

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 292.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 1.

UNDERSÖKNING AV NÅGRA
SVENSKA FORMSANDSORTER

AV

SIMON JOHANSSON

MIT EINEM RESÜMEE IN DEUTSCHER SPRACHE

Pris kr. 0,50.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser

N:o 292.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 1.

UNDERSÖKNING AV NÅGRA
SVENSKA FORMSANDSORTER

AV

SIMON JOHANSSON

MIT EINEM RESÜMEE IN DEUTSCHER SPRACHE

STOCKHOLM 1919

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

191792

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

Inledning	5
Formsandens egenskaper	6
Metoder för formsandsundersökningar	8
Mekanisk sammansättning och porvolym	14
Hållfasthet och genomsläpplighet	18
Formsandens geologiska uppträdande	28
Försök med inblandning av lera i sand	30
Resümee	34

Inledning.

Under världskriget med dess försvårande eller rent av omöjliggörande av alla transporter från andra länder blev vårt land vad beträffar behovet av formsand liksom för så mycket annat hänvisat till de egna resurserna. Med de billiga frakter, som förut voro rådande, kunde våra gjuterier före kriget lätt från välkända formsandsfyndigheter i England, Frankrike, Belgien, Tyskland och annorstädes få sitt behov av formsand fyllt, men vid den plötsliga avstängningen, innan ännu de egna hjälpkällorna voro allmänare kända, kom vår gjuterierörelse i ett ganska prekärt läge. Till Sveriges Geologiska Undersökning inkommo från flera håll förfrågningar om, varest lämplig sand vore att finna, och jag fick då i uppdrag att verkställa en utredning, omfattande först och främst en undersökning av formsandens egenskaper och vidare som slutligt mål ett eftersökande av lämplig formsand i vårt land.

Vad den senare delen av programmet beträffar, så vill jag redan här framhålla, att mina efterforskningar i detta syfte ännu icke lett till positivt resultat; tvärtom har jag därigenom blivit alltmera tvivlande på möjligheten av att i vårt land finna förstklassigt formsandsmaterial i *naturlig* lagring. Jag får senare tillfälle att ingå på orsakerna härtill. Föreliggande uppsats kommer i huvudsak att behandla metoder för undersökning av formsandens egenskaper; dessutom komma att behandlas några försök med sandblandningar, som att döma av laboratorieförsöken visa, att man i viss mån kan göra sig oberoende av de naturliga förekomsterna.

Materialet till denna undersökning har med stor beredvillighet ställts till förfogande av olika gjuterier landet runt. Väl ett par hundra formsandsprov, åtföljda av upplysningar om ifrågavarande provs egenskaper, hava sålunda inkommit. Naturligtvis har jag icke kunnat upptaga alla dessa prov till behandling, utan endast ett fåtal typiska och mera använda sorter hava blivit undersökta. Den för en undersökning sådan som denna nödvändiga kännedomen om gjuteriteknik har jag erhållit vid besök hos Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås

samt vid Huskvarna Vapenfabrik, där jag av ingenjörerna G. DRAKENBERG och FRANS NILSSON erhållit välvillig information på detta område, varför jag här vill framföra min tacksamhet.

Var och en vet, att det är av grundläggande betydelse att lära känna det materials egenskaper, med vilket man arbetar, för att kunna komma med några tekniska förbättringar. Vad nu särskilt formsandsfrågan beträffar, så befinna vi oss här ännu på så att säga primitivt stadium. Inom gjuterierna har man överlåtit åt den erfarne gjutmästaren att så där på känn avgöra, när han fått den lämpliga sandblandningen, när han fått den riktiga inblandningen av sand, av sot, av lera och av vatten. Jag har visserligen haft många tillfällen att konstatera att erfarna gjutmästare haft förvånande fin känsel, när det gällt att träffa »lagom», men behovet av exakta metoder ligger icke desto mindre i öppen dag, då ju gjutgodsets kvalitét i hög grad är beroende av den använda formsandens beskaffenhet. Man har redan, som man kan finna av facklitteraturen, ganska mycket arbetat på metoder för bestämning av formsands egenskaper, men dessa hava dock ännu icke fått någon vidare praktisk användning, väl antagligen beroende på att de brista i exakthet.

Formsandens egenskaper.

Vilka egenskaper bör en lämplig formsand hava? Denna fråga besvaras bäst genom att behandla de processer, som äga rum i sanden vid gjutning. Jag tänker därvid uteslutande på råsandsgjutning d. v. s. gjutning i fuktig sand. Antag att formflaskan är färdig och att den smälta metallen tappas på. Denna kommer då i en kraftig ström och rusar omkring formens vinklar och hörn. För att kunna motstå de stötar metallströmmen förorsakar, är ett visst sammanhang eller en viss hållfasthet hos sanden nödvändig, och dessutom fordras det ju en viss hållfasthet hos sanden redan för att formhalvorna skola kunna handteras. *Hållfasthet* är sålunda en viktig egenskap, som bör bestämmas. Den smälta metallen, om det nu är vanligt tackjärn, torde hava en temperatur av cirka 1 300°, till vilken temperatur sandskiktet närmast metallen kommer att uppvärmas. Om nu sanden skulle smälta vid en lägre temperatur, så brännes den fast vid godset och extra arbete måste nedläggas på att få ytan jämn. Sanden skall därför vara tillräckligt *eldfast*. För att godset för övrigt skall få en slät och jämn yta måste sanden vara *finkornig* och får ej innehålla några gruskorn, som göra ytan skrovlig.

Den viktigaste egenskapen hos formsanden är emellertid att den är gott *genomsläpplig* för gaser. Då den smälta metallen berör sanden, övergår fuktigheten i det närmaste sandskiktet helt plötsligt till vattenånga av hög temperatur, vilken på grund av den höga temperaturen kommer att intaga en stor volym. Denna nybildade vattenånga tillsammans med koloxid, som bildats vid förbränningen av stenkolsotet, varmed formsanden vanligen är uppblandad, skall, om processen går normalt, söka sig fram genom sandens porer. Är då sanden icke tillräckligt genomsläpplig för att släppa fram den gasmassa, som i första ögonblicket kommer med nästan explosionsartad fart, så tar den sig väg genom metallsmältan och förorsakar blåsor och skällor i godset. Det är icke små gaskvantiteter, som skola fram. En dansk ingenjör Nielsen¹ har gjort en beräkning häröver. Under antagande av att formsanden ursprungligen har en vattenhalt av 7 procent, vilket är det vanliga vid formning, och att den är uppblandad med 5 procent stenkolsot, så alstras vid fuktighetens förgasning och stenkolsotets förbränning inom endast ett millimetertjockt sandskikt närmast godset en gasmassa så stor, att den beräknas kunna bilda ett gashölje av ända till 24 cm tjocklek. Detta gashölje skall fram genom sandens porer och, om nu porvolymen sättes till 50 volymprocent, så kommer gasen att tränga $2 \times 24 \text{ cm} = 48 \text{ cm}$ djupt in i sanden, och detta skall ske på den korta tid, som åtgår för att förgasa fuktigheten inom det närmast intill godset liggande millimeterskiktet. Man kan härav förstå vilka stora anspråk, som ställas på genomsläppligheten hos formsand. Nu leder emellertid sanden värme mycket dåligt, vilket över huvud taget gör det möjligt att gjuta i fuktig sand eller i s. k. råsand, ty sedan väl själva beröringsskiktet blivit upphettat och uttorkat, så går det sedan allt långsammare med förgasningen; det är därför egentligen det allra första momentet, som är den mest kritiska tidpunkten.

En del av den bildade vattenångan kommer att ånyo förtätas till vatten, då den hunnit ett stycke in i sanden och blivit avkyld, den kommer då att öka sandens vattenhalt. Huru långt denna kondensering av vattenånga kan gå, om den kan gå så långt att sandens porer fullständigt täppas till med vatten, har jag icke i litteraturen sett någon uppgift på, men en viss roll måste kondenseringen av vattenånga i varje fall spela. Vid ett besök hos Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås utfördes ett försök i den riktningen, som åtminstone kvalitativt visar processens gång. Fuktighetshalten bestämdes först i sanden före gjutningen, och efter påfyllningen av den smälta metallen togs

¹ P. K. NIELSEN, Das Schülpen und seine verwandten Erscheinungen. Giessereizeitung 1913, I. Febr. S. 80.

sedan prov för fuktighetsbestämningar på olika avstånd från godset. Ungefär 2 minuter efter påfyllningen togos proven, först 1 cm från godset, här var sanden het och tämligen torr, så togs ett prov på 3 cm avstånd, och i detta hade fuktigheten ökats med 2 procent över den ursprungliga fuktighetshalten, och likaså kunde en ökning spåras i provet på 5 cm avstånd från godset ehuru mindre, den rörde sig här om 1 procent. Det är ju möjligt, att, om vi väntat längre med provtagningen, denna kondensering av vattenånga skulle hava framträtt ännu mera deciderad, men redan detta kvalitativa försök pekar på att det är av vikt, att sanden kan upptaga allt kondensationsvatten, utan att därför porerna bliva vattenfyllda och sanden täppes till. Sanden bör med andra ord hava hög *porvolym*. I och för sig spelar porvolymen ingen roll för genomsläppligheten, utan denna beror i första hand på huru vida luftkanalerna äro, och icke på huru många volymprocent de representera.

Vill man ur alla synpunkter bedöma en formsand, gäller det sålunda att bestämma sandens *eldfasthet*, *hållfasthet*, *kornstorlek*, *genomsläpplighet* och *porvolym*. Jag skall nu något behandla de metoder, som kommit till användning vid bestämmandet av dessa egenskaper och samtidigt redogöra för det här använda tillvägagångssättet.

Metoder för formsandsundersökningar.

För bedömandet av en sandsorts eldfasthet kan man genom bestämning av mineralsammansättningen, genom kemisk eller mikroskopisk analys, erhålla kännedom om huru mycket av mera lättsmälta mineral, som ingå i provet. Den kemiska analysen användes förr mycket, men torde numera vara övergiven. Man finner i den äldre litteraturen bestämda procenttal angivna av vissa ämnen, järnoxid, kalk och alkalier, som icke få överskridas för att sanden skall vara lämplig. Men vid närmare kännedom om de olika mineralens löslighetsförhållanden i syror och alkalier har man kommit till den uppfattning, att den kemiska analysen, åtminstone så som den praktiserats, icke kan giva ett exakt uttryck för halten lättsmälta mineral¹, och likaså kan den mikroskopiska analysen endast giva en grov uppskattning av mineralsammansättningen, helst som de minsta kornen undandraga sig mikroskopisk bestämning.

Bättre än dessa indirekta metoder, som på sin höjd endast kunna giva ett ungefärligt begrepp om sandens eldfasthet, äro de direkta

¹ CARL IRRESBERGER, Der Formsand, seine Prüfung und Bewertung. Stahl und Eisen. Jahrg. 33, 1913, 2. S. 1433.

metoderna, då man utsätter provet för höga temperaturer i förbränningsugn och iakttagar, vid vilken temperatur provet sintrar samman. Att döma av försök, som äro gjorda i den vägen, är det dock förenat med de största svårigheter att fixera en viss smältpunkt för provet, enär ju de ingående mineralen hava olika smältpunkter. Bästa sättet torde vara att på gjuterierna prova eldfastheten. Detta kan ju lätt ske genom att slå i litet smält metall i en liten sandform och sedan se efter huru sanden förhållit sig, om den bränt vid godset eller icke. Vid min undersökning har jag icke haft tillfälle att utföra några eldfasthetsprov.

En annan viktig egenskap hos formsanden var hållfastheten, för vilkens bestämmande det finnes en hel del metoder föreslagna såväl av indirekt som direkt natur. Som exempel på det förra slaget kan nämnas en metod, enligt vilken hållfastheten beräknades ur Jackson-Purdy's formel $\frac{C \times B}{A}$, där C är halten kolloider, B är krympningen och A är den Jackson-Purdy'ska ytfaktorn eller den sammanlagda ytan av alla partiklarna i viktsenheten av provet.¹

Som exempel på det andra slaget av bestämningsmetoder skall först omnämnas den av alla gjutmästare praktiserade metoden, att krama sanden till en boll i handen och känna efter huru den håller samman. Den som på så sätt dagligen kramar sand, uppövar till slut i hög grad sitt känsel sinne, så att han tydligt känner skillnad mellan olika sandsorter, men som vetenskaplig metod, då man vill i tal angiva graden av hållfasthet, duger den naturligtvis icke. Det finnes i stället en hel rad bestämningsmetoder, varigenom man lätt erhåller relativa tal på hållfastheten. Man har format prismor eller cylindrar av sanden och sedan antingen avdragit, avbrutit eller sammanpressat dem till bristning, och den belastning, som åtgått härför, har satts som relativt mått på hållfastheten. Jag har valt avbrytningsmetoden. Ett tunt magnesiaband, 2 mm brett, i vilket en lätt bågare för hagel är upphängd, har lagts över sandcylindern, som vilar över en urtagning i en träklots. Urtagningen är 2 cm från kant till kant och sandcylindern något längre, så att den i ändarna kan stöda mot klotsen. För magnesiabandet finnas hål, så placerade att bandet kommer att vila på mitten av sandcylindern. I bågaren ha hållts hagel, tills cylindern avbrutits. Fig. 1 illustrerar närmare tillvägagångssättet.

För erhållande av överensstämmande resultat är det av vikt, att sandcylindern beredes med stor omsorg. Först och främst måste san-

¹ Se härom närmare: RICHARD MATHER, The Testing of moulding sands. Proceedings of the British Foundrymen's Association. 1911—1912, där dessutom en god sammanställning av använda metoder för formsandsundersökningar finnes.

den omsorgsfullt omblandas, så att den bliver fullt homogen, detta går bäst genom att utbreda och omröra den fuktade sanden på ett papper, varpå den sedan portionsvis påfylles cylindern; efter varje påfyllning tilltryckes sanden löst med en tillplattad glasstav. Det är då av vikt att efter varje tilltryckning med glasstaven, ytan ånyo uppluckras med en knivspets, ty i annat fall kommer cylindern vid avbrytningsförsöket att brista just efter en sådan yta och vid mindre belastning än eljest. Sedan cylindern blivit fullpackad med sand, hoptryckes sanden med en belastning av 10 kg, vilken belastning ungefär motsvarar den i formmaskiner använda. Den vanligen använda metoden att medelst stötar sammantrycka sanden har jag ansett mindre lämplig, enär ju en stöts verkan även beror på underlagets elasticitet.

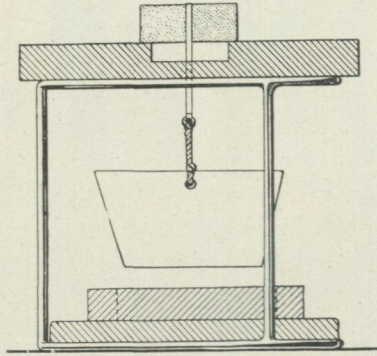


Fig. 1.

Sandprovens mekaniska sammansättning har utrönts efter vedertagna metoder; sålunda hava de större kornstorlekarna ned till 0,6 mm fränskilts medelst sällning i såll med runda hål, och de mindre korngrupperna hava isolerats genom slamning i vatten i ATTERBERGS slamapparat, varvid följande avsättningstider för 10 cm vätskehöjd kommit till användning.

5 sek.	för korn av 0,2	mm diameter		
30 »	» » »	0,06	»	»
7,5 min.	» » »	0,02	»	»
1 timme	» » »	0,006	»	»
8 timmar	» » »	0,002	»	»

Före slamningen hava lerpartiklarna uppluckrats genom att provet, sedan något vatten tillsatts, bearbetats med en styv pensel.

För bestämning av formsandens kanske viktigaste egenskap, genom-

släpplighet för gaser, finnas åtskilliga metoder föreslagna. Jag skall här förbigå de redan utdömda metoderna, vilka gå ut på att ur vattenuppsugningsförmågan eller genomsläppligheten för vatten sluta till genomsläppligheten för gaser eller att helt enkelt av porvolymen sluta till samma egenskap, och här endast behandla metoder för direkt bestämning av gasgenomsläppligheten. Dessa metoder gå alla ut på att trycka eller suga luft eller annan gas genom en sandcylinder av olika dimensioner. Som exempel på det förra slagets metoder kan anföras det av HENRY LE CHATELIER och sedan av P. K. NIELSEN använda tillvägagångssättet, då luft ur en gasklocka pressas med konstant tryck genom en sandcylinder; ett annat sätt är att helt enkelt sätta sandcylindern i förbindelse med gasledningen.¹ Som exempel på sugmetoder kan anföras det redan av STEINITZER använda förfaringsättet², varigenom en luftström under konstant tryck suges genom sanden. Det konstanta trycket åstadkommes genom att låta vatten utströmma ur en Woulffsk flaska, som är satt i förbindelse med sandcylindern.

Den metod, jag själv använt, är en modifikation av STEINITZERS metod. Apparaten är skisserad i fig. 2. Från en Woulffsk flaska, rymmande 4 l, utströmmar vattnet under cirka 1 m vattentryck och suger därvid en luftström genom sandcylindern. Luftströmmen har först passerat en stor tvättflaska, så att luften är mättad med vattenånga för att undvika uttorkning av sanden under luftpassagen. Trycket, varmed luften drives genom sandcylindern, uppmättes noga genom en insatt kvicksilverbarometer, som genom slangar står i förbindelse med tvenne T-rör på vardera sidan av cylindern. Avståndet mellan barometerns kvicksilverytor anger differensen mellan lufttrycket vid sandcylinderns båda ändytor på samma sätt, som en i en strömledning inkopplad voltmeter anger potentialfallet mellan två punkter i ledningen. Denna lufttrycksdifferens avläses och tiden, som åtgår för 4 l luft att passera, antecknas. Genomsläppligheten anges sedan i antal liter luft, som i sekunden passerar sandcylindern med en tryckdifferens av 1 atmosfär.³

Sanden är inpackad i en stålring med en inre diameter av 2 cm och en höjd av 1 cm och kvarhålls där av trådnät vid båda ändytorna. På stålringens ändar äro två luftkammrar med munstycken för gummislangar påskjutna. (Se teckningen till vänster å fig. 2.) Det

¹ L. Heber Cole, Investigation of the sands and sandstones of Canada. Canada Dep. of Mines. Mines Branch. Summary Report 1916.

² Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei. G. Geijer. I, Berlin 1911.

³ Jag har icke ansett det nödvändigt att reducera luftmängden i den Woulffska flaskan till samma tryck, enär tryckdifferenserna vid de olika försöken äro så små i förhållande till 1 atmosfärs tryck, att något nämnvärt fel härigenom icke kunnat uppstå.

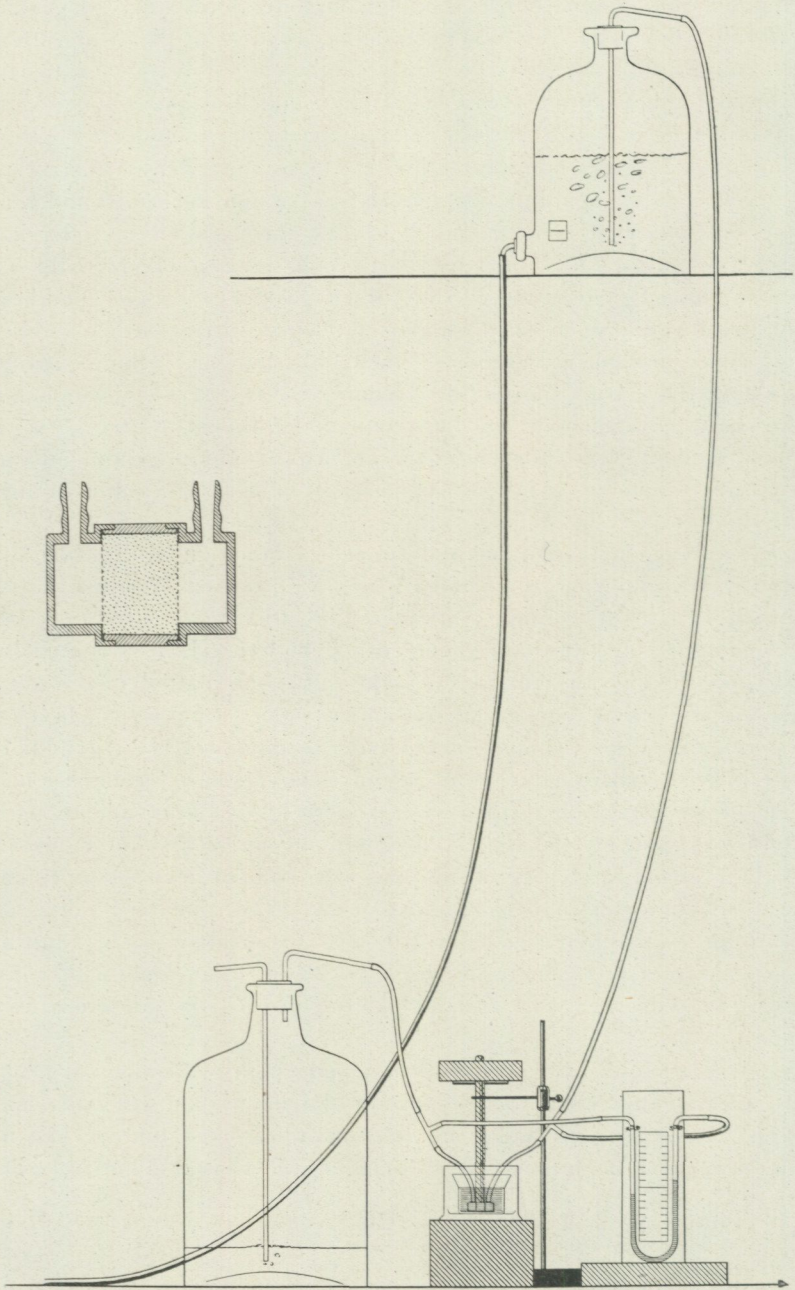


Fig. 2.

måste naturligtvis så anordnas, att luftkamrarna sluta lufttätt till stål-cylindern. Efter några försök att tilltappa springorna med paraffin kom jag på den tanken att under försöket nedsänka cylindern med de påsatta luftkamrarna i kvicksilver. Kviksilver har som bekant negativ kapillaritetskonstant och kan fördenskull ej intränga i springorna. Om blott kvicksilvret står tillräckligt högt över cylindern för att motverka det yttre lufttrycket, blir apparaten fullständigt lufttät.

Den största omsorg måste ägnas åt tillagandet av sandcylindern, för att man skall erhålla överensstämmande resultat. Genom direkta försök har kunnat påvisas, att, om sanden i cylindern inpackas portionsvis med tillpackning av varje portion sand, förtätade ytor i cylindern uppkomma, som betydligt nedsätta genomsläppligheten. Av denna anledning har cylindern tagits blott 1 cm hög. Vid sandens inpackning har ett andra cylinderrör påträffats stålringen, så att de tillsammans bildat en cylinder 2,5 cm lång. Så har hela cylindern fyllts med lös sand och denna tillpackats löst med en tillplattad glasstav; så mycket sand har då funnits i cylindern, att den tillpackade ytan även vid den slutliga pressningen kommit att ligga över 1 cm över botten, sålunda utanför den undre 1 cm höga stålringen. Därefter har cylindern påfyllts portionsvis med sand och efter varje portion ånyo tillpackats, tills cylindern blivit fylld, då sanden pressats med 10 kg liksom vid hållfasthetsbestämningarna. Därpå har den längre cylindern avskjutits och sandcylindern med en kniv avskurits jämnt efter den kvarvarande stålringen, utan att ytan glättats. Försök hava nämligen visat, att en glättning av ytan åstadkommer ett förtätat sandskikt, som minskar genomsläppligheten.

Enligt ett förfaringssätt av J. SHAW¹ sammanpressas en viss volym av löst påfylld sand alltid till en konstant volym, vilken metod även förordas av CARL IRRESBERGER.² Emellertid skulle denna metod icke varit lämplig vid mina försök, som omfatta bestämningar vid olika fuktighetshalter hos sanden, emedan sand av olika fuktighetshalt packar sig så väsentligt olika vid lös påfyllning, att en sammanpressning till en viss volym skulle medföra helt olika täthet vid olika vattenhalter.

Vad till slut beträffar bestämningsmetoder för sandens porvolym, så äro dessa relativt enkla. En exakt metod är att väga en viss sandvolym samt bestämma mineralpartiklarnas specifika vikt, varur porvolymen kan beräknas; en annan kanske ej fullt så exakt metod är att bestämma vattenkapaciteten och sätta denna lika med porvolymen. Jag har använt den senare metoden. Så mycket vatten har påhållts

¹ The Foundry Trade Journal 1913, Juni. S. 344.

² Der Formsand, seine Prüfung und Bewertung. Stahl und Eisen. Jahrg. 33. 1913. 2. S. 1433.

sanden, att denna blivit flytande, och därpå har successivt torr sand tillsatts under massans sammanpackning med en spatel, tills den plötsligt hårdnat, då vattenhalten bestämts. Den funna vattenhalten är ett mått på porvolymen, uttryckt i viktsprocent. Metoden giver tillräckligt säkra resultat, då man har att göra med föga lerhaltiga sandsorter.

Mekanisk sammansättning och porvolym.

De flesta av de här till undersökning upptagna sandsorterna hava blivit mekaniskt analyserade. Genom slamning och sällning hava proven uppdelats i kornstorleksgrupperna grus, sand, mo, mjuna och ler med underavdelningar.

Sammansättningen framgår av nedanstående tabell.

Sandprovens mekaniska sammansättning.

Kornstorlek	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	Nottingham	Svedala	Borlänge	Torup	Gusum	Huvudsta	Köping	Lerdala	Torsålla	Åsersund	Västerhaninge	Laxå
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Grus > 2.0 mm. . . .	3.6	2.5	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—
Sand 2.0—0.6 mm. . .	0.6	4.8	—	2.0	—	15.7	0.8	1.3	16.7	5.1	11.4	2.1
» 0.6—0.2 » . . .	18.1	28.4	2.4	16.2	9.9	16.0	40.4	51.4	60.9	60.7	76.5	86.9
Mo 0.2—0.06 » . . .	61.7	40.6	55.6	44.2	70.2	28.4	46.5	37.1	17.9	28.3	11.1	10.4
» 0.06—0.02 » . . .	3.3	7.4	25.6	24.1	15.2	21.3	9.0	7.3	1.1	3.7	0.4	0.1
Mjuna 0.02—0.006 mm.	2.4	3.8	8.8	8.4	2.3	10.7	1.2	3.1	0.6	0.5	0.1	0.1
» 0.006—0.002 » . .	1.4	1.6	2.4	2.6	0.4	4.0	0.4	0.4	0.6	0.2	0.1	—
Ler < 0.002 mm. . . .	8.1	10.3	4.8	1.5	1.2	3.0	1.4	0.8	2.0	0.6	0.1	0.1
	99.2	99.4	99.6	99.0	99.2	99.1	99.7	101.4	99.8	99.5	99.7	99.7

Tabellen uttrycker den procentiska sammansättningen av sandproven. De två första proven från Nottingham och Svedala likna varandra mycket. De hava båda ungefär samma halt av korngruppen ler och båda hava huvudkvantiteten av partiklarna inom korngruppen grov mo. Svedalasanden har litet mera av fin sand och fin mo än Nottingham-sanden, den är icke fullt så väl sorterad som sanden från Nottingham. Fast lika till sin mekaniska sammansättning hava de dock helt olika

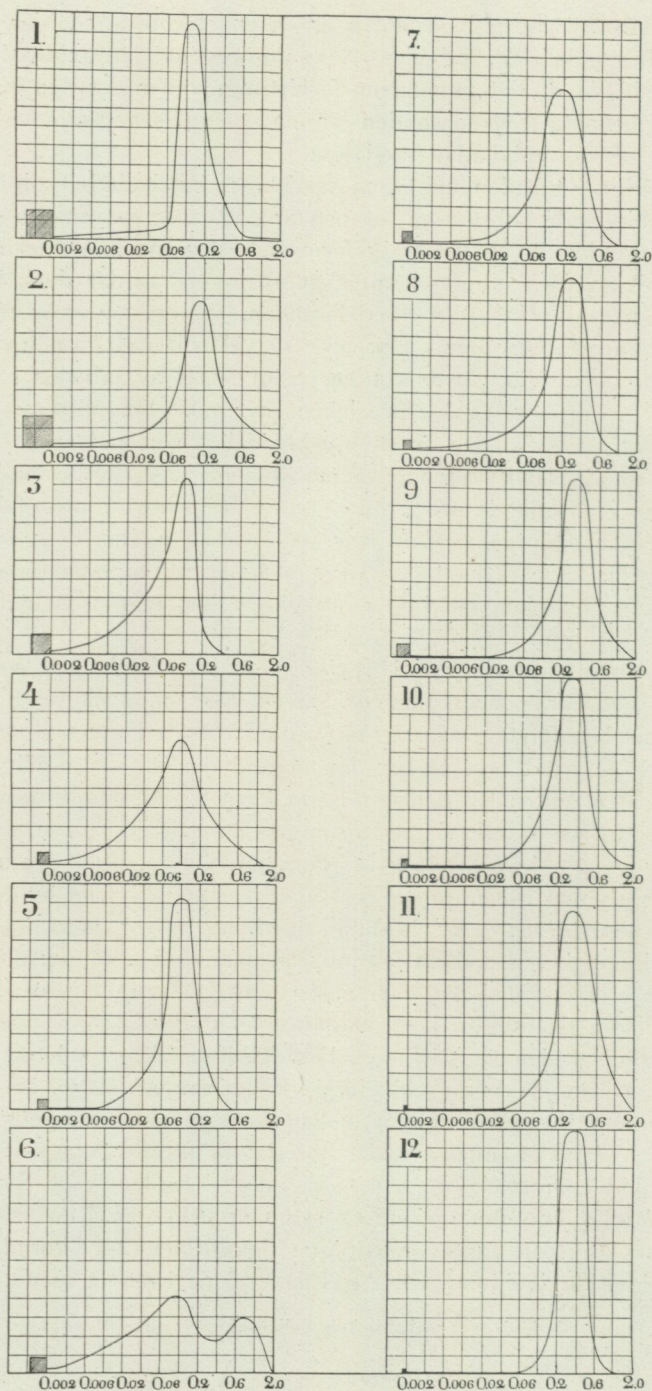
bildningssätt. Nottinghamssanden är en engelsk rödsand, där den bindande beståndsdel, tabellens ler, utgöres av järnoxidhydrat, som bildats vid de mörka mineralens förvittring, under det den i vårt land allmänt bekanta Svedalassanden är en ljusgul sand, som vid sin avsättning blivit uppblandad med lera.

De övriga i tabellen upptagna sandslagen innehålla betydligt mindre av den bindande substansen ler och äro att anse som magra sandslag. Borlängessanden är en finkornig formsand; den innehåller icke mycket sandpartiklar men tämligen mycket av mjuna, av ler dock icke mer än hälften så mycket som Svedalassanden. Torupsanden är ungefär av samma kornstorlek men dock icke så väl sorterad. En mycket bra sorterad sandsort är Gusumsanden. Som synes av tabellen håller den ända till 70 procent av kornstorleken grov mo. Huvudstassanden innehåller litet av varje, den är en mycket dåligt sorterad sand. Alla de nu omnämnda sandtyperna hava mo som huvudsaklig beståndsdel; de i tabellen efterföljande äro grövre, partiklarnas huvudmassa faller inom sandgruppen. Köpingsanden står på gränsen mellan dem båda; den har ungefär lika mycket av vardera av korngrupperna fin sand och grov mo. Huvudmassan ligger antagligen just i gränsen mellan dem, eller vid 0.2 mm.

Partiklarnas sorteringsgrad spelar, som jag framhållit, en viss roll, framför allt för porvolymen och även för genomsläppligheten, och man kan lätt förstå varför. Om vi tänka oss en sand, bestående av idel likstora sandkorn, så har denna sand den största möjliga porvolymen, men om vi till denna tillsätta korn av en mindre kornstorlek, så små att de få rum i mellanrummen mellan de jämnstora kornen, ökas härigenom icke sandens ursprungliga volym, utan den ursprungliga porvolymen bliver så mycket mindre som volymen av de tillsatta mindre sandkornen. Av samma anledning bliver naturligtvis även genomsläppligheten nedsatt; de mindre sandkornen täppa till de förutvarande större kanalerna, och gasen måste passera genom de trånga kanaler, som de mindre kornen bilda.

Sorteringsgraden är därför en betydelsefull faktor, och man har på flerfaldiga sätt sökt att åskådliggöra densamma bättre, än vad som kan komma till synes ur den mekaniska sammansättningens procent-siffror. Vid valet mellan olika föreslagna framställningssätt har jag stannat vid en metod, SVEN ODÉN¹ infört i jordanalysen för att grafiskt åskådliggöra den mekaniska sammansättningen. På abscissaxeln avsättas kornstorlekarna, egentligen logaritmen för korndiametern. Logaritmen är vald för att i passande skala även få med de minsta

¹ Eine neue Methode zur mechanischen Bodenanalyse. Int. Mitteilungen für Bodenkunde. V. 1915, s. 257.



Korndiameter

Fig. 3. Sandprovens fördelningskurvor.

korngруппerna. Eftersom de storlekar, vilka äro satta som gräns mellan de olika korngруппerna, bilda en geometrisk progression, så bilda logaritmnerna en aritmetisk, varför varje korngрупп får lika stor omfattning på abscissan. Fördelningskurvorna äro sedan så uppåtade, att varje korngруппs procenttal uttryckes i den yta, som begränsas av abscissan, av kurvorna och av de båda ordinator, som svara till korngруппens övre och undre gränsdiametrar.

Å motstående fig. 3 äro kurvorna reproducerade. En ruta motsvarar 4 procent. Den streckade kvadraten till vänster anger kvantiteten ler hos provet. För att få en fullt exakt framställning av fördelningskurvan borde ett större antal korngруппer hava isolerats, men i hudsak torde den dock återge den verkliga kornfördelningen hos sandsorterna. Man ser nu av kurvorna omedelbart, dels vid vilken korn diameter maximum av partiklar förekomma, dels även sorteringsgraden. Som bäst sorterade framstå n:r 1 och 12, Nottingham- och Laxåsand, som sämst sorterad n:r 6, Huvudstasand, vilken senare till och med har att uppvisa två maxima.

Av tabellen här nedan för porvolymen kan man konstatera, att just de sandsorter, vilkas fördelningskurvor visa bästa sortering hos partiklarna, i regel också hava högsta porvolymen.

Porvolymen uttryckt som vattenkapacitet i viktsprocent.

N:r	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Porvolym	17.9	13.2	16.9	14.6	20.6	11.2	23.7	19.0	22.4	20.4	23.2	22.9

Den lägsta porvolymen har n:r 6, Huvudstasand, med endast 11.2 procent; fördelningskurvan antyder också, att en blandningsprodukt föreligger. Svedalasan, n:r 2, kommer tämligen lågt med 13.2 procent, ehuru kurvan visar en ganska god sortering på de ingående mo- och sandpartiklarna, men det är att märka, att hos Svedalasan förekommer en ganska hög halt av ler, som till en del fyller porerna; samma är förhållandet med n:r 1 Nottinghamsand, som, trots att kurvan stiger tornlikt upp, icke har högre porvolym än 17.9 procent. Av n:r 7 Köpingsandens höga porvolym (23.7 procent) skulle man hava väntat sig en högre stigande och brantare kurva än den reproducerade. Förklaringen till denna avvikelse är helt enkelt den, att Köpingsanden råkar just hava sitt maximum av partiklar på gränsen mellan två korngруппer mo och sand, varför analysen kom att uppvisa en sämre sortering, än vad i verkligheten är fallet.

Hållfasthet och genomsläpplighet.

Det huvudsakliga arbetet vid denna undersökning har bestått i att bestämma dessa formsandens viktigaste egenskaper. För att kunna jämföra de olika sandsorterna med varandra har det varit nödvändigt att utsträcka undersökningen till att omfatta bestämningar vid olika vattenhalter, enär det för olika sandsorter icke gives någon viss bestämd vattenhalt, där egenskaperna kunna anses ekvivalera varandras. Under det en viss sandsort vid en vattenhalt av t. ex. 7 procent är i det fysikaliska tillstånd, att den är lämpligast för användning till gjutning, så kan för annan sand den lämpligaste vattenhalten ligga vid exempelvis 4 procent. Under sådana förhållanden kan det icke vara riktigt att, som en del forskare på detta område gjort, jämföra olika sandsorter genom bestämningar utförda vid samma vattenhalt.

Så vitt jag har mig bekant, har ännu ingen systematisk undersökning blivit utförd över formsandens egenskaper vid olika fuktighetshalter, varför man icke varit fullt på det klara med, vilken roll fuktigheten spelar. Sålunda finnes det rakt motsatta åsikter angående fuktighetens inverkan på genomsläppligheten. HOLICKY anser, att genomsläppligheten är större i fuktigt än i torrt tillstånd, under det att J. SHAW funnit motsatsen. Huru härmed förhåller sig skall nu närmare undersökas.

Som redan i redogörelsen för undersökningsmetoderna framhölls, har hållfastheten bestämts genom avbrytning av sandcylindrar, formade vid olika fuktighetshalt hos sanden. Fullt exakt kan icke metoden anses, men jag har sökt borteliminera tillfälligheter genom att taga medeltalet mellan tre bestämningar vid samma fuktighetshalt. Det har visat sig, att de lurfattiga (magra) sandslagen giva god överensstämmelse mellan de olika bestämningarna, men att de lerrika (feta) sandsorterna giva sämre värden. För att giva en föreställning om felens storlek skall här en försöksserie återgivas, som är utförd på Borlänge sand, en sandsort, som står på gränsen mellan de magra och feta sandslagen. Följande värden i kg. för hållfastheten erhöles:

0.18; 0.21; 0.19; 0.22; 0.21; 0.21; 0.20; 0.20; 0.26; 0.17.

Medeltal 0.205.

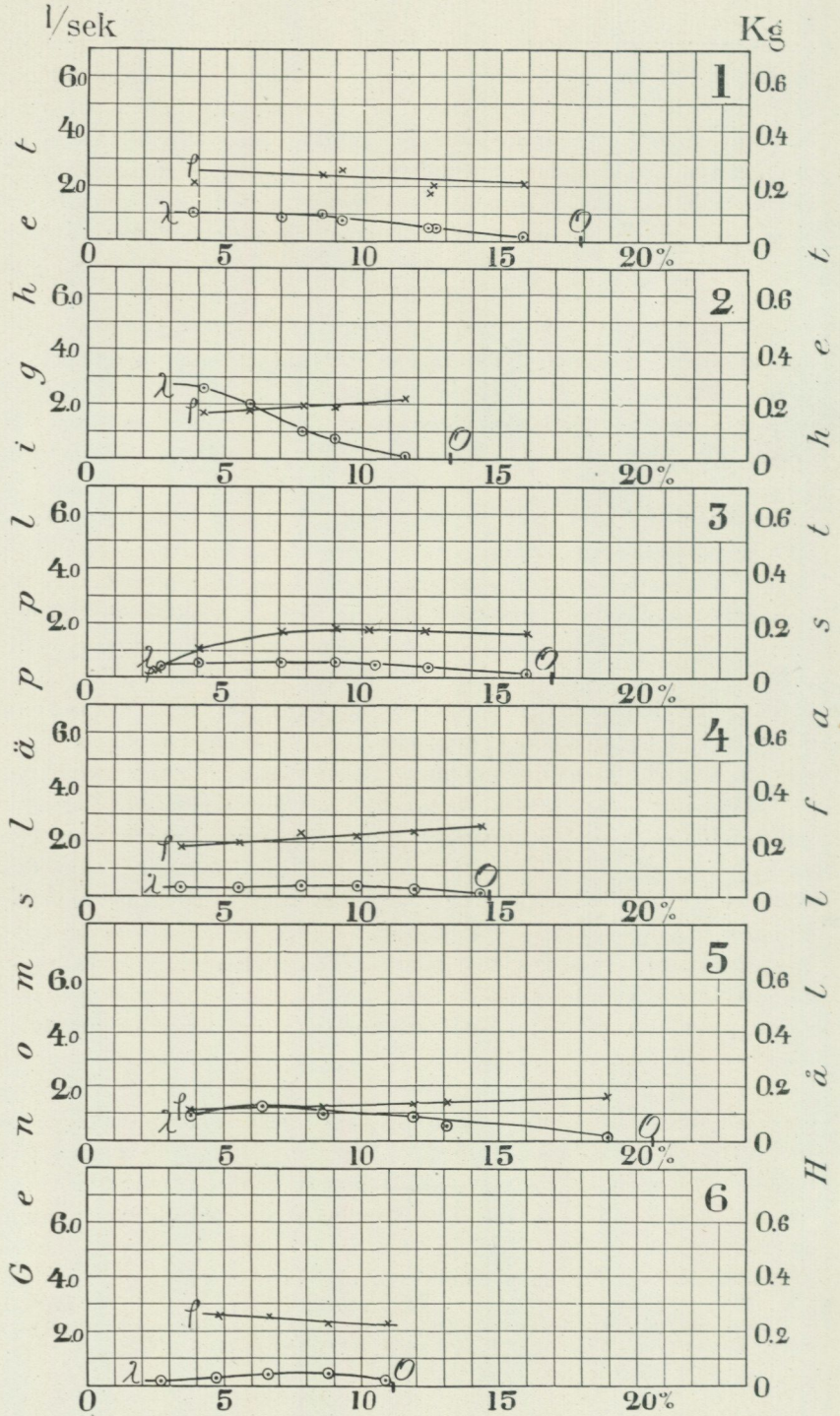
Jag skall vid redogörelsen för bestämningarna icke angiva försöks-siffrorna, utan i stället nöja mig med att hänvisa till kurvorna å sid. 20 och 21, som giva en överskådligare bild, än vad en tabellarisk uppställning kan göra. Kurvorna för hållfastheten äro betecknade med φ . De äro så uppritade, att hållfastheten är tagen som ordinata och

vattenhalten som abscissa. Den vattenhalt, vid vilken porerna äro fullständigt fyllda med vatten, är särskilt utmärkt och betecknad med O . Kurvorna nå emellertid icke så långt som till denna punkt; de omfatta endast ett mindre område omkring den vattenhalt, som kan ifrågakomma vid sandens användning till gjutning, ej heller nå de åt andra hållet så långt som till fullständig torrhet. Av en undersökning, jag gjorde för några år sedan över jordarters fasthet vid olika vattenhalt,² framgick det, att fasthetskurvorna fortsätta i samma linje till punkten O , men att där ett plötsligt avbrott inträder, i det att ett litet vattentillskott i hög grad nedsätter hållfastheten, sanden blir så lös, att den fullständigt flyter sönder, samt att mot torrhet kurvan stiger raskt för de lerhaltiga jordarterna.

Som synes av fasthetskurvorna, bilda dessa åtminstone inom vissa gebiet räta linjer, d. v. s. hållfastheten tilltager eller, hos tvenne prov, avtager proportionellt med vattenhalten. Som allmän regel gäller, att hållfastheten tilltager med vattenhalten. Vid låg fuktighetshalt visa ett par av kurvorna, nämligen de för sandsorterna n:r 3 och 7 ett starkt avtagande av hållfastheten, särskilt vad n:r 3 beträffar, ty här sjunker hållfastheten från att hava varit närmare 0.2 kg ned till 0.04 kg vid en vattenhalt av 2.7 procent. För vanlig gjutning av medelgrovt gods tyckes det, efter den erfarenhet jag fått, som om det skulle behövas en hållfasthet hos sanden av minst 0.1 kg. Sandsorterna n:r 7 och 8 äro alltså i magraste laget, och de med lägre fasthet äro för magra för användning utan någon tillsats av bindemedel.

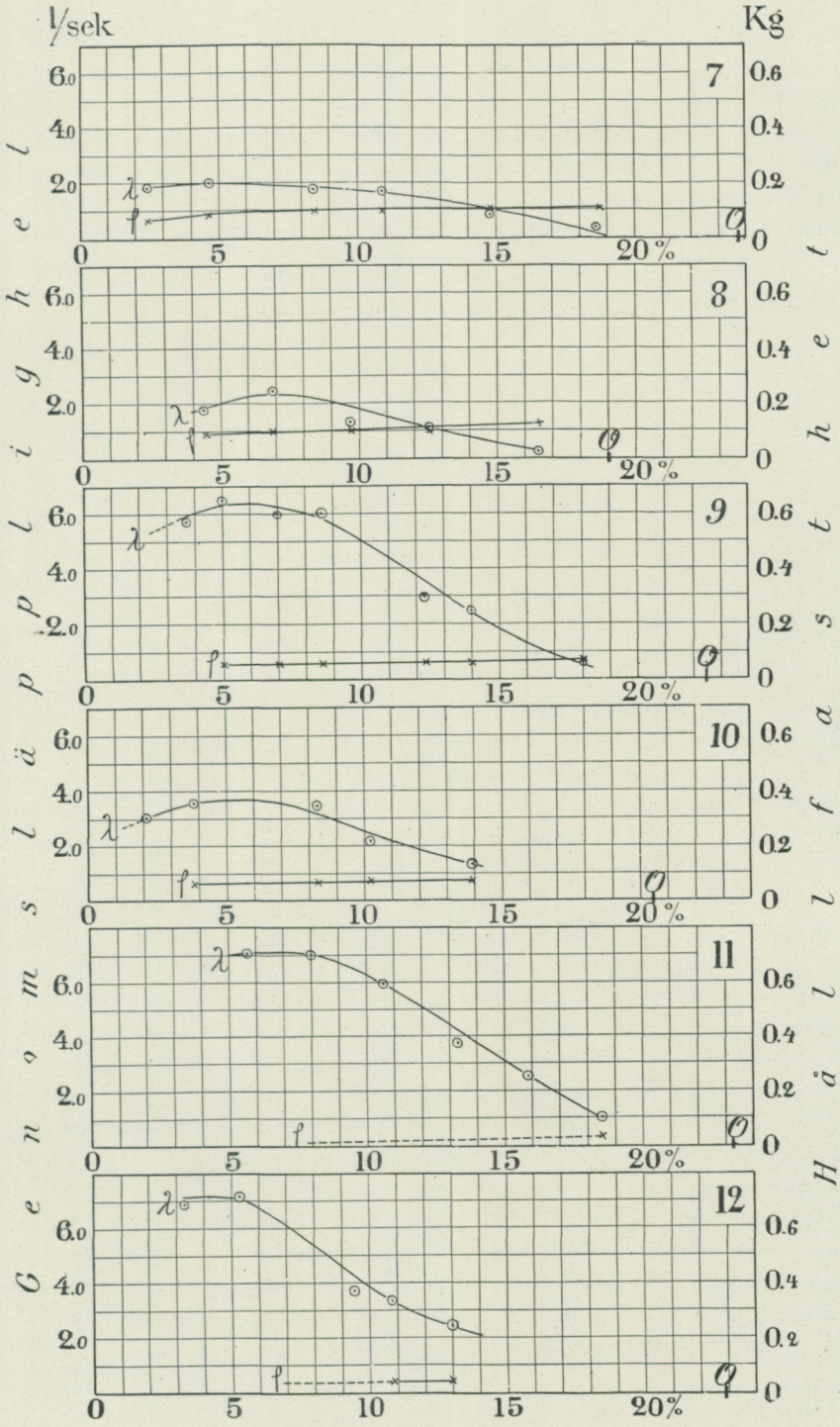
Vid samma fuktighetshalt hos sanden, vid vilken hållfastheten bestämts, hava även bestämningar gjorts på genomsläppligheten efter förut beskrivet tillvägagångssätt, och här har ävenledes medeltalet tagits av tre parallellförsök. Det har redan framhållits, att genomsläppligheten är ytterst känslig för ojämnheter i provet och att därför största omsorg måste ägnas åt beredandet av sandcyllindern. Det har framgått av försöken, att största osäkerheten vidlåder de bestämningar, som företagits i mycket fuktig sand, då porerna i det närmaste äro fyllda med vatten; det kan då inträffa, att vatten t. o. m. blåses ut ur cyllindern. Ett fel här betyder dock ej så mycket, då det aldrig kan komma ifråga att gjuta i så fuktig sand. Ett annat tillfälle, då bestämningarna kunna visa stora avvikelser, är, då sanden är starkt lerblandad. Sanden får då vid omblandning i fuktigt tillstånd en kornig struktur, och under sådana förhållanden är det naturligtvis omöjligt att vid de olika försöken erhålla samma kornighet på provet. De här prövade sandsorterna hava emellertid icke varit så lerhaltiga, att någon

² Die Festigkeit der Bodenarten bei verschiedenem Wasserhalt nebst Vorschlag zu einer Klassifikation. S. G. U. Ser. C, N:o 256 (= Årsbok 1913: 3).



Vattenhalt

Fig. 4. Genomsläplighets- och hållfasthetskurvor.



Vattenhalt

Fig. 5. Genomsläpplighets- och hållfasthetskurvor.

olägenhet i den riktningen uppstått; det var först vid försök med lerinblandningar till större procent, som den korniga strukturen uppträdde.

Jag skall här liksom vid redogörelsen för hållfastheten meddela en försöksserie för att giva en föreställning om metodens tillförlitlighet. Serien omfattar 5 olika försök med den tämligen lerrika Nottinghamssanden vid en vattenhalt av 8.5 procent. De erhållna värdena upp- tagas i nedanstående tabell.

Försöksserie över genomsläppligheten.

t	B	λ
2 ^m 2 ^s	23	1.07
2 ^m 4 ^s	24	1.02
2 ^m 13 ^s	29	0.79
2 ^m 8 ^s	25	0.94
2 ^m 8 ^s	25	0.94

Medeltal 0.95

t = observerad tid som åtgår för 4 l luft att passera genom cylindern.

B = observerad lufttrycksdifferens vid sandcylinderns båda ändtytor.

λ = reducerad genomsläpplighet till antal liter luft i sekunden vid en tryckdifferens av 1 atmosfär.

Kurvorna representerande genomsläppligheten hava tecknats tillsammans med hållfasthetskurvorna sid. 20 och 21. De äro markerade med λ . Ordinatan anger genomsläppligheten uttryckt i liter luft, som i sekunden passerar genom sandcylindern vid ett lufttryck av 1 atmosfär, och abscissan sandens vattenhalt. Man får av kurvorna omedelbart en jämförelse mellan de olika sandslagens genomsläpplighet. Som var att vänta, visa de grovkornigare sandslagen den största genomsläppligheten. N:r 11 och 12 genomsläppa i maximum ända upp till 7 liter luft i sekunden. Att n:r 9 är bättre genomsläpplig än n:r 10 måste tillskrivas det sistnämnda sandslaget högre halt av mopartiklar, som ligga inlagrade mellan sandkornen och något hämma luftpassagen. Minst genomsläpplig visar sig n:r 6, Huvudstasanden, vara. Den genomsläpper maximalt endast cirka 0.5 liter pr sekund, vilket förhållande står i samband med sandens natur av en blandningsprodukt (se tabellen sid. 14 och fördelningskurvorna sid. 16). N:r 5, Gusumsanden, har i förhållande till sin kornstorlek ovanligt hög genomsläpplighet (den uppgår till över 1 liter pr sek.), beroende på att sanden är mycket väl sorterad. Av de två första proven, n:r 1 Nottingham och n:r 2 Svedala, visar sig den senare trots något högre lerhalt vara bättre genomsläpplig; den har också, som man finner av tabellen, något grövre korn.

Vad kurvornas förlopp beträffar, så blev jag i början något överraskad av att finna, att de i regel uppvisa ett maximum inom ett fuktighetsgebit, som ligger mellan 4 och 8 procent, de flesta omkring 7 procent. Det är klart, att sanden bör användas vid den vattenhalt, där den har sin största genomsläpplighet, alltså just inom detta fuktighetsgebit. Ehuru inga undersökningar föreligga, som uppvisat, att ett sådant maximum existerar, uppgives det dock i litteraturen, att lagom fuktighetshalt är 7 procent. Ett nytt exempel på praktikens förmåga att pröva sig fram till det rätta. Svedaläsandens kurva visar, som man ser, att fuktigheten för denna sand bör vara ganska låg, vid cirka 4 procent. Det roade mig att pröva, om praktiken även för denna sand funnit den riktiga vattenhalten. Jag tog prov av sanden, efter det gjutmästare NIELSEN i Västerås gjort en i hans tycke för sanden lämplig vattentillsats, och vattenhalten befanns verkligen ligga mellan 3 och 4 procent.

Att genomsläppligheten från det maximala värdet skall avtaga med tilltagande vattenhalt, ända tills vattnet fullständigt täpper till luftkanalerna och sanden blir ogenomsläpplig, är lätt att förstå, men att genomsläppligheten skall minska inom det torrare gebietet med vattenförlust är svårare att fatta, helst ju även här ett borttagande av vatten bör lämna luftströmmen friare passage. Den enda förklaringen härtill, som jag tror är möjlig, är, att i torr eller i tämligen torr sand rinna sandkornen om varandra, varför sanden packar sig tätare, än då den är mera fuktig, då vattnet starkare håller fast sandkornen vid varandra, och därtill kommer att, då sanden håller mindre fuktighet, så ligger vattnet, får man antaga, undanstucket i vinklar och vrår mellan sandkornen och inverkar icke så mycket förträngande på luftkanalerna inom det torrare gebietet som inom det fuktigare.

Jag har företagit en närmare prövning av vattenhaltens inverkan på genomsläppligheten. Jag gjorde försök med två sandsorter, med Borlängesanden och den något grövre Köpingsanden. För att undgå olikheter i packningsgrad hos sand av olika fuktighetshalt, ordnades försöket så, att genomsläppligheten först bestämdes hos den fuktiga sandcylindern, och därpå, sedan den fått torka i stålringen, då sanden naturligtvis bibehåller samma lagring och täthet, gjordes ytterligare en bestämning. Skillnaden i genomsläpplighet, som då erhöles, är sålunda uteslutande att tillskriva fuktighetens inverkan. Försöket upprepades vid olika fuktighetshalt hos sanden. Resultatet framgår av omstående kurvor, där ordinatan uttrycker ökning i genomsläpplighet vid provets torkning, angiven i procent av genomsläppligheten i torkat prov.

draga sig undan i, utan här kommer ett vattentillskott snart att inkräkta på luftkanalerna. Man kan härav draga den slutsatsen, att ju finare sanden är, ju mindre inflytande har fuktigheten på genomsläppligheten inom det mindre fuktiga området.

Det kan hava sin praktiska betydelse att göra klart för sig detta förhållande. Då i regel hållfastheten ökas med vattenhalten, kan det vara fördelaktigt veta, att genomsläppligheten endast obetydligt minskar och att man sålunda utan att nedsätta denna allt för mycket kan använda sin sand i ett fuktigare och därmed fastare tillstånd, än vad man kanske annars skulle våga.

Jag skall avsluta denna redogörelse över sandslagets hållfasthet och genomsläpplighet med att påpeka den praktiska nytta, man kan hava av dylika undersökningar, som kunna företagas på varje gjuteri, då härför ingen särskild laborieutrustning erfordras. Sedan man för den använda sanden upprättat hållfasthets- och genomsläpplighetskurvor, kan man ur dem omedelbart utläsa, vid vilken vattenhalt sanden bäst ägnar sig för sitt ändamål. I dessa kurvor har man dessutom ett gott medel att värdesätta ett nytt oprövat sandslag, i det man av de upprättade kurvorna kan jämföra detsamma med förut undersökta. Som exempel härpå skall anföras en undersökning jag gjort av två danska sandsorter, Randers n:r 1 och Randers n:r 2, som utbjudits till försäljning. Kurvorna följa här nedan.

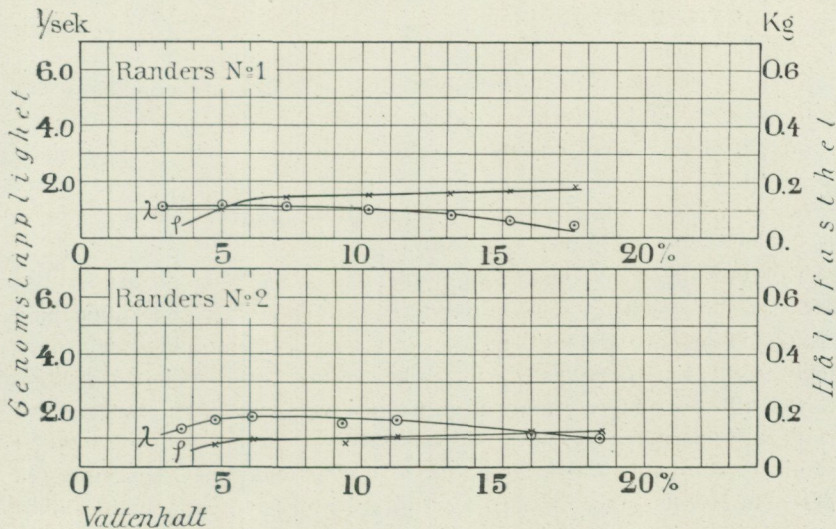


Fig. 7. Genomsläpplighet och hållfasthet hos tvenne danska sandsorter.

Om vi jämföra dessa kurvor med de förut framställda å sid. 20 och 21, finna vi, att Randers n:r 1 kan jämföras både till hållfasthet och genomsläpplighet med den svenska sandsorten n:r 5 Gusum och likaså kan Randers n:r 2 jämföras med n:r 7 Köpingsand.

En tredje och kanske den viktigaste användning, man kan hava av dessa bestämningar, är, då man genom sandblandningar vill framexperimentera en lämplig formsand. Man kan då av bestämningarna erhålla en exakt kännedom om tillsatsens inverkan, vilket naturligtvis i hög grad underlättar arbetet med att utfinna det riktiga. Jag har gjort några försök i den riktningen med några vanligen använda tillsatsmedel för att utröna, vad dessa kunna hava för kraft och verkan. Till Köpingsanden har tillsatts lera i form av lervatten och så mycket, att tillblandningen av lera uppgått till 1.5 procent. Vid ett annat försök har till samma sand tillsatts 1.5 procent sulfitlut av den koncentration, som användes i gjuterier, och i ett tredje försök har sanden uppblandats med 7 procent stenkolsot. De erhållna kurvorna återgivas å följande sida.

Om vi först betrakta kurvorna för hållfastheten, finna vi, att kurvan för oblandad Köpingsand ligger i närheten av 0.1 kg. Inblandningen av lera synes icke hava utövat någon vidare förändring. Hållfastheten har märkvärdigt nog blivit något mindre utom i torrt tillstånd, ty då blevo sandcylindrarna så hårda, att de icke kunde brytas i den använda apparaten. 1.5 procent lera är tydligen en alldeles för liten tillsats för att giva åt sanden någon nämnvärd ökning i hållfasthet i fuktigt tillstånd. Tillsatsen av sulfitlut kan även sägas hava sänkt hållfastheten i fuktigt tillstånd. Detta är lätt att förstå. Sulfitluten nedsätter ytspänningen hos vattnet, och följaktligen få de vätskemenisker, som sammanhålla sandpartiklarna, mindre spänning och sanden blir lösare. Vid lufttorrhet blev däremot sanden ännu hårdare än vid lertillsats. Vid inblandning av stenkolsot, så mycket som 7 procent, erhöles verkligen någon, fast obetydlig, ökning i hållfasthet. Kurvan ligger här i linjen för hållfastheten 0.1 kg.

Vid jämförelse av genomsläpplighetskurvorna finna vi, att lertillsatsen icke minskat genomsläppligheten, tvärtom har densamma något ökats, i det att det inblandade leret emot förmodan gjort sanden luckrare. Man behöver därför icke frukta, att en lertillsats skall täppa till en mager sand, åtminstone icke om man rör sig med rimliga kvantiteter. Sulfitluten har även i detta avseende haft en skadlig inverkan. Visserligen har icke den maximala genomsläppligheten minskats, men inom det fuktigare gebietet kan man tydligen spåra en nedsättning, vilken troligen beror av samma anledning som hållfasthetsnedsättningen, nämligen minskning i ytspänningen. Den

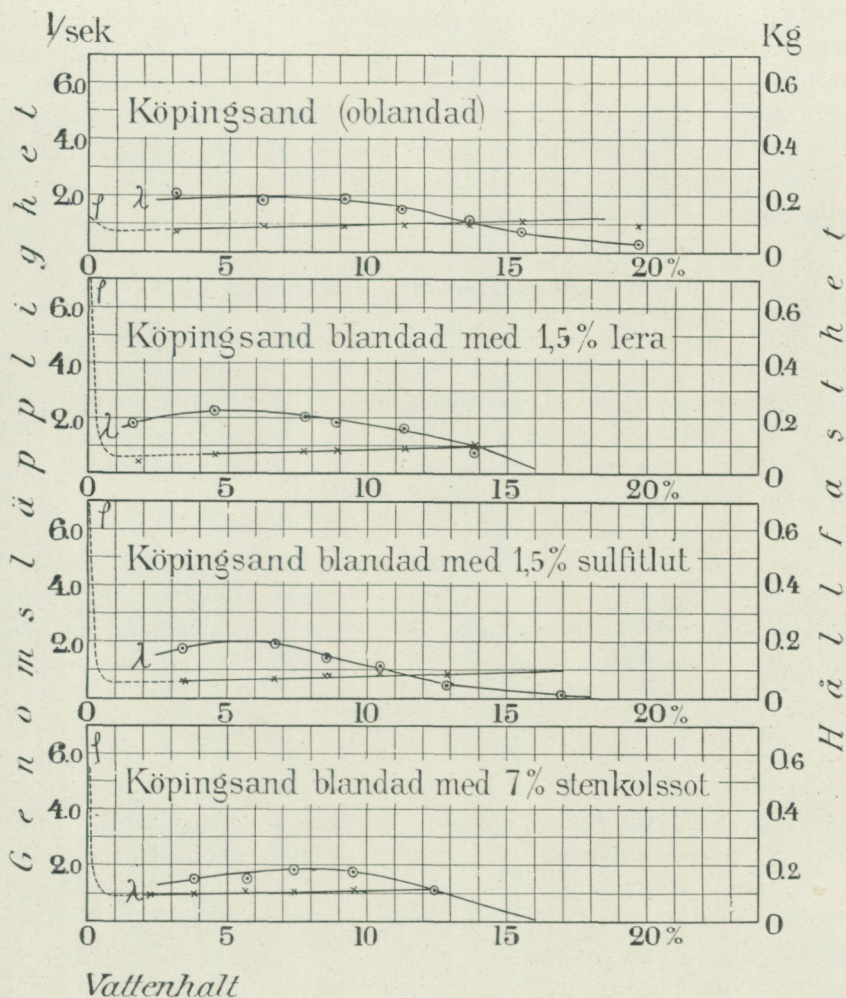


Fig. 8. Olika tillsatsmedels inverkan.

minskade ytspänningen har, kan man tänka sig, förorsakat, att vätskan mellan sandkornen icke kunnat draga sig så långt undan i hörnen, som om den bestått av rent vatten, och att den därför inkräktat på luftkanalerna. De 7 procenten stenkolsot hava likaså endast haft en obetydlig nedsättning i permeabiliteten till följd. Det har förordats i litteraturen, att stenkolsotet bör hava kornig struktur med korn av samma storlek som de förhärskande sandkornen för att icke menligt inverka på genomsläppligheten. Det vore gott och väl, om det ginge

för sig att erhålla just lagom pulveriserat stenkolsot, men som det icke kan gå, tror jag det är bäst att pulverisera sotet så fint som möjligt. Det täpper då till mindre, ty en del korn skulle naturligtvis komma att bliva av den storleksordningen, att de finge rum mellan sandkornen och följaktligen tilltäckte mera än som stofffint pulver, enär detta kan lägga sig i undanstuckna vrår utan att menligt inverka på luftpassagen.

Formsandens geologiska uppträdande.

Som redan i inledningen blivit nämnt, var målet med denna undersökning att utröna, vilka faktorer som betinga en sandsorts användbarhet som formsand för att med ledning härav kunna vinna en uppfattning om, vilka geologiska förhållanden som betinga uppkomsten av en formsandsavlagring. Har man väl lyckats utfinna betingelserna för formsandsbildningen, har man därmed erhållit en ledande princip att följa i fält vid eftersökandet av formsandsfyndigheter.

Av de här undersökta svenska sandsorterna är det egentligen endast Svedalasan den, som har den lämpliga sammansättningen; de övriga äro mer eller mindre renslammade sandsorter, som avlagrats i nutida eller forna floder eller sjöar och vilkas motsvarigheter man kan finna litet varstans i vårt land. Det kan därför vara skäl att närmare utröna, under vilka betingelser just Svedalasan den bildats. Det är dock tyvärr så, att de kvartärgeologiska förhållandena i Svedalatrakten äro mycket invecklade, och man har ännu icke kommit till enighet i förklaringen av härvarande avlagringars bildningssätt. Man är dock ense om, att de här åsyftade avlagringarna bildats i samband med isens avsmältning och att de avsatt sig i sött vatten, antingen i en större isdämd sjö (Munthe) eller i mindre i istäcket utsmälta hål (Westergård).

Det problem, som närmast intresserar oss, är att utfinna anledningen till Svedalasantens höga lerhalt. Den teorien har framlagts, att förutsättningen för att en sandavlagring skall bliva inmängd med ler är, att det slamförande vattendraget skall utmynna i en bassäng med salt vatten. Det salta vattnet koagulerar då lerpartiklarna till lerklumpar, som avsätta sig samtidigt med sanden.¹ Men utom den omständigheten, att de sandförande lagren måste hava avsatt sig i strömmande vatten, medan ännu smältvattnet haft kvar något av sin strömhastighet, och att det därför troligen icke hunnit bliva uppblandat med det salta havsvattnet i så hög grad, att dess salthalt kunnat utöva något

¹ SVEN ODÉN, Allgemeine Einleitung zur Chemie u. physikalischen Chemie der Tone. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. Vol. XV, s. 191.

inflytande på sedimentationen, så är det beträffande den synnerligen lerhaltiga Svedalasan den konstaterat, att denna avsatts i en bassäng med fullkomligt sött vatten. Man måste därför tillgripa en annan förklaring för lerinblandningen. Enligt min åsikt beror lerinblandningen huvudsakligen på, att smältvattnet varit ytterst lerigt. Ur den leriga uppslamningen hava sandpartiklarna vid avsättningen ryckt med sig leret, alldeles som förhållandet är vid slamning av jordarter i slam-cylindrar. Man måste nämligen omslamma provet flera gånger, innan man erhåller en lerfri fraktion, och därtill kommer att sandkornen antagligen aldrig varit fullt rensköljda från vidhäftande lerpartiklar, härstammande från det leriga ursprungsmaterialet.

Anledningen till, att vattnet, vari sedimentationen försiggått, här varit exceptionellt lerigt, ligger, kan man antaga, till en del däri, att smältvattnet från inlandsisen utmynnat i instängda bäcken, varför en uppblandning med rent vatten, som kunnat minska slamkoncentrationen, varit utesluten, och dessutom har nog smältvattnet varit betydligt lerigare härstädes, än vad vanligen är fallet. De skånska moränerna, varifrån slammet ursprungligen härstammar, äro som bekant i regel mycket leriga (moränlera), och en ytterligare anledning ligger däri, att under de isframryckningar öfver redan avsatta sediment, som här förekommit, hava dessa delvis åter uppslammats och i sin mån bidragit till att öka smältflodernas slamhalt.

Till belysande av Svedalasanens lagringsförhållanden meddelas här en skiss öfver ett sandtag tillhörigt ÅBJÖRN ANDERSSON i Svedala som upprättades vid ett besök på platsen.

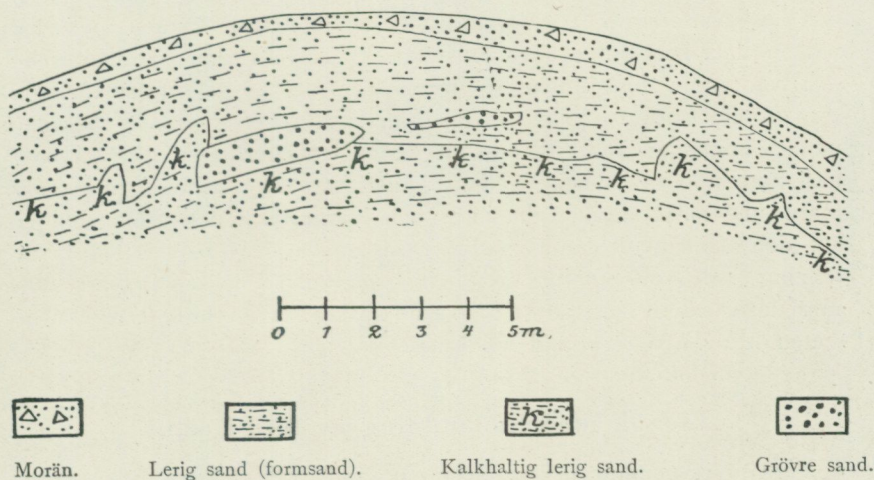


Fig. 9. Profil visande Svedalasanens lagringsförhållanden.

Det till formsand användbara lagret utgöres av en lerhaltig skiktad sand, som är täckt av en mantel morän, 0,5 till 1 m. mäktig. Moränen kan vara sandig eller lerig beroende på underlagets beskaffenhet; där detta är mera lerigt, får moränen en lerig sammansättning och tvärtom. Moränens nära samband med underlaget tyder på, att den avsatts vid en av de här i trakten vanliga isframskjutningarna, då isen ryckt fram över de underliggande lagren.

Inom formsandslagret förekomma ett par linsformade partier av grövre lerfri sand med skiktningen orienterad efter den i de omgivande lagren rådande, om vilkas uppkomstsätt det kan vara delade meningar. Jag skall dock icke ingå på de olika möjligheterna för deras tolkning.

Under formsandslagret kommer en starkt kalkhaltig ävenledes lerhaltig sand, som varken i skiktning eller sammansättning, utom vad kalkhalten beträffar, skiljer sig från den till formsand användbara. Det var endast möjligt att följa kontakten genom pågjutning av syra, då en stark fräsning omedelbart inträdde, så fort man kom inom det kalkhaltiga lagret. Gränsen mellan det kalkfria och det kalkhaltiga lagret gick i en skarp fast oregelbunden linje, den kunde stundom gå rätt vertikalt. Ur formsandslagret har den ursprungligen ingående kalken genom nedsipprande vatten utlösts och sedan delvis utfällts inom underliggande horisont.

Med nu anförda teori för Svedalasadens bildningssätt som ledande princip eftersökte jag hösten 1918 nya formsandsfyndigheter, varvid några dalgångar inom det småländska höglandet besöktes. Dessa dalgångar hava vid landisens avsmältning upptagits av isdämda sjöar, och det var därför att förmoda, att analoga förhållanden med dem vid Svedala här kunde hava existerat. I själva verket påträffades här och var inom lersedimentens bottenlager lerhaltiga sandavlagringar, som föreföllo användbara till formsand. Emellertid visade en senare undersökning av hållfastheten, att denna trots lerhalten icke på långt när kom upp till Svedalasadens hållfasthet. Jag har sedermera närmare undersökt detta förhållande och kommit till den uppfattningen, att den inblandade lerans natur spelar en väsentlig roll. I nästa avdelning redogöres för några försök, som belysa detta. Tyvärr kommer detta nya faktum att i hög grad inskränka möjligheterna för påträffande av nya formsandsfyndigheter.

Försök med inblandning av lera i sand.

Våra övervägande magra svenska sandsorter måste i gjuterierna tillsättas med lera för att öka hållfastheten. Leran tillsättes vanligen

i form av lervatten, men för att få tillräcklig lerhalt i sanden måste tillsatsen upprepas flera gånger efter föregående torkningar, vilket vållar ganska mycket besvär. Man har även konstruerat blandningsmaskiner, som i torrt tillstånd sammanblanda sand och lera, sedan leran förut blivit krossad och pulveriserad. Vid därpå följande vattentillsats hava emellertid lerpartiklarna benägenhet att klumpa ihop sig, varför en rätt intensiv omröring och bearbetning måste följa, exempelvis i desintegrator, för att få en homogen blandning. I facklitteraturen finner man ofta framhållet, att de konstgjorda sandblandningarna icke nå upp till de naturliga i kvalitet, vilket man anser bero på, att blandningsmaskinerna ej lyckats nog intimt sammanblanda leran med sanden. För min del är jag böjd anse orsaken ligga huvudsakligen däri, att man icke tagit lera av tillräcklig bindkraft.

Vid de blandningsförsök jag utfört har jag gått så tillväga, att till leran i plastiskt tillstånd successivt tillsatts sand under omröring samt vatten för att ständigt hålla blandningen i ett plastiskt tillstånd, då den går bäst att bearbeta. Sandblandningen har sedan fått torka till lagom fuktighetshalt.

Blandningsförsöken utfördes med olika slags lera och sand, tagen från Habo, från de vid västra stranden av Vättern befintliga mäktiga sandavlagringarna. Den utgöres av en lerfri ganska ren kvartssand, till kornstorleken något grövre än Köpingsanden. Sandens hållfasthet och genomsläpplighet illustreras av nedanstående kurvor.

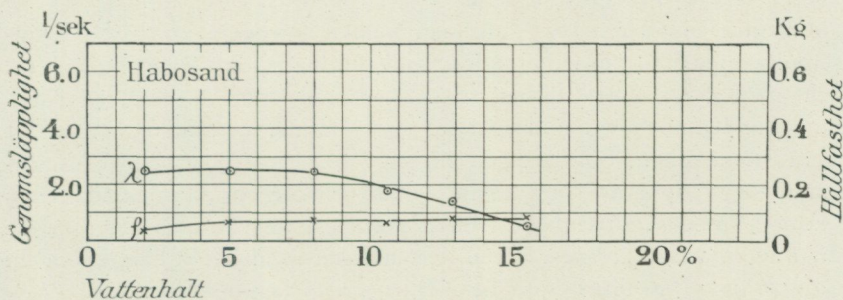


Fig. 10. Hållfasthet och genomsläpplighet hos Habosanden.

Det kan vara tillräckligt belysande för olika lerors inverkan på sanden att endast meddela resultaten från försök med tre slags leror. Jag har härför utvalt en mindre styv glacial lera från Habo, som underlagrar Habosanden, en mycket styv lera från Svedala, tillhörande de sega platålerorna härstädes, och slutligen en av de styvaste lertyper vi känna i vårt land, nämligen en ancycluslera från Uppsalatrakten. Med dessa tre leror har Habosanden uppblandats till en lerhalt

av 20 procent och på blandningen hava hållfasthets- och genomsläpplighetsprov utförts. Resultaten äro sammanförda i nedanstående tabell, som upptager siffrorna, erhållna vid samma vattenhalt hos såväl sanden oblandad som hos de olika blandningarna, nämligen vid 5.5 procent.

Inverkan av lertillsats.

	Oblandad Habosand	Habosand + 20 % lera		
		Glacial lera från Habo	Platålera från Svedala	Ancyluslera från Uppsala
Hållfasthet	0.06	0.13	0.55	0.57
Genomsläpplighet	2.5	2.5	2.5	3.0

Siffrorna för oblandad Habosand angiva, som man kan finna av samma sands kurvor här ovan, värdena för hållfasthet och genomsläpplighet vid den vattenhalt, där genomsläppligheten har sitt maximum.

På sandens hållfasthet har en så hög lertillsats som 20 procent av den glaciala leran från Habo endast haft en obetydlig effekt. Leran är i sig själv föga hållfast i fuktigt tillstånd och har därför ej haft förmåga att starkare sammanbinda sandpartiklarna. De ytterst sega lerorna från Svedala och Uppsala hava däremot ökat sandens hållfasthet i betydlig grad från 0.06 till 0.55, respektive 0.57 kg.

Lertillsatsen har icke, som man kunnat förmoda, minskat genomsläppligheten, den är vid ifrågavarande fuktighetshalt lika hög och till och med högre vid tillsats av ancylusleran från Uppsala, än i den rena sanden, och vid mindre fuktighet kommer den till och med att ännu mera öka. Förklaringen ligger i att lerpartiklarna icke uteslutande lägga sig i mellanrummen mellan sandkornen utan bekläda deras yta och med sandpartiklarna bilda korn av större dimensioner än de ursprungliga sandkornen. Den lerblandade sanden får härigenom en grövkornigare struktur, som befördrar genomsläppligheten.

En olägenhet är, att porvolymen vid lertillsats minskas högst väsentligt och att man fördenskull måste forma sanden vid betydligt mindre vattenhalt än eljest. En annan olägenhet är, att på grund av den korniga strukturen det kan vara svårt erhålla en slät yta, varför dylika sandblandningar bäst torde ägna sig för gjutning av grövre gods. För finare gjutgoods finnes det ju gott om tillräckligt hållfasta finare sandslag i vårt land, exempelvis Gusumsanden.

Slutgiltigt svar på sandblandningarnas användbarhet erhålles dock först i gjuteriet. Skulle det då visa sig vid avprovning av sandbland-

ningar med styva leror, att de verkligen hålla vad laboratorieförsöken utlovat, så får man anse vår formsandsfråga löst i lycklig riktning. Det ligger då i gjutmästarens hand att göra den sandblandning, som bäst passar för olika gjuteriändamål. Man kan då erhålla en fullt homogen produkt, som i så måtto har företräden framför sand från naturlig avlagring med dess växlande beskaffenhet.

Resümee.

Die vorliegende Untersuchung einiger schwedischen Formsandsorten wurde in der Absicht ausgeführt, die Eigenschaften geeigneten Formsandes genauer zu studieren, um auf diese Weise Kenntnis davon zu erhalten, welche Zusammensetzung des Sandes die Bedingung für einen guten Formsand bildet. Ist diese Frage einmal beantwortet, so besteht damit auch die Möglichkeit, den geologischen Prozessen auf die Spur zu kommen, welche die Entstehung zu Formsand geeigneter Ablagerungen verursachen. Auf diese Weise erhält man ein leitendes Prinzip oder wenigstens eine Arbeitshypothese, der man bei der Suche nach neuen Formsandlagerstätten folgen kann. Ausserdem ist die Kenntnis einer geeigneten Formsandzusammensetzung die notwendige Voraussetzung für die Herstellung künstlicher Sandgemenge.

Die Eigenschaften des Formsandes.

Bekanntlich fordert man von einem guten Formsand zum Giessen in grünem Sand, dass er hinreichend *feuerfest* ist, um nicht an den Abguss anzubrennen, hinreichend *bindig*, so dass die Form hält, dass er *feinkörnig* ist, damit der Guss eine ebene Oberfläche erhält, sowie dass er hohe *Gasdurchlässigkeit* besitzt, um den grossen Quantitäten Wasserdampf und Kohlenoxyd Abfluss zu gewähren, die im ersten Augenblick nach dem Eingiessen des Metalls mit fast explosionsartiger Geschwindigkeit sich entwickeln, endlich dass der Sand auch ein *hohes Porenvolumen* hat, um das Kondensationswasser aufnehmen zu können, ohne dass die Poren sich füllen und der Sand undurchlässig gemacht wird.

Methoden für Formsanduntersuchungen.

Diese Eigenschaften des Formsandes, ausser was die Feuerfestigkeit betrifft, sind nach zuvor bekannten, etwas modifizierten Methoden untersucht worden. In Anbetracht der Schwierigkeit, einen bestimmten Schmelzpunkt bei aus verschiedenen Mineralien mit verschiedenen Schmelzpunkten bestehendem Sand zu fixieren, habe ich es für das zweckmässigste erachtet, praktische Versuche in den Giessereien in dieser Sache entscheiden zu lassen.

Die mechanische Zusammensetzung oder Feinkörnigkeit der Formsandproben ist nach den üblichen Methoden festgestellt worden; so sind die stärkeren Korngrössen bis herab zu 0.6 mm mittelst Siebens in Rundlochsieben abgesondert, und die kleineren Körnergruppen sind durch Schlämmen in Atterbergs Schlammapparat isoliert worden.

Zur Bestimmung der *Festigkeit* ist die Abbrechmethode gewählt worden. Der Sand wird zu einem Zylinder von etwas mehr als 2 cm Länge und von 1 cm Radius geformt. Der Sandzylinder wird sodann über einen Ausschnitt in einem Holzklotz gelegt. Der Ausschnitt misst genau 2 cm von Rand zu Rand, und da der Sandzylinder etwas länger ist, kann er sich an den Enden auf den Klotz stützen. Mitten über den Zylinder wird ein 2 mm breites, dünnes Magnesiaband gelegt, an welchem ein leichter Becher zur Aufnahme von Schrotkörnern befestigt ist. Für das Magnesiaband sind Löcher so angebracht, dass das Band auf der Mitte des Zylinders ruht. (Fig. 1.)

Vor dem Einfüllen der Zylinderform behufs Formung des Zylinders ist der Sand sorgfältig gemengt worden, was am besten dadurch geschieht, dass man den angefeuchteten Sand auf einem Papier ausbreitet und umrührt. Darauf wird der Sand portionsweise eingefüllt und nach jedem Zufüllen leicht mit einem abgeplatteten Glasstabe zusammengedrückt. Nach jedem Zusammendrücken muss indessen die Oberfläche wieder beispielsweise mit einer Messerspitze aufgelockert werden, denn andernfalls bricht der Sandzylinder bei der Bestimmung längs einer solchen Oberfläche. Nachdem der Zylinder mit Sand vollgepackt worden, wird der Sand mittelst einer Belastung von 10 kg zusammengedrückt.

Die Methode, die ich zur Bestimmung der *Durchlässigkeit* angewandt habe, ist eine Modifikation der Steinitzer'schen Methode. Der Apparat ist in Fig. 2 skizziert. Aus einer 4 l haltenden Woulffschen Flasche strömt Wasser unter ca. 1 m Wasserdruck heraus und saugt dabei einen Luftstrom durch den Sandzylinder. Der Luftstrom hat zuerst eine grosse Waschflasche passiert, um die Luft, behufs Vermeidung eines Austrocknens des Sandes während des Luftdurchgangs, mit Wasserdampf zu sättigen. Der Druck, womit die Luft durch den Sandzylinder getrieben wird, wird durch ein eingeschaltetes Quecksilberbarometer, das durch Schläuche mit zwei T-Röhren beiderseits vom Zylinder in Verbindung steht, genau gemessen. Die Zeit, die für den Durchgang von 4 l Luft erforderlich ist, wird vermerkt, und die Durchlässigkeit wird dann in Anzahl Liter Luft, die in der Sekunde den Sandzylinder mit einer Druckdifferenz von 1 Atmosphäre passiert, angegeben.

Der Sand ist in einen Stahlring mit einem inneren Durchmesser von 2 cm und einer Höhe von 1 cm eingefüllt und wird dort durch ein Drahtnetz an den beiden Endflächen festgehalten. Auf die Enden des Stahlrings sind zwei Luftkammern mit Mundstücken für Gummischläuche aufgeschoben (Zeichnung links in Fig. 2). Es muss natürlich dafür gesorgt werden, dass die Luftkammern luftdicht an den Stahlzylinder anschliessen, was am besten dadurch gelingt, dass man während des Versuches den Stahlzylinder mit den angesetzten Luftkammern in Quecksilber niedergetaucht hält. Quecksilber hat negative Kapillaritätskonstante und kann daher nicht in die Spalten eindringen. Wenn nur das Quecksilber hinreichend hoch über dem Zylinder steht, um dem äusseren Luftdruck entgegenzuwirken, wird der Apparat vollständig luftdicht.

Die grösste Sorgfalt muss auf die Anfertigung des Sandzylinders verwendet werden, um übereinstimmende Resultate zu erhalten. Durch direkte Versuche hat nachgewiesen werden können, dass, wenn der Sand in den

Zylinder portionsweise unter Zusammendrücken jeder einzelnen Portion Sand eingefüllt wird, verdichtete Flächen im Zylinder entstehen, die die Durchlässigkeit beträchtlich herabsetzen. Aus diesem Grunde ist der Zylinder nur 1 cm hoch genommen worden, da man nämlich auf diese Weise verdichtete Schichten vermeiden kann. Beim Einfüllen des Sandes wurde ein zweites Zylinderrohr auf den Stahlring gestreift, so dass sie zusammen einen 2,5 cm langen Zylinder bildeten. Sodann wurde der ganze Zylinder mit lockerem Sand gefüllt und dieser leicht mittelst eines abgeplatteten Glasstabes zusammengedrückt; es fand sich dann so viel Sand im Zylinder, dass die zusammengedrückte Oberfläche auch bei der endgiltigen Pressung mehr als 1 cm über dem Boden und demnach ausserhalb des unteren, 1 cm hohen Stahlringes zu liegen kam. So wurde der Zylinder portionsweise mit Sand angefüllt und nach jeder Portion aufs neue zusammengedrückt, bis der Zylinder gefüllt war, worauf dann der Sand mittelst eines Gewichts von 10 kg wie bei den Festigkeitsbestimmungen zusammengepresst wurde. Dann wurde der längere Zylinder abgestreift und der Sandzylinder mittelst eines Messers gleichmässig längs dem übrigbleibenden Stahlring abgeschnitten, ohne dass die Oberfläche geglättet wurde. Versuche haben nämlich gezeigt, dass eine Glättung der Oberfläche eine Verdichtung der obersten Sandschicht bewirkt, die die Durchlässigkeit vermindert.

Was die Methoden zur Bestimmung des *Porenvolumens* des Sandes betrifft, so sind diese relativ einfach. Die von mir benutzte Methode besteht darin, dass die Wasserkapazität bestimmt und diese als Mass des Porenvolumens genommen wird. Es wurde so viel Wasser auf den Sand gegossen, dass dieser flüssig wurde, worauf sukzessiv trockener Sand unter Zusammendrücken der Masse mittelst eines Spatels hinzugesetzt wurde, bis sie plötzlich erhärtete, worauf der Wassergehalt bestimmt wurde. Der gefundene Wassergehalt bildet ein Mass für das Porenvolumen, ausgedrückt in Gewichtsprozenten. Die Methode liefert hinreichend sichere Resultate, wenn man es mit wenig tonhaltigen Sandsorten zu tun hat.

Mechanische Zusammensetzung und Porenvolumen.

Die schwedischen Formsandlager sind überwiegend tonarm, nur der in Schweden viel angewandte Svedalasang hat hinreichend hohen Tongehalt. Aus der Tabelle auf S. 14 ist die mechanische Zusammensetzung der meisten untersuchten Proben ersichtlich. Die Verteilung der Mineralkörner auf Grössengruppen wird graphisch durch die Verteilungskurven auf S. 16 veranschaulicht. Wie man aus den Kurven ersieht, sind die zu Formsand anwendbaren Sandsorten der Regel nach wohlsortiert. Eine Ausnahme macht der Huvudstasang für den die Kurve zwei Maxima zeigt; er ist ein Mischungsprodukt verschiedener Korngrössen.

Mit guter Sortierung geht Hand in Hand hohes Porenvolumen, der schlechtest sortierte Huvudstasang hat auch das niedrigste Porenvolumen. Die für das Porenvolumen erhaltenen Werte sind in der Tabelle auf S. 17 aufgeführt.

Festigkeit und Durchlässigkeit.

Diese für den Formsand wichtigsten Eigenschaften sind bei verschiedenen Wassergehalten bestimmt worden, und Kurven sind konstruiert worden, die ihre Beziehung zum Wassergehalt veranschaulichen. Die Kurven finden sich auf S. 20 und 21 wiedergegeben. Die mit φ bezeichneten beziehen sich auf die Festigkeit, die mit λ bezeichneten auf die Durchlässigkeit. Der Wassergehalt, bei dem die Poren mit Wasser angefüllt sind, ist besonders markiert und mit O bezeichnet.

Als allgemeine Regel gilt, dass die Festigkeit innerhalb des untersuchten Feuchtigkeitsgebiets proportional dem Wassergehalt zunimmt; ein paar der Proben zeigen ein entgegengesetztes Verhalten. Die Zunahme der Festigkeit fährt jedoch nicht weiter als bis zu dem mit O bezeichneten Wassergehalt fort. Bei einer weiteren Steigerung des Wassergehalts wird der Sand plötzlich locker.

Die Durchlässigkeitskurven (λ) zeigen das bemerkenswerte Verhältnis, dass die Durchlässigkeit am grössten bei einem Wassergehalt ist, der zwischen 4 und 8 Prozent liegt, in der Regel bei 7 Prozent. Obgleich keine Untersuchungen vorliegen, die zuvor dieses Maximum nachgewiesen haben, hat die Praxis doch den richtigen Feuchtigkeitsgehalt gefunden; es wird nämlich in der Fachliteratur angegeben, dass ein geeigneter Feuchtigkeitsgehalt des Sandes beim Giessen 7 Prozent ist. Es ist leicht zu verstehen, dass die Durchlässigkeit von dem maximalen Werte an mit zunehmendem Wassergehalt abnehmen wird; offenbar beruht dies darauf, dass das Wasser allmählich die Luftkanäle ausfüllt. Dass aber die Durchlässigkeit innerhalb des trockneren Gebiets mit abnehmendem Wassergehalt gleichfalls abnimmt, ist schwerer zu verstehen. Vermutlich beruht dies darauf, dass trocknerer Sand sich dichter zusammenpackt als feuchterer, da die Sandkörner stärker aneinander festgehalten werden und ihre Beweglichkeit sich damit vermindert. Ausserdem hat eine Änderung des Wassergehalts innerhalb des trockneren Gebiets geringere Einwirkung auf die Durchlässigkeit als dieselbe Änderung innerhalb des feuchteren.

Die Einwirkung des Wassergehalts auf die Durchlässigkeit ist in ein paar besonderen Versuchen untersucht worden, bei denen Verschiedenheiten im Packungsgrade des Sandes eliminiert wurden. Ich bin in der Weise verfahren, dass die Durchlässigkeit zuerst in dem angefeuchteten Sandzylinder bestimmt wurde, und dann, nachdem ich diesen in dem Stahling hatte trocknen lassen, wobei der Sand natürlich dieselbe Lagerung und Dichte beibehält, wurde eine weitere Bestimmung gemacht. Der Unterschied in der Durchlässigkeit, der dann erhalten wurde, ist somit ausschliesslich der Einwirkung der Feuchtigkeit zuzuschreiben. Der Versuch wurde bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten des Sandes wiederholt. Das Resultat ist aus den Kurven auf S. 24 ersichtlich, wo die Ordinatenwerte die Zunahme der Durchlässigkeit beim Trocknen der Probe, ausgedrückt in Prozenten der Durchlässigkeit der getrockneten Probe, angeben.

Man ersieht aus den beiden Kurven, dass eine Änderung des Wassergehalts innerhalb des feuchteren Gebiets von grösserer Einwirkung ist als innerhalb des trockneren; besonders scharf tritt dies bei der Kurve des Borlängesandes hervor, was sich so erklären lässt, dass, wenn der Sand

relativ trocken ist, der Zuschuss an Feuchtigkeit sich in die Ecken zwischen die Sandkörner legt, ohne verengend auf die Luftkanäle einzuwirken.

Auf S. 27 werden einige Kurven wiedergegeben, die die Einwirkung verschiedener Zusatzmittel auf die Festigkeit und Durchlässigkeit des Sandes veranschaulichen. Was zunächst die Festigkeit betrifft, so finden wir, dass diese für ungemischten Köpingsand in der Nähe von 0.1 kg liegt. Die Beimischung von Ton scheint keine weitere Veränderung bewirkt zu haben. Die Festigkeit ist merkwürdigerweise etwas geringer geworden, ausser in trockenem Zustande, denn da wurden die Sandzylinder so hart, dass sie in dem angewandten Apparat nicht gebrochen werden konnten. 1.5 Prozent Ton ist offenbar ein viel zu geringer Zusatz, um dem Sande eine nennenswerte Erhöhung der Festigkeit in feuchtem Zustande zu verleihen. Auch von dem Zusatze von Sulfitlauge lässt sich sagen, dass er die Festigkeit in feuchtem Zustande herabgesetzt hat. Die Sulfitlauge setzt die Oberflächenspannung des Wassers herab, und folglich erhalten die Flüssigkeitsmenisken, die die Sandpartikeln zusammenhalten, geringere Spannung, und der Sand wird lockerer. Bei Lufttrockenheit wird dagegen der Sand noch härter als bei Tonzusatz. Durch Beimischen von Steinkohlenruss, in Höhe von 7 Prozent, wurde wirklich eine, obwohl unbedeutende, Zunahme der Festigkeit erhalten.

Bei Vergleich der Kurven für die Durchlässigkeit findet man, dass der Tonzusatz, entgegen dem, was man vermuten möchte, die Durchlässigkeit etwas erhöht hat. Der Sand ist etwas lockerer geworden, und man braucht daher nicht zu fürchten, dass ein Zusatz von Ton zu magerem Sande denselben verstopfen wird, wenigstens nicht wenn man angemessene Quantitäten benutzt. Die Sulfitlauge hat auch in dieser Hinsicht schädliche Einwirkung gehabt, indem man innerhalb des feuchteren Gebiets deutlich eine Herabsetzung wahrnehmen kann, die vermutlich auf dieselbe Ursache zurückzuführen ist wie die Festigkeitsherabsetzung, nämlich auf eine Verminderung der Oberflächenspannung. Die 7 Prozent Steinkohlenruss haben desgleichen nur unbedeutend die Durchlässigkeit herabgesetzt.

Das geologische Auftreten des Formsandes.

Die in unserem Lande vorkommenden Formsandsorten sind alle glazialen Ursprungs, bisweilen später umgelagert und dann Fluss- oder Seesandablagerungen bildend. Von unseren Formsandlagerstätten habe ich genauer nur den Svedalasand studiert, da der Svedalasand die einzige bei uns vorkommende Sandsorte ist, die infolge der Beimischung von Ton hohe Festigkeit gleichzeitig mit hoher Durchlässigkeit besitzt. In Fig. 9 auf S. 29 wird eine Skizze über die Lagerungsverhältnisse des Svedalasandes mitgeteilt. Die Beimischung von Ton steht vermutlich mit den hier vorkommenden Eisoszillationen in Zusammenhang, von denen die darüberliegende Moränendecke Zeugnis ablegt. Bei dem neuen Vorrücken des Eises sind nämlich zuvor abgesetzte Tonlager wieder teilweise aufgeschwemmt worden, und dadurch ist der Tongehalt des Schmelzwassers so hoch geworden, dass beträchtliche Quantitäten Ton bei der Ablagerung des Sandes mitgerissen worden sind.

Um einen guten Formsand zu erhalten, genügt es indessen nicht, dass eine hinreichende Menge Ton in den Sand eingemischt wird, der eingemischte Ton muss auch hohe Bindekraft haben. In dieser Beziehung besteht ein grosser Unterschied zwischen verschiedenen Tonen, wie einige Versuche gezeigt haben.

Versuche mit Einmischung von Ton in Sand.

In der Tabelle auf S. 32 sind Versuche mit 3 verschiedenen Arten Tonen aufgeführt, die zu einem tonfreien Quarzsande hinzugesetzt wurden, dessen Festigkeits- und Durchlässigkeitskurven in Fig. 10 wiedergegeben sind. Das Einmischen wurde in der Weise bewerkstelligt, dass zu dem Ton in plastischem Zustande der Sand unter Umrühren und unter sukzessivem Zusatz von Wasser hinzugesetzt wurde, so dass die Mischung die ganze Zeit über sich in einem plastischen Zustand befand, in welchem er sich am besten mischen lässt. Bei allen Versuchen hat die Einmischung von Ton 20 Prozent betragen. Aus der Tabelle ersieht man, dass der glaziale Ton von Habo die Festigkeit nur unbedeutend, die sehr steifen Tone von Svedala und Uppsala dagegen dieselbe in hohem Grade erhöht haben. Es ist demnach nicht gleichgültig, welchen Ton man wählt, wenn man einen mageren Sand fetter machen will.

Bemerkenswert ist, dass die Durchlässigkeit ungefähr dieselbe für alle Proben bei dem gewählten Wassergehalt (5.5 Prozent) ist.

Diesen Versuchen nach zu urteilen, die natürlich durch praktische Versuche in den Giessereien ergänzt werden müssen, scheint es, als könne man sich durch Beimischungen von geeignetem Ton zu Sand von den natürlichen Formsandablagerungen unabhängig machen.

