

ADIABATISCH VERSUS DIABATISCH EN DIRECT VERSUS INDIRECT

Verdampingskoeling met water onder de loupe



Sporthal en kinderdagverblijf 'De vijfhoek', in Deventer. Luchtbehandelingskast (Thermo Air) voorzien van dauwpuntkoeling en WTW. Luchttoevoer 8400 m³/uur gekoelde verse buitenlucht, met koeling op leefniveau en verdringingsventilatie.

Vanwege het lage energiegebruik en de betrouwbaarheid heeft verdampingskoeling met water als koudemiddel veel potentie. Datacenters hebben die voordelen al ontdekt en passen deze vorm van koeling veel toe. Dat is minder het geval bij industriële hallen, grote ruimtes, kantoren, winkelcentra en in de horeca, maar ook daar gelden de voordelen. Een van de redenen is de onbekendheid met koeling gebaseerd op het verdampen van water en de begrippen adiabatische en diabatisch. Tijd om daar verandering in te brengen.

De jury van de VSK-Award 2008 kwam er tijdens de beoordeling van de inschrijvingen niet uit. Is 'diabatisch' nu wel of niet een bestaand begrip? Nu, negen jaar later, zou je verwachten dat 'diabatisch' en 'adiabatisch' ingeburgerde begrippen zijn. Maar dat is nog steeds niet het geval; er is nog steeds sprake van veel onbegrip over het juiste gebruik van de verschillende vormen van ver-

dampingskoeling met water (R718) als koudemiddel. In dit artikel wordt hier duidelijkheid over gegeven.

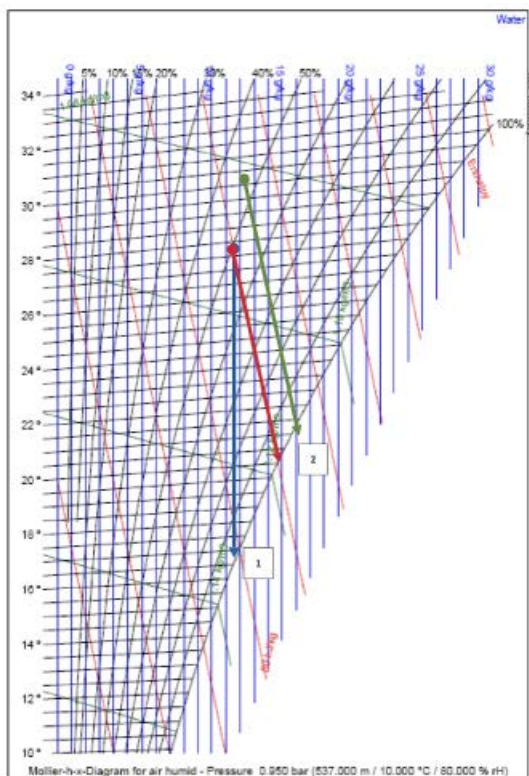
Verwarring over begrippen

Het veel gebruikte begrip 'verdampingskoeling' is een vertaling van het Amerikaanse 'Evaporative Cooling'. Als begrip is het verwarrend, want ook conventionele koelinstallaties met synthetische koudemiddelen, NH₃, CO₂, propaan of butaan zijn gebaseerd op het verdampen van koudemiddelen. De naam 'bevochtigingkoeling' dekt de lading veel beter, als het gaat om koelen door middel van verdampend water. Daarbij geldt dat bevochtigingkoeling betrekking heeft op het afvoeren (koelen) van uitsluitend de voelbare warmte.

Er bestaat ook verwarring over de woorden 'adiabatisch' en 'diabatisch'. Daarom hier een verduidelijking. Adiabatisch betekent 'niet diabatisch', net als asociaal 'niet sociaal' betekent. Bij een adiabatisch

HET BELANG VAN HET MOLLIER-DIAGRAM

Dit artikel probeert wat duidelijkheid te geven over veel gebruikte begrippen. Over het gebruik van verdampend water als een milieu verantwoord en energiebesparend koudemiddel. Daarbij geldt dat bevochtigingkoeling betrekking heeft op het afvoeren (koelen) van uitsluitend de voelbare warmte. Voor een goed begrip is daarbij het kunnen omgaan met het Mollier-diagram voor vochtige lucht een must.



Mollier-diagram met het verschil tussen adiabatisch en diabatisch.

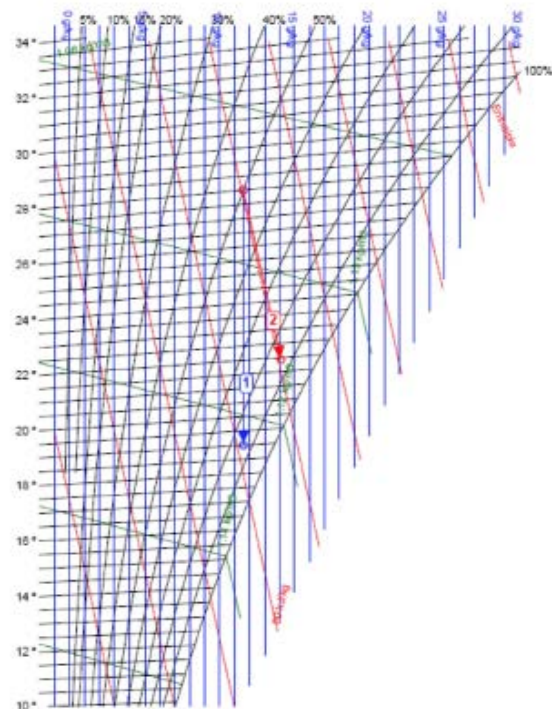
Adiabatisch (rood): absoluut vochtgehalte 11,8 gr/kg en bij 28 °C/ 50 % RV is de natte-bol 20,3 °C. Bij een stijgende temperatuur naar 30 °C/ 45 % (groen) en nog steeds absoluut 11,8 gram/ kg lucht, loopt de natte-bol op tot 21 °C.

Diabatisch (blauw): absoluut 11,8 gr/kg en bij 28 °C/ 50 % RV is het dauwpunt 16,6 °C.

Bij een stijgende temperatuur naar 30 °C/ 45 % blijft het dauwpunt echter gelijk, dat wil zeggen: ook 16,6 °C.

tische toestandsverandering vindt geen onttrekking van warmte uit de omgeving plaats, maar onttrekt het middel warmte aan zichzelf. Voorbeelden van installaties die gebruikmaken van adiabatische koeling zijn bevochtigingspakketten, koeltorens, verdampingscondensoren en hybride luchtgekoelde condensoren. In een diabatische toestand wordt juist wel warmte onttrokken aan de omgeving. Een voorbeeld daarvan is dauwpuntkoeling. Diabatische dauwpuntkoeling is een recentere ontwikkeling dan adiabatische koeling. De mate van koeling is bij diabatisch afhankelijk van het dauwpunt, en daarmee van het absolute vochtgehalte van de te koelen lucht. Zodra de temperatuur hiervan stijgt bij een gelijkblijvend absoluut vochtgehalte, blijft de uitgaande temperatuur onveranderd. Het dauwpunt bepaalt immers de eindtemperatuur.

Nattebolkoeling (adiabatisch) is een proces waarbij de mate van koeling afhankelijk is van de natteboltemperatuur. Die is op haar beurt afhankelijk van de temperatuur en % RV van de aangezogen te koelen lucht. Zodra de temperatuur stijgt bij een gelijkblij-



Voorbeelden Natte-bolkoeling (adiabatisch)

Proces 2, rode lijn

	in	uit
Natte-bol	20,3 °C	
Temperatuur	28 °C	22 °C
Rel. vochtigheid	50 %	86 %
Abs. vochtigheid	11,8 g/kg	14,3 g/kg

De absolute vochtigheid neemt met 14,3 g/kg – 11,8 g/kg = 0,5 g/kg toe.

Dauwpuntkoeling (diabatisch)

Proces 1, blauwe lijn

	in	uit
Dauwpunt	16,6 °C	
Temperatuur	28 °C	19 °C
Rel. vochtigheid	50 %	86 %
Abs. vochtigheid	11,8 g/kg	11,8 g/kg

De absolute vochtigheid blijft hier gelijk = 11,8 g/kg.

De uitgaande temperatuur bij dauwpuntkoeling is hier 22 °C - 19 °C = 3K lager dan bij natte-bolkoeling.

vend absoluut vochtgehalte, stijgt ook de natteboltemperatuur en daarmee de temperatuur van de ge koelde lucht.

Natte-bolkoeling (adiabatisch) = naar keuze direct of indirect

Directe of indirecte koeling

Bij directe koeling wordt de tijdens het koelproces vrijkomende waterdamp vermengd met de gekoelde lucht, zodat de damp in de te koelen ruimte komt. Een gevolg daarvan is dat het absolute vochtgehalte, en daarmee de RV, sterk toeneemt in die te koelen ruimte. Bij indirecte koeling wordt de gevormde waterdamp naar buiten afgevoerd, zodat hij niet in de te koelen ruimte terecht komt. Dit met als gevolg dat het absolute vochtgehalte van de gekoelde lucht na het koelen gelijk blijft aan die van de aangezogen te koelen lucht.

Bij de gevoelstemperatuur gaat het om de combinatie van ruimtetemperatuur en % RV. In een ruimte werkende, recreërende, of sportende personen regelen hun lichaamstemperatuur vooral door te transpireren. Bij directe koeling, waarbij het tij-

dens het koelproces vrijkomende vocht in de te koelen ruimte terecht komt, zal de temperatuur dalen, maar de RV juist sterk oplopen. Bij een hogere RV kunnen de aanwezigen minder effectief transpireren. Het gevolg: bij een op zich acceptabele ruimtetemperatuur stijgt in dit geval de gevoelstemperatuur onder invloed van die hogere RV. Er is sprake van een minder aangenaam en soms zelfs benauwd aandoend binnenklimaat. Personen met hart- en vaatzieken of leidend aan aandoeningen aan de luchtwegen, zoals astma, ondervinden hier nadelen van.

Dauwpuntkoeling (diabatisch) = altijd indirect

Voorbeeld: directe versus indirecte koeling

Directe koeling

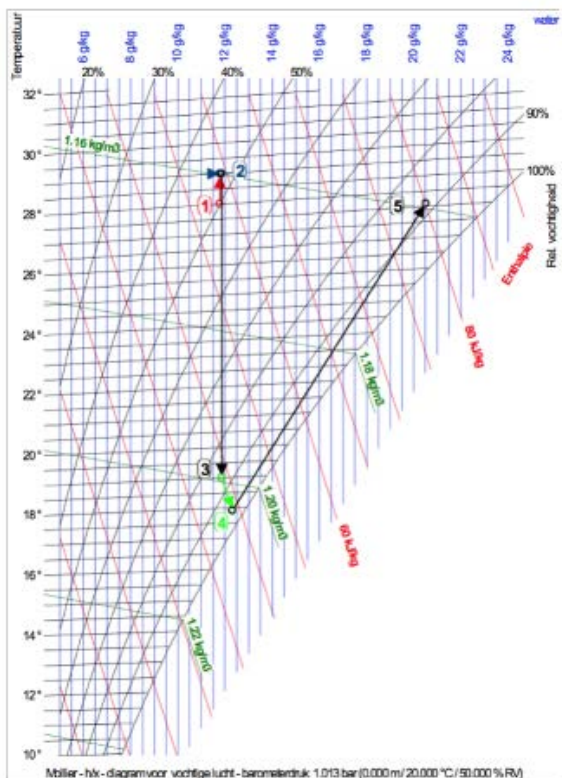
Stel, de ruimtetemperatuur is 22 °C. Overeenkomstig figuur 2 stijgt het vochtgehalte van 11,8 gr/kg naar 14,3 gr/kg. In de gekoelde ruimte komt het vochtgehalte op 86 % RV.

Bij indirecte koeling wordt het verdampte water echter naar buiten afgevoerd, waardoor het absolute vochtgehalte gelijk blijft.

Indirecte koeling

Bij dezelfde ruimtetemperatuur (22 °C) blijft het vochtgehalte voor en na het koelen gelijk gehandhaafd op 11,8 gr/kg, overeenkomstig figuur 2. Daarmee is het vochtgehalte in de gekoelde ruimte 71 % RV.

Bij indirecte koeling is de RV dus: $86\% - 71\% = 15\%$ RV lager dan bij directe koeling.



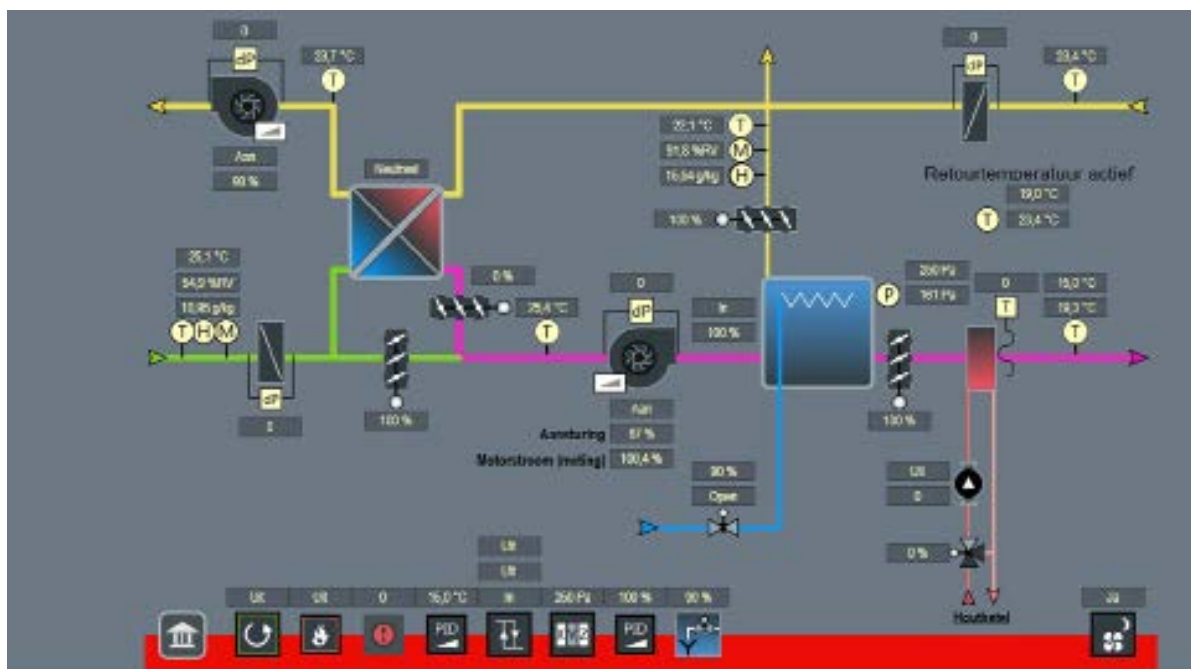
Werking dauwpuntkoeling (diabatisch) weergegeven in het Mollier-diagram.

- 1 -> 2 Opwarming door afgegeven energie van de ventilator.
- 2 -> 3 Afkoeling aangezogen lucht.
3. Tweede van de gekoelde lucht gaat naar de te koelen ruimte in het gebouw.
- 3 -> 4 eenderde wordt proceslucht en keert 180° (in tegenstroom); et aanwezige water begint te verdampen.
- 4 -> 5 Verdampend water; e hiervoor benodigde warmte wordt onttrokken aan de te koelen (2-3) lucht.
- 5 Proceslucht + het verdampte vocht worden naar buiten afgevoerd.

Watergebruik

Een veel voorkomend misverstand betreft de temperatuur van het suppletiewater. Die temperatuur is niet van invloed is op de werking. Het watergebruik is wel sterk afhankelijk van het gekozen systeem. Het doel van ontwerpers is een zo laag mogelijk waterverbruik per m³ gekoelde lucht te realiseren. Er zijn systemen gebaseerd op de hygroscopische werking, op falling-film of werkend met warmtewisselaars voorzien van sproeikamers, en systemen met of zonder recirculatie, met of zonder pompen, en met of zonder sproeiers.

Bij indirecte systemen is het risico op legionellabe-



Luchtbehandelingsinstallatie van informatiecentrum Ecofactorij, Sparkling Projects en de KNVvK, in Apeldoorn. Het gebouw is voorzien van PCM en wordt gekoeld met behulp van dauwpuntkoeling. Sparkling Projects nam in 2016 deel aan een serie praktijkproeven. De watertoevoer van een aantal bestaande installaties werd omgebouwd naar absorptie-suppletie. Dit verlaagt de invloed van de oppervlaktespanning en maakt het gebruik van sproeiers overbodig. Praktijkmeting op 19 juni 2017: Aangezogen buitenlucht 30,8 °C / RV 38,2 %, abs. vocht 10,66 gr/kg lucht. Gekoelde lucht uit 19,9 °C, abs. vocht blijft onveranderd 10,66 gr/kg lucht. De natte-boltemperatuur van de aangezogen lucht is hier 20,2 °C. Deze praktijkmeting toont aan dat met dauwpuntkoeling een luchttemperatuur (19,9 °C) beneden de natte-bol (20,2 °C) kan worden gerealiseerd.

smetting zo goed als uitgesloten. Directe systemen vergen op dit vlak echter extra maatregelen. Aanbevolen wordt materialen te kiezen die niet of slecht als voedingsbodem kunnen dienen voor levende organismen. Dit houdt in dat bij voorkeur geen natuurlijke materialen zoals katoen, wol, cellulose of viscose worden toegepast. Speciaal daarvoor geschikte soorten kunststoffen zijn daarentegen een slechte voedingsbodem, waardoor hiermee kan worden voldaan aan de antibacteriologische eisen. Het gebruik van kunststoffen verkleint ook het risico op materiaalcorrosie.

Praktijktoepassingen

Watervdampingskoeling wordt in de praktijk al dan niet aangevuld met bestaande conventionele koeling. Bij industriële hallen en in de landbouw zijn zowel luchtverversing als voelbare koeling van belang. Daarbij speelt een oplopende RV een minder grote rol. Het gebruik van directe koeling ligt in zulke situaties voor de hand.

Bij de toepassing voor verblijfsruimten is een eerste vereiste dat de aanwezigen zich prettig voelen. Hierbij speelt de gevoelstemperatuur een doorslaggevende rol. In deze gevallen ligt juist het gebruik

van indirecte koeling voor de hand. Van belang zijn daarbij de in een gebouw aanwezige materialen, apparatuur en opgeslagen producten. Veel vocht kan immers van invloed zijn op corrosie- en schimmelvorming.

De kostprijs van directe koeling is over het algemeen aanzienlijk lager dan die van indirecte koeling. Vanwege die lagere kostprijs wordt soms gekozen voor directe koeling op plaatsen waar dit eigenlijk niet moet worden aanbevolen. Bij nieuwbouw zal men dan eerst het nog aanwezige bouwvocht de schuld geven van een te hoge RV, maar dit maskeert in dat geval de werkelijke oorzaak, die ligt in de toevoer van lucht tijdens het koelproces. De meest klachten komen in deze situatie pas na een seizoen. ■

Over de auteur

Peter Uges is oud-hoofdredacteur van RCC K&L en voormalig bestuurder en erelid van de van de KNVvK. Hij heeft zich gespecialiseerd op het gebied van bevochtigingskoeling. Met zijn Airco-kenniscentrum.nl is hij betrokken bij de voorlichting aan opdrachtgevers en gebruikers van koeling en luchtbehandeling.