeft de taak de vergunning wel/niet te verlenen. Bij het aanvragen van een vergunning dienen enkele plattegronden en doorsneden van het bouwwerk, veiligheidsgegevens van het gebouw (zoals brandtrappen, beweegbare constructiedelen e.d.) en materiaal-en constructiegegevens van het gebouw te worden geleverd aan de gemeente. **Offertes:** voor de zonnepanelen, na-isolatie, ledverlichting, gasabsorptiewarmtepomp, LT-convectoren en daglichtregeling dienen offertes door H. te worden aangevraagd bij gespecialiseerde bedrijven. Hierbij dienen benodigde gebouwgegevens en bouwtekeningen te worden meegegeven. **Subsidies:** Voor warmtepompen is subsidie beschikbaar, de investeringssubsidie duurzame energie (IDSE) genaamd. De grootte van het subsidiebedrag hangt af van de installatie en kan worden aangevraagd bij het RVO.

Installeren: het installeren van de maatregelen dient te worden uitgevoerd door de externe (installatie)bedrijven.

6.2 TIJDSASPECT

In dit project heeft het tijdsaspect betrekking op de tijd die voorbereiding en uitvoering van de installatie van maatregelen vereist. Voorbereiding bestaat uit de activiteiten die zijn genoemd in voorgaande paragraaf: aanvragen van vergunningen, aanvragen en opstellen van offertes en aanvragen van subsidies.

Lowbudgetmaatregelen: de voorgestelde lowbudgetmaatregelen kunnen direct worden aangeschaft en eigenhandig worden geïnstalleerd. Hier wordt geen tijd voor in rekening gebracht.

Aanvragen vergunning: het aanvragen van een vergunning bij gemeente Hof van Twente. Hierbij kan gebruik worden gemaakt een vooroverleg met de gemeente. Het betreft een eenvoudige aanvraag (geen hoog risico voor de omgeving) die maximaal acht weken verloopt, waarbij een eenmalig uitstel van zes weken kan worden aangevraagd. In het uitvoeringsplan wordt uitgegaan van veertien weken. Aanvraag van de vergunning dient minimaal vier weken voor aanleg van de installaties te worden uitgevoerd (Omgevingsloket, sd).

Aanvragen offertes: aanvraag van offertes kan direct worden verricht.

Opstellen offertes: het opstellen van offertes door externe bedrijven neemt op basis van ervaring gemiddeld drie à vier weken in beslag.

Aanvragen subsidie: het besluit van subsidieverstrekking is wettelijk vastgesteld op een maximum van dertien weken. (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, sd).

Installeren: het installeren van bepaalde maatregelen neemt tijd in beslag, afhankelijk van de grootte en complexiteit van het installeren.

6.3 KWALITEIT

Zoals eerder naar voren is gekomen zijn de toepasbaarheid van installaties en andere maatregelen beschouwd. Dit betekent dat het daadwerkelijk mogelijk is deze maatregelen toe te passen. Echter kan het installeren van maatregelen risico's en/of gebreken met zich mee brengen. In deze paragraaf zijn de voorgestelde maatregelen bestudeerd.

6.3.1 NA-ISOLATIE

Na-isoleren van spouwmuren van de oudbouw kent een aantal mogelijke, negatieve gevolgen. Van der Linden en Van der Ham (2015) noemen meerdere oorzaken. Problemen kunnen ontstaan bij het opvullen van de spouw, samenhangen met uitvoeringsgevoeligheid en duurzaamheid van het isolatiemateriaal, gezondheidsrisico's kunnen ontstaan en problemen met betrekking tot isolatiewaarde en rentabiliteit kunnen zich voordoen.

Na het vullen van de spouw kan spouwventilatie ontbreken. In geval van een matige steenkwaliteit en/of geglazuurde steen e.d. kan vorstschade ontstaan omdat het metselwerk minder snel droogt. Bij het opvullen van de spouw kan regenwaterdoorslag door het isolatiemateriaal ontstaan (bij aanwezigheid van speciebruggen), spouwankers van slechte kwaliteit kunnen sneller corroderen, schade aan metselwerk kan ontstaan door toegenomen temperatuurverschillen (bij ongedilateerde muurvlakken) en schade aan houten kozijnen kan een gevolg zijn. Ook kan bij een gebrek aan spouwankers de gevel omklappen.

Problemen in verband met uitvoeringsgevoeligheid en duurzaamheid van het isolatiemateriaal zijn uitzakking en vochtopname op lange termijn, waardoor het isolatiemateriaal zijn waarde verliest. Regenwaterdoorslag ontstaan door vervuiling in de spouw. Door het onvoldoende afdichten van openingen kan isolatiemateriaal weglekken naar kruipruimten of naar buiten. Door afsluiting van de kruipruimteventilatie door isolatiemateriaal kan de kruipruimte vochtig worden, en vocht en stank in het gebouw ontstaan. Klein gezondheidsrisico kan ontstaan bij het toepassen van PUR, waarbij schadelijke gassen voor gevoelige personen irritatie kunnen veroorzaken. Echter is uit de buurt blijven voldoende. Door de beperkte spouwdikte is het niet mogelijk de wenselijke Rc-waarde te bereiken (4,5 m²K/W) (van der Linden & van der Ham, 2015).

Isolatie moet ook aan een aantal voorwaarden voldoen. Om regenwaterdoorslag te voorkomen moet het isolatiemateriaal niet-capillair, dichtgepakt en homogeen zijn, waarbij het materiaal geen scheuren en holtes mag bevatten. Schuimvormig isolatiemateriaal moet een voldoende kleine korrel diameter bevatten, dat wordt ingeblazen in een voldoende dicht vulpatroon. Indien er te veel verbindingen tussen binnen- en buitenspouwblad zijn, kan isolatie zorgen voor oppervlaktecondensatie en/of schimmelvorming (Meeusen, 2006).

6.3.2 SLIMME METER

In combinatie met zonnepanelen zou de slimme meter in de toekomst een nadelige invloed kunnen hebben op de financieel voordeel in geval van saldering. De salderingsregeling blijft volgens Minister Kamp tot minimaal 2020 van kracht (Zelf Energie Produceren, 2014). De kilowattuurmeter met draaischijfmeter draait namelijk terug bij saldering, terwijl een slimme meter de gesaldeerde elektriciteit apart meet. Indien de salderingsregeling stopt en de geldteruggave voor saldering wordt verlaagd, dan wordt minder winst gemaakt bij gebruik van een slimme meter (Energieleveranciers.nl, 2015).

6.3.4 GASABSORPTIEWARMTEPOMP

Een lucht/water-warmtepomp is goed toepasbaar op bestaande gebouwen. Het heeft niet de restricties van een water/water-warmtepomp en kan eenvoudig worden geïnstalleerd. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met de capaciteit van het systeem, zodat het kantoorgebouw voldoende wordt verwarmd enerzijds maar niet een te hoge kostprijs heeft anderzijds.

6.4 CONCEPTPLANNING

Op basis van de GOTIK-factoren is een conceptplanning opgezet. Tabel 10 toont de te tijdsindeling van verschillende activiteiten, verdeeld in de categorieën voorbereiding en uitvoering.

Tabel 10: uitvoeringsplan o.b.v. GOTIK

Week Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Voorbereiding																
1	Aanvragen vergunning zonnepanelen/kozijnen																
2	Aanvragen offerte na-isolatie																
3	Aanvragen offerte gasabsorptiewarmtepomp																
4	Aanvragen offerte LT-convectoren																
5	Aanvragen offerte zonnepanelen																
6	Aanvragen offerte aanwezigheidsdetectie																
7	Aanvragen offerte ledverlichting																
8	Inkopen lowbudgetmaatregelen																
9	Aanschaffen slimme meter																
10	Subsidie aanvragen gasabsorptiewarmtepomp																
11	Regelen btw-teruggave arbeidskosten na-isolatie																
	Uitvoering																
12	Installeren zonnepanelen																
13	Installeren gasabsorptiewarmtepomp																
14	Installeren LT-convectoren																
15	Installeren na-isolatie																
16	Installeren aanwezigheidsdetectie																
17	Installeren ledverlichting																
18	Installeren klokschakelaars																
19	Installeren stand-by killers																
20	Installeren slimme meter + energieverbruiksmanager																

7 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk wordt hoofdzakelijk de betrouwbaarheid van dit onderzoek toegelicht. Hiervoor is geen risicoanalyse voor het energiesimulatiemodel uitgevoerd. Ook is de werking van de voorgestelde maatregelen niet gevalideerd, een onderzoek dat kan worden uitgevoerd als de maatregelen zijn geïmplementeerd.

In het gehele onderzoek naar het verduurzamen van het kantoorgebouw, is van veel aannamen en vereenvoudigingen gebruik gemaakt. Deze hebben met name betrekking op de toepassing van een energiesimulatiemodel. Berekeningen en simulaties in het blackboxmodel kennen namelijk veel vereenvoudigingen. Dit is vóór het onderzoek reeds bekend en is door de keuze van het model geaccepteerd. Voor berekening van het binnenklimaat zijn geen meer exacte berekeningen beschikbaar. Echter is voor de berekening van elektriciteitsgebruik een meer experimentele aanpak (met bijvoorbeeld tussenmeters en observaties) mogelijk dat resulteert in een meer exacte uitkomst.

Twee grote onzekerheden in dit onderzoek hebben echter ook invloed op de eindresultaten: (1) onvolledige informatie van constructie- en installatietechnische kenmerken van het kantoorgebouw en (2) het niet uitvoeren van een kalibratie van het theoretische energiegebruik. De eerste heeft tot gevolg dat voor sommige input aannamen zijn gemaakt. Vóór het onderzoek is reeds ingecalculeerd dat de informatie niet volledig is en deze onzekerheid wordt ook geaccepteerd. De tweede onzekerheid heeft tot gevolg dat het theoretische energiegebruik niet overeenkomt met het werkelijke energiegebruik. Het theoretisch gasgebruik ligt aanzienlijk lager dan het werkelijke gasgebruik en het theoretische elektriciteitsgebruik ligt engszins hoger dan het werkelijke elektriciteitsgebruik. Het niet uitvoeren van de kalibratie heeft tot gevolg dat getrokken conclusies, die zijn gebaseerd op resultaten uit het model, niet sterk gefundeerd zijn. Vooral hierdoor is het onderzoek minder exact dan van tevoren op is bedoeld. Omdat zowel de huidige als toekomstige duurzaamheidsconditie bijna volledig is bepaald aan de hand van het model, heeft het model een essentiële rol in dit onderzoek. Dit heeft onbekende gevolgen voor de betrouwbaarheid van dit onderzoek.

Naast het gebruik van een energiesimulatiemodel kent de gebruikte onderzoeksmethodiek ook een processtap dat enige onzekerheid in het onderzoek veroorzaakt. Het gaat hierbij om het aanbod van maatregelen op de markt. Er zijn veel systemen, regelingen e.d. beschikbaar, waarvan bovendien allerlei variaties van bestaan. De onderzoeksmethodiek behandelt het proces van inventariseren van het aanbod niet. Dit heeft tot gevolg dat zeer geschikte maatregelen over het hoofd worden gezien, wat een onzekerheid in het onderzoek veroorzaakt.

De onzekerheden in de resultaten zorgt voor een twijfelachtige uitkomst. Door de genoemde problemen kan niet worden gegarandeerd dat de voorgestelde maatregelen kunnen worden toegepast, waarbij de reële gevolgen bij benadering overeenkomen met de berekende/theoretische gevolgen. Hiervoor dient H. meer informatie bij de installatiebedrijven (m.b.t. installatie-eigenschappen en kosten) op te vragen.

Naast onzekerheden heeft het onderzoek enige tegenslagen gekend. Een ervan is het gebruik van energiesimulatiemodel VABI Elements. Bij het uittekenen van de bouwgeometrie had het programma/de computer dusdanig veel moeite tijdens het toewijzen van ruimte-eigenschappen dat het modelbestand is gecrasht. Doordat er slechts één bestand van het model was en het bestand bovendien beschadigd was, moest het gehele model opnieuw gemaakt worden. Door het regelmatig opslaan van nieuwe bestanden en/of het maken van back-ups kan dit probleem worden voorkomen.

8 CONCLUSIE

Dit onderzoek heeft betrekking gehad op het opstellen van een methodiek voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen. Hierbij is gebruik gemaakt van een algemene methodiek die is geleverd door Ma. Met een gespecificeerde methodiek is het kantoorgebouw van H. te Goor doorgerekend en geanalyseerd. De hoofdvraag in dit onderzoek luidde als volgt: *‘Hoe wordt gekomen tot een optimale combinatie van maatregelen om de duurzaamheid van een bestaand klein kantoorgebouw tot een wenselijk niveau te brengen?’*

Dit onderzoeksrapport heeft een aangepaste onderzoeksmethodiek gepresenteerd voor het vinden van geschikte maatregelen voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen en vormt daarmee het antwoord op de hoofdvraag. De activiteiten en tools zoals weergegeven in Figuur 1 zijn in dit onderzoek geschikt gebleken om te komen tot een geschikte oplossing voor het verduurzamen van een klein kantoorgebouw. Dit betekent dat de methodiek kan worden toegepast in toekomstige, vergelijkbare onderzoeken. Hierbij moet rekening gehouden worden met toelichtingen in hoofdstuk Discussie en hoofdstuk Aanbevelingen.

Uit de thermografische analyse is gebleken dat de thermische schil enkele koudebruggen kent. Waarschijnlijk zijn deze warmtelekken het gevolg van een gebrekkige isolatie. De koudebruggen bevinden zich aan de zuidwestzijde van het directeurskantoor en bij de gevelpanelen van de oudbouw op de verdieping. Resultaten uit het energiesimulatiemodel hebben aangetoond dat het gasgebruik, het warmteverlies en de koellast zeer laag zijn. Het kantoorgebouw blijkt echter een hoog elektriciteitsgebruik te hebben, waardoor de EPC, de CO₂-emissie en primaire-energiebehoefte ook hoog zijn. Naast het reduceren van het elektriciteitsgebruik zijn ook, met het oog op een toekomstbestendig kantoorgebouw, maatregelen voor het *all-electric* kantoorgebouw en voor opwekking van hernieuwbare energie geanalyseerd. Een totaal van acht alternatieven met elk een eigen benadering zijn onderzocht op duurzaamheidsgevolgen en kosten.

Uit een multicriteria-analyse, waarin de duurzaamheids- en kosten-batengevolgen zijn meegenomen van de alternatieve maatregelenpakketten is gebleken dat alternatief A7 de meest geschikte oplossing is voor het verduurzamen van het kantoorgebouw van H.. Dit alternatief bevat de maatregelen na-isolatie van de koudebruggen, toepassing van een gasabsorptiewarmtepomp (met de aanwezige hr-ketels als back-up verwarming), LT-convectoren, toepassing van zonnepanelen, daglichtregeling voor verlichting, ledverlichting, klokschakelaars voor kopieerapparaten en andere elektriciteitsgebruikers in de kopieerruimte, stand-by killers voor monitors en pc's en de toepassing van een slimme meter met energieverbruiksmanager. Deze verzameling maatregelen geven een lager elektriciteits- en gasgebruik tot van respectievelijk ca. 20% en 80% tot gevolg. Daarnaast wordt de CO₂-uitstoot en primaire-energiebehoefte mede door de toepassing van zonnepanelen met ca. 30% gereduceerd. De implementatie van de voorgestelde maatregelen (met behulp van projectmanagementtool GOTIK) is uitgezet in een uitvoeringsplan waarin rekening is gehouden met de te ondernemen activiteiten.

9 AANBEVELINGEN

Het onderzoek heeft enkele problemen gekend. Om deze problemen in toekomstige, vergelijkbare onderzoeken te voorkomen dient vervolgonderzoek te worden gedaan.

De onderzoeksmethodiek is aangepast aan het onderzoek voor het verduurzamen van kleine kantoorgebouwen. Hierbij zijn enkele activiteiten geschrapt uit de onderzoeksmethodiek die is voorgesteld door Ma. Een hiervan is de risicoanalyse, die tevens een criterium vormt in de multicriteria-analyse. Deze analyse is niet uitgevoerd vanwege een gebrek aan kennis bij de onderzoeker. Vervolgonderzoek naar een geschikte risicoanalyse in een verduurzamingsonderzoek is gewenst om tot een meer gefundeerd resultaat te komen. Hierbij kan worden gekeken naar het gebruik van levenscyclusanalyse of het toepassen van een gevoeligheidsanalyse van het model, waarbij het werkelijke energiegebruik een belangrijke rol speelt.

Het gebrek aan informatie van het werkelijke energiegebruik heeft de betrouwbaarheid van de resultaten aanzienlijk verlaagd. Om een duurzaamheidsonderzoek te kunnen uitvoeren, waarvoor gebruik wordt gemaakt van een energiesimulatiemodel, is informatie van het werkelijke energiegebruik dus zeer relevant. In dit onderzoek is het werkelijke energiegebruik nauwelijks gebruikt. Vervolgonderzoek naar het omgaan met dit probleem is echter gewenst omdat het achterwegen laten van het werkelijke energiegebruik mogelijk niet de beste optie is.

Naast het uitvoeren van een modelgebaseerd onderzoek, is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een thermografische analyse. Een andere experimenteel onderzoek dat kan worden verricht en de betrouwbaarheid van het onderzoek bevordert, is een blowerdoortest. Middels een casestudy kan worden onderzocht of dit experiment toevoegen aan het eindresultaat van het onderzoek.

Het beoordelen van de gebruikte onderzoeksmethodiek is verricht op basis van het feit of de onderzoeksvragen zijn beantwoord. Echter kan de onderzoeksmethodiek pas werkelijk worden beoordeeld als de twee laatste fasen, in de onderzoeksmethodiek die is beschreven door Ma, worden toegepast. Deze fasen behelzen de installatie van de maatregelen en het valideren van de duurzaamheidsgevolgen. Deze fasen kunnen worden uitgevoerd in een vervolgonderzoek.

Resultaten uit dit onderzoek hebben aangetoond dat maatregelen beperkte invloed hebben op elektriciteitsafname. Onderzoek naar efficiëntere maatregelen om het elektriciteitsgebruik verder te reduceren is gewenst.

VERWIJZINGEN

- Allaerts, K., Coomans, M., & Salenbien, R. (2014, november 28). Hybrid ground-source heat pump system with active air source regeneration. *Energy Conversion and Management*, 230-237. Opgeroepen op juni 2017
- Asadi, E., Silva, M. G., Antunes, C. H., & Dias, L. (2011, oktober 10). Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application. *Energy and Buildings*, 44, 81-87. Opgeroepen op juni 2017
- Berghuis, M. (sd). Isolatie-eisen bij verbouw. Opgeroepen op juni 2017, van <http://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2016/07/Isolatie-eisen-bij-verbouw.pdf>
- De Vree, J. (sd). *Informatie over balansventilatie*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van Joost de Vree: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/balansventilatie.shtml>
- DGMR Software. (sd). *Information about ENORM*, <https://dgmsoftware.nl/nen7120.php>. Opgeroepen op March 2017, van Website of DGMR Software.
- DWA, Nieman. (2016). *Onderzoek innovatieve opties BENG (Bijna Energieneutrale Gebouwen)*. Bodegraven. Opgeroepen op juni 2017
- EDR. (sd). *Information about eQUEST software*. Opgeroepen op March 2017, van Website of EDR: <https://energydesignresources.com/resources/software-tools/equest.aspx>
- Energieleveranciers.nl. (2015, maart 3). *Informatie over nadelen van de slimme meter*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van energieleveranciers.nl: <https://www.energieleveranciers.nl/blog/nadelen-slimme-meter>
- Fulvio, A., Beccali, M., Cellura, M., & Mistretta, M. (2010, september 9). Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 460-470. Opgeroepen op juni 2017
- Garber, D., Choudhary, R., & Soga, K. (2012, november 19). Risk based lifetime costs assessment of a ground source heat pump (GSHP) system design: Methodology and case study. *Building and Environment*, 60, 66-80. Opgeroepen op juni 2017
- KNMI. (sd). Uurgegevens van het weer in Nederland. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012, Augustus 15). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*(55), 889-902. Opgeroepen op mei 2017
- Meeusen, J. (2006). *Informatie over na-isoleren van spouwmuren*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van Joost de Vree: http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgi/isolatie_26_na-isoleren_van_spouwmuren_evelien%20willaert_jeroen_%20meeusen.pdf
- Milieu Centraal. (sd). *Informatie over close-in-boilers*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van Milieu Centraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/close-in-boiler/>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2010, juni). *Informatie over EPU (NEN 2916)*. Opgeroepen op mei 2017, van Website van RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland): <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/EPU.pdf>
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (sd). *Information about EnergyPlus*. Opgeroepen op March 2017, van Website of Office of Energy Efficiency & Renewable Energy: <https://energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>

- Omgevingsloket. (sd). *Informatie over de behandelprocedure van vergunningaanvraag*. Opgeroepen op juni 2017, van <https://www.omgevingsloket.nl/Particulier/particulier/home/De-stappen/BehandelprocedureParticulier>
- Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen. (sd). *Informatie over energiebesparing*. Opgeroepen op juni 2017, van http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/brochure_warmtepomp.pdf
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (sd). *Energiebesparing in kantoren: dit zijn de 15 erkende maatregelen*. Opgeroepen op juni 2017, van [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/12/6616%20RVO%20Infographic%20Activiteiten%20besluit%20A4st%20\[5\].pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/12/6616%20RVO%20Infographic%20Activiteiten%20besluit%20A4st%20[5].pdf)
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (sd). *FAQ's Subsidie energiebesparing*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van RVO: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/subsidie-energiebesparing-eigen-huis/faq>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (sd). *Infographic over BENG*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <http://infographics.rvo.nl/beng/>
- Rijksoverheid. (sd). *Informatie over duurzaam bouwen*. Opgeroepen op mei 2017, van Website van rijksoverheid: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/utiliteitsbouw/beheer-en-onderhoud/installatie-performance-scan>
- Sefaira. (sd). *Information about Sefaira Architecture*. Opgeroepen op March 2017, van Website of Sefaira: <http://sefaira.com/nederlands/>
- Sivasakthivel, T., Murugesan, K., & Sahoo, P. (2014, november 17). Optimization of ground heat exchanger parameters of ground source heat pump system for space heating applications. *Energy*, 78, 573-586. Opgeroepen op juni 2017
- Somogyi, V., Sebestyén, V., & Nagy, G. (2016, maart 24). Scientific achievements and regulation of shallow geothermal systems in six European countries – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 934-952. Opgeroepen op juni 2017
- Sousa, J. (2012). *Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison*. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto. Opgeroepen op March 25, 2017, van <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.7812&rep=rep1&type=pdf>
- Strachan, P. (sd). *Information about ESP-r software*. Opgeroepen op March 2017, van Website of ESRU, University of Strathclyde: <http://www.buildingenergysoftwaretools.com/software/esp-r-0>
- Thermal Energy System Specialist, LLC. (sd). *Information about TRNSYS*. Opgeroepen op March 2017, van Website of Thermal Energy System Specialist, LLC: <http://www.trnsys.com/#1>
- Uniec2. (sd). *Information about Uniec2 software*. Opgeroepen op March 2017, van Website of Uniec2: <http://uniec2.nl/>
- VABI. (sd). *Information about VABI Elements software*. Opgeroepen op March 2017, van Website of VABI: <https://www.vabi.nl/product/epg-nieuwbouw/>
- Valdiserri, P., & Biserni, C. (2016). Energy performance of an existing office building in the northern part of Italy: Retrofitting actions and economic assessment. *Sustainable Cities and Society*, 27, 65-72. Opgeroepen op juni 2017
- van der Linden, i. A., & van der Ham, i. E. (2015). *Feiten en fabels na-isoleren van spouwmuren*. Utrecht. Opgeroepen op juni 2017, van <http://www.weston.nl/Files/webentity/NewsItem/feiten-en->

fabels-na-isoleren-van-spouwmuren/feiten-en-fabels-over-spouwmuur-na-isolatie_oktober-2015.pdf

Verhoef, F. (2011). *Aanbevelingen voor energiebesparende maatregelen SC Everstein*. Everdingen. Opgeroepen op mei 2017

Zelf Energie Produceren. (2014, juni 4). *Informatie over verlenging salderingsregeling*. Opgeroepen op juni 2017, van Website van Zelf Energie Produceren:
<https://www.zelfenergieproduceren.nl/nieuws/salderen-blijft-tot-2020/>

BIJLAGE 1: KEUZE ENERGIESIMULATIEMODEL (ENGELS)

INTRODUCTION

This report is part of thesis proposal *Advice report for enhancing sustainability of office building H. BV* by T. Evers as part of the bachelor Civil Engineering at University of Twente. In this thesis project construction-services company H. BV desires a more sustainable office building. The project includes sustainability calculations, e.g. the calculation of the EPC (Energy Performance Coefficient). For this reason, energy simulation software is required. In this report different computer models are considered and compared.

REQUIREMENTS COMPUTER MODEL

The energy simulation software must contain several features that are needed in the thesis research. Since H. is not going to construct a new building, no LCA assessment will be performed. For this reason, only one computer model will be necessary: an energy simulation software package that is able to calculate the EPC, as stated in the Introduction. The model should have a large database of applicable installations to experiment. The database must contain generally used installations as well as more advanced technologies. Also the model should be able to implement even newer installations by hand. This gives the opportunity to implement and analyse state-of-the-art technologies. Moreover, the model should be able to calculate the so-called EPC. With the EPC value the office building can be compared with Bouwbesluit and NEN 7120 to meet the requirements of the Dutch building energy norms.

Besides, the computer model must include all components necessary to calculate the energy use of the building. These components are: use of renewable energy systems, calculation of electrical systems (e.g. lighting), use of HVAC systems, time consideration (e.g. office hours) and designing of building geometry. The latter is necessary since H. only possesses 2D drawings of the office building.

STOCK-TAKING ALTERNATIVE COMPUTER MODELS

From research the next eight computer models were found. Three computer models are produced by Dutch companies. Five are produced by foreign companies.

Keywords: Model building systems energy; Building energy systems

Source Dutch computer models: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/energieprestatie-epc/bepalingsmethode>

- | | |
|--------------------|------------------------------------------------------|
| (1). ENORM | (DGMR Software, sd) |
| (2). EnergyPlus | (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, sd) |
| (3). eQUEST | (EDR, sd) |
| (4). ESP-r | (Strachan, sd) |
| (5). Sefaira | (Sefaira, sd) |
| (6). TRNSYS | (Thermal Energy System Specialist, LLC, sd) |
| (7). Uniec2 | (Uniec2, sd) |
| (8). VABI Elements | (VABI, sd) |

FEATURES COMPUTER MODELS: (DIS)ADVANTAGES

Sousa (Sousa, 2012) compares EnergyPlus, ESP-r, IDA ICE, IES and TRNSYS with respect to model features. IDA ICE and IES are specific computer models for respectively thermal simulation and integrated environmental solutions. However, all non-Dutch computer models (i.e. EnergyPlus, eQUEST, ESP-r, Sefaira, TRNSYS) do not seem to calculate EPC (based on information from the corresponding websites). The calculations result in energy use (unity MJ). Since it is difficult to calculate EPC by hand and since Dutch computer models do calculate EPC values, the non-Dutch computer models will not be considered any further.

The remaining computer models are compared on different requirements, mentioned in section Requirements computer model. Results are summarised in the Table B1.

Tabel B1: features energy simulation models

	ENORM	Uniec2*	VABI Elements
EPC output	V	V	V
Conform NEN 7120	V	V	V
Available database	V	V	V
Trustworthiness**	V	V	V
Works with non-residential buildings	V	V	V
Building geometry design	X	V	V
AutoCAD import and export	X	X	V
Available renewable energy systems	V	V	V
Available electrical systems	V	V	V
Available HVAC systems	V	V	V
Introducing new techniques#	V	V	V
Cost##	-	-	-

* Uniec2 is an online software package, implying that internet is required.

** Certificated model

Supporting “kwaliteitsverklaring” and “gelijkwaardigheidsverklaring”

For ENORM and Uniec2 a student version is free available.

QUALITATIVE ASSESSMENT

ENORM, Uniec2 and VABI have similar characteristics. The models are user-friendly and they have a large database. However, there are some small differences as can be seen in the Table 1.

Software package ENORM has two disadvantages. Firstly, it is not clear how the building can be designed in the software. Secondly, ENORM does not support CAD files. Since H. possesses 2D CAD drawings, it can be convenient to have the CAD feature.

Uniec2 is an online computer model which means that internet is required during design and calculation. In case of a student version the University Twente network is required. This will not be a problem since a VPN network can be used at H.. However, internet requirement is a disadvantage in case of internet failure or calculations during e.g. a train trip. Also Uniec2 does not support CAD files either.

VABI Elements is the only software package that contains all elements required. Another advantage is user experience with VABI Elements. In Module 6 Civil Engineering VABI Elements is used to calculate the EPC of the fictitious project “The Hogekamp”. Besides, to get a software license not much effort is required since VABI and University of Twente collaborate.

CONCLUSION

In thesis project *Advice report for enhancing sustainability of office building H. BV* construction company H. BV desires a more sustainable office building. To measure “sustainability” EPC will be calculated by means of a computer model. In this report different computer models were considered. Eventually, VABI Elements appears to be the best, and above all easiest, software package for the thesis project since this model possesses all project requirements with an advantage of acquaintance by the user. In case VABI Elements is not available Uniec2 is the most suitable since only the CAD feature is missing.

BIJLAGE 2: FOTO'S INSTALLATIES

Bijlage 2 toont foto's van de aanwezige installaties/systemen voor verwarming, warm tapwater en verlichting. Figuur B2.1 toont de twee Remeha Quinta 43 kW hr-ketels die worden gebruikt voor het kantoorgebouw en Timmerfabriek. Deze staan in de technische ruimte. Figuur B2.2 toont een van de twee aanwezige close-in-boilers in de pantry's van Itho Daalderop. De ingebouwde en opstaande armaturen zijn te zien in Figuur B2.3 en B.2.4. Figuur B2.5 en B2.6 tonen de paneelradiator zoals die in het gehele kantoorgebouw aanwezig zijn.

Figuur B2.1: hr-ketels

Figuur B2.2: close-in-boiler

Figuur B2.3: compacte fluorescentielampen

Figuur B2.4: opstaande armatuur met 4 tl-lampen

Figuur B2.5: paneelradiator

Figuur B2.6: paneelradiator

Figuur B2.7: Itho ventilator afzuiging wc

BIJLAGE 3: INVOER VABI ELEMENTS KANTOORGEBOUW HUIDIGE TOESTAND

Bijlage 3 toont drie tabellen met enkele belangrijke gebouw- en weerkenmerken, figuren van de gebouwgeometrie in het energiesimulatiemodel en de ingevoerde gegevens in het model. Indien instellingen niet vermeld staan, betekent dit dat de instelling niet van toepassing is of niet zijn gebruikt.

BELANGRIJKSTE GEBOUWEIGENSCHAPPEN

Tabel B3.1: warmtedoorgangscoefficienten constructies

Gebouwconstructie
Buitengevel 1988
Buitengevel 2001
Beganegrondvloer 1988
Beganegrondvloer 2001
Dak 1988
Dak 2001
Binnengevels 1988
Binnengevels 2001
Ramen 1988
Ramen 2001

Indeling kantoorgebouw verblijfsgebieden en -ruimten:

Tabel B3.2: oppervlakten verblijfsgebieden

Verblijfsgebied (verblijfsruimten)	Bouwlaag	Oppervlakte (m ² BVO)
1 (1)	1	270
2 (2-4)	1	50
3 (5)	2	55
4 (6-9)	2	46

Gemiddelde temperaturen gemeten in Twente door het KNMI.

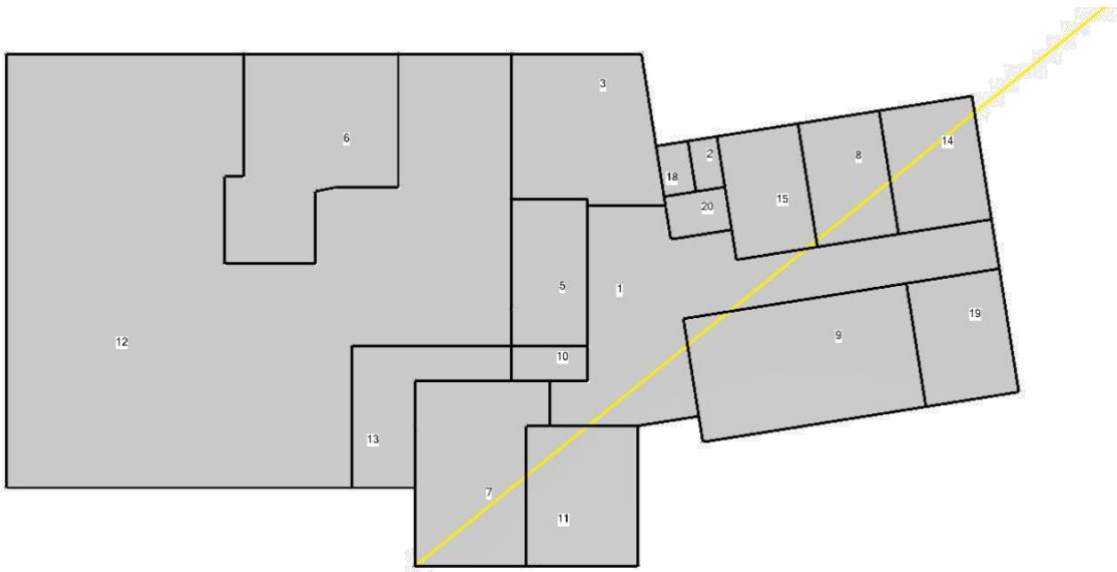
Tabel B3.3: gemiddelde maandelijkse buitentemperaturen Twente 2016

Maand	Gemiddelde temperatuur (°C)		
Januari	3,4	Juli	18,1
Februari	3,8	Augustus	17,5
Maart	4,9	September	17,1
April	8,2	Oktober	8,9
Mei	14,4	November	4,8
Juni	17,1	December	4,1

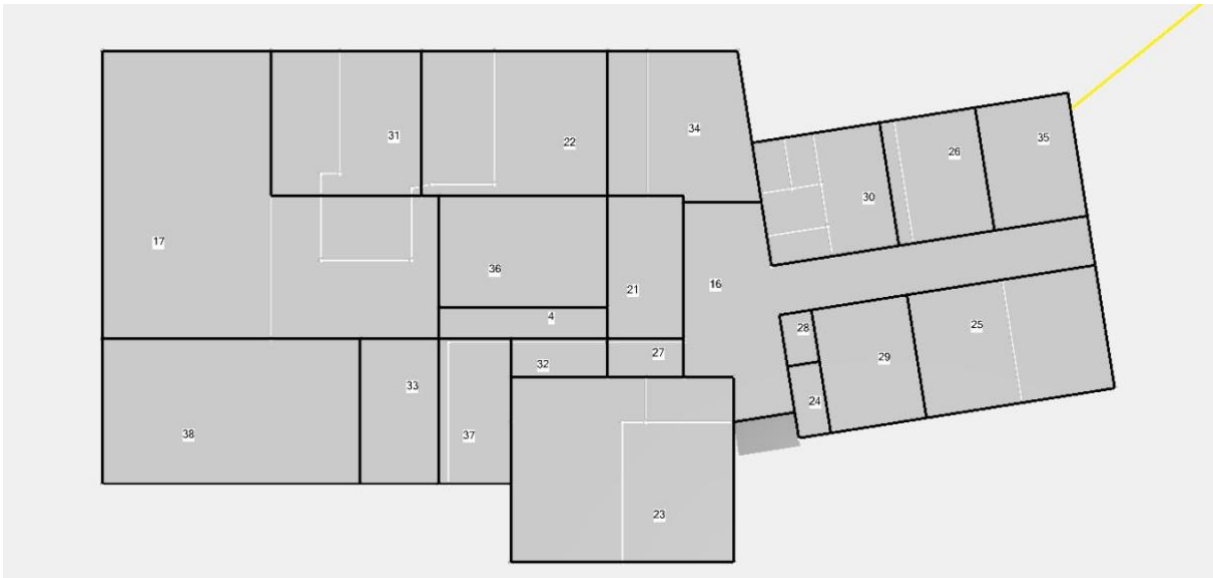
CONSTRUCTIETEKENINGEN KANTOORGEBOUW

Figuur B3.1: 3D perspectief geometrie kantoorgebouw

Figuur B3.2: 3D parallel geometrie kantoorgebouw



Figuur B3.3: plattegrond begane grond



Figuur B3.4: plattegrond verdieping

Figuur B3.5: linkeraanzicht (ZW-zijde) kantoorgebouw

Figuur B3.6: achteraanzicht (NW-zijde) kantoorgebouw

Figuur B3.7: vooraanzicht (ZO-zijde) kantoorgebouw

Figuur B3.8: rechteraanzicht (NO-zijde) kantoorgebouw

T. Evers
Telefoon: 06 21 32 0765
E-mail: t.evers@student.utwente.nl
Straat: Daalweg 46A
Postcode/adres: 7541 AN Enschede
Provincie: Overijssel
Land: Nederland

PROJECTINSTELLINGEN

Getoonde namen: ventilatiestromen gebouwsimulatie, ventilatiestromen warmteverlies, ventilatietoets, gebouwsimulatie: energie en kosten, warmteverlies, koellast, gebouwsimulatie, EPG

→ O.b.v. definitie “duurzaamheid” in thesis proposal

Aangevinkte instellingen modules: berekening neemt effect van beschaduwingen door gebouwdelen, niet door verzonken ramen, door omliggende gebouwen, berekening neemt effect mee van interne zondoorstraling

→ Meest reële vergelijking, echter neggen zijn niet bekend en omliggende gebouwen valt buiten tijdbestek, er wordt verwacht dat deze variabelen geen significante waarde hebben

U-waarden raamsystemen: eigen invoer kozijnpercentage

→ Kozijnpercentages oudbouw/nieuwbouw zijn bepaald uit

raamoppervlakten Psi-waarde (koudebrug) voor transmissie: forfaitair

→ Koudebruggen zijn niet meegenomen, maar zijn experimenteel onderzocht i.p.v. theoretische resultaten die afhangen van allerlei aannamen en versimpelingen.

Beschaduwing: gedetailleerd

→ Functionaliteit VABI die positief werkt op EPC.

Ventilatorvermogen: uitgebreid

→ Zo reëel mogelijk

Verlichtingsvermogen: uitgebreid

→ Zo reëel mogelijk

VARIANTEN

→ Varianten: Huidige staat kantoorgebouw

OMGEVING

Ligging: vlak open terrein

→ Ligging op industrieterrein met gebouwen op ten minste ca. 20 m

afstand Beschutting: normaal

→ Geen bomen en/of begroeiing rondom pand, pand echter wel gesitueerd op industrieterrein

Grondreflectie: standaard (0,20)

→ Geen andere waarden bekend

Ontwerpbuitentemperatuur warmteverlies: ISSO 51/53/57 condities (-10°C)

→ Standaard normen voor Nederlandse bouw, geen specifieke waarde bekend, is aangeraden door VABI

Ontwerpbuitentemperatuur koellast: NEN 5060 ref TO2 streng

→ Standaard normen, standaard VABI

Absolute vochtigheid (koellast): NEN 5067 condities (10,0 g/kg)

→ Standaard normen, geen specifieke waarde bekend, NEN 5067 van toepassing op kantoorgebouwen bron: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-50671985-nl.htm>

Klimaatbestand: Twenthe '11-'17

→ Meest nabije en toepasbare klimaatbestand beschikbaar door KNMI, bron: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>

Startdag: 1-1-2016

→ Start van klimaatbestand

Einddag: 31-12-2016

→ Eind van klimaatbestand

Aantal dagen: 366

→ Lengte van klimaatbestand

Daguitvoer gebouwinstallatie: warmste en koudste dag in rapportage

→ Standaard

VRIJE DAGEN

Naam: vrije dagen

Omschrijving: Vrije dagen: kantoorgebouw niet in gebruik

Rekent met vrije dagen: ja

→ Geeft de meest reële resultaten Periode

klimaatbestand: 1-1-2011 – 12-4-2017

→ Lengte klimaatbestand

Gebouwsimulatie: rekent met vrije dagen

→ Geeft de meest reële resultaten

Feestdagen: nieuwjaarsdag, goede vrijdag, 2^e paasdag, Koningsdag, Hemelvaartsdag, dag na Hemelvaart, 2^e Pinksterdag, 1^e Kerstdag, 2^e Kerstdag en bijbehorende data van het jaar 2016

Vakantiedagen: zomersluiting, kerstsluiting en bijbehorende data uit het jaar 2016

INSTELLINGEN ENERGIE & KOSTEN

Aardgasprijs: 0,650 €/m³

→ Bron: verbruiksoverzicht jaarafrekening H. 5-1-2016 – 26-1-2017

Elektriciteitsprijs: 0,094 €/kWh

→ Bron: berekening totale elektrische kosten / aantal kWh's, afrekening H. 2016

1 m³ gas =: 9,77 kWh gas

→ O.b.v. calorische waarde Nederlands aardgas volgens VABI, bron:

<http://www.energieconsultant.nl/energiemarkt/energie-berekeningen-uit-de-praktijk/omrekening-van-m3-n-naar-kwh/>

1 m³ gas =: 1,78 kg CO₂-emissie

→ O.b.v. Nederlandse aardgasverbranding volgens VABI

1 kWh elektriciteit =: 0,57 kg CO₂-emissie

→ Standaardwaarde VABI

1 kWh elektriciteit =: 2,56 kWh primair

→ Standaardwaarde VABI

1 kWh gas =: 1,00 kWh gas primair

→ Standaardwaarde VABI

WARMTE EN KOUDE

Hulpenergie (warmteopwekker): 0,25 W/m² BVO

→ Standaardwaarde VABI, geen specifiekere informatie

beschikbaar Hulpenergie (koudeopwekker): 2,00 W/m² BVO

→ Standaardwaarde VABI, geen specifiekere informatie beschikbaar

TAPWATER

Aantal personen: 0,063 personen/m² BVO

→ Berekend aantal personen / GBO totaal x aantal boilers

Gebouwtype: kantoor

Warmwatervraag: 8 L/persoon/dag (vaste waarde voor kantoorgebouw)

Gebouw in gebruik: 227 dagen/jaar

→ Totaal aantal werkdagen excl. vrije dagen o.b.v. data 2017

Opstelling: meerdere opwekkers

Jaarlijkse warmtevraag opwekker: 100%

Gemiddelde efficiency: 0,975

→ Geen efficiency bekend, standaardwaarde VABI

Energiedrager: elektriciteit

Gemiddelde efficiency extra opwekker: 0,975

→ Geen efficiency bekend, standaardwaarde VABI

Energiedrager: elektriciteit

Circulatie aanwezig: nee

ONGEREGULEERD ENERGIEVERBRUIK

Externe verlichting: nee

Liften: nee

Roltrappen: nee

Keuken en catering: nee

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

PV-panelen aanwezig: nee

Windturbines aanwezig: nee

VERGELIJKING EN PRODUCTIVITEIT

HULPMIDDELEN

MATERIALEN

→ Standaard VABI, $\lambda = 0,350 \text{ W/mK}$, $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Glas – spiegelglas/vensterglas

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, plaatmateriaal zoals multiplex, spaanplaat, $\lambda = 0,800 \text{ W/mK}$, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Hout – hardhout

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, raamdorpelsteen, tegel, $\lambda = 0,170 \text{ W/mK}$, $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, $c = 1880 \text{ J/kgK}$

Isolatie – EPS (polystyreen geëxpandeerd schuim)

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, hardschuim, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$, $c = 1470$

J/kgK Isolatie – minerale wol/vezelplaat (glaswol/steenwol)

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, minerale wol, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, $\rho = 35 \text{ kg/m}^3$, $c = 840$

J/kgK Isolatie – Rockwool 433 HP/Plus

→ Standaard VABI, minerale wol, $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$, $\rho = 45 \text{ kg/m}^3$, $c = 1030 \text{ J/kgK}$

Metselstenen – baksteen

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, metselwerk of verlijmde blokken, $\lambda = 0,800 \text{ W/mK}$, $\rho = 2100 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Metselstenen – kalkzandsteen

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, metselwerk of verlijmde blokken, $\lambda = 1,000 \text{ W/mK}$, $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Plaat – gipsplaat

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, plaatmateriaal zoals multiplex, spaanplaat, $\lambda = 0,230 \text{ W/mK}$, $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$ (wegens gebrek aan informatie aangenomen dat er sprake is van een gipsplaat)

Spouw – horizontale warmtestroom naar boven ongeventileerd

→ Standaard VABI, NEN 1068 2013, lucht, $R_c = 0,160$

$\text{m}^2\text{K/W}$ Spouw – verticaal niet geventileerd

→ Standaard VABI, NEN 1068 2013, lucht, $R_c = 0,180$

$\text{m}^2\text{K/W}$ Tegels – plavuizen

→ Standaard VABI, ISSO 32 bijlage C, raamdorpelsteen, tegel, $\lambda = 0,800 \text{ W/mK}$, $\rho = 1700 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Vloer – estrich

→ Standaard VABI, estrich of zand/cementafwerkvloer, $\lambda = 1,600 \text{ W/mK}$, $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $c = 840 \text{ J/kgK}$

Vloer – tapijt

→ Standaard VABI, $\lambda = 0,080 \text{ W/mK}$, $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$, $c = 1470 \text{ J/kgK}$

CONSTRUCTIES

Dak – plat, beton met plenum 1988 (H.)

- Boven: absorptie 0,90 (dakleer + grind), emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaard VABI, geen specifieke waarde beschikbaar)
- 3 mm grind, 5 mm dakleer, 50 mm isolatie EPS, 70 mm beton druklaag, 200 beton gasbeton (cellenbeton), 500 mm spouw horizontale warmtestroom naar boven ongeventileerd (deel van plenum), 10 mm plaat gipsplaat (deel van plenum)
- $R_c = 2,28 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 347,95 \text{ kg}/\text{m}^2$, dikte = 918 mm (aangenomen diktes en gevelementen, m.u.v. gasbeton)

Dak – plat, beton met plenum 2001 (H.)

- Boven: absorptie 0,90 (dakleer + grind), emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaardwaarden VABI)
- 3 mm grind, 5 mm dakleer, 130 mm isolatie EPS, 70 mm beton druklaag, 200 beton kanaalplaatvloer, 500 mm spouw horizontale warmtestroom naar boven ongeventileerd (deel van plenum), 10 mm plaat gipsplaat (deel van plenum)
- $R_c = 4,09 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 347,95 \text{ kg}/\text{m}^2$, dikte = 918 mm

Deur – binnen, 40 mm hout

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaardwaarden VABI)
- 40 mm hout triplex/multiplex
- $R_c = 0,24 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 28,00 \text{ kg}/\text{m}^3$, dikte = 40 mm

Deur – buiten, 70 mm hardhout

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 70 mm hout hardhout
- $R_c = 0,41 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 56,00 \text{ kg}/\text{m}^3$, dikte = 70 mm

Deur – glas

- Buiten absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaardwaarden)
- 10 mm glas spiegelglas/vensterglas (geen specifiekere informatie beschikbaar)
- $R_c = 0,01 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 25,00 \text{ kg}/\text{m}^2$, dikte = 10 mm

Paneel buiten 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 8 mm plaat polyesterplaat (met glasvezel versterkt), 50 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (glaswol/steenwol), 8 mm plaat polyesterplaat (met glasvezel versterkt) (aangenomen materialen diktes)
- $R_c = 1,51 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 20,95 \text{ kg}/\text{m}^2$, dikte = 66 mm

Paneel buiten 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaardwaarden VABI)
- 8 mm plaat polyesterplaat (met glasvezel versterkt), 50 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 8 mm plaat polyesterplaat (met glasvezel versterkt) (aangenomen materialen en diktes, m.u.v. materiaal isolatie)
- $R_c = 1,60 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $m = 21,45 \text{ kg}/\text{m}^2$, dikte = 66 mm

Raam – hout, dubbelglas 1988 (H.)

- Kozijnpercentage 7%, kozijntype hout, dubbelglas, beweegbare zonwering buiten, regeling handmatig bediend, luxaflex, verdere standaardwaarden VABI (kozijnpercentage o.b.v. raamoppervlak)
- $U = 3,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Raam – hout, dubbelglas 2001 (H.)

- Kozijnpercentage 7%, kozijnstype hout, dubbelglas, beweegbare zonwering buiten, regeling handmatig bediend, luxaflex, verdere standaardwaarden VABI (kozijnpercentages o.b.v. raamoppervlak)
- $U = 3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Raam – hout HR glas 2001 (H.)

- Raam F/H 1,56x1,77 m, kozijnpercentage 8%, kozijnstype hout, HR glas, beweegbare zonwering buiten, regeling handmatig bediend, luxaflex, verdere standaardwaarden VABI
- $U = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vloer – begane grond beton 1988 (H.)

- Boven: absorptie 0,60, emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90 (standaardwaarden VABI)
- 10 mm tegel plavuizen, 110 mm vloer estrich, 200 mm beton verdicht gewapend (materialen en diktes aangenomen, echter geen isolatie aanwezig!)
- $R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 737,00 \text{ kg/m}^2$, dikte = 320 mm

Vloer – begane grond beton 2001 (H.)

- Boven: absorptie 0,60, emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 10 mm tegel plavuizen, 110 mm vloer estrich, 200 mm beton verdicht gewapend, 80 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus
- $R_c = 2,61 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 740,60 \text{ kg/m}^2$, dikte = 400 mm

Vloer – tussen beton met plenum 1988 (H.)

- Boven: absorptie 0,60, emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 5 mm vloer tapijt, 70 mm vloer estrich, 50 mm beton verdicht gewapend, 500 mm spouw horizontale warmtestroom naar boven ongeventileerd (deel van plenum), 13 mm plaat gipsplaat (deel van plenum) (materialen en diktes aangenomen)
- $R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 278,70 \text{ kg/m}^2$, dikte = 638 mm

Vloer – tussen beton met plenum 2001 (H.)

- Boven: absorptie 0,60, emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 5 mm vloer tapijt, 70 mm vloer estrich, 200 mm beton kanaalplaatvloer, 500 mm spouw horizontale warmtestroom naar boven ongeventileerd (deel van plenum), 13 mm plaat gipsplaat (deel van plenum)
- $R_c = 0,42 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 353,70 \text{ kg/m}^2$, dikte = 788 mm

Wand – binnen baksteen 100 mm 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,90, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 210,00 \text{ kg/m}^3$, dikte = 100 mm

Wand – binnen systeemwand 70 mm 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 12 mm plaat gipsplaat, 46 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (glaswol/steenwol), 12 mm gipsplaat
- $R_c = 1,42 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 23,21 \text{ kg/m}^3$, dikte = 70 mm

Wand – buiten traditioneel 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90

- 100 mm metselstenen baksteen, 135 mm spouw verticaal niet geventileerd, 50 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (steenwol/glaswol), 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 1,86 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 421,89 \text{ kg/m}^3$, dikte = 385 mm

Wand – binnen traditioneel 1988/KZS (H.)

- Binnen: absorptie 0,60, emissie 0,90; onder: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 70 mm spouw verticaal niet geventileerd, 50 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (glaswol/steenwol), 100 mm metselstenen baksteen, 150 mm metselstenen kalkzandsteen (KZS)
- $R_c = 2,01 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 721,82 \text{ kg/m}^3$, dikte = 470 mm

Wand – buiten traditioneel 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 45 mm spouw verticaal niet geventileerd, 90 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 150 mm metselstenen kalkzandsteen
- $R_c = 3,18 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 514,10 \text{ kg/m}^3$, dikte = 385 mm

Wand – buiten traditioneel 320 mm 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 70 mm spouw verticaal niet geventileerd, 50 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 1,86 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 422,32 \text{ kg/m}^3$, dikte = 320 mm

IWP PERSONEN

Bijeenkomstfunctie – minimale bezetting VR 2 (H.)

- Bouwbesluit 2012, per m^2 vloeroppervlakte
- Personen: 10 personen, zomerkleding: RGD kantoren/ISSO 32 (0,7 CLO), winterkleding: RGD kantoren/ISSO 32 (0,9 CLO), activiteit: RGD kantoren/ISSO 32 (1,20 MET)

IWP personen VKR BG

- VABI – 1 persoon per 12 m^2 BVO, 1 persoon, zomerkleding: RGD kantoren/ISSO 32 (0,7 CLO), winterkleding: RGD kantoren/ISSO 32 (0,9 CLO), activiteit: RGD kantoren/ISSO 32 (1,20 MET)

IWP personen VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten met resp. 3, 4, 2, 13, 2, 4, 2, 2 personen, RGD kantoren/ISSO 32 (0,7 CLO), winterkleding: RGD kantoren/ISSO 32 (0,9 CLO), activiteit: RGD kantoren/ISSO 32 (1,20 MET)

IWP APPARATEN

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 655 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 400 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 930, 1240, 620, 255, 520, 1240, 620, 620 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP apparaten kopieerruimte

→ VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 4920 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP VERLICHTING

IWP Verlichting VKR BG (H.)

→ VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 15,5 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: ruimte

IWP Verlichting VKR VD (H.)

→ VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 15,0 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: ruimte

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

→ Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 15,5, 14,5 14,5 14,5 14, 14,5, 14,5 14,5 11,5 14,5, 15,5, 15,5 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: ruimte

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

→ Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 14,5 15,5 15,5 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

TIJDSHEMA'S (INSTALLATIE)

5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)

→ Percentage 59%, maandag 1:00 – 19:00 uur aan, dinsdag-vrijdag 4:00 – 19:00 uur aan, zaterdag 8:00 – 17:00 uur aan, zondag 12:00 – 24:00 uur aan, feestdag 12:00 – 24:00 aan, rest uit. Tijden gebaseerd op instellingen ventilatiesysteem, feestdag als zondag aangenomen

TIJDSHEMA'S (GEBRUIK)

5d 07-18, kantooruren

→ Percentage 33% (100%), maandag-vrijdag 7:00 – 18:00 100%

TIJDSHEMA'S (TELUREN)

5d -7-18 uur kantoorfunctie (H.)

→ Percentage 33%, maandag-vrijdag 7:00 – 18:00 uur aan, rest uit.

ZONNEPANELEN (STROOM)

-

ZONNECOLLECTOR (WARMTE)

-

OPWEKKING

Cv-ketel/compressiekoelmachine (H.)

→ Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair

→ Opwekkers:

Warmte – ketel (systeem: warmte, locatie opwekker: buiten zone en binnen gebouw, hooftopwekker (preferent) type: ketel, modulerend vermogensregeling: nee, keurmerk warmte:

HR-107-ketel, thermisch vermogen: $2 \times 43 \text{ kW} = 86 \text{ kW}$, specificaties: eigen waarden, aanvoertemperatuur: $90 \text{ }^\circ\text{C}$, retourtemperatuur $65 \text{ }^\circ\text{C}$, omgevingstemperatuur $35 \text{ }^\circ\text{C}$, afwijkend rendement: nee)

Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)

Elektrische boiler

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair (geen informatie over hulpenergie bekend)
- Opwekkers: tapwater – elektrische boiler (systeem: tapwater, locatie opwekker: binnen gebouw en buiten zone, hoofdopwekker (preferent) type: elektrische boiler, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee (geen informatie beschikbaar)

DISTRIBUTIE

Koelen – hoge temperatuur (volgens offerte)

- Systeem: koude, opwekking: cv-ketel/compressiekoelmachine (H.), ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): ja, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: kamerthermostaat
- Temperatuur: HT, temperaturen: standaard (dag en nacht $17,0^\circ\text{C}$)
- Pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: nee
- Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Verwarmen – hoge temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: cv-ketel/compressiekoelmachine (H.), ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): ja, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: kamerthermostaat
- Temperatuur: HT, temperaturen: standaard (dag en nacht 80°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: nee, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: nee
- Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

DISTRIBUTIE TAPWATER

Van elektrische boiler naar tappunten

- Opwekking: elektrische boiler, circulatie aanwezig: nee

LUCHTBEHANDELING

LBK alleen WTW en batterijen (H.)

- Systeem D, D2a
- Mechanische toevoer: ja, aantal ventilatoren: 1, nominaal vermogen: 3000 W , opwarming: standaard ($1,5 \text{ K}$)
- Mechanische afvoer: ja, aantal ventilatoren: 1, nominaal vermogen: 3000 W , opwarming: standaard ($1,5 \text{ K}$)
- Ventilatorgegevens algemeen aandrijving: wisselstroom, regeling: geen (CAV)

- Verwarmingsbatterij aanwezig: ja, thermisch vermogen: 49,00 kW, specificaties: eigen waarde, wateraanvoer 90°C, waterafvoer: 65,0°C, luchtingang -7,0°C, luchtuitgang: 20,0°C, distributienet: verwarmen hoge temperatuur
- Koelbatterij aanwezig: ja, thermisch vermogen: waarde opgeven: 37,00 kW, specificaties: eigen waarde, wateraanvoer: 6,0°C, waterafvoer 12,0°C, luchtingang 25,8°C, RV 48%, luchtuitgang 15,0°C, RV 83%, distributienet: koelen – hoge temperatuur
- WTW aanwezig: ja, decentrale WTW: nee, rendement: warmtewiel 0,70, afwijkende correctiefactor: nee, lengte afvoerkanaal buiten en WTW: 3,00 m, toevoerkanaal geïsoleerd: ja, content-volumeregeling WTW: nee, de ventilatordissipatie is opgenomen in het rendement van de WTW: nee (geen informatie beschikbaar), bypass EPG: zonder bypass (geen informatie beschikbaar), bypass GS: inblaas temperatuur geregelde bypass: nee (geen informatie beschikbaar)
- Verdampingskoeling aanwezig: nee (geen informatie beschikbaar)
- Ontvochtiging aanwezig: nee
- Recirculatie aanwezig: nee (geen informatie beschikbaar)
- Mechanische regeling: geen sturing, ventilatie in nachtstand tijdens opwarmen gebouw: ja, voorwaardelijke nachtverwarming: nee, voorwaardelijke nachtkoeling: nee
- Luchtkanalen aanwezig: ja, luchtkanalen in pandig of binnen gebouw: ja, geïsoleerde luchtkanalen: ja, luchtdichtheidsklasse: onbekend, plaatsing inblaas: centrale inblaas, temperaturen: eigen waarde, dagbedrijf: 21,0°C, nachtbedrijf: 21,0°C.

C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)

- Systeem C, C1
- Mechanische afvoer: nee, regeling: geen sturing
- Aandrijving: wisselstroom, regeling: geen (CAV)
- Mechanische regeling: geen sturing, voorwaardelijke nachtkoeling: nee
- Afvoer: mechanische afvoer: ja, decentrale afvoer (systeem C; variant): ja, aantal ventilatoren: 1, nominaal vermogen: 15 W, opwarming: standaard (1,5 K)
- Luchtkanalen aanwezig, temperaturen: standaard, dagbedrijf: 21,5 °C,
- nachtbedrijf: 21,5 °C

SJABLONEN

RUIMTE-EISEN

Kantoorfunctie – RGD (H.)

- Zomercomfort: ja, ATG-klasse klasse B (80% acceptatie) (o.b.v. VABI hulp), teluren: 5d 07-18 uur, kantoorfunctie (H.)
- Verwarmen: eigen waarde, 21,5°C dag en nacht (volgens ventilatiesysteem), koelen: eigen waarde, 21°C dag en nacht (volgens ventilatiesysteem)
- Temperatuurstijging toelaten: nee (ventilatiesysteem laat geen stijging toe), absolute vochtigheid: standaard (geen kamerluchtvochtigheidopnemer aanwezig)
- Bedrijfswijze: nachtverlaging, bepaling volgens: ISSO 53, bijlage E (utiliteit) (5,2 W/m²), gebouwmassa: zwaar, nachtverlaging dagelijks en meerdaags: 6,0 en 6,0 K, opwarmtijd dagelijks en meerdaags: 2 en 3 uur, weegfactor interne massa: geen interne massa, (continue luchtinblaas, ook tijdens de nacht) (volgens ventilatiesysteem)

GEBRUIK

Bijeenkomstfunctie verblijfsruimte 2

- Gebruiksfunctie: bijeenkomst, type ruimte: verblijfsruimte, bezettingsgraad 3,0 – 8,0 m²/persoon (B3)

- IWP personen: bijeenkomstfunctie minimale bezetting VR 2 (H.), IWP verlichting: 5d 07-18, kantooruren

Kantoorfunctie berging/archief

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: overig

Kantoorfunctie meterruimte

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: meterruimte

Kantoorfunctie – Pantry VD

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: overig

Kantoorfunctie technische ruimte

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: technische ruimte

Kantoorfunctie toilet 1-3

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: toilet
- 3 toiletten apart gedefinieerd, IWP verlichting resp. IWP verlichting WC 1 (H.), IWP verlichting WC 2 (H.), IWP verlichting WC 3 (H.)

Kantoorfunctie verblijfsruimte 1, 2-9

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: verblijfsruimte, bezettingsgraad: 8,0-20,0 m²/persoon (B4)
- 8 VR's apart gedefinieerd, IWP personen: resp. IWP personen VR 1, 3, 4-9 (H.), IWP verlichting: resp. IWP verlichting VR 1, 3, 4-9 (H.), IWP apparaten: resp. IWP apparaten VR 1, 3, 4-9 (H.)

Kantoorfunctie verkeersruimte BG

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: verkeersruimte
- IWP personen: IWP verlichting VKR BG (H.), IWP verlichting: IWP verlichting VKR BG (H.), IWP apparaten: IWP apparaten VKR BG (H.)

Kantoorfunctie verkeersruimte VD

- Gebruiksfunctie: kantoor, type ruimte: verkeersruimte
- IWP personen: IWP verlichting VKR VD (H.), IWP verlichting: IWP verlichting VKR VD (H.), IWP apparaten: IWP apparaten VKR VD (H.)

BOUWKUNDIG

Kalkzandsteen en metselwerk (Rc = 2,5) – 1988 (H.) (enkel materiaal beton is niet aangenomen)

- Bouwdelen van de thermische schil:
 - Vloeren: vloer begane grond beton 1988 (H.), platte daken: dak – plat beton met plenum 1988 (H.)
 - Invoer buitengevels: eenvoudig, alle oriëntaties: wand buiten traditioneel 1988 (H.)
 - Invoer panelen in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: paneel buiten 1988 (H.)
 - Invoer ramen in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: raam hout dubbelglas 1988 (H.)
 - Invoer buitendeuren in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: deur buiten 70 mm hardhout
- Bouwdelen binnen de thermische schil:
 - Tussenvloeren: vloer tussen beton met plenum 1988 (H.)
 - Invoer wanden: eenvoudig
 - Constructie: wand binnen baksteen 100 mm 1988 (H.)
 - Invoer binnendeuren: eenvoudig
 - Constructie: deur binnen 40 mm

Kalkzandsteen en metselwerk ($R_c = 2,5$) – 2001 (H.)

- Bouwdelen van de thermische schil:
 - Vloeren: vloer begane grond beton 2001 (H.), platte daken: dak – plat beton met plenum 2001 (H.)
 - Invoer buitengevels: eenvoudig, alle oriëntaties: wand buiten traditioneel 2001 (H.)
 - Invoer panelen in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: paneel buiten 2001(H.) (aanname materialen en diktes)
 - Invoer ramen in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: raam hout HR glas 2001 (H.)
 - Invoer buitendeuren in gevel: eenvoudig, alle oriëntaties: deur buiten 70 mm hardhout (aanname dikte)
- Bouwdelen binnen de thermische schil:
 - Tussenvloeren: vloer tussen beton met plenum 2001 (H.)
 - Invoer wanden: eenvoudig
 - Constructie: wand binnen systeemwand 70 mm (H.)
 - Invoer binnendeuren: eenvoudig
 - Constructie: deur binnen 40 mm

VENTILATIE

Bijeenkomstfunctie vergaderruimte spreekkamer grote tafel (de hieronder genoemde gegevens gelden voor alle ruimten, tenzij anders aangegeven)

- Warmteverlies: maximum qv_{10} , koellast: geen infiltratie, EPG: afgeleid uit gebouwgegevens
- Opgegeven ventilatiedebiet specificeert: toevoer, warmteverlies en ventilatie: eigenwaarde 160 m^3/h , bron ventilatielucht wordt bepaald uit: ruimte-eigenschappen, gebouwsimulatie: eigen waarde, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk): 160, 0, 0 m^3/h , ventilatiedebiet door open ramen 0, aantal personen: 0,050 personen/ m^2

Bijeenkomstfunctie vergaderruimte spreekkamer kleine tafel

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 125 m^3/h , ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 125, 0, 0 m^3/h
- Maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit voor koeling
- Aantal personen: 0,050 personen/ m^2

Bijeenkomstfunctie vergaderruimte spreekkamer ronde tafel

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m^3/h , ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m^3/h
- Maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit voor koeling
- Aantal personen: 0,050 personen/ m^2

Kantoorfunctie archief BG 2001

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m^3/h , ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m^3/h
- Aantal personen: 0 personen/ m^2

Kantoorfunctie archief VD

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m^3/h , ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m^3/h
- Aantal personen: 0 personen/ m^2

Kantoorfunctie berging VD

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen/m²

Kantoorfunctie documentatie

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen/m²

Kantoorfunctie Dorine

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

Kantoorfunctie Fons, Lucas

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 550 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 550, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie Harold

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

Kantoorfunctie Henk Jan, Els

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 125 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 125, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie Hugh, Els, Jan

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 350 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 350, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 3 personen

Kantoorfunctie Jan

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

Kantoorfunctie kopieerruimte

- Opgegeven ventilatiedebiet specificceert: afvoer, warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 500 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 500, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie Liesbeth

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

Kantoorfunctie Lisa

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 160 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 160, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

Kantoorfunctie meterruimte

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie modelwoning

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie open ruimte

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 2359 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 2359, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie pantry en archief BG

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie pantry VD

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie Patrick, Marcel, Peter

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 674 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 674, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 3 personen

Kantoorfunctie Sander, Frank

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie Sandra, Sandra

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie technische ruimte

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie Thomas, Erik, Jos, Aaron, Tom

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 674 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 674, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 5 personen

Kantoorfunctie toilet 1

- Opgegeven ventilatiedebiet specificeert: afvoer, warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 7 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 7, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0,050 personen/m²

Kantoorfunctie toilet 2

- Opgegeven ventilatiedebiet specificeert: afvoer, warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 7 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 7, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0,050 personen/m²

Kantoorfunctie toilet 3

- Opgegeven ventilatiedebiet specificeert: afvoer, warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 7 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 7, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0,050 personen/m²

Kantoorfunctie Ugur, Erik

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 2 personen

Kantoorfunctie VKR 1

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie VKR 2

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 0 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 0, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 0 personen

Kantoorfunctie Wilco, Patrick, Georg

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 283 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 283, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 3 personen

Kantoorfunctie Wim

- Warmteverlies en ventilatie: eigen waarde 337 m³/h, ventilatiedebiet dag, nacht en nacht (voorwaardelijk) 337, 0, 0 m³/h
- Aantal personen: 1 personen

AFGIFTESYSTEEM

C+ VW Radiatoren HT op ketel

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur:

HT (hoge temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

TAPWATER

Op elektrische boiler

- Distributie tapwater: van elektrische boiler naar tappunten
- Utiliteitsbouw alle tappunten bevinden zich in een straal van drie meter van het opwekkingstoestel, afleverst of circulatiesysteem: ja

GEBOUWEISEN

Utiliteitsbouw, verlaagd plafond

- Gebouw voldoet aan het Bouwbesluit 2012: ja, controle op ventilatie-eisen volgens Bouwbesluit: ja (aanbevolen), type gebouw: meerlaags gebouw, type gevel: standaard gevel, warmteopwekker voor bepaling fractie z: warmteopwekking volgens afgifte, massa vloerconstructie: 2001: meer dan 400 kg/m², gesloten plafond (o.b.v. krachtenberekening, vloer: 522 kg/m²), 1988: broodjevloer aangenomen meer dan 400 kg/m²
- Lambda grond: droog zand (o.b.v. Mos grondmechanica rapport), temperatuur: 10 graden (standaard), equivalente U-waarde vloer: 0,30 W/m²K (VABI, Rc=2,5), grondwaterniveau: 1 meter of meer onder vloerniveau (o.b.v. Mos grondmechanica rapport)

GEBOUWREGELINGEN

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m²), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m²), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open
- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperiodes: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)

BRONNEN

Tabel B3.4: bronnen gebouweigenschappen

Informatie	Bron
Ventilatiegebieden	H. installatietekening 101 plattegrond ontwerp ventilatie-installatie met topkoeling
Energiegebruik en -kosten	jaarafrekeningen Engie
Verblijfsruimten, -gebieden incl. oppervlakten	Feenstra Bouwtekening BB01 aanduiding bousbesluit begane grond/verdieping
Aantal en soorten lampen	'Observatie'
Soort cv-ketel	'Observatie'
Instellingen cv-ketel	Technische-informatieboekje Remeha en observatie cv-ketelinstellingen
LBK-informatie	Technische gegevens HBW Klimaatinstallaties
Indeling kantoren	H. bouwtekening
Hoogten bouwlagen en typen ramen nieuwbouw	H. werktekeningen G01, G02 gevels NW en ZW

Geometrie 1e verdieping nieuwbouw	Feenstra bouwtekening 202 plattegrond 1e verdieping
Geometrie 1e verdieping oudbouw	H. bouwtekening 2 nieuw kantoorgebouw H. Wheedarsweg te Goor verdiepingsvloer
Geometrie begane grond oudbouw	H. bouwtekening 1 nieuw kantoorgebouw H. Wheedarsweg te Goor beganegrondvloer
Typen en geometrie ramen nieuwbouw	Feenstra bouwtekening 207 kozijnen
Geometrie gevels	Feenstra bouwtekening 102 gevels doorsneden
Geometrie 1e begane grond nieuwbouw	Feenstra bouwtekening 201 plattegrond begane grond
Indeling kantoren begane grond nieuwbouw	H. bouwtekening 0.01 begane grond
Hoogten bouwlagen	H. werktekening D01 doorsnede
Geometrie constructies gevels en vloeren	Feenstra detailtekeningen 103 principedetails 1 t/m 10
Geometrie bouwlagen	Feenstra bouwtekening 101 plattegronden
Geometrie begane grond	H. werktekening B01 BGG
Geometrie oudbouw	H. bouwtekening 2 kantoor + situatie H. (1989)
Materiaal gevel	Offerte van gevelstenen Eshuis offerte van gevelstenen 2001408- 3/FHE (2000)
Materiaal gevel	H. prijsaanvraag (2001)
Materiaal dakvloer nieuwbouw	Offerte Kwerreveld Dakbedekking BV JKG215168
Buitenklimaat	KNMI
Vrije dagen	H. lijst vrije dagen en vakantiedagen
Tapwaterinstallatie	'Observatie'
Materialen constructies oudbouw	Interview directeur H.
Aantallen apparaten	'Observatie'
Tijdschema installaties	'Observatie'

BIJLAGE 4: THERMOGRAFISCHE ANALYSE

De thermische schil van het kantoorgebouw is volledig geanalyseerd op twee dagen. Relevante informatie over weersomstandigheden zijn in deze bijlage weergegeven. Daarnaast toont bijlage 4 alle gemaakte ir-foto's.

Datum: 2 mei 2017
Tijd: 8:30 – 8:45 uur.
Binnentemperatuur: 21,7 – 23,7°C, afhankelijk van de verblijfsruimten (volgens thermostaat).
Buitentemperatuur: 8,1°C (volgens thermometer luchtbehandelingskast).
Weersomstandigheden:

- o Regen: miezerregen (gebouw is nat).
- o Bewolking: bewolkt, lichte kleur.
- o Wind: matige wind.
- o Zon: de gehele dag geen zonlicht.

Afstand object-camera: 10 – 15 m afhankelijk van beschikbare ruimte om beelden te maken en gevels op beeld te krijgen.

Verwarmingstijd: ca. 7 uur (verwarming wordt om 1:00 uur ingeschakeld).

De beelden van de gedetailleerde analyse zijn gemaakt onder de volgende omstandigheden:

Datum: 3 mei 2017
Tijd: 8:30 – 8:45 uur.
Binnentemperatuur: 21,5 – 23,5°C, afhankelijk van de verblijfsruimten (volgens thermostaat).
Buitentemperatuur: 7,6°C (volgens thermometer LBK).
Weersomstandigheden:

- o Regen: geen (gebouw is nat).
- o Bewolking: bewolkt, lichte kleur.
- o Wind: zwakke wind.
- o Zon: de gehele dag geen zonlicht.

Afstand object-camera: 5 – 15 m afhankelijk van beschikbare ruimte om beelden te maken en gevels op beeld te krijgen.

Verwarmingstijd: ca. 4 uur (verwarming wordt om 4:00 uur ingeschakeld).

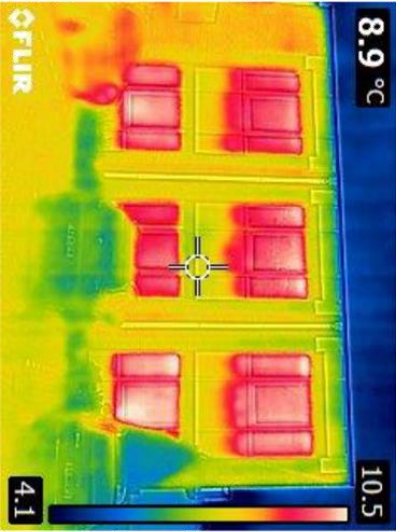


Foto 4.1 en 4.2
ZO-gevel



Foto 3.1 en 3.2
ZO-gevel



Foto 2.1 en 2.2
ZO-gevel

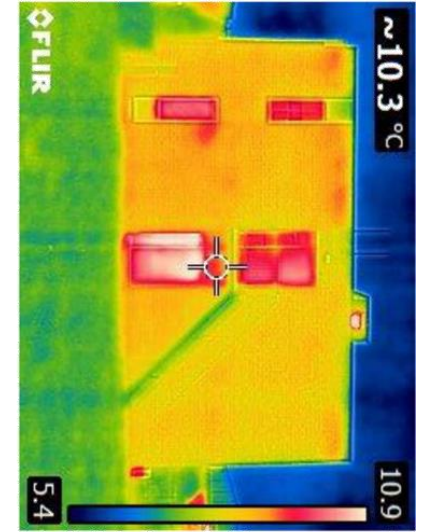


Foto 1.1 en 1.2
NO-gevel

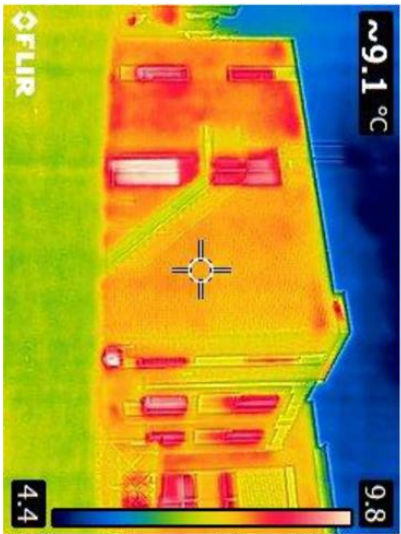


Foto 8.1 en 8.2

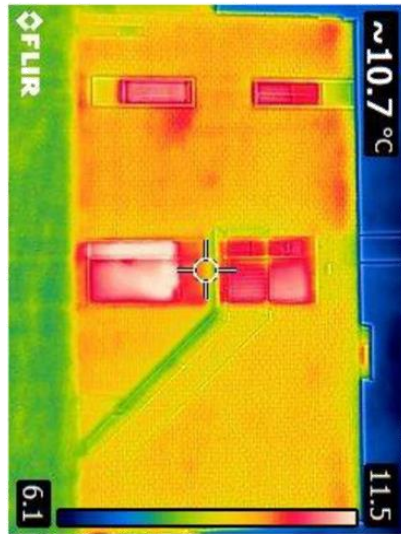


Foto 7.1 en 7.2



Foto 6.1 en 6.2

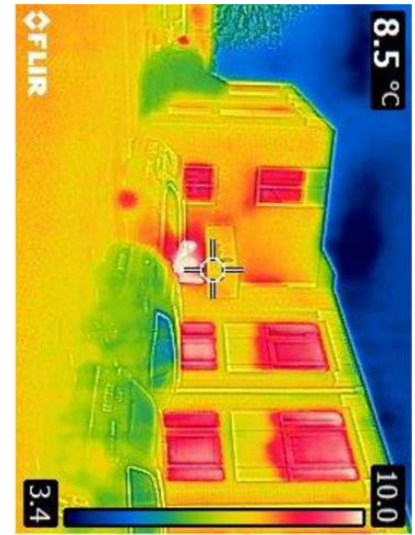


Foto 5.1 en 5.2



Foto 16.1 en 16.2
NW-gevel

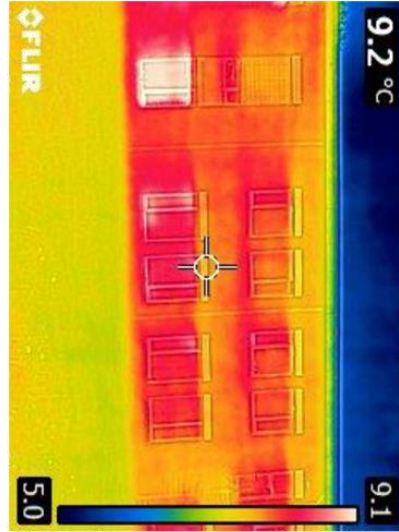


Foto 15.1 en 15.2
NW-gevel



Foto 14.1 en 14.2
NW-gevel

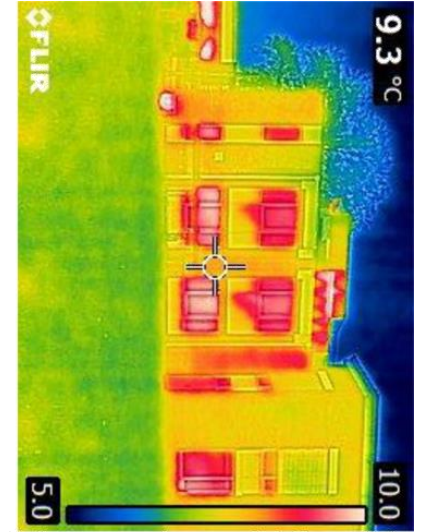


Foto 13.1 en 13.2
NW-gevel



Foto 21.1 en 21.2
NW- en ZW-gevel



Foto 20.1 en 20.2
ZW-gevel

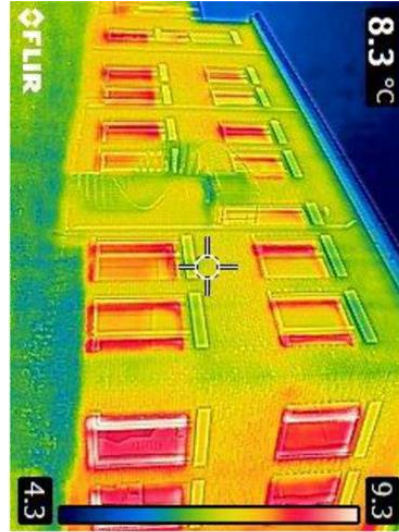


Foto 18.1 en 18.2
NW- en ZW-gevel

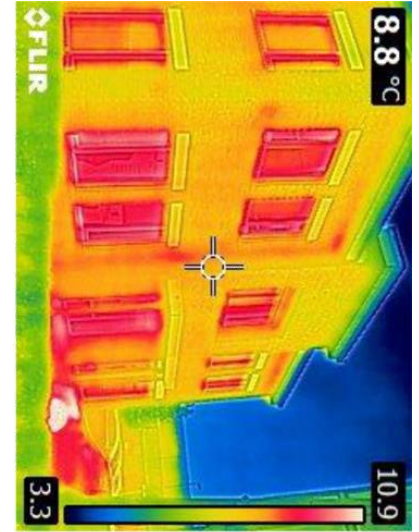


Foto 17.1 en 17.2
NW-gevel

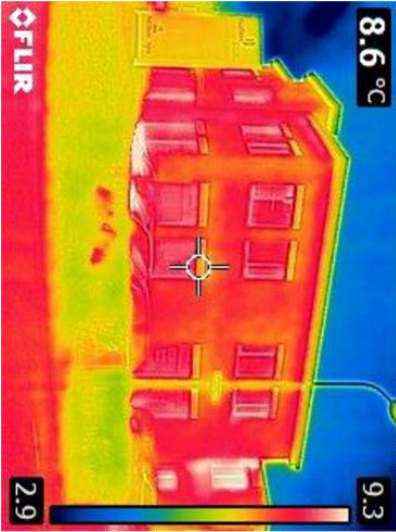


Foto 25.1 en 25.2
ZW- en ZO-gevel



Foto 24.1 en 24.2
ZW- en ZO-gevel



Foto 23.1 en 23.2
ZW-gevel

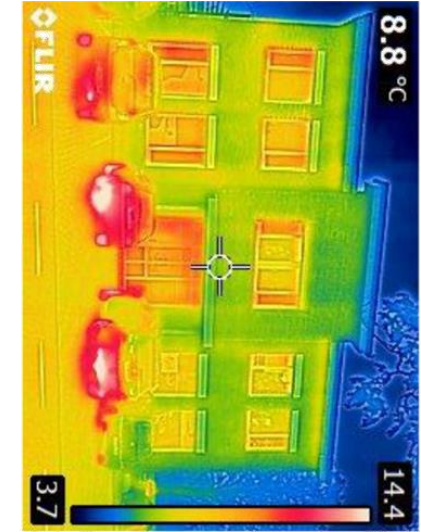


Foto 22.1 en 22.2
ZW-gevel

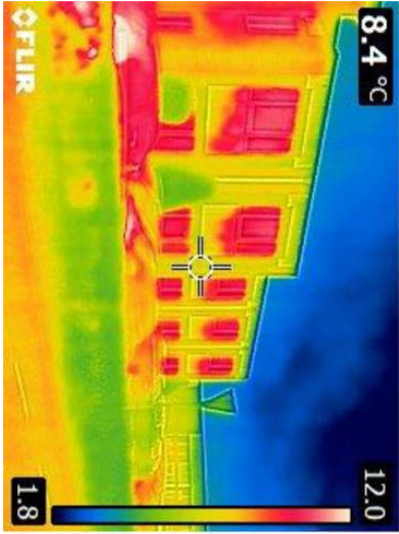


Foto 29.1 en 29.2
ZO-gevel



Foto 28.1 en 28.2
ZO-gevel



Foto 27.1 en 27.2
ZO-gevel

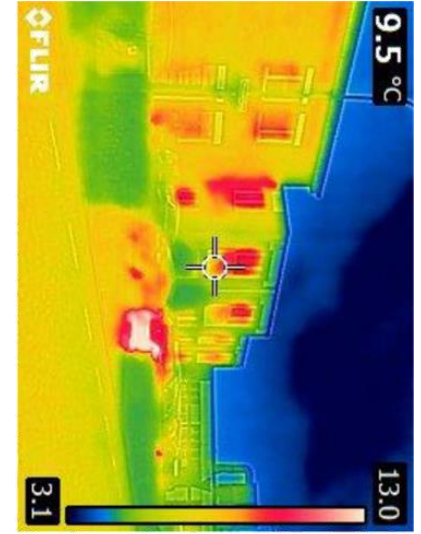


Foto 26.1 en 26.2
ZO-gevel

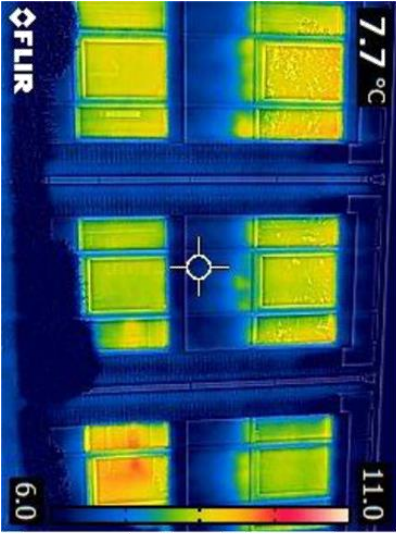


Foto b1 en b2
ZO-gevel



Foto a1 en a2
ZO-gevel



Foto 31.1 en 31.2
ZO-gevel

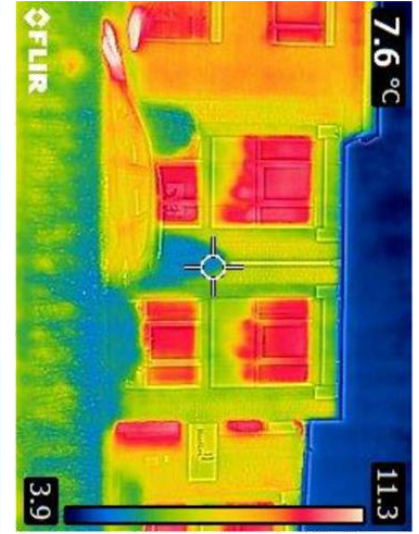


Foto 30.1 en 30.2
ZO-gevel



Foto f1 en f2
ZO-gevel

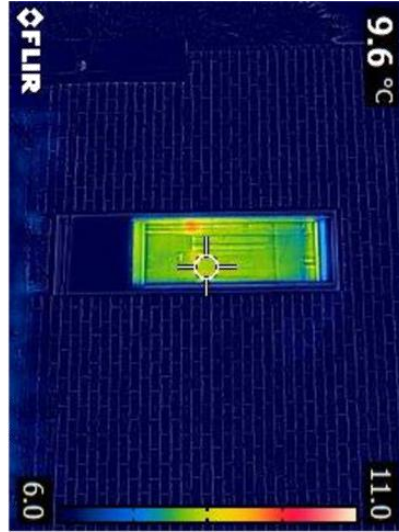


Foto e1 en e2
NO-gevel



Foto d1 en d2
NO-gevel

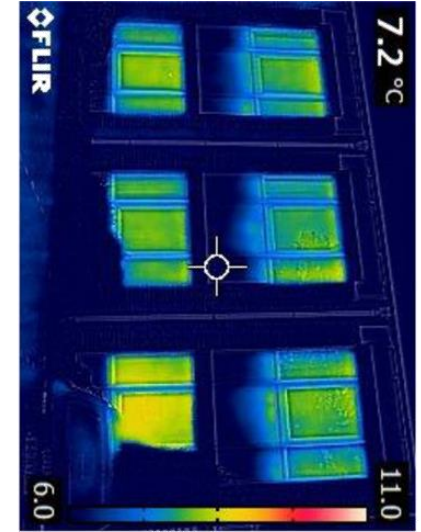


Foto c1 en c2
ZO-gevel

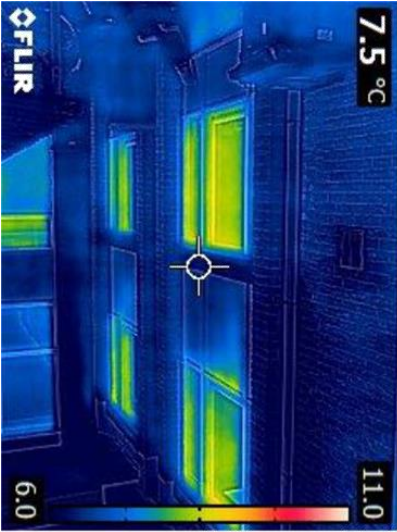


Foto j1 en j2
ZW-gevel

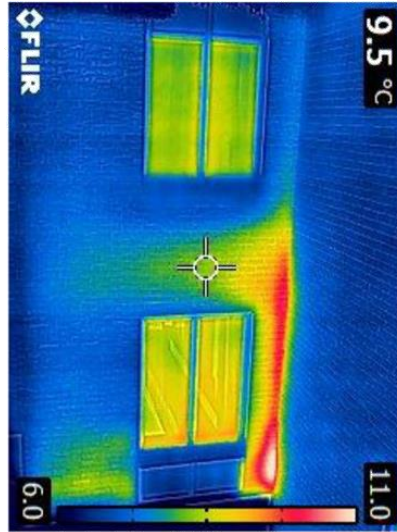


Foto i1 en i2
NO-gevel

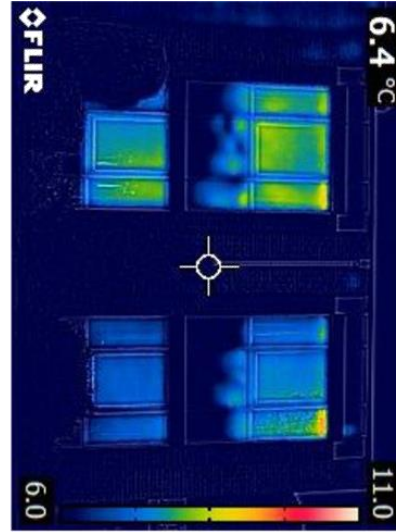


Foto h1 en h2
ZO-gevel

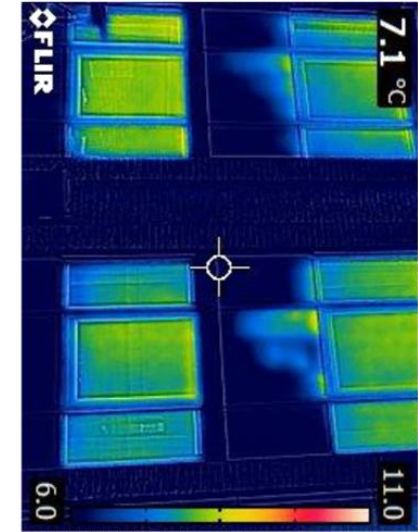


Foto g1 en g2
NW-gevel



Foto l1 en l2
ZO-gevel

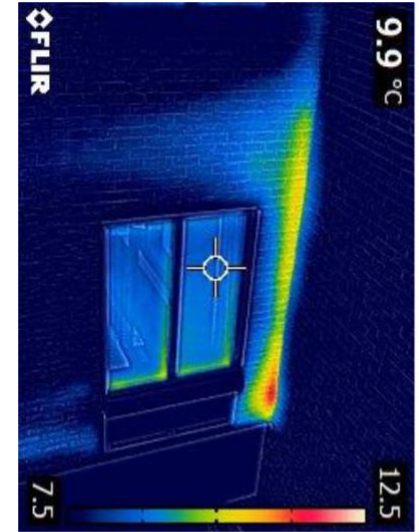
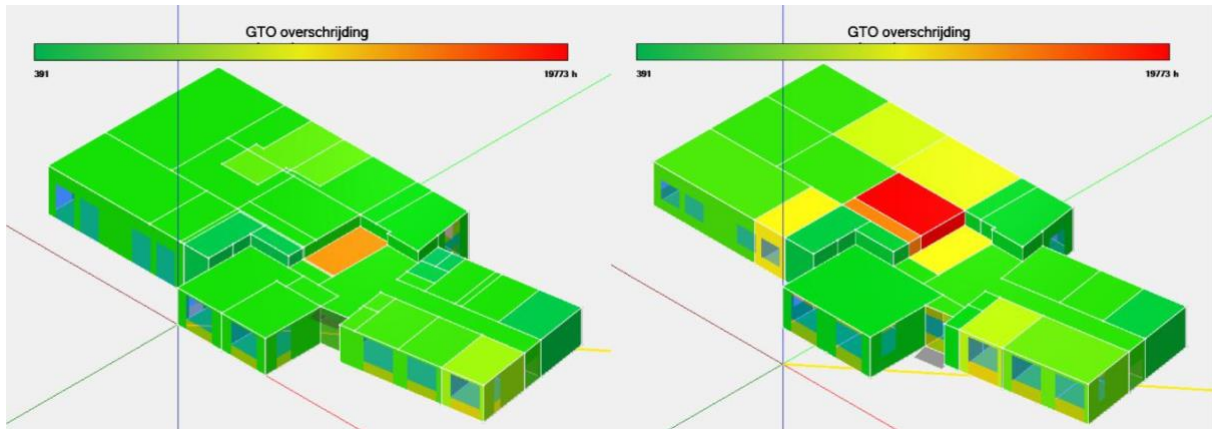


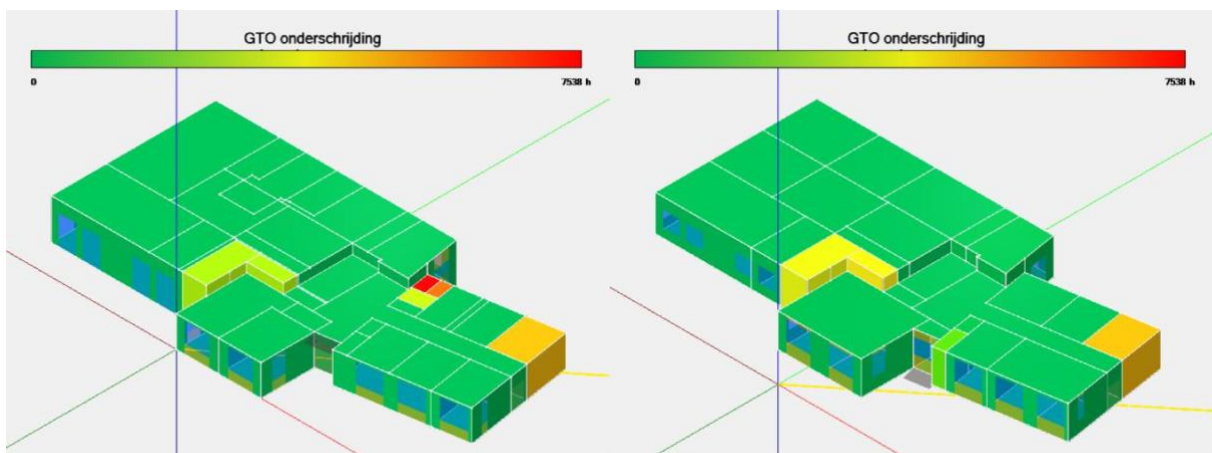
Foto k1 en k2
ZO-gevel

BIJLAGE 5: RESULTATEN ENERGIE-AUDIT BINNENKLIMAAT

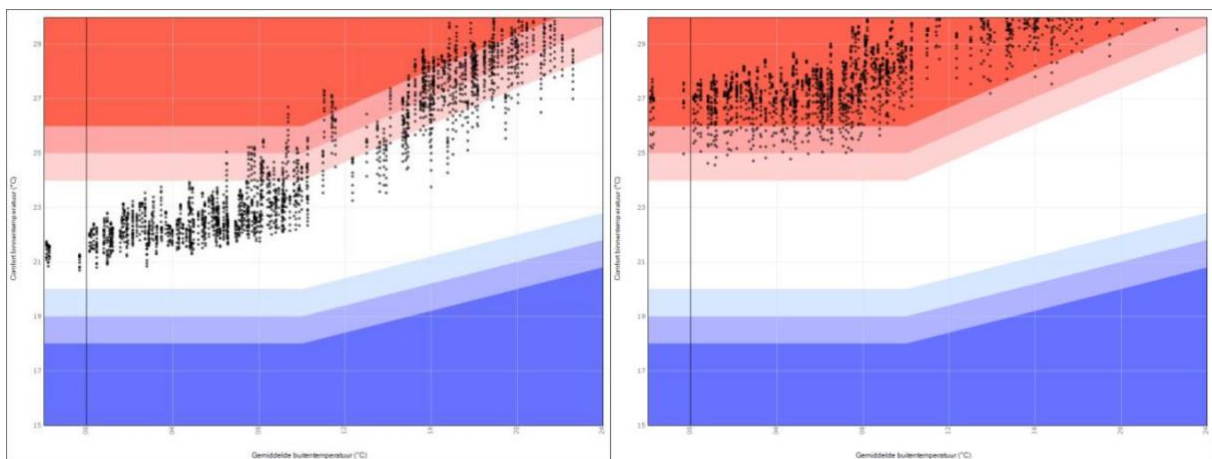
Zie voor de resultaten van over- en onderschrijdingsuren Figuur B5.1 en B5.2. In Figuur B5.3 zijn twee zogenoemde comfortgrafieken weergegeven, met de gemiddelde buitentemperatuur en comfort binnentemperatuur op respectievelijk de x- en y-as. Een stip in het rood betekent een te hoge comfort binnentemperatuur (overschrijding) en een stip in het blauw betekent een de lage comfort binnentemperatuur (onderschrijding). Elke stip vertegenwoordigt één uur in het jaar.



Figuur B5.1: aantal overschrijdingsuren verblijfsruimten (uur)



Figuur B5.2: aantal onderschrijdingsuren verblijfsruimten (uur)



Figuur B5.3: comfortgrafieken verblijfsruimten laagste en hoogste overschrijdingswaarden

BIJLAGE 6: SPECIFICATIES MAATREGELEN

Bijlage 5 toont de uitwerking van de voorgestelde maatregelenpakketten en onderbouwing van wel-toepasbare maar niet-geanalyseerde maatregelen.

TOELICHTING MAATREGELENPAKKETTEN

A0 Referentie: A0 dient als referentie voor de opgestelde alternatieven. A0 vertegenwoordigt de huidige situatie van het kantoorgebouw zoals doorgerekend in de energie-audit.

A1 Combinatie gasabsorptiewarmtepomp-efficiënt energiegebruik: de toepassing van een gasabsorptiewarmtepomp heeft het doel het gasgebruik van het kantoorgebouw en de daarbij veroorzaakte CO₂-uitstoot verder omlaag te brengen. De warmtepomp maakt in dit alternatief deel uit van de opwekking van hernieuwbare energie. De warmtepomp neemt de taak van de hr-ketels over, die als back-up warmteopwekker blijven fungeren. Een gasabsorptiewarmtepomp geeft dus de mogelijkheid. Een tweede hernieuwbare-energiebron zijn 50 zonnepanelen à 260 Wp op het dak van het kantoorgebouw. 50 zonnepanelen is het maximale aantal dat op het dak past. Er kan altijd worden overwogen panelen met een hoger of lager vermogen aan te schaffen, afhankelijk van de investeringsbereidheid. Alternatief A1 legt ook de nadruk op een efficiënt energiegebruik door middel van een goede isolatie van de buitengevels. Na-isolatie van de spouwen tot ca. 110 mm glaswol moet zorgen voor een Rc-waarde van ca. 3,6 m²K/W. Een dikkere isolatie zorgt voor een lager energiebehoefte en een lager energiegebruik, wat vooral invloed zal hebben op het gasgebruik. Getracht wordt het elektriciteitsgebruik terug te dringen door middel van een verzameling maatregelen: daglichtregeling verlichting, klokschakelaar kopieerapparaten, stand-by killers voor pc's en monitors en ledverlichting in plaats van de nu gebruikte fluorescentielampen. Om het energiegebruik te kunnen monitoren, wordt een slimme meter met energieverbruiksmanager aangeraden. Met deze meters kan energiegebruik gecontroleerd worden gereduceerd.

A2 Efficiënt energiegebruik: alternatief 2 is een maatregelenpakket dat doelt op een efficiënt energiegebruik. Met dit alternatief wordt onderzocht of/in welke mate een efficiënt energiegebruik leidt tot een duurzamer kantoorgebouw. Een efficiënter gasgebruik moet worden bereikt door het toepassen van na-isolatie van de buitengevels van het gebouw. Hiervoor wordt na-isolatie toegepast zoals in alternatief A1: tot 110 mm glaswol, wat moet zorgen voor een Rc-waarde van 3,6 m²K/W. Dit alternatief verschilt met alternatief A1 door het niet-toepassen van een warmtepomp. Hiermee wordt onderzocht in welke mate een goede isolatie invloed heeft op het energiegebruik van het kantoorgebouw. Mogelijk is een goede isolatie reeds voldoende om gasgebruik, maar vooral CO₂-emissie terug te dringen. Hierbij wordt ook een CO₂-gestuurde regeling voor de luchtbehandelingskast ingevoerd, zodat het elektriciteitsgebruik van de balansventilatie kan worden gereduceerd. Verdere elektriciteitsgebruik wordt getracht te worden bewerkstelligd door de maatregelen zoals beschreven in alternatief A1.

A3 Maximale investering: alternatief A3 doelt op een zo duurzaam mogelijk en meest toekomstbestendig kantoorgebouw door het investeren in zo veel mogelijk maatregelen. Dit wordt verwezenlijkt door toepassing van warmte- en koudeopslag voor verwarming en koeling door middel van een warmte/warmte-waterpomp (gesloten systeem), lagetemperatuurverwarming, CO₂-gestuurde regeling voor ventilatie, isolatie zoals toegepast in alternatief A1/A2 en de elektriciteitsreducerende maatregelen inclusief zonnepanelen zoals in alternatief A1. Met dit alternatief wordt onderzocht of invoering van veel duurzaamheidsmaatregelen het gewenste gevolg geeft qua duurzaamheid.

A4 Minimale investering: dit alternatief is een tegenpool van alternatief A3. Met dit alternatief wordt bedoeld op een minimale investering waarin alleen maatregelen zijn opgenomen die de belangrijkste doelen verwezenlijken. Dit houdt in dat elektriciteitsreducerende maatregelen worden toegepast, zoals in alternatief A1, en dat isolatie wordt aangebracht ter plaatse van de gevonden koudebruggen. Met alternatief A4 wordt onderzocht hoe groot de invloed op de duurzaamheid is bij een minimale investering.

A5 Combinatie lucht/water-warmtepomp-compressiekoelmachine: alternatief A5 onderzoekt de gevolgen van toepassing van een lucht/water-warmtepomp die wordt toegepast voor de verwarming van

het kantoorgebouw. Om de warmtepomp efficiënter te gebruiken wordt lagetemperatuurverwarming toegepast. Het doel van dit maatregelenpakket is het onderzoeken of/in welke mate een warmtepomp ter vervanging van de hr-ketels het kantoorgebouw aanzienlijk duurzamer maakt. De toepassing van LT-convectoren ter vervanging van de paneelradiatoren moeten zorgen voor een lager energiegebruik. De CO₂-gestuurde regeling moet zorgen voor een lager energiegebruik van de balansventilatie en na-isolatie bij de koudebruggen moet zorgen voor het reduceren van warmteverlies. 50 zonnepanelen worden op het dak geïnstalleerd ten behoeve van hernieuwbare energie en een lager CO₂-uitstoot en primaire-energiebehoefte. De maatregelen voor elektriciteitsafname zijn dezelfde zoals beschreven in alternatief A1.

A6 Combinatie minimale investering-lagetemperatuurverwarming: alternatief A6 onderzoekt het gevolg van toepassing van lagetemperatuurverwarming. Door toepassing van lagetemperatuurverwarming, met invoering van LT-convectoren, wordt het gasgebruik gereduceerd. Na-isolatie wordt enkel aangebracht bij de koudebruggen. Maatregelen ten behoeve van elektriciteitsafname zijn zoals beschreven in alternatief A1.

A7 Combinatie gasabsorptiewarmtepomp-compressiekoelmachine: alternatief A7 is gericht op het reduceren van gas door het toepassen van een warmtepomp op gas. Met deze gasabsorptiewarmtepomp wordt gas efficiënter gebruikt. Hierbij wordt lagetemperatuurverwarming toegepast. Elektriciteitsreducerende maatregelen en zonnepanelen worden toegepast zoals beschreven in A1.

A8 Warmte-krachtkoppeling: alternatief A8 onderzoekt het gebruik van een HRe-ketel, met als doel het aandeel hernieuwbare energie van het kantoorgebouw te verhogen. Elektriciteitsgebruik wordt gereduceerd zoals genoemd in A1. Het gasgebruik zal toenemen door gebruik van een HRe-ketel, dat op duurzame wijze elektriciteit produceert, net zoals de toepassing van 50 zonnepanelen à 260 Wp/m² op het platte dak van het kantoorgebouw.

NIET-GEANALYSEERDE MAATREGELLEN

Enkele maatregelen zijn wel toepasbaar in het kantoorgebouw van H., maar blijken na research niet geschikt voor het kantoorgebouw. Deze zijn hieronder toegelicht.

IR-panelen: IR-panelen zijn alleen milieuvriendelijk als de benodigde elektriciteit duurzaam is opgewekt, zoals met bijvoorbeeld een warmtepomp. IR-panelen werken op elektriciteit. Aangezien elektriciteitsproductie veel milieuvriendelijker is dan gasproductie, is het gebruik van grijze stroom minder milieuvriendelijk dan het gebruik van een hr-ketel op gas. In geval van energiebesparing worden een betere isolatie en/of slim verwarmen als betere alternatieven beschouwd.

Kleine windturbine: de hoge investeringskosten zorgen ervoor dat de aanschafkosten niet worden terugverdiend.

Combiwaterpomp: een combiwaterpomp wordt gebruikt voor verwarming en warm tapwater. Echter wordt er geen significant warm tapwater gebruikt, waardoor een combiwaterpomp overbodig is.

Absorptiekoelmachine: een absorptiekoelmachine is een alternatief voor de aanwezige compressiekoelmachine. Echter zorgt de absorptiekoelmachine niet voor meer duurzaamheid.

BIJLAGE 7: INVOER ENERGIESIMULATIEMODEL MAATREGELLEN

Bijlage 6 toont de invoergegevens in het energiesimulatiemodel van de maatregelenpakketten. Hierbij zijn alleen veranderingen getoond ten opzichte van de invoer van de huidige conditie van het kantoorgebouw, zoals die is uitgewerkt in Bijlage 3.

ALTERNATIEF A1

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV paneel aanwezig: ja, paneeloppervlakte 81,7 m², capaciteit 260 W_{piek}/m², helling 35°, oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – Constructies:

Wand – buiten traditioneel 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 120 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (steenwol/glaswol), 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 3,57 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 423,92 \text{ kg/m}^3$, dikte = 430 mm

Wand – buiten traditioneel 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 25 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 150 mm metselstenen kalkzandsteen
- $R_c = 3,79 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 514,98 \text{ kg/m}^3$, dikte = 385 mm

Wand – buiten traditioneel 320 mm 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 10 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 3,57 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 423,86 \text{ kg/m}^3$, dikte = 320 mm

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – opwekking:

‘Warmtepomp/compressor’

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair
- Opwekkers:
 - Warmte – Warmtepomp (systeem: warmte, locatie opwekker: tegen gebouw, hoofdopwekker (preferent) type: warmtepomp, modulerend vermogensregeling: ja, ondergrens modulatie 0,4, thermisch vermogen: ongelimiteerd, specificaties: standaard, aanvoertemperatuur: 80 °C (standaard), afwijkend rendement: ja, rendement 1,000, voldoet aan minimale COP-waarde: ja, type: gasabsorptie aangedreven warmtepomp, bron (utiliteitsbouw): buitenlucht, lucht/water-warmtepomp: ja, energiefractie: 1,000)
 - Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – hoge temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: Warmtepomp/compressiekoelmachine, ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): ja, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: kamerthermostaat
- Temperatuur: HT, temperaturen: eigen waarde (dag en nacht 90°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: nee, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: nee

Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Sjablonen – Afgiftesysteem:

Gasabsorptiewarmtepomp

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: HT (hoge temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m^2), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m^2), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open
- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperiodes: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)
- Aantal zonnepanelen: 50

ALTERNATIEF A2

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV panelenaanwezig: ja, paneeloppervlakte $81,7 \text{ m}^2$, capaciteit $260 \text{ W}_{\text{piek}}/\text{m}^2$, helling 35° , oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – Constructies:

Wand – buiten traditioneel 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 120 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (steenwol/glaswol), 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 3,57 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 423,92 \text{ kg/m}^3$, dikte = 430 mm

Wand – buiten traditioneel 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 25 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 150 mm metselstenen kalkzandsteen
- $R_c = 3,79 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 514,98 \text{ kg/m}^3$, dikte = 385 mm

Wand – buiten traditioneel 320 mm 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 10 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 100 mm metselstenen baksteen
- $R_c = 3,57 \text{ m}^2\text{K/W}$, $m = 423,86 \text{ kg/m}^3$, dikte = 320 mm

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

→ VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

→ VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

→ 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

→ VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

→ VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

→ VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

→ Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

→ Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – luchtbehandeling:

Mechanische regeling: CO₂-sturing tijdens opwarmen gebouw

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

→ Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m²), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m²), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open

→ Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperioden: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)

→ Aantal zonnepanelen: 50

ALTERNATIEF A3

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV paneel aanwezig: ja, paneeloppervlakte 81,7 m², capaciteit 260 W_{piek}/m², helling 35°, oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – Constructies:

Wand – buiten traditioneel 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 120 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie minerale wol/vezelplaat (steenwol/glaswol), 100 mm metselstenen baksteen
- Rc = 3,57 m²K/W, m = 423,92 kg/m³, dikte = 430 mm

Wand – buiten traditioneel 2001 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 25 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 150 mm metselstenen kalkzandsteen
- Rc = 3,79 m²K/W, m = 514,98 kg/m³, dikte = 385 mm

Wand – buiten traditioneel 320 mm 1988 (H.)

- Buiten: absorptie 0,60, emissie 0,90; binnen: absorptie: 0,60, emissie 0,90
- 100 mm metselstenen baksteen, 10 mm spouw verticaal niet geventileerd, 110 mm isolatie rockwool 433 HP/Plus, 100 mm metselstenen baksteen
- Rc = 3,57 m²K/W, m = 423,86 kg/m³, dikte = 320 mm

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – opwekking:

‘WKO’

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair
- Opwekkers:
 - Warmte – Warmtepomp (systeem: warmte, locatie opwekker: tegen gebouw, hoofdopwekker (preferent) type: warmtepomp, modulerend vermogensregeling: ja, ondergrens modulatie 0,4, thermisch vermogen: 125,0 kW, specificaties: standaard, aanvoertemperatuur: 80 °C (standaard), afwijkend rendement: ja, rendement 1,000, voldoet aan minimale COP-waarde: ja, type: elektrische warmtepomp, bron (utiliteitsbouw): bodem)
 - Koude: koudeopslag (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: koudeopslag, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: ja
- Warmte – ketel (systeem: warmte, locatie opwekker: buiten zone en binnen gebouw, hoofdopwekker (preferent): nee, type: ketel, modulerend vermogensregeling: nee, keurmerk warmte: HR-107-ketel, thermisch vermogen: 2x43 kW = 86 kW, specificaties: eigen waarden, aanvoertemperatuur: 90 °C, retourtemperatuur 65 °C, omgevingstemperatuur 35 °C, afwijkend rendement: nee

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – lage temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: WKO, ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): nee, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: per ruimte
- Temperatuur: LT, temperaturen: standaard (dag en nacht 35°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: ja, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: ja

Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Hulpmiddelen – luchtbehandeling:

Mechanische regeling: CO₂-sturing tijdens opwarmen gebouw

Sjablonen – Afgiftesysteem:

WKO

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: LT (lage temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m^2), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m^2), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open
- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperiodes: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)
- Aantal zonnepanelen: 50

ALTERNATIEF A4

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W , voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. $698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 \text{ W}$ (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m^2 (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

ALTERNATIEF A5

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV panelenaanwezig: ja, paneeloppervlakte 81,7 m², capaciteit 260 W_{piek}/m², helling 35°, oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd

op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

→ Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – opwekking:

‘Warmtepomp/compressor’

→ Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair

→ Opwekkers:

Warmte – Warmtepomp (systeem: warmte, locatie opwekker: tegen gebouw, hoofdopwekker (preferent) type: warmtepomp, modulerend vermogensregeling: ja, ondergrens modulatie 0,4, thermisch vermogen: waarde opgeven (9999,9 kW), specificaties: standaard, aanvoertemperatuur: 80 °C (standaard), afwijkend rendement: ja, rendement 5,000, voldoet aan minimale COP-waarde: ja, type: elektrische warmtepomp, bron (utiliteitsbouw): buitenlucht, lucht/water-warmtepomp: ja, energiefractie: 0,800)

Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)

Warmte – ketel (systeem: warmte, locatie opwekker: buiten zone en binnen gebouw, hoofdopwekker (preferent): nee, type: ketel, modulerend vermogensregeling: nee, keurmerk warmte: HR-107-ketel, thermisch vermogen: 2x43 kW = 86 kW, specificaties: eigen waarden, aanvoertemperatuur: 90 °C, retourtemperatuur 65 °C, omgevingstemperatuur 35 °C, afwijkend rendement: nee

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – lage temperatuur

→ Systeem: warmte, opwekking: warmtepomp/compressor, ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): nee, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: per ruimte

→ Temperatuur: LT, temperaturen: standaard (dag en nacht 35°C)

→ Aanvullende circulatiepompen aanwezig: ja, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: ja

Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Hulpmiddelen – luchtbehandeling:

Mechanische regeling: CO₂-sturing tijdens opwarmen gebouw

Sjablonen – Afgiftesysteem:

Lucht/water-warmtepomp en compressiekoelmachine

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: LT (lage temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m^2), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m^2), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open
- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperiodes: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)
- Aantal zonnepanelen: 50

ALTERNATIEF A6

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W , voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. $698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 \text{ W}$ (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m^2 (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen $6,8 \text{ W/m}^2$ (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- We's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – Opwekking:

Cv-ketel/compressiekoelmachine (H.)

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair
- Opwekkers:
 - Warmte – ketel (systeem: warmte, locatie opwekker: buiten zone en binnen gebouw, hoofdopwekker (preferent) type: ketel, modulerend vermogensregeling: nee, keurmerk warmte: HR-107-ketel, thermisch vermogen: 2x43 kW = 86 kW, specificaties: eigen waarden, aanvoertemperatuur: 90 °C, retourtemperatuur 65 °C, omgevingstemperatuur 35 °C, afwijkend rendement: nee)
 - Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – lage temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: cv-ketel/compressiekoelmachine (H.), ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): ja, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: kamerthermostaat
- Temperatuur: LT, temperaturen: standaard (dag en nacht 35°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: nee, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: nee
- Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Sjablonen – Afgiftesysteem:

C+ VW Radiatoren LT op ketel

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: LT (lage temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

ALTERNATIEF A7

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV panelenaanwezig: ja, paneeloppervlakte 81,7 m², capaciteit 260 W_{piek}/m², helling 35°, oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – opwekking:

‘Warmtepomp/compressor’

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair
- Opwekkers:
 - Warmte – Warmtepomp (systeem: warmte, locatie opwekker: tegen gebouw, hoofdopwekker (preferent) type: warmtepomp, modulerend vermogensregeling: ja, ondergrens modulatie 0,4, thermisch vermogen: ongelimiteerd, specificaties: standaard, aanvoertemperatuur: 80 °C (standaard), afwijkend rendement: ja, rendement 1,000, voldoet aan minimale COP-waarde: ja, type: gasabsorptie aangedreven warmtepomp, bron (utiliteitsbouw): buitenlucht, lucht/water-warmtepomp: ja, energiefractie: 1,000)
 - Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – lage temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: Warmtepomp/compressiekoelmachine, ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): ja, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: kamerthermostaat
- Temperatuur: LT, temperaturen: standaard (dag en nacht 35°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: nee, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: nee

Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Sjablonen – Afgiftesysteem:

Gasabsorptiewarmtepomp

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: LT (lage temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m²), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m²), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open

- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperioden: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)
- Aantal zonnepanelen: 50

ALTERNATIEF A8

Projectgegevens – Elektriciteitsproductie:

PV paneel aanwezig: ja, paneeloppervlakte 81,7 m², capaciteit 260 W_{piek}/m², helling 35°, oriëntatie zuid

Hulpmiddelen – IWP Apparaten:

IWP Apparaten VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 491 W, voelbaar standaard

(1,00) IWP Apparaten VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 300 W (laserprinter), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten VR 1, 3-9 (H.)

- 8 apart gedefinieerde verblijfsruimten, VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen resp. 698, 930, 465, 191, 390, 930, 465, 465 W (gebaseerd op aantal pc's en monitors in VR, VR 5 heeft 3 laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

IWP Apparaten kopieerruimte

- VABI ISSO 32 afgegeven vermogen, vermogen 3690 W (laserprinters), voelbaar standaard (1,00)

Hulpmiddelen – IWP Verlichting

IWP Verlichting VKR BG (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VKR VD (H.)

- VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen 6,8 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting VR 1-9 (H.)

- Verblijfsruimten apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 7, 6,5, 6,5, 6,5, 6,3, 6,5, 6,5, 6,5, 5,2, 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: ja (VR 3, 9), nee rest, afzuiging armatuur: nee, positie: inbouw, regeling: daglichtregeling

IWP Verlichting WC 1-3 (H.)

- Wc's apart gedefinieerd, VABI ISSO 32 directe algemene verlichting met inbouw-/opbouwarmaturen, vermogen resp. 6,5, 7, 7 W/m² (gebaseerd op soort verlichting), aanwezigheidsdetectie: ja, verlicht plafond: nee, afzuiging van armatuur, positie: inbouw, regeling: ruimte

Hulpmiddelen – zonnepanelen (stroom):

Oppervlakte: 1,63 m², oriëntatie 180°, hellingshoek 36°, piekvermogen zonnecellen bekend: ja, som piekvermogen: 260 W/m²

Hulpmiddelen – opwekking:

‘HRe-ketel’

- Opwekkingsconfiguratie: individueel systeem, rekenmethode hulpenergie: forfaitair
- Opwekkers:
 - Warmte – Warmtekrachtkoppeling (WKK/microWKK) (systeem: warmte, locatie opwekker: binnen gebouw en buiten zone, hoofdopwekker (preferent): ja, type: warmtekrachtkoppeling (WKK/microWKK), thermisch vermogen: waarde: ongelimiteerd, elektrisch vermogen: 10.000 kW, afwijkend omzettingstal: nee
 - Koude: compressiekoelmachine (systeem: koude, hoofdopwekker (preferent) type: compressiekoelmachine, energiedrager: elektriciteit, specificaties: zonder verdere specificaties, pomp(en)/ventilator(en) met toerenregeling: nee, asvermogen: 10.000 kW (standaard, geen informatie beschikbaar), lucht-waterwarmtepomp: nee, thermisch vermogen: ongelimiteerd (geen informatie beschikbaar), afwijkend rendement: nee)
 - Warmte – ketel (systeem: warmte, locatie opwekker: buiten zone en binnen gebouw, hoofdopwekker (preferent): nee, type: ketel, modulerend vermogensregeling: nee, keurmerk warmte: HR-107-ketel, thermisch vermogen: 2x43 kW = 86 kW, specificaties: eigen waarden, aanvoertemperatuur: 90 °C, retourtemperatuur 65 °C, omgevingstemperatuur 35 °C, afwijkend rendement: nee

Hulpmiddelen – Distributie:

Verwarmen – hoge temperatuur

- Systeem: warmte, opwekking: warmtepomp/compressor, ander transportmiddel dan water (zoals koelmiddel): nee, buffervat buiten de verwarmde ruimte aanwezig: nee, wijze van regelen: per ruimte
- Temperatuur: HT, temperaturen: eigen waarde (dag en nacht 90°C)
- Aanvullende circulatiepompen aanwezig: ja, pomp(en) met (pompschakeling of) toerenregeling: ja

Leidingen zijn, in onverwarmde ruimten en/of door kruipruimten, geïsoleerd: ja, plaatsing leiding: geïsoleerde verdeler

Hulpmiddelen – luchtbehandeling:

Mechanische regeling: CO₂-sturing tijdens opwarmen gebouw

Sjablonen – Afgiftesysteem:

Lucht/water-warmtepomp en compressiekoelmachine

- Luchtbehandeling: LBK alleen WTW en batterijen (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)
- Afgifteapparaten: warmte – radiator, koeling aanwezig (koellast): ja, naam: Warmte – radiator, systeem: warmte, type: radiator, plaatsing: voor buitenwand met $R_c \geq 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$, temperatuur: HT (hoge temperatuur), verwarmingsvermogen: ongelimiteerd, afwijkend rendement: nee, verwarmen: overnemen van ruimte-eisen

C+ VW Radiatoren HT op ketel Itho mech. vent.

- Luchtbehandeling: C variant, mechanische afvoer per vertrek (H.)
- Individuele regeling: n.v.t., individuele bemetering: n.v.t., regeling op: luchttemperatuur, bedrijfsuren: 5d 07-18, kantooruren zonder nachtbedrijf (H.)

→ Afgifteapparaten: -, koellast aanwezig: nee

Sjablonen – Gebouwregelingen:

Aanbevolen regeling utiliteit

- Schakelniveau zonwering tijdens bedrijfsperiode automatisch: continu open (schakelniveau 1200 W/m²), handmatig: geregeld (schakelniveau: 1200 W/m²), buiten bedrijfsperiode automatisch: continu open, handmatig: continu open
- Te openen ramen tijdens en buiten bedrijfsperiodes: blijven dicht door algemene belemmeringen (koeling is aanwezig)
- Aantal zonnepanelen: 50

BIJLAGE 8: CALCULATIE NET PRESENT VALUE

Bijlage 7 toont de NPV-berekening van de acht alternatieven. De energiebesparing S is gebaseerd op elektriciteits- en gasafname die de alternatieven veroorzaken ten opzichte van alternatief 0, waarbij gebruik is gemaakt van elektriciteits- en gasprijs.

Tabel B8.1: investeringskosten maatregelen

Omschrijving	Aantal	Alternatief nummer	Levens-duur (j.)	Initiële kosten (€)	Onderhoudskosten (€/j.)
Aanwezigheidsdetectie/daglichtregeling	38	Alle	-	380	0
HRe-ketel	1	8	15	15.000	500
Isolatie koudebruggen	2	4-8	-	13.100	0
Isolatie volledig naar normen	-	1-3	-	13.400	0
Klokschakeling kopieerapparaten	8	Alle	-	200	0
Ledverlichting	288	Alle	11 >	3.360	0
LT-convectoren	34	3, 5-7	25 >	25.000	0
Lucht/water-warmtepomp	1	1, 7	20	28.000	600
Slimme meter/	1	Alle	-	350	0
Stand-by killers pc's/monitors	34	Alle	-	680	0
Water/water-warmtepomp	1	3, 5	25	32.000	1.000
Zonnepanelen	50	1-3, 5, 7, 8	25	13.000	0

Tabel B8.2: berekening kostenvermindering energiegebruik

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Gasafname (m ³)	5.582	674	5.582	-1.299	5.582	-1.298	4.463	-5.704
Elektriciteitsafname (kWh)	159.194	28.432	12.486	28.901	20.142	28.902	29.145	29.157
Kostenafname elektriciteit (€/jaar)	14.964	2.673	1.174	2.717	1.893	2.717	2.740	2.741
Kostenafname gas (€/jaar)	3.628	438	3.628	-844	3.628	-844	2.901	-3.708
Kostenafname (€/jaar)	18.593	3.111	4.802	1.872	5.522	1.873	5.641	-967

Tabel B8.3: berekening Net Present Value

	S	i	I ₀	LS	C _n	r ₁	NPV
A1	15.336	3%	113.036	20	600	4,5%	143.589
A2	2.657	3%	64.536	20	0	4,5%	-18.719
A3	1.545	3%	119.036	20	1.000	4,5%	-105.402
A4	2.630	3%	4.970	11	0	4,5%	21.587
A5	2.265	3%	119.036	20	1.000	4,5%	-86.692
A6	2.630	3%	29.970	25	0	4,5%	15.385
A7	3.037	3%	115.036	20	600	4,5%	-70.483
A8	2.361	3%	19.970	15	250	4,5%	8.957

¹ De rente is vastgesteld op 4,5% (Controller H., juni 2017).

BIJLAGE 9: CALCULATIE MULTICRITERIA-ANALYSE

De berekening van de multicriteria-analyse bevat een aantal stappen. Hiervoor zijn een prestatiebeslissingsmatrix, een genormaliseerde beslissingsmatrix, een wegingsmatrix en gewogengemiddeldematrix opgesteld. De prestatiebeslissingsmatrix toont voor alle subcriteria de resultaten afkomstig van de uitgevoerde duurzaamheidsanalyse. De waarden van duurzaamheidssubcriteria betreft afnames van energiegebruiken, met uitzondering van de hernieuwbare energie. De genormaliseerde beslissingsmatrix normaliseert de waarden, waarbij de hoogste waarde een score van 100 krijgt toegekend en de laagste waarde een score van 0 krijgt toegekend. De waarden ertussen zijn door middel van een lineaire functie tussen de laagste en hoogste waarde een corresponderende score tussen 0 en 100. De wegingsmatrix toont de verhoudingen met betrekking tot relevantie tussen de subcriteria. Deze relevantie hangt af van het doel dat H. wil bereiken. Op basis hiervan is gekozen duurzaamheid ca. 75% en de NPV ca. 25% te laten wegen. De 75% van het criterium duurzaamheid is onderverdeeld in 50% energiegebruik en 25% binnenklimaat. Voor de weging is gebruik gemaakt van de methode Analytische Hiërarchisch Proces (AHP). Deze methode vergelijkt alle criteria onderling door het geven van de cijfers 1, 3, 5, 7 en 9. Respectievelijk impliceren deze cijfers even belangrijk, iets belangrijker, belangrijker, veel belangrijker en extreem veel belangrijker.

Vermenigvuldiging van de waarden in de genormaliseerde matrix en de wegingsmatrix per subcriterium per alternatief resulteert in de gewogengemiddeldematrix. Een som van de scores van de subcriteria per alternatief is de totale gemiddelde score van elk alternatief. Deze scores vormen vergelijkingsmateriaal om de alternatieven onderling te vergelijken. Op basis van deze scores kunnen de alternatieven gerangschikt worden. Daarnaast behoren meerdere alternatieven tot de mogelijkheden, afhankelijk van de investering dat H. bereid is te doen.

Tabel B9.1: prestatie beslissingsmatrix

Indicator		Duurzaamheid (afnames)							Economie			
Sub-indicator	Elektriciteit	Gas	CO2-uitstoot	Primaire energie	HNB	Warmte-verlies	Koellast	GTO aantal overschrijdingsuren	GTO aantal onder-schrijdingsuren	CO2 aantal uren buiten klasse B	NPV	TVT
Eenheid	kWh/jaar	m ³ /jaar	kg/jaar	kWh/jaar	%	W/m ² /jaar	W/m ² /jaar	h/jaar	h	h	€	jaar
A1	159.194	5.582	100.677	462.076	0	196	280	19.599	7.478	0	143.589	0
A2	28.733	-657	47.575	212.504	37	30	56	2.047	-3.652	0	-18.719	0
A3	12.486	5.582	49.420	231.868	26	30	59	1.120	-11.001	0	-105.402	0
A4	28.901	-1.299	14.161	61.294	0	0	56	2.049	-10.072	0	21.587	2
A5	20.142	5.582	53.784	251.466	2	-6	59	1.670	-10.451	0	-86.692	0
A6	28.902	-1.298	14.163	61.305	0	3	56	2.052	-10.069	0	15.385	16
A7	29.145	4.463	56.923	263.577	2	-3	56	2.884	-9.237	0	-70.483	0
A8	29.157	-5.704	38.833	164.277	1	0	56	2.598	-9.523	0	8.957	11

Tabel B9.2: genormaliseerde beslissingsmatrix

Indicator	Duurzaamheid							Economie				
	Elektriciteit	Gas	CO2-uitstoot	Primaire energie	HNB	Warmteverlies	Koellast	GTO aantal overschrijdings-uren	GTO aantal onderschrijdings-uren	CO2 aantal uren buitenklasse B	NPV	TVT
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	97	45	78	75	100	100	0	53	100	68	68	100
A3	0	100	82	84	72	100	100	0	0	0	0	100
A4	98	39	0	0	0	17	0	53	13	100	100	88
A5	46	100	93	94	5	0	100	31	7	15	15	100
A6	98	39	0	0	0	25	0	53	13	95	95	0
A7	100	90	100	100	5	8	0	100	24	27	27	100
A8	100	0	58	51	3	17	0	84	20	90	90	33

Tabel B9.3: weging subcriteria

Subcriterium	Weging per subcriterium	Weging per criterium
Elektriciteitsgebruik	27%	
Gasgebruik	9%	
CO ₂ -uitstoot	12%	
Primaire-energiebehoefte	12%	75%
Hernieuwbare energie	12%	
Warmteverlies	2%	
Koellast	2%	
Net Present Value	25%	25%

Tabel B9.4: weging subindicatoren (Analytisch hiërarchisch proces)

Criterium	Duurzaamheid												Economie		Totaal	
	Elektriciteit	Gas	CO2-uitstoot	Primairenergie	HNB	Warmteverlies	Koellast	GTO aantal overschrijdingsuren	GTO aantal onderschrijdingsuren	CO2 aantal uren buiten klasse B	NPV	TVT	Absoluut	Relatief		
Indicator																
Elektriciteit	1	7	3	3	5	7	7	3	3	3	1/5	7	39	18%		
Gas	1/7	1	1	1	1	7	5	1/3	1	1	1/7	7	17	8%		
CO2-uitstoot	1/3	1	1	1	1	7	7	1	1	1	1/5	7	21	9%		
Primaire energie	1/3	1	1	1	3	7	7	1	1	1	1/5	7	23	10% 55%		
HNB	1/5	1	1	1/3	1	5	5	1/3	1/3	1/3	1/7	7	14	7%		
Warmteverlies	1/7	1/7	1/7	1/7	1/5	1	1	1/7	1/7	1/7	1/9	1	3	1%		
Koellast	1/7	1/5	1/7	1/7	1/5	1	1	1/7	1/7	1/7	1/9	1	3	1%		
GTO aantal over-schrijdingsuren	1/3	3	1	1	3	7	7	1	1	1	1	7	25	12%		
GTO aantal onderschrijdingsuren	1/3	2	1	1	3	7	7	1	1	1	1	7	24	11% 23%		
CO2 aantal uren buiten klasse B	1/3	2	1	1	3	7	7	1	1	1	1	7		0%		
NPV	5	7	5	5	7	9	9	1	1	1	1	7	50	23% 23%		
TVT	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7	1/7	1/7	1/7	1				

Tabel B9.5: gewogen gemiddelde

Indicator	Duurzaamheid										Economie		TOTAAL
Sub-indicator	Elektriciteit	Gas	CO2-uitstoot	Primairenergie	HNB	Warmteverlies	Koellast	G10-ambalageverminderingen	G10-ambalageverminderingen	G10-ambalageverminderingen	NPV	TVT	
A1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
A2	17,4	3,5	7,3	7,7	1,4	1,4	0,0	6,1	11,1	0,0	15,5	100,0	71,37
A3	0,0	7,8	7,7	8,6	1,1	1,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	28,11
A4	17,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	6,1	1,4	0,0	22,7	87,6	51,06
A5	8,2	7,8	8,7	9,6	0,5	0,0	1,5	3,6	0,8	0,0	3,4	100,0	44,05
A6	17,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	6,1	1,4	0,0	21,6	0,0	50,10
A7	17,8	7,0	9,3	10,3	1,2	0,1	0,0	11,5	2,7	0,0	6,3	100,0	66,16
A8	17,8	0,0	5,4	5,2	0,0	0,2	0,0	9,7	2,2	0,0	20,5	33,4	61,06

BIJLAGE 10: VERGUNNINGCHECKS

Voor het installeren van nieuwe kozijnen en zonnepanelen dient een vergunning bij de gemeente aangevraagd te worden.