



Vocht – een eerste uiteenzetting


1. Inleiding

In Nederland hebben veel woningen te kampen met vochtproblemen. Dat heeft deels te maken met het feit dat in delen van het land het grondwater vaak vrij dicht onder het maaiveld staat. Verder wordt het klimaat in Nederland sterk beïnvloed door de nabijheid van de zee, waardoor het bijna het gehele jaar vrij vochtig kan blijven. In veel landen waar die invloed minder duidelijk is, is bijvoorbeeld de winter zeer droog (Midden-Europa, Scandinavië). Problemen die te maken hebben met vocht in huis zijn onder andere zichtbare vochtplekken, schimmelgroei en een muffe lucht in de woning. Naast vermindering van het woongenot, kan vocht indirect gezondheidsklachten veroorzaken bij personen die overgevoelig zijn voor huisstofmijt of schimmels.

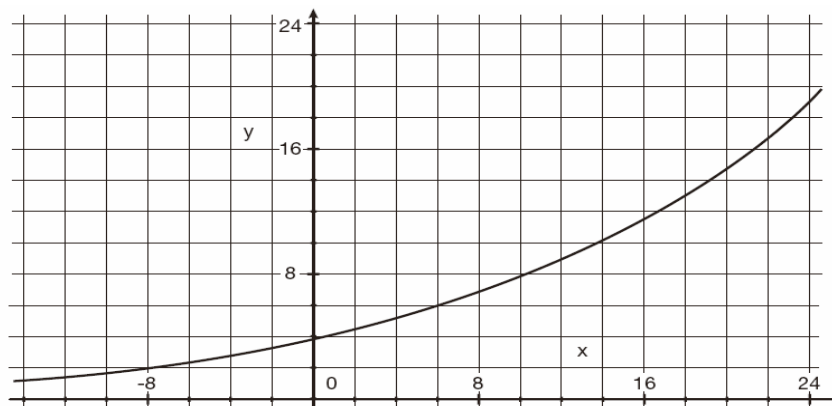
De vochtigheid van de lucht in een woning kan gekarakteriseerd worden met verschillende maten, die afhankelijk zijn van temperatuur of luchtdruk.

 **Relatieve luchtvochtigheid:** de meest gebruikte, want gemakkelijk te meten maat voor de hoeveelheid waterdamp in de lucht, uitgedrukt als percentage van de maximale hoeveelheid waterdamp die de lucht bij de gegeven temperatuur kan bevatten. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer vocht de lucht kan bevatten. Deze maat is dus afhankelijk van de temperatuur. Dat betekent ook dat de relatieve vochtigheid zonder kennis van de temperatuur eigenlijk vrij weinig betekenis heeft.

 **Absolute luchtvochtigheid:** de massa water in de lucht (gram water per m³ lucht). Deze maat heeft als nadeel dat hij lastig te bepalen is, en ook nog steeds afhankelijk van de luchtdruk, omdat luchtvochtigheid per m³ lucht uitgedrukt wordt.

 **Mixing ratio:** de massa water per kg droge lucht (gram water/kg lucht). Deze maat is niet afhankelijk van de temperatuur en is daardoor eigenlijk beter bruikbaar dan de relatieve vochtigheid. De mixing ratio hangt als volgt samen met relatieve vochtigheid en de saturation mixing ratio (de maximale mixing ratio bij een bepaalde temperatuur):

$$\text{Mixing ratio/Saturation mixing ratio} * 100 = \text{Relatieve Vochtigheid (\%)}$$



Figuur 1 Saturation mixing ratio vs temperatuur.
y= mixing ratio (g/kg); x= temperatuur (°C)

De grafiek geeft het verband weer tussen de 'saturation mixing ratio' en de temperatuur. Hiermee is uit een relatieve vochtigheid en de temperatuur de mixing ratio te berekenen.

Voorbeeld: Bij een temperatuur van 14 graden °C hoort een saturation mixing ratio van 10 g/kg (Figuur 1.) Als de relatieve vochtigheid 50% is, is de mixing ratio gelijk aan $0.5 \cdot 10 = 5$ gram/kg. Als lucht met deze hoeveelheid vocht kouder wordt, gaat de relatieve vochtigheid omhoog, terwijl de mixing ratio hetzelfde blijft. Bij 4 °C is de Saturation mixing ratio iets meer dan 5 g/kg en zal de relatieve vochtigheid in de buurt van de 100% komen.

Het bovenstaande is eventueel ook op de volgende website te berekenen met behulp van de Clausius-Clapeyronvergelijking: <http://home.fuse.net/clymer/water/rh.html>.

2. Bronnen van vocht

Verschiedende factoren kunnen een rol spelen bij het ontstaan van vochtproblemen. In hoofdlijn kunnen twee groepen worden onderscheiden: bouwtechnische aspecten en bewonersgedrag. Hier zal kort op beide aspecten worden ingegaan, waarbij ook het relatieve belang van beide aspecten zal worden besproken.

2.1 *Bouwtechnische aspecten*

Bouwvocht

Tijdens de traditionele bouw van een woning wordt vrij veel water gebruikt in bindmiddelen, beton, cement, stucwerk, en dergelijke. Na het gereedkomen van de woning is dus in de constructie veel water aanwezig. Bij een gemiddelde eengezinswoning kan het gaan om circa 4.000 liter water. Al dit vocht moet door natuurlijke droging verdwijnen. Dit proces kan tot een paar jaar in beslag nemen.

Optrekkend vocht

Grondwater kan door capillaire krachten (het vermogen van poreuze materialen om vloeistoffen op te zuigen en vast te houden) in de muren naar boven worden gezogen. Het gaat dan om dragende muren waarvan de fundering in de vochtige grond c.q. het grondwater staat. Het opgezogen water kan, nadat het vocht door het metselwerk is opgetrokken alleen door verdamping de muren weer verlaten. Dit effect treedt niet op als een goede trasraamconstructie of waterkerende laag is aangebracht. Een trasraam is een laag waterdicht metselwerk in muren tegen het optrekken van grondwater. Het trasraam bevindt zich ter hoogte van het maaiveld en is enkele lagen steen hoog. De laag is over het algemeen anders van kleur dan de rest van de muur.

Vochtige kruipruimte

Een vochtige kruipruimte kan een belangrijke bron van waterdamp zijn voor de bovenliggende woning. Door openingen in de vloer kan vochtige lucht vanuit de kruipruimte naar de woonvertrekken opstijgen. Houten vloeren vertonen naden en kieren en zijn dus niet dampdicht, maar ook steenachtige vloeren zijn niet dampdicht. Daarnaast lopen vanuit de kruipruimte gas-, water- en elektriciteitsleidingen naar de woning. De daarvoor benodigde openingen in de vloer zijn meestal niet afgedicht. De mate waarmee waterdamp door die openingen in de woning komt, hangt ondermeer af van luchtdrukverschillen tussen de kruipruimte en de woning, de temperatuur, de (water)dampdruk en de ventilatie van de kruipruimte. Bij een betonnen vloer is de lucht in woonkamers voor circa 10% afkomstig uit de kruipruimte. Dit kan echter oplopen tot meer dan 50%. Bij een houten vloer is de lucht in woonkamers voor gemiddeld circa 20% afkomstig uit de kruipruimte. Dit kan oplopen tot meer dan 65%. Als de ventilatie van de kruipruimte wordt vergroot, kan er juist een toename van vocht tot in de woning plaatsvinden.

Het verlagen van de relatieve luchtvochtigheid in de kruipruimte, bijvoorbeeld door toepassing van kruipruimtebodemisolatie, heeft een gunstig effect op de vochtuithouding in de woning.

De voornaamste oorzaken voor een vochtige kruipruimte zijn:

-  hoge grondwaterstanden;
-  capillaire werking van de bodemstructuur waardoor het opgezogen water de oppervlakte van de kruipruimte kan bereiken. Een dergelijk proces vindt met name plaats in bodems van veen en fijn zand. Hierbij kan de grond er droog uitzien, maar kan de luchtvochtigheid toch 90-100% bedragen;
-  regenwater dat via de bestrating of via een ondergronds gelegen afsluitende bodem laag (bijvoorbeeld klei, löss) in de kruipruimte terechtkomt;

- ▣ condensatie van vochtige lucht tegen de onderzijde van de begane grondvloer en fundaties (zie volgende paragraaf over oppervlaktecondensatie);
- ▣ een lekke waterleiding, vooral na een vorstperiode;
- ▣ een gebroken riolering.

Oppervlaktecondensatie

Oppervlaktecondensatie is een veel voorkomende oorzaak van vochtproblemen. Lucht kan een bepaalde hoeveelheid waterdamp bevatten. Wanneer de temperatuur hoger is, kan de lucht meer waterdamp bevatten. Wanneer lucht afkoelt, zal bij een bepaalde temperatuur condensatie optreden. De temperatuur waarbij condensatie begint op te treden, wordt het dauwpunt genoemd. De relatieve luchtvochtigheid is dan 100%.

Het komt regelmatig voor dat de wandtemperatuur achter meubels die tegen een buitenmuur zijn geplaatst, lager is dan de dauwpunttemperatuur. Op de buitenmuur vindt dan condensatie plaats (oppervlaktecondensatie). Ook op het koude oppervlak van enkelglas treedt vaak condensatie op. Bij vervanging van enkelglas door dubbelglas is dit probleem vaak opgelost. Het is echter mogelijk dat hierdoor condensatie op de buitenmuren in plaats van op de ramen gaat optreden.

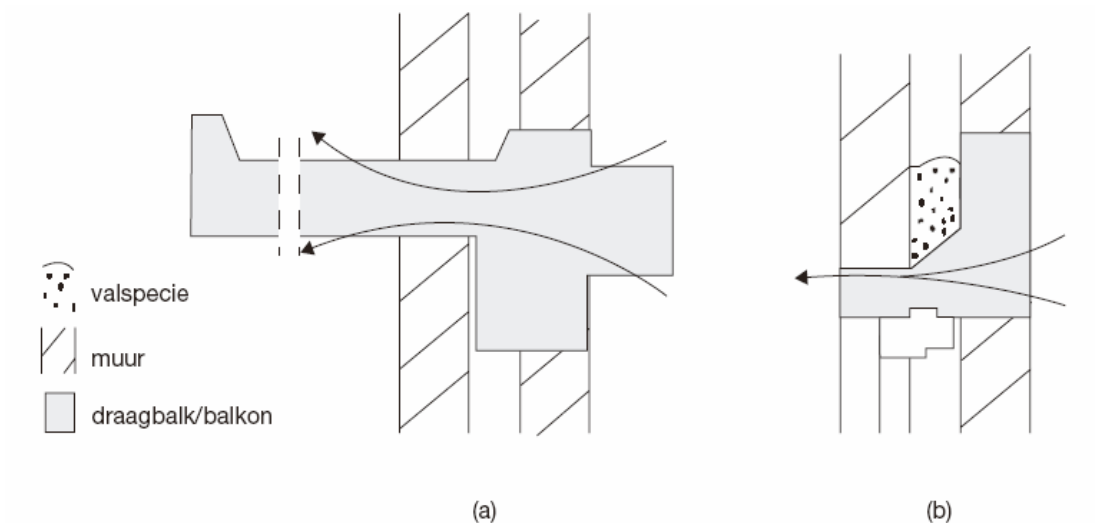
Hoeken waar buitenmuren en vloeren of balkons op elkaar aansluiten zijn vaak koudebruggen. Het gaat daarbij dus vooral om bouwkundige elementen die contact met binnen en buiten hebben, zoals in Figuur 2 te zien. Figuur 2a laat een balkonelement zien, in de hier getoonde tekening loopt het element helemaal door, waardoor het een koudebrug creëert, waarop condensatie op kan treden. Bij spouwmuren kunnen koudebruggen ook ontstaan doordat bij het metselen specie in de spouw is gevallen (Figuur 2b bovenaan). Verder kunnen ook andere bouwkundige elementen, zoals draagbalken (Figuur 2b onderaan) die zowel in contact met de binnen- als de buitenlucht staan, een koudebrug veroorzaken. Bij koudebruggen kan de kou naar binnen doorslaan. De binnenlucht dicht bij een koudebrug koelt daardoor af, waardoor de relatieve luchtvochtigheid stijgt en er condensatie kan plaatsvinden. Condensatie kan ook plaatsvinden op grote oppervlakken in onverwarmde ruimtes, zoals slaapkamers, maar zeker ook in kruipruimtes.

Herhaalde oppervlaktecondensatie leidt uiteraard tot een hoog vochtgehalte van de ondergrond en dat is weer een belangrijke voorwaarde voor schimmelgroei. Ook condensatie van vocht op een ongeïsoleerde vloer kan aanleiding geven tot verhoogde groei van huisstofmijten en schimmels.

Lekkages en regendoorslag

Lekkages kunnen het gevolg zijn van gebreken in bijvoorbeeld de dakconstructie. Ook door leidingbreuken, bijvoorbeeld na bevestiging of tijdens vorstperiodes, kunnen lekkages ontstaan. Regendoorslag van de gevel bij massieve muren is niet ongebruikelijk. Deze doorslag wordt veroorzaakt door het krimpen van voegen en door het poreus worden van stenen (capillaire werking). Bij spouwmuren kan zich regendoorslag voordoen in situaties waarbij 'bruggen' zijn gevormd tussen de binnen- en buitenmuur. Deze bruggen kunnen ontstaan door stukken steen, specie, hout of andere materialen of door onjuist aangebracht of ongeschikt isolatiemateriaal in de spouw. Daarnaast levert bij spouwconstructies een gebrekkige indekking, dan wel het ontbreken van een indekking vaak vochtoverlast op in de woning.

In souterrains treden veel lekkages op als gevolg van het ontbreken van een deugdelijke afdichting of door toepassing van een ongeschikt afdichtingsmateriaal.



Figuur 2 Koudebruggen ten gevolge van doorgestort balkon (a) en door draagbalk en valspectie (b)

Gebrekkige ventilatievoorzieningen

Vochtproblemen kunnen ontstaan door een te gering aantal of niet juist te gebruiken ventilatievoorzieningen. Het effect van ventileren op de relatieve luchtvochtigheid hangt af van het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenlucht. Als een woning in de winter geventileerd wordt, wordt warme binnenlucht vervangen door koude buitenlucht. De buitenlucht bevat in de winter minder vocht dan in de zomer. Wanneer de koude (minder vochtige) buitenlucht wordt opgewarmd tot kamertemperatuur, daalt de relatieve vochtigheid van deze lucht.

Het is zeer belangrijk om goed te ventileren, omdat als er onvoldoende geventileerd wordt, er condensatie op kan treden (de lucht is dan verzadigd met waterdamp). Wanneer warme, vochtige binnenlucht afkoelt, bijvoorbeeld in de buurt van enkelglas ramen of koude buitenmuren, kan oppervlaktecondensatie optreden. Wanneer dit vaak gebeurt op dezelfde plaats kan hier (lokaal) schimmelgroei optreden.

2.2 *Bewonersgedrag*

Naast bouwtechnische aspecten is uiteraard ook het gedrag van de bewoners van invloed op de vocht huishouding binnenshuis. Het gaat hierbij vooral om de vochtproductie door en het ventilatie- en stookgedrag van de bewoners.

Vochtproductie

In de woning vinden allerlei vochtproducerende activiteiten plaats, zoals koken, afwassen, was drogen, baden, douchen en het gebruik van (gas)verbrandingsapparaten. Daarnaast wordt vocht geproduceerd door de aanwezigheid van mensen, planten en huisdieren. Tabel 1 geeft een overzicht van de in de literatuur aangetroffen waarden voor de vochtproductie bij diverse activiteiten. Gemiddeld wordt er ongeveer 300 tot 700 gram waterdamp per uur in huis geproduceerd. Hierbij wordt de vochtproductie vooral bepaald door het aantal bewoners. Vochtvreter en dergelijke hebben slechts zeer beperkt nut. Dat is simpelweg al te zien aan de capaciteit van dit soort producten. Alleen in kleine afgesloten ruimtes zoals kasten kan het helpen dit soort dingen te gebruiken.

Tabel 1 Vochtproductie.

Activiteit	Vochtproductie
Persoon in rust	40-70 g/uur
Actief persoon	100-150 g/uur
Koken (3 maaltijden)	2000 g/dag (geen afzuigkap) 500 g/dag (wél afzuigkap)
Afwassen	750 g/dag
Douche	300 g/keer
Bad	1000 g/keer
Planten	5-20 g/uur/plant
Wassen (drogen binnenshuis)	1000 g/kg was (on-gecentrifugeerd) 500 g/kg was (gecentrifugeerd)

Ventilatie- en stookgedrag

Ventilatie speelt een centrale rol bij de beheersing van de hoeveelheid vocht binnenshuis. Verkeerd ventileren, overdreven 'kierenjacht' (zonder aanpassing van de ventilatie), afsluiten van de woning tegen inbraak en gebrekkige ventilatievoorzieningen kunnen de vochtafvoer belemmeren. Bewoners zelf krijgen vaak de schuld van vochtproblemen, terwijl de oorzaak van de problemen van bouwtechnische aard is.

Ook de wijze waarop de woning verwarmd wordt, kan een rol spelen bij het ontstaan van vochtproblemen. Wie spaarzaam stookt in alleen de woonkamer, loopt meer kans op vochtproblemen dan iemand die het hele huis verwarmt. In goed verwarmde huizen zal er minder condensatie optreden.

Vochtproblemen ontstaan meestal als gevolg van een combinatie van bouwtechnische aspecten van de woning en bewonersgedrag. In de meeste gevallen vormen de bouwtechnische aspecten de hoofdoorzaak. In het algemeen geldt dat er voor vochtproblemen geen standaard oplossingen zijn. Elk vochtprobleem zal afzonderlijk onderzocht en beoordeeld moeten worden.

Tabel 2 Vochtproblemen per categorie met bijbehorende verschijnselen en oorzaken.

Categorie	Verschijnsel	Oorzaak
Optrekkend vocht uit de grond	Vocht- en schimmelplekken op gefundeerde buiten- en binnenwanden, aan de onderzijde van de wanden (begane grond). Langgerekte, vaag begrensde, continue vocht/schimmelplek.	Geen gebruikgemaakt van trasraamklinkers en/of waterdichte mortel, geen loodslabben ingemetseld.
	Vocht- en schimmelplekken op strook van buitenwand boven de begane-grondvloer of buitenwand grenzend aan galerij of balkon.	overmatige wateraanvoer door onvoldoende afvoer als gevolg van afwatering naar de gevel toe of lekkende dakgoot.
	Vocht- en schimmelplekken op een direct op zand gestorte begane-grondvloer. Willekeurige, vaag begrensde vrij continue vocht/schimmelplek, verdwijnt bij het zakken van het grondwater.	Geen gebruik waterdichte folie onder de vloer, gebruik van poreus, niet voldoende verdicht beton.
Regendoorslag	Grote al dan niet lokale wolkachtige bruine vlekken op massieve buitenwanden. Vlekken worden groter afhankelijk van regenval. Treden op na regen. Met name zuidwest-, westzijde, <u>noordwestgevel</u> .	Poreus materiaal buitenwand, ontbreken van waterdichte laag in de muur.
	Lokale, wolkachtige bruine vlekken op massieve buitenwanden. Vlekken worden groter afhankelijk van regenval. Treden op na regen.	Scheuren in metselwerk, slecht (geworden) metsel- en voegwerk.
	Lokale vochtplekken op buitenwanden met spouw. Vlekken worden groter afhankelijk van regenval, treden op na regen.	Verkeerd geplaatste spouwankers (geven steun aan muur, soms is een patroon herkenbaar), vervuiling van de spouw, verkeerd aangebracht isolatiemateriaal.
	Vochtplekken bij aansluiting kozijn-wand. Treden vooral op bij veel regen en veel wind.	Aansluiting onvoldoende waterdicht, mogelijk gevolg van krimp (na droge periode).
	Vocht- en schimmelplekken op buitenwand boven plint begane-grondvloer of op draagbalk boven raam (NB laatste kan ook gevolg zijn van condensatie!). Treden op bij en na regen. Vlekken zijn beperkt van lengte en scherp begrensd.	Verstopte spouwafvoer: stootvoegen verstopt door valspecie of bouwvuil.

Lekkage	Ronde, scherp begrensde vochtplekken op plafond onder het dak en de bovenzijde van aan het dak grenzende wanden . Treden op enige tijd na aanvang van regen (bij naden tussen prefab-platen langgerekte vorm).	Daklekkage door: • scheuren in dakbedekking (plat dak) • ontstaan koudebrug door na-isolatie • ontbreken dakpannen na storm
	Langgerekte, scherp begrensde vochtplekken op wanden nabij de dakrand. Treden op of verergeren enige tijd na aanvang van regen.	Lek in dakrandconstructie: • losse daktrim • losse loodslabben • losraken kitvoeg
	Vochtplekken op binnenwanden en plafonds, scherp begrensd.	Leidinglekkage (bijvoorbeeld na bevestiging of vorst), defecte hemelwaterafvoer.
Bouwvocht	Veel en vaak condens op (dubbel) vensterglas. Snel vergelen van behang (ook op binnenwanden).	Vrijkomend bouwvocht
Oppervlaktecondensatie	Vaag begrensde, vrij permanente vocht-/schimmelplekken op buitenwanden. Vooral vatbaar zijn dode hoeken van een vertrek, waar weinig of geen luchtcirculatie optreedt. Ook op meubels kan schimmelvorming optreden, met name wanneer geplaatst voor een buitenwand of op de beganegrondvloer. Veelvuldig en lang optreden van condenswater op enkelglas van ramen en deuren.	Eén of meerdere oorzaken: • hoge vochtconcentratie • geringe ventilatie • (te) lage oppervlaktetemperatuur
Inwendige condensatie	Bij gelaagde buitenwandconstructies. Geen eenduidige omschrijving van vochtplek mogelijk, lijkt vaak op lekkage. Kan op andere plekken optreden dan waar condens optreedt.	Te hoge dampdichtheid van de buitenste laag ten opzichte van de binnenste laag, eventueel in combinatie met hoge vochtconcentratie.

2.3 Luchtbevochtigers










Fabrikanten geven vaak hoog op over de effectiviteit van luchtbevochtigers voor het verhogen van de vochtigheid in woningen en in extreme gevallen ook over de luchtreinigende eigenschappen van dit soort apparaten. Het Amerikaanse astmafonds (American Lung Association) heeft een zogenaamde 'TipSheet' over luchtbevochtigers (www.healthhouse.org; zoek in tipsheets). Er zijn verschillende systemen die toegepast worden bij luchtbevochtiging. Vooral bij ultrasonische 'cool mist'-systemen bestaat het risico dat deeltjes (zoals micro-organismen en in het water aanwezige mineralen) in de lucht terecht komen. Dat kan betekenen dat een luchtbevochtiger een ongewenste bron van potentieel schadelijke stoffen kan zijn. Het gebruik van water met weinig mineralen (bijvoorbeeld gedestilleerd water) wordt aangeraden. Of er echt gezondheidsrisico's verbonden zijn aan het gebruik van luchtbevochtigers is niet duidelijk volgens de Amerikaanse 'Environmental Protection Agency' (EPA). Vooral de groei van micro-organismen dient zoveel mogelijk voorkomen te worden. Als de aanwijzingen van de producent nauwgezet gevolgd worden, zouden zich wat dat betreft geen problemen voor moeten doen. Incidenteel worden bepaalde klachten echter wel toegeschreven aan luchtbevochtigers.

3. Inspectie

Om een beter beeld van de vochtigheid van een woning te krijgen is het wenselijk een inspectie en goede vochtmetingen te doen. Een inspectie en geavanceerde vochtmetingen verschaffen informatie over de oorzaken van de vochtproblemen. Voor een dergelijk onderzoek is een voldoende bouwkundige en fysische kennis nodig. Een dergelijk onderzoek is nodig om de te treffen maatregelen te kunnen bepalen. Als de oorzaak door bewonersgedrag gevormd wordt, is de eigenaar van de woning (in geval het een huurwoning betreft) immers niet verantwoordelijk voor de vochtproblemen.

Aandachtspunten bij een inspectie kunnen in de onderstaande lijst worden gevonden.

Toevoer van vocht:

-  bouwjaar van de woning (oudere woningen hebben een hogere kans op vocht);
-  hoogte onderste vloer boven het maaiveld (hoe hoger, hoe kleiner de kans op optrekkend vocht);
-  maatregelen tegen optrekkend vocht (bijvoorbeeld gewapend beton, trasraam, loodslab);
-  ondervloersruimte. De kans op vocht neemt toe in de reeks: 1) kelder/kruipruimte met dwarsventilatie, 2) kruipruimte zonder dwarsventilatie, 3) ruimte zonder ventilatie, 4) vloer direct op de bodem;
-  bodemafluiting. De kans op vocht neemt toe in de reeks: 1) gewapend beton, 2) stampbeton, 3) gewassen zand, 4) grond, 5) organisch materiaal, 6) geen bodemafluiting, 7) veen/klei;
-  buitenmuren. De kans op vocht neemt toe in de reeks: 1) spouwmuur, 2) betoncasco + halfsteens muur, 3) steensmuur;
-  isolatie buitenmuren;
-  wordt er binnen was gedroogd, aan lijnen of met een wasdroger zonder afvoer?
-  staat van onderhoud van de woning (algemene indruk van de opnemer). Hoe beter, hoe kleiner de kans op vocht.

Afvoer van vocht:

- ☒ ventilatiemogelijkheden. Welke mogelijkheden zijn er aanwezig? Werken de systemen? Zijn de ventilatievoor ziele ningen wel te gebruiken (bijvoorbeeld: Kunnen de ramen makkelijk open?)? Is er een mogelijkheid tot dwarsventilatie? Hoe beter de ventilatie, hoe beter de afvoer van vocht;
- ☒ verwarming. De kans op vocht neemt toe in de reeks: 1) C.V., 2) kachel met afvoer, 3) incidentele verwarming (straalkachel en dergelijke), 4) kachel zonder afvoer, 5) geen verwarming. Ook altijd vragen naar het gebruik; toegang van zonlicht. Hoe beter de toegang van zonlicht, hoe kleiner de kans op vocht.

Vochtverschijnselen:

- ☒ water onder de vloer;
- ☒ vochtplekken op wand-vloer-plafond;
- ☒ schimmels op wand-vloer-plafond, kleding, meubilair;
- ☒ reuk en luchtjes (een muffe lucht/grondgeur/champignonlucht kan op vocht duiden);
- ☒ houtrot;
- ☒ vochtminnende insecten;
- ☒ condensatie van vocht op enkelglasruiten en op muren;
- ☒ algemene indruk van de opnemer.

Deze punten kunnen een richting aangeven voor het vinden van een mogelijke oorzaak. Tabel 2 geeft een overzicht van deze verschijnselen en de mogelijke oorzaken.

4. Meten van de vochtigheid van een woning

Er zijn op dit moment geavanceerde meetmethoden beschikbaar die op zinvolle wijze kunnen worden gebruikt bij de dagelijkse behandeling van klachten over vochtoverlast. Daarom wordt altijd het uitvoeren van een inspectie in combinatie met het doen van vakbekwame metingen aanbevolen. Hieronder wordt besproken welke metingen onder andere kunnen worden uitgevoerd.

4.1 **Bepaling absolute en/of relatieve luchtvochtigheid**

Wil men met behulp van metingen de luchtvochtigheid van een woning karakteriseren, dan is de mixing ratio (gram waterdamp per kg lucht) de meest interessante maat, omdat die niet afhankelijk is van de temperatuur (zie paragraaf 1). De mixing ratio is alleen moeilijk direct te meten. Als echter de relatieve vochtigheid en de temperatuur tegelijk worden gemeten, is daaruit de absolute vochtigheid te berekenen. Absolute luchtvochtigheidsgehalten worden in de bouwwereld gebruikt voor de indeling van ruimten in klimaat klassen. Er worden vier klimaatklassen onderscheiden, van droog (I) naar zeer vochtig (IV). De klimaatklassen gaan uit van de absolute luchtvochtigheid en zijn gebaseerd op langdurige gemiddelden (maand en jaar). De meeste verblijfsruimten in woningen passen in de klimaatklassen II en III.

De luchtvochtigheid binnen varieert met de luchtvochtigheid buiten en met de activiteiten binnenshuis. Dit betekent dat een kortdurende bepaling van de relatieve luchtvochtigheid niet meer is dan een momentopname en geen informatie geeft over de vochtigheidsstoestand van een woning. Hiervoor zouden continue metingen over langere perioden (bijvoorbeeld een week) nodig zijn. Daarnaast kunnen de metingen alleen op zinvolle wijze worden uitgevoerd gedurende het 'koude' jaargetijde, dat wil zeggen van november tot begin maart. Gedurende de overige maanden van het jaar wordt het vochtgehalte van de binnenlucht namelijk vrijwel volledig bepaald door het vochtgehalte in de buitenlucht.

Wanneer wordt gemeten is het belangrijk dat ook de vochtigheid van de buitenlucht geregistreerd wordt. Verder dient ook de temperatuur binnen en buiten geregistreerd te worden. Met de relatieve vochtigheid en temperatuur is het mogelijk de mixing ratio te bepalen. Vervolgens kunnen de mixing ratio van binnen- en buitenlucht met elkaar vergeleken worden, wat weer een beeld geeft van de vochtproductie in de woning zelf.

De luchtvochtigheid verschilt met de locatie in een vertrek of woning. Voor een goed inzicht kan het nodig zijn tegelijkertijd op meer dan één plaats te meten, bijvoorbeeld in de woonkamer en in een slaapkamer. Voor een representatief beeld zou een meter niet op de vloer moeten staan, maar wat hoger (bijvoorbeeld op een tafel of kastje) en moet de locatie van de meter zo gekozen worden dat extreme invloeden op temperatuur en luchtvochtigheid gemedend worden (dus niet naast een verwarming of raam). Daarnaast is het nuttig als bewoners bijhouden wanneer ze ventileren en luchten, hoeveel mensen er aanwezig zijn en wanneer er wordt gekookt, gedouched, gedweild en wanneer er was te drogen hangt. Dit kan pieken en dalen in de metingen verklaren. Een voorbeeld van een 'dagboekje' is opgenomen in een bijlage bij dit hoofdstuk.

4.2 **Bepaling vochtgehalte in bouwmaterialen**

Met een microgolvenmeettechniek kan in een bouw materiaal nagegaan worden of er op het moment van de meting sprake is van een verhoogde vochtwaarde. Deze methode is zeer geschikt voor het onderscheiden van condensatie en optrekkend vocht. Bij condensatie is alleen het oppervlak erg vochtig. Met andere woorden om een onderscheid te kunnen maken tussen een bouwkundig gebrek of een foutief bewonersgedrag zal een dergelijke type meting nodig

zijn.

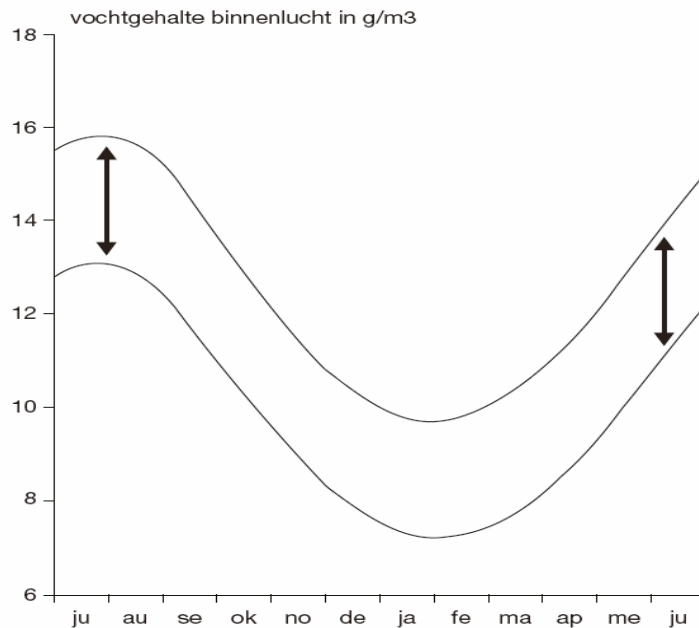
De daadwerkelijke vochtwaarden in een bouw materiaal (uitgedrukt in gewichtsprocenten vocht) kan alleen met de DARR-methode of de CM-methode door middel van destructief onderzoek worden bepaald.

5. Referentiewaarden

In veel woningen in Nederland is sprake van vocht- en schimmeloverlast. Uit een inventarisatie van het Ministerie van VROM bleek bijvoorbeeld ruim 19% van de Nederlandse woningen last te hebben van vochtproblemen. In twee vragenlijst-onderzoeken onder 1051 en 3344 respondenten in Zuidoost-Nederland gaf 14,8 respectievelijk 23,6% aan vochtplekken in de woning te hebben. In een enquête gehouden onder 212 inwoners van Drenthe gaf 25% van de respondenten aan een vochtige woning te hebben. Wanneer naar vochtverschijnselen (bijvoorbeeld vochtplekken, schimmel, vochtminnende insecten) werd gevraagd, gaf 48,6% aan die te hebben. In een onderzoek in Maastricht onder 470 respondenten rapporteerde 31,5% van de respondenten vochtplekken.

Vochtgehalte van de binnenlucht

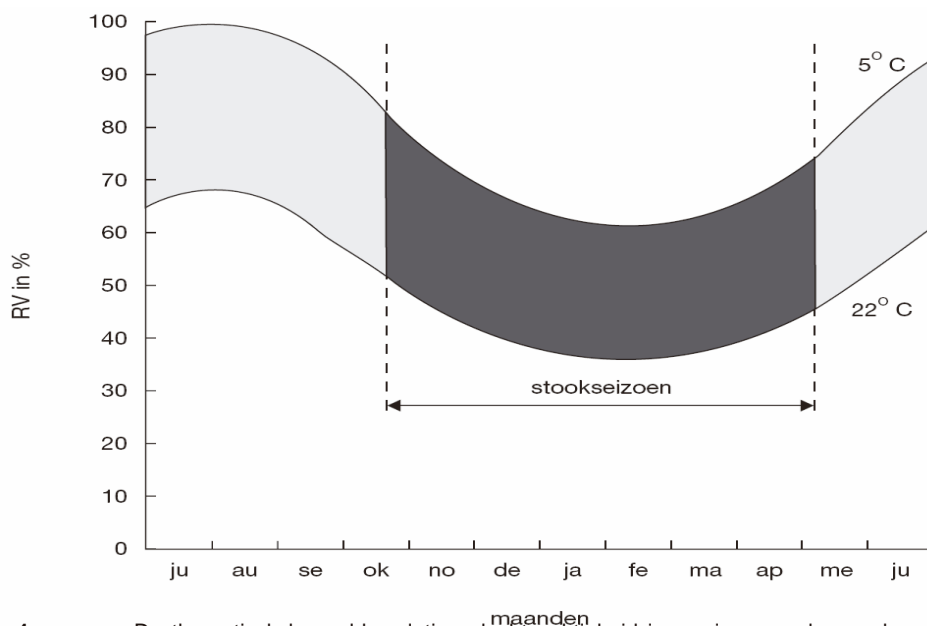
In het algemeen kan gesteld worden dat de luchtvochtigheid (zowel absoluut als relatief) in woningen in Nederland in de zomer op z'n hoogste is en in de winter op z'n laagst. Vooral in de zomer bestaat dus de grootste kans op hoge luchtvochtigheid in huis. Figuur 3 geeft het absolute vochtgehalte in de binnenlucht weer in de loop van een jaar, zoals dat in 50% van de woningen in Nederland verwacht kan worden. Hieruit blijkt duidelijk dat het absolute vochtgehalte sterk kan variëren tussen verschillende woningen en tussen verschillende seizoenen. Zo is het absolute vochtgehalte gedurende de zomermaanden gemiddeld circa 1,5 keer zo hoog als gedurende de wintermaanden.



Figuur 3 Het absolute vochtgehalte in de binnenlucht (g/m³) in de loop van een jaar, zoals dat in 50% van de woningen in Nederland verwacht kan worden.

Relatieve vochtigheid van de binnenlucht

De relatieve vochtigheid van de binnenlucht is afhankelijk van het absolute vochtgehalte en de temperatuur. Figuur 4 geeft de theoretisch bepaalde relatieve luchtvochtigheid in woningen, gebaseerd op het absolute vochtgehalte, zoals te verwachten in 50% van de woningen en bij binnentemperaturen tussen de 18 en 22 °C. Uit figuur 4 blijkt dat ook de relatieve luchtvochtigheid sterk kan variëren. Dit is mede het gevolg van de grote spreiding in de absolute luchtvochtigheid en in de binnenluchttemperatuur. Een relatieve luchtvochtigheid van 70% kan langdurig worden overschreden.



Figuur 4 De theoretisch bepaalde relatieve luchtvochtigheid in woningen, gebaseerd op het absolute vochtgehalte in 50% van de woningen bij binnentemperaturen tussen 18 en 22 °C.

6. Effecten op de gezondheid

In Nederland zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar het verschil in voorkomen van gezondheidsklachten van

de bewoners van droge en vochtige woningen. Voor een uitgebreid overzicht van de internationale literatuur wordt verwezen naar het proefschrift van Verhoeff en het rapport van een expertcommissie over deze problematiek van het Amerikaanse Institute of Medicine. In het kort concludeert Verhoeff uit een veelheid aan onderzoek dat er een samenhang bestaat tussen de aanwezigheid van vocht en schimmel in de woning en een verhoogde prevalentie van respiratoire symptomen bij kinderen en volwassenen. Ook in Nederlands onderzoek is aangetoond dat er een relatie is tussen vochtigheid in de woning en het voorkomen van astma en chronische bronchitis bij kinderen. Deze relatie is tevens bij volwassenen gevonden.

Het Amerikaanse rapport komt tot de conclusie dat er voldoende bewijs is dat vocht en schimmel in woningen kan leiden tot meer luchtwegklachten (niezen, hoesten, piepen op de borst). Ook werd geconcludeerd dat vooral onder gesensibiliseerde mensen met astma blootstelling aan een vochtige of schimmelige woning een verhoogde prevalentie van astmasymptomen op kan leveren.

De vermoedelijke oorzaak van het verhoogd voorkomen van luchtwegklachten bij personen die in vochtige woningen wonen, is extra blootstelling aan allergenen en/of andere biologische contaminanten. Een vochtige omgeving is een voorwaarde voor het aanwezig zijn en de ontwikkeling van allergeen producerende organismen, zoals huisstofmijt en schimmels. In vochtige woningen zal de hoeveelheid biologische bestanddelen van het huisstof in het algemeen dan ook groter zijn dan in niet-vochtige woningen. Mensen die blootgesteld worden aan allergenen lopen een groter risico om ook gesensibiliseerd te raken. De gang-bare denkwijze ('the allergic march') veronderstelt dat gevoelige kinderen eerst na blootstelling een allergie oplopen, en dat astma zich vaker bij die personen zal manifesteren. Op dit moment zijn een aantal cohortstudies gaande die duidelijkheid in dit proces zouden kunnen verschaffen. Tot nu toe lijkt het verband tussen vroege blootstelling aan allergenen en het ontwikkelen van een allergie wel te vinden te zijn. Het blijkt echter niet zo gemakkelijk om aan te tonen dat kinderen met een hoge blootstelling aan allergenen ook vaker astma ontwikkelen. Een groot deel van de Nederlandse bevolking heeft een erfelijke aanleg voor chronische luchtwegaandoeningen. Of al deze mensen inderdaad bijvoorbeeld hooikoorts of astma krijgen is dus niet zo gemakkelijk te voorspellen. Wat wel waarschijnlijk is, is dat gesensibiliseerde personen met astma meer gezondheidsproblemen zullen hebben bij blootstelling aan specifieke allergenen.

Een relatie tussen vocht en reuma wordt vaak verondersteld, en in een Finse studie werd geconcludeerd dat blootstelling aan inflammatoire componenten afkomstig van schimmels mogelijk de oorzaak was van een cluster van mensen met reumatische gezondheidsklachten in een gezondheidscentrum met vochtproblemen. Het Amerikaanse Institute of Medicine concludeert echter dat er niet voldoende bewijs is voor een samenhang tussen vocht in woningen en reuma of reumatische symptomen. De ervaring van reumapatiënten is echter dat kilte en vocht de pijn versterken.

Ook een te droge woning kan klachten veroorzaken. Op zich heeft de relatieve luchtvochtigheid over een groot traject van 30-70% weinig invloed op het behaaglijkheidsgevoel. De meest ideale waarde van de relatieve luchtvochtigheid in de woning ligt tussen de 45-55 %.

Mensen kunnen de lucht echter als droog ervaren wanneer zij irritatie of prikkeling van de slijmvliezen van de keel, de neus en de ogen en soms ook de huid ondervinden. Mensen voelen dit aan als 'droogheid' en ervaren dit alsof het veroorzaakt wordt door lage vochtigheid van de lucht. Het droge gevoel wordt echter veroorzaakt door irritatie van de slijmvliezen en deze irritatie wordt op zijn beurt weer veroorzaakt door verontreinigingen in de lucht (stof, gassen en dampen), soms in combinatie met een te hoge luchttemperatuur. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat voor proefpersonen geldt dat hoe lager de luchtvochtigheid, hoe beter de ervaren luchtkwaliteit, mits de relatieve luchtvochtigheid niet onder de 15% kwam. Ook onder een relatieve luchtvochtigheid van 15% hadden de meeste personen geen klachten, maar personen met contactlenzen, huidproblemen of hooikoorts hebben bij een relatieve luchtvochtigheid onder 15% iets meer klachten dan andere personen.

Hierbij gaat het om reversibele effecten. Klachten over een droge lucht en last van kunstlenzen zijn vaak te verhelpen door toevoer van schone lucht, zelfs als daarbij de luchtvochtigheid wat daalt. In landen met koude winters veroorzaakt de vaak zeer droge binnenlucht weinig klachten.

7. Normen

Er zijn geen grenswaarden beschikbaar voor de hoeveelheid vocht in de binnenlucht, c.q. de vochtigheid van woningen. In het algemeen echter geldt een relatieve luchtvochtigheid van 70% of hoger als 'te vochtig'. In de zomermaanden is echter een waarde van de relatieve luchtvochtigheid van boven de 70 % heel normaal (zie figuur 4). Wanneer deze omstandigheid in een woning gedurende






















langere tijd bestaat, wordt schimmelgroei mogelijk. (6) Een lagere luchtvochtigheid in de winter kan het aantal huisstofmijten sterk beperken.

8. Juridische aspecten

De artikelen 3.22 t/m 3.23 en 3.24 t/m 3.25 van het Bouwbesluit betreffen 'Wering van vocht van buiten' voor respectievelijk nieuw te bouwen woningen en bestaande woningen. Er worden eisen gegeven voor de waterdichtheid van uit- en inwendige scheidingsconstructies. Alleen voor nieuw te bouwen woningen wordt de eis gesteld dat de vloer van de begane grond goed luchtdicht is. In het vierde lid van artikel 3.23 is vastgelegd dat de luchtvolumestroom maximaal $20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{s})$ mag zijn.

De artikelen 3.26 t/m 3.28 en 3.29 t/m 3.30 van het Bouwbesluit betreffen 'Wering van vocht van binnen' voor respectievelijk nieuw te bouwen woningen en bestaande woningen. Er worden regels gesteld voor de maximale wateropname van een oppervlak in de toilet-/badruimte. Voor nieuw te bouwen woningen zijn er ter beperking van allergenen tevens regels gesteld die bij een normaal stookgedrag zorgen voor een temperatuur op diverse binnenoppervlakken waarbij de kans op condensatie beperkt is.

9. Referenties

-  Huybregts P. Vocht en bewonersgedrag. Bouwwereld 1986; 82: 39-42.
-  Cox CWJ. Oppervlakte condensatie in woningen. TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie. Delft, 1986.
-  Nationale Woningraad. Analyse van 72 vochtonderzoeken. 1984.
-  Pleysier JA. Luchtvochtigheid in woningen. Bouwwereld 1984; 80: 30-33.
-  Adan OCG. Schimmels de baas? Stichting Bouwresearch, SBR-publicatie 356. Rotterdam, 1995.
-  Ministerie van VROM. Kwalitatieve Woningregistratie 1989-1991. Resultaten landelijk steekproef. Den Haag, 1993.
-  Brunekreef B. Associations between questionnaire reports of home dampness and childhood respiratory symptoms. Sci Total Environ 1992; 127: 79-89.
-  Brunekreef B. Damp housing and adult respiratory symptoms. Allergy 1992; 47: 498-502.
-  Paman CM. Het binnenmilieu onder de loep. Een onderzoek naar de determinanten van ventilatiegedrag. Afstudeerscriptie Rijksuniversiteit Limburg, Faculteit der Gezondheidswetenschappen. Maastricht, 1993.
-  Cuijpers CEJ, Swaen GMH, Wesseling, et al. Adverse effects of the indoor environment on respiratory health in primary school children. Environ Res 1995; 68: 11-23.
-  Ministerie van VROM. Aanpak van vochtproblemen in woningen. Ministerie van VROM. Zoetermeer, 1987.
-  Verhoeff AP. Home dampness, fungi and house dust mites, and respiratory symptoms in children. Proefschrift Erasmus Universiteit Rotterdam. Rotterdam, 1994.
-  Institute of Medicine. Damp Indoor Spaces and Health. The National Academies Press. Washington DC, USA, 2004.
-  Varekamp J, Leupen MJ. Vochtige woningen en astma. Onderzoek naar het verband tussen vochtigheid en klachtenpresentatie, uitgevoerd in 580 woningen te Leiden. IMG-TNO. Delft, 1973.
-  Maas PJ van der. Cara bij kinderen in verband met luchtverontreiniging en andere factoren. Proefschrift Erasmus Universiteit Rotterdam. Rotterdam, 1979.
-  Waegemaekers M, Wageningen N van, Brunekreef B, et al. Respiratory symptoms in damp homes: a pilot study. Allergy 1986; 44: 192-8.
-  Strien RT van, Verhoeff AP, Wijnen JH van, et al. Vochtverschijnselen in woningen en CARA bij kinderen; een patiënt-controle onderzoek. TSG 1994; 72: 786-793.
-  Brunekreef B, Smit J, Jongste J de, et al. The Prevention of Asthma and Mite Allergy (PIAMA) birth cohort study: design and first results. Pediatr Allergy Immunol 2002; 13(Suppl 15): 55-60.
-  Nickel R, Lau S, Niggemann B, et al. Messages from the German Multicentre Allergy Study. Pediatr Allergy Immunol 2002; 13(Suppl 15): 7-10.
-  Woodcock A, Lowe LA, Murray CS, et al. Early life environmental control: effect on symptoms, sensitization, and lung function at age 3 years. Am J Respir Crit Care Med 2004; 170: 4339.
-  Keil T, Kulig M, Simpson A. European birth cohort studies on asthma and atopic diseases: I. Comparison of study designs – a GALEN initiative. Allergy; 2006; 61: 221-8.

- ☒ Luosojärvi RA, Husman TM, Seuri M, Pietikäinen MA, Pollari P, Pelkonen J, Hujakka HT, Kaipainen-Seppänen OA, Aho K. Joint symptoms and diseases associated with moisture damage in a health center. Clin Rheumatol 2003; 22: 381-5.
- ☒ Fang L, Wyon DP, Fanger PO. Sick Building Syndrome symptoms caused by low humidity. Proceedings of Healthy Buildings 2003, Singapore, Vol. 3, pp. 1-6. 2003.

Bijlage 1 Dagboek ventilatie

Locatie:

Dit dagboek zorgt ervoor dat de meetgegevens gekoppeld kunnen worden aan de situatie binnen. **Het is belangrijk dat u de gegevens regelmatig bijhoudt.**

Datum	Tijd	Aantal personen	Stand mechanische ventilatie	Gebruik ventilatie (aantallen)		Activiteiten (aankruisen)					Klimaat (aankruisen)		
				Roosters	Klap-raampjes	Ramen	Deuren	Eten koken	Dweilen	Afwassen	Douchen	Was drogen	Anders, namelijk
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd
													<input type="checkbox"/> Koud <input type="checkbox"/> Fris <input type="checkbox"/> Aangenaam <input type="checkbox"/> Warm <input type="checkbox"/> Benauwd