

Inhoud

Hoofdstuk 4. Vochtigheid

1. Beschrijving 4 - 1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheden 4 - 1
 - 1.2 definitie; omschrijving van de begrippen 4 - 1
 - 1.3 eenheden 4 - 1
 - 1.4 elementcodes 4 - 2
2. Operationele eisen 4 - 3
 - 2.1 bereik 4 - 3
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 4 - 3
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 4 - 3
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 4 - 3
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 4 - 4
3. Instrumenten en techniek 4 - 5
 - 3.1 techniek en specificaties 4 - 5
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 4 - 5
4. Procedures 4 - 7
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 4 - 7
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 4 - 7
 - 4.3 procedures voor inspectie 4 - 7
5. Herleiding van andere parameters: berekening van de dauwpunttemperatuur T_d 4 - 9
 - 5.1 algemeen 4 - 9
 - 5.2 berekening van de verzadigingsdampspanning 4 - 9
 - 5.3 berekening van de dampspanning e 4 - 10
 - 5.4 berekening van de dauwpunttemperatuur T_d 4 - 10
 - 5.5 berekening RV uit t en T_d 4 - 11
6. Opstellingseisen en omgevingscondities 4 - 13
 - 6.1 algemeen 4 - 13
 - 6.2 opstellingseisen en -voorzieningen 4 - 13
 - 6.3 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 4 - 13

Referenties 4 - 14





4 Vochtigheid

1. Beschrijving

1.1 benaming van de basisgrootheden

Algemene Benaming:

- Relatieve vochtigheid.
- Dauwpuntstemperatuur

Internationale aanduiding:

- relative humidity
- dewpoint temperature

(WMO no.8.ref 1)

1.2 definitie; omschrijving van de begrippen

De relatieve vochtigheid (RV) wordt berekend uit de dampspanning (e) en de verzadigingsdampspanning (e_s) bij de heersende temperatuur (T).

De dampspanning is de druk die door de in de atmosfeer aanwezige waterdampmoleculen wordt uitgeoefend. Deze druk maakt deel uit van de totale luchtdruk.

De verzadigingsdampspanning is de dampspanning waarbij de lucht in evenwicht is met een water- c.q. ijsoppervlak. Een hogere dampspanning is bij de gegeven condities niet mogelijk omdat de waterdamp dan condenseert, dat wil zeggen van gasfase (of dampfase) overgaat in vloeistoffase.

De verzadigingsdampspanning is onder meer afhankelijk van de temperatuur.

Voor lucht met temperatuur T en dampspanning e geldt:

$$RV = e / e_s(T) * 100\%$$

De dauwpuntstemperatuur (T_0) is de temperatuur tot welke de lucht bij gelijkblijvende overige omstandigheden moet worden afgekoeld om een volledige verzadiging van de in de lucht aanwezige waterdamp te bereiken.

(WMO no.8., par.4.1.1, ref 1)

1.3 eenheden

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.12)

- *Dampspanning en verzadigingsdampspanning:* hPa
 $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ (N is Newton: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m / s}^2$)
- *Relatieve vochtigheid:* %
- *Dauwpuntstemperatuur:* K (afgeleide: °C)
De erkende eenheid volgens SI (ref.12) voor de temperatuur is Kelvin (K).
 1 Kelvin (1 K) is de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het triple point van water (gemeten in K).

Naast deze "Kelvin"temperatuur kent men de "Celsius" temperatuur. De erkende eenheid volgens SI (ref.12) voor deze temperatuur is graad Celsius (°C).

Voor de relatie Celsius temperatuur(t) en Kelvin temperatuur(T) geldt:

$$t = T - 273,15$$

Een interval van 1 graad Celsius (1°C) is gelijk aan 1 K.

(WMO no.8., par.4.1.2, ref 1.)

1.4 elementcodes

De volgende symbolen worden gebruikt:

- relatieve vochtigheid: RV (WMO en WM/KD gebruiken U als symbool)
- dauwpuntstemperatuur: T_d
- dampspanning: e (WM/KD gebruikt EE als symbool)
- verzadigingsdampspanning: e_s

De codering met betrekking tot de uurwaarden van de dauwpuntstemperatuur in de SYNOP en de METAR is conform het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.14). Tevens kan hierbij gerefereerd worden aan de module A4/BI, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref.4).

De code voor de dauwpuntstemperatuur in de SYNOP: $2s_n T_d T_d T_d$

$s_n = 0$: waarde ≥ 0 °C

$s_n = 1$: waarde < 0 °C

voorbeelden:

20117: dauwpuntstemperatuur $T_d = +11,7$ °C

21042: dauwpuntstemperatuur $T_d = -4,2$ °C

De code voor de dauwpuntstemperatuur in de METAR is $T'_d T'_d$. De dauwpuntstemperatuur wordt in de METAR gemeld in hele graden Celsius. Een negatieve dauwpuntstemperatuur wordt voorafgegaan door de letter M (=minus).

Voorbeelden:

dauwpuntstemperatuur $T_d = 19$ °C wordt: $T'_d T'_d = 19$

dauwpuntstemperatuur $T_d = -6$ °C wordt: $T'_d T'_d = M06$

2. Operationele eisen

2.1 bereik

Het operationeel gebied (range) voor de waarnemingen relatieve vochtigheid respectievelijk dauwpuntstemperatuur is:

- relatieve vochtigheid: 5 - 100%
 - dauwpuntstemperatuur: $< -60 - +35^{\circ}\text{C}$
- (conform WMO-norm: ref. 1 en ref. 2.)

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De synoptische meteorologie en de klimatologie vereisen een resolutie in de waarnemingen van de relatieve vochtigheid van 1% en een resolutie in de waarnemingen van de dauwpuntstemperatuur van 0,1 K (of 0,1°C).

Een en ander is conform de WMO-norm: ref. 1 en ref. 2.

De resolutie van de dauwpuntstemperatuur in de METAR-berichtgeving is: 1 K of 1°C. (conform ICAO-richtlijnen: ref.15.)

2.3 vereiste nauwkeurigheid

Internationale regelgeving betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid, onzekerheid en hysteresis zijn vastgelegd in de "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (uitg. ISO; zie ref.16).

- De onzekerheid in de gemeten c.q berekende dauwpuntstemperatuur dient niet groter te zijn dan: 0.5 K (conform WMO, ref.1);
- De onzekerheid in de gemeten c.q berekende relatieve vochtigheid dient niet groter te zijn dan: 3% (conform WMO, ref.1);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de dauwpuntstemperatuur in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is: 0.5 K (conform WMO, ref.1);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de relatieve vochtigheid in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is:
5% (indien $RV \leq 50\%$) en 3% (indien $RV > 50\%$)
(conform WMO, ref.1 en ref.2);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de dauwpuntstemperatuur ten behoeve van de luchtvaartmeteorologische berichtgeving (METAR) is :
1 K (conform WMO, ref.2 en ICAO, ref.15).

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

1'gemiddelde

De registratie van de 1-minuut waarde van de relatieve vochtigheid, respectievelijk van de dauwpuntstemperatuur is de basis voor alle gewenste herleidingsen, alsmede voor alle berichtgevingen (conform WMO, ref.1).

Teneinde dit te realiseren registreert de SIAM per 12 seconden de momentane waarde van de relatieve vochtigheid, respectievelijk van de dauwpuntstemperatuur. Verder wordt door de SIAM per 12 seconden de gemiddelde waarde over de afgelopen minuut bepaald als het rekenkundig gemiddelde van vijf 12-seconden registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde).

In de 10-minutendataopslagsystemen, zoals de lokale dataopslag van een AWS,

wordt elke 10-minuten het aldus berekende 1-minuut gemiddelde over de afgelopen laatste minuut geregistreerd.

Voorbeeld: de 1 minuutwaarde op het tijdstip 1410'00" is het rekenkundig gemiddelde van de momentane waarden op de tijdstippen 1409'12", 1409'24", 1409'36", 1409'48" en 1410'00". (NB in de praktijk zal er altijd een nalooptijd zijn van ca. 5 tot 17 seconden, "momentaan" is dus in feite "momentaan plus nalooptijd")

uurwaarde dauwpuntstemperatuur (SYNOP)

De 1 minuut gemiddelde waarde van de dauwpuntstemperatuur zoals geregistreerd op precies 10 minuten voor het gehele uur (dit is de 1 minuut gemiddelde waarde over het tijdvak van 11 minuten voor het gehele uur tot precies 10 minuten voor het gehele uur) wordt gebruikt als dauwpuntstemperatuur T_d (code $2s_n T_d T_d T_d$) in de uurlijkse SYNOP. Deze waarnemingsperiode ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld wordt voor het verrichten van de SYNOP waarneming (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 4).

halfuurwaarde dauwpuntstemperatuur (METAR)

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. De dauwpuntstemperatuur in de METAR (code $T'dT'd$) wordt afgeleid uit de 1 minuut gemiddelde waarde op precies 5 minuten vóór het tijdstip METAR-bericht, dat wil zeggen op precies 10 minuten voor het hele uur c.q. precies 10 minuten voor het halve uur.

Voorbeeld: $T_d T_d$ op 10.25 UTC is de 1 minuut gemiddelde dauwpuntstemperatuur over de periode de periode 1019' - 1020'.

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

Een gemiddelde over een bepaald tijdvak kan worden gebaseerd op beschikbare 12" meetwaarden. Gelet op de aard van de parameter en het betrekkelijk geringe verloop per tijdseenheid ervan is voor het (operationeel) vaststellen van een 1-minuutgemiddelde c.q. 10-minutengemiddelde een 100% beschikbaarheid van 12" meetwaarden in het onderhavige tijdvak niet vereist. Minimale eis: één enkele 12" waarde in het onderhavige tijdvak.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

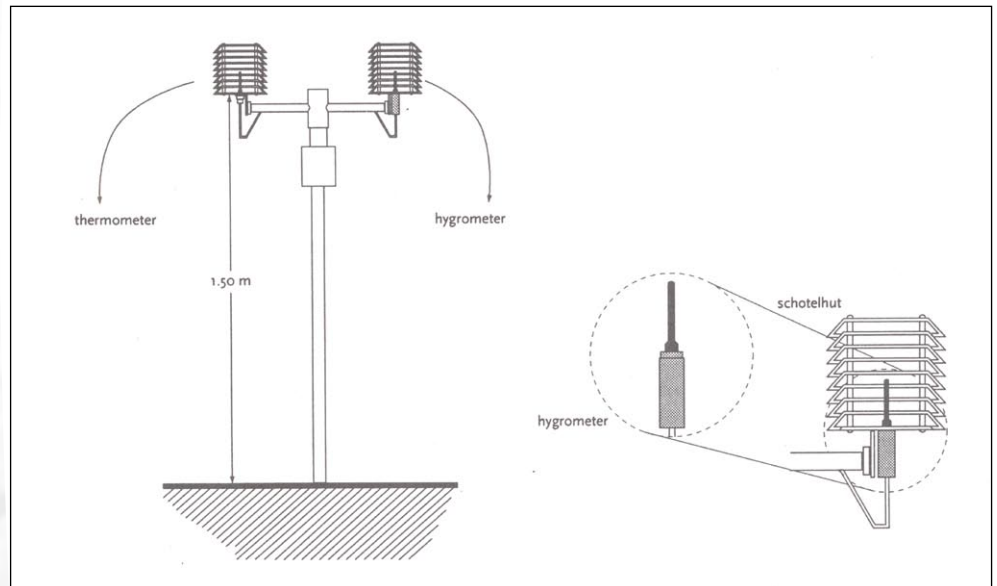
Het KNMI gebruikt de capacitatieve vochtigheidsmeter (Vaisala) als standaardinstrument voor de meting van de relatieve vochtigheid. (inclusief als testinstrument tijdens een inspectiebezoek)

De dauwpuntstemperatuur wordt afgeleid uit de temperatuur en de relatieve vochtigheid. Het vaststellen van de dauwpuntstemperatuur vereist derhalve 2 sensoren:

- sensor voor de temperatuurmeting (zie hoofdstuk over temperatuur);
- sensor voor de meting van de relatieve vochtigheid.

De technische specificaties van de vochtigheidsmeter met de SIAM zijn als volgt:

Meetbereik:	2 tot 100% RV;
Resolutie:	1% RV;
Nauwkeurigheid:	$\pm 3,5\%$ RV;
Meetfrequentie:	1/12 Hz.



3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De calibratieprocedures zijn vastgelegd in het ISO-9001 kwaliteitssysteem van INSA, als onderdeel van de procedure 2.2.3 beheersprocedure preventief onderhoud.

De ijkingen c.q. controles vinden plaats in een klimaatkamer waarin de relatieve vochtigheidssensor wordt vergeleken met een Michell S4000 dauwpuntspiegel. Dit referentie-instrument wordt op zijn beurt gecalibreerd in het NPL (UK) en heeft volgens die calibratie een meetonzekerheid van $\pm 0,13$ °C voor het dauwpunt.



4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

De richtlijnen bij afwezigheid van data zijn als volgt:

a) *niet-luchtvaartstations:*

Indien de vochtmeting van omringende stations aanwezig is, wordt de reparatie uitgevoerd op de eerstvolgende werkdag.

Indien de vochtmeting van omringende stations (tenminste 2 binnen 50 km. afstand) onvoldoende aanwezig is, wordt de reparatie aangevraagd binnen 12 uur na het begin van de storing.

b) *luchtvaartstations:*

Indien kan worden teruggevallen op de metingen van een andere vocht-sensor op het vliegveld, wordt de reparatie uitgevoerd op de eerstvolgende werkdag.

Indien geen backup vochtmeting ter plaatse beschikbaar is, wordt de reparatie onmiddellijk na het begin van de storing uitgevoerd.

4.2 procedures voor achteraf validatie

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden de SYNOP-waarden dauwpuntstemperatuur op dagbasis ingelezen en gearchiveerd. De corresponderende waarden relatieve vochtigheid worden berekend uit de temperatuur en de dauwpuntstemperatuur (par.5). Per station per uurwaarde RV_h wordt vervolgens automatisch de volgende controleprocedure toegepast:

$$RV_h - \{ 2/3 (RV_{h-1} + RV_{h+1}) - 1/6 (RV_{h-2} + RV_{h+2}) \} \text{ moet } \leq 15\% \text{ anders verdacht.}$$

Een verdachte c.q. ontbrekende waarde wordt zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt gebaseerd op:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdserie 10-minuten waarden.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie


Iedere vochtigheidsmeter met een operationele functie in het KNMI-waarnemingsnet wordt gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OW. Op verzoek van WM/KD kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft.

Voorts kan inspectie geschieden in het geval van plaatsing van een vochtigheidsmeter op een nieuw meetstation.

In dit laatste geval wordt WM/OW vooraf door INSA/MSB geïnformeerd door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing. Binnen 1 week na plaatsing krijgt WM/OW hiervan bericht, inclusief toezending ijkbewijs.

De inspectie omvat de volgende controles:

- a) Een vergelijking van de door de sensor gemeten waarde relatieve vochtigheid met de waarde relatieve vochtigheid, zoals gemeten door een referentie sensor. Deze sensor is een cf. KNMI-ijkprocedures gecalibreerde capacitatieve vochtigheidsmeter. Indien de waarde relatieve vochtigheid een absolute afwijking van 3% of meer heeft kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de



operationele waarnemingen relatieve vochtigheid als onvoldoende. Op grond van de geconstateerde afwijkingen informeert de inspecteur de afdeling INSA/MSB en treedt in overleg, c.q. maakt afspraken voor eventuele correctieve acties. Deze afspraken worden vastgelegd en de inspecteur ziet toe op het verloop van de afspraken.

- b) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt de afdeling INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- c) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par.6). Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de operationele waarnemingen relatieve vochtigheid als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de afdeling INSA/MSB gestuurd.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door HOW.

5. Herleiding van andere parameters: berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d

5.1 Algemeen

Bij de afleiding van de dauwpuntstemperatuur T_d worden de volgende parameters gebruikt:

- de temperatuur T , die rechtstreeks gemeten wordt;
- de relatieve vochtigheid RV , die eveneens rechtstreeks gemeten wordt;
- de verzadigingsdampspanning $e_s(t)$ die een functie is van de temperatuur T (K): t (°C) = T (K) - 273.15;
- de dampspanning e bij de gegeven omstandigheden, die volgt uit de relatieve vochtigheid en de verzadigingsdampspanning.

5.2 Berekening van de verzadigingsdampspanning

De meest nauwkeurigste berekening van de verzadigingsdampspanning $e_s(t)$ geschiedt met behulp van het zogeheten Goff-Gratch polynoom (ref.5). De WMO hanteert dit polynoom als standaardformule. Vanwege de complexiteit van deze formule en de daaruitvolgende grote rekenintensiviteit adviseert de WMO de volgende benaderingsformules (ref.1):

Voor waterdamp in evenwicht met een (eventueel onderkoeld) vlak wateroppervlak:
$$e_s(t) = 6,112 * e^{\{17,62 \cdot t / (t+243,12)\}} \quad (1)$$

Boven ijs:

$$e_s(t) = 6,112 * e^{\{22,46 \cdot t / (t+272,62)\}} \quad (2)$$

Genoemde formules zijn van toepassing op zuivere waterdamp. In het geval er sprake is van vochtige lucht, dat wil zeggen lucht en waterdamp, zou nog een kleine correctie moeten worden aangebracht. Deze afwijking is echter, gegeven de vereiste nauwkeurigheid, verwaarloosbaar. De conclusie is dat in het gebied -40 tot +35 °C met behulp van de formule (1) c.q. formule (2) een zeer goede benadering te geven is met betrekking tot de af te leiden parameter. Een en ander conform de vereiste nauwkeurigheid.

Alternatieve benaderingsformules (Magnus, Tetens, Bolton, Sprung) voldoen eveneens aan de vereiste nauwkeurigheid. Deze worden beschreven in KNMI-TR 153 (ref.5) en KNMI-TR 140 (ref. 11).

Het KNMI hanteert een eigen formule ten behoeve van de afleiding dauwpuntstemperatuur in de SYNOP- en METAR:

$$e_s(t) = 6,11 * e^{\{17,504 \cdot t / (t+241,2)\}} \quad (3)$$

Deze formule wordt gebruikt bij zowel water- als ijsituatie, omdat de relatieve vochtigheidssensor meet ten opzichte van waterverzadiging. In de software van de SIAM is deze formule geïmplementeerd (ref.13). Het ijklaboratorium van Insa gebruikt, in goede overeenstemming met (3) de volgende formule:

$$e_s(t) = 6,11213 * e^{\{17,5043 \cdot t / (t+241,3)\}} \quad (4)$$

Bij de berekening met behulp van de formules (3) en (4) voldoet de afgeleide parameter eveneens aan de vereiste nauwkeurigheid.

Bij de archivering van SYNOP-data in het Klimatologische Informatiesysteem KIS wordt de dauwpuntstemperatuur als basisparameter beschouwd, waaruit de synchrone waarde van de relatieve vochtigheid wordt afgeleid. Dit is het

inverse proces als hierboven beschreven is. De afleiding is gebaseerd op de formules van Sprung.

Boven water:

$$e_s(t) = 6,107 * e^{\{17,27 t / (t+237,3)\}} \quad (5)$$

Boven ijs:

$$e_s(t) = 6,107 * e^{\{21,87 t / (t+265,5)\}} \quad (6)$$

(ref.6)

Resumé:

Standaardformule:

$$e_s(t) = A * \exp \{B t / (t+C)\} \quad (7)$$

Wateroppervlak

	A	B	C
WMO	6,112	17,62	243,12
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)	6,11	17,504	241,2
KNMI (INSA IJLAB.)	6,11213	17,5043	241,3
KNMI (KIS)	6,107	17,27	237,3

Ijsoppervlak

	A	B	C
WMO	6,112	22,46	272,62
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)		niet van toepassing	
KNMI (INSA IJLAB.)		niet van toepassing	
KNMI (KIS)	6,107	21,87	265,5

5.3 Berekening van de dampspanning: e

Er geldt

$$RV = \{e / e_s(t)\} * 100\%$$

Hieruit volgt:

$$e = \{RV * e_s(t)\} / 100\% \quad (8)$$

5.4 Berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d

Er geldt

$e_s(T_d) = e$, dus uitgaande van de standaardformule (7) krijgt men:

$$A * \exp \{B T_d / (T_d + C)\} = e \quad (9)$$

Via omzetting volgt hieruit:

$$T_d = C * \{\ln e - \ln A\} / \{B - \ln e + \ln A\} \quad (10) \text{ of}$$

$$T_d = C / \{[B / (\ln e - \ln A)] - 1\} \quad (11)$$

5.5 Berekening RV uit t en T_d

In het geval t en T_d bekend zijn, wordt RV berekend middels de volgende procedure:

- $e_s(t)$ wordt berekend mbv (7)
- door invulling van $t = T_d$ in (7) volgt $e = e_s(T_d)$
- RV wordt berekend met $RV = \{e / e_s(t)\} * 100\%$.



6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen

De WMO adviseert dat de sensoren voor de meting van de relatieve vochtigheid plus de dauwpuntstemperatuur worden geplaatst op een hoogte tussen 1.25 en 2.00 meter boven een vlak terrein van ca. 15 x 15 m², dat bedekt is met gras van ca. 4 - 10 cm. hoogte. Het KNMI hanteert als standaard een hoogte van 1,5 meter.

6.2 *Conditie m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen*

In de nabijheid mogen zich geen obstakels als gebouwen en bomen bevinden. Deze kunnen door uitstraling de temperatuur en daarmee de relatieve vochtigheid beïnvloeden. Deze objecten kunnen ook warmte of koude langer vasthouden en aldus langsstromende lucht beïnvloeden. Door deze verschijnselen wordt de representativiteit van de waarneming aangetast. Tevens kan tussen dergelijke objecten warme of koude lucht blijven "hangen". De temperatuur van deze lucht kan zo afwijken van de luchttemperatuur in de bredere omgeving.

Concreet gaat het om de volgende conditie:

- er mogen zich geen obstakels binnen een straal van 100 meter vanaf de locatie van de sensor bevinden; bovendien zal het aardoppervlak binnen deze straal voldoende vlak moeten zijn; voor eventuele objecten buiten de straal van 100 meter zal de hoogte minder dan 10x de afstand van het object tot het meetterrein dienen te zijn.

De vochtigheidsensor moet zich op een afstand van tenminste 5 meter van wateroppervlakten bevinden (sloten, kanalen, plassen, rivieren, etc.).

Referenties

1. WMO, no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (ihb hoofdstuk 4), WMO, Genève, 1996;
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI);
3. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet, KNMI, De Bilt, 1993;
4. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/BI, E.Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
5. Het APL + programma, R.M.van Westrhenen, KNMI-technisch rapport TR153, KNMI, De Bilt, 1993;
6. Dauwpunt-tabellen voor niet-geventileerde psychrometers, KNMI-memorandum, KNMI, De Bilt, 1982;
7. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatie-systeem VOKIS, 1992, KNMI-document;
8. Vergelijking van de Vaisala's HMP233 en HMP243 relatieve vochtigheidsmeters (februari - september 1997), F.Kuik, KNMI-technisch rapport TR-201, KNMI, De Bilt, 1997;
9. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/10, KNMI, De Bilt, 1994;
10. World Meteorological Organisation WMO-no.49, Technical Regulations, Volume 1, Appendix A, WMO, Genève, 1988;
11. Fysische Meteorologie, H.R.A.Wessels, KNMI-technisch rapport TR140, KNMI, De Bilt, 1991;
12. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
13. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, KNMI, De Bilt, 1997;
14. KNMI-handboek meteorologische codes, KNMI, De Bilt, 1994-1999;
15. International Civil Aviation Organisation ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998;
16. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO, 1993.