Van grote kristallen, kleine kristallen en 'black velvet ice' (Zweeds: sammetsis)
Samenvatting van een discussie over voorjaarsijs in SN rapporten 84080, 85860 en 86043
door Tom Nieuwenhuijsen.

Dit is een beeld uit een filmpje van Gerard Murre (SN 84080)

SN 84080

Johan Porsby (SSSK) schrijft:
This is black ice (kärnis, columnar ice or congelation ice) with small candle like ice crystals. This type of ice is formed by seeding from light snow fall. This ice remains dark and will therefore receive a lot of sun radiation. The ice crystals have start separation and the strength is weak. When loaded with skaters the ice is pushed down and water pours up through the ice. This type of ice is quite dangerous. If it breaks it is almost impossible to get up.

Rob Mulders schrijft terug:
Thanks for the explanation Johan. Seeded from snow is interesting. By the way, is it also possible that a stöp layer gets so wet that it becomes black, while the ice crystals in that case have the size of the fallen snow?

SN 85860
Johan Porsby geeft geen antwoord meer op de vraag van Rob, maar de discussie gaat verder onder SN 85860. In de tekst van dit rapport formuleert Rob een theorie. Hij komt op deze theorie omdat hij moeilijk kan geloven dat het black velvet ijs alleen optreedt als dat ijs in het begin van het seizoen in hele kleine kristallen tot stand is gekomen, zoals Johan Porsby schrijft. Rob ging daar ook lang van uit, maar omdat hij in het seizoen 18-19 bijna dagelijks op het ijs is te vinden, zijn hem een aantal dingen opgevallen die niet goed verenigbaar zijn met de theorie van Porsby.

Rob Mulders schrijft het als volgt op:

Small and big crystals

It is thrilling and educative to skate on a lake that is near its end, like Kolsnaren today. The cold morning was ideal to give just enough strength to the weakened ice, so that we were able to skate a small part of Kolsnaren. One of the first things we noticed, was that Kolsnaren almost 100% was covered with small crystal ice, sammetsis. All lakes we skated this week had a mix of big and small crystals spots, but Kolsnaren had not. Only near the sides, next to where the last stöp was still there, there were a few shiny spots left. But those shiny spots had no big crystals anymore. At least not like we are used to, with air bubbles in them, giving them a grey color. They were darker, still partly big crystal in the way we could see the shape of the big crystal, but inside the big crystal contour, they consisted of smaller crystals. The smaller crystals looked like the small pipis crystals, but were a bit wider, about two times the size of a "normal" small crystal. We also noticed big crystals where the contours were fading away, while half of the inside was changed into the small crystals, and the other half not.

A few pictures

It is hard to make pictures of the things you notice when you are with your nose above the ice. We tried to do so. But it became clear to us that it is necessary to be on the ice on a day like this, with a lake almost on its end, to observe what we mean.

Bubbles

Earlier this week we noticed that the air bubbles that big, grey crystals have in them (after a warm period), are "ordered" almost always in a perfect vertical line, one exactly above the other one. It feels as if the air coming in a big crystal is "injected" by a vertical needle, leaving small bubbles one at a time while being pulled out. How it is possible that air comes into a big "solid" ice crystal, is not known to us, but it is clearly visible when you study a sawn-out piece of big crystal ice.

Dark spots

Earlier this month, Rob had noticed that the spots where sammetsis (black velvet ice) are found in the early days of thawing, have a higher density near places where open water is available, like with råkar, uddar, sprickor, inflöde and other open spots. He also noticed the number of dark spots grows in a thaw period. It seems that the number and size of dark spots increase when there is open water in the neighborhood. There is no way Rob can prove this to be true, it is just his own observation.

Pipis is split in horizontal parts

Another observation is the fact that a "pip" in pipis is never going all the way down from top to bottom, but has crystal borders every 1 or 1,5 cm down.

Theory

So now we come to the theory that both Lars and Rob support. It is pure an hypothetical theory, based upon observations. We are not fully convinced ourselves. But it might be that, in a warm/sunny period, the next stage of a big crystal after getting grey by air, is that the crystal degenerates further,

so far that water (when available on the sides of big crystals) is leaking into the air bubbles. The big crystal gets filled with water in its air bubbles. During a cold night, the water in the air bubbles refreezes. Because the air bubbles are in a perfect straight line, so is the refreezing water. The freezing water bubble automatically means that new ice crystal border forms, within the big crystal. Because the freezing water has a volume jump of about 10%, the whole crystal "bursts", giving way to the new crystals to form a "pip".

Just a theory

We hope everyone who has a comment on this theory, will put this here below.

Lars Ludde Lundin (ELS) en **Peter Kaarle** (SIK) reageren en bevestigen de waarnemingen van Rob. Of zijn theorie klopt weten ze niet.

Johan Porsby is niet overtuigd:

I did some research about this some 15 years ago. Then Robs theory was quite common among skaters, even though scientific literature had the opinion that Karel van der Voort describe above, which I am convinced is true.

Candle ice (smalstavig kärnis) and big ice crystals, both exist from when ice is created, but is hard to spot in new ice. During periods of mild weather, the different kind of black ice (kärnis) can be distinguished if one looks carefully.

One very well studied fact is that large ice crystals have vertical c-axis orientation. Candle ice (and sea ice) has horizontal. How this can happen with Robs theory is difficult to explain. Here is an article I wrote about this subject in 2005 (sorry Swedish). There is a long list of references in the end.

http://www.thinkice.com/glaciology/sv/Is_pa_dekis.pdf

Dan reageert ook **Mårten Ajne** (SSSK):

I have also noticed that the "lighter shade of pale" of solar affected exposed big crystals columnar ice, turn velvety dark again at a late stage of disintegration. This was notable on Lake Flaten when visiting two consecutive days, 23rd and 24th of March 2019, with strong solar radiation in between. On the latter day there was no light shade big crystals to be seen, where they certainly were prominent the day before.

I assume that the big crystals are still there, only the light shade has disappeared. This could hypothetically be explained by former air-bubbles (Tyndal-bubbles) coloring the ice in a light shade, now being water-filled, hence dark. So I wouldnt say the big crystals transform into small ones, but big crystals disintegrate further to appear more ´"small crystal"-like.

For the theory, big crystals (must) form air-bubbles due to interior melting from absorbing solar short-wave radiation when not protected by snow/snow-ice or sufficiently cooled from the ice-surface when exposed. A volume-unit melted ice creates 90% water and 10% void (air/vaccum), which gives big-crystal ice its light appearance. These bubbles should be a certain distance from existing crystal-boundaries due to the the limit of the thermal conductivity of ice to conduct heat to areas with higher melting points, thus aligning bubbles vertically. If these vertically aligned bubbles connect, which they

probably can due to heated water by gravity melting downwards, and finally are completely water-filled, the light color (i.e. air-filled) of big-crystal ice should turn dark (i.e. water-filled), giving it the appearance of small-crystal ice.

Rob Mulders gaat daarna op alle commentaren in:
Thanks very much Johan. I have read your article on Thinkice many years ago and now again. To be clear about this: I don''t say there is anything wrong in the article. I am only "observing" on lakes, that are almost on their end, that there might be one missing piece in the theory.
Let's say the ice crystal structure can't change. Then it would be a coincidence that we skated on a total candle ice lake (Kolsnaren) on our last day, while all other lakes in the area (I have been skating in Sörmland for four weeks almost every day) had mixed crystals. Because you can be sure we tested and pikade the ice dozens of times along our track and it all was smallstavig pipis, not some ice looking like it.
The other thing that is not possible than, is that pipis areas grow in number and size. That is another thing that is so hard to believe, after skating many lakes two, three or even four times this season. I should have made pictures of those same areas on different days of course.
Well, this interesting discussion makes skating even more attractive. Maybe it is possible to make pictures of big crystals areas changing to pipis areas, during a week with two or three pictures each day on the same spot, still this season. Because I think that''s what is necessary to really convince myself and other people? But probably it will be next season.
Thanks Ludde and Peter for your reactions. And also Lars to be with me and share my thoughts. It means a lot not being the only one thinking, thinking and rethinking about this. Especially when people skating a lot are observing the same kinds of things.
Thanks a lot Mårten. It already occured to me asking you about Flaten. Very interesting to read your opinion there was at least a change in the looks of the ice. Still, I might go one step further: I have been pika lots of those "changed" places and the ice comes out as really pipis pieces, exactly like on areas that were already pipis earlier. I think it is very interesting what you write: "If these vertically aligned bubbles connect, which they probably can due to heated water by gravity melting downwards, and finally are completely water-filled…." → what happens when a cold, clear sky night comes after this connecting?

Mårten Ajne antwoordt als volgt:
Well, if correct that big-crystals at a late stage is intermixed with waterfilled vertical channels with refreezed deviant crystal-structure, then it will also structurally resemble small-crystal ice.
As to scientific knowledge about ice, it has come to my understanding that in some areas skaters are on the edge of knowledge by the fact of actually being on spot with their own life at risk. This certainly holds true with bearing capacity, where scientist struggled for decades with the fact that the ice doesn´t break at first crack. First crack is mathematically tractable, break-through is not. The explanation lies deeply hidden in three-dimensional stress-distribution and visceo-plastic deformation. I would propose the same holds true with the very details of disintegration.

Rob Mulders:
I think that is exactly what we have seen. To me, not only does it look like small-crystal ice, the refrozen vertical channels behave as pipis. They do not refreeze all together at the same time; it starts with a few ones, than the next night a few more, and so on.
Did you pika on Flaten, on the areas where you had seen changed areas, on the 24th?

Mårten Ajne:
We certainly probed the ice, with due perpetual reference, on the 23rd (no 85897). Whether this was small-crystal ice or any form of disintegrated big-crystal ice I cannot tell.

I also probed it on the 24th, but at that time of day it was solidly refrozen in top layers and didn´t exhibit any interesting phenomena. Then again, the absence of the ice to respond to angled stabs with the ordinary big chunks of big-crystal ice could be viewed as affirmative for the theory of refrozen disintegrated big-crystal ice.
The melting problem is mathematically tractable. It´s captured in "the sunny heat equation", that is the ordinary heat equation with an extra term for the heating rate from solar absorption. I discuss the problem, boundary conditions and solutions in "Ice physics for recrational ice-users", pages 99 onwards.
The mathematical problem as such is nothing new, the same applies for the earth interior, where radioactive decay contributes with an internal heat-engine, heat that rises temperature and creates a gradient able to conduct heat outwards.

Johan Porsby schrijft:
The important lesson is that ice with small sized crystal exists, and this ice is much more dangerous in late spring, because it can suddenly lose its strength.

Rob Mulders:
Tack Mårten! The missing parts about degeneration are getting together for me now. The theory of refreezing vertical channels might hold, but has to be proven. Will skate with even more interest coming week(s).
Tack Johan! That is clear. And was already. But the last stages of ice are so interesting, that I really want to know how it works, not only that it is dangerous. That it is dangerous is well described in all publications of scientists, so maybe like Mårten says, they are not out on the ice observing the last bit.

Johan Porsby is er nog van overtuigd dat ijskristallen niet veranderen, ook niet tijdens hun degeneratie:
SSSK member Lars Mörch did many observation in spring 2007 and 2008 of ice melts at Mörtsjön I Dalarna where he had a vacation house. He also measured water temperature below ice at different deep. The ice on the lake consist of crystals of different size from more than one meter to medium size and very fine granted candle ice. The freeze up of the lake was rather complex. He could not see any change in crystal size during the melt period. Ice crystals are not perfect and imperfections may cause a single crystal to split in two. But I do not think this process can create candle ice. But to be absolute sure, one need observations. Lars is now dead.

SN 86043
De discussie gaat verder onder rapport SN 86043

Rob Mulders geeft commentaar op de foto’s bij het rapport. Hij schrijft in het Zweeds, de vertaling is van Tom Nieuwenhuijsen.

Gaaf om te zien dat je hetzelde deed als ik, Mårten. Ik bedoel op de foto's "Mårten vertelt over ijs" en "Oskar en Mårten". En wat vertelde je?

Mårten Ajne (de man die op het ijs ligt op de foto) schrijft:
Ik vertelde over de Tyndall-figuren, dat wil zeggen kleine smeltbelletjes binnen in het ijs die zich vormen in het gebied waar de warmte van de zon instraling niet kan worden weggeleid naar de bovenzijde van het ijs, of naar de dichtstbijzijnde kristalgrens of naar een andere al bestaande Tyndall-figuur.De oorzaak dat warmte ook weggeleid kan worden in het horizontale vlak is waarschijnlijk dat het smeltpunt iets hoger is in ongeordende kristalgrenzen en opnieuw bevroren smeltbelletjes dan binnen in het strikt hexagonale kristalrooster van het ijskristal. Het zou dit verschil in smeltpunt moeten zijn dat zorgt voor het ontstaan van de donkere gebieden zonder belletjes rond kristalgrenzen. Een alternatieve verklaring kan zijn dat de smeltbelletjes in de nabijheid van een kristalgrens zich met elkaar verbinden en zich vullen met water.

Grote kristallen onder zoninstraling zien er lichtgrijs gevlekt uit door de ingesloten smeltbelletjes die er in opgesloten zitten en elk kristal wordt als het ware ingeraamd door donkere lijnen met heel weinig of geen smeltbelletjes (zie de foto). In kleine kristallen worden geen smeltbelletjes gevormd, in plaats daarvan kan de warmte die door de zoninstraling wordt opgenomen worden weggeleid naar de kristalgrenzen.
De smeltbelletjes zijn gevuld met water en waterdamp in onderdruk. Hypothetisch kunnen de smelbelletjes onder voortdurende instraling van de zon zich met elkaar verbinden naar beneden toe naar het onderliggende water. Zij worden dan onmiddellijk gevuld met water en dus donker. Macroscopisch gezien kleurt dan het lichte ijs van het grote ijskristal donker. Het gaat er dan net zo uit zien als ijs met kleine kristallen, dat nooit lichtgrijs wordt door smeltbelletjes. Ook verzwakt het grootkristallige ijs dan structureel, nu het gepreforeerd wordt door smeltkanaaltjes.
Ik vind dit een redelijke hypothese, die in overeenstemming ios met natuurkkundige wetten en die consistent is met de observaties van kärnis dat aan de zon is blootgesteld in de verschillende stadia van verval.

Rob Mulders reageert:

Dank je wel, Mårten! Op de foto "Mårten vertelt over ijs" (links) ziet men dat een groot kristal ook donker kan worden, dus gevuld met water, tot de helft. Dat heb ik vorige week ook gezien. Klopt dat?

Mårten Ajne:
Weet ik niet zeker. Het is een hypothese die ik steun. Ik zie geen andere redelijke verklaring waarom het anders donker zou worden. De foto laat zien dat het samensmelten van de smeltbelletjes ook in het horizontale vlak zou kunnen gebueren, in de richting van de dichtstbijzijnde kristalgrens.
De driedimensionale verdeling van de smeltbelletjes zou moeten berusten op een combinatie van kristalgrootte, ijsdikte, afkoeling aan de bovenzijde en zonnestraling. Als de bovenkant van het ijs

afkoelt <0°C kan het zijn dat de bovenste laag of zelfs de hele ijsdikte geen smeltbelletjes heeft. De warmte van de geabsorbeerde zonnestraling verhoogt de temperatuur in het ijs. Maar er vindt geleiding naar boven toe plaats van die warmte, naar het ijoppervlak zodat de temperatuur in het ijs onder het smeltpunt blijft.
Maar er vindt alleen geleiding plaats van warm naar koud. Neerwaarts is het altijd dezelfde temperatuur of warmer. Als het ijsoppervlak niet koud genoeg is en er warmte transport vanaf het ijsoppervlak naar beneden plaatsvindt, dan moeten zich binnen in het ijs vanaf een zeker nievau smeltbelletjes gaan vormen in neerwaartse richting.

Rob Mulders schrijft:
Dank weer! De dingen beginnen op hun plaats te vallen voor me. Morgen nieuwe observaties hier uit Värmland.

Thure Björck (SSSK) plaatst een link naar een prachtig oud filmpje over de Tyndall-figuren, de smeltbelletjes:
https://www.rigb.org/our-history/bragg-film-archive/crystallography/tyndalls-ice-flowers

Mårten Ajne reageert daarop met:
Ja, dat is een prachtig filmpje, danke je Thure. John Tyndall bewees eenvoudig en elegant ook dat er geen lucht in de belletjes zit. Hij liet het met licht bestraalde ijs langzaam onder water smelten, met smeltbelletjes en al en er kwamen geen luchtbelltejes naar boven. Het gas in gletsjerijs uit de ijstijd is het gevolg van insluiting van lucht tijdens de sneeuwval.

Johan Porsby is nog steeds niet overtuigd, al is hij wat minder stellig dan eerder:
Een belangrijk feit is dat er ijs bestaat met grote kristallen en ijs met kleinde kristallen. En alle kristalgroottes daar tussen in. IJs met kleine kristallen is donkerder in het voorjaar en verliest sneller sterkte. Het verschil in kristalgrootte is al ontstaan bij de eerste vorming van het ijs, maar de verschillen worden pas goied zichtbaar als het ijs is blootgesteld aan warmte en zon in het voorjaar. Vervolgens vinden er dan een aantal processen plaats die we nog niet helemaal begrijpen. Hoe de kristallen licht of donker worden lijkt ook bewerkstelligd te worden door andere factoren zoals temperatuur, luchtvochtigheid, wind, zonnestraling en kristaloriëntatie (en misschien wel meer). Mogelijk kunnen grote kristallen opbreken in delen, maar dat is volgens mij niet het meest dominante fenomeen: het verschil tussen grote en kleine kristallen vindt toch hoofdzakelijk zijn oorsprong in de vorming van het eerste ijs.

Mårten Ajne geeft hem antwoord:
Ik ben het er mee eens dat grote en kleine kristallen met hun bijbehorende kristal oriëntering worden gevormd bij de isläggning en in beginsel niet meer veranderen. Maar hier gaat het er om hoe grote kristallen veranderen onder invloed van de etmaal cyclus van zoninstraling en bevriezing van onzichtbaar via opvallend (lichtgekleurd door smelbelletjes met zwart gekleurde kristalgrenzen) terug naar moeilijk zichtbaar (donker en meer watergevuld).

Wim Willemse schrijft dan:
Bedankt iedereen voor deze mooie discussie. In het bijzonder dank aan Rob, die de discussie si gestart en aan Mårten voor zijn verklaringen.
Mijn conclusie is dat iedereen min of meer gelijk heeft. Een groot ijskristal verandert niet in een klien ijskristal. Maar als een groot kristal opwarmt door de zon en er smeltbelletkjes ontstaan en vervolgens bevriest dat weer en dat geurt dag na dag opnieuw (zoals dit jaar) dan blijft er uiteindelijk niet veel meer over van de structuur van het grote kristal, maar gaat het eerder gelijkenis vertonen met een klein kristal.

Johan Porsby wil zo ver nog niet gaan:
Ik ben het met Mårten eens dat niet helemaal duidelijk is hoe kärnis met grote kristallen wordt aangetast door smelten en weer opvriezen. Ik stel vast dat dergelijk ijs er heel verschillend kan uitzien, wat er volgens mij op duidt dat er een groot aantal factioren aan het werk is met een verschillende uitwerking. Maar ik zou dergelijk ijs beslist niet gelijk willen stellen aan kärnis met kleine kristallen.

Mårten Ajne wijst nog op de praktische kant van de zaak:

Een belangrijk gevolg is dat we nu beter kunnen beoordelen hoe gevaarlijk het kärnis wat we tegen komen nu eigenlijk is. Het lichtgevlekte grootkristallige kärnis is relatief veilig, als het niet te dun is, zelfs als het bedenkelijk knastert en er water langs de kristalgrenzen omhoog komt. Het door en door matzwarte ijs moet worden beoordeeld als duidelijk gevaarlijker.

Rob Mulders sluit af met een oproep voor verder onderzoek en observatie:
Will continue next week with looking at areas with stora kristaller changing to pipis. I am now almost, and even more, convinced after this conversation about that. The simple fact that I have seen big areas and whole lakes in the beginning of the season with new big crystal ice (visible due to the big horizontal needles) and a lot of big areas and whole lakes with pipis in the end of season is circumstantial evidence for me. We all know that new ice starts much more easy with clear sky and low wind. Most of this ice is big crystals. All new ice of last week on open areas (with uddar, stones, big landlöst areas, wide råkar) was big crystal ice too, starting in clear sky. Even this thin new ice gets vertical bubble lines in the crystals, mostly already a few hours after they froze. To me, it is unlikely that there are large areas that start with snow seeding in the beginning of the season, thus becoming small crystals. The areas with small crystals directly from the beginning of the season are very small, in my opinion. Whereas the areas with small crystals in the end of the season are very big.
It is hard to revisit lakes with growing pipis areas, since it happens in their end of life, sometimes the last few days, making revisiting even more dangerous. The many pipis areas Lars and I have seen are certainly not refrozen puddles. Anyone who had really been out skating on degenerated ice just a few days before collapse would have noticed that. We had to pika often to make sure we were still safe. The ice crystals come out exactly the way that is visible on all films about sawn out pipis. No doubt about that.
So now in the end, I have only doubt about the process that changes big crystals into small ones. The melting and refreezing day cycle of vertical channels is the most likely process. We will have to prove that, but that is a matter of time. Maybe next season. Also interesting to do next season: pick a lake that has big crystals when it freezes, then observe it from start to end, hoping that the kärnis will get free from stöp. I put my money on the fact that even such a lake will end with pipis, just before it collapses.

Facebook discussie Kommando Sydost
Johan Porsby heeft een link gedeeld.
9 oktober om 09:26
En lite film om smalstavig kärnis från Krister Valtonen i LLK.

https://www.youtube.com/watch?v=7AHSWIKiNEU

Rob Mulders:
Nice Krister! Very well shown. And I fully agree that what started as columnar ice remains columnar ice the rest of the season. What is left, is the other-way-around question: does tabular ice stay tabular ice the rest of the season? Johan Porsby thinks so, I don't think so. For example, in your movie when you show the difference in strength of the two ices, with a clear distinct "line" between columnar and tabular ice, you see "half tabular ice crystals". How is that possible if tabular ice remains tabular ice? The tabular ice crystals to the right already show some signals of degeneration, IMHO slowly changing to columnar. What I have seen last spring, together with Lars Pettersson, is that during a period with melting during daylight and freezing during night time, the columnar ice slowly gains terrain. Last season had an unusual long period with skateable spring ice, and I skated multiple times on the same lakes, seeing the columnar ice fields grow in size. The only thing I forgot to do was marking the areas where there was tabular ice first and columnar ice later. See also the discussion on färdrapport 86043. The picture there "Mårten Ajne berättar om is" is interesting in this discussion. I am curious about your opinion Krister?

Krister Valtonen:
I think that more studies are needed. I have no arguments to rule out your theory, even though it would be nice to have an explanation how a transformation from tabular to columnar ice would happen. I am very interested in knowing more how the initial ice layer on a lake affects the structure of the ice later in the season. I have read some literature on the subject, but I am missing a good pedagogical explanation. I would be nice if we could be more people following the ice history of lakes the coming season, then we could exchange experiences afterwards. I promise to keep an eye on the pond on hole 8 at the Linköping Golf Club course this season too!

Peter Kaarle:
Interesting and clarifying conclusions in FR 86043 made by Mårten Ajne, most of it sounds right to me, some parts of it I do not have the competence to add any value.
Regarding the energy, melting side ways etc. after looking at the movie added by Thure Björck, I got the understanding melting inside the crystals was shown to occur kind of reversing the freezing. Seems like the energy "hitting" a part of the crystal then it kind of "sets on fire" locally.

Thure Björck:
Fin film! Tror att Rob har rätt i varje fall vissa vårar. Återfrysning av halvsmält is sker uppifrån och nedåt. Då kan nya lager av snö i ytan eller enstaka halvsmälta iskristaller som flyter i vatten ovanpå underisen påverka.

Dutch Ice-Finder:
Thure Sorry, your point exactly? I don't think (re-)freezing has anything to do with spring ice break up. Warm air can penetrate ice only so much, leaving the ice surface partly honeycombed if the ice is relatively thick. Ice of let's say less than 10 cm usually separates into tiny pencil shards in one thaw cycle at plus 10 or more, when the ice is thicker, it takes longer, or more cycles. It starts at the large grain or region boundaries, then cascades further inward, first chunked, eventually to pencil shards. That of course is apart from the occurrence of any events such as freezing, snow rain etc.

Thure Björck:
I think the processes are more complicated. Water or snow on the surface of the ice can freeze and form ice crystals separate from the big original crystals below. Many different layers of ice and snow can form during one winter.
Ice could melt from below, inside (between the upper and lower surface) and at the upper surface but refreezes from above and then grows at the lower surface of the upper sheath and or? lowermost surface.

Mårten Ajne:
Tack Krister för bidrag till diskussionen. Jag tror vi börjar ha sådan kunskap att vi kan ställa de rätta frågorna och planera försöken för att få svaren.
-Hur omvandlas grovkristallig is under inverkan av dygnsperiodisk uppvärmning gn solstrålning och nattlig ytavkylning gn utstrålning?
Värmeledningsekvationen med en extra term för uppvärmning genom solstrålning ger intressanta svar med rimliga randvillkor och parametrar.

Det är samma formulering som när man räknar på temperaturfördelningen i jordens inre, skillnaden är att uppvärmningen kommer från radioaktivt sönderfall snarare än absorption av solstrålning. Avkylningen vid jordytan och värmetransporten dit fungerar på samma vis som i is.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_i c_{p,i}}\left(\frac{\partial q}{dz} + \frac{dI}{dz}\right) = \kappa\nabla^2 T + \frac{\delta}{\rho_i c_{p,i}} I_0 e^{-\delta z}$$

Peter Kaarle:
“Properties of single crystals of ice, revealed by internal melting"
https://erdc-library.erdc.dren.mil/xmlui/handle/11681/2705
"Abstract: Internal melting of a single crystal of ice causes a cavity, shaped like a flower of six petals, which is called a "Tyndall figure." This cavity is filled with water except for a vapor bubble. When refrozen, this bubble remains in the ice as a hexagonal disk which is called a "vapor figure". The composition, changes in shape, and properties of Tyndall figures and vapor figures were investigated. The plane of the Tyndall figure is always perpendicular to the c-axis and the direction of the branches coincides with the a-axis. The side of the hexagonal vapor figure coincides with the direction of the branches of the Tyndall figure. Once internal melting has taken place, the crystalline structure is disturbed upon refreezing and the fine layer structure of the crystal is revealed. Vapor figures were found to migrate and change in shape when a thermal gradient was applied across the sample. The experimental values for the migration velocity agree with the theoretical values. The deformation of the vapor figure under isothermal conditions was investigated and considered to be chiefly due to vapor transfer rather than migration of water molecules on the ice surface."

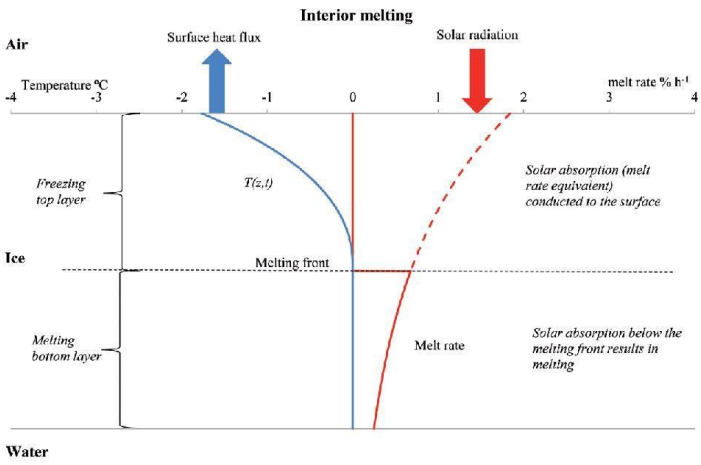
Mårten Ajne:
Spännande papper med några slutsatser som stödjer det Rob, jag med flera tycker oss ha observerat:
- Tyndall-figurer är smältning inuti is pga (sol-)strålning.
- Tyndall-figuren innehåller flytande vatten och ånga i undertryck (smältblåsa)
- Vid återfrysning försvinner smältblåsan i Tyndall-figuren endast om nedkylning sker uniformt.
- Om nedkylning inte sker uniformt blir smältblåsan kvar.
- Om smältblåsan finns kvar skapas ett volymöverskott vid återfrysning som måste ta vägen någonstans.

- Vid återfrysning av Tyndall-figurer där smältblåsan finns kvar sprängs kristallen mellan baslager i den varmare riktningen.
Återfrysningen av ett istäcke kan endast ske från ytan nedåt.Cykler av uppvärmning och nedfrysning torde således successivt spränga sönder det regelbundna kristallgittret i kristallen. Det borde kunna ske i 180° riktning nedåt. När dessa småningom inte återfryser av nattkylan bildar de kanaler av smältvatten som vid kontakt med vattnet under istäcket eller smältvatten i kristallgränser kan släcka ut smältblåsor genom att de fylls med vatten.
Denna process skulle kunna förklara det makroskopiskt observerade fenomenet med att grovkristallig is byter färg från genomskinligt blankt svart över ljusflammig av invärtes smältblåsor till mattsvart fylld med vatten. Kanske förklarar det också att denna process inte endast kan ske vertikalt utan även lateralt.

Peter Kaarle
Japanen som skrev det här tog tusentals foton på 20-30 talet av snöflingor. Gedigen forskning, ingen snöflinga den andra lik, tror han identifierade 41 grundtyper, han var dessutom duktig på att förklara, gjorde många pedagogiska arbeten.
Vi skulle behövt någon med hans kompetens. Han hade nog både rett ut och förklarat det med framgång.

Mårten Ajne
Principiellt diagram på stationär temperatur- och smältfördelning genom ett bubbelfritt istäcke under solstrålning.

Exemplet är beräknat från värmeledningsekvationen med typiskt marsväder som randvillkor, sol (300 W/m2) och ytavkylning (-20 W/m2). Värmebudget: Av totalt absorberad solstrålning (ca 70 W/m2) kan en del ledas bort via ytan (-20 W/m2) och håller ett övre skikt i isen fryst, återstoden (50 W/m2) smälter bottenskiktet. Av hela solstrålningen reflekteras ca 20% (albedo), en del absorberas i isen medan en stor del penetrerar isen och värmer underliggande vatten.



Understanding the basic heat transfer mechanisms causing interior disintegration is of vital importance. The ice cover can be reassuringly thick with frozen surface and no obvious signs of melting while strong sun compromises its structural integrity. The actual consequences critically depend on crystal structure and optical properties.

Tyndall-figurerna är intressanta. De borde öka solabsorptionen lokalt genom reflektion när de väl uppstått, dvs. de ändrar de optiska egenskaperna lokalt i isen. Peter Kaarles uttryck om lokala eldhärdar är träffande.

Peter Kaarle:
Henrik Kockum uttrycker det fint som minsta motståndets lag. Energin måste ta vägen någonstans, följer lättaste vägen.
Jag tror det är skitknepigt med phononer, energinivåer, kvantmekanik osv.
Den där rapporten visar att smältningen oftast skapar likartade figurer till en början. Sedan är det mer kaotiskt vid återfrysning då bubblorna egentligen skapas.

En del bubblor är diskformade till en början, eller rättare sagt blir så efterhand vid återfrysning. Bubblor med ånga vandrar uppåt genom isen, växer samman. Egentligen genom att ånga kondenserar på nedsidan samtidigt som ny ånga fylls på via sublimering uppifrån. Antar att det krävs att isen är kallare inuti och varmare uppåt.
Liknande fenomen kan kanske förklara hur det sprids i sidled. Rapporten visar (som jag tolkat det lite snabbt) på platta större ångbubblor utspridda i planet, efter a-axis.

Mårten Ajne:
Söt kärnis kan inte vara varmare uppåt. Däremot torde vanlig gravitation få vattnet i Tyndall-figurerna att söka sig nedåt så att ytterligare sublimering endast kan ske uppåt. Å andra sidan borde ju redan det smälta vattnet i blåsan vara en utmärkt solfångare till ökad reflektion och fortsätta smältningen nedåt.
Förekomsten av Tyndall-figurer, erfarenhet av våris och en teoretisk värmeledningsekvation bekräftar samstämmigt invärtes smältning och försåtlig strukturell försvagning av vårens istäcken, även om de exakta mekanismerna ännu inte är helt klarlagda.

Johan Porsby:
Jag tog upp frågan med Matti Leppäranta, professor emeritus vid Helsingfors universitet, som forskat mycket på is och bl.a. skrivit böckerna ”Freezing of Lakes and the Evolution of their Ice Cover” samt ”Physice of Ice-covered Seas” och som jag haft diskussioner med tidigare.
https://researchportal.helsinki.fi/.../matti-leppäranta
Fråga:
Among skaters there is a debate about the origin of “candle ice” (columnar ice with crystals less than about 1 cm in diameter). Some, among me, believe that the crystal size is determined by the condition when the ice is created, but the ice crystals are not easily visible until the ice starts to decay. Columnar ice with small crystals is mainly formed by seeding of light snowfall. Others believe candle ice is created from large ice crystals that disintegrates into smaller one by radiation or melt/freeze cycles in the spring. I have not found this topic very well describe in scientific literature. Do you have any knowledge that can help me better understand this aspect of decaying lake ice?

Svar:
“You are right in that the ice crystals are fixed when the ice forms in winter. When lake ice or sea ice grows down from ice bottom, columnar congelation ice normally results. These crystals you can see in winter only after processing an ice sample in cold room, but in spring when melting of ice takes place at the crystal boundaries the structure becomes visual.

In landfast sea ice, as in Stockholm archipelago, the columnar structure is the rule whatever is the freezing history. In freshwater lakes, sometimes large 3-D crystals form when ice history starts in calm, undisturbed conditions. In winters with much snow on ice, flooding may produce snow-ice that has small (millimeter scale) crystals.

I can understand the relevance of the crystals from skaters' viewpoint. Large crystals are more transparent to ice and absorb less solar energy, which is the only factor to deteriorate ice from inside. As I wrote, the crystal structure is determined in the growing season. As you know well, in some years a cold period may sometimes come in the middle of the melting season and then recrystallisation may take place in the pockets filled with water but these pockets are necessarily small.
RESEARCHPORTAL.HELSINKI.FI
Matti Leppäranta”

Mårten Ajne:
Jag tror du har missuppfattat tidigare diskussion. Ingen har ifrågasatt att "crystal size is determined by the condition when the ice is created".
Frågan har varit hur stora kristaller desintegrerar på våren. Hur påverkas de av upprepade smält- och fryscykler samt hur förändras de i utseende och bärighet?
Observationer från bl.a. våren 2019 indikerar att stora kristaller byter färg från blankt genomsiktliga över ljusflammiga av smältblåsor till mattsvarta av inträngande vatten. Även 2019 försvann de till sist helt. Frågan är hur.
Ett klarläggande är väsentligt, om det kan bli lättare att avgöra när även storkristallig is ska betraktas som farlig.

Johan Porsby:
Mårten Ajne Tidigare diskussion har varit lite rörig, men jag har uppfattat dels en diskussion om huruvida kärnis med stora iskristaller bryts upp till smalstavig kärnis av sol och värme, dels en mer allmän diskussion om händer med stora iskristaller under smält/frys-cykler. I den första frågan är jag skeptisk till att detta kan ske, men om det förekommer ofta borde det gå att belägga med dokumenterade observationer. I den andra frågan finns många frågetecken och den är mer svårbesvarad då vädersituationen kan variera mycket och att kärnis i svårt förfall kan variera stort i utseende.

Lars Pettersson:
Professorn bekräftar alltså att stora kristaller kan delas till små vid återfrysning i slutet av isens livslängd. Det är ju utmärkt och precis vad bla Rob och jag observerade vid upprepade tillfällen i April. Och även innan dess i samband med mildväder och påföljande återfrysning.

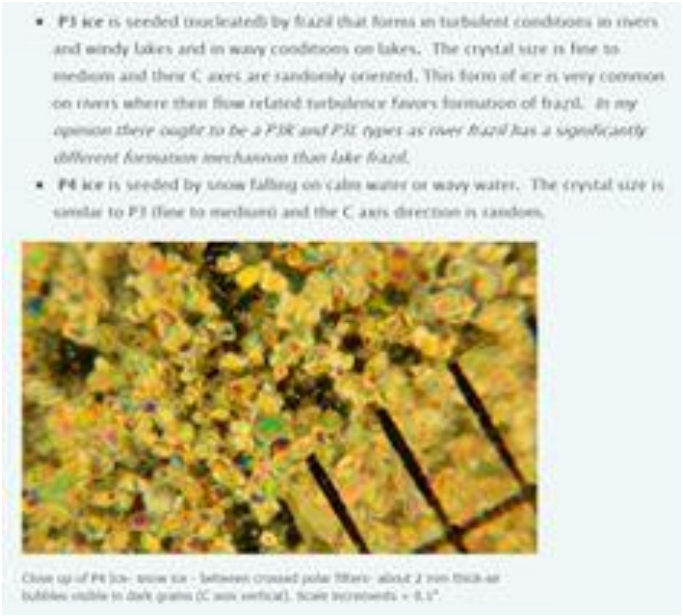
Rob Mulders:
Thank you very much Johan Porsby to take up this question to the professor! "'Recrystallisation", that's the word, it describes very well what we saw from one day to the next, like Lars Pettersson already mentions above. Prof Leppäranta mentions "a cold period in the middle of the melting season" as necessary. I think a cold night with clear sky counts as a cold period in this matter. Since the water filled pockets are small (like the prof confirms), one night suffices to refreeze a water pocket.

Johan Porsby:
I do not interpret the answer “the crystal structure is determined in the growing season” as large crystals can develop small crystals. And that small pockets of water can freeze (recrystallize) does neither prove this.

Rob Mulders:
By the way Johan, in your question to the prof, the text "Others believe candle ice is created from large ice crystals that disintegrates into smaller one by radiation or melt/freeze cycles in the spring." is more correct (at least to me) as follows: "Some of the skaters think that candle ice can also be created by melt/freeze cycles that disintegrates large ice crystals." because me and Lars never disagreed that snow seeding starts small crystals in the growing season.

Peter Kaarle:
You are right on the spot Rob, the primary ice built as being induced by snow seems to be a wide spread knowledge.
I have actually not noticed anyone at all telling they do not beleive in the well proven and well described theory of small crystalls as a result of induced by snow or broken dendrics from wind or

wawes. The so called P3 or P4
Its described in the book "Ice Physics" (Hobbs) from 1974 which as I understand is the base platform for the site:
http://lakeice.squarespace.com/types-of-ice/



Johan Porsby:
If melt/freeze cycles can disintegrate large ice crystal into candle ice, it raises many interesting questions.

1. How often does this occurs, under what circumstances and how fast is the process?

2. Is there a different between candles ice produced by melt/freeze cycles of large ice crystals, from candle ice produced by seeding when freezing? This is quite likely. One reason is because there are many studies showings that large ice crystals have mostly vertical c-axis and ice with small sized crystals has mostly horizontal c-axis. A change in crystal orientation by melt/freeze cycles is quite unlikely.

3. There is often a very sharp border between areas with large crystals and small. How could it be? Why does ice confronted with similar condition for a long time behaves so differently?

I guess we need more observation to prove this theory.

Samenvattend: het is nog steeds niet zeker of de klene kristallen, die het gevaarlijke “pipis” (pijpjesijs) opleveren, alleen aan het begin van het seizoen bij de ijsvorming ontstaan, of dat het ook kan dat grote kristallen door meerdere dooi/vries cycli kunnen veranderen in kleine kristallen (en daarna ook pijpjesijs kunnen worden). To be continued!