

KUNGL. SKOGSHÖGSKOLANS SKRIFTER

BULLETIN OF THE ROYAL SCHOOL OF FORESTRY
STOCKHOLM, SWEDEN

Nr 25

Redaktör: Professor LENNART NORDSTRÖM

1956

MARKTEMPERATUREN I YTSTENIGA JORDARTER

Soil temperatures in moraines with stony surface layers

Av

TRYGGVE TROEDSSON



STOCKHOLM 1956
EMIL KIHLSSTRÖMS TRYCKERI AB



Marktemperaturen i ytsteniga jordarter

Soil temperatures in moraines with stony surface layers

Det är sedan en lång tid tillbaka välkänt att halten av block och större stenar i marken är en betydelsefull ståndortsfaktor. En blockrik mark medför ofta, i jämförelse med en blockfattig jordart, en ökad marktemperatur under vegetationsperioden. Å andra sidan kan en hög blockhalt förorsaka sämre ståndortsbetingelser genom bristen på finfraktioner och sämre fuktighetsförhållanden i marken. Var gränsen går för en ökad eller minskad produktion kan icke med säkerhet anges. MITSCHERLICH (1949 s. 220) har med utgångspunkt från agrikulturella försök framhållit att en ökad blockhalt i marken medför minskade skördar. VIRO har (1947) ansett sig kunna påvisa att motsvarande gäller i finsk skogsmark. MITSCHERLICH, som grundar sina åsikter bl. a. på försök utförda av WOLLNY (1897), anger t. o. m. en formel där man direkt kan beräkna det minskade skördeutfallet till följd av ökad block- (och sten-) halt i marken. MITSCHERLICH anmärker emellertid att förhållandena kunna vara de omvända inom skogsbruket. Å andra sidan har O. TAMM och E. WADMAN (1945 s. 49) icke funnit något säkert samband mellan skogsproduktion och stenhalt i den undersökning, som de utförde inom Hamra kronopark. Ytterligare ett antal exempel skulle kunna nämnas på motsägande åsikter beträffande produktionsförhållandena i stembunden mark (jfr även LUTZ & CHANDLER 1951 s. 234).

Dessa åsiktsbrytningar torde bero på varierande, lokala förhållanden. Stenigheten (eller blockfrekvensen) i marken bestämmer icke ensam produktionen utan givetvis är det en samverkan av olika faktorer, som betingar beståndets tillväxtförhållanden. Uppenbart är stenigheten i marken av stor betydelse, men det är ytterligt svårt att direkt få fram dess specifika ekologiska effekt. Vi veta att den växlande berggrunden inom olika delar av vårt land i samband med moränbildningen har givit upphov till karakteristiska jordarter av moiga, sandiga, grusiga, sten- och blockrika typer etc. Brett upplagda statistiska undersökningar med provytor inom olika områden med skilda jordarter skulle möjligen giva oss upplysning om sambandet mellan produktionen och stenhalten i marken.

Skogshögskolans institution för skoglig marklära avser att publicera ett antal undersökningar över block- och stenhaltens betydelse som ståndortsfaktor. Det har syntts lämpligt att här begränsa undersökningarna till att enbart omfatta ytsteniga jordar, då dessa arealmässigt sett äro av mycket stor betydelse. Denna uppsats som är den första i serien kommer närmast att behandla *temperaturförhållanden i ytsteniga moräner*. Dessutom är det nödvändigt att vid en sådan systematisk undersökning av block- och stenrika jordar taga hänsyn till bildningsbetingelserna för de ifrågavarande jordartstyperna. Då erhåller man en indelning, naturligt grundad på de genetiska förhållandena. De erhållna värdena bli därmed bättre reproducerbara på andra lokaler. Det är sålunda ur ekologisk synpunkt en avsevärd skillnad mellan en *stenrik* morän och en *ytstenig* morän.

Ytstenigheten i moränmarken kan tänkas ha uppstått på olika sätt. Förutom som en primär bildning, uppkommen vid moränens avlagring, ytmorän, kan en ytstenig morän ha bildats genom antingen uppfrysning eller svallning (jfr TROEDSSON 1953 s. 140). Övergångsformer mellan dessa huvudtyper äro vanliga. Den ytsteniga (ytgrusiga) moränen anses vanligen vara en jord med hög värmekapacitet, som drager fördel av den inunder liggande »normala» moränens gynnsamma mineralogiska och vattenhållande egenskaper. Så snart man försökt att skilja den ytsteniga moränen från de allmänt block- och stenrika jordarna blir uppfattningarna om dessa senare jordartstypers ståndortsegenskaper mera enhetliga. Sålunda ha HALDEN (1931 s. 426), TAMM (1935 s. 284), LÅG (1947 s. 34) m. fl. påpekat ytstenighetens synbarligen goda egenskaper ur produktionssynpunkt. Vanligen är det den genom svallning förorsakade ytstenigheten i sluttningar som beskrivits mest. Förf. har också i ett tidigare arbete (TROEDSSON 1953) diskuterat de för produktionen gynnsamma hydrologiska och hydrokemiska förhållandena i dylika sluttningar.

Den gängse uppfattningen att den ytsteniga moränen är en varm jord har — förf. veterligt — icke närmare prövats. Att en stenig jordart är varmare än en stenfattig jord torde vara självklart, men vad som torde vara av särskilt intresse i detta fall är att få ett begrepp om hur värmeförhållandena i ytsteniga (blockiga) jordar variera med stenhalt. Nästa fråga blir då hur man skall klassificera marken med hänsyn till den varierande block- och stenhalt. VIRO (1952 s. 17) använder sig av en metallstång med en diameter av 1 cm vars nedträngningsförmåga han mäter på 60—140 punkter pr hektar. På grundval av de värden som erhållas får VIRO en djupindexskala, som ger en tämligen god uppfattning om blockhalten i marken till icke alltför stort djup. Med stöd av absoluta mätningar anser VIRO att denna metod ger en korrekt uppfattning om blockhalten ner till 30 cm djup. På större

djup tvingas man att använda MALMGÅRDS (Stat. off. utredn. 1937:30 s. 35) metod, som helt enkelt innebär att man gräver upp 1 m² mark och till önskat djup plockar fram alla funna stenar, som uppläggas i en parallelepipedisk hög och kuberas i löst mått. Förf. har erfarenhetsmässigt funnit att om det ytsteniga lagret i moränmark är omkring 30 cm mäktigt har man vanligen en frisk vegetationstyp. Blir det ytsteniga lagret — i synnerhet om det uppkommit genom svallning — mer än c. 40 cm får vegetationen genast en torrare karaktär. Naturligtvis förekomma övergångsformer. Kompletteras VIROS metod att mäta stenhalten i marken med ett noggrant hänsynstagande till *dels* vegetationsförhållandena och *dels* de geologiskt genetiska förhållandena blir hans metod ett gott hjälpmedel för bestämmandet av stenhalten i markens ytlager. Givetvis kan man icke utan vidare tillämpa VIROS djupindexskala. Bl. a. kan humuslagrets genomsnittliga mäktighet variera inom vida gränser och därvid ge upphov till ojämförbara värden inom olika lokaler. (Jfr G. SIRÉN s. 43.)

Försöksområde:

Vid studier av den recenta svallgrusbildningen (TROEDSSON 1952 a s. 287) har det visat sig att man *väl* kan urskilja dels en *sönderslagning* och dels en *nedmalning* av materialet. Det nedmalda materialet har en jämn kornstorlek och kan uppnå ganska betydande mäktigheter. Vid valet av försöksytor togs hänsyn till dessa erfarenheter, vilket medförde vissa förenklingar vid utväljandet av lokaler. Med hänsyn till försökens principiella karaktär borde större heterogeniteter i markprofilen undvikas. Förf. har därför utfört sina försök på områden där nedmalningen till följd av det senglaciala havets svalleffekt kan anses vara den största desintegrationsfaktorn. Som försökslokal för temperaturbestämning av ytsteniga moräner valdes ett område 2.6 km SO om Garpenbergs herrgård i sydöstra Dalarna. Området är synnerligen gynnsamt för dessa temperaturundersökningar då högsta kustlinjen inom en begränsad areal markeras av en successiv övergång från svallgrus till osvallad morän. En del av försöksytornas (varje yta omfattar i regel c. 5 m²) belägenhet framgår av fig. 1. Försöken ha delats upp i tvenne huvudgrupper. I den ena gruppen omfattar försök A (se tab. 1) temperaturbestämningar på djupen 10, 20, 30 och 40 cm i osvallad sandig-moig morän. Denna försöksparcell är en standardyta, där ingen speciell ytstenighet förekommer. Försöken B och C ha likaledes temperaturbestämts på 10, 20, 30 och 40 cm. Lokal C är en utpräglad ytstenig jord (till följd av svallning) medan B bildar en övergång mellan A och C. Den andra försöksgruppen (D) har temperaturbestämts på 40 cm djup. Varje parcell i denna grupp har i ytan olika mäktiga, artificiella stenlager.

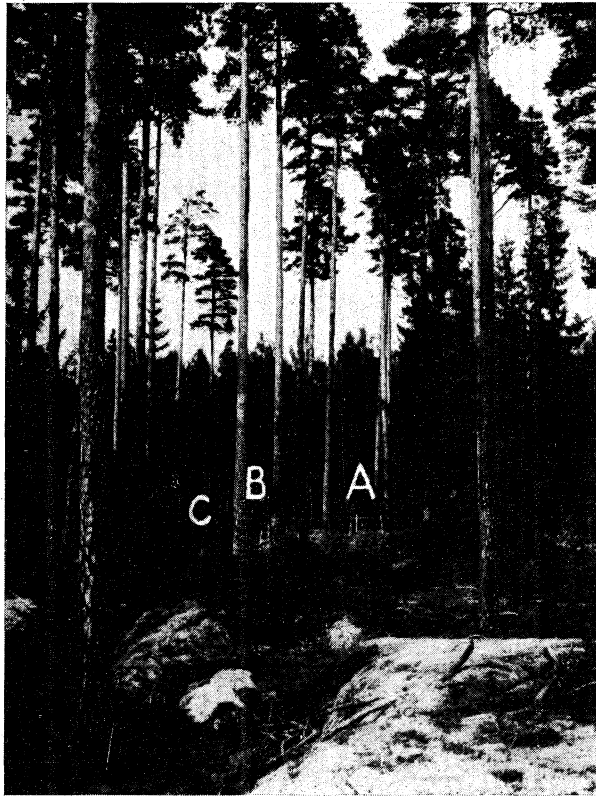


Fig. 1.
Temperaturstationerna
A, B, C.
Temperature stations A, B, C.

T. Troedsson 25. VI. 1953.

I nedanstående diagram (fig. 2) har jordartsanalyserna inom försöksområdena sammanställts. För varje lokal finnas två diagram, varur jordartens mekaniska sammansättning direkt kan utläsas. Det ena stapeldiagrammet avser den normala redovisningen av ett i fältet insamlat jordprov på vilket mekanisk analys utförts. I det andra diagrammet har även fraktioner upp till 20 cm i diameter medtagits. För att kunna framställa ett dylikt diagram där sålunda block och sten medtagits erfordras siktanalyser i fältet av stora mängder material. Varje jordprov omfattar därför 50 kg. Fraktioner under 2 mm ha bestämts på vanligt sätt på laboratoriet varefter dessa analyser sammanställts till diagrammen i fig. 2. Svårigheterna med att sammanställa analysresultaten från dels laboratoriet och dels fältet äro emellertid uppenbara (jfr HÖRNER 1944 s. 707 ff., 1946 s. 421). Nödvändigheten av ett dylikt förfarande framgår emellertid direkt av fig. 2. Här ser man att stenhalten viktprocentuellt dominerar jordarten.

Att urskilja olika lager ner till 40 cm djup har i detta sammanhang inte ansetts lämpligt. Det må anmärkas att den sandig-moiga osvallade morä-

nen inom försöksparcellerna aldrig blir mäktigare än 40—50 cm. Mellan markytan och åtminstone 40 cm djup är materialet tämligen likartat, men det kan icke undvikas att vissa heterogeniteter förekomma. Man kan som exempel härpå nämna blekjordens och rostjordens olikartade struktur. En »ojämn» vattenbearbetning kan också ge upphov till variationer i kornstorlek mellan olika markdjup. Försök D avsåg att dels eliminera sådana variationer i markprofilens utbildning och dels undersöka i vad mån finpartiklar, som omgiva stenmaterialet, förmå påverka marktemperaturen.

Samtliga försök (A—D) ligga i en barrblandskog i gles timmerställning. Boniteten kan uppskattas till ungefär 4.5 m³. Vegetationen består inom lokalerna A—D av *Deschampsia flexuosa* och *Pleurozium Schreberi* med fläckvis inströdda *Cladonia fimbriata* och *Cladonia cornuta*. Enstaka *Vaccinium Vitis-idaea* förekomma även. Lokalerna B och C äro lavrikast medan *Deschampsia flexuosa* ymnigast förekommer på lokal D. Markprofiltypen är en järnpodsol med ett i genomsnitt 3—4 cm mäktigt råhumustäcke. Blekjorden är i medeltal 3—5 cm mäktig. På lokalerna B och C, där jordarts materialet är grovt, är blekjorden sämre utbildad. Inom dessa lokaler är jordarten starkt humös mellan stenarna och blocken. Rostjorden upphör ganska tvärt där den osvallade moränen vidtager. Inom lokal A och D är denna övergång mera diffus.

Försöksområdet ligger dels uppe på en platå (D) och dels på en svagt sluttande (A—C) terrass, som rätt snart övergår i en ganska brant sluttning ner mot den tämligen smala, men så småningom ända till c. 3 km breda dalgång, vilken mynnar nedanför Fors i Dalälvens här breda och flacka sänka. Det lokala klimatet kommer sålunda att till en viss grad vara präglad av temperaturinversionen. Då det av kostnadsskäl icke varit möjligt att dagligen avläsa lufttemperaturen på försökslokalen har förf. varit hänvisad att utnyttja en närliggande meteorologisk station. Lämpligast härvid torde Stjärnsund vara, som ligger 18 km N om försökslokalen. I tab. 1 äro angivna dels månads- och årsmedeltemperaturerna under perioden 1901—1930 för Stjärnsund och dels värden för Garpenbergslokalen beräknade enl. ÅNGSTRÖM (1938). Stjärnsund ligger intill en större sjö, varför temperaturinversionen till följd av omgivande höjder får en viss betydelse för tolkningen av värdena i tabellen. Vid klart och lugnt väder under den kalla årstiden innebär temperaturinversionen en sänkning av temperaturen inom Stjärnsunds-bäckenet. Denna temperatursänkning motverkas genom utstrålningen från sjöytan. Så snart denna är tillfrusen blir avkylningen i samband med temperaturinversionen än större. Enligt ÅNGSTRÖM (1946 s. 37) sker islossningen resp. tillfrysningen av sjöarna inom denna del av landet i april resp. november. Följaktligen blir i Stjärnsund vegetationsperioden längre på hösten men begynner senare på våren i jämförelse med Garpenbergslokalen.

Tab. 1. Månads- och årsmedeltemperaturer under perioden 1901—1930 för Stjärnsund (observerade värden) och för Garpenberg (beräknade värden för försökslokalen).

Mean temperatures (°C) during the years 1901—1930 at Stjärnsund (observed) and at Garpenberg (calculated).

	Stjärnsund 130 m above sea level 60°. 433 lat. N	Garpenberg 195 m above sea level 60°. 280 lat. N
January	— 5,27	— 5,60
February	— 4,88	— 4,96
March	— 1,76	— 1,98
April	+ 2,62	+ 2,48
May	+ 8,73	+ 8,19
June	+13,46	+13,87
July	+16,08	+15,90
August	+13,92	+13,57
September	+ 9,53	+ 9,17
October	+ 4,37	+ 4,22
November	— 0,88	— 0,77
December	— 4,23	— 4,20
The year	+ 4,28	+ 4,21

Humiditeten för Garpenbergslokalen kan enligt O. TAMM (1954) beräknas sålunda: $A = 30.4 \cdot 4.2 + 220.9 = 348.6$; den årliga nederbörden uppmättes inom försöksområdet till 685 mm under försöksperioden varför humiditeten blir $685 - 348.6 = 336.4$. Detta värde är normalt för Bergslagen. Nederbördsförhållandena ha under observationsperioden icke varit exceptionella med undantag av den torra och varma sommaren 1955. Mätningarna avslutades dock den 1/7 1955, varför de under 1955 erhållna värdena icke kunna anses förrycka mätserierna. Senhösten 1953 var osedvanligt varm.

På 10 och 20 cm djup ha vanliga vinkelböjda glastermometrar använts, medan förf. på 30 och 40 cm djup använt den av ÅNGSTRÖM & PETRI (1925 s. 296) beskrivna jordtermometern. Inom samtliga försök ha temperaturavläsningarna skett en gång i veckan kl. 14. MORK har visat (1933 s. 40) att ju högre dagens medeltemperatur är, desto större avvikelser blir det mellan temperaturer i olika markskikt. Dessa skillnader bli ännu större om man i stället för att utgå från medeltemperaturen under dagen använder sig av temperaturavläsningen kl. 14. Under sådana observationsförhållanden, framhåller MORK (s. 43), kan temperaturskillnaden mellan 1 och 10 cm djup vissa varma dagar uppgå till 9° C. På större djup blir emellertid temperaturskillnaderna av mindre omfattning. HOMÉN (1893 s. 19 ff.) har också visat att tidpunkten för det dagliga temperaturmaximum förskjutes med ökat markdjup, men att dygnsvariationerna på exempelvis 40 cm djup äro täm-

ligen små. Redan MÜTTRICH (1880) fann sålunda att de dagliga temperaturvariationerna på 60 cm voro nästan omärkliga. Att förf. valt tidpunkten kl. 14 beror främst på en önskan att ha tillgång till pålitlig observationspersonal. Av den anledningen har observationerna måst ske varje lördag vid nämnda tidpunkt. De månadsmedelvärden, som angivits i tab. 2 och 3 äro följaktligen månadernas medeltemperaturer på resp. markdjup. Det må emellertid framhållas att de största dagliga temperatursvängningarna förekomma på sommaren under det att förf:s försök à priori torde vara av störst intresse vår och höst för att undersöka längden av vegetationsperioden och dess samband med ytstenigheten. Man torde därför kunna anse att de gjorda observationerna äro tillfyllest för sitt ändamål.

För att undvika packning av jorden eller snön vid observationstillfällena ha särskilda gångbanor utlagts vid ytorna i samband med varje observation.

Resultat:

Resultaten från temperaturundersökningarna, som pågått under tiden 1/7 1953—1/7 1955, framgå ur tabellerna 2 och 3 som avse månadsmedelvärden. Tabellerna 4 och 5 avse temperaturdifferenser mellan osvallade och svallade jordarter och äro sålunda framräknade ur de föregående tabellerna. I fig. 3 äro tabellerna 4 och 5 grafiskt åskådliggjorda. Fig. 2 anger siktnings- och slammingsanalyser av 50 kilos prov från de olika provytorna. De dubbla histogrammen avse att visa den skillnad som erhålles i jordarternas mekaniska sammansättning om även grövre fraktioner medräknas. Tjälbildningen inom försöksytorna har varit obetydlig.

Försöksresultat från försök A—C:

Slår man ihop månadsvärdena för temperaturskillnaderna mellan de svallade och osvallade ytorna och bildar ett medelvärde (sista kolumnen i tab. 4) visar det sig att temperatureffekten till följd av ytstenigheten inom båda grupperna B och C är positiv.

$$(B-A) = 0.23$$

$$(C-A) = 0.45$$

Man kan också uttyda förhållandet så att den mera ytsteniga C-ytan får en genomsnittligt dubbelt så hög temperaturökning som B i relation till A-ytan. Enligt stapeldiagrammet i fig. 2 ha lokalerna B och C en stenhalt av resp. 35 % och 47 %. Fraktioner över 20 mm i diameter bli resp. 51 % och 69 %. Sålunda förmår här en stenhaltsökning på omkring en tredjedel fördubbla temperatureffekten.

Stenhalten i marken spelar uppenbart en stor roll för temperaturförhållandena. I fig. 2 ha som tidigare nämnts de mekaniska analyserna av jord-

Tab. 2. Månadsmedia av marktemperaturen på olika djup i på lokalerna A: osvallad sandig-moig morän, B: svagt svallad sandig-moig morän samt C: starkt ytstenig sandig-moig morän (svallgrus).

Monthly means of soil temperatures at different depths for A: moraine unsorted, B: slightly wave-sorted moraine, C: strongly wave-sorted moraine.

Loc.	Depth cm	Year	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
A	10	1953	—	—	—	—	—	—	+13,6	+13,8	+ 9,9	+8,1	+2,7	+2,2
		1954	+0,6	+0,5	+0,1	+3,0	+ 9,5	+10,9	+13,5	+13,4	+ 9,7	+6,3	+3,5	+1,7
		1955	+0,1	±0	-1,0	+0,5	+ 5,9	+ 9,8	—	—	—	—	—	—
	20	1953	+0,4	+0,3	-0,4	+1,8	+ 7,7	+10,4	+13,6	+13,6	+ 9,8	+7,2	+3,1	+2,0
		1954	—	—	—	—	—	—	+13,0	+12,6	+ 9,6	+7,7	+3,1	+2,4
		1955	+0,6	+0,4	+0,2	+2,6	+ 7,6	+10,4	+12,6	+12,2	+ 9,6	+6,3	+3,5	+1,6
	30	1953	+0,4	+0,2	-0,3	+1,1	+ 6,4	+ 9,7	+12,8	+12,4	+ 9,6	+7,0	+3,3	+2,0
		1954	—	—	—	—	—	—	+12,6	+12,5	+10,0	+8,2	+4,4	+3,7
		1955	+1,9	+1,4	+1,1	+2,1	+ 7,2	+ 9,4	+12,0	+11,5	+ 9,5	+6,5	+4,2	+2,8
	40	1953	+1,1	+1,0	+0,7	+0,5	+ 5,0	+ 8,5	—	—	—	—	—	—
		1954	+1,5	+1,2	+0,9	+1,3	+ 6,1	+ 8,9	+12,3	+12,0	+ 9,8	+7,4	+4,3	+3,3
		1955	—	—	—	—	—	—	+11,5	+11,3	+ 9,7	+8,0	+4,7	+3,8
B	10	1953	+2,1	+1,5	+1,2	+2,0	+ 6,4	+ 8,4	+11,4	+11,4	+ 9,4	+6,5	+4,3	+3,0
		1954	+1,2	+1,1	+0,8	+0,7	+ 4,4	+ 8,5	—	—	—	—	—	—
		1955	—	—	—	—	—	—	+11,5	+11,4	+ 9,6	+7,3	+4,5	+3,8
	20	1953	—	—	—	—	—	—	+14,5	+14,6	+10,3	+7,7	+2,7	+1,6
		1954	-0,2	±0	-0,3	+3,4	+ 8,5	+11,9	+14,1	+14,5	+ 9,4	+6,3	+3,5	+1,8
		1955	-0,5	-0,5	-1,3	-0,3	+ 7,8	+11,0	—	—	—	—	—	—
	30	1953	-0,4	-0,3	-0,8	+1,6	+ 8,2	+11,5	+14,3	+14,6	+ 9,9	+7,0	+3,1	+1,7
		1954	—	—	—	—	—	—	+13,2	+12,6	+10,1	+8,3	+3,8	+3,0
		1955	+0,4	+0,5	±0	+3,3	+ 8,0	+10,6	+12,8	+12,4	+ 9,2	+6,5	+4,1	+2,7
	40	1953	+0,6	+0,6	-0,1	+0,1	+ 5,6	+10,0	—	—	—	—	—	—
		1954	+0,5	+0,6	-0,1	+1,7	+ 6,8	+10,3	+13,0	+12,5	+ 9,7	+7,4	+4,0	+2,9
		1955	—	—	—	—	—	—	+12,7	+12,4	+ 9,9	+8,4	+4,5	+3,6
C	10	1953	+1,8	+1,5	+1,3	+2,4	+ 7,5	+ 9,9	+12,6	+12,0	+ 9,0	+6,5	+4,0	+2,5
		1954	+0,7	+0,7	+0,4	+0,9	+ 5,3	+ 8,9	—	—	—	—	—	—
		1955	+1,3	+1,1	+0,9	+1,7	+ 6,3	+ 9,4	+12,7	+12,2	+ 9,5	+7,5	+4,3	+3,1
	20	1953	—	—	—	—	—	—	+12,3	+12,1	+10,0	+8,3	+4,6	+3,7
		1954	+1,8	+1,6	+1,3	+2,3	+ 7,2	+ 9,9	+12,2	+11,7	+ 9,1	+6,4	+4,8	+3,2
		1955	+1,2	+1,2	+0,8	+0,8	+ 5,3	+ 8,5	—	—	—	—	—	—
	30	1953	+1,5	+1,4	+1,1	+1,6	+ 6,3	+ 9,2	+12,3	+11,9	+ 9,6	+7,4	+4,7	+3,5
		1954	—	—	—	—	—	—	+15,5	+15,3	+10,7	+8,3	+2,9	+2,2
		1955	+1,1	+1,0	-0,4	+4,6	+10,0	+13,9	+14,5	+14,9	+ 9,4	+6,3	+3,6	+1,9
	40	1953	-0,1	-0,1	-0,8	+0,4	+ 6,0	+13,8	—	—	—	—	—	—
		1954	+0,5	+0,5	-0,6	+2,5	+ 8,0	+13,9	+15,0	+15,1	+10,1	+7,3	+3,3	+2,1
		1955	—	—	—	—	—	—	+13,7	+13,4	+10,1	+8,1	+3,7	+3,0
20	1953	+1,3	+1,1	+0,2	+3,0	+ 8,2	+10,8	+13,3	+12,8	+ 9,4	+6,5	+4,0	+2,0	
	1954	-0,2	-0,1	-0,5	+0,7	+ 5,5	+10,5	—	—	—	—	—	—	
	1955	+0,6	+0,5	-0,2	+1,9	+ 6,9	+10,7	+13,5	+13,1	+ 9,8	+7,3	+3,9	+2,5	
30	1953	—	—	—	—	—	—	+13,2	+12,5	+ 9,8	+8,1	+4,1	+3,3	
	1954	+1,6	+1,4	+1,4	+2,5	+ 7,7	+10,5	+12,8	+12,3	+ 9,1	+6,5	+4,2	+2,5	
	1955	+1,0	+1,0	+0,7	+1,4	+ 5,6	+ 9,7	—	—	—	—	—	—	
40	1953	+1,3	+1,2	+1,1	+2,0	+ 6,7	+10,1	+13,0	+12,4	+ 9,5	+7,3	+4,2	+2,9	
	1954	—	—	—	—	—	—	+12,7	+12,5	+10,1	+8,3	+4,6	+3,7	
	1955	+2,0	+1,7	+1,6	+2,6	+ 7,5	+10,0	+12,6	+12,1	+ 9,3	+6,5	+4,4	+2,7	
			+1,3	+1,3	+0,6	+1,6	+ 5,6	+ 9,0	—	—	—	—	—	
			+1,7	+1,5	+1,1	+2,1	+ 6,6	+ 9,5	+12,7	+12,3	+ 9,7	+7,4	+4,5	+3,2

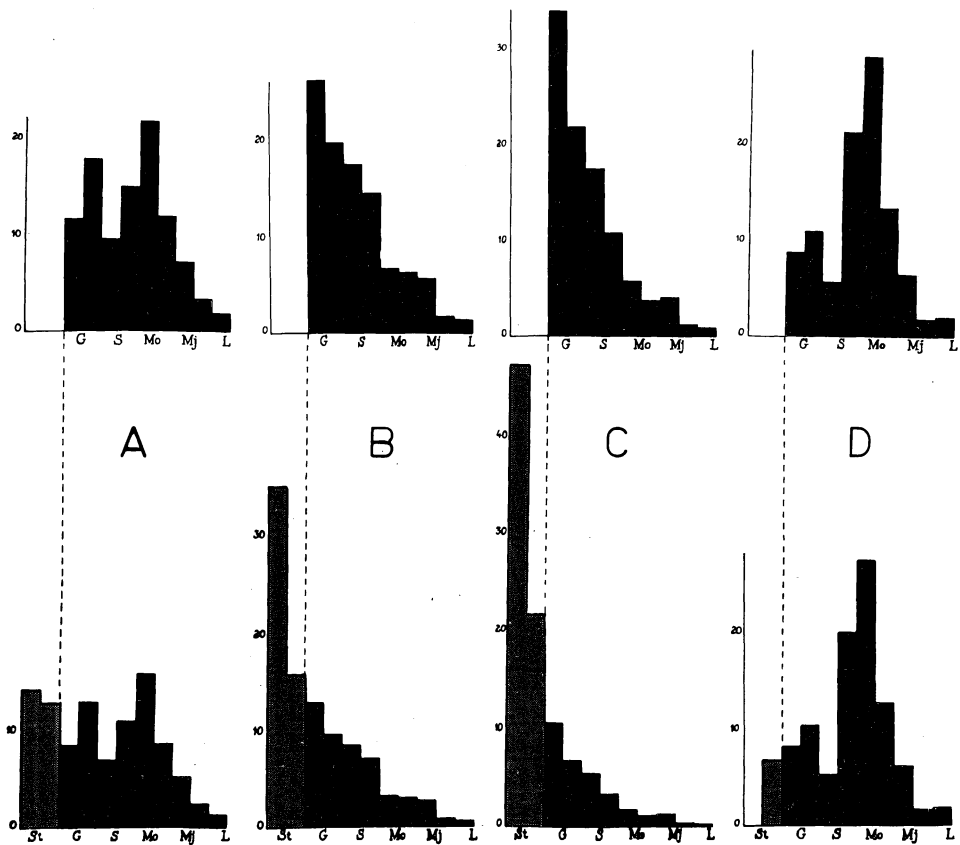


Fig. 2. Jordarternas kornstorleksammansättning inom försöksstationerna A, B, C, D. I övre raden i figuren är stenhaltan icke medtagen i den procentuella beräkningen.

The mechanical analysis of the soils at loc. A, B, C and D. The analyses are presented with (lower part of the fig.) and without (upper part of the fig.) stones.

St = large stones	200—60	mm	Mo = fine sand	0,2 — 0,06	mm
small »	60—20	»	very fine sand	0,06— 0,02	»
G = coarse gravel	20— 6	»	Mj = coarse silt	0,02— 0,006	»
fine »	6— 2	»	fine »	0,006— 0,002	»
S = coarse sand	2— 0,6	»	L = clay	< 0,002	»
medium sand	0,6— 0,2	»			

I fig. 3 har grafiskt åskådliggjorts de ytsteniga jordarternas temperaturavvikelser (på lokalerna B och C) från standardytans (A) värden. I samtliga fall synes ytstenigheten vara temperaturförhöjande icke blott under vegetationsperioden utan även i vissa fall under hela året. Likaså framgår det av diagrammet att av de ytsteniga lokalerna (B och C) den mest ytsteniga lokalen (C, streckade linjer) har den högsta temperaturen under sommaren. Sedan avtar temperaturen med minskad stenhalt. Av naturliga

skäl bli temperaturvariationerna på blott 10 cm djup (fig. 3 a) tämligen stora, medan de äro betydligt mindre på 30 cm (fig. 3 c) och 40 cm (fig. 3 d) djup.

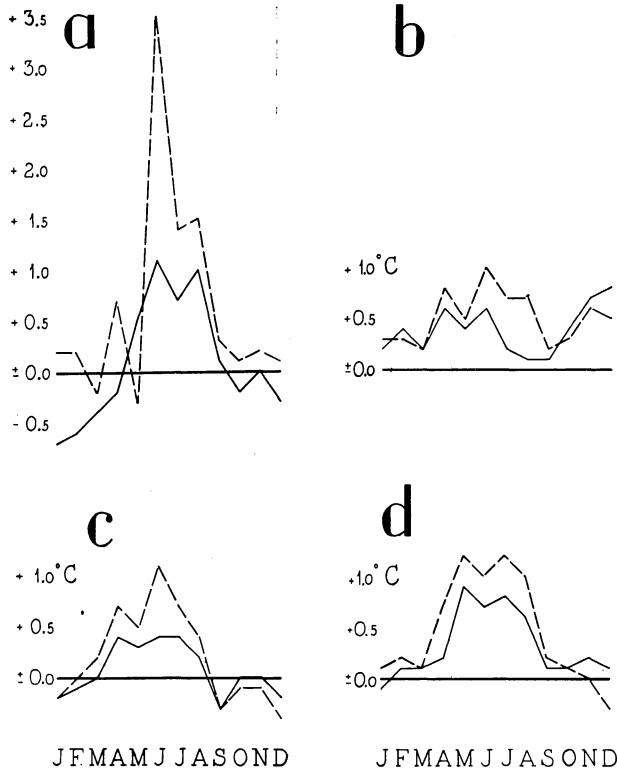


Fig. 3. Kurvorna visa skillnaderna i temperatur mellan svallade (lok. B och C) och osvallade (lok. A) morännytor.

The curves show the temperature differences between wavewashed (loc. B and C) and unwashed moraine plots (loc. A).

----- = Loc. C, rich in stones in the surface layer.

———— = Loc. B, moderately rich in stones in the surface layer.

The horizontal line (abscissa) = Loc. A, poor in stones, original moraine.

- a = 10 cm depth.
- b = 20 » »
- c = 30 » »
- d = 40 » »

Av diagrammen i fig. 3 framgår att man vid tiden kring vår- och höstdagjämningen får låga värden på differensen mellan de ytsteniga försöksparcellernas och standardytans (A) temperaturvärden. Ytstenigheten medför vid dessa tidpunkter temperaturförhållanden, som närmast äro jämför-

bara med de som råda i *ej* ytsteniga jordar. På 10 och 30 cm djup erhållas t. o. m. negativa värden på temperaturdifferensen mellan de ytsteniga ytorna och standardytan. Egendomligt nog synes ytstenigheten vid dessa tider ge en antydning om en viss temperaturnedsättande effekt (jfr fig. 4 enligt nedan). Här ha vi sålunda i princip samma effekt som ÅNGSTRÖM (1936 s. 201) erhållit vid jämförande jordtemperaturbestämningar i gallrade och ogallrade bestånd. Genom gallringen ökade utstrålningen från marken i relation till ytor som voro ogallrade. På samma sätt avger den ytsteniga jordarten, som under sommaren mottagit stora värmemängder, proportionellt mer värme än en icke ytstenig jord. De små differenserna i temperatur mellan stenig och icke stenig mark vid vår- och höstdagjämningen beror sålunda på att utstrålningen vida överväger energitillförseln. Största värmeavgivningen sker givetvis från ytlagren (fig. 3 a).

Till följd av snötäckets hastiga uppkomst i december—januari inom Garpenbergsområdet erhålles ett mot den kraftiga utstrålningen under vintern isolerande lager. Följden blir att marktemperaturerna inte sjunker i den grad som vore att vänta med hänsyn till att utstrålningen är som störst under vintern. I fig. 3 a, b, d erhålles t. o. m. ett maximum under vintermånaderna. Storleken härav beror på den samlade värmeenergien under sommaren. På grund av det isolerande snötäcket kan nämligen den på djupet magasinerade värmen påverka ytlagren. Ju större värmemängd som magasineras desto högre bör ytlagrens temperatur bli. Eljest vore det tänkbart att liksom ytstenig jord under sommaren absorberade mer värme än stenfri jord, den under den kalla årstiden borde avge mer värme. Att så icke är fallet beror tydligen på snötäckets isolerande förmåga.

Sedan snötäcket försvunnit i mars—april blir effekten av detta isolerande lagers försvinnande märkbar genom den tillfälliga temperatursänkning vi få enligt fig. 3 a, b, d; jämför även fig. 4. Denna temperatursänkning behöver icke uppstå enbart till följd av snötäckets bortsmältning utan även en komprimering av snön till följd av några blidgrader ökar utstrålningen från underliggande jord väsentligt (jfr ledningsförmågan för packad snö nedan). Sedan snön smält uppvärms den stenrika jorden hastigare än den stenfattiga. Detta gäller samtliga djup. Den torra stenrika jorden uppvärms i ytan (fig. 3 a) till höga värden. Stenarna leda värme bra (se nedan), men på större djup (fig. 3 b—d) bli differenserna vid jämförelse med den *ej* ytsteniga jordarten icke så stora. Av fig. 3 a får man en viss uppfattning om ytstenighetens betydelse för en hög marktemperatur till det djup dit enstaka, större stenar i förbindelse med markytan nå.

Inom förf:s försöksytor äro de ytsteniga jordarterna som nämnts uppkomna genom svallning. Mycket av finmaterialet är sålunda borta; humuspartiklar ha med sjunkvattnet tvättats ner i det grovporiga materialet. De

i och för sig starkt värmeledande stenarna omgivas av humuspartiklar, sandpartiklar och luft. Den ytsteniga marken får därför en värmeledningsförmåga som icke är direkt jämförbar med granitens i nedanstående översikt. Man kan därför antaga att värmeledningsförmågan blir en komplicerad funktion av de angivna värdena för granit (0.003—0.011), sand (0.003—0.0004) och luft (0.00005).

Exempel på värmeledningsförmågan (kal./grad · cm · sek.) i olika material beräknade av olika forskare givas härnedan. (Olikheterna i värdena kunna — trots likheten i ämnet ifråga — bero på olika metodik för mätning av värmeledningsförmågan. Det finns icke här anledning att närmare gå in på olika mätmetoder utan hänvisning må ske till ett kommande arbete av SAARE.)

Granit (som berggrund)	0.011	(GEIGER 1950)
Granit (som berggrund)	0.003—0.009	(BESKOW 1935)
Fuktig sand	0.004	(GEIGER)
Humus	0.003	(GEIGER)
Sand med 7 % H ₂ O-halt	0.0027	(BESKOW)
Torr sand	0.0004	(GEIGER)
Torr sand	0.0006—0.0010	(BESKOW)
Packad snö	0.0007	(GEIGER)
Nysnö	0.0002	(GEIGER)
Luft	0.00005	(GEIGER)

I belysning härav får man en viss förklaring till att skillnaden mellan temperaturen på större djup än 10 cm i ytsteniga och icke ytsteniga parceller sällan är mer än 1° C (jfr fig. 3 a). På sommaren då uppvärmningen är som störst bli ytlagren kraftigt uppvärmda, men även då är — trots stenigheten — ledningsförmågan ej särskilt stor, varför temperaturförhöjningen i relation till A-ytan ej blir större än vad diagrammet i fig. 3 (b—d) visar. Att de steniga jordarterna äro varmare på större djup under denna årstid än de ej stenrika jordarna beror på att det åtgår mindre värme att uppvärma en torr, stenig jord än en fuktig, starkt vattenhållande finjord. Om det ytsteniga lagret vore så hårt svallat att inga finpartiklar utan endast sten funnes däri borde jordtemperaturen på exempelvis 40 cm djup bli avsevärt högre än vad förf. erhållit. Vi ha sålunda fått fram två faktorer som äro av betydelse, dels *sorteringsgraden* i materialet och dels det *ytsteniga lagrets mäktighet*.

Försöksresultat från försök D:

Som ett komplement till ovanstående utlades försöksserien D för temperaturbestämningar i en sandig-moig, ej särskilt stenig morän (fig. 2) där

stenar (2—6 cm i diameter) placerats ovanpå morän i olika mäktiga lager. Från markytan räknat var stenlagret resp. 30 cm (försök I), 20 cm (försök II), 10 cm (försök III). Inom försök I utgöres sålunda markprofilen av överst ett förna- och humustäcke, under detta 30 cm stenar och under detta lager sandig-moig, osvallad morän. Termometrarna äro avlästa på 40 cm djup. På motsvarande sätt äro de övriga försöken anordnade med undantag av försök IV där den ursprungliga jordarten bibehölls och sålunda ej något artificiellt stenlager anbragtes. Förna- och humustäcket har fältmässigt sett varit lika inom försöken.

I försöksparcellerna I—IV (försök D) förekomma varken humuskolloider, finmaterial el. dyl. mellan stenarna i markprofilen. Strålningsförhållandena äro desamma och höjden över havet är c. 5 m högre än på föregående försöksområde. Dessutom har endast temperaturen på 40 cm djup mätts. Yttertemperaturen veta vi sålunda föga om.

Dessa artificiellt anordnade försök stöda väl de slutsatser som dragits av den första försöksserien. I tab. 5 visa medelvärdena för temperaturskillnaderna på 40 cm djup att även ett helt tunt stenlager (försök III) har en positiv temperatureffekt. Vid ökad mäktighet hos stenlagret ökar den årliga medeltemperaturen på 40 cm djup. I denna försöksserie gav ett 30 cm mäktigt stenlager i ytan tre gånger högre årsmedeltemperaturdifferens (visavi det ej ytsteniga försöket IV) än vad ett 10 cm stenlager åstadkom (se sista kolumnen i tab. 5).

Tab. 5. Skillnader i temperatur (på 40 cm djup) mellan ytsteniga (lok. I, II, III) och i c k e ytsteniga moräner (lok. IV).

Temp. differences (depth 40 cm) between moraines with stony surfaces (loc. I, II, III) and moraine without stony surface.

Loc. D	Jan.	Febr.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Means
(I—IV)	+0,2	+0,5	+0,4	+1,9	+1,2	+1,8	+0,3	+0,4	-0,1	+0,2	+0,2	+0,3	+0,6
(II—IV)	+0,1	+0,4	+0,4	+0,9	+1,2	+1,4	+0,1	+0,3	-0,1	+0,2	+0,1	+0,3	+0,5
(III—IV)	+0,1	+0,2	+0,1	+0,4	+0,5	+0,9	±0	+0,1	±0	+0,1	±0	+0,1	+0,2
													$\frac{1}{n}=0,65$

Liksom i försöken B och C (fig. 3 a—d) erhålla vi i dessa försök (fig. 4) små temperaturdifferenser vid tiden kring vår- och höstdagjämningen. Vi ha t. o. m. en temperaturnedsättande effekt till följd av ytstenigheten i samband med höstdagjämningen, vilket stöder försöksresultaten från fig. 3 a och fig. 3 c. Marktemperaturen under vintern erhåller ett tydligt utbildat maximum i januari—februari, vilket dessutom är högre på denna lokalgrupp

(D) i förhållande till det naturligt svallade materialet (B, C). Detta beror på att den under sommaren magasinerade jordvärmens blev större för lokalgruppen D än för försöken A—C till följd av bättre ledningsförmåga i det »rena» stenmaterialet i D-gruppens försök. Här finna vi sålunda att nedlakad humus, limonit, finpartiklar etc. i ett svallat material reducerar ledningsförmågan samtidigt som snötäckets isolerande förmåga och jordvärmens temperatureffekt från B—C försöken bekräftas. Temperatureffekten är ungefär den dubbla på 40 cm djup under sommaren (jfr fig. 4 med

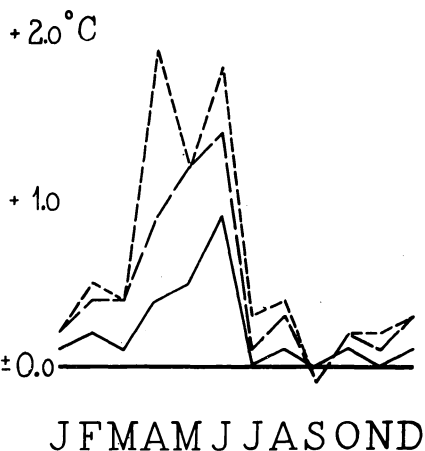


Fig. 4. Kurvorna visa skillnaderna i temperatur (på 40 cm djup) mellan ytsteniga (lok. I, II, III) och icke ytsteniga (lok. IV.) moräner.

The curves show the temperature difference (at the depth of 40 cm) between moraines with stony surfaces (loc. I, II, III) and moraines without stony surfaces.

- = (I—IV) 30 cm artificial stony surface layer.
 - = (II—IV) 20 » » » » »
 - = (III—IV) 10 » » » » »
- The horizontal line (abscissa) = standard plot.

fig. 3 d) om alla finfraktioner m. m. försvinna. I dessa försök ha yttemperaturerna icke mätts men det torde vara självklart att dessa värden borde bli avsevärt mycket högre inom ytorna i försök D än inom ytorna i B och C. Dessa artificiella försök med »rent» material bekräfta också den antydning vi erhöles (sid. 15) av fig. 3 om att ledningsförmågan i det ytsteniga svallade materialet till följd av förekomsten av humuspartiklar o. dyl. är så pass nedsatt att man erhåller de högsta marktemperaturerna på det djup dit sten och block nå utan att förlora förbindelsen med markytan.

Kurvorna (II—IV) och (III—IV) giva intryck av en långsam uppvärmning av jorden under våren. Man må emellertid hålla i minnet att denna lokalgrupps jordart icke motsvarar vad man menar med en svallad morän. Den i det artificiella stenskiktet upptagna värmemängden måste sålunda fortplantas i en fuktig, finkornig morän (där värme åtgår för avdunstning) av 10, 20, resp. 30 cm mäktighet. Detta är förklaringen till att upp-

värmningen sker långsammare än om jordarten varit ytstenig på grund av svallning. Å andra sidan visar denna successiva uppvärmning på lokalerna att djupet ned till den osvallade moränen är av betydelse för värmens nedträngande i marken. I naturen är övergången mellan den svallade och den osvallade moränen sällan så skarp; det väsentliga är här emellertid icke kontakten mellan de båda jordarterna utan att den fuktiga, finkorniga moränen tillsammans med en viss ytstenighet kan ge ur ståndortssynpunkt såväl goda som dåliga temperatur- och fuktighetsförhållanden. Det är icke säkert att det enbart är fördelaktigt att marken hastigt blir torr på våren utan det är även troligt att en viss optimal fuktighet och värme giva de bästa ståndortsförhållandena. De tre kurvorna i fig. 4 giva en viss antydning om dessa olika ståndortsbetingelser under vårmånaderna.

En iakttagelse av intresse i detta sammanhang är att efter den snabba avkylningen i september av det ytsteniga lagret temperaturen ökar — vad försöken B och C beträffar — snabbare i de mindre svallade än i de starkt svallade jordarterna (fig. 3 b—d). Inom försöksserien i D voro förhållandena de motsatta. Det förstnämnda fallet kan förklaras med att en jord med god värmeledningsförmåga (starkt svallad) måste bli kall på hösten och förvintern då utstrålningen ej förhindras av något snötäcke eller dylikt. Så snart snötäcket kommer bli också de steniga jordarna varmare till följd av jordvärmen. Avdunstningen från den svallade moränen borde emellertid vara mindre än från den osvallade och på grund härav borde den steniga jorden vara varmare även under hösten. Så är dock icke fallet. Avdunstningen spelar icke någon stor roll under tiden september—december.

Inom lokalgruppen D äro termometrarna placerade på 40 cm djup i den sandig-moiga moränen. Under stenlagret är moränmaktigheten (till 40 cm djup räknat) resp. 10 (I), 20 (II), 30 (III) cm. Detta moränlager är starkt vattenhållande till följd av höstregnen och bildar sålunda ett mot det lätt värmeavgivande stenlagret i ytan isolerande skikt. Försök I har under sommaren upptagit störst värmemängder och följderna blir att på det djup där termometrarna befinna sig kommer den avgivande jordvärmen att ge högst temperatureffekt inom detta försök. På samma sätt erhålles en avtagande temperatur i de följande försöken där den under sommaren tillförda energien varit mindre. Orsaken till olikheterna (under tiden sept.—dec.) mellan försöken B—C och D är följaktligen den att inom den förstnämnda försöksserien är utstrålningen av störst betydelse medan D-försöken i fig. 4 visar att avdunstningen under våren avsevärt nedsätter marktemperaturen. Avdunstningen under hösten har föga betydelse och ett 30 cm mäktigt stenlager ackumulerar en värmemängd som resulterar i hög jordvärme under hösten och vintern på 40 cm djup.

Diskussion av försöksresultaten:

Förf:s undersökningar visa att ytstenigheten på djupet medför en temperaturförhöjning under praktiskt taget hela året. Denna är — med undantag för i ytskiktet — helt liten. Det är omöjligt att ange huruvida den erhållna högre temperaturen föranleder en positiv — eller negativ — effekt inom ett bestånd. Givetvis kan man tänka sig att vegetationsperioden kan bli något längre inom de varmare, ytsteniga jordarna men betydelsen av att en c. 1 ° C högre temperatur på djup på 15 cm eller mer under våren uppnås några dagar tidigare inom svallade ytor än på osvallade kan diskuteras. Förf. styrkes i denna åsikt av EKLUNDS (1952 s. 54) undersökningar i stavagranskog, vilka visa att sådana *små* positiva temperatureffekter på motsvarande djup [erhållna vid gallring och påvisade av ÅNGSTRÖM (1936)] icke äro bonitetsförhöjande.

På 10 cm djup och mindre torde emellertid ytstenig mark ha betydligt högre temperatur än ståndorter med gallrade stavagranbestånd. Förf:s försök antyda höga temperaturer (på djup < 10 cm) under vegetationsperioden inom ytsteniga jordar. Följaktligen är det inom dessa ytskikt fortsatta temperaturundersökningar böra utföras då det nu visat sig att ytsteniga lager mäktigare än 10 å 15 cm knappast medföra bättre temperaturklimat. Däremot ger en mäktig ytstenighet en väl-dränerad och torr jord. Avvägningen mellan ytstenighetens mäktighet (ur temperatursynpunkt) och de finkorniga jordarnas fuktighetshalt (liksom humustäckets mäktighet) beror givetvis på beståndets ålder och rotutveckling. Det har ovan framhållits att en större mäktighet än 40 cm på det steniga lagret synes medföra en lavhävdning medan ytstenighet av mindre mäktighet ger en betydligt friskare vegetation. Detta djup får t. v. endast anses såsom normgivande och torde dikteras mindre av temperaturförhållandena än av fuktigheten. Fortsatta undersökningar få här visa vilka de väsentliga ståndortsfaktorerna äro. I belysning av KALELAS (1949) rotstudier torde emellertid denna fält-erfarenhet stämma tämligen väl med hänsyn till att endast några få procent av rötterna nå djupare än 40 cm. Ligger den osvallade moränen på detta djup bli fuktighetsförhållandena tydligen tillräckliga.

Sammanställning av resultaten:

1. Ytstenigheten i marken ger en positiv temperatureffekt, vars storlek är beroende av stenhalten i jordarten.
2. Under större delen av året och framförallt under vegetationsperioden ge ytsteniga jordar högre medeltemperatur än *icke* ytsteniga jordar.

3. Vid tiden kring vår- och höstdagjämningen är emellertid skillnaderna i temperatur mellan ytsteniga och ej ytsteniga jordar helt liten. En stor del av försöken antyda t. o. m. att ytstenigheten får en temperaturned-sättande effekt.
4. Uppvärmningen sker under våren hastigare i ytsteniga jordar än i stenfattiga jordar.
5. På 10 cm djup i ytsteniga jordar kunna temperaturskillnader erhållas på flera grader i relation till icke ytsteniga jordar. På ökat djup överstiga nämnda differenser sällan 1° C. Detta beror förmodligen delvis på att till 10 cm djup nå som regel enstaka större stenar eller block som även äga förbindelse med markytan.
6. Helt tunna, ytsteniga lager äro följaktligen tillräckliga för att ge stora temperaturförändringar i ytan. Utstrålningen från djupet beror framför allt på sorteringsgraden men även på mäktigheten av stenlagret. Finmaterial av olika slag, som omgiva stenarna, synas verka isolerande mot ytterligare utstrålning trots hög stenfrekvens.
7. Som allmänt praktiskt resultat av dessa undersökningar erhålles att ytstenighetens mäktighet förmodligen måste observeras i samband med hydrologiska iakttagelser. Ökar det ytsteniga lagrets mäktighet utöver c. 15 cm ökar icke marktemperaturen tillnärmelsevis i proportion härtill. Fuktighetsförhållandena bli däremot avsevärt sämre till följd av minskad kapillaritet.

Summary

Soil temperatures in moraines with stony surface layers

This paper, the first of a series concerning ecological conditions in stony soils, deals with the influence of stoniness upon soil temperatures (at 10, 20, 30 and 40 cm depth) in morainic soils covered by pine (-spruce) forest.

This study was carried out at Garpenberg in the NE part of Dalecarlia. The temperature stations A, B, C are situated (fig. 1) on a slope; B just at the limit of marine submergence; A above and C below the limit. The characteristics of the soils are shown in fig. 2. C is rich in stones, B is moderately rich in stones and A poor in stones. The soil temperatures are shown in tab. 2 and 4. Tab. 4 is illustrated in fig. 3. For comparison four plots with artificial stony surfaces have been made (loc. D). The results from these experiments are shown in tab. 3 and 5. Tab. 5 is illustrated in fig. 4.

In the most stony soils, summer temperatures are 1—3° C higher than in soils poor in stones. Winter temperatures are also slightly (but distinctly) higher in the stony plots probably because the snow cover retards heat loss from the soil and thus tends to preserve the summer differences to some extent (cf. ÅNGSTRÖM 1936).

Increasing the thickness of the stony layers above 10—15 cm appears unlikely to increase soil temperatures, but may well result in unfavourable moisture conditions. Other factors (e. g. age of stand and root distribution) may also determine the optimal thickness of stony layers. However, at depths greater than 15 cm in stony layers, the temperatures are not sufficiently greater than in layers poor in stones that better production may be expected on the basis of temperature improvement alone.

Litteraturförteckning

- Beskow, G.*, 1935: Tjälbildningen och tjällyftningen med särskild hänsyn till vägar och järnvägar. Sv. Geol. Unders. Ser. C. Nr 375.
- Eklund, Bo*, 1952: Fortsatta studier över ett gallringsförsök i stavagranskog. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. inst. Band 41. Nr 10.
- Geiger, Rudolf*, 1950: Das Klima der Bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft. Bd 78.
- Halden, B. E.*, 1931: Den lokala sedimentgränsen. Skogen. Årg. 18. Nr 18.
- Homén, T.*, 1893: Om nattfroster. Helsingfors.

- Hörner, N. G.*, 1944: Moräns mekaniska sammansättning. G.F.F. Bd 66. H. 3.
 —>— 1946: Uppsalamoräns finfraktioner. G.F.F. Bd 68. H. 3.
- Kalela, E.*, 1949: On the horizontal roots in pine and spruce. Stand I. Männiköiden Ja Kuusikoiden Juurisuhtheista. Acta Forestalia Fennica 57:2. Helsingfors.
- Lutz, H. J. & Chandler, R. F.*, 1951: Forest soils. New York.
- Låg, J.*, 1947: Fjellgrunnen og jorda i traktene for ekskursjon. Den 6. Nordiske Skogkongress 1947. Hurdalsturen.
 —>— 1955: Undersøkelse av skogjorda i Telemark fylke ved Landsskogtakseringens markarbeid sommeren 1954. Medd. fra det Norske Skogforsøksvesen, Nr 45.1955.
- Mitscherlich, E. A.*, 1949: Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner.
- Mork, E.*, 1933: Temperaturen som foryngelsesfaktor i de nordtrønderske gran-skoger. Medd. fra det Norske Skogforsøksvesen. Nr 16.
- Müttrich, A.*, 1880: Beobachtungen der Erdbodentemperatur auf den forstlich-meteorologischen Stationen in Preussen, Braunschweig und Elsass-Lothringen. Festschrift für die 50-jährige Jubelfeier der Forstakademie Eberswalde. Berlin.
- Redogörelse för inventering av odlingsjord. Stat. off. utredn. 1937:30.
- Sirén, G.*, 1955: The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta Forestalia Fennica 62. Helsingfors.
- Tamm, O.*, 1935: Ett försök till klassifikation av skogsmarken i Sverige. Medd. fr. Stat. Skogsforsk.inst. H. 28. Nr 2.
 —>— 1954: Till frågan om bestämning av klimatets humiditetsgrad i Sverige. Kungl. Lantbr.akad. tidskr. Årg. 93. 1954.
 —>— 1950: Northern coniferous forest soils. Transl. from the Swedish by M. L. Anderson. Oxford.
- Tamm, O. & Wadman, E.*, 1945: Om skogens naturliga betingelser i Hamra revir. Sv. Skogsvårdsföreningens Tidskr. Nr 2.
- Troedsson, T.*, 1952 a: Studier av blockfrekvenser i strandklapper. G.F.F. Bd 74. H. 3.
 —>— 1952 b: Den geologiska miljöns inverkan på grundvattnets halt av lösta växtnäringsämnen. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. Nr 10.
 —>— 1953: Några synpunkter på de geologiska kartornas användbarhet i skogsbruket. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. Nr 19.
- Viro, P. J.*, 1947: Metsämaan Raekokoomus ja Viljavuus, Varsinkin Maan Kivisyyttä Silmällä Pitäen. (The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil.) Communicationes Instituti Forestalis Fennicae. 35:2. Helsingfors.
 —>— 1952: Kivisyyden Määrittämisestä. (On the determination of stoniness.) Communicationes Instituti Forestalis Fennicae. 40:3. Helsingfors.
- Ångström, A.*, 1936: Jordtemperaturen i bestånd av olika täthet. Medd. fr. Stat. Skogs.förs. anst. H. 29. Nr 3.
 —>— 1938: Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901—1930. Medd. fr. Stat. Metr.-Hydrogr. anst. Bd 7. Nr 2.
 —>— 1946: Sveriges klimat. Stockholm 1946.
- Ångström, A. & Petri, E.*, 1925: A vacuum thermometer for measuring earth temperatures. Journal of Scientific Instruments, Vol. II, Nr 9.