

# PERMAFROST

---

Af cand. mag. *Børge Fristrup*

I tempererede egne er frostødelæggelser sjældent af større omfang, når man ser bort fra skaderne på kulturplanter. I Arktis og i de højeste bjergegne, hvor kulden er hård og langvarig, møder vi derimod voldsomme frostvirkninger, der kan være aldeles ødelæggende for vejanlæg, huse, flyvepladser o. s. v., hvis man ikke ved opførelsen heraf har taget fornødent hensyn dertil. Med den stigende kolonisering og militære aktivitet indenfor Arktis har disse frostvirkninger fået den største praktiske betydning, og både videnskabsmænd og teknikere har i øjeblikket intensive undersøgelser i gang for at studere dem og finde midler til at formindske ødelæggelserne.

Den permanent frosne jordbund kaldes med en engelsk betegnelse permafrost, og dette ord har vundet indpas i den internationale litteratur. Permafrost er vidt udbredt i det nordlige Asien, Nordamerika og på Grønland. I Asien når den, som vist på kortet, så langt mod syd som ind i Mongoliet og i det nordlige Manchuriet og nordlige Korea. Permafrost findes i halvdelen af Sovjetunionens landområde, det er derfor naturligt, at russerne har sat meget stærke kræfter ind på studiet heraf. I Nordamerika er permafrost udbredt over det meste af Alaska og i det nordlige Canada, også størstedelen af Grønland ligger indenfor det sammenhængende permafrostområde, desuden findes det i mindre strækninger på den sydlige halvkugle. Ca.  $\frac{1}{3}$  af jordens samlede landareal rummer permafrost.

Enhver jordbund eller klippe, der har været konstant frosset gennem lange perioder, betegnes som permafrost, og mange af disse dannelser har været frosset i årtusinder, måske i titusinder af år. Tykkelsen af permafrosten er meget betydelig, den største kendes fra Sibirien, hvor man ved Amderma når ca. 350 m; ved olieboring i Umiat i Alaska blev den frosne jordbund konstateret ned til en dybde af 152 m, de fleste steder er permafrostlaget dog betydelig tyndere. Over permafrosten ligger det såkaldte „aktive lag“, der tører i sommertiden og fryser om vinteren. Tykkelsen heraf varierer stærkt som følge af stedets klima, den geografiske beliggenhed samt af jordbundens beskaffenhed. I Grønland varierer det aktive lag mellem  $\frac{1}{2}$  og 2 meter. Permafrost findes kun, hvor luftens årlige gennemsnitstemperatur er under frysepunktet, sydgrænsen for det sammenhængende permafrostområde i Canada synes at falde ret nøje sammen med en årlig gennem-



*Kort over permafrostens udbredelse. Sort angiver bæltet af sammenhængende permafrost, den punkterede linie viser sydgrænsen for regelmæssig optræden af permafrost, syd herfor kan findes enkelte pladser med permanent frossen grund*

snitstemperatur på  $\div 5^{\circ}$  C; i Sovjetunionen har man fundet en tilsvarende sammenhæng med temperaturer omkring  $\div 3$  til  $\div 6^{\circ}$ .

I særlig kolde vintre kan frosten trænge så langt ned i jorden, at den ikke når at tø op i den efterfølgende sommer. Gentages dette nogle år i træk, får vi permafrost. For omkring 1 million år siden, da klimaforværringen satte ind ved overgangen fra Tertiærtiden til Istiden, dannedes den første permafrost, i mellemistiderne er den antagelig tøet op igen, og den permafrost, vi finder i dag, skyldes derfor den sidste nedisning. Den nuværende permafrost er et vidne om et tidligere koldere klima, og der sker en stadig

formindskelse af dens udbredelse og tykkelse. Med de sidste års klimaforbedring har russerne påvist, at permafrostens sydgrænse forskydes mod nord, ved Archangelisk er den rykket ca. 100 km længere nordpå i løbet af de sidste 100 år. Visse steder finder en nydannelse sted, og det synes, som om et permafrostlag udvikles relativ hurtigt. Der er fundet permafrost på de nydannede flodbanker og øer i munden af de store canadiske og sibiriske floder, ligesom det findes under de i sen tid hævede kyststrækninger af de lave canadiske øer.

Vinterkulden når kun ned til en vis dybde og kan derfor ikke forklare forekomsten af de meget tykke permafrostlag, som kun kan dannes, når der sker en stadig sedimentation, hvorved den oprindelige permafrost dækkes af andre jordaflejringer. Efterhånden som frosten trænger ned i de nye jordmasser, dannes nye permafrostlag, der enten smelter sammen med det oprindelige eller ligger adskilt herfra ved tynde lag af frostfri jord.

Indenfor det sammenhængende permafrostområde findes større eller mindre frostfrie arealer, der med et russisk ord kaldes talik, ligesom man udenfor det egentlige permafrostbælte kan finde pletter med permanent frossen grund. De frostfrie områder findes, hvor det aktive lag byder særlig beskyttelse mod vinterkuldens nedtrængning, f. eks. ved floder og søer. Permafrost findes ikke under de store sibiriske og canadiske floder og søer, f. eks. Lena, Yenisey og Mackenzie River eller under Store Bjørne Sø og Store Slave Sø i Canada. Permafrost mangler ligeledes under de store iskapper, idet isens tryk og friktion vil bevirke, at temperaturen ved bunden er lige omkring frysepunktet. Dette gælder f. eks. for den grønlandske Indlandsis. De tykkeste permafrostlag er da også fundet i de områder, som lå udenfor de store iskapper under sidste istid.

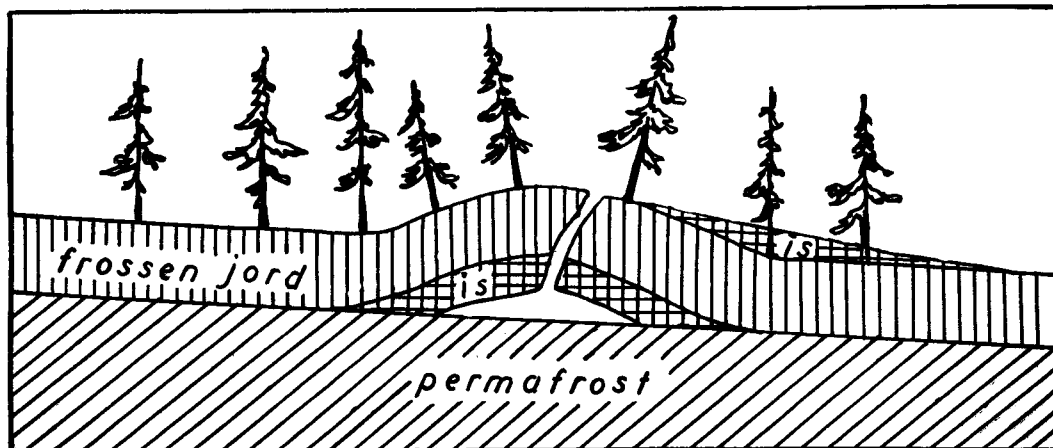
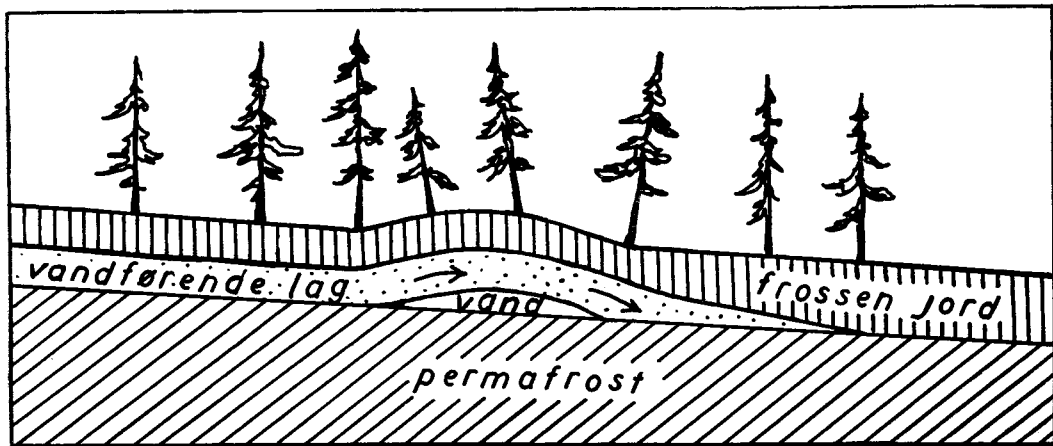
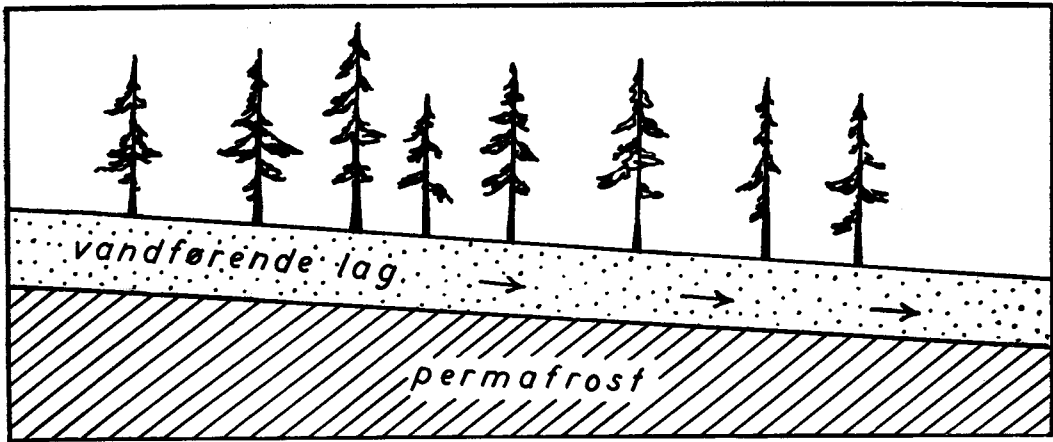
Man finder ofte et frodigt planteliv, selv om der er permafrost; både i Nordamerika og i Sibirien vokser der skov i permafrostbæltet, og mange steder kan der dyrkes korn. For vegetationen er permafrosten dog af den største betydning, dels ved at forhindre væksten af planter med dybtgående rødder og dels ved at virke vandstandsende og derfor forsumpende på landet, således som det kendes fra de fleste arktiske egne.

Permanent frossen eller blot midlertidig frossen grund indeholder almindeligvis is enten i form af små iskrystaller eller i form af større samlede ismasser, der kan ligge som særlige lag, som linser eller som årer i jorden. Hvis isen smelter, blødes jorden op, den bliver plastisk og der sker jordflydning. I mange tilfælde vil der tillige ske en sammensynkning af jorden, idet isen fyldte mere end smeltevandet. Ved Jordflydning ødelægges det sammenhængende vegetationsdække, jorden udsættes på den måde for endnu hårdere frostvirkninger end tidligere, og der sker større ødelæggelser. Når kulden sætter ind om efteråret, fryser jordoverfladen; mellem denne og permafrosten dannes et vandførende lag, hvis dette vand kommer under hydrostatisk tryk, presses den overliggende jord i vejret og danner store buler, som undertiden sprænges af vandet, der strømmer ud og fryser til is. I Sibirien kan der således dannes store isbuler, som kan nå en højde af

10 meter og blive 50 meter lange. Tilsvarende isbuler er almindelige i Nordgrønland, men når her sjældent så store størrelser. Hvor vandet ikke sprænger jorddækket, dannes store kupler, som i de sibiriske tundraer kan blive 100 meter høje og måle 1 km i omkreds. De kaldes dér pingo og kendes også fra arktisk Canada og fra Grønland, men her er de betydelig mindre. En anden type kupler findes særlig i Lapplands moser, hvor de kaldes palsar, og de er også fundet på Grønland. Palsar bliver som regel kun få meter høje, de dannes, hvor vinterkulden trænger længere ned end i de omliggende lag. Dette kan f. eks. ske, hvor sneen bliver fasttrampet og derfor bedre leder kulden ned i jorden end den løse, luftfyldte sne. Efterhånden som kulden når ned i jorden, fryser vandet til is, og da isen fylder mere end vandet, skubbes jorden til vejs, og der dannes en lille bule, efterhånden vokser denne, og man får den egentlige palse dannet.

I Grønland er luftens årlige gennemsnitstemperatur over  $0^{\circ}$  ved Ivigtut og syd herfor. I det sydligste Grønland vil der derfor ikke findes sammenhængende permafrost, ved Narssarssuak er jorden f. eks. frostfri i en dybde af 1,50 meter, og endnu ved Godthåb kan man finde frostfri jord i ringe dybde. I Nordgrønland, hvor gennemsnitstemperaturen er under frysepunktet, er permafrosten derimod udbredt. Dette er af den største betydning for mulighederne for at grave brønde; i Sydgrønland er det muligt at lægge brønde ned i den frostfrie jord, medens det nord for Godthåb kun undtagelsesvis vil være muligt at anlægge frostfrie brønde i de løse jordlag.

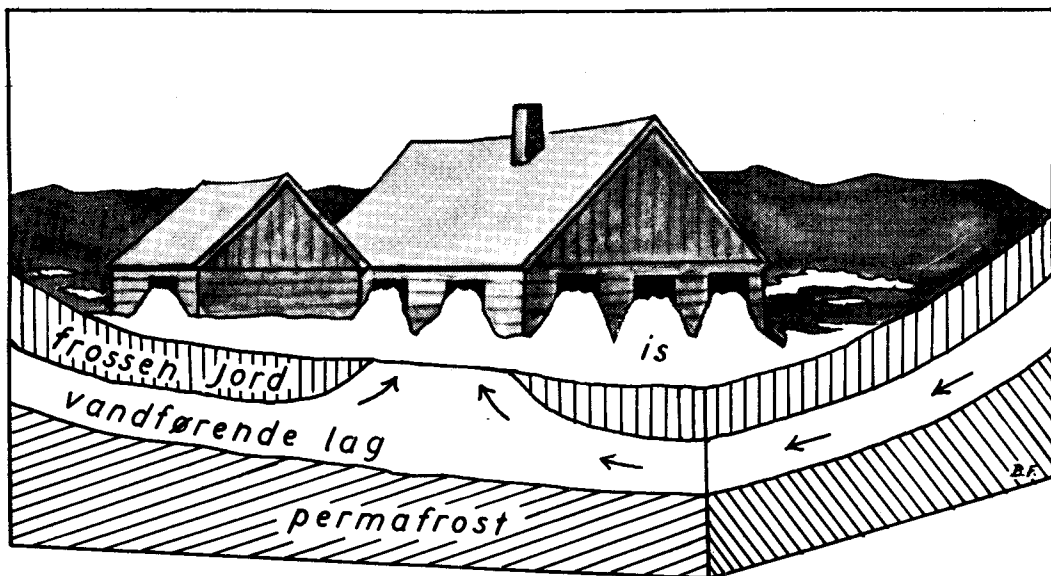
I naturen har permafrostens dybde og tykkelsen af det aktive lag for det meste fundet en ligevægt, men denne brydes i samme øjeblik, man begynder at opføre huse, anlægge veje o. s. v. Hvor jorden er tør, sker der sjældent større skader, men er den våd eller fyldt med is, udløses meget stærke kræfter, idet frosthævningen kan udøve et tryk af indtil 2 tons pr. kvadratcentimeter. Det vil derfor være nødvendigt at søge at undgå disse kræfter; blot at gøre bygningsværkerne stærkere vil i de fleste tilfælde være omsonst og under alle omstændigheder være meget bekosteligt. Ved anvendelse af særlige konstruktionsformer vil det dog i de fleste tilfælde være muligt at undgå de fleste ødelæggelser. Ved opfyldning og vej anlæg vil permafrostens overflade forskydes opad, en del af vandet i det aktive lag omdannes derved til is i det nye permafrostlag, og resultatet bliver, ligesom ved dannelsen af palsorna, at den overliggende jord skubbes i vejret, og vejbanen bliver sprængt i stykker. Opskydningen sker ikke regelmæssigt og er forskellig på vejbanens nord- og sydside, hvorfor den efterhånden skrider ud til siden. Under huse vil permafrosten komme til at ligge dybere end før, og først på efteråret kan der ske en tilstrømning af vand til det aktive lag under huset; hvis vandet kommer under tryk, presses det op og trænger ind i huset, eventuelt fylder huset med is, sådan som det ses på tegningen. Dertil kommer, at der efter opførelsen af huset vil være forskellig dybde af permafrosten på husets syd- og nordside, husets fundament vil efterhånden arbejdes i stykker, med mindre det er ført ned og forankret solidt i det faste permafrostlag.



Skema over dannelse af en pingo.

- I. I sommertiden tøer det aktive lag op. II. Om efteråret fryser jordoverfladen, og ved foden af skråningen når frosten ned til permafrosten, hvorved vandet højere op staves op og kommer under hydrostatisk tryk. III. Vandet har sprængt sig vej op gennem jordoverfladen og er strømmet ud og er frosset til is, medens der nede i jorden også har dannet sig jordis

Som altid, når et nyt land åbnes, har man måttet lære at tilpasse sig de nye vilkår. Mange af de første anlæg i Arktis er blevet bygget uden hensyntagen til dette områdes specielle frostødelæggelser, bygningerne er derfor blevet ødelagt, og man har måttet ofre store summer for at undgå beskadigelserne, men et nøje studium af fænomenerne har også givet os muligheder for ved særlige konstruktioner at overvinde vanskelighederne.



*Ødelæggelse af hus som følge af fremtrængen af vand, der er under hydrostatisk tryk*