

Modulair Onderstation

Bijlage 4.1 Onderbouwingsrapport gebouwsimulaties

Project	Generiek Modulair Onderstation
Kenmerk	Bijlage 4.1 Onderbouwingsrapport gebouwsimulaties
Versie	1.0
Datum	09-03-2026
Status	Definitief
Eigenaar	ProRail

Revisiegegevens

Versie	Datum	Wijzigingen
1.0	09-03-2026	Gebouwsimulatie doorgerekend met CLT wanden en dak

Inhoudsopgave

REVISIEGEGEVENS	2
2 UITGANGSPUNTEN BEREKENING	4

2 Uitgangspunten berekening

- Uitgangspunten zijn opgenomen in Bijlage 4.1 Onderbouwingsrapport gebouwsimulaties

RAPPORT

Uitwerking wijzigingsregister MOS

Installaties

Klant: ProRail

Referentie: BI6244-HAS-XX-XX-RP-X-0001

Status: Definitief/1

Datum: 13 maart 2026

HASKONING NEDERLAND B.V.

Leidseveer 4
3511 SB Utrecht
Netherlands
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 55 00
E-mail: info@haskoning.com
Website: www.haskoning.com

Titel document: Uitwerking wijzigingsregister MOS
Ondertitel: Installaties
Referentie: BI6244-HAS-XX-XX-RP-X-0001
Uw kenmerk: [Click or tap here to enter text.](#)
Status: Definitief/1
Datum: 13 maart 2026
Projectnaam: Ontwikkeling MOS
Projectnummer: BI6244
Auteur(s): Mart Sticker, Han Berkhout en Rik van den Hoorn

Opgesteld door: Rik van den Hoorn

Gecontroleerd door: Han Berkhout

Datum: 13-03-2026

Goedgekeurd door: Han Berkhout

Datum: 13-03-2026

Classificatie: Vertrouwelijk

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat. Dit document kan zijn opgesteld met behulp van kunstmatige intelligentie (AI); alle door AI gegenereerde inhoud is beoordeeld en gevalideerd door onze experts.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Optimalisaties uit het wijzigingsregister	1
3	Werktuigbouwkundige installaties	2
3.1	Inleiding	2
3.2	Eisen en uitgangspunten (OVS00112 bijlage)	3
3.3	Maximale warmtelasten verschillende modules	5
3.3.1	Doel en afbakening	5
3.3.2	Uitgangspunten warmtelastbepaling	5
3.3.3	Overzicht maximale warmtelasten per module	5
3.3.4	Detailering warmtelasten Modules	6
3.3.5	Relatie met winterbedrijf (afbakening)	6
3.4	Vabi Simulaties	6
3.4.1	Doel en scope van de simulaties	6
3.4.2	Klimaat- en rekenuitgangspunten	7
3.4.3	Uitgangspunten warmtelasten in de simulaties	7
3.4.4	Resultaten Vabi-simulaties	8
3.4.5	Interpretatie van de resultaten	8
3.5	Ontwerp inrichting verschillende scenario's	8
3.5.1	Uniformering per modulegroep	9
3.5.2	Uitgangspunten ventilatorselectie	9
3.5.3	Ventilatoren modules (RS-serie)	9
3.5.4	Verwarmingsvoorzieningen	16
3.5.5	Statische druk modules	17
3.6	Effect van CLT Wanden en dak op instraling	17
3.7	Toepassing installaties per module	18
3.7.1	Overzicht nieuwe en huidige installaties	18
3.7.2	RIV- en ICT-modules	19
3.7.3	Tractieruimte-modules (TR1 en TR2)	23
3.7.4	Vraag ProRail: Mechanisch laag inblazen	23
4	Elektrotechnische installaties	24
4.1	CWR-004	24
4.2	Optimalisatie 2	24
4.3	Optimalisatie 42	24
4.4	Optimalisatie 60 en x2	24
4.5	Optimalisatie 62, 76 en 89	25
4.6	Optimalisatie 63	27
4.7	Optimalisatie 88	27

4.8	Optimalisatie x1	27
-----	------------------	----

Tabellen

Tabel 1:	Beschouwde eisen en toelichting	3
Tabel 2:	maximale internwarmtelasten per module	5
Tabel 3;	overzicht 48Vdc verbruikers	26

Figuren

Figuur 1:	RS 50-25 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 810 m ³ /h en 350 Pa voordruk	10
Figuur 2:	Drukverlies over FFK 50-25 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 810 m ³ /h	11
Figuur 3:	Drukverlies over FFK 40-20 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 810 m ³ /h	11
Figuur 4:	Dimensionering ventilator RS 50-25 EC van systemair	12
Figuur 5:	RS 40-20 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 660 m ³ /h en 350 Pa voordruk	13
Figuur 6:	Drukverlies over FFK 40-20 Filter Cassette bij 660 m ³ /h ventilatiedebiet	13
Figuur 7:	Dimensionering ventilator RS 40-20 EC van system	14
Figuur 8:	RS 100-50 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 7100 m ³ /h en 350Pa voordruk	15
Figuur 9:	Drukverlies over FFK 100-50 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 7100m ³ /h	15
Figuur 10:	Dimensionering RS 100-50 EC ventilator van Systemair	16
Figuur 11:	RIV-module met huidige indeling installaties	20
Figuur 12:	ICT-module met huidige indeling installaties	21
Figuur 13:	GVI-module met huidige indeling installaties	22
Figuur 14:	HVI-module met huidige indeling installaties	22
Figuur 15:	Tractieruimte-module met huidige indeling installaties	23
Figuur 16;	voorbeeld patroonlastscheider	25
Figuur 17;	ruimtebeslag 230Vac/48Vdc omvormer	26

Bijlagen

Bijlage A –	Detailering warmtelasten per module
Bijlage B –	Vabi resultaten
Bijlage C –	E-installaties

1 Inleiding

In dit integrale document wordt onderbouwing gegeven voor de uitwerking van de verschillende optimalisaties vanuit het wijzigingsregister MOS. Aanleiding voor dit werk is de plaatsing van het eerste Modulaire OnderStation (MOS) in Den Haag Noord, waaruit een uitgebreid wijzigingsregister is voortgekomen met bevindingen, optimalisaties en verbetervoorstellen. ProRail heeft Haskoning gevraagd om een verschillende optimalisaties vanuit dit wijzigingsregister nader uit te werken. Deze optimalisaties raken zowel werktuigbouwkundige als elektrotechnische installaties. Het wijzigingsregister vormt de basis voor de verdere doorontwikkeling van het MOS-concept. In dit document worden de uitgewerkte wijzigingen voor de installaties beschreven, met als doel een toekomstbestendige en uniform toepasbare inrichting van de MOS-modules te borgen binnen de ontwikkeling van het programma.

2 Optimalisaties uit het wijzigingsregister

In het 'Wijzigingsregister MOS v4.0.1 20251202' zijn voor Haskoning verschillende optimalisaties omschreven. De uitwerking van acties is in dit document omschreven. De onderstaande tabel toont een export van dit wijzigingsregister met de verschillende acties en de bijbehorende discipline. Naast het wijzigingsregister zijn er vanuit de opdrachtgever een aantal optimalisaties naar voren gekomen die ook een uitwerking behoeven. Deze optimalisaties zijn ook in de onderstaande tabel opgenomen en te herkennen aan de 'x' in de naamgeving.

Contractwijzigingscode	Contractwijziging	Omschrijving	Discipline
CWR-004	GVI-module	Plaatsen extra noodknop in GVI-module	Elektrotechniek
Optimalisatie 2	ICT-I&O	Patchkastje plaatsen in elke module voor de glasvezelring.	Elektrotechniek
Optimalisatie 42	Modules Algemeen	Bewegingssensor is niet geplaatst in de Modules. Was ook niet bekend bij BAM.	Elektrotechniek
Optimalisatie 43	Modules Algemeen	Kachels in de modules lijken erg hoog in vermogen (3kW in de kleine modules en 6kW in de grote). Is dit vermogen wel nodig?	Werktuigbouwkunde
Optimalisatie 59	Kleine modules	Luchtuitlaat naar achterzijde verplaatsen boven SFO	Werktuigbouwkunde
Optimalisatie 60	RIV-module	SMIK kwartslag draaien. Zakstuk verplaatsen achter kabelgoot.	Elektrotechniek
Optimalisatie 62	ICT-module	draairichting deur LVI omdraaien	Elektrotechniek
Optimalisatie 63	HVI-module	Batterijset in kast plaatsen	Elektrotechniek
Optimalisatie 64	Algemeen	Inlaat voorverwarmen met batterijverwarming in combi met stralingspaneel plafond of voorverwarming bij luchtinlaat.	Werktuigbouwkunde

Optimalisatie 65	Algemeen	inlaat naar beneden brengen voor betere luchtcirculatie	Werktuigbouwkunde
Optimalisatie 76	Algemeen	Ontwerp LVI herzien met betrekking tot plaatsing overspanningsbeveiligingen en routing aarddraden	Elektrotechniek
Optimalisatie 88	EMC tekening	Mutaties ten opzichte van huidige versie.	Elektrotechniek
Optimalisatie 89	Schakelautomaten LVI beschouwen	Nav mail Mark Krijzer	Elektrotechniek
Optimalisatie x1	HVI-module	Ruimte is krap, kijken of herindeling betere toegankelijkheid biedt	Elektrotechniek
Optimalisatie x2	RIV-module	Antenne boven 3kV ontvangt maar 6 van de 35 satellieten, mogelijk verplaatsen	Elektrotechniek

3 Werktuigbouwkundige installaties

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk heeft als doel de installatietechnische uitgangspunten en keuzes voor de W-installaties nader te onderbouwen en te optimaliseren. Vanuit het wijzigingsregister zijn meerdere optimalisaties geïdentificeerd die een direct raakvlak hebben met het ventilatie- en verwarmingsconcept van de modules en waarvoor aanvullende analyse en uitwerking noodzakelijk was.

Specifiek vormen de volgende optimalisaties uit het wijzigingsregister de aanleiding voor dit document:

- Optimalisatie 43: De toegepaste verwarmingsvermogens in de modules (3 kW in de kleine modules en 6 kW in de grote modules) lijken hoog. Er is onderzocht of deze vermogens noodzakelijk zijn op basis van een aangescherpte warmteverlies- en klimaatanalyse.
- Optimalisatie 59: Voor de kleine modules is gekeken naar het verplaatsen van de luchtuitlaat naar de achterzijde, boven de SFO, om de luchtstroming en inpasbaarheid te verbeteren.
- Optimalisatie 64: De wens om de luchtinlaat voor te verwarmen, bijvoorbeeld met batterijverwarming in combinatie met een stralingspaneel of voorverwarming bij de luchtinlaat, is onderzocht in relatie tot comfort, koudeval en bedrijfszekerheid.
- Optimalisatie 65: Het verlagen van de luchtinlaat is beschouwd om een betere luchtcirculatie binnen de modules te realiseren.

Deze optimalisaties zijn vertaald naar concrete uitgangspunten, berekeningen en ontwerpkeuzes voor verwarming en ventilatie per module. Hierbij is gebruikgemaakt van aangescherpte inschattingen van de warmtelast, simulaties met een streng klimaatjaar en toetsing aan de geldende ProRail-eisen en normen. Het resultaat is een meer onderbouwd en geoptimaliseerd W-installatieconcept dat aansluit bij de functionele eisen, de ruimtelijke inpassing en de bedrijfsvoering van de modulaire onderstations.

In de laatste versie van deze studie is gerekend met de aangescherpte temperatureis waarbij een maximale binnentemperatuur van 40 °C gedurende maximaal 50 overschrijdingsuren per jaar is toegestaan. Daarnaast is als randvoorwaarde gehanteerd dat de absolute maximumtemperatuur onder de 50 °C blijft.

Verder is in deze versie het effect van de toepassing van CLT voor de wanden en een dakopbouw bestaande uit CLT met sedumbedekking uitgewerkt. Hierbij is onderzocht wat de invloed is van deze constructieve aanpassingen op het thermisch gedrag van het onderstation. Dit is meegenomen in de verschillende berekeningsresultaten.

3.2 Eisen en uitgangspunten (OVS00112 bijlage)

In dit hoofdstuk zijn de relevante eisen en uitgangspunten voor de W-installaties van de Modulaire Onderstations (MOS) vastgelegd. De eisen zijn afkomstig uit de geldende ProRail-documentatie, waaronder OVS00112 en het wijzigingsregister. Per eis is in overleg met de opdrachtgever vanuit ProRail beoordeeld in hoeverre deze van toepassing is op het huidige en hoe hier in het ontwerp invulling aan wordt gegeven. De onderstaande tabel geeft per eisnummer een samenvatting van de eis, aangevuld met een toelichting of ontwerpkeuze vanuit het project. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt welke eisen direct van invloed zijn op het ventilatie- en verwarmingsconcept en waar eventuele aandachtspunten of interpretaties spelen.

Tabel 1: Beschouwde eisen en toelichting

Eisnr.	Eisomschrijving	Toelichting / uitgangspunt project
224	Installatietechnische onderdelen aan de buitenzijde van het gebouw dienen vandalismebestendig (klasse RC3) en ongediertewerend te worden uitgevoerd.	Niet van toepassing. Alle relevante installatietechnische onderdelen bevinden zich binnen de module. Alleen de buitenluchtaanzuigopening en de uitblaasopeningen dienen van een gaasrooster te worden voorzien.
225	Het maximaal toelaatbare gemiddelde geluidsniveau in technische ruimten ten gevolge van gebouwgebonden installaties bedraagt 60 dB(A).	Wordt gecontroleerd na definitieve dimensionering van de ventilatie, met name bij maximale zomerbedrijfssituatie.
304	De klimaatinstallatie dient bij eerste oplevering een overcapaciteit van 30% te hebben, zonder nadelige gevolgen voor de installatie.	Van toepassing op ruimten waar toekomstige uitbreiding mogelijk is. Voor de MOS-modules is dit niet van toepassing, omdat de invulling vastligt.
305	Temperatuur algemeen 5–40°C. Maximaal 50 GTO-uren per jaar onder- of overschrijding. Relatieve luchtvochtigheid minimaal 35% en maximaal 90%. Ruimte dient geventileerd te worden.	Uitgangspunt is een minimale binnentemperatuur van 5°C en een maximale temperatuur van 40°C die maximaal 50 uur per jaar overschreden mag worden, maar nooit hoger mag zijn dan 50°C. Eisen aan relatieve luchtvochtigheid worden niet meegenomen, omdat deze niet gemeten worden en er niet actief op gestuurd wordt.

306	Er dient een warmteverlies- en koellastberekening te worden gemaakt conform NEN 5067 en ISSO 51, 53 en 57.	Er wordt geen afzonderlijke koellastberekening uitgevoerd. Het benodigde ventilatiedebiet voor koeling is bepaald met TO-/gebouwsimulaties (Vabi).
307	In de klimaatberekening dient rekening te worden gehouden met een maximale buitentemperatuur van 50°C en een minimale buitentemperatuur van -15°C.	De maximale buitentemperatuur van 50°C vervalt en maximum buitentemperatuur conform OVS wordt gebruikt. Er is gerekend met een zeer streng klimaatjaar conform NEN 5060 (referentie TO1).
311	Alle componenten van de klimaatinstallatie dienen bereikbaar te zijn voor onderhoud en vervanging zonder bouwkundige aanpassingen.	Bereikbaarheid vormt in het huidige ontwerp een aandachtspunt in verband met veiligheid en het moeten werken nabij/boven elektrische apparatuur. De afmetingen van de modules staan al vast, dus dit blijft een aandachtspunt.
312	De klimaatinstallatiekeuze dient onderbouwd te worden met een LCM-berekening conform de ProRail-systematiek.	Wordt toegepast voor de onderbouwing van de verwarmingskeuze.
313	In technische ruimten mag geen centrale verwarming op heetwater- of stoombasis worden toegepast.	Er wordt uitsluitend elektrisch verwarmd; aan deze eis wordt voldaan.
318	In technische ruimten met natuurlijke luchttoevoer dient dwarsventilatie te worden toegepast met lage toevoer en hoge afvoer.	Er is gekozen voor mechanische toevoer in verband met filtering. Toe- en afvoer bevinden zich hoog vanwege inpasbaarheid, maar er is wel sprake van dwarsventilatie.
320	Elke ventilatieopening in de gebouwschil dient te zijn voorzien van een luchtfilter.	Filtering is opgenomen in de klimaatinstallatie. Door overdrukwerking is de uitblaas voorzien van retourkleppen en omdat de locatie van uitblaas tussen de modules plaatsvindt is het effect van winddruk minder dan de overdruk in de module.
321	Minimale filterklasse voor railgebonden gebouwen is M5.	Wordt nader beoordeeld op basis van gevoeligheid van de opgestelde objecten voor grof stof. M5 blijft gewenste filterklasse
322	Minimale filterklasse voor bemenste ruimten of ruimten met 19"-kasten is F7.	Wordt nader afgestemd of dit relevant is voor de ICT-module. F7 blijft gewenst voor de ICT-module. Dit is opgenomen uitgangspunt.

3.3 Maximale warmtelasten verschillende modules

In dit hoofdstuk worden de interne warmtelasten van de verschillende Modulaire Onderstations (MOS) in kaart gebracht. Het doel van deze inventarisatie is het verkrijgen van een realistisch en onderbouwd beeld van de warmteproductie door elektrische en installatietechnische componenten binnen de modules. De in dit hoofdstuk vastgestelde warmtelasten worden uitsluitend gebruikt als input voor de klimaatsimulaties in hoofdstuk 3.4 (Vabi-simulaties). In dit hoofdstuk worden geen conclusies getrokken over ventilatiedebieten of verwarmingsvermogens.

De aanleiding voor het aanscherpen van de warmtelasten is gelegen in optimalisatie 43 uit het wijzigingsregister, waarin wordt aangegeven dat de eerder aangenomen verwarmingsvermogens (3 kW voor kleine modules en 6 kW voor grote modules) mogelijk te hoog zijn. Om dit te onderbouwen zijn de warmtelasten per module opnieuw geïnventariseerd en onderbouwd op objectniveau.

3.3.1 Doel en afbakening

De inventarisatie van de warmtelasten heeft de volgende doelstellingen:

- Het vastleggen van de maximale interne warmteproductie per module;
- Het onderbouwen van de gehanteerde warmtelasten per object;
- Het creëren van transparantie in de aannames die zijn gebruikt voor de klimaatsimulaties.

De volgende afbakening is hierbij van toepassing:

- De warmtelasten betreffen uitsluitend interne warmteproductie door opgestelde apparatuur;
- Warmte-inbreng door personen wordt niet meegenomen;
- De warmtelasten worden niet gebruikt voor de bepaling van het benodigde winterse verwarmingsvermogen.

3.3.2 Uitgangspunten warmtelastbepaling

Voor de bepaling van de warmtelasten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De warmtelasten representeren continue verliezen tijdens normaal bedrijf, niet incidentele pieken;
- Waar fabrikantgegevens ontbreken, zijn ervaringswaarden toegepast op basis van vergelijkbare installaties;
- Vermogenselektronica (zoals omvormers, gelijkrichters en UPS-systemen) is beschouwd als dominante warmtebron;
- Passieve componenten (zoals schakelvelden en koppelvelden) zijn meegenomen met een beperkte warmtelast ten gevolge van weerstands- en contactverliezen;

3.3.3 Overzicht maximale warmtelasten per module

Op basis van de objectinventarisatie zijn de volgende maximale warmtelasten per module vastgesteld:

Tabel 2: maximale internwarmtelasten per module

Module	Maximale interne warmtelast [kW]
RIV-Module	3.6
ICT-Module	1.3

GVI-Module	0.8
HVI-Module	3.5
TR1-Module	27
TR2-Module	27

Deze waarden vertegenwoordigen de som van alle relevante warmtebronnen binnen de betreffende module en vormen de invoer voor de simulaties uitgewerkt in hoofdstuk 3.4.

3.3.4 Detailering warmtelasten Modules

Voor iedere module is een nadere uitsplitsing gemaakt van de warmtelasten per object. Hierbij is per object een korte motivatie opgenomen om inzicht te geven in de gekozen waarde en de mate van conservatisme.

Deze detailering maakt het mogelijk om:

- Het installatieontwerp transparant te onderbouwen;
- Gevoeligheden te identificeren (bijvoorbeeld dominante warmtebronnen);
- Toekomstige aanpassingen eenvoudig te herleiden tot hun effect op het klimaatconcept.

De uitgewerkte objectlijsten per module is te vinden in Bijlage A

3.3.5 Relatie met winterbedrijf (afbakening)

Voor het winterbedrijf geldt dat bij de bepaling van het benodigde verwarmingsvermogen geen rekening wordt gehouden met interne warmtelasten. Het uitgangspunt is dat de minimale binnentemperatuur van 5°C ook moet kunnen worden gehandhaafd bij afwezigheid van interne warmteproductie door elektrische componenten.

Hiermee wordt geborgd dat de klimaatinstallatie robuust functioneert in situaties waarin installaties buiten bedrijf zijn, uitgeschakeld zijn of zich in een storings- of onderhoudssituatie bevinden.

3.4 Vabi Simulaties

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de klimaatsimulaties die zijn uitgevoerd met Vabi, op basis van de in hoofdstuk 3.3 vastgestelde warmtelasten en de geldende eisen en uitgangspunten. Doel van deze simulaties is het bepalen van de benodigde ventilatiedebieten voor de zomersituatie en het benodigde verwarmingsvermogen voor de wintersituatie per module.

De simulaties vormen daarmee de onderbouwing voor de dimensionering van de ventilatie- en verwarmingsvoorzieningen binnen de Modulaire Onderstations (MOS).

3.4.1 Doel en scope van de simulaties

De Vabi-simulaties zijn uitgevoerd met de volgende doelstellingen:

- Het bepalen van het benodigde ventilatiedebiet per module om de maximale binnentemperatuur niet te overschrijden in de zomersituatie;

- Het bepalen van het benodigde verwarmingsvermogen per module om de minimale binnentemperatuur van 5°C te kunnen handhaven in de wintersituatie;
- Het toetsen van de oorspronkelijke aannames uit het wijzigingsregister, met name ten aanzien van de toegepaste verwarmingsvermogens.

De volgende afbakening is hierbij gehanteerd:

- De simulaties richten zich uitsluitend op het thermisch gedrag van de modules;
- Regelstrategieën, dynamisch schakelen van ventilatoren en detailuitwerking van regeltechniek vallen buiten scope;
- De resultaten worden gebruikt als ontwerpinput, niet als garantiewaarden.

3.4.2 Klimaat- en rekenuitgangspunten

Voor de Vabi-simulaties zijn de volgende klimaat- en rekenuitgangspunten gehanteerd:

- **Buitentemperatuur winter:** –15°C
- **Buitentemperatuur zomer:** zeer streng klimaatjaar conform NEN 5060 (referentie TO1)
- **Maximale buitentemperatuur streng klimaatjaar:** 32,7°C
- **Minimale binnentemperatuur:** 5°C
- **Maximale binnentemperatuur:** 40°C, met max. 50 uur overschreiding tot maximaal 50°C
- **Relatieve luchtvochtigheid:** niet meegenomen in de berekeningen

Voor het winterbedrijf is uitgegaan van een minimaal ventilatiedebiet van 50 m³/h per module, uitsluitend ten behoeve van luchtverversing en voorkomen van condensvorming.

3.4.3 Uitgangspunten warmtelasten in de simulaties

De interne warmtelasten zoals bepaald in hoofdstuk 3.3 zijn op verschillende wijze toegepast in de simulaties voor de zomer- en wintersituatie. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de rekenmethodiek en het doel van de berekeningen.

Zomersituatie

De zomersituatie is gesimuleerd met een TO-/gebouwsimulatieberekening. In deze simulatie zijn de maximale interne warmtelasten per module meegenomen als continue warmtebronnen. In combinatie met het gehanteerde (zeer strenge) klimaatscenario vormt dit de basis voor het bepalen van het benodigde ventilatiedebiet om de interne warmtelast af te voeren en de maximale binnentemperatuur niet te overschrijden.

De resultaten van de zomersimulatie worden gebruikt voor de dimensionering van het ventilatiesysteem ten behoeve van koeling.

Wintersituatie

De wintersituatie is bepaald op basis van een warmteverliesberekening. Bij deze berekening is uitgegaan van geen interne warmtelast, zodat de minimale binnentemperatuur van 5°C ook kan worden gehandhaafd zonder warmtebijdrage van elektrische componenten.

De resultaten van de winterberekening worden gebruikt voor de dimensionering van de benodigde verwarmingsvoorzieningen, met als doel het waarborgen van een binnentemperatuur van minimaal 5°C onder winterse ontwerpcondities.

3.4.4 Resultaten Vabi-simulaties

Op basis van de simulaties zijn per module de benodigde ventilatiedebieten voor de zomersituatie en de benodigde verwarmingsvermogens voor de wintersituatie bepaald. De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel en de uitgebreide Vabi resultaten zijn te zien in Bijlage B.

Module	Warmtelast [kW]	Benodigd verwarmingsvermogen winter [kW]	Benodigd ventilatiedebiet zomer [m ³ /h]
RIV-module	3,6	0,93	810 (50u overschreiding van 40°C, max 42,3°C)
ICT-module	1,3	0,93	220 (38u overschreiding van 40°C, max 41,4°C)
GVI-module*	0,8	1,6	45 (39u overschreiding van 40°C, max 40,8°C)
HVI-module	3,5	1,6	660 (49u overschreiding van 40°C, max 42,1°C)
TR1-module	27	1,6	7.100 (49u overschreiding van 40°C, max 42,6°C)
TR2-module	27	1,6	7.100 (49u overschreiding van 40°C, max 42,6°C)

*Weinig ventilatie benodigd voor koeling om te voldoen aan binnentemperatuur eis van 40°C doordat in het extra streng klimaatjaar een maximale temperatuur voorkomt van 32,7°C en met de warmtelast van 800W de binnentemperatuur altijd voldoet aan deze eis met een klein ventilatiedebiet.

3.4.5 Interpretatie van de resultaten

Uit de Vabi-simulaties blijkt dat:

- Voor de kleine en middelgrote modules het benodigde winterse verwarmingsvermogen aanzienlijk lager ligt dan de eerder gehanteerde standaardvermogens van 3 kW en 6 kW;
- Voor de tractieruimten het zomerscenario maatgevend is voor het ventilatieontwerp, waarbij hoge debieten noodzakelijk zijn om de warmtelast af te voeren;
- In de GVI-module bij een maximale binnentemperatuur van 50°C in het streng klimaatjaar geen actief ventilatiedebiet benodigd is;

De resultaten vormen de basis voor de verdere uitwerking van het ventilatieconcept, de selectie van ventilatoren en de dimensionering van inlaat- en uitblaasvoorzieningen, zoals beschreven in het volgende hoofdstuk.

3.5 Ontwerp inrichting verschillende scenario's

In dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 3.4 bepaalde benodigde ventilatiedebieten en verwarmingsvermogens vertaald naar concrete installatietechnische oplossingen. Hierbij is uitgegaan van uniformering per modulegroep, waarbij modules met een gelijke moduleschil ook worden voorzien van identieke ventilatie- en verwarmingsinstallaties.

Dit hoofdstuk richt zich op de selectie en dimensionering van ventilatoren, filters en roosters, alsmede op de keuze van de verwarmingsvoorzieningen. De ruimtelijke inpassing van deze installaties binnen de modules wordt behandeld in hoofdstuk 3.7.

3.5.1 Uniformering per modulegroep

Op basis van de gelijke moduleschil en vergelijkbare randvoorwaarden zijn de modules gegroepeerd. Binnen elke modulegroep zijn de benodigde ventilatiedebieten en verwarmingsvermogens gelijkgesteld, zodat één installatieconcept per groep kan worden toegepast.

De volgende modulegroepen worden onderscheiden:

- **RIV- en ICT-module**
- **GVI- en HVI-module**
- **TR1- en TR2-module**

Binnen iedere groep worden ventilatoren, kanalen, roosters en verwarmingsvoorzieningen identiek uitgevoerd. Waar de locatie van de verwarmingsvoorziening als enige open staat voor verandering binnen de modulegroepen.

3.5.2 Uitgangspunten ventilatorselectie

Voor de selectie van de ventilatoren zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het benodigde ventilatiedebiet per modulegroep is gebaseerd op hoofdstuk 3.4;
- Een externe druk van minimaal 350 Pa wordt aangehouden als ontwerpsituatie;
- Ventilatoren worden geselecteerd met voldoende capaciteit bij het ontwerppunt (debiet + externe druk);
- De selectie is uitgevoerd met behulp van de Systemair selectie-tools;
- Na initiële selectie dient de ventilator opnieuw getoetst te worden inclusief:
 - De drukverliezen van het toegepaste filter;
 - Het totale externe drukverlies bij het vereiste debiet.

3.5.3 Ventilatoren modules (RS-serie)

Voor de modules met relatief lage ventilatiedebieten (alle modules met uitzondering van de tractieruimten) is gekozen voor RS rechthoekige kanaalventilatoren met EC-motor, Fabrikaat Systemair.

De RS-ventilatoren zijn geselecteerd op basis van:

- Het benodigde ventilatiedebiet per modulegroep;
- Een externe druk van 350 Pa;
- Energiezuinige en regelbare EC-motoren.

Na selectie van de ventilator is per modulegroep een passend filter bepaald. De toegepaste filterklasse is afhankelijk van de functie van de module:

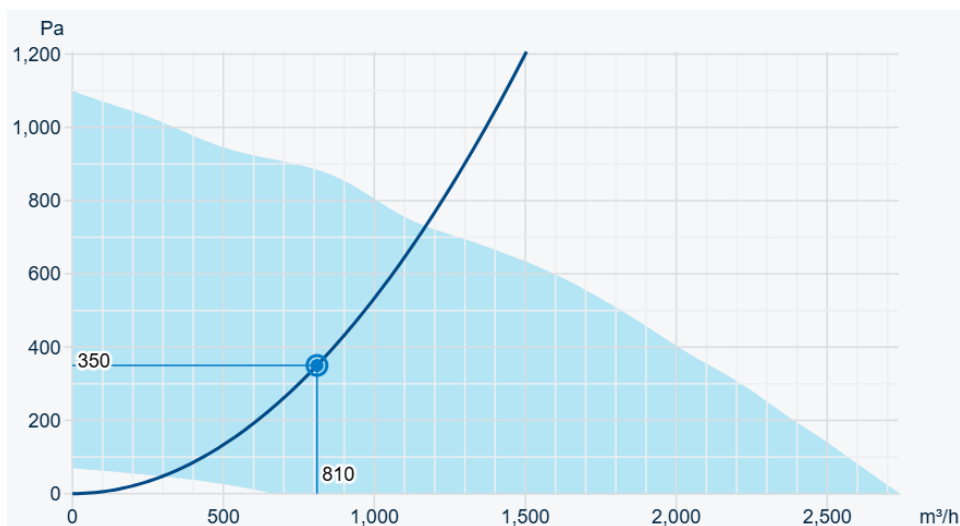
- **Filterklasse F7** voor de ICT-module en daarmee ook voor de RIV-module;
- **Filterklasse M5** voor de overige modules.

Voor ieder gekozen filter is het bijbehorende drukverlies bij het ontwerppunt bepaald en meegenomen in de totale externe druk. Vervolgens is gecontroleerd of de geselecteerde RS-ventilator bij deze verhoogde druk nog steeds het vereiste debiet kan leveren.

Ventilatorselectie RIV- en ICT-modules

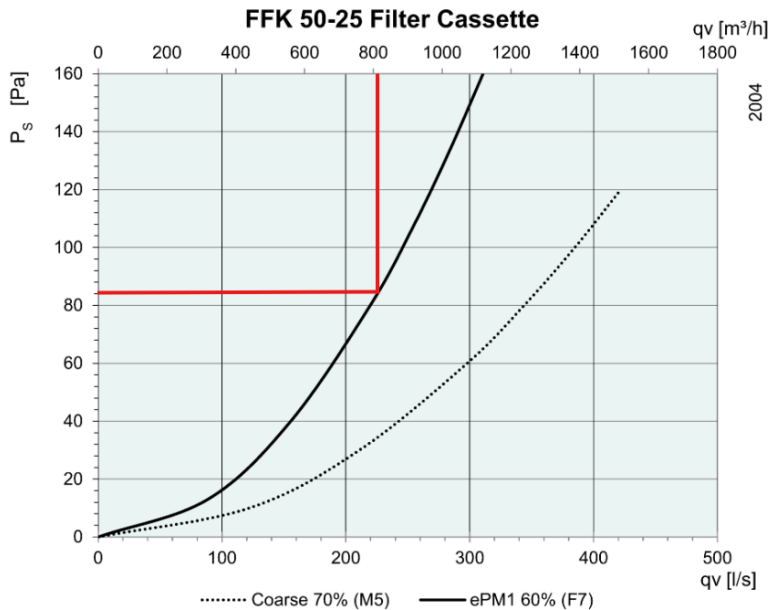
Voor de RIV- en ICT-modules is op basis van de Vabi-simulaties een benodigd ventilatiedebiet van 810 m³/h aangehouden. De ventilatorselectie is uitgevoerd met de Systemair selectietool, uitgaande van een externe druk van 350 Pa. De benodigde externe druk is gebaseerd op het totale drukverlies over de verschillende systeemcomponenten: 110 Pa over de schone filter, circa 50 Pa over de kanaalverwarmer en ongeveer 50 Pa als gevolg van het gaasrooster en de bijbehorende kanaalverliezen. Daarnaast is een aanvullende marge aangehouden, aangezien de filter in vervuilde toestand een hoger drukverlies veroorzaakt.

Op basis hiervan is gekozen voor een RS rechthoekige kanaalventilator met EC-motor, type RS 50-25 EC sileo. Deze ventilator levert het vereiste debiet bij de gehanteerde externe druk en is geschikt voor continue bedrijf, zie Figuur 1.



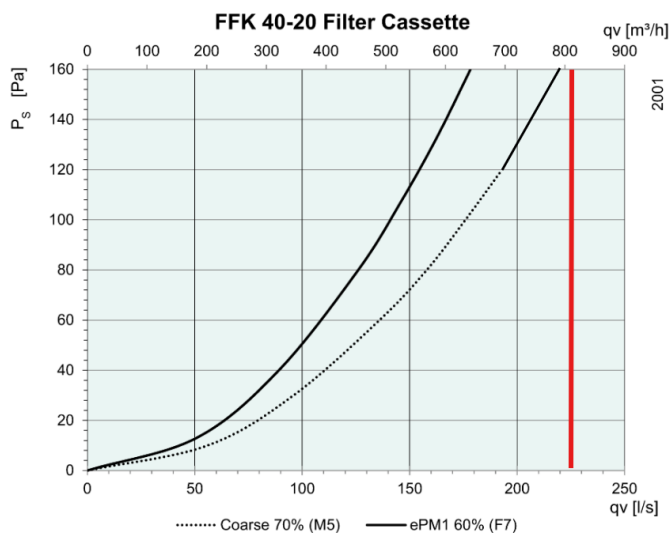
Figuur 1: RS 50-25 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 810 m³/h en 350 Pa voordruk

Ten behoeve van de luchttoevoer is een filter toegepast van het type FFK 50-25 Filter Cassette, met filterklasse F7, conform de geldende eisen voor de ICT-module en daarmee ook van toepassing op de RIV-module. Het drukverlies van dit filter bedraagt ongeveer 85 Pa bij het ontwerp punt, zie Figuur 2.



Figuur 2: Drukverlies over FFK 50-25 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 810 m³/h

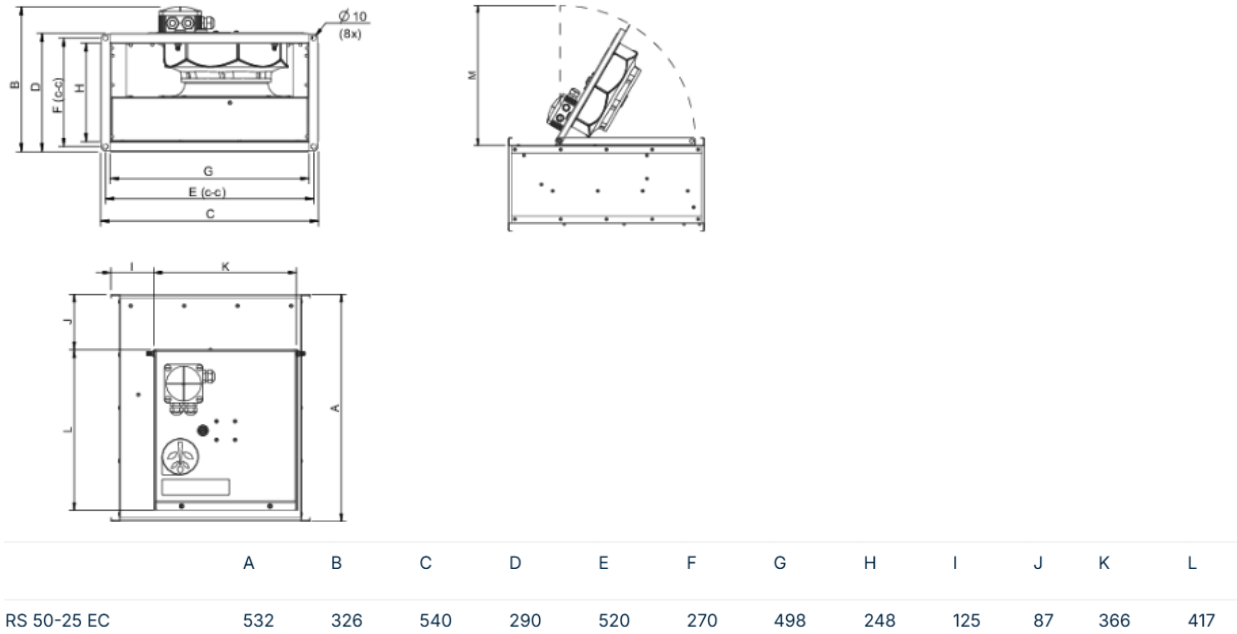
Het drukverlies van het filter is meegenomen in de totale externe druk. Na toevoeging van dit extra drukverlies is gecontroleerd dat de gekozen ventilator nog steeds het benodigde ventilatiedebiet kan leveren. Wanneer de ventilator kleiner uitgevoerd zou worden met een RS 40-20 EC sileo geeft de desbetreffende FFK 40-20 Filter Cassette met F7 filter een te hoge externe druk zelfs in schone toestand, zoals te zien is in Figuur 3. Hiermee is de ventilatie-installatie voor de RIV- en ICT-modules vastgesteld op een type RS 50-25 EC sileo ventilator.



Figuur 3: Drukverlies over FFK 40-20 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 810 m³/h

De afmetingen behorend bij de gekozen RS 50-25 EC sileo ventilator zijn te zien in Figuur 4.

Afmetingen

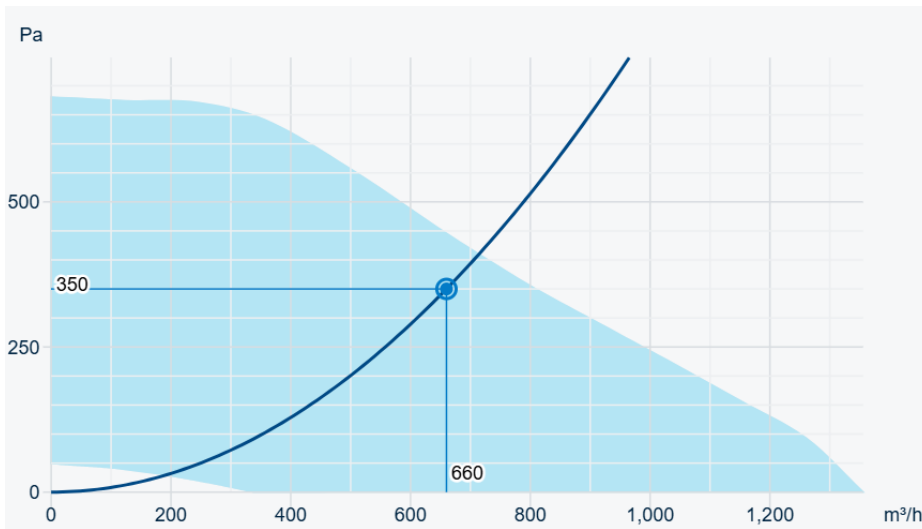


Figuur 4: Dimensionering ventilator RS 50-25 EC van systemair

Ventilatorselectie GVI- en HVI-modules

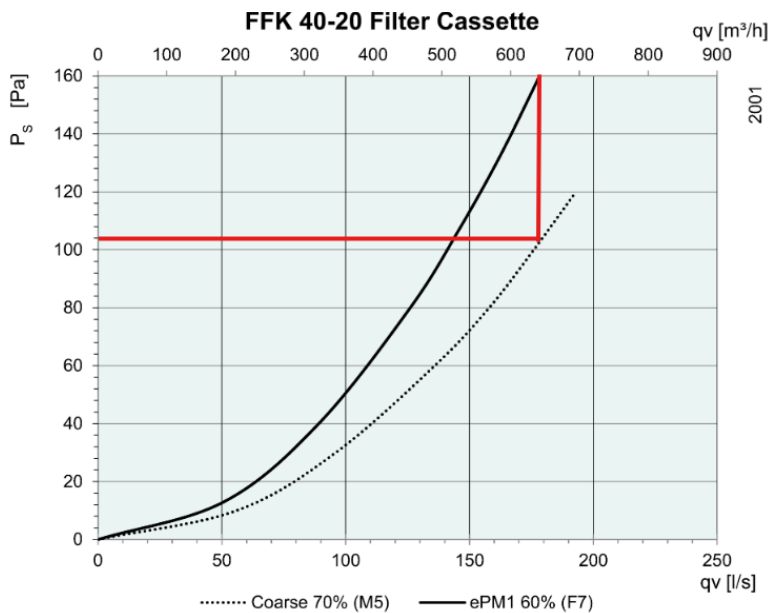
Voor de GVI- en HVI-modules is op basis van de Vabi-simulaties een benodigd ventilatiedebiet van 660 m³/h aangehouden. De ventilatorselectie is uitgevoerd met de Systemair selectietool, uitgaande van een externe druk van 350 Pa. De benodigde externe druk is gebaseerd op het totale drukverlies over de verschillende systeemcomponenten: 110 Pa over de schone filter, circa 50 Pa over de kanaalverwarmer en ongeveer 50 Pa als gevolg van het gaasrooster en de bijbehorende kanaalverliezen. Daarnaast is een aanvullende marge aangehouden, aangezien de filter in vervuilde toestand een hoger drukverlies veroorzaakt.

Op basis hiervan is gekozen voor een RS rechthoekige kanaalventilator met EC-motor, type RS 40-20 EC sileo. Deze ventilator levert het vereiste debiet bij de gehanteerde externe druk en is geschikt voor toepassing binnen de betreffende modules, zie Figuur 5.



Figuur 5: RS 40-20 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 660 m³/h en 350 Pa voordruk

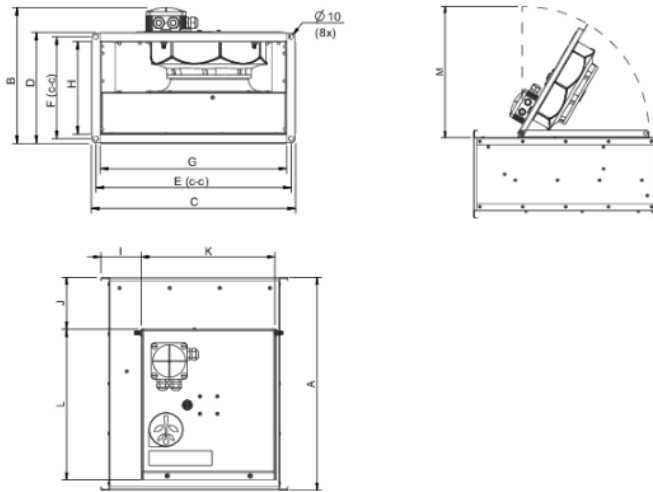
Voor de luchttoevoer is een filter toegepast van het type FFK 40-20 Filter Cassette, met filterklasse M5, conform de geldende eisen voor deze modulegroep. Het bijbehorende drukverlies van het filter bedraagt ongeveer 105 Pa bij het ontwerppunt (schoon filter), zie Figuur 6.



Figuur 6: Drukverlies over FFK 40-20 Filter Cassette bij 660 m³/h ventilatiedebiet

Het drukverlies van het filter is meegenomen in de totale externe druk. Na verwerking van dit extra drukverlies is vastgesteld dat de geselecteerde ventilator bij de totale externe druk nog steeds het vereiste ventilatiedebiet kan leveren. Hiermee is de ventilatie-installatie voor de GVI- en HVI-modules vastgesteld op RS 40-20 EC sileo. De afmetingen behorend bij de gekozen RS 40-20 EC sileo ventilator zijn te zien in Figuur 7.

Afmetingen



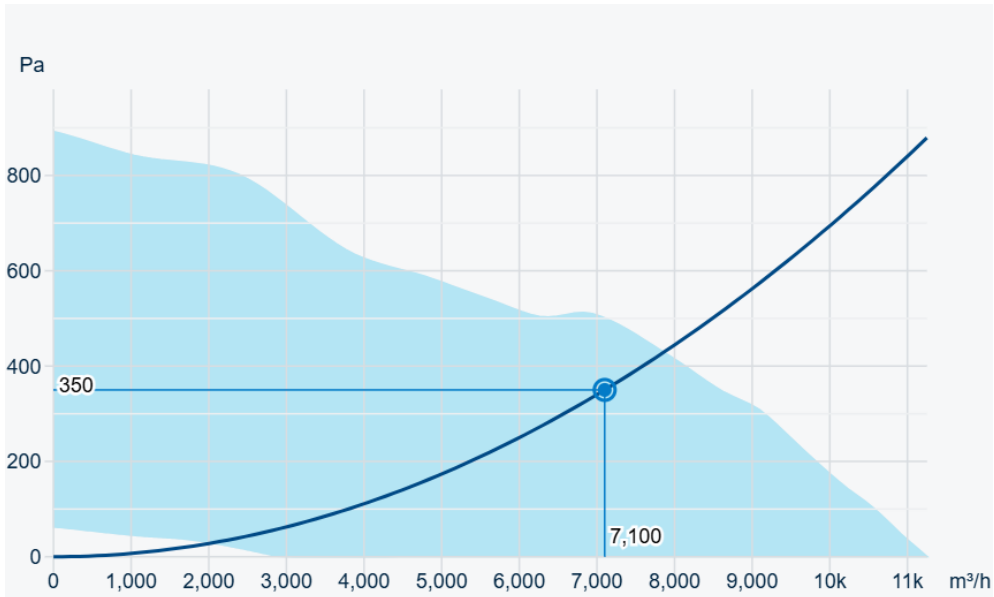
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
RS 40-20 EC	502	293	440	240	420	220	398	198	98	125	310	354	359

Figuur 7: Dimensionering ventilator RS 40-20 EC van system

Ventilatorselectie Tractie ruimte-modules

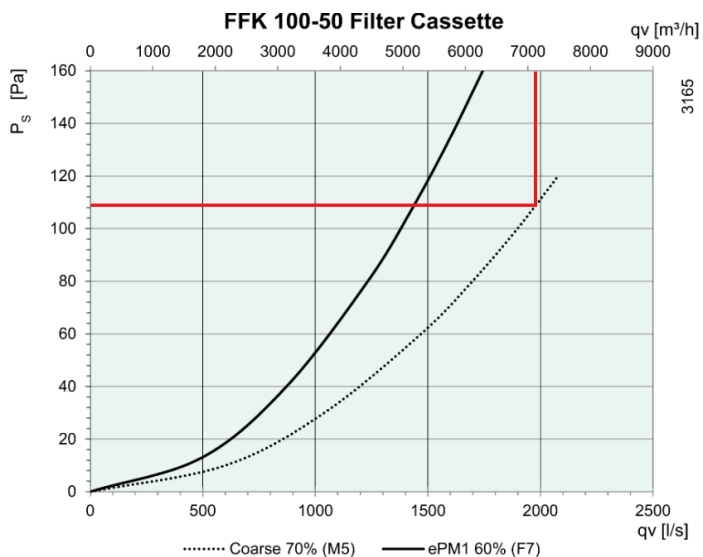
Voor de Tractieruimte-modules (TR1 en TR2) is op basis van de Vabi-simulaties een benodigd ventilatiedebiet van 7100 m³/h per module aangehouden. De ventilatorselectie is uitgevoerd met de Systemair selectietool, uitgaande van een externe druk van 350 Pa. De benodigde externe druk is gebaseerd op het totale drukverlies over de verschillende systeemcomponenten: 110 Pa over de schone filter, circa 50 Pa over de kanaalverwarmer en ongeveer 50 Pa als gevolg van het gaasrooster en de bijbehorende kanaalverliezen. Daarnaast is een aanvullende marge aangehouden, aangezien de filter in vervuilde toestand een hoger drukverlies veroorzaakt.

Een ventilator passend bij dit debiet en externe druk is de RS rechthoekige kanaalventilator, type RS 100-50 EC. Deze ventilator is geschikt voor het vereiste debiet en de gehanteerde externe druk zoals te zien in Figuur 8.



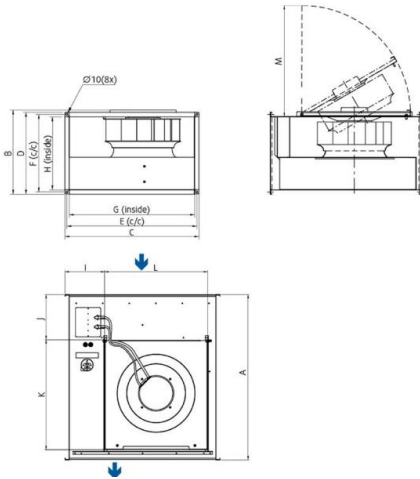
Figuur 8: RS 100-50 EC ventilator van systemair bij ventilatiedebiet 7100 m³/h en 350Pa voordruk

Voor de luchttoevoer is een filter toegepast van het type FFK 100-50 Filter Cassette, met filterklasse M5, conform de geldende eisen voor deze modulegroep. Het drukverlies van dit filter bedraagt ongeveer 110 Pa bij het ontwerp punt zoals te zien in Figuur 9.



Figuur 9: Drukverlies over FFK 100-50 Filter Cassette bij ventilatiedebiet 7100m³/h

De afmetingen behorend bij de gekozen RS 100-50-50 EC ventilator zijn te zien in Figuur 10.



RS EC/AC	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
100-50	982	580	1040	540	1020	520	998	498	287	260	684	634	678

Figuur 10: Dimensionering RS 100-50 EC ventilator van Systemair

Ten behoeve van het beperken van de luchtaanzuignsnelheid bij de gevel is voor de Tractieruimte-modules gekozen voor inlaat- en uitblaasroosters met een groter vrij roosteroppervlak dan de aanzuigzijde van de ventilator. Hiermee wordt geborgd dat de luchtsnelheid bij de gevel onder de 5 m/s blijft.

3.5.4 Verwarmingsvoorzieningen

De benodigde verwarmingsvermogens zijn bepaald in hoofdstuk 3.4 op basis van warmteverliesberekeningen, waarbij geen rekening is gehouden met interne warmtelasten. De verwarmingsbehoefte is daarmee uitsluitend gekoppeld aan de afmetingen en thermische eigenschappen van de moduleschil. Er zijn meerdere varianten om te verwarmen bekeken maar er is door ProRail verzocht te werken met kanaalverwarmers. Deze variant wordt geadviseerd in plaats van te werken met twee verschillende soorten verwarming.

Op basis hiervan is gekozen voor uniformering van de verwarmingsvoorzieningen per modulegrootte:

- Eén type verwarming voor de kleine modules (RIV en ICT);
- Eén type verwarming voor de grote modules (GVI, HVI, TR1 en TR2).

Voor de kleine modules bedraagt de benodigde verwarmingscapaciteit 0,93 kW. De minimale buitentemperatuur is -15 °C. Om te verwarmen tot +5 °C met een ventilatiedebiet van 50 m³/h (voor luchtverversing en tegen condensvorming) brengt een vermogen in van ongeveer 335Watt. De onderbouwing hiervan is te vinden in Bijlage B. Wanneer er 335 Watt wordt ingebracht via voorverwarmde lucht moet er nog 600 Watt worden opgewekt en toegevoegd door een andere bron zoals een wandkachel. Ook kan ervoor gekozen worden om de inblaas lucht te verwarmen tot +5 graden Celsius en een minimaal debiet aan te houden van 137m³/h, op deze manier wordt ook 930Watt vermogen ingebracht voor de kleine modules.

Rechthoekige elektrische kanaalverwarmers van Systemair werden niet uitgevoerd in klein genoeg vermogens dus is er gekeken naar rechthoekige elektrische kanaalverwarmers type VFL van producent INATHERM. Hier heeft de rechthoekige elektrische kanaalverwarmer een minimaal debiet van 0,7m/s, samen met de kanaal grootte voor de RIV- en ICT-Modules van 500mmx250mm komt dit neer op een minimaal debiet voor waarop de kanaalverwarmer werkt van 315m³/h. Dit ligt boven het benodigde debiet van 137m³/h dus zal er geen andere verwarming nodig zijn om de modules boven de 5 graden Celsius te houden.

Voor de grote modules bedraagt de benodigde verwarmingscapaciteit 1,6 kW. De minimale buitentemperatuur is -15 °C. Om te verwarmen tot +5 °C met een ventilatiedebiet van 50 m³/h (voor luchtverversing en tegen condensvorming) brengt een vermogen in van ongeveer 335Watt. Wanneer volledig aan de verwarmingsbehoefte van 1,6 kW voldaan moet worden met kanaalverwarming is een ventilatiedebiet van minimaal 240m³/h met een temperatuur van 5°C lucht benodigd.

De GVI- en HVI-modules hebben een kanaalgrootte van 400mmx200mm, wat betekent dat een minimaal debiet voor het aangaan van de verwarming zal zorgen voor een minimaal ventilatiedebiet van 201m³/h. Het verwarmingsvermogen van de kanaalverwarmer is minimaal 0,5 kW en maximaal 2000 kW, wat betekent dat de kanaalverwarmer instaat is volledig te voldoen aan de verwarmingsbehoefte door 1,6 kW aan verwarmingsenergie af te geven aan 240m³/h lucht.

Hetzelfde geldt voor de Tractieruimtes, waar de kanaalgrootte 1000mmx500mm is. Deze kanaal grootte met een minimale lichtsnelheid van 0,7m/s komt neer op een minimaal debiet van 1260m³/h wat door de kanaalverwarmer moet gaan om het verwarmingselement niet volledig te laten uitschakelen. Dit ligt ruim boven de minimale 240m³/h 5 graden Celsius verwarmingsbehoefte, wat betekent dat deze kanaalverwarmer geschikt is voor het volledig voldoen aan de verwarmingsbehoeften van de Tractieruimten.

Met deze keuze wordt geborgd dat in alle modules de minimale binnentemperatuur van 5°C kan worden gehandhaafd in de module zelf en als minimale inblaas temperatuur, onafhankelijk van de elektrotechnische invulling en bedrijfsstatus van de aanwezige installaties.

3.5.5 Statische druk modules

Voor de ventilatoren in de modules wordt uitgegaan van een benodigde externe statische druk van circa 350 Pa. Deze druk is opgebouwd uit de volgende componenten:

- Filter: startdrukverlies conform geselecteerd filter (circa 85–110 Pa, afhankelijk van de module), verhoogd met minimaal 100 Pa extra drukverlies in verband met vervuiling.
- Kanaalverwarmer: circa 50 Pa.
- Kanaaltraject en gevelrooster/gaasrooster: circa 50 Pa.
- Marge en systeemonzekerheden: verwerkt binnen de totale aangehouden 350 Pa.

Met deze uitgangspunten is de ventilatorselectie uitgevoerd. Hiermee wordt geborgd dat onder zowel schone als vervuilde filtercondities voldoende capaciteit beschikbaar blijft.

3.6 Effect van CLT Wanden en dak op instraling

Voor de originele wanden en daken van de modules zijn dezelfde uitgangspunten genomen als Movares. Hier zijn voor de wanden, daken en vloeren een $R_c=2,0$ (m²*K/W) gebruikt. Voor de CLT wanden en het CLT dak + Sedum zijn de volgende R_c waarden bepaald:

- Wanden bestaande uit 100mm CLT = 0,83 (m²*K/W)
- Dak opgebouwd met 120mm CLT en 80mm Sedum = 1,13 (m²*K/W)

Het gevolg van de lagere Rc waarde voor de wanden en daken wanneer die in CLT (en Sedum voor dak) worden uitgevoerd is te zien in onderstaande tabel.

	ICT/RIV Module	GVI/HVI Module	TR1&TR2 Module
Huidige schil - Vent deb zomer	810 m ³ /h	660 m ³ /h	7100 m ³ /h
Huidige schil - Verwarm ver. winter	0,93 kW	1,6 kW	1,6 kW
CLT dak/wand - Vent deb zomer	760 m ³ /h	600 m ³ /h	6700 m ³ /h
CLT dak/wand - Verwarm ver. winter	1,4 kW	2,2 kW	2,2 kW

RC-waardes liggen lager met CLT toegepast (en ook sedum op dak) wat betekent dat er meer warmte uitwisseling is tussen binnen en buiten. In het zomergeval is de binnentemperatuur hoger dan de buitentemperatuur dus wordt er meer warmte afgegeven wat resulteert in een lagere binnentemperatuur (en daarmee een lager benodigd ventilatiedebiet in de zomer). Wel zal dit resulteren in een hoger benodigd verwarmingsvermogen in de winter. Voor de grote module is het gevolg dat er 2200 Watt nodig is om de binnentemperatuur boven de 5graden Celsius te houden ipv 1600 Watt. Voor de kleine module is het benodigde verwarmingsvermogen in de winter bij een minimale temperatuur is 1400 Watt nodig in plaats van 930 Watt.

3.7 Toepassing installaties per module

In dit hoofdstuk wordt per module toegelicht hoe de in hoofdstuk 3.5 geselecteerde ventilatie- en verwarmingsinstallaties concreet worden toegepast binnen de modules. Daarbij wordt eerst een overzicht gegeven van de gekozen installaties ten opzichte van de huidige situatie, gevolgd door een beschrijving van de positionering van ventilatoren, roosters en verwarmingsvoorzieningen per module(groep).

3.7.1 Overzicht nieuwe en huidige installaties

Onderstaande tabel geeft per module een overzicht van het nieuwgekozen ventilatortype en verwarmingstype, afgezet tegen de huidige (bestaande) situatie.

Module	Ventilator type Nieuw	Ventilator type Huidig	Verwarming type Nieuw	Verwarming type Huidig
RIV- Module	RS 50-25 EC [880Pa, bij 810m ³ /h]	RS 40-20 EC	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	3000 W, Ribbenbuis kachel
ICT- Module	RS 50-25 EC [880Pa, bij 810m ³ /h]	RS 40-20 EC	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	3000 W, Ribbenbuis kachel
GVI- Module	RS 40-20 EC [445Pa, bij 660m ³ /h]	RS 40-20 EC	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	6000 W, Ribbenbuis kachel

HVI-Module	RS 40-20 EC [445Pa, bij 660m ³ /h]	RS 40-20 EC	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	6000 W, Ribbenbuis kachel
TR1-Module	RS 100-50 EC [500Pa, bij 7100m ³ /h]	KT 80-50-6	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	6000 W, Ribbenbuis kachel
TR2-Module	RS 100-50 EC [500Pa, bij 7100m ³ /h]	KT 80-50-6	VFL ANITHERM rechthoekige kanaalverwarmer	6000 W, Ribbenbuis kachel

3.7.2 RIV- en ICT-modules

Er moet nog een extra check worden gedaan over de drukvallen ook ivm de 2x 90 graden bochten, roosters en kanaalverwarming.

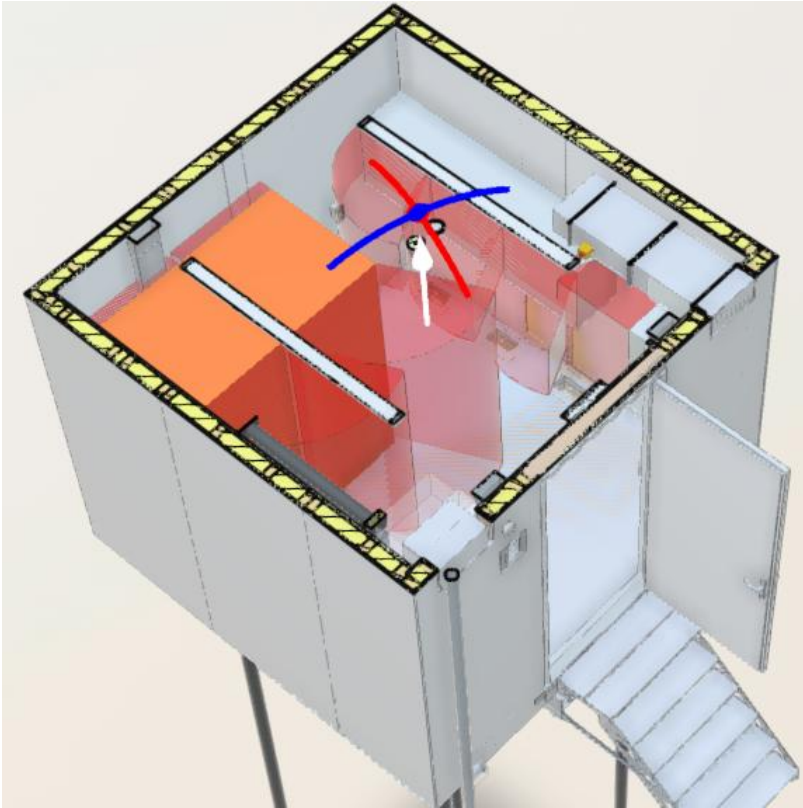
Voor de RIV- en ICT-modules blijft de positionering van de ventilatievoorzieningen ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie. De ventilator, evenals het aanzuig- en uitblaasrooster, blijven op dezelfde locatie gehandhaafd. Hiermee wordt voorkomen dat bouwkundige of elektrotechnische aanpassingen noodzakelijk zijn.

De verwarmingsvoorzieningen worden wel aangepast:

- **RIV-module:**
De wandconvector wordt geplaatst aan de voorzijde van de module, vanaf buiten gezien **links van de deur**.
- **ICT-module:**
De wandconvector wordt geplaatst aan de **achterzijde van de module**, bij voorkeur **middenachter of rechtsachter**, afhankelijk van de beschikbare ruimte en de elektrotechnische invulling.

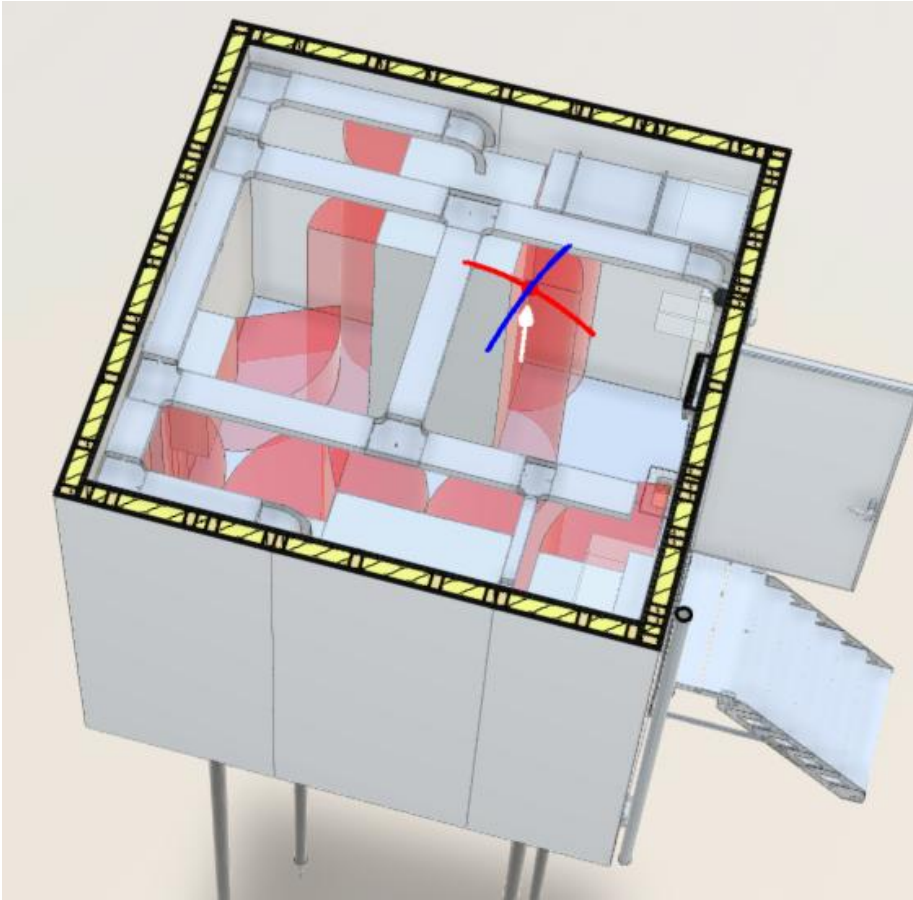
Met deze positionering wordt een goede warmteverdeling gerealiseerd, zonder conflicten met bestaande installaties of looproutes.

RIV-module



Figuur 11: RIV-module met huidige indeling installaties

ICT-module



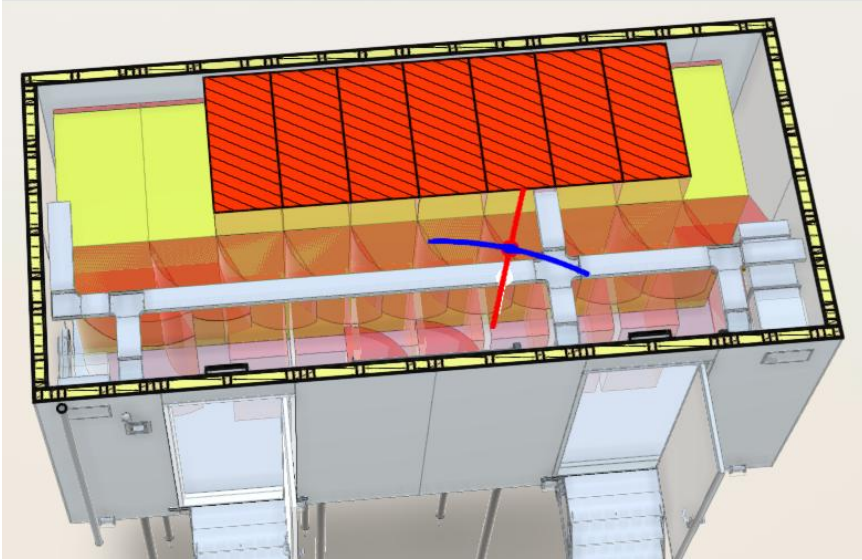
Figuur 12: ICT-module met huidige indeling installaties

GVI- en HVI-modules

Voor de GVI- en HVI-modules wordt voorgesteld om de positie van de **luchtoevoer (aanzuig)** en **luchtafvoer (uitblaas)** om te wisselen ten opzichte van de huidige situatie. De aanleiding hiervoor is het verbeteren van de bereikbaarheid en onderhoudsmogelijkheden van de ventilator.

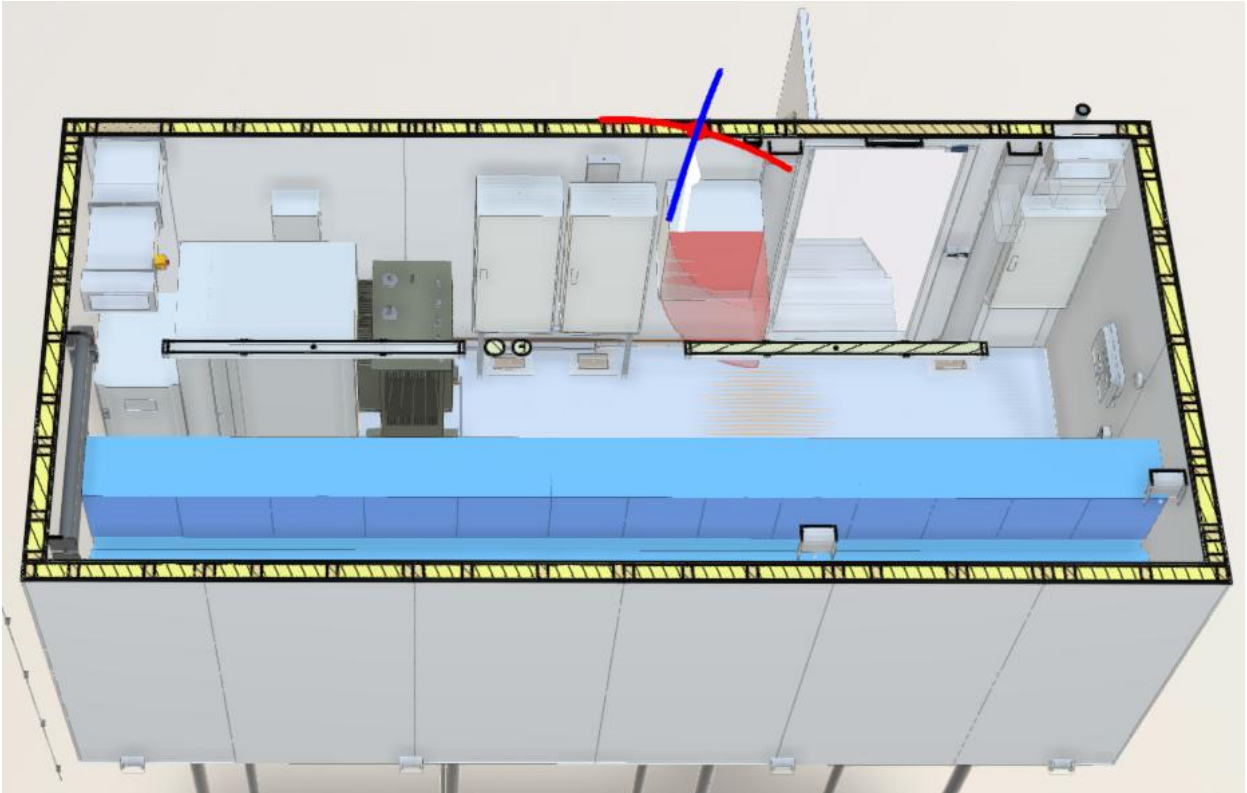
De ventilator wordt op de nieuwe locatie geplaatst, waarbij de bestaande functionele werking van het ventilatieconcept behouden blijft.

GVI-module



Figuur 13: GVI-module met huidige indeling installaties

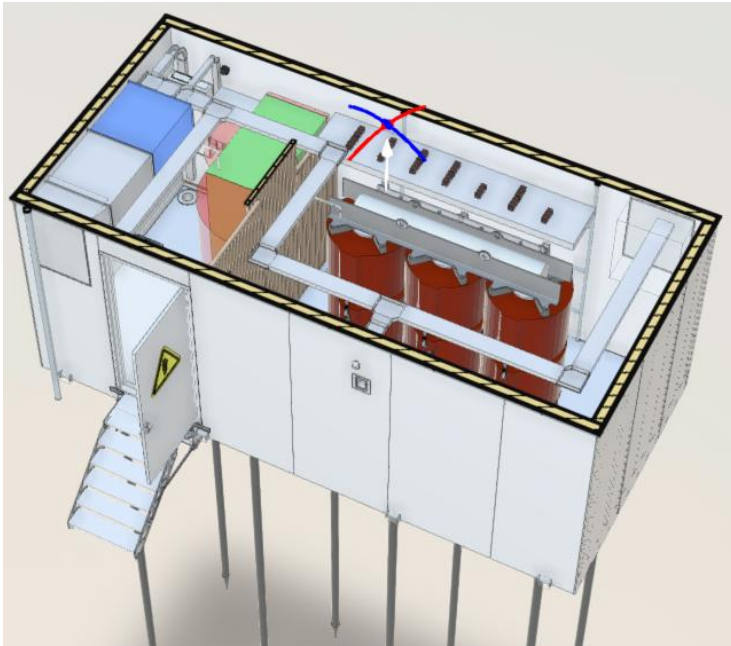
HVI-module



Figuur 14: HVI-module met huidige indeling installaties

3.7.3 Tractieruimte-modules (TR1 en TR2)

Voor de Tractieruimte-modules blijft de positionering van de ventilatievoorzieningen ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie. De locatie van de ventilator, het aanzuigrooster en het uitblaasrooster blijft gelijk.



Figuur 15: Tractieruimte-module met huidige indeling installaties

3.7.4 Vraag ProRail: Mechanisch laag inblazen

Het verzoek was gedaan om te kijken naar de inpassing van laag inblazen. Alle ruimtes zijn bekeken voor mogelijke inpassing van een systeem waar alle ventilatiecomponenten zich aan de binnenkant van de modules zich bevinden en vanaf boven naar onder langs de wand geplaatst zijn. De modules met hun huidige indeling zijn niet geschikt om de ventilatiecomponenten zo te plaatsen dat er laag ingeblazen kan worden. Er zijn geen mogelijkheden om dit te verwezenlijken zonder dat er een herindeling van alle E-componenten plaatsvindt of een uitbreiding van module ruimte benodigd is.

4 Elektrotechnische installaties

Dit hoofdstuk beschrijft de uitwerking van het wijzigingsregister zoals opgesteld voor de elektrotechnische installaties binnen het MOS-project. Het doel is om inzicht te geven in de voorgestelde optimalisaties en wijzigingen die van invloed zijn op de E-installaties, zodat een heldere en gestructureerde aanpak wordt geborgd. De verschillende optimalisaties worden per stuk behandeld en wanneer deze elkaar beïnvloeden zijn ze samen uitgewerkt.

4.1 CWR-004

Vanuit ProRail is input geleverd op verschillende PDF's. Deze informatie is verwerkt in AutoCAD en wordt als .dwg gedeeld (zie bijlage). Sophia neemt de geproduceerde stukken vervolgens op in het dossier MOS.

4.2 Optimalisatie 2

De nieuw te plaatsen patchkast moet zorgen voor glasvezelkoppeling met de SMIK naar de verschillende modules en zorgt ervoor dat de installatie gemakkelijker wordt. Met de toepassing van de patchkast wordt tijdswinst behaald in het realisatieproces omdat een module intern volledig met glasvezel kan worden voorbereid in de fabriek. Wanneer een module daadwerkelijk geplaatst wordt hoeft er nog maar een enkele verbinding met de ICT-module gemaakt te worden.

De patchkast wordt laag bij grond geplaatst en maakt gebruik van bestaande kabeldoorvoeren. De voorgestelde patchkast¹ heeft afmetingen van 150 x 140 x 40mm. Sophia heeft in een eerdere fase voor iedere module een locatie aangedragen welke door Haskoning zijn beoordeeld. Enkel voor de ICT-module is er voor de patchkast een locatie gevonden die praktischer is. Deze locatie is aangegeven op de PDF-versie van de OTA (zie bijlage).

4.3 Optimalisatie 42

Door Haskoning zijn posities voor de bewegingssensor voorgesteld en deze posities zijn centraal om 'dode hoeken' te voorkomen. Voor iedere module aangegeven op de 65-05 tekening (Verl. Verw. Vent. & Brandm.). De tekeningen zijn als bijlage toegevoegd.

Advies bewegingssensor persoonsdetectie

Voor de detectie van personen in een ruimte tot circa 20 m² wordt geadviseerd een radar-gebaseerde aanwezigheids-/bewegingssensor toe te passen. In vergelijking met PIR-sensoren biedt radar een hogere detectiebetrouwbaarheid, omdat ook stilzittende personen betrouwbaar worden waargenomen en de werking minder afhankelijk is van omgevingsfactoren zoals temperatuur en luchtstromen.

De sensor kan worden aangesloten op een Siemens PLC, bij voorkeur via IO-Link in combinatie met PROFINET. Dit maakt centrale parameterinstelling, diagnose en toekomstbestendige integratie mogelijk. Voor eenvoudige toepassingen kan ook een radar sensor met 24 V digitale uitgang rechtstreeks op een PLC-ingang worden aangesloten. Met één correct gepositioneerde radar sensor kan de volledige ruimte effectief worden afgedekt. De bewegingssensor wordt aan de onderzijde van de kabelgoot gemonteerd.

4.4 Optimalisatie 60 en x2

Zowel optimalisatie 60 als x2 raken het herindelen van de RIV-module en zijn daarom samen bekeken. Optimalisatie 60 maakt reeds deel uit van de meest recente versie van het Generiek ontwerpdossier v4.1 en wordt in deze stukken niet nader behandeld. Optimalisatie x2: de kabelgoot lijkt satellietsignalen naar

¹ Link naar het desbetreffende product: [Mini glasvezelkabel box - InfraTEL.nl](https://www.infraTEL.nl/Mini-glasvezelkabel-box)

de SFO te blokkeren, waardoor bij ProRail de wens is ontstaan om deze te verplaatsen. Tijdens de uitwerking hiervan is echter gebleken dat het verplaatsen van de kabelgoten ook effect heeft op de posities van de armaturen. Hierdoor zou mogelijk de lichtberekening opnieuw gedaan worden om in de gehele module voldoende licht te kunnen garanderen. Vanwege de bovenstaande redenen is besloten om het aanpassen van de kabelgoten te vermijden en de antenne op de SFO van rechtsvoor naar linksvoor te verplaatsen. De nieuwe positie van de antenne is weergegeven op de tekening "kabelgoten" van de RIV-module en deze is onderdeel van de bijlagen.

4.5 Optimalisatie 62, 76 en 89

De optimalisaties 62, 76 en 89 raken de LVI in verschillende modules en zijn vanwege die reden samen uitgewerkt. Het omdraaien van de draairichting van de deur van de LVI (optimalisatie 62) is enkel tekstueel verwerkt in ontwerprapportage. Hieraan is toegevoegd dat de 'kast geschikt voor 2 draairichtingen' dient te zijn. De deur moet aan beide zijden geplaatst kunnen worden zonder conflict. Dit biedt flexibiliteit in het gebruik over de verschillende modules.

Vanuit AM ProRail is besloten dat Kritische Verbruikers in het 1500V onderstation beveiligd moeten worden middels smeltveiligheden in plaats van installatieautomaten (conform OVS00017). Om dit te kunnen realiseren in de bestaande LVI is ervoor gekozen om patroonlastscheiden (pasco's) toe te passen. In figuur 16 is een voorbeeld van een dergelijke 3f+n pasco weergegeven en in de bijlagen is een datasheet toegevoegd.



Figuur 16: voorbeeld patroonlastscheider

De door ProRail opgegeven Kritische Verbruikers die worden voorzien van een :

- Alle DC-voedingen;
- Voedingen voor ICT-netwerkkasten;
- 3kV 75Hz omvormers;
- Doorvoedingen naar Kritische Verbruikers buiten het onderstation.

Daarnaast dient er een OSB toegepast te worden op alle in- en uitgaande kabels vanwege EMC. De kabels die binnenkant van een module verlaten zijn die voor de buitenverlichting + vluchtwegverlichting en de verlichting voor de kruipruimte. Deze kabels dienen voorzien te worden van een OSB.

Met deze filosofie is het ontwerp van de LVI herzien en daarnaast is het van belang dat alle veiligheden onderling selectief zijn. Om de afgaande groepen gemakkelijk

Patroonlastscheiden vs. installatieautomaten

Patroonlastscheiden bieden een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van installatieautomaten. Ze hebben aanzienlijk hogere kortsluitvastheid (tot 50 kA), waardoor ze zeer geschikt zijn voor zware LS-verdelers en spoorinfra-toepassingen. Daarnaast geven ze zichtbare en fysiek aantoonbare scheiding wanneer het patroon wordt verwijderd, wat de veiligheid tijdens onderhoud sterk vergroot. Ook zijn ze thermisch en mechanisch robuuster, wat zorgt voor een hogere betrouwbaarheid onder zware belasting. Door de combinatie van lastscheider + NH-patroon in één toestel zijn ze bovendien eenvoudig opgebouwd en blijven vermogensverliezen laag. Hierdoor zijn patroonlastscheiden een logische keuze in installaties waar veiligheid, bedrijfszekerheid en hoge kortsluitstromen bepalend zijn.

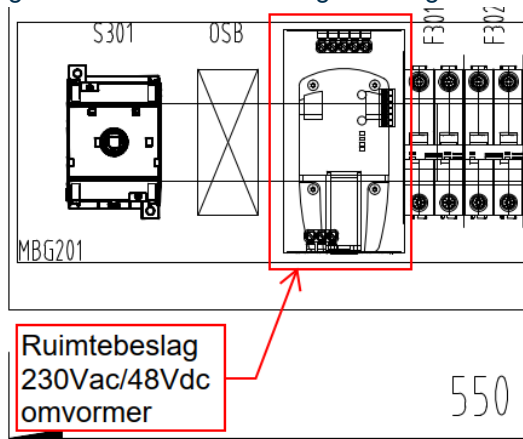
Het is mogelijk om daar waar geen 230/400V UPS wordt toegepast, AC/DC omvormers toe te passen in de LVI. Deze omvormers dienen achter een preferente groep geplaatst te worden en gedimensioneerd te zijn op de aanwezige 48Vdc verbruikers in een module.

Tabel 3: overzicht 48Vdc verbruikers

Module	Vermogen	Stroomafname bij 48V
GVI	360 W	7,5 A
HVI	240 W	5 A
ICT	160 W	3,4 A
RIV	110 W	2,3 A
TR	115 W	2,4 A

Zoals te herleiden uit de bovenstaande tabel, verschilt het benodigde 48Vdc vermogen tussen iedere module. Het ontwerp van de LVI dient zoveel mogelijk gestandaardiseerd te worden en daarom is gekozen om een omvormer te kiezen die voor iedere module geschikt is.

In de bijlagen is een datasheet toegevoegd van een 230Vac/48Vdc omvormer van Phoenix contact met een nominaal vermogen van 480W waarmee hij geschikt is om in iedere module toegepast te worden. In figuur 17 is het ruimtebeslag van de geselecteerde omvormer in de LVI weergegeven.



Figuur 17: ruimtebeslag 230Vac/48Vdc omvormer

Voor optimalisatie 89 zijn de opgenomen installatieautomaten in het LVI ontwerp door Haskoning beoordeeld en uit de installatieschema's van MOS 4.1 zijn de 1 fase (230Vac) groepen met 1 fase installatieautomaten uitgevoerd. Er zit geen werkschakelaar achter de automaat waardoor de nul in dit ontwerp nooit te onderbreken is. Deze situatie is door Haskoning opnieuw beoordeeld en wordt aanbevolen om in de toekomst 2-polige automaten toe te passen die zowel de fase als de nul onderbreken. Deze situatie is verwerkt op het installatieschema van de LVI's. Hieronder is in cursieve tekst de onderbouwing voor deze keuze gegeven:

Volgens de NEN-EN-IEC 60898 (specifieke norm voor installatieautomaten) en de NEN 1010 zijn 1-polige installatieautomaten toegestaan, ook wanneer de nul daarbij niet wordt onderbroken. In de praktijk betekent dit echter dat de installatie niet volledig galvanisch wordt gescheiden. Hierdoor kunnen potentiaalverschillen blijven bestaan omdat de nul niet kan worden afgeschakeld. Veilig werken volgens NEN 3140 kan in mijn ogen daardoor onvoldoende worden gewaarborgd.

Daarom lijkt het mij inderdaad verstandig om 2-polige automaten te gaan toepassen. Een andere optie is het opnemen van een 2-polige werkschakelaar achter de installatieautomaat, maar dit neemt meer ruimte in beslag.

Let op! Een 1f+n automaat is 2x zo breed t.o.v. een 1f automaat. In de LVI is echter nog een beperkte hoeveelheid beschikbare ruimte. Hierdoor is het niet mogelijk om alle 1f automaten te vervangen voor 1f+n automaten. ProRail dient over deze kwestie een besluit te maken.

4.6 Optimalisatie 63

De batterijset die onderdeel is van de UPS staat in de huidige situatie in een rek. Het is gewenst om deze in een kast te plaatsen. De wens van ProRail is om hier een duurzame en brandveilige omkasting voor te maken die te standaardiseren is. Door Haskoning is een inventarisatie gedaan naar de mogelijkheden in de markt en deze zijn vervolgens besproken met ProRail. Een mogelijke oplossing die zowel duurzaam als brandwerend is is een omkasting van Magnesium Oxide platen.² Het ontwerpen van een geschikte omkasting ligt bij Sophia.

Let op: bij het omkassen van de batterijset dient zorgvuldig rekening te worden gehouden met het risico op gasophoping. In sommige gevallen kan actieve ventilatie noodzakelijk zijn om te voorkomen dat vrijkomende gassen zich binnen de omkasting verzamelen. Gasvorming bij batterijen kan, indien onvoldoende geventileerd, leiden tot potentieel gevaarlijke situaties.

4.7 Optimalisatie 88

Door ProRail is een Visio schema geleverd waarin het EMC-concept voor een module is weergegeven. Dit schema is door Haskoning uitgewerkt tot een formele .dwg-tekening die generiek is. Deze .dwg is als bijlage toegevoegd aan deze rapportage als "EMC tekening".

4.8 Optimalisatie x1

In het generiek ontwerp dossier is de HVI-module ingedeeld met zoveel mogelijk HVI-velden naast elkaar. Dit heeft echter het effect dat bepaalde componenten minder gemakkelijk te bereiken zijn. De tussenmeter tussen de HVK en de stationstransformator dient bijvoorbeeld toegankelijk te zijn en dat is nu niet het geval. Daarnaast is een HVI in een onderstation doorgaans compacter dan de opstelling die gehanteerd is. Voor deze optimalisatie is de indeling van de HVI-module in afstemming met ProRail zo aangepast dat deze beter overeenkomt met wat er in de realiteit vaak zal voorkomen. Hierbij is uitgegaan van de volgende configuratie: 2 VK-velden, 2 GR-velden (waarvan 1 incl. MV), 1 StTr-veld, 2 EDS-velden en een koppelveld. Met de ruimte die met deze samenstelling beschikbaar gekomen is, is de HVI-module opnieuw ingedeeld. Die "OTA herindeling HVI module" is als bijlage toegevoegd aan deze rapportage.

Er is tijdens de uitwerking geconstateerd dat de ingetekende posities van de gaten en doorvoeringen niet overeenkomen met de benodigde posities voor de HVI die geplaatst zal worden, een Blue GIS variant. Deze dienen door Sophia bijgewerkt te worden in het model.

² MAGOXX: De toekomst van duurzaam en brandwerend bouwen

Bijlagen

Bijlage A – Detailering warmtelasten per module

Objecten indeling RIV Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Redenering (kort)
1	1	RIV - RIVM-LVI	150 W	LV-/besturingskast: hulpspanningen, relais/PLC/IO, kleine voedingen. Typisch 50–300 W afhankelijk van vulling; 150 W als representatief.
2	1	RIV - 3kV Omvormer (Nieuwe generatie) ABB	1500 W	Vermogenselektronica: verliezen ~ 1–3% van doorgezet vermogen. Op basis van massa (6,2 kN ≈ ~630 kg) is dit een forse omvormer; 1,5 kW is conservatief als “continue ontwerpverlies” zonder exacte kW-rating.
3	1	RIV - 3kV Omvormer (Nieuwe generatie) ABB	1500 W	Idem als pos 2.
4	1	RIV - SMIK-3 Sprecher Automation	200 W	Besturing/automatisering + voedingen/communicatie. Vaak 100–400 W. 200 W als middenwaarde voor een 2m kast.
5	1	RIV - 3kV-lastscheider (SHS) van Alfen	30 W	In principe passief. Warmte vooral door contactweerstand bij belasting (I^2R). Ordegrootte 10–50 W in een kast bij hoge stromen.
6	1	RIV - 3kV-lastscheider (SHS) van Alfen	30 W	Idem als pos 5.
7	1	RIV - 3kV Lastschakelaar (SM) van Alfen	50 W	Ook grotendeels passief, maar bij schakelen/voeren iets meer interne verliezen dan een scheider. Typisch 20–100 W → 50 W ontwerp.
8	1	RIV - RIVM-LVI-48Vdc Eaton	150 W	48 Vdc voeding/rectifier/charger: verlies grofweg 5–10% van klein hulpsysteem of ~100–300 W voor compacte units. Zonder rating kies ik 150 W .

Maximaal totale warmtelast 3.6 kW (Geschat)

Objecten indeling ICT Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Waarom deze waarde
1	1	ICT - ICTM-LVI	150 W	LV-/besturingskast met hulpspanningen, PLC/IO, kleine voedingen. Typisch 50–300 W → middenwaarde.
2	1	ICT - Combikast UPS-48V (Benning)	600 W	UPS/laders hebben standby + laad/omzetverliezen . Zonder kW-rating kies ik ontwerpverlies in de band 0,4–1,2 kW ; 600 W is realistisch voor “continu aanwezig”, niet maximale laadpiek.
3	1	ICT - SMIK 8	250 W	Besturings-/beveiligingskast met voedingen, I/O, communicatie. Vaak 150–500 W afhankelijk van vulling; 250 W als representatief.
4	1	ICT - Glasvezelkast ODF6 (OVK)	20 W	ODF is grotendeels passief (patchpanelen/laslades). Alleen kleine actieve elementen (bv. media converters) als die erin zitten; daarom laag (0–50 W).
5	1	ICT - GCK	50 W	Kleine interface-/groepenkast (relais/voeding). Meestal beperkt actief vermogen; 20–100 W → 50 W .
6	1	ICT - Netwerkkast A	100 W	Zitten alleen een paar switches in.
7	1	ICT - ICTM-LVI-48Vdc (Eaton)	150 W	48 Vdc voeding/rectifier/charger: vaak 100–300 W verlies bij normale belasting → 150 W .

Maximaal totale warmtelast 1.3 kW (Geschat)

Objecten indeling GVI Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Waarom deze waarde
1	1	SMIK1	150 W	Besturingskast (voedingen/PLC/IO/communicatie). Orde 50–300 W.
2	1	Afstandmeld kast	25 W	Kleine meld-/interfacekast, beperkt actief. (10–50 W).
3	1	GVIM1-LVI	150 W	LV-/hulpkast vergelijkbaar met andere LVI: voedingen, relais, klein verbruik.
4	1	TTU (Transfer Trip Unit)	50 W	Intertripping panel: relais/voedingen, beperkte elektronica. (30–100 W).
10	1	Gelijkrichterveld 2 (GR2)	14 W	Belasting-afhankelijk: veld bevat vermogenspad + contactovergangen + eventuele hulpsystemen. Zonder stroomgegevens kies ik 200–500 W; 300 W ontwerp.
11	1	Snelschakelaar	14 W	Belasting-afhankelijk: verliezen in hoofdstroompad + spoel/actuator kortstondig. Continu vooral contact/I ² R → 150–400 W; 250 W ontwerp.
12	1	Snelschakelaar	14 W	Idem.
13	1	Snelschakelaar	14 W	Idem.
14	1	Snelschakelaar	14 W	Idem.
15	1	Snelschakelaar	14 W	Idem.
16	1	Snelschakelaar	14 W	Idem.
17	1	Gelijkrichterveld 1 (GR1)	14 W	Idem als GR2.
18	1	Koppelveld	14 W	Belasting-afhankelijk, meestal iets lichter dan gelijkrichter-/minusveld. Orde 100–400 W → 200 W .
19	1	Minusveld	14 W	Dit veld (12 kN, groot) heeft vaak een zwaarder stroompad/busbar-werk → hogere I ² R-verliezen. Orde 300–800 W → 500 W ontwerp.
20	1	Opklapbare tafel	0 W	Geen warmtebron.
21	1	Omvormer zonnepaneel (mogelijk)	100 W	Alleen als er PV-omvormer/monitoring in de module hangt; vaak extern/uitpandig. Kleine omvormer heeft verliezen ~1–3% → bij ~3–5 kW is dat 30–150 W.
22	1	GVIM1-LVI-48Vdc (Eaton)	150 W	48 Vdc voeding/rectifier/charger: typisch 100–300 W verlies → 150 W .

Maximaal totale warmtelast 0.8 kW (Geschat)

Objecten indeling HVI Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Waarom deze waarde
1	1	Stations Transformator 100 kVA	1.500 W	Verliezen = ijzerverlies (no-load) + koperverlies (load) . Voor ~100 kVA trafo is totaalverlies vaak grofweg 1–2,5 kW afhankelijk van ontwerp/last. Ik neem 1,5 kW als HVAC-ontwerp bij "typisch bedrijf", niet worst-case continu vol belast.
2	1	HVK	100 W	Hoogspannings-/schakel- of hulpkast: beperkt actief (anti-condens/voedingen). 50–200 W.
2a	1	VK	100 W	Verdeel-/hulpkast: kleine voedingen/relais. 50–200 W.
3	1	VM-LVI	150 W	LV-/besturingskast zoals bij andere modules.
4	1	UPS Batterijkast (Eaton)	100 W	Batterijkast zelf is meestal passief, soms verwarming/monitoring. 20–150 W. Ik neem 100 W conservatief.
5	1	UPS (Eaton)	600 W	UPS/rectifier heeft continuë omzetverliezen. Zonder kVA-rating kies ik 0,4–1,2 kW , hier 600 W als realistische continue ontwerpwaarde.
6	1	Afstandmeld kast	25 W	Kleine meld-/interfacekast.
10	1	Stationstrafoveld 2	50 W	Schakelveld: vooral I ² R/contactverliezen + hulpvoeding. 100–400 W → 200 W .
11	1	Voedingskabelveld VK3	50 W	Idem.
12	1	Voedingskabelveld VK2	50 W	Idem.
13	1	Gelijkrichterveld GR3	50 W	Iets hogere verliezen dan "kabelveld" door interne componenten/stroompad. 200–500 W → 300 W .
14	1	Gelijkrichterveld GR2	50 W	Idem.
15	1	Gelijkrichterveld GR1	50 W	Idem.
16	1	Voedingskabelveld VK1	50 W	Idem kabelveld.
17	1	Stationstrafoveld 1	50 W	Idem stationstrafoveld.
18	1	Toekomst WSV	50 W	"Toekomst" veld: neem stand-by/ruimte-reserve met minimale hulpverliezen.
19	1	EDS veld 4	50 W	EDS (afgaand/distributie): vergelijkbaar met kabelveld.
20	1	EDS veld 3	50 W	Idem.
21	1	EDS veld 2	50 W	Idem.
22	1	EDS veld 1 (VK1+MV)	50 W	Combi/drukker belast → iets hoger.
23	1	Koppelveld	50 W	Koppeling: vergelijkbaar schakelveld.
25	1	Opklapbare tafel	0 W	Geen warmtebron.
26	1	Omvormer zonnepaneel (mogelijk)	100 W	30–150 W verlies bij enkele kW PV; 100 W conservatief (alleen als echt binnen geplaatst).
27	1	VM-LVI-48Vdc (Eaton)	150 W	48 Vdc voeding/charger.

Maximaal totale warmtelast 3.5 kW (Geschat)

Objecten indeling TR1 Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Waarom deze waarde
1	1	TRM1-LVI	150 W	LV-/besturingskast met voedingen, relais, kleine verbruikers. Typisch 50–300 W.
2	1	T-MIK (Sprecher)	150 W	Besturing/beveiliging vergelijkbaar met SMIK1: 50–300 W → middenwaarde.
3	1	GR1 (Siemens)	6.400 W (gegeven)	Dit is duidelijk een vermogensdeel (gelijkrichter/veld) met substantiële verliezen. Waarde lijkt als “total losses” opgegeven.
4	1	TR1 (SGB-Smit)	20.000 W max (gegeven)	Trafoverliezen (ijzer + koper) als opgegeven totaal. Dit is een dominante warmtelast en logisch bij grote giethars/tractietrafo.
5	1	Afstandmeld kast (Eaton)	25 W	Kleine meld-/interfacekast: 10–50 W.
6	1	Omvormer zonnepaneel (mogelijk)	100 W	~1–3% van PV-vermogen → bij enkele kW typisch 30–150 W.
7	1	Opklapbare tafel	0 W	Geen warmtebron.
8	1	TRM1-LVI-48Vdc (Eaton)	150 W	48 Vdc voeding/charger: typisch 100–300 W verlies → 150 W.

Maximaal totale warmtelast 27 kW (Geschat)

Objecten indeling TR2 Module

Posnr	Aantal	Omschrijving	Warmtelast (W)	Waarom deze waarde
1	1	TRM2-LVI	150 W	LV-/besturingskast met voedingen, relais, kleine verbruikers. Typisch 50–300 W.
2	1	T-MIK (Sprecher)	150 W	Besturing/beveiliging vergelijkbaar met SMIK1: 50–300 W → middenwaarde.
3	1	GR1 (Siemens)	6.400 W (gegeven)	Dit is duidelijk een vermogensdeel (gelijkrichter/veld) met substantiële verliezen. Waarde lijkt als “total losses” opgegeven.
4	1	TR1 (SGB-Smit)	20.000 W (gegeven)	Trafoverliezen (ijzer + koper) als opgegeven totaal. Dit is een dominante warmtelast en logisch bij grote giethars/tractietrafo.
5	1	Afstandmeld kast (Eaton)	25 W	Kleine meld-/interfacekast: 10–50 W.
6	1	Omvormer zonnepaneel (mogelijk)	100 W	verliezen ~1–3% van PV-vermogen → bij enkele kW typisch 30–150 W.
7	1	Opklapbare tafel	0 W	Geen warmtebron.
8	1	TRM1-LVI-48Vdc (Eaton)	150 W	48 Vdc voeding/charger: typisch 100–300 W verlies → 150 W.

Maximaal totale warmtelast 27 kW (Geschat)

Bijlage B – Vabi resultaten

De onderstaande documenten zijn onderdeel van de gelijknamige zip-map behorend bij de definitieve levering.

Doc. nr.	Document titel
1	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie ICT_RIV module
2	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie GVI_HVI module
3	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie TR module
4	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie IC_RIV-module CLT Wanden en dak
5	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie GVI_HVI module CLT Wanden en dak
6	Ventilatie debiet bepaling jaarsimulatie TR_module CLT Wanden en dak
7	Verwarmingsvermogen bepaling warmteverlies berekening Kleine module
8	Verwarmingsvermogen bepaling warmteverlies berekening Grote module
9	Verwarmingsvermogen bepaling warmteverlies berekening Kleine module CLT wanden en dak
10	Verwarmingsvermogen bepaling warmteverlies berekening Grote module CLT wanden en dak

Bijlage C – E-installaties

De onderstaande documenten zijn onderdeel van de gelijknamige zip-map behorend bij de definitieve levering.

Doc. nr.	Document titel
1	Posities aanwezigheidsensor en antenne
2	Tekeningen tbv LVI ontwerp
3	Tekeningen tbv noodknop GVI
4	Datasheet 230Vac 48Vdc omvormer Phoenix Contact
5	Datasheet patroonlastscheider
6	EMC tekening
7	ICT.TEK-65-01 - OTA voorstel andere positie glasvezel kastje
8	OTA herindeling HVI module