

1. Luchtvochtigheid.

De luchtvochtigheid is in de weerkunde een belangrijk gegeven. Door verandering ervan kan immers verdamping en condensatie ontstaan en die twee processen zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van neerslag. Het vochtgehalte van de lucht is tevens bepalend voor het feit of we het weer als aangenaam ervaren of niet. Lucht met een zeer hoog vochtigheidsgehalte vinden we in het algemeen niet zo prettig: is winters spreken we van waterkoud en 's zomers van drukkend weer. Het merkwaardige is, dat de luchtvochtigheid niet constant is. Zij verandert wanneer een andere luchtsoort ons land bereikt. Uiteraard is zeelucht vochtiger dan continentale lucht. Maar, en dat vooral is merkwaardig, de vochtigheid van de lucht is ook afhankelijk van de temperatuur.

Bij luchtvochtigheid gaat het steeds om de hoeveelheid waterdamp die in de lucht zit. Waterdamp is een gas, dat we niet kunnen zien. Waterdamp wordt zichtbaar als zij condenseert tot waterdruppeltjes. Dat proces nemen we bijna dagelijks waar: wolken bestaan uit waterdruppeltjes ontstaan door condensatie van waterdamp. Vaak zijn de waterdruppeltjes van een wolk zo klein, dat ze blijven zweven. Die zwevende druppeltjes kunnen een wolk allerlei fraaie vormen geven. De condensatie ontstaat door afkoeling. Vaak koelt de lucht af door stijging: hoog in de lucht is het normaal gesproken kouder dan vlak aan het aardoppervlak. Kennelijk verandert de luchtvochtigheid door die afkoeling. De oorzaak is dat in warme lucht meer waterdamp vastgehouden kan worden dan in koude lucht. Die verschillen zijn aanzienlijk:

temperatuur	maximale hoeveelheid waterdamp per m ³
30 °C	30,3 g
20 °C	17,3 g
10 °C	9,4 g
0 °C	4,8 g
-10 °C	2,4 g
-20 °C	1,1 g

Iedereen weet dat eigenlijk wel, maar is zich er niet van bewust:

Is winters droogt de was buiten veel langzamer dan 's zomers. Het water uit het wasgoed kan 's zomers veel gemakkelijker in de lucht opgenomen worden. Hierbij gaat het steeds om de maximale hoeveelheid waterdamp die de lucht kan bevatten. De lucht is dan "verzadigd" met waterdamp, er kan niet meer in. Men spreekt wel van "verzadigingsvochtigheid". Is de lucht niet verzadigd, maar zit er wel waterdamp in, dan wordt die hoeveelheid aangegeven door de "absolute vochtigheid". Het zijn de getallen van de grammen waterdamp. Meestal meet men de "relatieve vochtigheid". Dit is de verhouding tussen de absolute vochtigheid en de verzadigingsvochtigheid. Deze wordt aangegeven in procenten:

relatieve vochtigheid = $100 \% \times (\text{absolute vochtigheid} : \text{verzadigingsvochtigheid})$ Condensatie treedt meestal op in van oorsprong niet-verzadigde lucht. Maar door afkoeling raakt die lucht verzadigd. Stel dat 1 m³ lucht van 30 graden een relatieve vochtigheid heeft van 75%. Die lucht bevat dan $30,3 \times 75\% = 22,7$ g waterdamp. Koelt die lucht af tot 20 graden, dan raakt zij verzadigd (de relatieve vochtigheid wordt 100%) = 17,3 g waterdamp en de rest $(22,7 - 17,3\text{g}) = 5,4$ g condenseert. Het gevolg is dat er wolken ontstaan en als de druppeltjes groot genoeg worden: neerslag. Uit de relatieve vochtigheid van de lucht kan dus berekend worden bij welke temperatuur de lucht verzadigd van waterdamp zal raken, of m.a.w. tot hoever de lucht kan afkoelen, voordat er condensatie zal optreden. Dit is in het dagelijks leven van belang bij het mogelijk optreden van de mist. Mist is immers in feite niets anders dan een gewone wolk, die tot de aardoppervlak reikt. De druppeltjes zweven er, evenals bij een gewone wolk. Het zal duidelijk zijn, dat de kans op mist in het winterhalfjaar veel groter is in ons land dan in het zomerhalfjaar, vooral als er vochtige lucht vanaf de oceaan aangevoerd wordt. In de koudere lucht kan veel minder waterdamp vastgehouden worden, die bovendien bij een geringe temperatuurdaling al condenseert. Aan de andere kant komen in de zomer eerder buien voor. De verwarming doet de lucht tot grote hoogte stijgen. Aldaar, in de koude lucht, condenseren geweldige hoeveelheden waterdamp. Op die manier kan het meten van de luchtvochtigheid tot leuke conclusies in het aardrijkskundepracticum leiden.

Een sterk aan de luchtvochtigheid verwant begrip is het dauwpunt. Dit is de temperatuur waarbij condensatie optreedt. Deze temperatuur is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid. Hoe hoger deze is, des te eerder wordt het dauwpunt bereikt.

2. Haarhygrometer

Het eenvoudigste instrument om de relatieve vochtigheid van de lucht te meten is de haarhygrometer. De Zwitser Horac Bénédict de Saussure ontdekte in 1783 dat een gewone mensenhaar langer wordt als de relatieve vochtigheid van de lucht toeneemt. Daarmee kan eigenlijk iedereen zelf een haarhygrometer maken. Want zo'n instrument is niets anders dan een ontvette mensenhaar met een wijzer eraan. De moeilijkheid is het maken van een juiste schaalverdeling en het ijken van het instrument. Een professionele hygrometer kan ook ontregeld raken als de haar vuil geworden is. Deze hoeft echter niet voor elk percentage geijkt te worden. Gewikkeld in een natte doek moet hij 96% aanwijzen, dan is hij goed. Reinigen van de haar moet met een penseel gedrenkt in gedestilleerd water.

Een nauwkeuriger manier van het meten geschiedt met behulp van de slingerpsychrometer. Dit apparaat bestaat uit twee thermometers. Deze zijn draaibaar aan een handvat gevestigd. Met de 'drogebol'- thermometer wordt de luchttemperatuur gemeten. Bij de 'nattebol' thermometer zit om het kwikvat een kousje, dat kort voor de waarneming met zuiver water wordt natgemaakt. Vervolgens wordt het instrument rondgeslingerd. Bij een niet met waterdamp verzadigde lucht gaat het water in het natte kousje verdampen. Dit kost energie. De nattebol thermometer zal een lagere temperatuur gaan aanwijzen, totdat een evenwichtstoestand is bereikt. Dan kunnen de waarden worden afgelezen. Het temperatuurverschil tussen beiden thermometers is groter naarmate de luchtvochtigheid geringer is. Bij een verzadigde lucht is er geen verschil. Via een omrekeningstabel kan zo de relatieve vochtigheid worden bepaald. De werking van de plankpsychrometer en de hygrometer van Daniël komen in grote lijnen overeen met die van de slingerpsychrometer.

3. De meetmethode

Binnen opgehangen geeft de hygrometer natuurlijk alleen de relatieve vochtigheid in het betreffende vertrek aan. Het kan van belang zijn dit percentage te weten in verband met de behaaglijkheid. Hygrometers worden vaak in musea of andere instellingen waar kostbare, snel vergankelijke voorwerpen bewaard worden, gebruikt om de vochtigheid van de betreffende ruimte nauwkeurig te kunnen regelen en afstemmen op de behoefte.

Buiten opgehangen heeft de hygrometer pas weerkundige waarde. De opstelling in een weerhut is daarbij het meest nauwkeurig. Een weerhut is een wit gelakt houten kastje met dubbele jaloezieën. De wind kan hier doorheen blazen maar de zon kan niet rechtstreeks op het instrument schijnen. Zo geeft de hygrometer het beste de relatieve vochtigheid van de omringende lucht weer.

De schaal van de hygrometer loopt van 0% tot 100% relatieve luchtvochtigheid. De aanwijzing op de schaal kan bij een haarhygrometer zowel direct met een wijzer als wel langs elektrische weg plaatsvinden.

4. Schoolgebruik

Een hygrometer kan goed in de aardrijkskundelessen gebruikt worden; in de eerste plaats bij weerkundelessen, maar daarnaast ook om het proces van afkoeling gekoppeld aan toenemende luchtvochtigheid te demonstreren of te onderzoeken. Over langere tijd kan de leerling aan de hygrometer waarnemen hoe de luchtvochtigheid verandert bij verandering van het weer, in het bijzonder als een andere luchtsoort zich over ons land uitbreidt. Op die manier is het mogelijk, vooral in combinatie met een barometer, de nadering van een depressie met een regenfront uit de toeneming van de luchtvochtigheid af te leiden.

De hygrometer leent zich uitstekend om de leerling te leren hoe hij systematisch kan waarnemen en hoe uit de aldus ontstane gegevens van cijferreeksen nieuwe gegevens en conclusies kunnen worden afgeleid. De waarnemingen zijn vooral in een geografisch kader goed toepasbaar, wanneer de spreiding van de verzamelde gegevens wordt onderzocht en de verschillen tussen enkele waarnemingsplaatsen worden bekeken.

De waarnemingen moeten op vaste tijdstippen verricht worden, liefst gedurende een lange reeks van dagen. Bij droog weer zijn de verschillen tussen de dagen meestal niet spectaculair. Bij regen en liefst tijdens de nadering van een regenfront is de toeneming van de luchtvochtigheid echter zeer duidelijk. Ook is vaak goed te zien hoe in de loop van de nacht de luchtvochtigheid toeneemt. De oorzaak is dan natuurlijk de nachtelijke afkoeling, waardoor de lucht minder waterdamp kan bevatten. De docent kan met behulp van een tweetal proefjes het inzicht bij leerlingen omtrent de relatieve luchtvochtigheid en het dauwpunt vergroten.

Proef 1:

Afkoeling van de lucht is de belangrijkste oorzaak van condensatie. Waterdamp gaat hierbij over in vloeibare vorm. In de natuur herkennen we dit als wolkenvorming, mist en dauw.

Voor de proef heeft u een gasbrander, een fluitketel en een spiegel of glasplaatje nodig. Laat het water enige tijd koken. Er ontsnapt hete, onzichtbare stoom. Houdt de spiegel erboven. Deze zorgt voor abrupte afkoeling met condensatie als gevolg. Er ontstaan druppels op de spiegel.

Proef 2:

Bij deze proef kan het dauwpunt bepaald worden. Door de proef eerst binnen en dan buiten te doen kunnen opvallende verschillen in de relatieve vochtigheid en het daarmee samenhangende dauwpunt aangetoond worden. Vul een blinkende metalen beker, met daarin een thermometer, met warm water en doe er vervolgens een ijsblokje in. De inhoud van de beker koelt langzaam af. Het dauwpunt is bereikt zodra aan de buitenkant van de beker waterdruppeltjes zichtbaar worden. De temperatuur waarbij dit gebeurt is het dauwpunt.

5. Opdrachten

1. De leraar heeft een paar hygrometers. Met zo'n instrument kan de vochtigheid van de lucht gemeten worden. In Nederland is die overdag meestal tussen de 60 en 70%. Als de lucht 100% vochtig is, noemen we hem verzadigd met waterdamp. De kans is dan groot dat het gaat regenen of dat er mist komt. In vertrekken met centrale verwarming is het vaak veel droger.
 - a. Controleer of de hygrometer een hogere vochtigheid aangeeft als je erop blaast.
 - b. Wat is daarvan de oorzaak?
 - c. Waarom zal de hygrometer buiten de gedurende een week grotere verschillen aangeven dan binnen.
2. Om de vraag van 1c te controleren hangen we een hygrometer binnen op en een buiten aan de muur waarop de zon niet direct schijnt.
 - a. Noteer op het formulier van beide hygrometers elk uur vandaag de vochtigheid.
 - b. Op welk uur waren de verschillen tussen de twee instrumenten het grootst?
 - c. Wat was daarvan de oorzaak?
3. We hangen buiten twee hygrometers op; één tegen een muur aan de westzijde van het schoolgebouw en één aan de oostzijde.
 - a. Noteer op het formulier de vochtigheid van de lucht drie keer per dag; om precies 8 uur, 13 uur en 17 uur, van beide hygrometers apart. Doe dat twee weken lang.
 - b. Op welke dag was het 't vochtigst? En hoe laat?
 - c. Wat was daarvan de oorzaak?
 - d. Teken een grafiek van de luchtvochtigheid van beide hygrometers. Zet onderaan het papier op de horizontale lijn de datum op elke 3 cm en op de verticale lijn aan de linkerkant van het papier de vochtigheid in %, neem voor elke 10% 2 cm. Teken de vochtigheidscurve met een vloeiende lijn.
 - e. Welke verschillen zijn er tussen de waarnemingen van de beide hygrometers?
4. Hang buiten een hygrometer op, als het kan ergens waar de hele dag schaduw is. Hang hem op 150 cm boven de grond.
 - a. Luister de komende weken twee weken goed naar het weerbericht van acht uur vijf (na het uitgebreide nieuws) op radio 1.
Als de verwachting luidt: "toenemende bewolking met van het westen uit regen" of "toenemende bewolking gevolgd door regen", schrijf dan op het formulier op elk heel uur precies de luchtvochtigheid, die de hygrometer aangeeft, op.
 - b. Kijk 's avonds in de krant bij de weerrubriek of er een warmtefront met een regenzone passeert of is gepasseerd.
 - c. Teken een grafiek van de luchtvochtigheid van die dag.
 - d. Op welk tijdstip passeerde het warmtefront?
 - e. Hoe kun je dat zien?