

# Kunst-ijsbanen met NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub>, natuurlijker kan het niet

*Ice rink installations working with natural refrigerants*

ing. Ernst Berends

Grenco B.V.  
's-Hertogenbosch



Auteur tijdens deelneming aan de alternatieve Elfstedentocht op Lake Akan in Japan.

**CO<sub>2</sub> technology now also for 400 m skating rinks!**

In a growing number of countries it is not allowed anymore to use big amounts of ammonia in areas occupied by many people. So new skating halls with direct ammonia systems are not built anymore although those systems are the best solution, concerning ice quality and energy consumption! An indirect system NH<sub>3</sub>/glycol or brine uses ca 20 % more energy. By using (H)CFC's instead NH<sub>3</sub> the energy consumption might even be more. During the last years CO<sub>2</sub> has proven itself not only as an excellent refrigerant but also as an very usable secondary refrigerant in stead of brines etc. In this article the successful application of the newly developed NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> system on an existing ice rink is described.

Ijsvermaak is door bijna alle grote meesters vastgelegd, oftewel 'bevoren' op het doek! (Zie afbeelding 1) De natuur was ons vroeger blijkbaar beter gezind dan de laatste decennia waarin mooie natuur-ijsweken steeds zeldzamer blijken worden. Gelukkig zijn er tegenwoordig kunstijsbanen!

## Historie

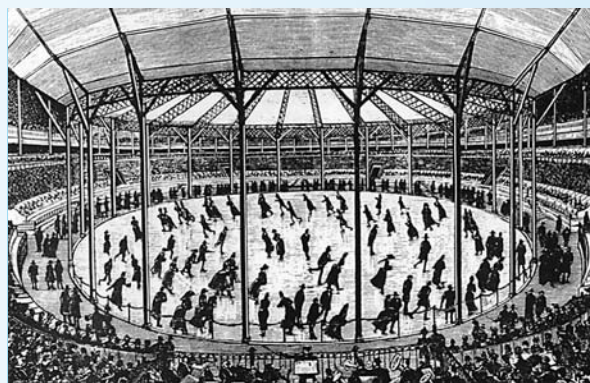
Midden 1800 was schaatsen zeer populair, het schoonrijden werd bijna tot kunst verheven en er reisden al specialisten van Amerika naar Europa en andersom om demonstraties te geven!

De natuur werkte toen toch ook wel eens tegen want in 1840 was er al de *London Ice Floor*, een overdekte 'kunst-ijsbaan'. Geen kunstijs zoals we dat nu kennen (mechanische koeling bestond immers nog niet!), maar men schaatste



Afbeelding 1 - Ijsvermaak is door bijna alle grote meesters vastgelegd, oftewel "bevoren" op het doek!

op substanties die op ijs leken. Meestal zoutoplossingen of andere chemische mengsels. Je moest wel zorgen dat je niet onderuit ging! Ook uit New York zijn er plaatjes bekend van zo'n *Covered Rink* in 1868.



Afbeelding 2 - London Ice Floor 1840

In 1851 kreeg de Amerikaanse arts / natuurkundige Dr. John Gorrie uit Florida patent op zijn 'ijsmachine'. Bij de behandeling van zijn patiënten die in een warm klimaat aan koorts leden had hij dringend behoefte aan ijs en ruimtekoeeling. Hij bouwde een compressiekoelmachine werkend op lucht en kon daarmee bij -7 °C in een

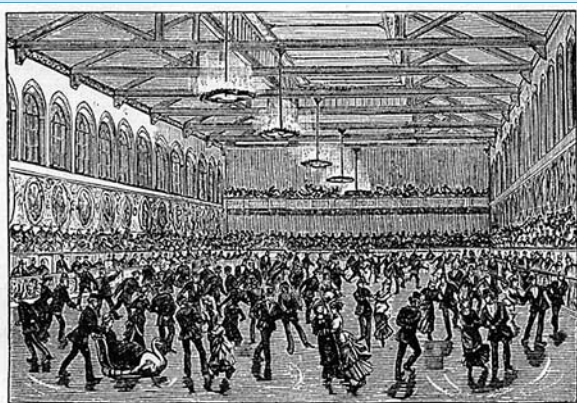


Abb. 81. Erste Kunsteisbahn aus dem Jahre 1876.

Afbeelding 3 - Chelsea 1876 (afbeelding Illustrated London News)

bassin ijs produceren. Er staat een standbeeld van hem in het Capitool te Washington!

In Europa zat men ook niet stil en al spoedig werden er compressie systemen ontwikkeld met andere koudemiddelen, men had de keuze uit :

- systeem van Raoul Pictet met het giftige SO<sub>2</sub> ( zwavel dioxide);
- systeem van Carl von Linde met het riekende NH<sub>3</sub> (ammoniak);
- Escher Wyss had compressoren die CO<sub>2</sub> ( koolzuur) verpompten.

In 1876 pompte Dr. John Gamgee koude glycerine door netwerk van elliptische koperen pijpen, daarbij gebruik makend van het systeem van Pictet met het giftige SO<sub>2</sub>. Dit ijsbaantje lag in de Londense wijk Chelsea en wordt de eerste kunstijsbaan ter wereld beschouwd. Op de wanden waren winterse tafereelen geschilderd en op het balkon speelde een orkest. Afbeelding 3 stond in *Illustrated London News* van 13 mei 1876. New York had in 1879 voor het eerst een baantje, 864 m<sup>2</sup> met NH<sub>3</sub>/pekkel.

Dit principe van rondpompen van koude vloeistoffen door buizen vond nu snel weerklank en zo ontstonden er overal kleine overdekte baantjes met mooie benamingen als *Eispalast*, *Palais de Glace*, *Ice Palace*, *Glacarium* etc. Meestal alleen geschikt voor ijsvermaak en kunstrijden. De eerste baan op het vaste land van Europa kwam in 1881 in Frankfurt en had 532 m<sup>2</sup> ijs, werkend volgens het ammoniak / pekelsysteem van Von Linde.

Al spoedig werden de banen en hallen groter. Berlijn kreeg in 1908 haar

*Eispalast* met 1900 m<sup>2</sup>, 1910 het *Sportpalast* met 2500 m<sup>2</sup> en in 1911 het prachtige *Admiralspalast* waar CO<sub>2</sub> compressoren van Escher Wyss werden toegepast. Het woord multifunctioneel bestond toen nog niet, maar het Admiralspalast was het al wel! Behalve de ijsvloer waren er cinema's, cafés, kegelbanen, luxe spa's, en door houten vlonders op de

ijsvloer te leggen kon men een ballroomzaal creëren. Die eerste banen waren dus allemaal overdekt en werkten meestal indirect. Maar het binnen schaatsen benauwde de mensen. Men durfde het echter nog niet aan om open kunstijsbanen aan te leggen vanwege de enorme vriescapaciteit die daarvoor nodig was. Zelfs Carl von Linde was er een tegenstander van.

De Europese kampioen kunstrijden (in 1892 en 1894) Eduard Engelmann had in 1896 toch plannen klaarliggen. Hij werd echter uitgelachen en hij voerde vruchteloze gesprekken met compressorfabrikanten etc. Tegen alle adviezen in opende hij in 1909 de *Engelmann Arena* in Wenen, 1100 m<sup>2</sup> ijs. 11 km pijp met pekkel en CO<sub>2</sub>-compressoren. De eerste 'Freiluft Eisbahn der Welt' was een feit. Zijn motto was *Eiskunst durch Kunsteis*. In 1949 werd in Zürich de eerste direct werkende baan in Europa gebouwd door Escher Wyss.

### Situatie in Nederland

In Nederland ging pas in 1934 de eerste kunstijsbaan (60 × 40 m) open! Op de bodem van het zwembad aan de Linnaeusstraat in Amsterdam had men buizen gelegd waardoor men koelvloeistof pompte. In 1940 werd de gehele installatie verplaatst naar de Apollohal en kon er overdekt geschaatst worden. In 1950 kwam daar weer een einde aan.

Van 400 m-kunstijsbanen was vooralsnog nog geen sprake. Daarvan ging de eerste pas open in 1958: een opneembare R22/pekkelbaan in het befaamde Ullevi-stadion te Gotenburg. Spoedig daarna werd in het hooggelegen Squaw Valley (Californië) ook een

Leuke passage uit een boek van de jaren vijftig:

### "Koel-, vries- en ijsinstallaties"

van Nanno A. Imelman (adviserend ingenieur te Utrecht) waarin de volgende passage is te lezen:

### Ijsbanen

*Een interessante toepassing van de vriestechiek vormt de ijsbaan, welke in het buitenland bijna in elke grote stad is aan te treffen. Reeds in 1879 kreeg New York een baan met ca 860 m<sup>2</sup> oppervlak en elk jaar wordt het aantal groter. Het is ten zeerste te verwonderen dat in ons land, waar schaatsenrijden een nationale sport is, niet in elke grote stad een ijsbaan is. Het vindt misschien zijn oorzaak daar in dat de Nederlanders hard-, maar geen schoonrijders zijn. De ijsbanen worden zelden met directe verdamping, doch meestal met pekkelbuizen uitgevoerd. Hierbij moet er op gelet worden dat de weerstanden van de pekkel overal in het buizenstelsel gelijk zijn daar anders geen gelijkmatig bevroren ijsvlak mag worden verwacht. Elke pijp moet door een afsluiter geregeld worden. De pekelpijpen met ca 50 mm doorsnede liggen ca 10 cm van elkaar.*

indirecte 400 m-baan aangelegd t.b.v. de Olympische Winterspelen aldaar in 1960. Na de spelen is deze weer afgebroken.

### Ammoniak direct

Amsterdam had in 1961 de primeur : de eerste 400 m-kunstijsbaan in Nederland, de derde ter wereld en de eerste 400 m-baan met verdampende ammoniak in de pijpen! Hierdoor een energiebesparing bereikt van ca 30 % vergeleken met de voorheen gebouwde indirecte banen! Men ging op zeker en gebruikte stalen baanpijpen van 27/33 mm! Deze Jaap Edenbaan is ontworpen en aangelegd door Grasso BV uit Den Bosch. Als locatie werd de sintelbaan gekozen van het bestaande Sportpark Middenmeer. Vanwege de relatief grote baanpijpdiameter werd de NH<sub>3</sub>-inhoud niet minder dan 42 ton! Omdat dit een opneembare baan was moest deze gehele inhoud dan na het seizoen worden opgeslagen. Daarvoor waren er in een geïsoleerde

ruimte (gelegen onder het maaiveld) per baansectie LD-vloeistofvaten gesitueerd.

Slechts één keer werd de baan leeggehaald en werden de baanpijpelementen van de sintelbaan verwijderd. Dit bleek echter zoveel werk te zijn dat men toen besloot op een andere locatie maar een nieuwe sintelbaan aan te leggen. Tot 1990 heeft men met deze grote NH3-inhoud gewerkt. Toen is de baan gerenoveerd en verbreed en voorzien van dunnere pijpen in een betondek waardoor de inhoud werd gereduceerd tot ca 10 ton. Toen men zag dat het ook bij 400 m-banen prima ging met NH3 in de baanpijpen was het hek van de dam. Men bouwde overal ter wereld hoofdzakelijk nog 'directe banen', meestal met NH3.

De tweede Nederlandse 400 m baan was het IJsselstadion in Deventer (1962). Dit was de eerste *permanente* 400 m-baan met NH3 in de pijpen, hetgeen als een *groot voordeel* werd genoemd gezien *onkosten en veiligheid*. Hier werden dunnere pijpen (17/21 mm) toegepast in een zand-/grindbed, uitwendig volbadverzinkt, afgeperst op 49 bar (als proefdruk werd 110 bar genoemd!) De NH3-vulling was ca 10 ton.

Ammoniak is en blijft nu eenmaal het beste koudemiddel met GWP = 0 en ODP = 0. Grote lekkages / ongelukken zijn er nooit geweest bij die vele NH3-banen. Zwembaden met chloorlekages zijn vaker in het nieuws! Daarom is het jammer dat de huidige wetgeving (CPR13-2) - mede vanwege de vrees voor paniek na een lek - het niet meer toestaat om bij volledig overdekte banen directe NH3 toe te passen.

Na de rampen in Enschede en Volendam sloeg de schrik nog eens extra toe bij de overheid, gemeenten en diverse instanties. Daardoor kwamen ook de open en semi-overdekte ijsbanen ter discussie te staan met hun ammoniakinhouden van 7 à 10 ton. Terwijl juist NH3-installaties, ook in het verleden, altijd onder keur gebouwd zijn in tegenstelling tot installaties met kunstmatige koudemiddelen.

De Algemene Maatregel van Bestuur, 22 februari 2002: *Ontwerpbesluit vast-*

*stelling milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen - afstandstabel*", oftewel kortweg 'Ammoniak afstandentabel' werd in het leven geroepen. In oorspronkelijke vorm zou dit zeer grote consequenties gehad hebben voor NH3-installaties in bebouwde gebieden. Bij een installatie met een vulling tussen 5000 en 10.000 kg zou er binnen de 110 m geen kwetsbaar object mogen staan. Na diverse discussies en overleggrondes met de koeltechnische sector wordt de definitieve versie gelukkig beduidend 'aardiger' voor NH3-installaties.

### Koudedragers

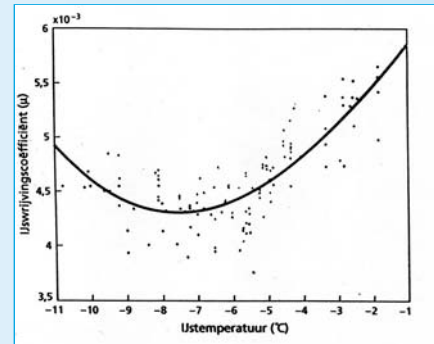
In de ijsbaanwereld wordt men dus min of meer gedwongen om weer terug te keren naar meer energie verbruikende indirecte systemen. De vraag is: Wat gaan we dan bij nieuwe banen door de pijpen pompen en wat te doen met bestaande banen die omgebouwd zullen moeten worden?

Vanwege de te verwachten 'aangepaste' Afstandentabel kan ammoniak als primair koudemiddel waarschijnlijk wel gehandhaafd worden.

Toch zijn er zeer recent ook nog nieuwe indirecte banen gebouwd met R507 en R404a! Los van welke koudedragers er wordt toegepast, verbruiken die banen altijd meer energie dan een *indirecte NH3-baan*.

Als de koelers dan ook nog met thermostatische expansieventielen worden uitgevoerd zakt de verdampingstemperatuur nog verder en zijn de energiekosten nog hoger!

Aan de ideale koudedragers worden nogal wat eisen gesteld, we willen immers een grote warmteoverdracht bij een klein temperatuurverschil en een kleine volumestroom. De eisen zijn: hoge soortelijke warmte, lage viscositeit (i.v.m. weerstand in pijpen & pompar-



Afbeelding 4 – Grafiek van de weerstand (verticaal) versus de ijs temperatuur.

heid), niet giftig, niet corrosief (zowel in als buiten de pijpen), biologisch afbreekbaar, lage prijs (in baanpijpen van een 400 m baan gaat al gauw ca 10 m<sup>3</sup>). 'Gewone' pekels (CaCl<sub>2</sub>) is heel lang zeer veel gebruikt. In vergelijking met glycol was het immers goedkoop en bleef het mooi dun bij lage temperaturen. Nadeel: nogal corrosief. Tegenwoordig zijn er steeds meer modernere 'pekels' op de markt verschenen. Dit zijn zoutoplossingen van kalium (= potassium) waaraan z.g. inhibitors zijn toegevoegd om inwendige corrosie tegen te gaan. De aanwezigheid van 'lucht' in het systeem speelt daarbij een belangrijke rol. Deze producten zijn meer bekend onder de merkna-



Afbeelding 5 – Deel van de machinekamer van de kunstijsbaan Kennemerland te Haarlem met drie van de vier Grasso-compressoren in het primaire circuit (NH<sub>3</sub>)



Afbeelding 6 – Overzicht van de werkzaamheden aan de kunstijsbaan Kennemerland. In het midden wordt de 60×30-baan aangelegd.

men: Temper, Freezium, Hycool, Tyfoxit, Pekasol etc.

Alle hierboven genoemde koudedragers zijn zogenaamde éénfase-koudedragers. Dit betekent dat er temperatuurverschil optreedt tussen het begin en het einde van de te koelen sectie, er moet immers warmte afgevoerd worden. Door meer rond te pompen zal deze delta T kleiner worden, maar dan neemt de leidingweerstand toe en dat kost extra pomparbeid.

Bij toepassing van een *verdampende koudedragers (twee fasen)* blijft de temperatuur overal nagenoeg gelijk. Daardoor zal ook de ijsvloer overal dezelfde temperatuur hebben. Vooral bij het hardrijden op 400 m banen is dit van groot belang, daar telt elke honderdste seconde immers.

De weerstand die een hardrijder ondervindt bestaat uit ca 75 % luchtweerstand en ca 25 % ijswrijving. De minste ijswrijving treedt op bij -6 à -7°C. ( zie grafiek)

Een verdampend medium in de pijpen is dus ideaal, maar als ammoniak niet meer mag zal er naar iets anders gezocht moeten worden. Een ander natuurlijk koudemiddel blijkt hiervoor zeer geschikt te zijn! Het is kooldioxide oftewel CO<sub>2</sub>.

Als pionierkoudemiddel al bekend sinds 1850, als koudedragers voor het eerst genoemd omstreeks 1970 en in

de industriële koeltechniek pas toegepast sinds 1990.

In de lucht die we inademen zit 0,04 % CO<sub>2</sub> en bij het uitademen is het 10 x zoveel. Verder zit het in het bier en de wijn die we drinken en het brood dat we eten!

### Eerste ijsbaan met CO<sub>2</sub>

De van oudsher bekende firma Sulzer Escher Wyss GmH uit Lindau voerde op twee identieke proefijsbaantjes van 30 m<sup>2</sup> vergelijkende proeven uit met glycol en CO<sub>2</sub> als koudedragers.

Uit die metingen bleek onder andere dat het energieverbruik bij CO<sub>2</sub>-toepassing beduidend minder was dan bij toepassing van glycol.

Als het energieverbruik bij NH<sub>3</sub> direct op 100 % wordt gesteld, dan is het energieverbruik bij NH<sub>3</sub>/glycol 131 % en bij NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> 108 %. Bovendien was de ijskwaliteit beter (egalere temperatuur).

De opgedane ervaringen werden in 1998 toegepast bij de bouw van de eerste 60 × 30 m baan met CO<sub>2</sub> als koudedragers. Deze baan ligt in de nieuwe futuristisch ogende ijshal van het Messestadion te Dornbirn (Oostenrijk)

Uit het recent verschenen TNO-MEP rapport R2001 / 608 'Vooronderzoek energiezuinige ijsvloer' blijkt ook dat NH<sub>3</sub> direct het beste is en dat de combinatie NH<sub>3</sub> / CO<sub>2</sub> het beste alternatief is.

### Enige technische specificaties:

#### Totale koelcapaciteit :

2400 kW, geleverd door 3 bestaande Grasso RC911 units, uitgebreid met een frequentieregelde Grasso RC912E

Ontwerpdruk CO<sub>2</sub>-zijde : 40 bar (g)  
 Ontwerpdruk NH<sub>3</sub>-zijde : 16 bar (g)  
 Werkvulling CO<sub>2</sub>: ca 16.000 kg  
 Werkvulling NH<sub>3</sub>: ca 1800 kg (was ca 7000 kg)

De 4 baansecties van de 400 m baan en de 60 x 30 m baan hebben een afzonderlijk instelbare regeling van de verdampings- / ijstemperatuur.

Deel van de condensatiewarmte wordt gebruikt voor de sneeuwsmeltput (ijschraapsel).

NH <sub>3</sub> direct	NH <sub>3</sub> /glycol	NH <sub>3</sub> /CO <sub>2</sub>
100%	116 %	105 %
R507 direct	R507/glycol	R507/CO <sub>2</sub>
117 %	132 %	121 %

### Baanpijpen

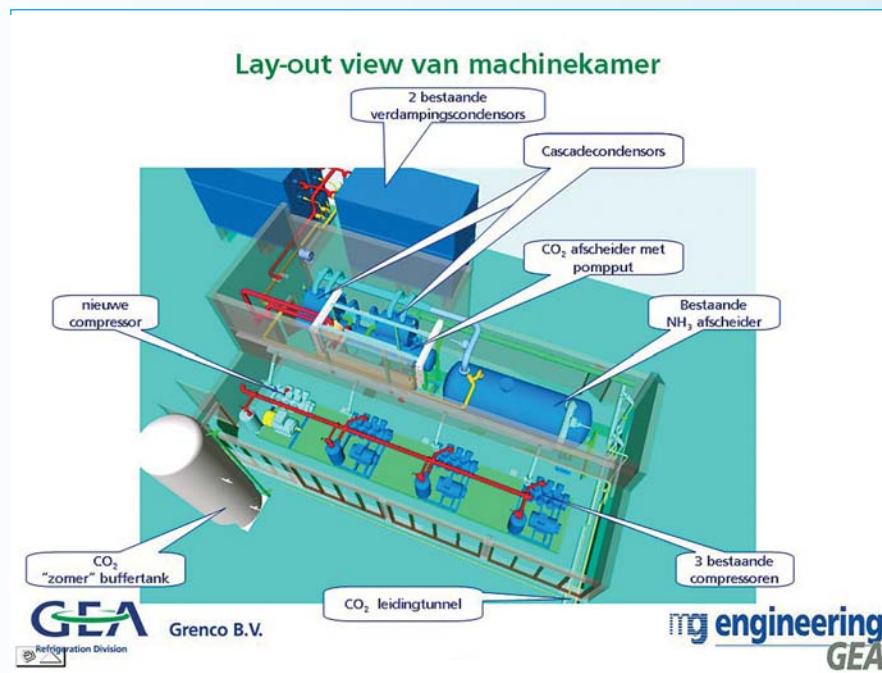
Aan de baanpijpen moeten bij CO<sub>2</sub> toepassing wel bepaalde eisen worden gesteld. De druk in de pijpen wordt namelijk beduidend hoger dan bij NH<sub>3</sub> direct en indirecte systemen met glycol / pekel.

#### Bij -10 ° C in de pijpen :

NH <sub>3</sub> direct	3,0 bar
Glycol / pekel	2 à 3 bar
CO <sub>2</sub>	25 bar

Een bijkomend voordeel is dat de stalen pijpen van bestaande NH<sub>3</sub>-banen qua diameter en sterkte meestal geschikt zijn voor CO<sub>2</sub>-toepassing en dat biedt grote financiële voordelen bij eventuele ombouw.

Bestaande glycol-pekelpijpen zijn meestal niet geschikt vanwege te grote pijpdiameters en kunststof baanpijpen. In 1999 werd eveneens door Sulzer-EW de eerste ombouw gerealiseerd van de 60 × 30 m baan in Wil (Zwitserland)



Afbeelding 7 – Driedimensionale computertekening van het machinekamerontwerp Kunstijsbaan Kennemerland Haarlem

Daarna ging het snel, vooral in Zwitserland waar ca 140 kleine ijsbanen zijn (al dan niet overdekt). In enkele jaren werden er daar 14 banen met CO<sub>2</sub> aangelegd, waarvan 11 ombouw. De firma Walter Wettstein AG nam daarvan een groot deel voor haar rekening.

Duitsland kreeg de eerste nieuwbouw CO<sub>2</sub>-baan in 2003 (Ravensburg) en in Mannheim is met de bouw van de Arena gestart met daarin 3 hockeybanen op CO<sub>2</sub>.

### Situatie in Nederland

En waar blijft schaatsnatie Nederland? Net als in het verre verleden lopen we weer niet voorop bij de bouw van kleine ijsbanen.

Op 400 m-banen gebied is er echter wel weer een primeur want de bestaande 400 m-baan **Kennemerland** te Haarlem is gedurende de zomer van 2004 door Grenco B.V. omgebouwd van NH<sub>3</sub> direct naar CO<sub>2</sub> indirect. Ruim 40 jaar na de primeur van de Jaap Edenbaan dus weer een wereldprimeur: de eerste 400m-baan op CO<sub>2</sub>!!

Op het middenterrein is bovendien een nieuw 60 × 30 m ijsveld aangelegd eveneens met CO<sub>2</sub>.

### Kunstijsbaan Kennemerland

Grenco BV heeft de werkzaamheden gestart direct nadat het ijs eind maart 2004 gesmolten was en de afperstet van de bestaande 400 m baan positief uitviel. In oktober kunnen de schaatsen weer ondergebonden worden. De ijsmeesters (ook van andere banen) zijn zeer benieuwd hoe deze 400 m-baan met CO<sub>2</sub> zal gaan functioneren gezien reactietijd, ijskwaliteit en temperatuurverschil.

Wat hield deze ombouw / nieuwbouw in:

- Sterktetest bestaande headers en baanpijpen op 44 bar (voor NH<sub>3</sub> volstaat 16 bar).
- Plaatsen cascade-condensor waarin de CO<sub>2</sub> condenseert onder afgifte van de baanwarmte aan de NH<sub>3</sub> die daarbij verdampt.
- Plaatsen van een CO<sub>2</sub>-afscheider met pompgroep.
- Plaatsing van CO<sub>2</sub>-zomerbuffertank.
- Aanleggen nieuwe toe- en afvoer leidingen voor CO<sub>2</sub>.
- Aanleg nieuwe baanpijpen t.b.v. 60 × 30 m baan.
- Bijplaatsen NH<sub>3</sub>-zuigercompressor-unit in centrale machinekamer.
- Nieuwe Siemens S7 PLC-besturing.

Na de ombouw kan Ijsbaan Kennemerland geheel of gedeeltelijk overdekt worden zonder in aanvaring te

komen met de huidige wetgeving. Bij de betonwerkzaamheden zijn de poeren daarvoor al gestort. Dan kan er op nog maar 2 van de 14 grote ijsbanen echt buiten geschaatst worden (alleen in Geleen en Amsterdam)!

### Resumé

Anderhalve eeuw geleden begon het met overdekte ijsbanen met indirecte systemen. Dat benauwde de mensen toch, want zodra de koeltechniek het toe liet kwamen er grote buitenbanen met steeds meer directe systemen vanwege de energiebesparing. Vervolgens werden er steeds meer banen overkapt om het schaatsseizoen te verlengen.

De wetgeving dwingt ons nu echter om terug te gaan naar indirecte systemen. Ook nu herhaalt de geschiedenis zich weer want er is grote behoefte om echt buiten te kunnen schaatsen. Aangezien de Elfstedentocht geen jaarlijks terugkerend festijn is reizen er nu jaarlijks duizenden liefhebbers naar de Oostenrijkse Weissensee om daar aan de Alternatieve Elfstedentocht deel te nemen.

De onlangs opgerichte stichting Hendrick Avercamp (idee van de marathon schaatser Jan Maarten Heideman), heeft laten onderzoeken of een kunstmatige natuurijsbaan van ca 5 km lengte (z.g. 'vroeg natuurijsbaan') een haalbare kaart is. Deze zou dan open kunnen gaan zodra de buitentemperatuur onder de +7 °C komt. De stichting is vernoemd naar de zeventiende-eeuwse schilder Hendrick Avercamp uit Kampen, beroemd van zijn ijs- en winterlandschappen.

In het Thialf-stadion heeft men afgelopen zomer notabene grote windturbines opgesteld om te kunnen trainen met rug- en tegenwind!

*Zodra we wat ervaring hebben opgedaan met de Kennemerlandbaan in bedrijf komen we daar in een volgend artikel gaarne op terug.*

*Zie ook: [www.grenco.nl](http://www.grenco.nl) en [www.ijsbaanhaarlem.nl](http://www.ijsbaanhaarlem.nl) (fotogallery)*