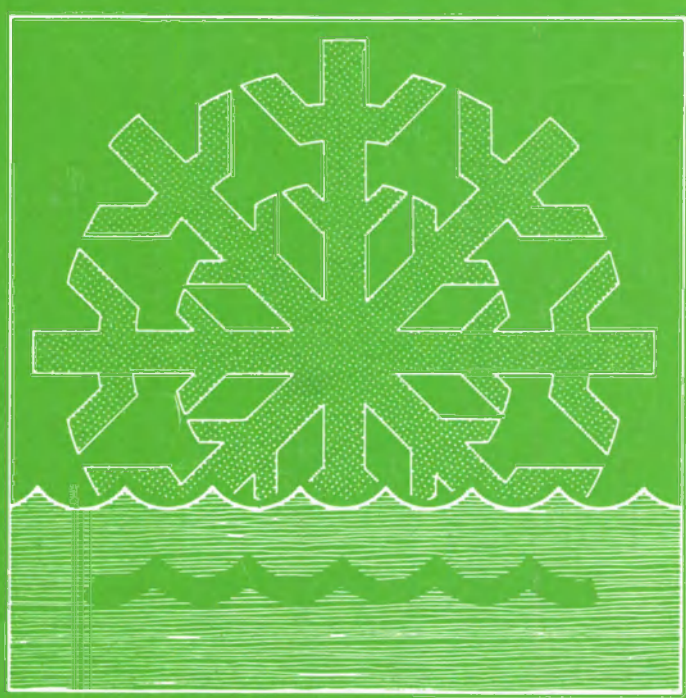


43660

# NATTE KOELSYSTEMEN VOOR HET VOORKOELEN EN BEWAREN VAN TUINBOUWPRODUCTEN



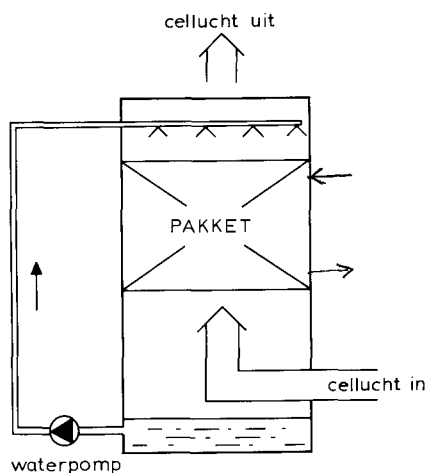
74627 - No 21

PRAKTIJKADVIES no 21

Sprenger Instituut Wageningen Haagsteeg 6 - Postbus 17

## NATTE KOELSYSTEMEN VOOR HET VOORKOELEN EN BEWAREN VAN TUINBOUWPRODUKTEN

Kenmerkend voor natte koelsystemen is dat de cellucht gekoeld en bevochtigd wordt door intensief contact met water. Een pomp circuleert koud water via sproei-ers over een pakket met een groot oppervlak voor warmte- en vochtuitwisseling. De



*Principe van natte koeling*

lucht uit de cel gaat hier in tegenstroom doorheen. Dit in tegenstelling tot conventionele koelsystemen waarbij lucht namelijk langs een verdamper wordt gevoerd. De warmte-overdracht tussen lucht en koelmiddel vindt hierbij plaats middels metalen lamellen van de verdamper.

Het belangrijkste voordeel van een nat koelsysteem is, dat een klimaat wordt verkregen met een constante, zeer hoge relatieve vochtigheid van bijna 100% en een bijzonder constante temperatuur van ca. 1°C (ook hogere temperaturen zijn mogelijk). Deze condities zijn enerzijds bij uitstek geschikt om uitdroging van tuinbouwprodukten tijdens de bewaring te

### Bijkomende voordelen

beperken en anderzijds om doorstroomkoeling toe te passen bij het afkoelen van produkten in bulk of verpakking.

- Behalve de genoemde hoge relatieve luchtvochtigheid en de constante temperatuur heeft toepassing van natte koelsystemen nog een aantal voordelen:
- Het vochtgehalte van de lucht wordt voornamelijk geleverd door het koelsysteem en slechts in geringe mate door het produkt.
  - Bij conventionele verdamperen moet periodiek ontdooid worden. Enerzijds kost dit extra energie, anderzijds kan gedurende de ontdoofase de temperatuur oplopen. Dit is niet het geval bij natte koelsystemen. Wel vergt de waterpomp extra energie.
  - Geen bevroeringsgevaar voor het produkt omdat de celluchttemperatuur nooit lager kan worden dan ca. 0,5°C.
  - Toerenregeling op de ventilator is toepasbaar zonder verandering van de temperatuur van de uitgeblazen lucht. Ook de relatieve vochtigheid verandert hier-

door niet.

- Geen of minder condensatie in de gekoelde ruimte, omdat het teveel aan vocht, b.v. als gevolg van het openen van de deuren, snel door het systeem wordt opgevangen.
- Bij het verkoelen kan een grote koelcapaciteit worden overgedragen, terwijl toch een klein temperatuurverschil van 1°C of minder tussen cellucht en water blijft heersen. Dit is vooral van belang indien men wil koelen tot een temperatuur lager dan ca. 5°C.
- De koelmachine kan direct in- of uitgeschakeld worden zonder dat dit noemenswaardige temperatuurfluctuaties van de uittredende lucht tot gevolg heeft.

### Nadelen

Natte koelsystemen hebben ook enkele nadelen. Het systeem neemt nogal wat ruimte in beslag. Bij het ontwerp van een koelcel moet men hiermee rekening houden. Ook zijn natte koelsystemen in aanschaf duurder dan conventionele koelsystemen.

### Integrale en centrale systemen

Men onderscheidt bij natte koeling twee uitvoeringsvormen: het integrale en het centrale koelsysteem

#### Integraal koelsysteem

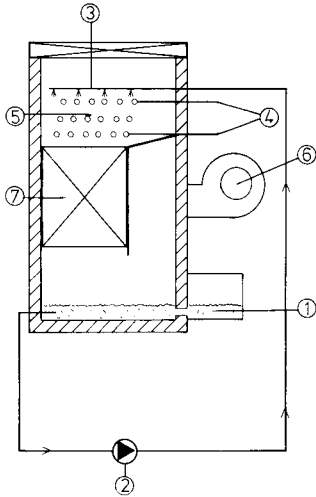
Bij het integrale koelsysteem is de natte koeler op de bodem voorzien van een betrekkelijk klein waterreservoir waaruit met een lage-drukpomp water wordt gepompt naar sproeiers, die zich boven in de koeler bevinden. Onder de sproeiers is een koelblok met pijpen geplaatst. De pijpen zijn zodanig aangesloten op een koelmachine, dat in de pijpen directe expansie van freon of ammoniak kan plaatsvinden. Door de lage temperatuur van de pijpen (bijvoorbeeld -6°C) bevriest een deel van het water hierop. Om te voorkomen dat te veel water op de pijpen bevriest, bevindt zich op de pijpen een temperatuurvoeler, die is aangesloten op een instelbare thermostaat, die reageert op een gewenste ijslaagdikte. Wordt teveel ijs opgebouwd, dan schakelt de thermostaat de koelmachine uit, waardoor het ijs zal smelten.

Bij een te kleine ijslaag schakelt dezelfde thermostaat de koelmachine weer in. Het resultaat is, dat voortdurend ijs wordt opgebouwd of ijs afsmelt. Smeltend ijs heeft een zeer constante temperatuur van 0°C, hierdoor neemt het langstromende water ook deze temperatuur aan.

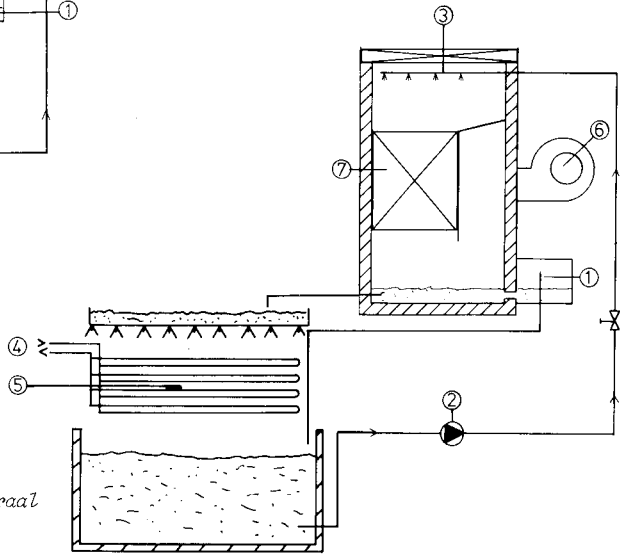
#### Centraal koelsysteem

Bij het centrale koelsysteem zijn de verdamperpijpen van de koelmachine niet in de koeler geplaatst, maar het water wordt in dit geval elders gekoeld in of boven een centraal opgesteld waterreservoir (ijsbank).

Het voordeel bij deze methode is, dat meerdere koelers op hetzelfde waterreser-



Links:  
natte koeler met integraal  
koelsysteem



Rechts:  
natte koeler met centraal  
koelsysteem

Verklaring van de cijfers:

1 waterreservoir

2 waterpomp

3 sproeiers

4 koelblok met verdamperpijpen

5 ijslaagdiktevoeler

6 ventilator

7 warmte- en vochtuitwisselend materiaal

voir kunnen worden aangesloten en dus in feite op één koelmachine en ook, dat de hoogte van de koelers zelf kleiner kan zijn zodat de koelers in de koelcel opgehangen kunnen worden zoals gewone verdamper.

De lucht kan ook in horizontale richting door het pakket worden geblazen (zgn. kruisstroomkoelers).

De verdamer van de koelmachine bevindt zich boven of onder water en bestaat uit pijpen of platen waarop ijs wordt opgebouwd. De ijslaagdikte wordt geregeld door een temperatuurvoeler, die is aangesloten op een instelbare thermostaat, die de koelmachine in- of uitschakelt. Het water wordt in dit geval door een pomp naar de verschillende koelers gepompt, waarna het over het pakket stroomt en vervolgens weer terugkeert naar de centrale waterbak.

### Ijsbank

Een ijsbank is een waterreservoir, waarin een voorraad ijs wordt gevormd gedurende een periode waarin de koudebehoefte klein is. In de periode dat de koudebehoefte groot is laat men het ijs smelten en maakt dan gebruik van de smeltwarmte van ijs. Toepassing van een ijsbank betekent dat een kleiner koelvermogen hoeft te worden geïnstalleerd. Ook kan in dat geval gebruik worden gemaakt van een goedkoper elektriciteitsstarief (nachtstroom). Daar staat tegenover dat het stroomverbruik wat toeneemt.

### Richtlijnen voor de installatie

#### Luchtcirculatie

Het pakket, dat dient als warmte- en vochtuitwisselend oppervlak, wordt geconstrueerd voor een bepaalde luchtcirculatie. De capaciteit van de koeler is daarmee in principe vastgelegd.

Voor een bewaarcel wordt een luchtcirculatie aangehouden van ca. 40 x de celinhoud per uur.

Een lager circulatievoud zal t.g.v. de instalingswarmte resulteren in een minder hoge relatieve luchtvochtigheid in de cel. Is de inhoud van de cel bekend, dan ligt de luchthoeveelheid dus vast. Bij voorkoelen gelden hogere normen, die per geval berekend dienen te worden.

Het contact tussen lucht en water in het pakket moet zodanig intensief zijn, dat het temperatuurverschil tussen de uit de koeler stromende lucht en het sproeiwater boven het verdeelbed minimaal is. Dit houdt direct verband met de relatieve vochtigheid van de lucht.

Het temperatuurverschil tussen lucht en water mag niet groter zijn dan 0,5°C en dient bij een bewaarcel bij voorkeur 0,1 à 0,2°C te bedragen.

De relatieve vochtigheid van de uitgeblazen lucht bedraagt dan 98 à 99% r.v.

De geconditioneerde lucht met hoge r.v., dient direct in contact te worden gebracht met het produkt en mag daarna pas in aanraking komen met de wanden van de koelcel. Dit betekent dat bij voorkeur de luchtverdeling in de zuigzijde moet worden aangebracht.

De ventilator dient vóór het pakket, dus persend door het bed te worden geplaatst. De hoogte van de uitblaaskap van de lucht van de koeler mag niet kleiner zijn dan de diepte van de koeler, m.a.w. de uitblaaskap mag geen weerstand vormen voor de uittrekkende lucht.

De aanzuiging van de ventilator dient zich niet aan dezelfde zijde te bevinden als de uitblaas.

Tussen de wand van de koelcel en de koeler dient een afstand te bestaan die gelijk is aan de ventilatoropening.

Bij voorkeelinstallaties dient de mogelijkheid aanwezig te zijn om na de inkoelperiode terug te schakelen op een kleiner luchtdebiet (b.v. poolomschakelbare motor van de ventilator).

#### Bufferen van ijs

Het bufferen van ijs in een koeltoren waarin de verdamperpijpen geïntegreerd zijn wordt niet aangeraden. Enerzijds kost dit onnodig veel energie, immers de compressor streeft dan altijd ook in de bewaarsituatie naar de ijsbuffer en stopt pas als de buffer is opgebouwd. Anderzijds geeft de ijsbuffer extra weerstand voor de luchtcirculatie, waardoor het luchtdebiet niet gehaald wordt. Bovendien smelt de ijsbuffer bij piekbelasting snel omdat deze dan niet onderhouden kan worden door de compressoren.

De temperatuur van het water dient 0°C te bedragen. Dit laatste kan worden bereikt door b.v. de verdamper, waarop de koelmachine wordt aangesloten, op te bouwen uit pijpen en boven het waterreservoir te plaatsen.

Vanuit de waterbak worden met afzonderlijke pompen de koelers gevoed; opwarming van dit water moet door korte leidingen en goede isolatie worden voorkomen. Het retourwater wordt opgevangen in een bak, voorzien van gaten, die boven de verdamper wordt geplaatst. Deze bak dient om het water te verdelen over de verdamperpijpen. Op de pijpen dient een temperatuurvoeler te worden bevestigd die is aangesloten op een regelbare thermostaat (-5°C tot +5°C) waarmee de ijslaagdikte kan worden ingesteld.

Opgemerkt kan worden, dat het plaatsen van de verdamperpijpen onder water mogelijk is. Deze methode geeft echter extra problemen, omdat dan een goede wateragitatie moet worden bewerkstelligd hetgeen extra energie vergt.

Een methode is dan om met luchtcompressors via een verdeelsysteem op de bodem lucht langs de pijpen te leiden.

De ijsbank dient in een geïsoleerde ruimte te worden opgesteld om koudeverliezen te beperken.

### Regeling

De temperatuur van de koelcel kan het beste geregeld worden middels de watertemperatuur. Hiertoe wordt aanbevolen in het waterreservoir een temperatuurvoeler te plaatsen, die is aangesloten op het instelbare elektronische thermostaat. De thermostaat moet buiten de cel ingesteld en afgelezen kunnen worden. Hierdoor wordt het ook mogelijk om de koelcellen desgewenst op hogere temperaturen te laten draaien.

De eventuele capaciteitsregeling van de compressoren kan met een meertrapsthermostaat geschieden. Indien de watertemperatuur boven 1 à 1,5°C is (en de luchttemperatuur dan ca. 2°C bedraagt) draaien de compressoren op 100% capaciteit. Is de watertemperatuur ca. 1°C dan wordt op 50% capaciteit geschakeld, daalt de watertemperatuur tot ca. 0,5°C dan worden de compressoren uitgeschakeld.

Een thermostaat, waarmee de ijslaagdikte kan worden ingesteld, dient ter voorkoming van het dichtvriezen van de koelspiralen in de koeltoren. Hierdoor worden de compressoren uitgeschakeld bij een bepaalde ijslaagdikte. De voeler van deze beveiligingsthermostaat moet zich op de verdamperpijpen bevinden.

Bij een bewaarcel wordt tevens een instelbare tijd klok aanbevolen, die ervoor zorgt, dat de koelmachine na het uitschakelen tenminste ca. 10 minuten uitgeschakeld blijft. Hierdoor wordt voorkomen, dat bij onregelmatige ijsopbouw teveel ijs wordt opgebouwd.

De ijsopbouw heeft tot doel water van 0°C te verkrijgen. Aanbevolen wordt te streven naar een zo dun mogelijke ijslaagdikte, waarbij het water net 0°C bereikt.

### Waterpompen

De waterpompen dienen in verband met het voorkomen van onnodig energieverbruik zorgvuldig gekozen te worden. De opvoerhoogte, waarbij deze capaciteit geleverd moet worden, dient niet groter te zijn dan die zoals overeenkomt met de hoogte van de koeler alsmede de drukval over de sproeiers.

0,5 water : 1 kg lucht

praktijk

-7-  
1:12 filacell

### Waterdebiet

De lucht-water verhouding bij tegenstroomkoelers moet tenminste 1 : 1 (bij bewaring) en tenminste 1 : 1,5 (bij voorkoeling) bedragen.

De verhouding betreft de massa stromen lucht/water.

Bij kruisstroomverdamers moet deze verhouding eerder groter dan kleiner zijn, omdat de warmteoverdracht bij een kruisstroomverdamer minder goed is dan bij een tegenstroomprincipe.

Deze verhouding is gebaseerd op het feit, dat het koelvermogen van het water ook toegeleverd moet kunnen worden aan de lucht die door de verdamer stroomt.

### Voorbeeld:

De dichtheid van lucht bedraagt ca.  $1,3 \text{ kg/m}^3$ . Bij een luchtcirculatie van  $36000 \text{ m}^3/\text{h}$  weegt de lucht ca.  $46800 \text{ kg}$ . De dichtheid van water bedraagt  $1000 \text{ kg/m}^3$ , bij een massastroomverhouding van 1 : 1 komt dit overeen met  $46,8 \text{ m}^3$  water per uur.

### Vervuiling bed

De lucht wordt door het water gewassen, hetgeen betekent dat het bed vervuult.

Deze vervuiling zou betekenen dat de eisen niet meer gehaald worden.

Hiertoe kan men continu een hoeveelheid vers water toe- en eenzelfde hoeveelheid water afvoeren.

Deze handeling kost uiteraard energie en waterverbruik.

Er zijn natte koelers waarbij vervuiling geen invloed heeft op de werking van het bed en het water slechts periodiek ververst hoeft te worden.

### Koppeling koelers

Dit laatste kan worden bereikt door naar de betreffende koelruimte een aan- en afvoer aan te leggen voor het water van de ijsbank. De systemen kunnen hierop in serie worden aangesloten wanneer voldoende water wordt rondgepompt. Dan kan met één waterpomp worden volstaan.

Praktisch zullen niet alle opgestelde koelsystemen tegelijkertijd de piekbelasting te verwerken krijgen. Door deze waterkoppeling staat, wanneer het nodig is, de volle koelercapaciteit ter beschikking van de desbetreffende koeleenheid.

Een koeleenheid kan in dit systeem buiten gebruik worden gesteld door de circulatie-ventilator uit te schakelen. Door korte en goed geïsoleerde leidingen kan men de leidingverliezen klein houden, waardoor ongewenste temperatuurstijging van het water en de koellucht wordt vermeden.



#### Dampdichte afwerking van de cel

De opslagruimte voorzien van een natte koeler heeft een hoge vochtigheidsgraad, die een gevaar inhoudt voor de isolatiewaarde van de ruimte. Een dubbelzijdige dampdichte afwerking van de celwand is om die reden aan te bevelen.

#### Energieverbruik

Uit onderzoek naar het energieverbruik van natte luchtkoelers is gebleken, dat bij een juiste keuze van de waterpomp het energieverbruik niet groter hoeft te zijn dan bij conventionele koelers. Daarbij komt nog, dat bij natte koelers geen energieverlies optreedt door het ontdooien van de installatie.