

Quick Scan bouwfysische aandachtspunten bij de verduurzaming van het raadhuis gemeente Hilversum



Winkelman Engineering & Consultancy B.V.

Datum	Drachten, 18 oktober 2019
Projectnummer	19-00338
Status - versie	Definitief v2.0
Auteur	Ir. E. Bouten
gecontroleerd	M. Winkelman Mbse

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de DNR 2011, dan wel naar de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

INHOUDSOPGAVE

1. PROJECTGEGEVENS	4
2. INLEIDING EN ACHTERGROND	5
2.1. Vraagstelling	5
2.2. Doelstelling Quick Scan	6
2.3. Demarcatie Quick Scan	6
2.4. Gehanteerde documenten	6
3. INVENTARISATIE	7
3.1. Bestaande situatie	7
3.1.1. Bouwkundig:.....	7
3.1.2. Verwarming.....	7
3.1.3. Ventilatie	7
3.1.4. Koeling.....	7
3.2. Beoogde situatie	7
3.2.1. Bouwkundig:.....	7
3.2.2. Verwarming.....	8
3.2.3. Ventilatie	8
3.2.4. Koeling.....	8
3.2.5. Verlichting	8
3.3. Onderzoeksvragen	9
3.3.1. Zal condensatie ontstaan en zo ja, waar:	9
3.3.2. Wat zijn de gevolgen daarvan:	9
3.3.3. Hoeveel moeten we ventileren om dat te voorkomen?	9
3.3.4. Blijft bij het eventueel toepassen van minder goed geïsoleerd glas of folie het concept met de MT warmtepompen nog overeind staan om een goed binnenklimaat te krijgen of moet gekozen worden voor andere warmtebronnen (bijvoorbeeld een biomassaketel)??.....	10
4. CONCLUSIE	11

1. PROJECTGEGEVENS

Project: Quick Scan verduurzaming raadhuis Hilversum

Opdrachtgever **Gemeente Hilversum**

Afdeling	Openbare Ruimte, team Vastgoed & Installaties
Contactpersoon	Dhr J. Mars
Adres	Dudokpark 1
Postcode en Plaats	Postbus 9900, 1201 GM Hilversum
Telefoon	035-6292965 // 06 51682970
Email	j.mars@hilversum.nl

Adviseur Installaties **Winkelman Engineering & Consultancy**

Contactpersoon	M. Winkelman Mbse
Adres	Stationsweg 79
Postcode en Plaats	9201 GJ Drachten
Telefoon	0512 – 745 132
Email	m.winkelman@winkelmanengineering.nl

2. INLEIDING EN ACHTERGROND

Gemeente Hilversum is voornemens het raadhuiseland bestaande uit het raadhuis, stadskantoor, de naastgelegen villa en de gemeentewerf te verduurzamen. Het doel hiervan is om in 2022 de CO₂ uitstoot van deze vier gebouwen tot nul gereduceerd te hebben én zoveel als mogelijk aardgas loos te maken.

Diverse adviesbureaus hebben hiervoor onderzoeken uitgevoerd en daarover gerapporteerd. Op basis van de uitgebrachte rapporten zijn door Gemeente Hilversum meerdere varianten concreet gemaakt en uitgewerkt, waarin zowel bouwkundige als installatietechnische maatregelen zijn opgenomen en doorgerekend. Gekozen is een variant waarin wordt uitgegaan van het verbeteren van de isolerende capaciteit van de gebouwschil, warmte en koude opwekking middels een combinatie van warmtepompen en een warmte- koudeopslag systeem en een mechanisch ventilatiesysteem, voorzien van warmteterugwinning. Daarnaast gaat deze variant uit van het vervangen van hoogfrequente TL5 verlichting door LED verlichting en het optimaliseren van de lichtregeling.

Gemeente Hilversum heeft deze variant tot collegevoorstel uitgewerkt op basis waarvan besluitvormig zal plaatsvinden en waarvoor tevens de financiële middelen worden aangevraagd.

Winkelman Engineering heeft reeds een Quick scan uitgevoerd naar de technische en financiële haalbaarheid van de gekozen variant, zie ook rapportage Quick Scan technische- en financiële haalbaarheid verduurzaming raadhuis gemeente Hilversum d.d. 18 juni 2019. In aanvulling op deze Quick scan heeft de gemeente Hilversum vragen gesteld over de bouwfysische consequenties van de beoogde ingrepen.

2.1. Vraagstelling

De gemeente Hilversum is van plan om het bestaande enkel glas van het rijksmonumentale raadhuis Hilversum te vervangen door isolerende beglazing. Daarvoor zijn 5 varianten uitgewerkt, te weten:

- AGC vacuümglas
- STOLKER Monuglas
- STOLKER Monusafe
- Van Ruysdael
- 3M folie

De 40 cm dikke massieve metselwerk gevels worden niet geïsoleerd.

De verwachting is dat bij toepassing van AGC glas condensatie op de muren kan ontstaan. In het pand is nu geen (of nauwelijks) ventilatie aanwezig.

Om condensatie te voorkomen wil de gemeente ventileren, daarbij wil de gemeente met de ventilatielucht ook een deel van het warmteverlies en koellast dekken.

De bestaande radiatoren (nu 80/60°C) blijven bestaan, maar worden op lage temperatuur aangesloten (55/45°C)

De vraagstelling bij de beoogde ingrepen zijn:

- Zal condensatie ontstaan?
- Zo ja, op welk constructiedeel?
- Wat zijn de gevolgen daarvan?
- Hoeveel moeten we ventileren om dat te voorkomen?
- Blijft bij het eventueel toepassen van minder goed geïsoleerd glas of folie het concept met de MT warmtepompen nog overeind staan om een goed binnenklimaat te krijgen of moet gekozen worden voor andere warmtebronnen (bijvoorbeeld een biomassaketel)?

De rapportage wordt gebruikt voor de adviesaanvraag bij de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE); zij moet een vergunning verlenen om de aanpassingen aan het gebouw te kunnen doen.

2.2. Doelstelling Quick Scan

Doelstelling van deze Quick Scan is te verifiëren wat de bouwfysische consequenties van de verschillende beglazingsystemen en wat de invloed hiervan is op de benodigde ventilatiecapaciteit en eventueel de afgifte temperatuur van het verwarmingssysteem.

2.3. Demarcatie Quick Scan

Onderhavige Quick Scan betreft de beoordeling van de bouwfysische consequenties voor alleen het raadhuis. Het stads kantoor, gemeentewerf en de villa vallen buiten de scope. Voor deze Quick Scan zijn geen uitgebreide koudebrug berekeningen of simulaties uitgevoerd.

2.4. Gehanteerde documenten

Wij hebben de volgende documenten ontvangen voor deze Quick Scan:

- Email van de heer J. Mars van de gemeente Hilversum met als onderwerp de rapportage bouwfysica Raadhuis Hilversum en verzonden op dinsdag 1 oktober 2019 en voorzien van de vraagstelling en onderstaande bijlagen:
 - Rapportage “Quick Scan technische- en financiële haalbaarheid verduurzaming raadhuis gemeente Hilversum” van Winkelman Engineering d.d. 18 juni 2019
 - Bestand “condensatie.pdf” met de U-waarden van de verschillende beglazingsystemen
 - Bestand “Scan 191001 08_45_25.pdf” met een schets van het beglazingsdetail.

3. INVENTARISATIE

3.1. Bestaande situatie

3.1.1. Bouwkundig:

Het raadhuis is een monumentaal gebouw dat dateert uit 1930. De buitengevels bestaan uit ca. 40 cm dikke gemetselde muren. Deze muren zijn zonder spouw opgetrokken en zijn niet voorzien van isolatie. De kozijnen zijn in staal uitgevoerd en de beglazing betreft hoofdzakelijk enkele beglazing. Het dak van het pand is een matig geïsoleerd dak.

3.1.2. Verwarming.

Warmte wordt conform de beschikbaar gestelde documentatie in de huidige situatie opgewekt met behulp van twee verwarmingsketels. Ketel 1 betreft een hoog rendement ketel en ketel 2 betreft een ketel met verbeterd rendement. Het totaal opgesteld verwarmingsvermogen bedraagt 790 kW.

Voor het transporteren van warmte is een verdeler/verzamelaar opgesteld waarop een aantal radiatorgroepen en tevens groepen luchtbehandeling zijn aangesloten.

Warmteafgifte vindt in de huidige situatie hoofdzakelijk plaats via radiatoren en convectoren. Ook is beperkt vloerverwarming toegepast.

3.1.3. Ventilatie

Het pand is beperkt voorzien van ventilatie. In enkele ruimtes waaronder de raadzaal, bibliotheek-tekenzaal, burgerzaal, trouwzaal en centrale hal is ventilatie aangebracht. Het ventilatiesysteem is voorzien van warmteterugwinning met behulp van een twin-coil warmteterugwinsysteem.

3.1.4. Koeling

Het pand is heel beperkt voorzien van koeling.

3.2. Beoogde situatie

3.2.1. Bouwkundig:

Conform de verstrekte documenten is het doel het raadhuis te gaan verduurzamen en tevens laten voldoen aan Programma van Eisen Gezonde kantoren 2018 klasse C. Dit wordt gerealiseerd middels het isoleren door het enkel glas te vervangen door isolerende beglazing (monumentenglas of dun dubbelglas met gasvulling) en de plafonds van de bovenste bouwlagen te voorzien van dikke isolatiedekens.

Voor de isolerende beglazing zijn 5 varianten uitgewerkt, te weten:

- AGC vacuumglas
- STOLKER Monuglas
- STOLKER Monusafe
- Van Ruysdael

- 3M folie

In bijlage 1 zijn de U-waarden van de verschillende beglazingen weergegeven.
Het glas is gevat in eenvoudige (bestaande) stalen kozijnen; zie de schets in bijlage 2.

De 40 cm dikke massieve metselwerk gevels worden niet geïsoleerd.

3.2.2. Verwarming.

De bestaande verwarmingsketels worden vervangen door warmtepompen. Dit betreffen water/water warmtepompen die kunnen worden bedreven op basis van een aanvoertemperatuur van 60°C en zijn voorzien van het koudemiddel R1234ze. De warmtepompen worden primair aangesloten op een open bron. Aan de secundaire zijde worden de warmtepompen aangesloten op een verdeler/verzamelaar met 3 afgaande groepen ten behoeve van de drie gebouwen. De bestaande installaties worden op de verdeler/verzamelaar aangesloten. Vanaf de verdeler/verzamelaar worden nieuwe terreinleidingen aangelegd naar de villa. De cv-watertemperatuur wordt 60/50°C (in de bestaande situatie is dat 80/60°C).

3.2.3. Ventilatie

In de kantoren en vergaderkamers wordt ventilatie aangebracht voorzien van warmteterugwinning. Boven de plafonds van de gangen worden hiervoor luchtbehandelingsunits geplaatst. In de luchtbehandelingsunits wordt ventilatielucht gefilterd en afhankelijk van de buitentemperatuur verwarmd of gekoeld en vervolgens via een luchtkanalenstelsel naar de betreffende ruimtes getransporteerd. De lucht wordt weer afgezogen in de gangen en via een warmtewisselaar waar een deel van de restwarmte wordt teruggewonnen weer afgeblazen naar buiten.

De bestaande ventilatie-installatie in de raadzaal en de burgerzaal wordt voorzien van warmteterugwinning.

Alle kantoren worden voorzien van ventilatie met warmteterugwinning. Als gevolg van het isoleren en het aanbrengen van ventilatie met warmteterugwinning wordt het totaal op te stellen verwarmingsvermogen gereduceerd van 790 kW naar 550 kW

3.2.4. Koeling

Het ventilatiesysteem wordt in de nieuwe situatie gebruikt voor koeling, met nakoeling per ruimte. In de luchttoevoer naar de kantoren en vergaderruimtes worden verwarmers en koelers opgenomen.

3.2.5. Verlichting

Een groot deel van het pand is reeds voorzien van ledverlichting. In vertrekken en zones waar nog geen ledverlichting is geïnstalleerd, zal dit alsnog worden geïnstalleerd. Tevens zal de verlichting daar waar mogelijk worden geschakeld op basis van aanwezigheidsdetectie.

3.3. Onderzoeksvragen

3.3.1. Zal condensatie ontstaan en zo ja, waar:

Uit de berekeningen en analyse als weergegeven in bijlage 1 en 2 blijkt dat er bij lage buitentemperaturen een aanzienlijk risico bestaat op condensatie op de stalen kozijnen en ter plaatse van de aansluiting van de stalen kozijnen op de massieve muren.



Bij de bepaling van de oppervlaktetemperatuur is bij alle constructies wel het uitgangspunt dat de constructie allen vrij zijn van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen. Indien er wel sprake is van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen tegen de buitenconstructies, is de kans groot dat oppervlakte temperatuur ter plaatse lager wordt, waardoor het risico op condensatie aanzienlijk toeneemt.

Op de overige constructies, dus ook de massieve buitenmuur, zal geen condensatie optreden mits deze dus vrij zijn van obstakels.

3.3.2. Wat zijn de gevolgen daarvan:

De condensvorming op het stalen kozijn en de aansluiting met de massieve muur wordt als acceptabel beschouwd. Vanuit het te behouden ontwerp en de daarbij horen uitgangspunten is condensvorming mogelijk. Vocht wordt namelijk afgevoerd en op de stalen kozijnen is er relatief weinig kans op schimmelvorming. De vlakken zijn in principe goed reinigbaar. Vanuit deze argumentatie en het streven naar het behoud van de oorspronkelijke vormgeving wordt het risico op condensvorming acceptabel geacht.

Bij de bepaling van de oppervlaktetemperatuur is bij alle constructies wel het uitgangspunt dat de constructie allen vrij zijn van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen. Indien er wel sprake is van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen tegen de buitenconstructies, is de kans groot dat oppervlakte temperatuur ter plaatse lager wordt, waardoor het risico op condensatie aanzienlijk toeneemt.

3.3.3. Hoeveel moeten we ventileren om dat te voorkomen?

Bij een ventilatiecapaciteit van 25 m³/h per persoon aan buitenlucht (Bij -10°C buitentemperatuur), zal de relatieve vochtigheid binnen ca. 30% bedragen en is er nog een risico op condensatie op de stalen kozijnen.

Bij een ventilatiecapaciteit van 50 m³/h per persoon aan buitenlucht (Bij -10°C buitentemperatuur), zal de relatieve vochtigheid binnen ca. 20% bedragen en is zelfs het risico op condensatie op de stalen kozijnen zeer beperkt. Een relatieve vochtigheid van 20% is echter lager dan vanuit comfort overwegingen is gewenst en leidt wellicht tot comfortklachten wegens te droge lucht.

Het advies is dan ook om vast te houden aan de oorspronkelijk beoogde ventilatiecapaciteit van 25 m³/h per persoon. Hiermee bestaat nog wel een risico op condensvorming op de stalen kozijnen.

Mogelijke condensvorming op het stalen kozijn is in de huidige situatie ook reeds aanwezig en is acceptabel. Vocht wordt namelijk afgevoerd en op de stalen kozijnen is er relatief weinig kans op schimmelvorming. De vlakken zijn in principe goed reinigbaar.

Verder is het risico op condensvorming kleiner dan in de huidige situatie. In de huidige situatie zijn er in de meeste ruimten geen ventilatievoorzieningen aanwezig. Door het beoogde nieuwe ventilatiesysteem met 25 m³/h ventilatie per persoon, zal de relatieve vochtigheid binnen lager zijn en het risico op condensvorming lager.

- 3.3.4. Blijft bij het eventueel toepassen van minder goed geïsoleerd glas of folie het concept met de MT warmtepompen nog overeind staan om een goed binnenklimaat te krijgen of moet gekozen worden voor andere warmtebronnen (bijvoorbeeld een biomassaketel)??

Er hoeft geen minder goed geïsoleerd glas of folie toegepast te worden. Deze vraag is dan ook niet van toepassing.

4. CONCLUSIE

Voor de uitwendige constructies en koudebruggen is beoordeeld of deze voldoen aan de eis uit het Bouwbesluit. De binnenoppervlaktetemperatuurfactor van een constructie die grenst aan een verblijfsgebied mag in dit geval aan de binnenzijde (uitgaande van de nieuwbouweis) niet lager zijn dan 0,5. De binnenoppervlaktetemperatuur dient dus hoger te zijn dan 9°C.

Uit de beoordeling als weergegeven in het overzicht van bijlage 1, blijkt dat de genormeerde binnenoppervlaktetemperatuur niet overal boven de maattegevende grenswaarde van 9°C uitkomt. Met name ter plaatse van de stalen kozijnen ligt de temperatuur onder de grenswaarde en kan condensvorming optreden.

Bij een ventilatiecapaciteit van 50 m³/h per persoon aan buitenlucht (Bij -10°C buitentemperatuur), zal de relatieve vochtigheid binnen ca. 20% bedragen en is zelfs het risico op condensatie op de stalen kozijnen zeer beperkt. Een relatieve vochtigheid van 20% is echter lager dan vanuit comfort overwegingen is gewenst en leidt wellicht tot comfortklachten wegens te droge lucht.

Het advies is dan ook om vast te houden aan de oorspronkelijk beoogde ventilatiecapaciteit van 25 m³/h per persoon. Bij de meeste constructies, zoals het nieuw te plaatsen isolatieglas, de massieve gevel en de aansluitingen van gevel met vloer en van gevel met scheidingswand is hiermee het risico op condensvorming of schimmelvorming nihil. Hiermee bestaat nog wel een risico op condensvorming op de stalen kozijnen.

De condensvorming is in deze situatie echter acceptabel. Vocht wordt namelijk afgevoerd en op de stalen kozijnen is er relatief weinig kans op schimmelvorming. De vlakken zijn in principe goed reinigbaar. Verder is het risico op condensvorming kleiner dan in de huidige situatie. In de huidige situatie zijn er in de meeste ruimten geen ventilatievoorzieningen aanwezig. Door het beoogde nieuwe ventilatiesysteem met 25 m³/h ventilatie per persoon, zal de relatieve vochtigheid binnen lager zijn en het risico op condensvorming lager.

Vanuit deze argumentatie en het streven naar het behoud van de oorspronkelijke vormgeving wordt het risico op condensvorming acceptabel geacht.

Bij de bepaling van de oppervlaktetemperatuur is bij alle constructies wel het uitgangspunt dat de constructie allen vrij zijn van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen. Indien er wel sprake is van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen tegen de buitenconstructies, is de kans groot dat oppervlakte temperatuur ter plaatse lager wordt, waardoor het risico op condensatie aanzienlijk toeneemt. Het advies is dan ook om de uitwendige constructies vrij te houden.

BIJLAGE 1 Wettelijke eisen koudebruggen

Eisen

Om oppervlakte condensatie ter plaatse van koude vlakken te voorkomen, worden in het Bouwbesluit eisen gesteld aan de binnenoppervlaktetemperatuurfactor. De eisen voor de bestaande bouw zijn in artikel 3.25 opgenomen. In het artikel staat vermeld dat een bestaand bouwwerk zodanige scheidingsconstructies heeft, dat de vorming van allergenen door vocht in verblijfsruimten, toiletruimten en badruimten voldoende wordt beperkt. Hieraan worden verder echter geen concrete eisen gesteld.

Voor nieuwbouw worden er wel concrete eisen gesteld, deze zijn opgenomen in artikel 3.22. (factor van de temperatuur). Conform dit artikel mag de binnentemperatuur factor van een constructie die grenst aan het verbijfsgebied van een utiliteitsfunctie niet lager zijn dan 0,5. Deze eis geldt niet voor ramen, deuren, kozijnen en daarmee gelijk te stellen constructie onderdelen.

Bepalingsmethode

De binnenoppervlaktetemperatuurfactor dient te worden bepaald conform NEN 2778. Waarbij geldt:

$$f_{s,i} = \frac{\theta_{s,i,min}}{(\theta_i - \theta_e)}$$

Waarin:

$f_{s,i}$ = de genormeerde binnenoppervlaktetemperatuurfactor [-];

$\theta_{s,i,min}$ = de minimale temperatuur op het binnenoppervlak [°C];

θ_i = de binnenluchttemperatuur van 18°C;

θ_e = de buitenluchttemperatuur van 0°C.

Bij een genormeerde binnenlucht temperatuur van 18°C en een buitenluchttemperatuur van 0°C correspondeert een binnenoppervlaktetemperatuur van 0,5 met een oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de uitwendige scheidingsconstructie van 9°C.

Beoordeling constructies Raadhuis Hilversum op basis van temperatuurfactor

Bij slecht geïsoleerde gebouwen en gebouwen met koudebruggen zal bij lage buitentemperaturen in de winter, de oppervlakte temperatuur van de schilconstructies aan de binnenzijde sterk afnemen.

In onderstaand overzicht zijn van de meest kritische constructies en van de verschillende opties voor glasvervanging, de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde berekend bij een buitentemperatuur van 0°C en een binnentemperatuur van 18°C. Daarnaast is in het overzicht aangegeven of wordt voldaan aan de temperatuurfactor voor nieuwbouw.

Constructiedeel	U-waarde (in W/m²K)	Oppervlakte temperatuur binnenzijde (bij $T_i = 18^\circ\text{C}$ en $T_e = 0^\circ\text{C}$)	Voldoet aan binnenoppervlakte tem- peratuur factor > 0,5 ($T_c > 9^\circ\text{C}$)
Stalen kozijn (blijft gehandhaafd)	Ca. 6,5 W/m²K	4,0°C	Nee
Enkel glas (wordt vervangen)	Ca. 5,7 W/m²K	4,7°C	Nee
3M Thinsulate (folie) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,3 W/m²K	12,6°C	Ja

Stolker Monusafe (enkel glas) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,2 W/m ² K	12,9°C	Ja
Ruysdael (enkel glas) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,1 W/m ² K	13,1°C	Ja
Massieve muur (40 cm, $\lambda = 1,0$ W/mK) (verbeteringsoptie)	Ca. 1,7 W/m ² K	14,0°C	Ja
Stolker Monuglas (gasgevuld spouwglas) (verbeteringsoptie)	Ca. 1,6 W/m ² K	14,3°C	Ja
AGC vacuumglas (verbeteringsoptie)	Ca. 0,8 W/m ² K	16,1°C	Ja
Koudebruggen ter plaatse van aansluitingen		Oppervlakte temperatuur binnenzijde (bij $T_i = 18^\circ\text{C}$ en $T_e = 0^\circ\text{C}$)	Voldoet aan binnenoppervlaktetemperatuur factor > 0,5 ($T_c > 9^\circ\text{C}$)
Aansluiting van stalen kozijn op massieve muur		Ca. 4,0°C	Nee
Aansluiting van massieve muur op steenachtige vloer		Ca. 14,5°C	Ja
Aansluiting van massieve vloer op steenachtige binnen- wand		Ca. 14,5°C	Ja

De binnentemperaturen op de binnenzijde van de scheidingsconstructies zijn bepaald op basis van de U-waarden van de constructies als aangegeven in de tabel.

De binnentemperatuur van de koudebruggen zijn indicatief vastgesteld aan de hand van eerdere koudebrug berekeningen van vergelijkbare situaties. De betreffende waarden geven daarmee een richting, maar zijn vooralsnog niet exact bepaald.

Uit de berekeningen blijkt dat alleen bij de stalen kozijnen, het enkel glas (dat wordt vervangen) en de aansluiting van de stalen kozijn op de massieve muur, er in principe niet wordt voldaan aan de (nieuwbouw) eis van de binnenoppervlakte temperatuur factor.

Bij de bepaling van de oppervlaktetemperatuur is bij alle constructies wel het uitgangspunt dat de constructie allen vrij zijn van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen. Indien er wel sprake is van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen tegen de buitenconstructies, is de kans groot dat oppervlakte temperatuur ter plaatse lager wordt, waardoor het risico op condensatie aanzienlijk toeneemt.



Conclusie wettelijke eisen

Voor de uitwendige constructies en koudebruggen is beoordeeld of deze voldoen aan de eis uit het Bouwbesluit. De binnenoppervlaktetemperatuurfactor van een constructie die grenst aan een verblijfsgebied mag in dit geval aan de binnenzijde (uitgaande van de nieuwbouweis) niet lager zijn dan 0,5. De binnenoppervlaktetemperatuur dient dus hoger te zijn dan 9°C.

Uit het overzicht blijkt dat de genormeerde binnenoppervlaktetemperatuur niet overal boven de maategevende grenswaarde van 9°C uitkomt. Met name ter plaatse van de stalen kozijnen

lig de temperatuur onder de grenswaarde en kan condensvorming optreden. In deze zin voldoet het detail dus niet aan de nieuwbouweis uit het Bouwbesluit.

De condensvorming is in deze situatie acceptabel. Vocht wordt namelijk afgevoerd en op de stalen kozijnen is er relatief weinig kans op schimmelvorming. De vlakken zijn in principe goed reinigbaar. Vanuit deze argumentatie en het streven naar het behoud van de oorspronkelijke vormgeving wordt het risico op condensvorming acceptabel geacht.

Bij de bepaling van de oppervlaktetemperatuur is bij alle constructies wel het uitgangspunt dat de constructie allen vrij zijn van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen. Indien er wel sprake is van meubilair, (isolerende) vloer- of wandbedekking, verlaagde plafonds of gordijnen tegen de buitenconstructies, is de kans groot dat oppervlakte temperatuur ter plaatse lager wordt, waardoor het risico op condensatie aanzienlijk toeneemt.

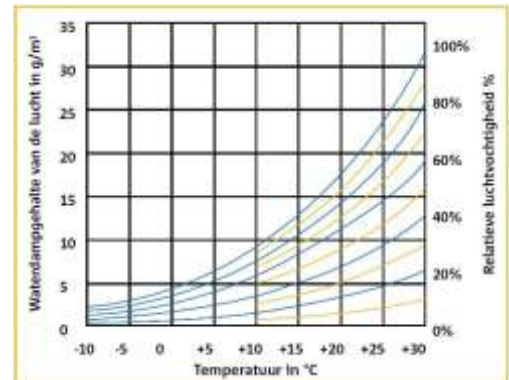
BIJLAGE 2 Condensatie en koudebruggen in de praktijk

Wanneer ontstaat condensatie op een constructie

Condensatie is de faseovergang van gas- of damp-vorm naar vloeistof. Daarbij kan warme lucht kan meer vocht bevatten dan koude lucht.

Bij het dauwpunt is de lucht met waterdamp verzadigd (de relatieve vochtigheid is 100%), zodat er dauwvorming of condensatie optreedt zodra de temperatuur bij gelijkblijvende dampdruk daalt. Wanneer dus warme, vochtige lucht afkoelt tot onder het dauwpunt, zal de waterdamp in deze lucht condenseren.

Of er condensatie op een constructie zal ontstaan is dan ook afhankelijk van de temperatuur van het constructie oppervlak en het waterdampgehalte van de lucht waaraan dit oppervlak wordt blootgesteld.



Bij slecht geïsoleerde gebouwen en gebouwen met koudebruggen zal bij lage buitentemperaturen in de winter, de oppervlakte temperatuur van de schilconstructies aan de binnenzijde sterk afnemen.

Bij gebouwen met een continue bezetting (mensen verdampen vocht) en weinig ventilatie zal het waterdampgehalte in de binnenlucht toenemen.

Beoordeling huidige situatie Raadhuis

Bij een combinatie van een slecht geïsoleerd gebouw met continue bezetting en weinig ventilatie is er een aanzienlijk risico op condensatie en dan met ter plaatse van koudebruggen en ongeïsoleerde constructies.

In het Raadhuis Hilversum zijn in de huidige situatie een groot aantal koudebruggen en ongeïsoleerde constructies aanwezig, zoals de stalen kozijnen, het enkel glas, de ongeïsoleerde massieve gevel en de vloer, wand en dakaansluitingen met de ongeïsoleerde massieve gevel. Daarnaast heeft het gebouw een continue bezetting en wordt het gebouw beperkt geventileerd, waardoor er een aanzienlijk risico op condensatie is.

Beoordeling nieuwe situatie Raadhuis

Met de beoogde ingrepen, glas vervanging en isoleren van de plafonds, zullen de meeste koudebruggen aanwezig blijven. Het verhogen van de ventilatiecapaciteit verlaagd echter het risico op condensatie.

In onderstaand overzicht zijn van de meest kritische constructies en van de verschillende opties voor glasvervanging, de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde berekend bij een buitentemperatuur van -10°C en een binnentemperatuur van 20°C. Daarnaast is in het overzicht

aangegeven bij welke relatieve vochtigheid van de binnenlucht condensatie optreedt bij de berekende oppervlakte temperatuur.

Constructiedeel	U-waarde (in W/m ² K)	Oppervlakte temperatuur binnenzijde (bij $T_i = 20^\circ\text{C}$ en $T_e = -10^\circ\text{C}$)	Condensatie op oppervlak bij relatieve vochtigheid binnenlucht ($T_i = 20^\circ\text{C}$)
Stalen kozijn (blijft gehandhaafd)	Ca. 6,5 W/m ² K	-3,4°C	> 20%
3M Thinsulate (folie) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,3 W/m ² K	11,0°C	> 55%
Stolker Monusafe (enkel glas) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,2 W/m ² K	11,4°C	> 55%
Ruysdael (enkel glas) (verbeteringsoptie)	Ca. 2,1 W/m ² K	11,8°C	> 55%
Massieve muur (40 cm, $\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$) (verbeteringsoptie)	Ca. 1,7 W/m ² K	13,4°C	> 65%
Stolker Monuglas (gasgevuld spouwglas) (verbeteringsoptie)	Ca. 1,6 W/m ² K	13,8°C	> 65%
AGC vacuümglas (verbeteringsoptie)	Ca. 0,8 W/m ² K	16,9°C	> 80%
Koudebruggen ter plaatse van aansluitingen		Oppervlakte temperatuur binnenzijde (bij $T_i = 18^\circ\text{C}$ en $T_e = 0^\circ\text{C}$)	Voldoet aan binnenop- vlaktemperatuur factor > 0,5 ($T_c > 9^\circ\text{C}$)
Aansluiting van stalen kozijn op massieve muur		Ca. -3,4°C	> 20%
Aansluiting van massieve muur op steenachtige vloer		Ca. 14°C	> 65%
Aansluiting van massieve vloer op steenachtige binnen- wand		Ca. 14°C	> 65%

De binnentemperaturen op de binnenzijde van de scheidingsconstructies zijn bepaald op basis van de U-waarden van de constructies als aangegeven in de tabel.

De binnentemperatuur van de koudebruggen zijn indicatief vastgesteld aan de hand van eerdere koudebrug berekeningen van vergelijkbare situaties. De betreffende waarden geven daarmee een richting, maar zijn vooralsnog niet exact bepaald.

Aangezien het ongeïsoleerde stalen kozijn blijft, zal er op het stalen kozijn en de aansluiting van het stalen kozijn op de massieve muur, in de winter al bij ca. 20 a 30% relatieve vochtigheid condensatie optreden op het stalen kozijn.

Personen produceren ca. 80 gr vocht per uur. Buitenlucht bevat in de winter relatief weinig vocht. Bij -10°C kan lucht maximaal 2,15 gram vocht per m³ bevatten, terwijl de binnenlucht bij 20°C maximaal 17,28 gram vocht per m³ kan bevatten. Zelfs bij een RV van 30% is het vochtgehalte binnen ruim 2,5 keer zoveel als buiten. Door te ventileren met buitenlucht, zal de relatieve vochtigheid binnen in de winter afnemen.

Bij een ventilatiecapaciteit van 25 m³/h per persoon aan buitenlucht (Bij -10°C buitentemperatuur), zal de relatieve vochtigheid binnen ca. 30% bedragen en is er nog een risico op condensatie op de stalen kozijnen.

Bij een ventilatiecapaciteit van 50 m³/h per persoon aan buitenlucht (Bij -10°C buitentemperatuur), zal de relatieve vochtigheid binnen ca. 20% bedragen en is zelfs het risico op condensatie op de stalen kozijnen zeer beperkt. Een relatieve vochtigheid van 20% is echter lager dan vanuit comfort overwegingen is gewenst en leidt wellicht tot comfortklachten wegens te droge lucht.

