

GEOTEKNIKEN I SVERIGE 1920-1945



SGF Rapport 1:2000

SGF Rapport/Report

- 1:93 Rekommenderad standard för CPT-sondering.
- 1:93E Recommended Standard for Cone Penetration Tests.
- 2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält.
- 2:93E Recommended Standard for Field Vane Shear Test.
- 1:95 Rekommenderad standard för dilatometerförsök.
- 1:95E Recommended Standard for Dilatometer Tests.
- 2:95 Några pionjärprofiler i svensk geoteknik.
SJ Geotekniska Kommission 1914-1922.
- 3:95 Proceedings of the International Symposium on
Cone Penetration Testing, CPT '95.
- 4:95 Kalk- och kalkcementpelare.
Vägledning för projektering, utförande och kontroll.
- 4:95E Lime and Lime Cement Columns.
Guide for Project Planning, Construction and Inspection.
- 1:96 Geoteknisk fälthandbok.
Allmänna råd och metodbeskrivningar.
- 1:99 Tätskikt i mark. Vägledning för beställare, projektörer
och entreprenörer.
- 2:99 Metodbeskrivning för Jord-bergsondering.
- 3:99 Metodbeskrivning för Viktsondering.

SVENSKA GEOTEKNISKA FÖRENINGEN
SWEDISH GEOTECHNICAL SOCIETY



SGF Rapport 1:2000

Geotekniken i Sverige 1920–1945

Utveckling, influenser, glimtar och profiler

Sven-Erik Lundin

Linköping 2000

SGF Rapport	Svenska Geotekniska Föreningen c/o Arokad Plejadgatan 3 417 57 Göteborg
Beställning	Svenska Geotekniska Föreningen Tel. 031-733 47 03 E-post: info@sgf.net
ISSN	1103-7237
ISRN	SGF-R--00/1--SE
Redigering och layout	SGI
Upplaga	Tilltryck 50 ex
Tryckeri	Arkitektkopia AB, Göteborg, jan. 2013

Förord

Utan dåtid och historia, skulle nutiden inte finnas och framtiden vara än mer diffus. Detta är några fritt citerade ord som står mellan raderna i varje äldre bok och handling. De gäller i hög grad också den geotekniska utvecklingen. Den historiska basen om hur vår kunskap om jord, berg och vatten växt fram är därför viktig att bevara.

Statens geotekniska institut och Svenska Geotekniska Föreningen har de senaste åren gjort två särskilda insatser för att beskriva geoteknikens utveckling i Sverige genom att ge ut rapporterna

SGI 1944 – 1994	En krönika genom 50 år
SGF 2:95	Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ geotekniska kommission 1914 – 1922

Åren mellan rapporternas två perioder saknar någon en mer samlad historiebeteckning. Perioden mellan 1920 – 1945 var geotekniskt expansiv som en följd av att Sverige då började byggas om till ett modernare samhälle på många sätt.

Nils Flodin gick bort 1991 och efterlämnade ett omfattande geotekniskt material. Han kallades med rätta för ”Mr Geoteknik” och hade samlat ett stort bibliotek, register, kommittéarbeten, föredragsmanus, kursmaterial, foton, ljudinspelningar, geotekniska kontakter över hela världen, SGF:s historia/protokoll och sist men inte minst historiska anteckningar om geotekniken. Materialet omfattade ca 6 m³ och jag fick förtroendet av SGI att gallra och kondensera detta material till en volym på 10–20 %. Detta är tänkt att vara det första innehållet på några historiska hyllor i SGI:s bibliotek.

Idén till denna skrift föddes av SGF vid genomgång av Flodins material. Här borde finnas underlag till att täcka en del av de år och områden som rapporterna ovan inte fångar upp. Efter att nu ha utnyttjat detta material som en del i källforskningen till skriften så kan man inte nog beundra Flodins historiska intresse och kunskaper om äldre geotekniska tider och teknik. Utan detta material hade skriften blivit betydligt tunnare både till innehåll och omfång. Givetvis har andra källor också utnyttjats och där kan särskilt nämnas SGI:s äldre samlingar och dokument i deras ”källarbibliotek” också en geoteknisk skatt.

Målgruppen för skriften kan i första hand ses vara de 500–1000 verksamma personerna i Sverige inom geoteknik och grundläggning. En allmänt hållen text skulle också kunna vara av intresse för hela bygg- och anläggningsbranschens aktörer. Syftet är att läsaren med hjälp av den geotekniska historiens olika steg och skeenden bättre skall förstå dagens teknikläge.

Nomenklaturen i 50–100 år gammalt material har behållits där det gäller rena citat och historiska namn. I möjligaste mån har dock nu gällande benämningar använts, *som skjvuhållfasthet för ”skärhållfasthet”, sondering för ”borrning”, kolvprovtagare för ”kolvborr”, etc. Sorter på storheter anges dock i den tidens benämningar exempelvis kg/cm^2 , t/m^2 .

Skriften har remissgranskats av ett tiotal äldre geotekniker. De har lämnat unika uppgifter och tillägg samt gjort sakrättningar i manuskriptet. Särskilt vill jag där tacka de personer som genom egna geotekniska erfarenheter deltog i detta historiska skede och därmed ger sina bidrag en särskild tyngd. Jag tänker då på Rune Lundström, Bo Alte, Olof Sahlberg och Erik Sandegren, vår tids pionjärer, som fortfarande följer geotekniken med största intresse.

Ett stort tack riktas också till Ingrid Wetterlöv, vid SGI:s bibliotek, som hjälpt till att ta fram källmaterial, foton och figurer.

Rapporten har redigerats och layoutats av Jan Lindgren, SGI.



Uppsala i januari, 2000

Sven-Erik Lundin

Innehåll

Förord	3
1. En kalendarisk sammanfattning	7
Geotekniska händelser och projekt under några decennier	7
2. Det geotekniska arvet från pionjäreerna	10
2.1 En bakgrund	10
2.2 Göteborgs lösa leror	12
2.3 Järnvägar på glid	12
2.4 Den grund som gamla vägar, broar och byggnader står på	15
3. Internationell geoteknik och några banbrytare	17
3.1 Utvecklingen och dess influenser på Sverige	17
3.2 Kunskap och samarbete i Norden	22
4. Geoteknikens framsteg under 25 år	30
4.1 Geotekniken på tröskeln till 1920-talet	30
4.2 SJ:s geotekniska avdelning	32
4.3 Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen	38
4.4 Många pålar och stora framsteg	47
4.5 Tjälforskningen och vägarna	53
4.6 Utveckling och aktivitet på några andra fronter	57
4.7 Utbildning och undervisning i geoteknik	60
4.8 En historia med allvar och humor om friktion och kohesion	61
5. Fält- och laboratorieutrustning	64
5.1 Sondering, provtagning och utrustning 1920	64
5.2 Behovet av undersökningar och vem gjorde dessa?	67
5.3 Provtagningen utvecklas mera	68
5.4 Nya metoder för sondering dröjer	69
5.5 Ett geotekniskt laboratorium i slutet på 1930-talet	73
5.7 Geoteknisk redovisning	79

6. Glimtar av hur Sverige grundlades med geoteknik	84
6.1 Allmänt och normer	84
6.2 Broar	85
6.3 Hamnar och stränder	89
6.4 Byggnader	91
6.5 Järnvägar och vägar	94
6.6 Dammar	96
7. Med Statens geotekniska institut i sikte	99
Slutord	101

Kapitel 1.

En kalendarisk sammanfattning

Geotekniska händelser och projekt under några decennier

Denna beskrivning av den svenska geotekniska historien är i sig själv en sammanfattning. Att komprimera detta ytterligare till några sidor text ger inte rättvisa åt ämnet. Istället har därför valts att i ett kalendarium lyfta fram viktiga händelser och milstolpar. Som en inledning räcker det då att peka på några avgörande och viktiga utvecklingssteg från 1920.

Det började med järnvägsolyckor, skred och dålig bärighet för Sveriges lösa leror. SJ:s geotekniska kommission och pionjärerna lade en kunskapsgrund för den svenska geotekniken, som skulle komma att hålla nästan ett halvt sekel. Deras arv förädlades av allmänna geotekniska organ som Statens Järnvägar, Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen, Kungliga Byggnadsstyrelsen och de kommunala Hamnkotoren. Karl Terzaghis europeiska, geotekniska och vetenskapliga skola spreds över världen från 1930-talet och influerade starkt även på Sverige. Det nordiska samarbetet var också fruktbringande.

Efter pionjärtiden kom 1940-talet med nya metoder i fält och laboratorium för att bättre kunna förstå jordartsfysik och mekanik. Grunden till 1960-talets maskin- och geodataålder var lagd.

Använd nedanstående historiska och geotekniska meny som en sammanfattning för att bättre förstå den moderna tiden och den geotekniska vardagen år 2000. Några milstolpar har markerats särskilt.

- 1900 Ernst Wendel provtrycker kohesionspålar i Göteborgs hamn.**
- 1905 Albert M Atterbergs jordartsindelning och korngruppsskala presenteras.
- 1908 Bohuskommittén för järnvägsskreden klar, men orsaker och åtgärder oklara.
- 1909 Vattenfall bildas, Trollhättan och Porjus kraftstationer byggs.

- 1911 Wolmar Fellenius professor på KTH i vattenbyggnadslära (med geoteknik).
- 1913 Järnvägsbanken vid sjön Aspen, Alingsås rasar.
- 1914 Statens Järnvägars geotekniska kommission bildas.**
- 1915 Henrik Kreuger uppställer sin pålformel.
- 1915 Konprovet för lerans skjuvhållfasthet utvecklat av John Olsson SJ.**
- 1916 Södertälje kanal rasar vid muddringsarbeten.
- 1916 Stigbergskajen i Göteborg rasar och dokumenteras av Knut Petterson.

- 1916 Cirkulär cylindriska glidytor av skredet beräknas grafiskt av Sven Hultin.
- 1917 Viktsonderingen framtagen och blir en "standardmetod".**
- 1918 John Olsson påvisar konsolidering med sin lerdosa.
- 1918 Järnvägsskredet vid Getå och 41 människor omkommer.**
- 1919 Finlands Järnvägsstyrelse bildar en geoteknisk kommission.
- 1920 Hammarby sjösänkning i Stockholm med muddringar och skred i farleden.
- 1920 SJs geotekniska avdelning bildas.**
- 1920 Lidingöbron grundläggs på 40 m rörpålar.
- 1920 Inlandsbanan börjar byggas norr om Östersund i berg, morän och mossar.
- 1921 Siljan regleras, men erosionsproblem.
- 1921 Karl Terzaghi lägger fram sin konsolideringsteori i Wien.
- 1922 Slutbetänkande från SJs geotekniska kommission.**
- 1922 NSB Norge bildar ett geotekniskt kontor.
- 1923 Den första Sourvadammen färdig, byggd av betong.
- 1923 Den första kolvborren utvecklad av John Olsson, SJ.**
- 1923 Bulltofta och Torslanda flygplatser invigs.
- 1923 DSB i Danmark öppnar en geoteknisk avdelning.
- 1925 Svenska Vägintitutet bildas, vägforskning startas.
- 1925 Karl Terzaghis "Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage" utges.**
- 1926 Beräkningsmetoder om "Cirkulär cylindriska glidytor" utges av W Fellenius.
- 1929 Årstabroarna Stockholm grundlagda med tryckluftskassuner på morän.
- 1930 Väst kustbanan till Göteborg med nedpressning och sprängning av bank vid Sagsjön.
- 1930 Pålkranar med maskinella hejarspel börjar användas, pålarvisorna tystnar.
- 1931 Walter Kjellman studerar geoteknik hos Terzaghi i Wien.**
- 1931 Slussen i Stockholm grundläggs på Franki-pålar, de första i Sverige.
- 1932 Trycksonden utvecklas i Holland.
- 1932 John Olsson förfinar tolkningen mellan H₃-värdena och lerans skjuvhållfasthet.**
- 1933 Idealgruskurvan för slitlager till vägar tas fram.
- 1933 Krånge de kraftverk byggs med den första maskinsalen placerad i berg.
- 1933 Göteborgs hamn först med betongpåle på träpåle.
- 1933 Kolvborren förses med mässingsburkar för mer ostörda prov av Göteborgs hamn.**
- 1934 Stockholms första T-bana i tunnel mellan Skanstull och Slussen förbinder nord och syd.
- 1934 Europeiska geotekniska skolan till Sverige genom K Terzaghi och A Casagrande.
- 1935 Västerbron Stockholm grundläggs på berg.
- 1935 Gunnar Beskows tjälforskning för vägar och järnvägar, ett banbrytande arbete.**
- 1935 W Kjellman får Polhemspriset för en "triaxialapparat".
- 1935 Arne Sundbergh, Luleå, börjar utveckla hejarborren, patent 1942.
- 1935 Cylinderskarv för träpålar utvecklas av Göteborgs Hamn.
- 1935 Lönen för en civilingenjör/geotekniker var 350 kr/mån.
- 1935 Stamelnät mellan Porjus-Västerås klart, kraftledningsstolpar pålades i mossarna.
- 1935 Betongpålar börjar bli vanligare.

- 1936 Norra Värtahamnen i Stockholm grundläggs på furupålar, diameter 52 cm / 50 ton.
- 1936 Bromma flygplats byggd i kuperad berg/ lerterräng (nedpressning/sprängsten).
- 1936 W Kjellman börjar utveckla vertikaldränering med banddräner, patent 1939.
- 1936 Första Catepillarna i Sverige på Karlsborgs flygfält.
- 1936 Den 1:a internationella geotekniska konferensen hålls vid Harvard i USA.**
- 1937 KVVVS anställer geoteknikerna G Bjurström, B Jakobson, S Odenstad, N Flodin.
- 1938 KVVVS inrättar en geoteknikavdelning med W Kjellman som chef.**
- 1938 Stora vägscredet vid Svärta gård, Nyköping, p g a vägbreddning och höstregn.
- 1938 Inlandsbanan klar till Gällivare, rallarkåren pensioneras i Sverige.
- 1939 Sandöbron rasar, men inte beroende på geotekniska fel utan av formställningsbrott.
- 1939 Götaälvbron Göteborg byggs på 3200 träpålar, 2x18 m.
- 1939 Harsprångets jorddamm klar, men med en tätkärna av betong.
- 1939 Första kvinnan i Sverige anställs inom geotekniken på KVVVS.
- 1940 W Kjellman avråder från användning av ris- och rustbäddar under större vägar.
- 1940 KVVVS geotekniska laboratorium utbyggt.**
- 1940 Stålpålar börjar användas.
- 1940 Lindö kanal Norrköping är först med intervallsprängning i Sverige, Lindöborren tas fram.
- 1940 Gösta Bjurström startar geoteknisk konsultverksamhet som första specialföretag.
- 1940 Lindholmshamnen pålas i Göteborg och lerproppar tas för första gången
- 1943 DGI bildas i Danmark.
- 1943 Skanstullsbron Stockholm grundläggs på berg och grus.
- 1944 Träpålar förbjuds i Stockholm.**
- 1944 Vägväsendet förstatligas.
- 1944 Statens geotekniska institut bildas ur KVVVS, med W Kjellman som chef.**
- 1945 Vattenkraftsepoken påbörjas med höga dammar och stora bergrum.
- 1945 Vingborren börjar uppfinnas av Lyman Cadling.
- 1946 BABS utges första gången, men med lite om geoteknik.
- 1946 SGI:s första kompendium i geoteknik ges ut av Bernt Jakobson.**
- 1946 Bror Fellenius efterträder John Olsson som geoteknisk chef på Sj.
- 1947 NGI bildas i Norge, formellt 1951.
- 1948 Stockholms Gatukontor inrättar geoteknisk avdelning med Arne Hellgren som chef.
- 1948 Internationella geotekniska föreningen bildas, vid den 2:a geotekniska konferensen i Rotterdam.
- 1950 Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildas i Sverige.**

Kapitel 2.

Det geotekniska arvet från pionjärerna

2.1 En bakgrund

Människan har i alla tider varit beroende av att på flera sätt kunna hantera de tre elementen jord, berg och vatten. I historien över bl a byggnadskonstens utveckling i Sverige kan vi följa de ansträngningar, misstag och framgångar som dagens geotekniker och byggfackmän grundar sin verksamhet på. Utan de banbrytande insatserna de första decennierna på 1900-talet av svenska ingenjörer, geologer, arbetschefer, m fl hade inte de senaste decenniernas CPT-sonder, CRS-proven, höga pållaster, Autograf-redovisning och andra geotekniska framsteg kunnat göras.

Den geotekniska utvecklingen och dess historia kan grovt indelas i följande epoker:

1500-1700: **Empiriska tiden**

- Träpålar under Stockholms slotts flyglar
- Jordskreden, en oförklarlig men naturlig process
- Grundvatten och källor, slagrutemannens revir

1700-1900: **Klassiska tiden**

- Fysikens teorier klarnar och lagar/formler skapas av Coulomb, Darcy, Stoke, Rankine, Bousinesq
- Göta kanals schakter och slussar
- Geologiska kartblad, järnvägsskred, vägar på rustbädd

1900-1925: **Pionjärtiden**

- SJ:s Geotekniska kommission, Hamnkontoren
- G deGeer, A Atterberg, W Fellenius, J Olsson, S Hultin
- Geotekniken skapas och används i Sverige
- Terzaghis jordtekniska bibel "Erdbaumechanik"

1925-1960: **Modernare tider**

- Utveckling av kunskaperna och pionjärtiden
- Nya metoder i fält och laboratorium, portryck
- KVVVS, jordförstärkning, tjälproblem, grundvatten
- SGI, speciallärare geoteknik på högskolor
- Konsulter, SGF, betongpålar, maskinutveckling

1960-2000:

Maskin- och datoråldern

- Fältmekanisering, geo-professurer, skredkartering
- CRS-apparater, höga pållaster, radon, kalkpelare
- Geo-bildtolkning, infrastruktur, partialkoefficienter
- Geo-normer, QA, miljögeoteknik, datorprogram, IT

Den industriella utvecklingen och utbyggnaden av kommunikationerna var det som reste kraven på att man från 1800-talets mitt på ett bättre sätt skulle kunna behärska de stora byggprojekten i jord och berg. De geologiska förutsättningarna i Sverige med den lösa leran, som ofta utgjorde undergrunden för kanaler, industrier, hamnar och järnvägar, gjorde inte uppgiften lätt.

De var seklers erfarenheter och empiriska regler som först fick vägleda. Skred, ras, markbrott och sättningar kunde ändå inte undvikas. Man fick lösa problemen på platsen så gott man förstod. Experter på jord- och bergarbeten fanns knappast i landet med undantag av sådana allroundsnillen som Christopher Polhem (Slussbygget Kungliga Slottet) Baltzar von Platen (Göta Kanal), John Eriksson (lokomotiv, propellern) m fl. Fortifikationens officerare gjorde bestående insatser under stormaktstiden. För bergshantering och dylikt hade bergsmän och gruvfolk tillkallats från Belgien, Tyskland och Frankrike.

Behovet av att bygga ut hamnar och järnvägar blev de drivkrafter som gjorde att grundläggning, schakt och markarbeten kom att utvecklas ingenjörsmässigt. De upprepade skreden vid Göteborgs kajer och den dåliga markbärigheten för järnvägarna i Västsverige var något som myndigheterna till slut måste vidtaga åtgärder för att undvika. Terrängen var "löslerig och utan fast botten" och i skred och markbrott försvann ibland både fyllningsmassor och människor när hamnar, järnvägar och kanaler byggdes. Olycksplatser som skredet vid Stigbergskajen 1916, markförskjutningarna av järnvägsbanken ut i sjön Aspen på bandelen Alingsås-Göteborg och schaktproblemen vid muddring samt skreden i Södertälje och Trollhätte kanal är några av de misslyckanden man lärde sig mycket av.



Skred Örnsköldsvik 1918.



Markbrott Stigbergskajen, Göteborg 1916.

2.2 Göteborgs lösa leror

Göteborgs hamnstyrelse inrättade 1906 en nybyggnadsavdelning under ledning av civilingenjör Wolmar Fellenius. Som beskrivits i SGF:s rapport 2:95 (Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914 – 1922) kom denne kajbyggare att med tiden bli en av Sveriges och Europas främsta geotekniker. Tillsammans med arbetschefen Ernst Wendel kunde de efter provbelastningar av svävande träpålar (kohesionspålar) grundlägga kajer och broar i Göteborg med god säkerhet och funktion. Markstabilitetens tekniska natur klarades med den ”Svenska glidytemetoden”. Överingenjör Knut E Pettersson vid Hamnkontoret hade sett cirkulära glidytor i skreden och angav en grafisk metod för att kunna kontrollera stabiliteten. Konstruktionschefen Sven Hultin tillämpade lösningen på Stigbergskajen som rasade 1916 och beräknade förhållandena med en grafisk metod. W Fellenius generaliserade beräkningsmetoden med lösningar för lerans hållfasthet både med friktion och kohesion som mothållande krafter.

Wendels många provtryckningar av träpålar vid sekelskiftet gav förklaringar och anvisningar till påbärighet och sättningar för grundläggning i den lösa och djupa Göteborgsleran.

Att läsa vidare

- Pettersson K. E. (1922) Göteborgs hamn under 300 år. Hamnens skrift 1922.
- Caldenius C. (1937) Om grundförhållandena i Göteborg. Tekniska Samfundets handl 2, 1937.
- Hultin T. (1937) Försök till bestämning av Göteborgslerans hållfasthet. Tekniska Samfundets handl 2, 1937, VoV, vol 24, nr5.
- Flodin N. (1967) Glimtar från geoteknikens utveckling. VoV Jubileumsskrift 1967.
- Svensk I., m fl (1997) Göteborgs Geotekniska Historia. SGF Lokalavdelning Väst.

2.3 Järnvägar på glid

Järnvägsbyggarna brottades från 1905 med Bohusbanans upprepade skred och markbrott. Den s k Bohuskommittén kunde inte riktigt förklara varför leran inte var bärkraftig och deformerades så mycket. Några bättre åtgärder än urgrävning och nedpressning kunde inte föreslås förutom att ändra bansträckning till fastare terrängpartier (kurvig bana och bergtunnlar ?).

När järnvägsbanken för stambanans dubbelspår vid sjön Aspen, Alingsås, 1913 gled ut i vattnet blev måttet rågat för både sjön och Kungliga Järnvägsstyrelsen. Den klassiska och välkända ”Järnvägsgeologiska kommissionen” tillsattes för att undersöka de geologiska förhållandena för redan byggda men även planerade framtida järnvägssträckor över hela landet. Kommissionen kallade detta sitt verksamhetsområde mellan geologi och byggande för **Geoteknik** och antog redan från första arbetsåret 1914 namnet ”SJ:s Geotekniska Kommission”.

I SGF:s rapport 2:95 finns kommissionens arbete fram till slutbetänkandet 1922 utförligt refererat. Dess medlemmar och de geotekniska pionjärerna är

Gerard de Geer	Prof, Geolog	Ordförande 1924-1919
Lennart von Post	Statsgeolog,	Kvartärgeologin, organiska jordarna
Wolmar Fellenius	Prof, VoV	Hamnbyggare, teoretiker, ordf 1919-22
Figge Blidberg	Ing; VoV	Byggnadschef vid SJ
John Olsson	Civ ing, sekr.	Lerornas mästare, kolvborr, konprov
Anton Larsson	Ing	Bandirektör
Carl Caldenius	Geolog	Fältundersökningar, beräkningar

*Medlemmar-
na och de
geotekniska
pionjärerna i
"SJ:s Geotek-
niska Kom-
mission".*

dock väl värda en hågkomst ännu en gång genom varsin rad och karaktäristik.

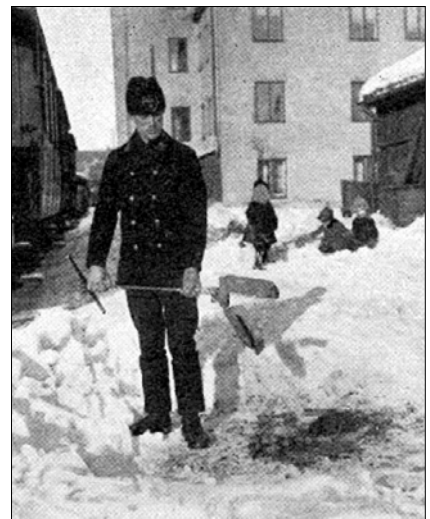
Dessa sju, på sina vetenskapliga och tekniska områden mycket kunniga och ambitiösa män, tog fram helt nya tekniska kunskaper om jordarterna, undersökningsmetoder, mätte hållfastheter och deformationer samt angav metoder för att bemästra skred och markbärlighet. Arbetet utfördes som en växelverkan mellan praktiska erfarenheter och teoretisk utveckling.

1917 gavs "Anvisningar för jordborringar" ut som deras första skrift. Bara detta att utveckla metoder för sondering och provtagning var en stor bedrift. Råd fanns där också hur dessa skulle tolkas och redovisas. Dessa anvisningar ersatte med ens alla tidigare hemmagjorda metoder som varje arbetschef höll sig med vad gäller sonderingstyper, neddrivningssätt, stängdimension, spetsar, m m.

Viktsonderingens tid med mätning av nedsjunkning för 25 halvvarv var inne, liksom jordprovtagningens första steg mot ostörda prov. Tidigare hade man som mest undersökt läget för fast botten med någon sticksondering, men nu etablerades en "sonderingsstandard" för att erhålla mer objektiva uppgifter om undergrunden.



Viktsondering och borrdiagram.



Provtagning med skopborr.

Kommissionen delade också in jordarterna tekniskt i huvudgrupperna friktionsjord, kohesionsjord och organisk jord. Jordbrukskemisten Albert Atterberg hade redan 1905 uppställt sin korngruppskala som vi nu så väl känner från lerpartikelns 0,002 mm till gruskornets 20 mm. Geoteknikernas modifiering 1981 av geologernas indelning ändrar bara jordartsnamnen och grupperna men inte Atterbergs framsynta principer. Denne agronomns intresse för lerjordarna har även lärt oss att bestämma konsistensen på våra lerprover med metoder som än i dag används.

Mycket av arbetet koncentrerades på att lokalisera redan byggda järnvägssträckor med svag undergrund. 300 platser med geotekniska problem påträffades (ett område per vecka i 6 år). 70 platser förstärktes och på 100 sträckor infördes banbevakning och hastighetsnedsättning.

Jordens hållfasthet var en huvudfråga för kommissionen. John Olsson tog 1915 fram konprovet, som sedan dess har varit en av den svenska geoteknikens grundläggande metoder och fortfarande använd. Den relativa hållfastheten på "örörda lerprov" från cylinderborring kallades då H_2 . Tolkningen till skjuvhållfasthet gjordes med jämförelser mot bl a provpålningar. Kalibreringar till den verkliga skjuvhållfastheten kunde dock göras först 15 år senare med skjuvförsök. Till laboratoriemetoderna hörde tidigt också bestämning av vattenkvot och finlekstal.

Kommissionens geotekniska laboratorium var bland de första i Europa. Där påvisade John Olsson, "Ler-Olle", att vatten pressades ur leran vid belastning genom försök med sin utvecklade "Cylindriska dosa", Sveriges första ödometer. Han kunde då verifiera civilingenjörens vid SJ Åke Virgins iakttagelser och hypotes om konsolidering och hoptryckning av lerlagren under järnvägsbankarna. Karl Terzaghi ställde sedan i Wien 1919 upp lagarna för sättningar vad gäller storlek och tidsförlopp. 50 års diffusa aningar i världen om lerans konsolidering hade nu förklarats med svenska iakttagelser och laboratorieförsök samt av nya teorier från Österrike.

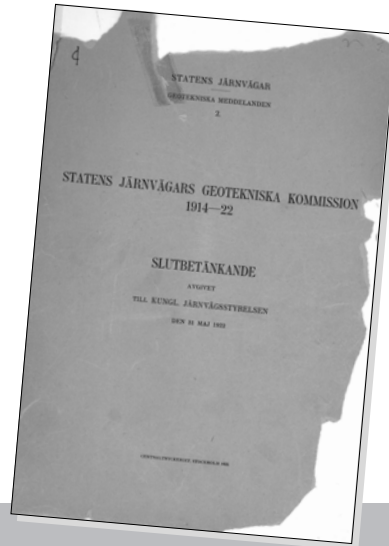
Jordlagrens stabilitet och förskjutningar var ett annat geotekniskt huvudområde för kommissionen. Som tidigare nämnts kom Hamnkontoret i Göteborg 1916 med den geometriska och tekniska förklaringen om cirkulära glidytor vid skred och brott. Nu började man förstå hur det hela fungerade och hur lerlagren inte skulle belastas. Lösningarna som kommissionen använde, blev att hitta bättre geotekniska områden/sträckor, använda lägre bankhöjder, tryckbankar och pålning.

Skillnaden mellan ras i (friktionsjord) och skred i (lera) klagjordes. Initialskredens förlopp i utreddes med deras både bakåt- men även framåtgripande skeden. Järnvägsskredet vid Vita Sikudden, Getå 1918 (41 människor förolyckades) mitt i kommissionens arbetsperiod fick dem att direkt utveckla skredvarningssystem för många andra sträckor. Med en markpegel och rörfix, som var elektriskt hopkopplade fick man direkt indikationer om markrörelser var på gång. Strömmen bröts då i varningsutrustningen och tågen kunde i tid stoppas.

Var då alla geotekniska problem för järnvägar och andra områden lösta när kommissionen lade fram sitt slutbetänkande genom SJ Meddelande 2,

(”den stora geotekniska bibeln)? Nej, medlemmarna var ense om att ännu fanns mycket att lära och göra, exempelvis om

- Ostörd provtagning
- Insituprovningar
- Tjälrörelserna
- Skjuvhållfasthet hos lera
- Sättningsberäkningar
- Förstärkningsmetoder
- Tung borring i fast jord
- Kwicklerans natur
- Säkerhetsfaktorer vid beräkningar
- Provpålningar



*Faksimile-
utgåva
år 2000?*



Wolmar Fellenius



Gerard de Geer



John Olsson



Lennart von Post



Anton Larsson



Figge Blidberg

Att läsa vidare

Fellenius W.	(1918)	Skredet vid Getå på stambanan Järna-Norrköping. Tekn Tidskrift vol 48.
SJ Geot Kommission	(1922)	Slutbetänkande. SJ Geotekniska Medd nr 2.
Bjerrum L., Flodin N.	(1960)	Development of soil mechanics in Sweden 1900-25. Geotechnique, vol 10, nr 1.
Sandegren E.	(1963)	Geotekniska anläggningsproblem utmed sjön Aspen bandelen Alingsås-Göteborg. Järnvägsteknik 5/1963.
Flodin N.	(1978)	En bit geoteknisk historia. VoV, vol 24, nr 5.
Flodin N.	(1985)	En spegling av den moderna geoteknikens föregångare. VoV nr 1-2.
SGF	(1995)	Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914 - 1922. SGF Rapport 2:95.
Kullander B.	(1999)	Sveriges järnvägs historia. Förlag: Bra Böcker.

2.4 Den grund som gamla vägar, broar och byggnader står på

Det geotekniska arvet och historien består av mer än erfarenheterna och utvecklingen vid kajerna i Göteborgs hamn och byggandet av de svenska järnvägarna på svag undergrund. Biltransporterna hade till 1920 inte ställt några större krav på en ökad utbyggnad och kvalitet på vägarna. Med en linjeföring anpassad till markförhållandena undvek man de svagaste jordområdena. Dålig undergrund klarades med urgrävning, nedpressning, tryckbankar och ris/trärust. Den senare kallades också för ”kavelrust”, som bildade en horisontell ”gårdesgård” under vägarna, skyddad av fukt och vatten.

Bankpålning förekom sparsamt vid sekelskiftet, men träpålar användes däremot för grundläggning av broar. Järnvägsbron över Göta älv 1908 och kajer i Göteborg grundlades med träpålar utifrån E Wendels provpålningar och med en för pålningen styrande utfylld tjock grusbädd på älvbotten. Lidningöbron i Stockholm grundlades på 40 m långa rörpålar, efter konstruktioner av professor Henrik Kreuger (han med pålformeln 1915, för stoppslagning). John Olsson testade där pålarnas knäckmotstånd 1919 med en ving i leran med bara ett plant blad, den första svenska prototypen till en vingsond.

Normalt försökte man annars att förlägga broar där landfästena kunde grundläggas på bra undergrund, som t ex i Forsmo 1912 och Skurubron 1914. Kajanläggningar byggdes vid lösa jordlager vanligen på stenistor grundlagda med träpålar.

I stora anläggningsarbeten 1910–1914, som Vattenfalls kraftstationer i Trollhättan, Porjus och Älvkarleby, var det mest bergrumsarbeten men även ”fastjordsteknik” som var aktuell. Vattenbyggnadsbyrån med dess grundare Johan Gustaf Richert var där en ledande väg- och vattenbyggare under de första decennierna. Regleringen av Siljan 1920 krävde att geoteknikerna (läs Wolmar Fellenius) hade lösningar på erosionsproblemen. Det s k ”omvända grusfiltret” utvecklades. Den industriella expansionen medförde att stora fabriker med tunga laster skulle grundläggas. Avesta Järnverk ligger på morän, Hammmagasinen i Göteborg på svävande träpålar, Kungstornen i Stockholm på sulor i Brunkebergsåsen, etc.

För tyngre hus var det mestadels byggmästaren själv som bestämde grundläggningssätt. Konstruktionsritningarna utgjordes av arkitektens sirliga planer och fasader. Träpålar och rustbädd förekom ofta på städernas djupa lerområden. Sålunda sonderade Anders Diös Byggfirma 1921 själva för Vaksalaskolan i Uppsala och fick byta ut de planerade betongplintarna mot träpålar under en del av skolan.

Vid Operan i Stockholm 1895 var man kanske väl försiktig med ett pålavstånd på bara c/c 0,6 m i hela grunden. Sammanpressningen i undergrunden från de 3.300 pålarna gjorde att man under vissa delar till slut fick glesa ut pålavståndet. Lasten per stödpåle var turligt nog satt så lågt som ca 8 ton (30 kg/cm²). Träpålarna för ”Stenstaden” i Sundsvall hade säkert fått en djupare pålavskärning om man vetat mer om landhöjningen och vår tids grundvattensänkningar. De första decennierna av 1900-talet började träpålarna att ersättas med betongpålar. Under Handelsbankens hus i Kungsträdgården i Stockholm står de äldsta betongpålarna i Sverige.

Kapitel 3.

Internationell geoteknik och några banbrytare

3.1 Utvecklingen och dess influenser på Sverige

Man kan genom kulturer och historia följa hur kunskaperna om ”Terra firma” gjorde det möjligt att bygga större byggnader, gräva djupare kanaler, använda sämre markområden, etc. Misstagen och de praktiska erfarenheterna var det som skapade och utgjorde kunskaperna. Men redan för några sekler sedan började det komma fram teorier och klassificeringar och några milstolpar är viktiga att lyfta fram i den geotekniska historien.

1769	Paraney	England	Volymvikter och rasvinklar för jord	$\gamma - \phi$
1776	Coulomb	Frankrike	Jordens skjuvhållfasthet	$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$
1856	Darcy	Frankrike	Permeabilitet och vattenströmning	$v = k \cdot h / l$
1862	Rankine	Skottland	Jordtryckens brottzoner och glidytor	$45^\circ - \phi/2$
1883	Darwin	England	Jordtryckskoefficienter	K
1885	Bousinesq	Frankrike	Spänningsfördelningen under en marklast	σ_z
1908	Atterberg	Sverige	Jordartsindelning och konsistensgränser.....	W_p, W_f

De första årtiondena på 1900-talet använde man dessa formler och ”lagar” enbart på ett matematiskt sätt. Hur viktiga och svårbestämbara ingångsvärdena och jordartsp parametrarna var visste man mindre om. De jordtekniska misstagen och grundläggningsfelen kring sekelskiftet i många länder blev dock en signal om att kunskapsnivån inte alltid räckte till för de slänter, påverk, byggnadsgrunder, bankar etc som man djävt provade att utföra. Händelser som nedanstående födde så småningom ingenjörs- och vetenskapsområdet ”Soil Mechanics”.

- Panamakanalens skred, dammrar och stora sättningar under byggnader (USA)
- Kielkanalens förskjutna kajer och havererade träpålar i leran (Tyskland)
- Sättningar och skred för hamnar och järnvägar (Sverige)
- Schakter och skred i Londonleran (England)

Man började kring 1910 förstå att jordmekaniken inte kunde hanteras lika strikt och enkelt som annan hållfasthetslära, eller som att beräkna en bro. Jordarterna var inga ideala material som pionjäernas formler förutsatte. Man kände helt enkelt till för lite om undergrundens tekniska och mekaniska förut-

sättningar och de stora variationer som ofta förekom. Geologin var en sådan faktor, som nu blev mer efterfrågad.

De nya tankarna om geotekniken började ta fart i några byggnadsgrunder i Wien hos en 25-årig ingenjör redan 1908. Han såg där och senare i Ryssland och Turkiet hur okritiskt och oplanerat man använde jorden som byggmaterial och grund.

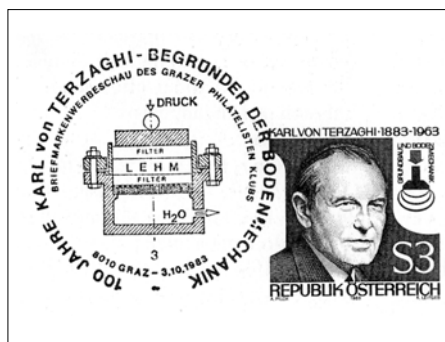
Karl Terzaghi (1882–1963) från Graz i Österrike var den som skapade den moderna geotekniken under de kommande årtiondena. Han blev en av världens främsta Väg- och vattenbyggare och bildade den Europeiska geotekniska skolan som även svenska ingenjörer tog del av och förde till vårt land. Terzaghis tankar och krav på den nya vetenskapen kan sammanfattas i ett antal punkter:

- Beakta geologin bättre och räkna med att den varierar och är olikformig
- Teori och praktik måste få utvecklas i samverkan och korrigeras genom erfarenheter
- Sondering och provtagning krävs för en objektiv jordartsbeskrivning
- Mekaniska och fysikaliska data måste undersöks på laboratorium för numeriska värden
- Skilj på hypoteser, teorier och lagar och bevisa dem på laboratorium och i fält
- Använd den tillämpade mekanikens lagar och utveckla formler för geotekniken

År 1916 blev Terzaghi utnämnd till professor i Istanbul. På sitt laboratorium mätte han jordtryck, skjuvhållfasthet och sättningar i lera och portryck med egna konstruerade apparater. Sin klassiska konsolideringsteori var han klar med 1921. Han var då också flitigt anlitad som konsult i Europa för dammbyggnader och grundläggningar. 1925 gav Terzaghi ut sina samlade arbeten i boken "Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage", en geoteknisk bibel som helt förändrade både teori och praktik på området. En ny vetenskap var definitivt född. Det räcker med att här återge en av geoteknikens grundekvationer som ett bevis:

Jordens totaltryck – portvattentrycket = Effektivtrycket $\sigma - p = \sigma'$

*Karl Terzaghi,
Österrike
Den ende geotekniker
i världen
som hedrats med
ett frimärke.*



Englands främste geotekniker professor Alec Skempton sade 1970 följande:

"There is nothing to compare with the principle of effective stress, it is like Newton's laws they can only be discovered once"

Under tre år var han sedan verksam som konsult i USA innan han blev professor i Wien 1929. Där samarbetade han med geotekniker som Hvorslev från Danmark och Rendulic från Tyskland. Många av sina ca 300 artiklar och böcker skrev han i Wien. En modern och excellent undervisning bar Terzaghis signum liksom laboratorieutrustningar som skjuvapparater, ödometrar, triaxialapparat, portrycksmätare, m m. Han medverkade också till att den amerikanska SPT-sonderingen (typ av hejarsond och nedslaget provtagningsrör) blev en så allmänt använd metod i alla länder med mellanjordarter och lateritjordar.

1936 hölls den första internationella geoteknikkonferensen vid Harvard University, Boston, USA, med Terzaghi som ordförande och en annan blivande känd österrikisk geotekniker Arthur Casagrande som generalsekreterare. Den nya geotekniken med Terzaghis idéer erövrade nu världen, accepterades av samhället och fördes in i den högre undervisningen. I en "closing address" vid konferensen konstaterade en av de amerikanska värdarna att "två tunga böcker med proceedings innehöll mer kunskap än all tidigare tryckt geoteknisk litteratur".

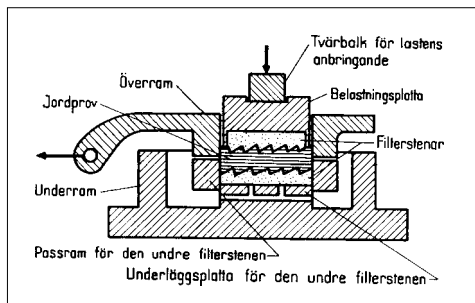
I den internationella utvecklingen bidrog Sverige påtagligt med sin standardiserade viktsondering och cylinderborren respektive kolvborren (provtagaren) för ostörda lerprov. Konprovet och vårt sätt att bestämma lerans skjuvhållfasthet uppmärksammades, även om metoderna inte kom att ersätta utlandets mer direkta skjuvförsök. Sveriges sätt att analysera lerskred och beräkna stabilitetsförhållanden med den svenska cirkulär cylindriska glidytemetoden blev främst genom Wolmar Fellenius internationellt känd och en använd metod. De svenska geotekniska framstegen 1915–1925 lyftes också fram i flera av Terzaghis skrifter och han kallade det arbete och den dokumentation som SJ:s geotekniska kommission utfört för utmärkt och banbrytande.

Under mellankrigstiden kom i den nya geoteknikens spår fram många forskare som starkt bidrog till den kraftiga utvecklingen dessa 20 år. Några bör få plats i denna korta resumé.

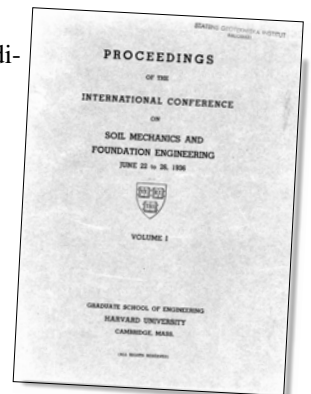
Arthur Casagrande (1902–1981) är tidigare nämnd för sitt initiativ till den geotekniska konferensen i Harvard 1936. Redan 1926 flyttade han från Österrike till USA och blev "Assistant in soil mechanics" vid Massachusetts Institute of Technology, Boston. Efter några år hade han på laboratoriet byggt en triaxialcell, en skjuvbox och utvecklat hydrometermetoden (sedi-



Arthur Casagrande.



En skjuvbox för studier av volymändringar.



En geoteknisk milstolpe.

mentationsanalys av kornfördelning). Han förfinade Atterbergs konsistensgränser och förbättrade den tidens konsolidometer (ödometer). Hans utvärderingar av förkonsolideringstrycket σ'_c och kompressionsindex ε_2 i spännings/deformationskurvor är klassiska.

Casagrande utnämndes 1946 till professor i geoteknik vid Harvards Universitet i Boston och var där som lärare också av yppersta klass. Svenska elever som Lyman Cadling och Ture Olofsson har även intygat detta. Genom alla år hade han ett mycket nära samarbete med Terzaghi och var liksom denne även konsult och dammexpert. Vattenfall konsulterade Casagrande för vissa jorddammar. Vidare var han anlitad vid utredningen om en storflygplats för Stockholmsregionen, där Rune Lundström var ansvarig geotekniker.

Casagrande hade tillsammans med **Ralph B Peck** 1948 kommit fram till att jordlagrens hävning vid pålningsarbeten uppgick till ca 70 % av pålvoly-men. De föreslog då också att lasten på kohesionspålar kunde spridas från pålarnas nedre 1/3-delspunkt vid sättningsberäkningar.

Professor **Alec W Skempton** (1915 –) vid Imperial College, London anses som Englands främste geotekniker i modern tid. Hans specialområden var jordarternas skjuvhållfasthet, slänters stabilitet och utvecklingen av ($\phi = 0$) analysen. Skempton har även förbättrat vingsonden och dess tolkning och arbetat mycket med lerans mineralogi och sann kohesion. Han har på ett populärt sätt fört ut sina kunskaper till många nivåer i samhället. Detta kan ha bidragit en del till att han kallades till att bli hedersdoktor vid Chalmers Tekniska Högskola. Det bör också nämnas att Skempton vid Imperial College hade en jämbördig professor och kollega i **Alan Bishop** (1920-1988). Hans analytiska och experimentella insatser kom väl till pass för arbete med triaxialapparaten och vid studierna av portrycksproblemen.

Kompensationsgrundläggning började åter att användas i världen på 1930-talet. En av de första och största byggnaderna med extra djup källare uppfördes i New York 1929. Byggandet av flygfält och motorvägar med bandtraktorer drev då också fram **R R Proctors** packningsteorier och apparater. Vertikaldräner av sand i lera testades av **O J Porter** 1939.

För att slutligen återvända till geoteknikens fader K Terzaghi så kan berättas att han emigrerade till USA 1938 och blev professor hos Casagrande vid Harvards Universitet. Där fullföljde han flera av sina klassiska uppslagsverk om "Soil Mechanics, Engineering Practice, etc." Terzaghi kombinerade hela livet sin nydanande tekniska verksamhet med ett stort intresse för astronomi, filosofi, konst och litteratur. Man kan undra hur tiden räckte till. Eller också gör den det just bara för människor med en sådan generositet, begåvning och personlighet som Karl Terzaghi hade.

Att läsa vidare

Broms B., Flodin N.	(1981)	History of Civil Engineering in Soft Clay. Development in geotechnical engineering. Elsevier, Amsterdam, p 25-156.
Casagrande A.	(1932)	The structure of clay and foundation engineering. J Boston Soc. 19(4)
Casagrande A.	(1944)	Stress-deformation and strength characteristics. Harward Univ. 7 th Report.
Casagrande A.	(1960)	K Terzaghi – his life and achievements. Wiley, New York.
Flodin N.	(1983).	100 år sedan Terzaghi föddes. VoV nr 10.
Flodin N.	(1979).	Terzaghis tidigare lärjungar. VoV nr 11/12.
Goodman R.E.	(1999)	Karl Terzaghi – The Engineer as Artist. ASCE Press.
Harvard University	(1936)	First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Graduate School of Engineering, Harvard University.
Hiley A.	(1930)	Pile driving calculation, forces and ground resistance. Structural Engr, vol. 8.
Hvorslev M.J.	(1949)	Subsurface exploration and Sampling of soils US Waterways, Bull 36.
Skempton A.W.	(1946)	Earth pressure and stability of slopes. Inst. Civil Engineers, London
Skempton A.W., Bishop A.	(1950)	The measurement of shear strength of soils. Géotechnique 2
Spurek M.	(1972)	Historical catalogue of slid phenomena. Cekoslovenska Akad. Geogr. Brno, Vol 19.
Terzaghi K.	(1925)	Erdbaumechanik auf Bodenphysikalische Grundlage. F Deuticke Verlag, Vienna.
Terzaghi K.	(1929)	The science of foundation – its present and future. Trans. ASCE, 93
Terzaghi K.	(1939)	Soil mechanics – a new chapter in eng. science. J. Inst. Civil Engrs, 12.
Terzaghi K.	(1943)	Theoretical Soil Mechanics. Wiley, New York.
Terzaghi K.	(1953)	Fifty years of subsoil exploration. Proc. 3 rd Int. Conf, Zurich.
Terzaghi K., Peck R. B.	(1948)	Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley, New York.

3.2 Kunskap och samarbete i Norden

Allmänt

Den geotekniska historien och dess verksamhet i ett land eller ett visst område är starkt kopplat till samhällsutveckling, kommunikationer, byggandet och inte minst de geologiska förhållandena. De nordiska länderna är i dessa avseenden i stora drag lika varandra. För att belysa hur geotekniken har utvecklats nästan parallellt och ofta i samarbete, så kan en beskrivning från de tre länderna vara en lämplig del även i "Geotekniken i Sverige 1920–1945.

Som en inledning skulle man från geoteknisk synpunkt kunna benämna Norge, Finland och Sverige tillhörande en grupp "lösjordsfraktioner", medan Danmark då mer blir av typ "fastjordsfraktion. Den geologiska bakgrunden till detta är välkänd. Danmark har på stora områden bärkraftiga friktionsjordarter och knappast inga naturliga förutsättningar för skred mer än vid strandbrinkar längs kusten. Island, slutligen, kan ses som den unga nationen, alltid stadd i förändring.

Flera av den moderna geoteknikens pionjärer har varit föregångare och pionjärer från Norden. Några är redan inledningsvis värda att lyfta fram med namn och verksamhet.

John Olsson 1880–1969

Geotekniska kommissionens sekr, chef SJ:s geotekn avd (lösa leror, skred, fältutrustningar)

Sverre Skaven-Haug 1899–1994

Chef för NSB:s geotekniska kontor (tjälproblemen, kvicklera, pålbärlighet)

Ellen Louise Mertz 1896–1987

Fil dr, geolog. DGI, DSB, DGI (moränlera, Lillebelts brogrundläggning, ingenjörsgologi)



Thord Brenner 1892–1949

Professor, geolog. Chef för finska järnvägsstyrelsens geotekn avd (skred, lösa leror, sondering)

*"De fyras gäng" inom den nordiska geotekniken.
S Skaven-Haug, J Olsson,
E L Mertz, Th Brenner.*

Järnvägarnas geotekniska problem var det som först kom att koppla ihop dessa pionjärer. Men de bidrog också till att ett effektivt samarbete tidigt förekom på hela det geotekniska fältet. John Olsson blev något av en centralgestalt vid alla möten, inte minst vid de järnvägsgeotekniska träffarna. De kom senare under Bror Fellenius och Erik Sandegrens chefskap på SJ att bli mera officiella nordiska möten under många år.

Norge

Norges branta topografi och saltvattenavsatta leror har genom århundradena förorsakat många stora och katastrofala skred som i Trondheims hamn 1888 och Verdalskredet 1893. Någon har räknat ut att mellan 1870–1940 för-olyckades i medeltal 17 personer per år av den falska kvickleran. De stora älvscreden (ett var 30:e år) i Drammendingången är att likna vid den svenska instabiliteten längs Göta älvs dalgång.

Järnvägsbyggare i Norge fick många gånger också uppleva samma svårigheter med markbrott för bankarna och sättningar i de lösa lerområdena som sina svenska kollegor. Det första geotekniska kontoret inrättades 1922 vid NSB med den svenska geotekniska kommissionen och avdelningen vid SJ som förebild. Den unge civilingenjören Sverre Skaven-Haug från Hamar anställdes 1923. Vid en tågresä till Trondheim kom han av en händelse att sammanträffa med John Olsson i samma vagn. Det kollegiala mötet blev grunden till en livslång vänskap och ett samarbete mellan norska och svenska geotekniker. Snart nog fanns det ”19 mm glatt dreiesondborr, skovlborr, kanneborr och stempelborr” på det norska geotekniska kontoret och med den svenska kommissionens ”Vägledning vid Jordborringar för Järnvägsändamål” som instruktionsbok.

Skaven-Haug kom att intressera sig mycket för tjälproblematiken. Utskiftning av jordmassor och isolering med torv var metoder han ofta använde. Tjälklassificering av jordarterna och deras kapillaritet såg han som andra viktiga kunskaper, liksom betydelsen av dräneringar.

Med sin skärapparat för bestämning av lerans skjuvhållfasthet kunde han verifiera och kalibrera fallkonprovets värden 1932. De relativa H_3 -talen kunde nu tolkas efter formeln

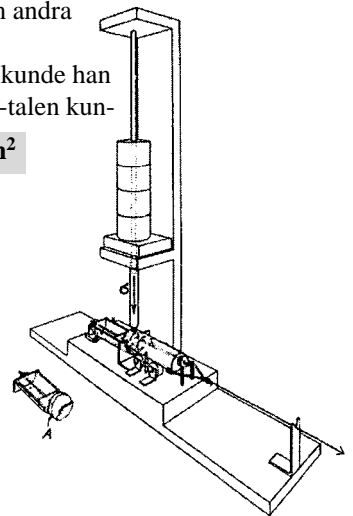
$$\tau_{\text{brott}} = H_3 / 36 + 0,073 H_3 \text{ t/m}^2$$



Sverre Skaven-Haug.



Laurits Bjerrum.



Skaven-Haug's skärapparat.

Drammens lösa leror har de ”norske geo-konsulenterna” byggt hus på med s k kompenserad grundläggning redan på 1930-talet. När Folketeatret i Oslo skulle grundläggas 1931 blev det dock med 500 stålplåtar till ett djup av 20–35 m. När tunnelbanan i Oslo byggdes ut på 1920-talet så dränerade och minskade tunneln grundvattentrycket i lerlagren. Sättningar flera hundra meter från tunneln började uppträda och först då blev man klar över orsakerna och kunde sätta in motåtgärder.

Bland ”konsulenterna” i Norge fanns från 1927 en civilingenjör Olav Folkestad, som några årtionden senare skulle spela en stor roll för Norges geotekniska utveckling. Ett par år efter världskriget var planerna på ett statligt forskningsinstitut redan långt framme. 1947 började man med att inrätta ett ”Geotekniskt kontor”, med Folkestad som ordförande. 1951 formaliserades kontoret till ”Norges geotekniske Institutt”, NGI och teknisk chef blev dansken och civilingenjören Laurits Bjerrum.

På 10 år byggde Folkestad och Bjerrum upp institutet till en hög internationell nivå och grundlade det goda samarbete som sedan dess alltid funnits mellan de nordiska länderna. Laurits Bjerrum hade doktorerat på lerors skjuvhållfasthet i Zurich 1951 och förde in den europeiska Terzaghi-skolan i Norges geoteknik. Ur NGI utvecklades snart ”Norges Borro AB” nämligen den förnämliga firman för fält- och laboratorieutrustningar som vi känner under namnet Geonor A/S.

Negativa sättningsproblem (dvs svällning/hävning) började förekomma under byggnader i Osloområdet kring 1930. Det var den svarta alunskiffergrunden, som kunde svälla upp till 10–30 cm om grundvattnet dränerades bort under husen och syre fick tillträde. Alldeles efter kriget initierade Olav Folkestad en kommission, som med många undersökningar och grundforskning på några år lyckades klarlägga orsakerna. Åtgärderna blev ofta infiltration, höjd grundvattennivå, vattentäta källare eller en asfaltisolering av skifferytan. Resultaten har kommit till stor nytta i Östersund, där Sverige har sina största besvär med denna ordovisiska bergart.

Att läsa vidare

Skaven Haug S.	(1931)	Skjårfasthetsförsök med lere NSB Medd. 6.
Skaven Haug S.	(1940)	Grunnundersökelse i marken og laboratoriet. NSB Medd.15.
Skaven Haug S.	(1946)	Torv i jernbanelinjen mot telehivning. Tekn Tidskr 1946:52.
Bjerrum L.	(1952)	Kontoret for geoteknikk. Norges Forskningsråd 1951–1952.
Rosenqvist I. T.	(1952)	Om kvikkleire. Naturen, b 76, nr 10.
Bjerrum L., Rosenqvist I. T.	(1956)	Norske leirskred og deres geoteknikk. NGI Publ 15.
Bastiansen R., Rosenqvist I.T.	(1957)	Byggnadstekniske problemer ved Osloområdet alunskiferne. NGI Rapp 22.
Svennmar O.	(1962)	Tunnelbanan i Oslo och geotekniken. NGI Publ 47.
Skaven Haug S.	(1962)	Den geotekniske utvikling i Norge fram til 1950. NGI Publ 47.
Bjerrum L.	(1962)	Tillbakeblikk ved årsskiftet 1961/62. NGI Publ 47.
Flodin N.	(1968)	Nordiskt geotekniskt samarbeite. VoV, vol 14, nr 7.

Finland

Finlands deltagande i det nordiska samarbetet har sitt ursprung i de likartade problemen som funnits i ländernas järnvägsgeoteknik. Liksom i Sverige var det några stora skred och olyckor som gjorde en samlad insats nödvändig för att bättre kunna bemästra järnvägsbankarnas sättningar och stabilitet. Djurgårdsbanken utanför Helsingfors hade rasat en gång 1916 (och sedan också 1923) och vid Hoplaks 1919 förolyckades människor när ett godståg följde med i ett skred.

Den glaciala geologin med morän, lera och åsar liknar mycket de svenska förhållandena. De många sjöarna och torvmossarna har dock utgjort betydande hinder för byggande av vägar och järnvägar.

I december 1919 tillsatte Järnvägsstyrelsen en ”Geoteknisk kommission” med motsvarande svenska som förebild. Den finska kommissionens insatser kom att huvudsakligen arbeta med orsakerna till de nämnda skreden. För den geotekniska forskningen, undersökningsmetoderna och lämpliga förstärkningsåtgärder använde man sig till stora delar av den svenska kommissions erfarenheter och slutbetänkande. Det betydde också att viktsondering, provtagning och konprovet blev en standard i Finland från 1920. Den finska geotekniska kommissionens arbete finns tyvärr inte sammanfattat i någon slutrapport, förutom utredningsmaterial från de båda skreden de främst undersökte.

Efter svensk modell ersattes kommissionen av en ”Geoteknisk sektion” vid Järnvägsstyrelsen 1926. Dess chef blev geologen Thord Brenner, som med tiden kom att bli en av de ”fyra stora” i nordisk geoteknik. Brenner tillhörde också en av de unga geoteknikerna som studerade för Terzaghi kring

1930. Han intresserade sig särskilt för skredproblemen, de lösa lerorna och nya moderna metoder för undersökning i fält och laboratorium. Han kom därmed att vara en östlig stödjepunkt för John Olssons svenska metoder och järnvägsgeoteknik. Brenner blev den första geotekniska professorn i Norden 1948, men hann tyvärr bara verka under ett år innan han avled.



*Järnvägsbanken
vid Djurgården,
Finland 1923.*

Vid den geotekniska sektionen arbetade också en ingenjör R Forstén med metoder för markstabilisering genom tryckbankar och nedpressning/sprängning.

Professor Karl V Helenelund har 1953 sammanställt många av de genom åren inträffade markgenombrotten för järnvägsbankar i Finland (se ref). Helenelund blev Finlands geotekniska laboratoriums (institut) första chef 1953 på VTT.

Finland skulle få ytterligare en betydande geotekniker när professor Leo Keinonen anställdes 1949 på Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen och senare 1954 på Järnvägsstyrelsens geotekniska sektion. Hans arbeten kom främst att beröra tjälproblemen, en ny konsolideringsteori och jordartsfysik. Keinonen var också en av grundarna till Finlands geotekniska förening 1951.

Järnvägsgeotekniken kom alltså under många år att bli den främsta företrädaren för geotekniken i Finland. Hamnstäderna byggde dock hamnar och kajanläggningar både före och efter ”järnvägsskredens tid”. De geotekniska konstruktionerna för lösa lerområden hade ofta sina förebilder i Stockholm och Göteborg och med träpålar som en viktig del. När sedan de nordiska geotekniska mötena (NGM) började avhållas var 4:e år från 1950 så kom Finland att spela en allt större roll inom flera områden.

Att läsa vidare

Brenner Th.	(1925)	Banvallen i Djurgården. Tekn Fören Förhandl 7/1925.
Lagergren K.A.	(1936)	Grundläggning av vägbankar i kärrmark medelst sprängning. Tekn Tidskr 39/1936.
Helenelund K.V.	(1953)	Markstabilitet och markgenombrott med speciell hänsyn till järnvägsbankar i Finland. VTI Publ 24.
Flodin N.	(1986)	Geotekniken i Norden – nordiskt samarbete. Suomen geoteknillinen yhdistys 1951–1986. Helsinki, p 14–22.

Danmark

Den geotekniska verksamheten i Danmark styrs av de kontinentala geologiska förhållanden som råder där. Den sedimentära och unga berggrunden har skapat de dominerande jordarterna moränlera och grusdeltan som mot väster övergår i moräner. I nordiska geotekniksammanhang så betraktas Danmark därmed som en "fastjordsnation". Järnvägsbyggande och geoteknik har därför inte kommit att bli samma pionjärområde som i övriga Norden.

Hamnar och kajanläggningar byggdes i början av 1900-talet med hjälp av tyska och holländska erfarenheter. Med begränsade djup till fast botten kunde grundläggning utföras med stenkistor eller grusbankar. Vid svagare grundförhållanden gjordes grusutfyllnader för stabilisering och grundläggning på träpålar, i senare tider användes en skarv med överpåle av betong. På 1930-talet började man övergå till betongpålade kajdäck vid undergrund av lera.

För hamnbyggnad och djupa schakter utvecklade entreprenörfirman Christian & Nielsen och professor H Lundgren helt nya beräkningsmetoder för stålspontväggar.

Grundläggning av byggnader på lösare lerområden (Yoldialera) utfördes med teknikutvecklingen

- 1) trärustbädd
- 2) träpålar,
- 3) betongpålar.

Moränleran hade dock på de flesta ställena tillräcklig bärighet.

Kunskapen om grundläggning och geoteknik var praktiskt förankrad vid de större byggföretagen. För att reda ut de geologiska förhållandena vid byggandet i mark så anlätades vanligen Dansk Geologisk Undersökning (DGU). 1923 öppnades av den anledningen där en geoteknisk avdelning, som också kom att arbeta mycket nära tillsammans med Järnvägarnas DSB geotekniska avdelning. År 1937 etablerade sig också geotekniken definitivt på Danmarks tekniska Högskola genom att ett laboratorium byggdes upp och där även forskning skulle ske med professor G L Schönweller som ledare.

Åsikterna finns, att det var först i mitten på 1930-talet som geotekniken i reell mening började skapas i Danmark. En geolog och kvinna stod plötsligt på barrikaderna och förde starkt fram kunskaperna och nyttan med kopplingen mellan ingenjörsteknik och geologi. Det var Ellen Louise Mertz som redan 1916 börjat på DGU men nu även delade sin tid till DSB.

Provtagning och lera och moränlera var ett av hennes stora områden. Vem om inte hon hade ansvaret för och redde ut de geologiska förhållandena när Lilla Bältsbron I skulle byggas. I en Avis stod det "kvinden, der baerer Lillebaeltsbroen på sine skuldrer".

Redan på 1920-talet använde hon sig av John Olsson konprovapparat "mer värd en ett diamantsmycke" tyckte hon. Viktsonden blev också en av hennes favoritutrustningar. Mertz kom på så sätt också in i den nordiska skaran av järnvägsgeotekniker, dvs "geo-klubb fyra" som tidigare ovan nämnts.

Geotekniska laboratoriet på DTH ombildades 1943 till det danske Geotekniska Institut, DGI, som därmed blev det första i Norden. Fru Mertz hade



Lilla Bältsbron I, fackverksbro, grundlagd 1936 efter E L Mertz undersökningar. Lerdjup ca 100 m, skjuvhållfasthet ca 100 kPa, sättningar intill år 2000 ca 0,6 m. Lilla Bältsbron II (bilden), hängbro, grundlagd på 1960-talet med kohesionspälår.

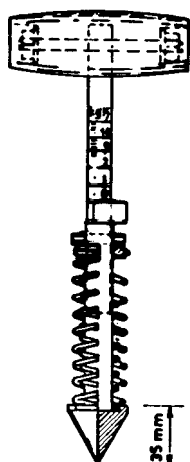


Ellen Louise Mertz.

även tid att verka på institutet och blev redan där en legend i sin lärargärning och med de tvärkunskaper hon så starkt förordade, Geologi / Geoteknik / Ingenjörsteknik. Chefer för DGI kom under de första 12 åren att vara professor Schönweller, lektor A F Mogensen, professor H Lundgren. Nivån som ett av Europas största och modernaste geotekniska forskningsinstitut nådde DGI sedan under ledning av professor Jörgen Brinch Hansen från 1955. Hansen hade under en 20-årsperiod tidigare skaffat sig gedigna och praktiska kunskaper från hela världen i entreprenadfirman Christiani & Nielsen.

Trots den annorlunda geologin kom svenska fältmetoder till stor användning även i Danmark. De danska namnen kan behöva en översättning:

- Spidsbor = Viktsond
- Beholderbor = Kannprovtagare
- Øsebor = Skopprovtagare

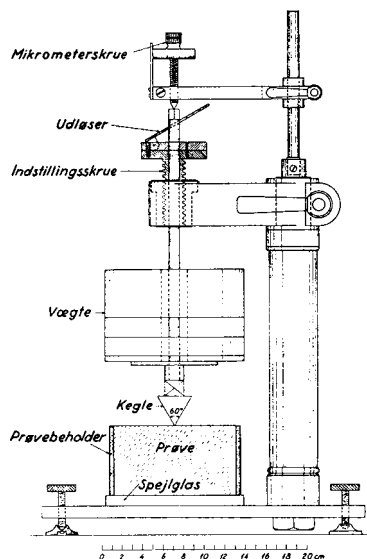


Dansk fjäderkon (fältkonprovare). Framtagen av O Godskesen.



Jörgen Brinch Hansen.

- Hamnar, kajer, broar
- Jordtryck / spont / jämnviktsmetoden
- Sekundärsättningar
- Partialkoefficienter



Bretings Faldkegle.

- Sneglebor = Skruvborr
- Fjäderkon = Fältkonprovare

John Olssons svenska kolvborr störde dock provtagningen i moränlera för mycket. DGI utvecklade där så småningom en egen provtagare och använde senare även foliekärnprovtagaren.

Institutet kom de första åren att arbeta mycket med skjutförsök på lera. Man använde då vanligen professor A E Brettings ”Faldkegle”, påminnande mycket om den svenska konprovaren. I stället för H_3 -värden togs ”konsistens-tal” K_3 fram (60 graders kon, 10 mm sjunkning med vikt av kegle i kg = konsistenstal). Skaven-Haug's norska skärapparat från 1931 användes sedan när olika lertyper som jämförelse belastades till brott och kurvor uppritas med konsistenstal och skjuvhållfasthet som koordinataxlar.

Att läsa vidare

Mertz E.L.	(1928)	Lillebeltsler og Londonclay. DGU, Raecke 51.
Hvorslev M.J.	(1937)	Über die Festigkeitseigenschaften gestörter bindigen Böden. Ingenjörsvetenskapliga skrifter A 45.
Mogensen A.F.	(1946)	Det danske Geotekniske Institut, organisation, opgaver, NIM 3, Stockholm.
Mertz E.L.	(1946)	Danske jordarters geotekniske egenskaper. Dansk Ingenjörforening 1946-04.
Mertz E. L.	(1949)	Vekselvirkningen mellem geologi og geoteknik. DGU, Raecke 29.
Brinch-Hansen J.	(1953)	Earth pressure calculation. Dr. tech. afhandling. Teknisk Forlag.
Brinch-Hansen J., Lundgren H.	(1958)	Geoteknik. Teknisk Forlag.

Island

Island har som alla vet en ung och vulkanisk geologi som ständigt förändrar ön. Istiden pågår dessutom nästa ännu med många jöklar. Att ”skandinaviska” geotekniska problem finns där demonstrerades senast vid det Nordiska Geotekniska Mötet på Island 1996.

- Istiderna har skapat speciella leror.
- Flytjord och erosion är ständigt aktuellt.
- Tjälén i de finkorniga sedimenten måste också beaktas.
- Geotermisk energi är en resurs man utnyttjar för produktion av både värme och el.

De nordiska kopplingarna och samarbetet var knappast etablerat före 1945. Denna skrift tar därför inte upp de sporadiska kontakter som kan ha förkommit bakåt mot 1920. Sedan årtionden är nu Island med i den nordiska geotekniska gemenskapen. Deras unika kunskaper om speciella geotekniska förhållanden blir därför nu i modern tid till nytta för de övriga nordiska länderna. Historieskrivningen över detta kan man följa genom alla NGM-proceedings från 1950.

Kapitel 4.

Geoteknikens framsteg i Sverige under 25 år

4.1 Geotekniken på tröskeln till 1920-talet

Den 31 maj 1922 är en speciell dag och milstolpe i den svenska geoteknikens historia. SJ:s Geotekniska kommission avlämnade då sitt slutbetänkande efter åtta års intensivt arbete med främst järnvägarnas ”marksammanpressningar” (sättningar) och ”markförskjutningar” (skred/ras). Varje geotekniker i Sverige borde disponera ett exemplar av denna utomordentliga ”Geotekniska stora bibel”. Utan historien lever man även som fackman bara ett halvt liv.

Gränsområdet mellan kvartärgeologi och byggnadsteknik hade med kommissionen fått en ny ingenjör- och vetenskapsgren som man kallade **geoteknik**. I skriftens slutord och bilagan ges också förslag till hur det nya teknikområdet skulle förvaltas och utvecklas. SJ anmodas bl a att inrätta en geoteknisk avdelning med uppgifter att, citat;

- *Vara bandistriktens undersökningsförrättare och granskare av åtgärder*
- *Upprätta förslag, säkerställa järnvägarnas stabilitet, inspektera alla sträckor*
- *Göra undersökningar i fält och laboratorium och föra vetenskapen framåt*
- *Utveckla nya metoder och ingenjörsvärktyg, ta fram normer och redovisningar*
- *Sprida allmän geoteknisk information och publicera avdelningens resultat*

Avdelningens föreståndare/chef skulle vara civilingenjör VoV och klara både den praktiska verksamheten och de teoretiska frågorna. John Olsson, ”Ler-Olle”, var självskriven kandidat till detta arbete. SJ:s geotekniska avdelning hade han i verkligheten inrättat redan den 1 juli 1920. En geolog skulle också anställas med ”betyget beröm godkänd och hava vana och fallenhet för geologiska fältarbeten”. Kompetenskravet klarades galant av fil lic Carl Caldenius.

Hamnkotoren i städer som Stockholm, Göteborg, Norrköping, Sundsvall och även deras andra tekniska kontor hade kring 1920 börjat använda de nya geotekniska arbetssätten som Järnvägskommissionen hade tagit fram. Vägen var utpekad och en geoteknisk skola fanns att hålla sig till. En ”standard” var upprättad för sondering, provtagning, enkla laboriemetoder och redovisning av resultaten. Lerans vattenkvot, plasticitetsgräns och finlekstal hade blivit viktiga parametrar. Hållfasthetstalen H_1 - H_2 kunde man bestämma med konprovet. Konsolideringen var praktiskt demonstrerad med en enkel ”dosa” i laboriet där vatten pressades ur lerprovet.

Länder som Sverige, Norge, Finland, Ryssland, Kanada och USA med en glacial geologi har sina speciella och likartade geotekniska problem. Om



*BILD AV SKRED
MED LOK, VAG-
NAR, ELÄNDE vid
GETÅ 1918
(Det var sådana här
olyckshändelser
som inte fick
inträffa igen).*

modernmaterialet till jordarterna härstammar från urberget så kommer dessutom teknikutvecklingen att ske på moränens och de lösa lerornas områden och villkor. Sverige hade intagit en ledande position för detta kring 1920. Man behöver bara tänka på Atterbergs jordartsindelning, glidtytemetoden för skred, kohesionspålningen i lera, erosionskydden, tätkärnor av morän m m.

En konsolidering och återhämtning skedde dock inom det nya teknikområdet, som även började kallas "ingenjörsgéologi" efter influenser från utlandet. Det fanns ingenjörer och geologer som menade, att man nu hittat den gemensamma nämnaren i "Geotekniken" och att de flesta problemen nu bokstavligt var nedtagna på jorden.

För att grundlägga och jordförstärka samt hantera jord, berg och vatten på ett tekniskt bra sätt fanns det nu en samlad kunskap mer eller mindre färdig att använda. Med empirisk erfarenhet och teori användes exempelvis följande som någon slags norm.

- Man grundlade på knäddbar lera med grundtryck	0,4 kg/cm ² (40 kPa)
- Grus kunde tåla belastningar på	4 kg/cm ²
- Pinnmo var hård och stark	8 kg/cm ²
- Kohesionspålar av trä tålde per mantelyta	0,1 kg/cm ²
- Markbrott och skred beräknades med svenska glidtytor	

Med konsulter som Vattenbyggnadsbyrån, Allmänna Ingenjörbyrån, Kreugers Konsulterande Ingenjörfirma, projekterades kraftverk, broar, tunnlar, stadsbebyggelse, hamnar m m, vilka sedan entreprenörer som Skånska Cementgjuteriet, Granit och Beton, Tekniska Byggnadsbyrån, Nya Asphalt, Vägförbättringar, Armerad Betong och Vattenfallsstyrelsen byggde. Geotekniken hade i dessa kretsar börjat få en ökad betydelse. Men fortfarande var SJ:s geotekniska avdelning och Göteborgs Hamnkontor Sveriges ledande aktörer de första åren efter 1920.

Att läsa vidare

Fellenius W.	(1916)	Kaj och jordrasen i Göteborg. Tekn Tidskrift, vol I46.
SJ Geot Kommission	(1917)	Vägledning vid Jordborrningar för järnvägsändamål. SJ Geotekniska Medd nr 1.
SJ Geot Kommission	(1922)	Slutbetänkande. SJ Geotekniska Medd nr 2.
Geer de G.	(1928)	Byggnadsgrund ur geologisk synpunkt. Byggnadskonst, Band 3.
Caldenius C.	(1946)	Geoteknik 1921-1946. Geol Fören förhandlingar Bd 6, 1946:2.
Bjerrum L., Flodin N.	(1960)	Development of soil mechanics in Sweden 1900-1925. Geotechnique, vol 10, nr 1, p 1-18.
SGF	(1995)	Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914-1922. SGF Rapport 2:95

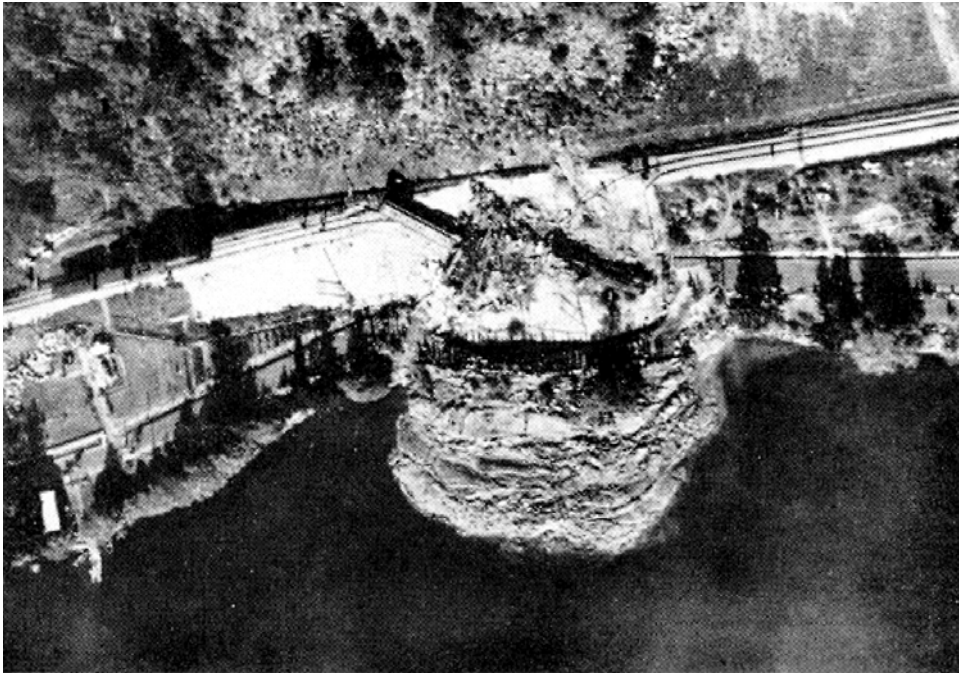
4.2 SJ:s geotekniska avdelning

Kungliga järnvägsstyrelsens geotekniska kommission hade under sin 8-åriga verksamhet ”skapat geotekniken” och lagt en grund för hur stabilitet och sättningar skulle hanteras vid järnvägarna. Med inrättandet av en speciell geoteknisk avdelning vid SJ den 1 juli 1920 erhöles en nödvändig kontinuitet. Avdelningen fick ansvar för att *”utreda, inspektera, arbeta i fält och laboratorium, metodutveckla, normera och sprida information om geotekniken”*.

I ett historiskt perspektiv på 50–80 år blir det som en inledning naturligt att se hur målsättningen för den geotekniska avdelningen kom att uppfyllas. Huvuddelen av verksamheten koncentrerades till ”ärenden” för olika järnvägssträckor och broar. Det blev i detta praktiska vardagsarbete som konsult, projektör och granskare som avdelningens instruktion kom att genomföras. Befintliga banvallars problem och utredningar för nybyggande blev det som gällde i första hand. Forskning och utveckling gjordes parallellt och kanske mest på ”lediga stunder”, dvs efter arbetstiden.

Chef för den geotekniska avdelningen blev den då 40-åriga civilingenjören John Olsson från Uddevalla, dvs med rötter i Bohusläns lösa blålera. Hans verksamhet, meriter och utomordentliga betydelse för svensk geoteknik är inledningsvis nämnd i denna skrift. I SGF-rapporten 2:95 är hans insatser 1910–1925 närmare beskrivna. Därefter är mycket av hans arbete ”gömt” i alla utredningar och ärenden som avdelningen då dignade under. Någon direkt historieskrivning finns sannolikt inte för perioden 1925–1950. Att dokumentationen i form av allmän geoteknisk litteratur från SJ:s geotekniska skola inte heller skapades då, kan man finna i 1950 års Handbok Bygg IV, kapitel 817:321. Tre rader där *”hänvisar den intresserade till Meddelande 1, Vägledning vid jordborrningar för järnvägsändamål, 1917”* samt *”SJ geotekniska kommissions slutbetänkande 1922”*.

Ett glapp på 20 år utan några officiella geotekniska skrifter? Kanske var det så som ”Ler-Olle” beskrev det i en intervju med Nils Flodin kring



Skredet vid Vita Sikudden, Getå, 1918.

1968.....”jag hade begränsade möjligheter (tid), vi skulle ju också göra nytta på avdelningen samtidigt med våra geotekniska experiment”.

John Olsson var på många sätt långt före sin tid med exempelvis sondering, provtagning, lerans konsolidering, påbärighet m m. Han var tyvärr ingen flitig skribent, utan vardagsgeotekniken fick ett företräde i hans liv. Hans geotekniska erfarenheter och läror spreds därför långsamt utanför den närmaste kretsen av svenska och nordiska järnvägsbyggare. Den geotekniska avdelningens resurser var dock redan 1925 stora, vilket sammanställningen nedan anvisar:



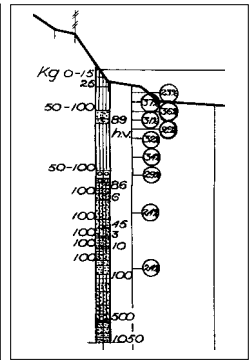
Avd chef, civ ing John Olsson.



Geolog, fil lic Carl Caldenius.



En fältdag.

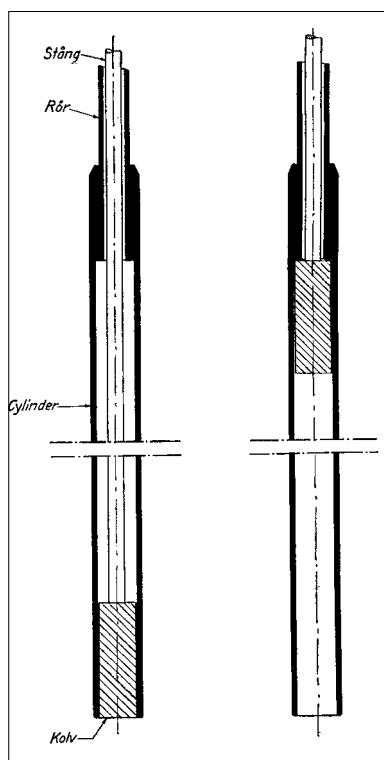


Borrsektion.

Fältutrustningar och skjuvhållfasthet ärvdes från kommissionen

Geotekniska kommissionen hade till 1917 tagit fram **viktsönderingen** som en rutin för borrhningar. Att lasta vikter, vrida 25 halvvarv, mäta sjukning och lyssna på sondstängen kom att bli en metod som har stått sig ända in i våra dagar. **Skrubborren** användes främst som förborrning för att ta bort vidhäftningen av ytlagret/torrskorpeleran.

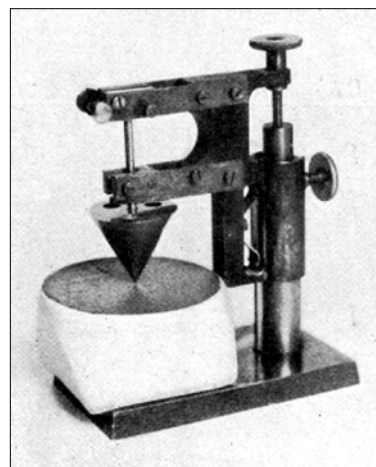
Provtagning utfördes med **skopborr** i fastare jordarter och **kannborr** i lösare jord. Den mest kvalificerade provtagningen skedde med en **cylinderborr**, som hejades ned med en trävikt och där jordprov med diametern 46 mm och längden 160 mm kunde tas upp. Då erhöles "oomrörda" prov som förvarades i glasburkar till laboratoriet. Även en sk provtagningsdosa fanns med i fältutrustningen. Hållfasthetstalen H_1 - H_2 för dessa lerprover bestämdes med den konprovare som John Olsson utvecklat redan 1915. "Ler-Olles" idéer om en mer ostörd provtagning kunde han utveckla de första SJ-åren och redan 1923 presenterade han sin med tiden berömda kolvborr, den första i världen.



SJ kolvborr 1923.



Avskärning av kolvborrprov.



*John Olssons
konprovapparat
från 1915.*

Kolvprovet hade en längd av 640 mm och diameter på 44 mm. Hanteringen med avskärning och förvaring i glasburkar kunde medföra att provet ändå blev något stort. Själva provtagningen var dock elegant och blev snart känd och använd internationellt. År 1933 förbättrades den på ett avgörande sätt genom en konstruktion av Göteborgs Hamnkontor med mässingshylsor i kolven och proven kunde nu anses "helt ostörda".

Lerans relativa hållfasthetstal H_3 bestämt med John Olssons konprovare var nu ett relativt mått på den ostörda hållfastheten. Från 1930-talet kunde också stegen mot bestämning av lerans verkliga skjuvhållfasthet tas i relation till H_3 -värdena. Carl Caldenius och Torsten Hultin experimenterade med tryckförsök fram formler för koefficienten C för relationen mellan H_3 -värden och τ_{brott} . Liknande arbeten gjordes utifrån skjuvförsök av norrmannen Skaven-Haug. För lerans finlekstal och organiska inblandning gjordes reduktioner med upp till 40 %. Teorierna verifierades också genom Olssons provbelastningar för pålar och beräkningar efter inträffade skred. Som ett medeltal kom denna koefficient och formel att användas

$$C = (36 + 0,064 \cdot H_3) \text{ m}^2/\text{t} \quad \text{och} \quad \tau_{\text{brott}} = H_3 / C$$

Denna tolkning fanns kvar fram till Sven Hansbos arbeten 1957, då nytt ljus kastades över skjuvhållfasthetens natur och värden genom SGI-Proceedings No 14 (A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test).

Järnvägsbankars bärighet var ständigt en aktuell fråga på den geotekniska avdelningen. Effekterna på stabiliteten av lastutbredningen i torrskorpeleran studerades systematiskt av Carl Caldenius. Resultaten framlades 1925 som en doktorsavhandling med IVA-rapporten 42 "Bidrag till kännedom om relationen mellan markbeskaffenhet och markbärighet, sådan den registreras genom hållfasthetstalsbestämningar och bankbelastningar". Hans underlag var geotekniska kommissionens undersökningar, avdelningens alla utförda tvärsektioner och en mängd egna nya jordprov och H_3 - H_1 bestämningar. Anvisningar för dimensioneringar kunde därmed tas fram.

Ett problem som intresserade avdelningen mycket genom åren var hur snabbt som fullständigt omörd leras hållfasthet kunde återvinnas. Provtagningar från Henriksdal och Ugglevikskällan 1926 visade att hållfastheten hade återgått till "ostörda" värden redan efter 5–10 dagar. Erfarenheterna kunde sedan användas för beräkning av skredrisker. Lasttillväxten för kohe-sionspålar blev därmed också lättare att tolka vid de omfattande provpålingar som SJ utförde genom åren.

Järnvägsbyggande och jordförstärkningar 1920-1945

Den geotekniska avdelningen fick ansvar för ett till stora delar redan anlagt, men på många ställen bristfälligt järnvägsnät. Rallarna hade byggt banorna med hacka, spade, svett och snus (organisk mjäla?). Geoteknikens hemligheter med markförskjutningar och bärighet fick "ingenjörerna från Stockholm" ta hand om. Nybyggandet blev de närmaste decennierna dock bara några

hundra mil spår. Lite järnvägshistoria kan vara en bra bakgrund till det svenska järnvägsnätets utveckling och vad avdelningen hade att hantera och prioritera.

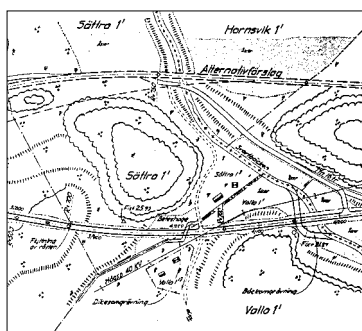
Färdig år	Total längd	Järnvägssträckor och utbyggnad
1849	0,8 mil	Sveriges första järnväg, Frykstabanen invigs av kung Oskar I
1866	130 mil	Västra och Södra stambanan
1886	700 mil	Banan till Storlien och Norge, 2/3 enskilda banor
1916	1500 mil	Norra och Östra stambanan, Malmbanan,
1936	1688 mil	Inlandsbanan, dubbelspären, största utbredningen, 50 % enskilda
1956	1638 mil	Stambanornas dubbelspår, 10 % enskilda banor
1996	1100 mil	Nedläggningar, men ökad standard och säkerhet

I Statens Järnvägars Minnesskrift 1931 anger John Olsson följande omfattning av avdelningens arbete från år 1920.

- 207 ärenden (bl a sträckor) med bankar och skärningars stabilitet
- 29 husbyggnader (stationshus?)
- 117 broar och viadukter
- 85 företag med vattenregleringar och utdikningar
- 126 grustäkter
- 67 observationssystem för skred

Viket konsult- eller projekteringsföretag skulle nu ha klarat detta på 10 år?

Nybyggandet skedde till stor del på Inlandsbanan och Hotingbanan. Förstärkningar och ombyggnader förekom mest på stambanornas svaga lerområden. Några direkt nya förstärkningsmetoder kom inte fram de första decennierna. De bättre geotekniska kunskaperna gjorde dock att man nu förstod och riktigare kunde dimensionera vad äldre praxis hade byggt och tidigare använt. Metoderna nedan känner vi igen i teknik som nyttjas fortfarande.



Omläggning av sträcka.

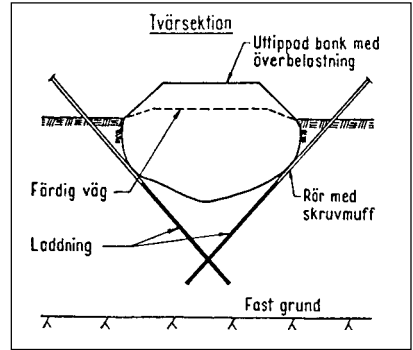
Wolmar Fellenius teoretiska behandling av markbelastningar gjorde att denna stabiliseringsteknik kunde utnyttjas med hjälp av tryckbankar

Med kunskap om geologin kan bansträckning och vägar räddas upp på fast mark.



Tryckbankar.

När nedpressningen av sprängstensbanken inte lyckades fanns alltid dynamiten att ta till.



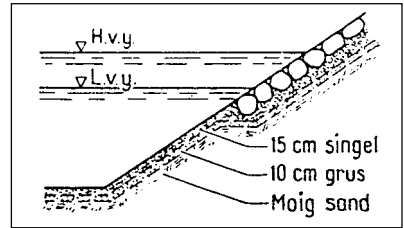
Nedpressning / Sprängning

Broar försökte man placera där landfästen och stöd hade goda grundförhållanden. På lösare jordar användes kassuner och sänkbrunnar. Som en sista utväg kunde alltid träpålar och fram på 1930-talet började betongpålar användas. Med provpålning fick höga pållaster användas, särskilt för korttidsbelastning typ rullande tågsätt.



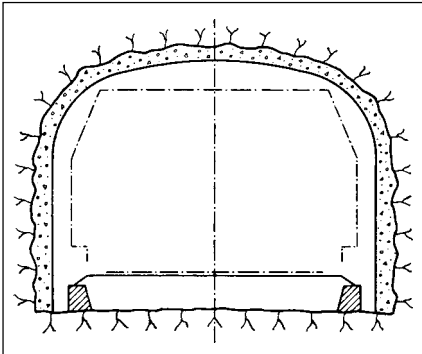
Naturstensbro vid Pakkoselet på Inlandsbanan.

Många skred hade sin orsak i erosion vid basen av slutningen, stranden. Det omvända filtret användes ofta vid banvallar intill vattendrag och sjöar.



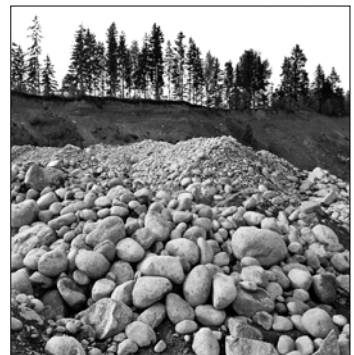
Strandskoningar och slänter

Geotekniska avdelningen måste klara av även berggeologiska problem. När järnvägen genom Hagalunds-tunneln, och Jonseredstunneln elektrifierades på 1930-talet så förstärktes berget enligt figuren. Elledningarna försvårade den tidigare kontinuerliga bergrensningen.



Tunnelförstärkning i berg.

Att bygga järnvägsbankar var en fråga om massbalansering, särskilt som maskiner för långa och effektiva transporter inte var vanliga. Grusåsar och bra moränkskärningar måste letas fram. Sprängmassornas lämplighet som makadam fick börja undersökas på 1940-talet.



Grus- och ballastillgångar.

År 1945 avgick John Olsson med pension från chefsansvaret för SJ:s geotekniska avdelning. Tjänsten tillsattes med Bror Fellenius, som under åren 1935–1938 varit geotekniker vid Göteborgs Hamnkontor och 1939–1945 konstruktör vid KVSS Hamnbyrå.

”Ler-Olle” är under 40 år en portalfigur och pionjär i svensk geoteknik. Vi kommer att möta honom i flera senare delar av denna skrift, men här kan vara platsen att också något belysa hans stora insatser. Konprovet för lera, kolvborren för ostörda jordprov, konsolideringsdosan som han flera år före Karl Terzaghi påvisade vattenutpressning i leran med, hans geologiska kunskap och en osviklig geoteknisk intuition när teorierna inte räckte till, säger något om hans bredd och verksamhet. När man bläddrar i John Olssons handlingar i SJ:s geotekniska arkiv känner man en stor vördnad och tacksamhet för hans bestående gärningar inom svensk geoteknik.

Att läsa vidare

Olsson J.	(1921)	Metod för undersökning av leror hållfasthetsegenskaper tillämpad vid Statens Järnvägar. Geol Föreningens Förh 43:5.
SJ Geotekn Kommission	(1922)	Slutbetänkande. SJ Geotekn Medd nr 2.
Olsson J.	(1925)	Kolvborr, ny borrhyp för upptagning av lerprov. Tekn Tidskr vol 55.
Olsson J.	(1927)	Om grundundersökningar vid Statens Järnvägar. Nordisk Järnbanetidsskrift 53:1-2.
Olsson J.	(1936)	Angående inre friktion i lera. Tekn Tidskr vol 66.
Olsson J.	(1937)	Om friktion och kohesion i lera. Tekn Tidskr vol 67.
SGF	(1995)	Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914-1922. SGF Rapport 2:95

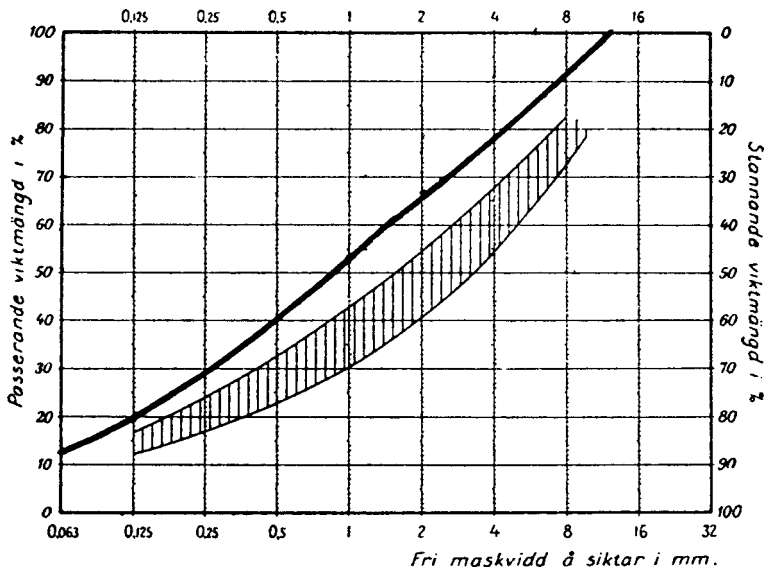
4.3 Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen

Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen (KVVS) är ett gammalt ämbetsverk från 1841, som har ombesörjt kommunikationerna genom den statliga väghållningen och byggandet av broar, kanaler, m m i landet. Genom sitt verksamhetsområde har KVVS alltid kommit att hantera frågor om markbyggnad och geoteknik. Historiska och organisatoriska milstolpar fram till dagens Vägverk kan därför vara en bra bakgrund att känna till om man vill söka något i de gamla hävderna och arkiven.

Svenska Vägintitutet tillkom 1925 för att möta behovet av vägteknisk forskning som började uppkomma i och med kraven på bättre och fler vägar i landet. Ännu en bit in på 1930-talet användes grusslitlager på vägarna. Bland de första uppgifterna för institutet var därför att ta fram en lämplig grusbeklägning, som blev den kända ”idealgruskurvan” med 60 % grovmaterial, 25 % sand och 15 % fint material.

- 1841 **Kongliga Styrelsen för Allmänna Väg- och Vattenbyggnader**
- 1882 **Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen**
- 1888 Järnvägsbyggande övergår till Kungliga Järnvägsstyrelsen
- 1922 Automobils katt införs
- 1934 Omorganisation där vägbyrå och brobyrå tillkommer
- 1936 KVVS även luftfartsmyndighet
- 1937 Ny väglag och naturavvållningen upphör på landet
- 1938 Geoteknisk avdelning inrättas
- 1944 Våghållningen övergick även på landet till kronan
- 1944 KVVS både kontrollerar och bygger vägar, broar, hamnar
- 1944 Vågförvaltningar upprättas i varje län
- 1944 KVVS geotekniska avdelning ombildas till **Statens geotekniska institut**
- 1945 Luftfartsstyrelsen bildas
- 1946 Horisontell omorganisation med vägbyrå för planering/projektering, konstruktionsbyrå för broar och byggnadsbyrå för byggande
- 1947 Namnbyte till **Väg- och Vattenbyggnadsverket**
- 1967 **Statens Vägverk** inrättas och ersätter KVVS
- 1979 Utlokalisering till Borlänge
- 1983 Namnbyte till **Vägverket**

Historiska och organisatoriska milstolpar inom KVVS, fram till dagens Vägverk



Idealgruskurvan för slitlager på 1930-talets vägar.

Särskilda provsträckor fanns ute på Värmdö och vid Bålsta, något som man bör vara tacksam för nu när bilen komfortabelt rullar fram på den släta E18 och Värmdöleden. År 1934 ombildades myndigheten till Statens Väginstitut och geologen Gunnar Beskow hade då redan kommit långt med sin systematiska forskning och lösningarna till vägarnas huvudproblem nämligen tjälbildningen och tjällyftningen.

Den europeiska geotekniska skolan

De geotekniska frågorna med grundläggningar och jordförstärkningar hade ända in på 1930-talet handlagts av ingenjörer med väg- och vattenteknisk utbildning. Kommunikationerna behövde nu dock byggas ut på alla områden. Några direkta olyckor och ras medverkade inte som för järnvägarna till att det geotekniska området mer och mer kom att stå på egna ben som en separat disciplin inom KVVVS. Tiden var dock både nationellt och internationellt mogen för att skapa en egen fristående verksamhet med geoteknisk specialkunskap, som vi skall se nedan.

Den europeiska geotekniska skolan enligt Terzaghi hade redan 1925 börjat sin erövring av världen. Den vetenskapliga och matematiska förklaringen av sättningarna i jordarter och deras tidsförlopp var nu klarlagd i teori och praktiska försök. Jordmekaniken kunde nu bättre behandlas med undersökningsmetoder och beräkningsformler. Bland lärljungarna hos geoteknikens fader i Wien fanns 1931 två unga svenska civilingenjörer, Walter Kjellman och Georg Wästlund. Kjellman hade då redan arbetat några år på Vattenbyggnadsbyrån efter sin examen på KTH 1928. En lysande karriär inom det geotekniska fackområdet hade därmed påbörjats och Walter Kjellman blev den som främst kom att föra in Terzaghis geotekniska teorier och arbetssätt till Sverige. Kunskaperna från praktiserandet i det berömda "Laboratorium für Erd- und Grundbau" i Wien skulle snart komma till stor nytta.

En geoteknisk avdelning inrättas

KVVVS fick med det ökande vägbyggandet i landet också ta hand om många geotekniska frågor och ärenden. En förste byråingenjörstjänst med geoteknisk inriktning tillsattes därför 1936 och i konkurrens med geologen/konsulten Carl Caldenius fick Walter Kjellman denna tjänst. En fristående geoteknisk avdelning bildades sedan 1938.

Det fanns nu alltså två statliga organ i Sverige där geotekniken hade fått en stor betydelse, nämligen vid SJ:s geotekniska avdelning och hos Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen. KVVVS använde arvet och kunskaperna från det tidiga järnvägsbyggandet, men hade också anledning att gå egna utvecklingsvägar för att kunna bygga säkra vägar med god funktion. Snart kom där unga ingenjörer in på den geotekniska arenan och de skulle komma att verka där som nyckelpersoner och ledande för utvecklingen under nästan ett halvt sekel.

Walter Kjellman anställde 1937 bl. a Yngve Liljendahl från VBB för att kunna förverkliga alla sina intentioner om geotekniska utrustningar för fältarbeten och laboratorieförsök. Den geologiska kompetensen säkrades något år efteråt med fil lic Gösta Bjurström.

En viss ung fältingenjör Nils Flodin började då också en enastående verksamhet inom svensk geoteknik. Som nämnts redan i förordet blev hans vetgirighet och intresse för den svenska geotekniska historien en grund och förutsättning för denna skrift. (Se SGF 2:95). Hans insatser för ett internationellt klassifikationssystem för geoteknisk litteratur, det svenska beteckningssystemet för redovisning, alla konferenser han bevakade och sammanfattade, det



Nils Flodin.



Nils Flodin vid ett byggplank "Nyfikenheten är vetenskapens moder".

nordiska samarbetet, skrifter om SPT-sondering, "History of civil engineering in soft clay", hade till stor del en bakgrund i de tidiga årens slit och erfarenheter som fältingenjör för KVVS.

Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen bildade parallellt med SJ en typ av skola för att utbilda de unga bygg- och vägingenjörerna till både praktiska och teoretiska geotekniker. Alla kan tyvärr dock inte nämnas i denna översikt. En kommande hörnpelare i svensk geoteknik började på Walter Kjellmans avdelning 1938, nämligen Bernt Jakobson. Han kom tillsammans med sin chef och Sten Odenstad att bilda ett triumvirat som var aktat både inom landet och internationellt.



Walter Kjellman.



Bernt Jakobson.



Sten Odenstad.

Bland de 24 personerna på KVVS geotekniska avdelning fanns 1940 också en kvinnlig ingenjör som väl bör vara den första svenska damen i vår yrkeskår.

Formellt var personalen anställd vid staten och den geotekniska avdelningen. Uppdragen utfördes mestadels åt landets vägdistrikt och städer. Lönen fick man dock som arvode direkt av uppdragsgivaren, vanligen över postgirot, där man alltså var "anställd" om någon frågade efter arbetsplatsen.

Reseräkningarna från färder med spårvagn, dressin, fotvandring och cykel samt klädersättningarna anger något om pionjärtidens och krigsårens strapasser för en fältingenjör.

Reseräkning
modell Nils
Flodin 1941.

RESERÄKNING			
Lönegrad: _____		Rese- och traktamentsklass: III F.	
Resans ändamål: Geot. undersökning för vägomläggningen Uddevalla - Strömstad, delen Östby - Svarteborg samt vägnal. Hamburgsund - Slottet, båda inom Götteborgs och Bohus län.			
Resan verkställd på grund av: _____			
Rabattkort (har icke kommit till användning?)			
Tid	Förändr. förhållningssättet (understruken) n. n.	Rese- ersätt- ning	Trakta- ments
1939			
Okt. 8	Avresa kl. 22,30; spårvagn	- 25	
	Jv Sthlm C - Dingle III, st. av.	27 30	3 -
9	Fotvandring Dingle - arbetspl. 4 km å 20 Ore	- 30	
	Förrättningar		6 -
	Fotvandring arbetspl. - Dingle	- 30	8 -
10	Vägdistriktets bil Dingle - Slottet, 28 km å 5 Ore	1 40	
	Förrättningar	1 40	10 -
	Vätsa bil Slottet - Dingle, 28 km å 5 Ore	- 40	
11	Fotvandring Dingle - arbetspl., 8 km å 20 Ore		
	Förrättningar	- 40	10 -
	Fotvandring arbetspl. - Dingle	- 30	10 -
12	Lika den 11.	- 30	10 -
13	" " "	- 30	10 -
14	" " "	- 30	10 -
15	Söndag	- 30	10 -
16	Lika den 11.	- 30	10 -
17	" " "	- 30	
18	Fotvandring Dingle - arbetspl., 3 km å 20 Ore		
	Förrättningar	- 40	10 -
	Fotvandring arbetspl. - Dingle	1 20	10 -
19	Lika den 18.	1 20	10 -
20	" " "	- 30	
21	Fotvandring Dingle - arbetspl., 4 km å 20 Ore		

Geoteknisk forskning

Forskning och utveckling gjordes inom väguppdragen eller "på lediga stunder", dvs fritiden. Walter Kjellman var redan då en nyskapare och en mycket kreativ ingenjör på bl a det apparattekiska området. "Mät först, tänk sedan, räkna därefter och kontrollera slutligen mot resultat i fält" som Terzaghi hade lärt, blev Kjellmans arbetsmetod. Han utvecklade en kubisk 62 mm

triaxialapparat för provning av sand vid Svirdammen i Ryssland och för ett kraftverksbygge i Lettland. För detta och en avhandling om jordarternas deformationsegenskaper fick han redan 1936 Svenska Teknologföreningens Polhemspris.

Forskningen vid Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen kom att under den ovan nämnda trion Kjellman, Jakobson och Odenstad att koncentreras mot att bestämma jordarternas tekniska egenskaper och grundkonstruktionernas funktionssätt. En sådan fråga var jordtrycket, som fortfarande beräknades med Coulombs klassiska teori, men där man nu började skilja på kohesions- och friktionsjord. Den egyptiske geoteknikern Gregory P Tschabotarioff fann vid fullskaleförsök avvikande tryckfördelning vid arbetsponton. Vilojordtrycket vållade problem vid silobyggnader och brofundament. Minskade jordtrycket om konstruktionen rörde sig och hur bestämde man egentligen Poissons tal? Försöken i ”kompressometern” visade att koefficienten för vilojordtryck K_0 varierade mellan 0,5 – 1,0 för olika jordarter.

Ett av de svårare problemen inom geotekniken med bestämning av lerornas skjuvhållfasthet under olika dränerade och konsoliderade förhållanden var ännu inte tillfredsställande löst. Konprov, tryckprov och ”skärprov” visade på en spridning av resultaten.

Fält- och laboratorieutrustningar, som användes och utvecklades i Sverige, beskrivs mera samlat under kapitel 5. KVVVS kom under 1930-40 talet att leda utvecklingen med sina varianter av provtagare och med laboratorieutrustningar som kompressometern, tryckprov med ”tryckverk”, sedimentationsanalyser, m m.

Triaxialapparaten (cellapparat) fanns i tankar och på ritbord, men kom inte att utvecklas förrän efter 1945 på SGI. Då skulle också lerornas hållfasthetsökning som en funktion av kompressionen bättre kunna förstås och utnyttjas.

Terzaghi hade 1925 med sin konsolideringsteori anvisat hur sättningarna kunde beräknas (men med den brasklappen, att noggrannheten i praktiken nog inte var större än $\pm 30\%$). På KVVVS var man tidigt på det klara med att lerornas kompressibilitet och vattengenomsläpplighet kunde variera på samma plats, ja t o m nivå. Man angav sättningsprognoserna med storleksordningar och där fanns kanske en aning om våra tiders sekundärsättningar också med.

Geoteknik för vägar

”Lergeotekniken” för vägar var en ständigt aktuell fråga. Högre vägbankar skärpte kraven på att kunna hantera balansakten med tryckbankarna. Metoder för dimensionering och sättningar utarbetades främst av Sten Odenstad och Gösta Bjurström.

Den geologiska förankringen av KVVVS verksamhet hade blivit Bjurströms uppgift. Han blev något av en lärare i ämnet, särskilt för fältingenjörerna. Gösta Bjurström ledde också fältundersökningarna vid det stora jordskredet som inträffade 1938 vid Svärta gård, Nyköping. I början av 1940-talet lämnade han Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen för att bli en av det fåtal då

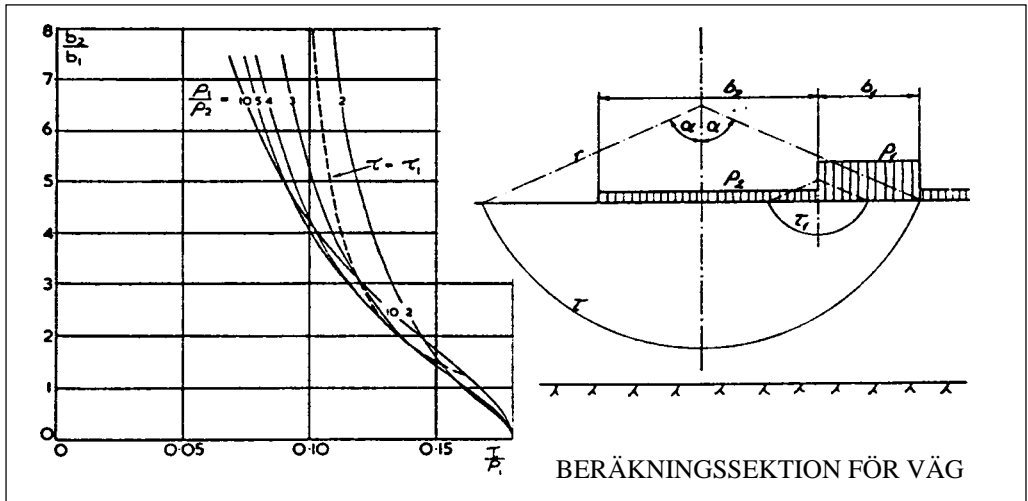


Diagram för en konstruktionsberäkning.

Tryckbankar med glidytor.

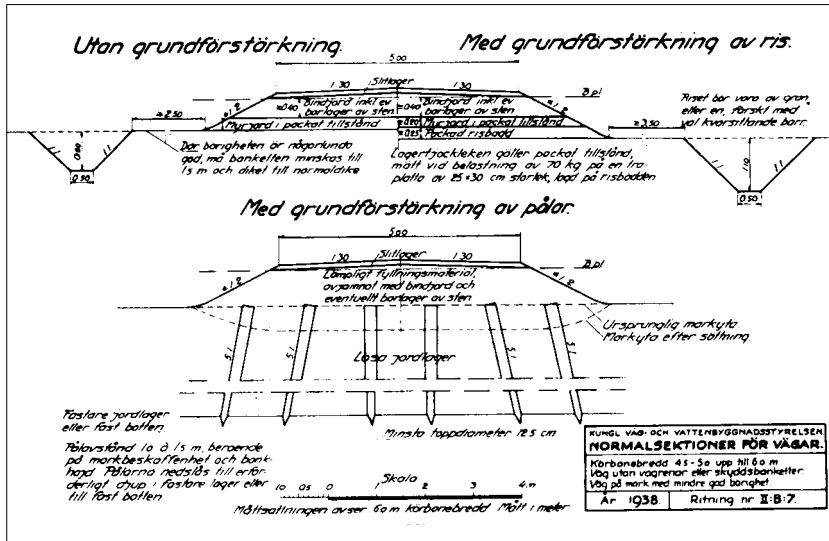


Vägscredet på Riksettan vid Svärta, Nyköping, 1938.

verksamma geotekniska konsulterna. Under namnet Bjurströms Geotekniska Byrå blev firman och ägaren en stor tillgång för svensk geoteknik genom alla kommunuppdrag, laboratoriet, karteringsmetoder, hjälpmedel för glidyteberäkningar, högskoleundervisning, stältpålar, torrskorpelerans natur,.....ja, listan blir lång om man tittar ända fram mot 1980-talet.

Liksom vid järnvägsbyggandet hade även vägbyggarna sina sätt att klara sträckor med svag undergrund på. Kraven ökade dock påtagligt när bilismen och de tunga transporterna började växa på 1930-talet. Tidigare var det vanligt med förstärkning av ris- och rustbäddar över torvjordar och lösa lerområden utan torrskorpa. Rislagret kunde bestå av upp till 25 cm tjockt granris, som täcktes med myrjord. W Kjellman avrådde 1940 definitivt från dessa rötkänsliga förstärkningar även om de under en tid kunde tjäna som en typ av korsarmerad konstruktion under vägbanken. Han påtalade även att den tryckfördelande effekten av en rustbädd var liten på de allt bredare vägar som nu byggdes. Kjellmans råd var att använda trävirket vertikalt, dvs utföra någon typ av bankpålning när lerdjupen blev över ca 5 meter.

För att klara stabilitet och sättningar på svag undergrund hade man då följande alternativ och metodik (inte olikt hur man planerar även nu på 2000-talet)



KVVS Normalsektion för vägar.

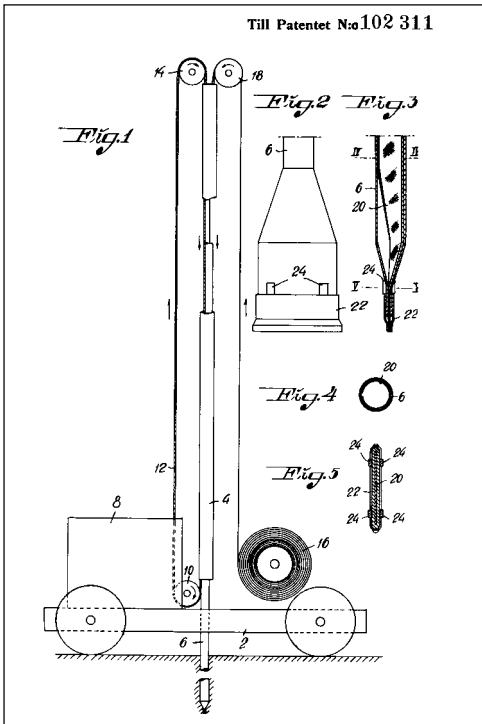
1. Flytta vägen i terrängen, ta hänsyn tidigt till de geotekniska förhållandena
2. Sänk balanslinjen
3. Använd lätt fyllning, vilket då var aska, slagg, ibland ris
4. Urgrävning till fast botten och uppfyllning
5. Nedpressning till fast botten, ibland med hjälp av sprängning
6. Förbelastning i anslutning till byggskedet
7. Tryckbankar
8. Bankpålning
9. Pålplattor intill brostöd

Man kan förstå att vägbyggarna saknade vår tids KC-pelare och Masstabilisering över svaga ler- och torvområden. En ny och unik metod hade dock några år funnits i Kjellmans tankar om att snabbt kunna konsolidera lerjord och tidigt erhålla de beräknade sättningarna. Kanske var det Terzaghis klargörande ekvation om tidförloppet vid sättningar som fick honom att särskilt mycket tänka i nya dräneringsbanor

$$t = T_v \cdot h^2 / c_v$$

Kjellman såg att, kunde man minska dräneringsvägen till 1/5, så skulle konsolideringen gå 25 gånger snabbare. Och med ens var vertikaldränering upfunnen och t o m en maskin för detta. I bilden från patentansökan 1939 kan vi ana prototypen till dagens 20 m höga kranar för vertikaldränering.

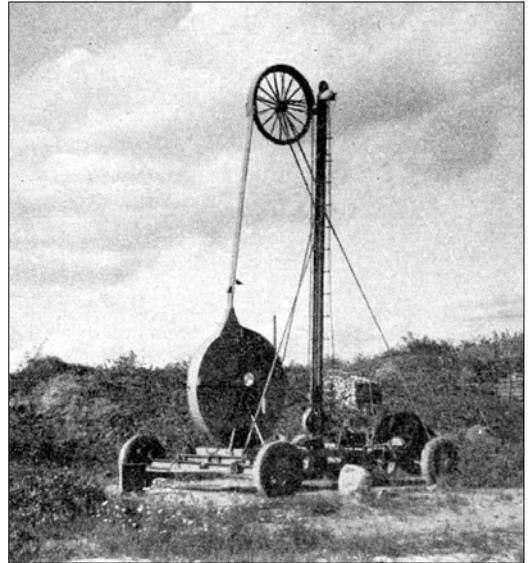
Vertikaldräneringsmetoden kom på ett märkligt sätt att utvecklas samtidigt i USA och Sverige. Kan det ha varit kontakter och influenser vid den geotekniska konferensen 1936 som födde dessa parallella tankar om snabb konsolidering? O J Porter i USA använde sanddräner medan Kjellman nog var inne från början på rätt tekniskt lösning med sina dräner av träfiber och senare av papp.



"Vagn med förrådsrulle av banddräner" enligt Kjellmans patentansökan 1939.



Kjellmans första vertikaldrän av papp.



Den första dränstickaren i arbete.



Kjellmans vertikaldränering provas vid St Mellösa, Upplands Väsby, 1945 (flygplatsalternativ).

OBS, K Terzaghi en av betraktarna.



Luftfartsverkets vertikaldränar vid Arlanda 1999 (60 år efter patentet).

En markering av detta utvecklingsskede i svensk geoteknik kan göras med bilderna från vertikaldränering av svenska flygplatser från 1945 och 1999.

Att läsa vidare

Kjellman W.	(1937)	Äro risbädd och rustbädd lämpliga grundförstärkningsmedel i modern vägbyggnad? Sv Vägföreningens Tidskr 8/1940.
Jakobson B.	(1937)	Nutida problem inom geotekniken. Tekn Tidskrift 1937.
Jakobson B., Odenstad S.	(1940)	Ett geotekniskt stabilitetsproblem med speciell tillämpning för tryckbankar. Tekn Tidskr 1940, h 2.
Kjellman W.	(1942)	Problem vid väg- och brobyggnader på svag mark. Sv Vägföreningens tidskrift 9, 1942.
Fellenius W.	(1943)	Ekonomiska problem inom vattenbyggnadstekniken. Tekn Tidskr vol 73.
Kjellman W.	(1943)	Utexperimentering av en metod för markförstärkning genom djupdränering. Tekn Tidskr 73, h9.
Bruzelius N.	(1979)	Svensk vägforskning 1923-1921. Statens Väg- och Trafikinstitut, 1979.
Heddelin B., m fl	(1991).	VÅGAR, Dåtid-Nutid-Framtid. Vägverket, 1991.

4.4 Många pålar och stora framsteg

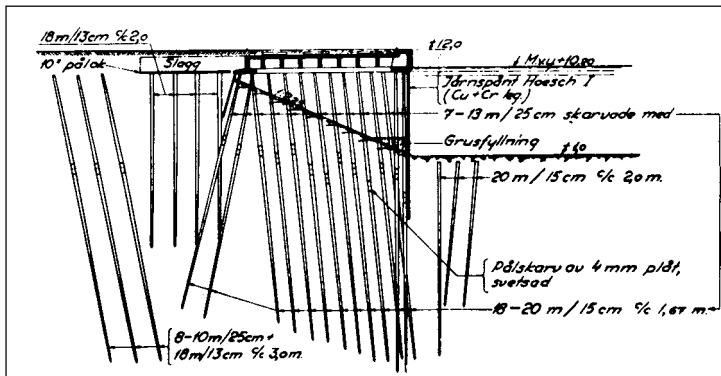
Grundläggning av byggnader, broar, kajer, m m på lösa och mäktiga lerlager med pålar är en teknik som utvecklats sedan flera sekel tillbaka. Man behöver bara tänka på Perronets pålningar för Paris broar och Polhem pålkranar i Sverige. Korta, oskarvade träpålar var det som man kunde slå ned med äldre för hand manövrerade pålkranar. Bärförmågan för de ca 12 m långa pålarna sattes av gammal erfarenhet till 6-10 ton. Vid sekelskiftet kunde upp till 18 m långa pålar hanteras och kraven på lasterna ökade. Stockholm och Göteborg blev tidigt "pålstäder". Pålarna i huvudstaden kunde ofta slås till fast botten. I Göteborg med lerdjup över 100 m blev kohesionspålarna dominerande. Det var också Hamnkontoret i Göteborg som kom att driva pålutvecklingen i Sverige de första decennierna på 1900-talet. Ernst Wendels provbelastningar av pålar för kajkonstruktioner och broar är ett pionjärbete och den första pålforskningen i Sverige som gav kunskap om att

- beräkna brottlasten för kohesionspålar med "motståndintensiteten" 13–23 kPa på mantelytan
- pålvolymer ger hävning och omrörning/störning av hållfastheten, som återställs inom 10 dagar
- pålarnas c/c-avstånd kan ökas från 0,6 till ca 1,0 m utan att fler pålar behöver slås
- pållasten på mantelytan kunde ökas genom längre och slankare pålar (tillväxt med djupet)

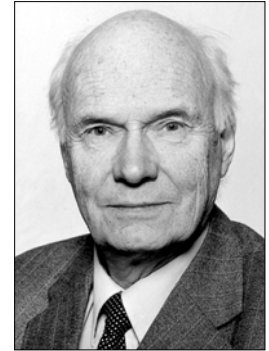
- sättningarna beror på återställningen av markhävningen (en del av sättningsproblemet) (senare förstod man dock att det mest rörde sig om konsolideringssättning kring och under pålarna)
- mera kunskap behövdes om skjuvhållfastheten och teknik för att med skarvning få längre pålar

Först när SJ:s kolvborr för ostörda prov i lera utvecklats 1925 och förbättrats med provhylsor 1933 av Göteborgs hamnkontor, kunde beräkningarna av pållasterna göras bättre och säkrare. Man visade med kolvproven att skjuvhållfastheten ökade mot djupet allt enligt tidigare teorier.

Vid hamnkontorets geotekniska avdelning anställdes 1935 en 31 årig civilingenjör från Stockholm. Pionjären Wolmar Fellenius son Bror blev den som där nu främst kom att driva utvecklingen vidare på pålområdet. Bror Fellenius fick som läromästare de erfarna hamngrundläggarna Torsten Hultin och Knut Pettersson. Vid kontoret hade man till denna tid alltid använt 21° friktionsvinkel i lera för beräkningar av svävande pålar. Med provbelastningar visade Fellenius att brottlasten bättre stämde mot den beräknade bärighet som man fick med utgång från kolvborrproverna och konprovets skjuvhållfasthet.



Lindholmskajen, Göteborg, 1937. Tvärsektion, pålning och grusfyllning.



Bror Fellenius "En pålningens mästare".

1935 hade Hamnkontoret utvecklat den s k cylinderskarven för att kunna slå ned längre träpålar som 18+12 m. Pållasterna kunde nu ökas upp mot 20–25 ton för kohesionspålarna, något som också kom till användning vid grundläggning av allt tyngre byggnader i Göteborg. För att undvika röta i träpålarna började då också användas korta överpålar av betong med en konisk skarvning av träpålen in i betongpålen. Det påvisades även att pålarnas släthet ökade brottlasterna och att träpålarnas koniska form med skarvade rotändar inte gav mindre bärförmåga.

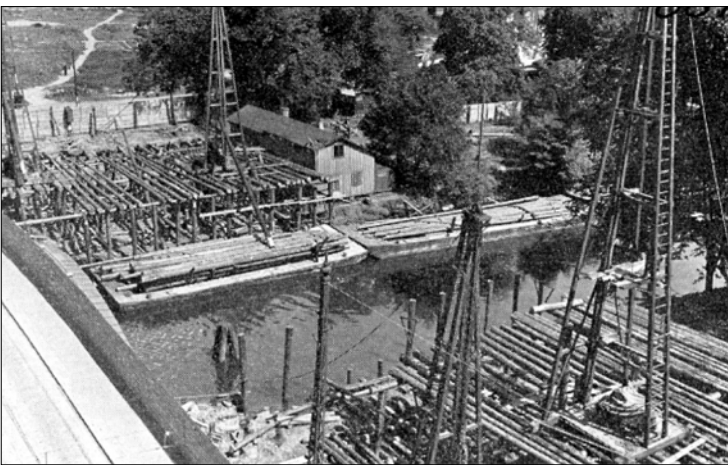
Utrustningen för pålkrantar förbättrades och maskindrift blev vanlig. Den rytmiska pålarvisan

**"Här kommer ettan sjung falleri
hasa på"**

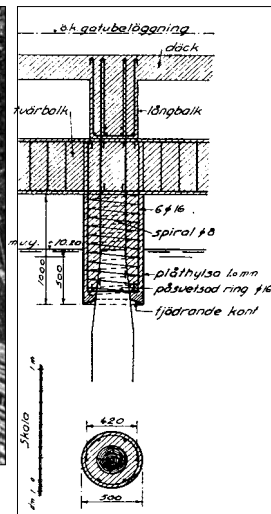
när 6–8 man lyfte hejaren på 300 kg med rep och muskelkraft hördes mer sällan från mitten av 1930-talet. De taktfasta ropen ”Åååå—Bax” när kranen knuffades manuellt fortsatte dock hela 1940-talet i avvaktan på larvbundna pålmaskiner.

Pålkrantar med ång- och dieseldrivna hejarspel utvecklades dock i USA 1920–30 och de var ett första steg mot mekanisering även i Sverige. Med dessa pålmaskiner gick arbetet fortare, längre pålar kunde slås, sned- och bankpålning blev vanligare. Även elektriska hejarspel fanns tidigt (redan 1908 enligt Axel Granholm SJ) på pålkranarna som fotot från Gammelstadsbrons pålning i Göteborg 1933 visar.

Lasterna på friktionspålar beräknades med Kreugers pålformel från 1915 (Denna och Hileys stoppslagingsformler för stödpålar ersattes inte förrän 1968 av Svensk Byggnorms pålnormer!). Innan fast botten nåddes så ”transporterades” pålen dock ned med fallhöjder på 1–2 m och 1,5 tons hejare. Att detta gav stora dragkrafter i påle och skarv kände man inte till förrän på 1940-talet.



Gammelstadsbron, Göteborg 1933.



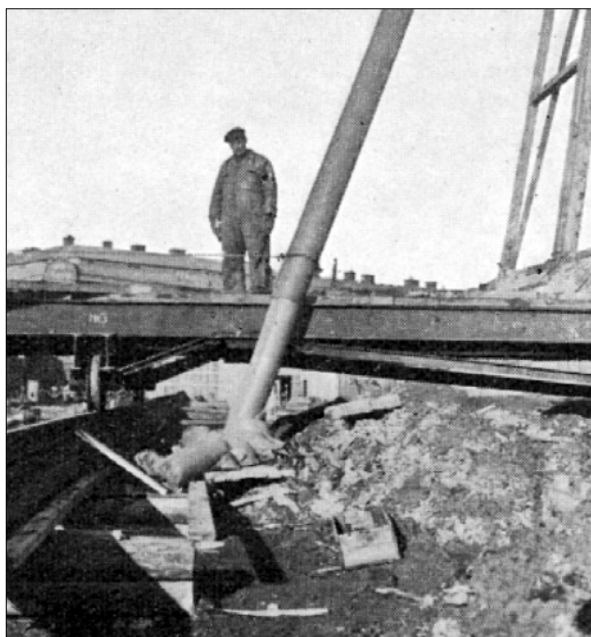
Betongin-
gjuten
träpåle.

Statliga och kommunala organ som hamnkontor, Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen och SJ var inte underställda byggnadsnämndernas granskning och byggnadslovsplikt. De drev en utveckling och kontroll själva och kunde därför och med ett stort ansvar använda högre pållaster och grundpåkänningar än andra byggare och byggherrar i Sverige. För träpålar slagna till fast botten utnyttjades dock inte större laster än 10–15 ton (60 kg/cm^2). KVVVS var emellertid snart uppe i 30 tons last på stödpålar av betong. SJ kunde för kortvariga laster tillåta 45 ton redan 1940.

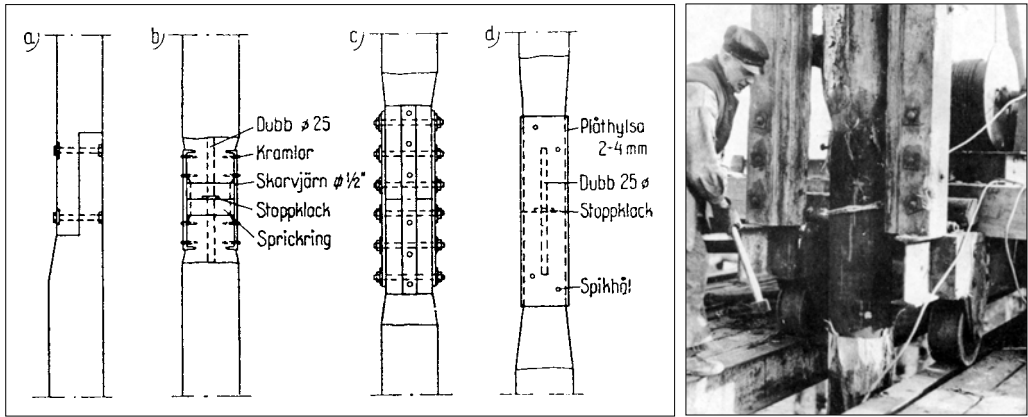
I Göteborg var Bror Fellenius 1937 också först med att använda stödpålar av stål i form av I-balkar. Varuskjul i hamnen grundlades på sådana till 47 m djup och försedda med dubbar mot bergbotten. Prov med 2"-3" rör hade förut visat på sämre mantelbärförmåga hos stålpålar än hos träpålarna. Lastfördelningen mellan påle och omgivande jord började mätas med hjälp av finurliga järnstänger. Lastöverföringen visade en tydlig "bulb" mot djupet. Arbeten på detta område gjorde Fellenius och Lundström vid provpålingarna för Göteborg Central som inleddes 1948.

Massundanträngningar med förskjutningar och schaktbottenhöjningar hade man också kännedom om på 30-talet, främst vid hamnbyggnad i Göteborg. En arbetschef J H Arfidsson provade 1940 för första gången i Sverige vid Lindholmshamnen att ta upp lerproppar för att kompensera pålvolumerna. Efter misslyckade försök med jordborrning till 6 m djup så använde han i stället ett 12 m stålrör med diameter 25 cm nedslaget av pålhejaren. Med sinnrika ventiler och tryckluftsslangar på röret togs lerpropparna för kohe-sionspålarna av trä. Arfidsson sökte t o m patent på sina uppfinningar.

Pålning vid Lindholmshamnen i Göteborg 1940. Upptagning av lerproppar för att minska markhävningarna.



Pålmasken härjade vilt i Göteborgs hamn där salthalten översteg 1 % och träpålarna var utsatta. Redan 1927 byggdes kajen vid Stora Bommen med underpålar av trä, som skarvades med stålpelare av INP upp i kajkonstruktionen. På en längd av ca 1,0 m blev skarven ingjuten med ett betongskal, något för pålmasken att bita i. När Gullbergskajen byggdes 1933 hade en skarvpåle av betong utvecklats, som kunde sättas på träpålarna och utgöra del av kajöverbyggnaden. Böjstyvheten i skarven betong/trä testades med gott resultat på Chalmers tekniska högskola.



Några skarvtyper för träpålar genom åren.

Det första betongpålade huset i Sverige lär vara Handelsbanken vid Kungsträdgården i Stockholm. Skånska Cementgjuteriet använde där 3 x 30 cm pålar, hejare 1650 kg, 0,6 m fallhöjd och 20 tons tillåten last. Kanske var det stödpålarnas betongkvalitet som inte medgav högre bärförmåga.

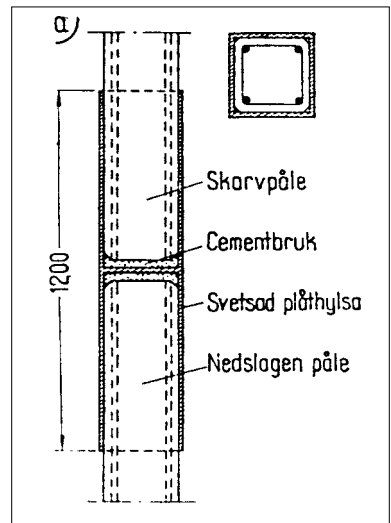
Den fortsatta utvecklingen av pålningstekniken fram till andra världskrigets slut skulle man kunna beskriva utifrån Stockholms och landets övriga teknikframsteg. Valet mellan de gamla och beprövade träpålarna och den nya tekniken med förtillverkade betongpålar och stålpålar gjordes ofta som ekonomiska optimeringar av grundförstärkningskostnaderna.

Träpålarnas tekniska svaghet var de begränsade lasterna och framtida risker för röta i påltopparna. Från år 1944 blev det t o m förbjudet att använda träpålar i Stockholm och övriga delen av landet synes också ha slutat med dessa innan 1950-talet bröt in. Träpålar med en kortare övre betongpåle kanske dock finns kvar efter millennieskiftet år 2000?

Om hamnar, vägar och järnvägar byggdes med egna (men olika) pålnormer så hade den vanliga byggnadstekniken Kungliga Byggnadsstyrelsens regler att hålla sig till under 1930- och 1940 talet (se kapitel 6). Godkända stödpålar av betong (K300?) var som regel 25 x 25 cm, slogs ned med 1,5 tons hejare och stoppslogs med 15-20 mm sjukning för den sista taljan av 10 slag. Tillåtna lasten sattes till 25 ton. För skarvade pålar reducerades dock lasten med 25 %.

Skarvtypen på fig till höger ersattes inte förrän 1956 med momentstyva skarvar. Ända fram till ca 1950 förekom pålkrantar av trä som knuffades fram på rullar. De första Benotomaskinerna av stål och larvbundna pålkrantar från Landsverk och Åkerman kom kring 1955, men

Betongpålskarv med plåtthylsa 1940.

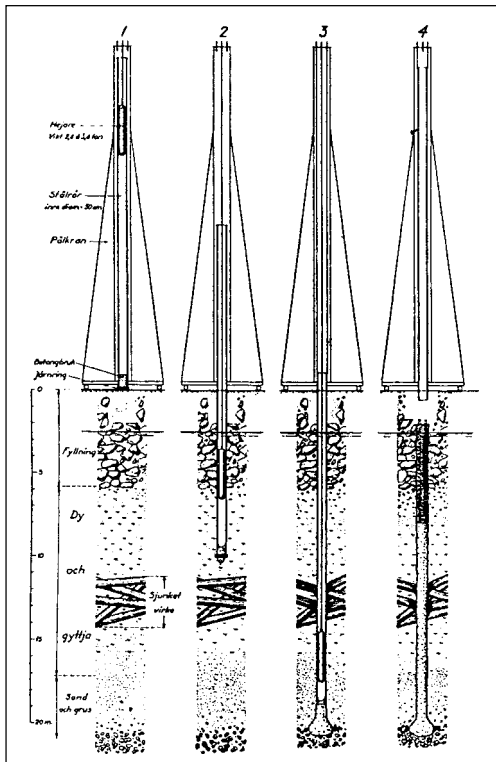


hade behövts redan alldeles efter världskriget när byggandet tog våldsamt fart.

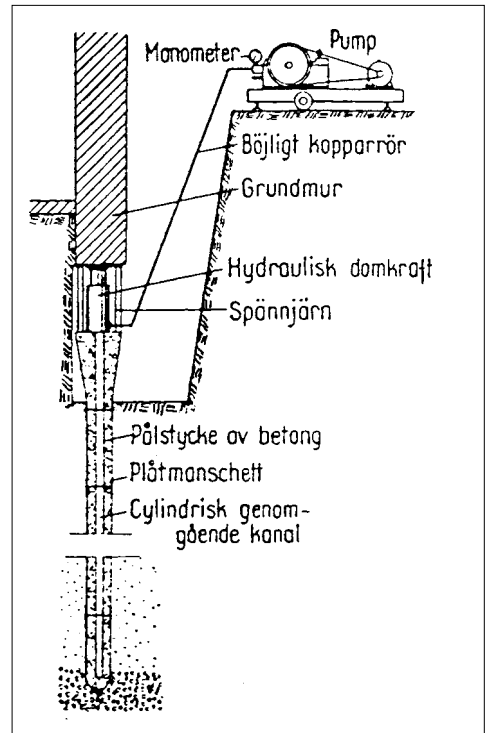
I städer med djupa lerlager som Göteborg, Norrköping och Uppsala där kohasionspålar var aktuella följde man dock de tre statliga verkens anvisningar för pållasterna. Kunskapen om att denna grundläggning mer var ett sättningsproblem än en fråga om brottlast för pålen började då också vinna gehör.

Grövre pålar som grävdes eller borrades med hål direkt i marken och konstruerades med armerad betong, fanns i USA och Frankrike redan 1930. Denna teknik provades första gången i Sverige 1936, vid ombyggnaden av slussen i Stockholm. En liknade in-situgjuten påle, Hagrup-pålen, användes vid grundläggning av industribyggnad i Köping 1944. Grävda och borrade pålar blev dock lite använda i Sverige under dessa decennier. De hade dock den fördelen att kunna ta så höga laster som upp till 40–50 ton.

Kanske var det svårt att hitta den rätta tekniken att utföra "klumpfoten" i botten, särskilt i vattenförande åsmaterial. Våra lösa leror spelade säkert också in för att kunna hantera foderrören och schaktmassorna rätt. I Göteborg blev kvickleran ett stort problem vid Frankipålning för ett skolbygge. Vid Slussen hindrade sjunkvirke i lerlagren foderrören. Så småningom har man lärt sig att de geotekniska förhållandena kräver en noggrann anpassning av dessa pålar gjorda direkt i jorden.



Frankipålningens utförande vid Slussen 1936.



Megapålar. Riddarhuset grundförstärkning på 1940-talet.

Att läsa vidare

Petterson K.E.	(1926)	Erfarenheter från provning av pålar. KVVK 75-årskrift.
Granholt H.	(1929)	On the elastic stability of piles surrounded by a supporting medium. IVA Handl 89.
Petterson K.E.	(1937)	Kombinerade pålar. Tekn Tidskr 1937 h 3.
Arfwidsson J.H.	(1940)	Förskjutningar i pålning vid lergrund. Tekn Tidskr 1940.
Lindberg J.	(1941)	Grundläggning på träpålar. Tekn Tidskr 27 dec 1941.
Fellenius B.	(1974)	Pålar i lera. En geoteknisk återblick med speciell anknytning till Göteborgsförhållandena. IVA, Pålkommision, Rapp 42.
Flodin N.	(1979)	Frankipålar i Sverige – en fallstudie. VoV nr 10.
Flodin N.	(1987)	Pålar som vägrade låta sig nedslås. VoV nr 5.
Flodin N.	(1990)	Bror Fellenius – Ett viktigt stycke svensk pålhistoria. VoV 1990 .
Svensk I, Alte B.	(1997)	Göteborgs geotekniska historia. Kap. Kohesionspålningens historia. SGF Väst.
Lundin J, Nilsson G.	(2000)	Slussen i Stockholm –grundläggningshistorik och Problemställning. Bygg & Teknik 1:2000.

4.5 Tjälforskningen och vägarna

Odalmännen i Sverige kände redan på 1700-talet till tjälfenomen som pipkrake och jordskott. Om tjälskjutningarna skrev en E O Runeberg 1765 att *”kälskorpan spännes ut dit minsta motståndet är”*, dvs upp mot vägytan. Vägarna genom Sverige sökte då sig gärna fram på åsar och torra marker. För att klara sämre sträckor med vårvintrarnas bottenlösa och spåriga vägar, så började man använda risbäddar som tryckutjämning och isolering. Tjälrelserna var också ett problem för 1800-talets järnvägsbyggare, där baxning och kilning av det tjäluppskjutna spåret var den metod som mest användes för underhåll.

1925 insåg man att något radikalt måste göras åt vägarnas och järnvägarnas tjälproblem. Svenska Vägintitutet kallade till ett diskussionsmöte i Luleå, där en geolog Simon Johansson kunde sammanfatta den praktiska kännedomen om tjälskjutningsfenomenens art, motåtgärdernas utförande och effekt, kostnader etc. Man insåg dock att både det teoretiska kunnandet, fysikaliska forskningen om tjäle och jord samt att ekonomiska resurser och kompetens saknades.

Det mest vetenskapliga inom tjälområdet som skett i Sverige dithills, var den karta över frostfritt djup som professor H Kruger hade presenterat redan tidigare under året 1925. Kartan gäller fortfarande i sina huvuddrag med de tjäldjup på 1,0 m i Skåne och 2,0 m i Norrland som vi är så bekanta med. De extrema vintrarna 1939–40–41 sänkte dock djupen med några decimeter.

Vägintitutet och SGU beslutade 1927 att samarbeta i frågorna och hade intuitionen att anställa precis den rätte personen för att påbörja den vetenskapliga utforskningen av uppkomna tjälskador och dess mekanik/fysik, näm-

ligen den 25-åriga filosofie licentiaten och geologen Gunnar Beskow, 1901–1991. En lysande karriär och forskargärning inleddes som med experiment, fältstudier och nya teorier kom att förklara det mesta om tjälbildningen i jordarterna och på vägarna.

Gunnar Beskow på en Norrlandsväg en vårvinter 1930.



1929 hade Beskow parallellt med sin tjälforskning doktorerat på geologiska förhållanden i södra Lappland. Han var redan då också klar över att den gamla uppfattningen, att tjälrörelserna skulle bero enbart på expansion av jordarternas naturliga fuktinnehåll, bara stod för kanske 10 % av sanningen (rörelserna). Några år in på 1930-talet publicerade han de första skrifterna på Vägintitutet och SGU med titlarna

- Sammanfattning av tjälproblemets grundfrågor
- Geologins betydelse för tjälförhållandena
- Metoder för bestämning av jordarternas kapillaritet

Det svenska vägnätet hade då börjat byggas ut i stor skala med riksvägar och länsvägar. Nu fanns en möjlighet att förstå hur vägarna skulle byggas på ett tjältekniskt bättre sätt och framför allt vad man skulle undvika.

År 1935 framlade Beskow efter sju års studier och forskning sitt stora och mest betydelsefulla arbete i Vägintitutets Meddelande 48 ”Tjälbildningen och tjällyftningen med hänsyn till vägar och järnvägar”. Slutsatserna i den 250-sidiga skriften har stått sig ända in till 2000-talet. Man kan finna samma grundläggande förklaringar i handboken Bygg 1947 och 1959 och Beskows tidiga upptäckter och teorier är fortfarande värda att citera 70 år efter att han var klar över sammanhangen.

Tjälskjutning	• Jordarternas utvidgning när kapillärt uppsuget vatten från grundvattenytan fryser till is vid tjälgränsen.
Tjälskott	• En bärighetsnedsättning när vattenöverskottet tinar med jordflytning och spårbildning på främst vägar
Tjälfaktorer	<ul style="list-style-type: none"> • Jordarternas tjälfarlighet <ul style="list-style-type: none"> I. Grus, sand, torv II Gyttja, lera, normalmorän III Finmo, mjåla, "jäslera", finkornig morän • Jordartsgränsen 0,06 mm (nuvarande Si/Sa) • Grundvattenytan Betydelsen av nivån för tjälprocesserna • Kapillaritet/permeabilitet Jordarternas stighöjder och stighastigheter
Skyddsåtgärder	• Värmeisolering, urgrävning, djupdränering, kapillärbrytande lager, bankhöjd

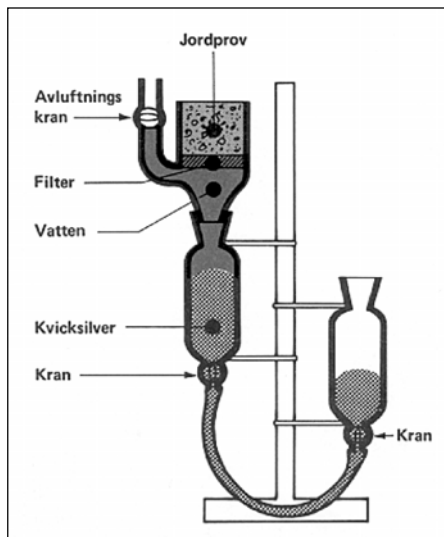
Begreppet "jäslera" är starkt förknippat med Gunnar Beskow och hans forskning. Han tyckte i sin stringens dock inte om benämningen, ty jordarten är i egentlig mening ingen lera utan finsediment (det som vi nu kallar silt). I hans välbekanta jordartsschema sätter han namnet "jässediment/jäsjord" på jordarten. Vid alla sina otaliga "skakprov" av jordklumpar hade han verkligen med fingrarna känt "jäslerans" stora innehåll av finare mineralpartiklar.

Kapillarimetern blev redan 1927 "Beskows apparat" och ständiga följeslagare. Där påvisade han den viktigaste jordartsegenskapen för tjälbildningen. Redan Atterberg förstod att kapillariteten kunde variera mellan några cm för grus upp till 10-tal meter för mjåla (silt). Beskow påvisade detta med apparaten och angav också med partikeldiametern och en kornformskonstant (c) en formel för kapillariteten.

$$K = c / d$$

(Kapillär stighöjd betecknas nu med h_c)

Norrland blev Beskows största arbetsfält under de "tio intensiva tjälåren". Där kom hans kvartergeologiska kunskaper till sin rätt och en geolog i klass med Atterberg, de Geer och von Post kunde ånyo hjälpa geotekniken framåt med kunskaper och utveckling. Han såg hur de tre jordartsregionerna hade olika tjälförhållanden.



Beskows kapillarimeter.

- 1) kust och sedimentlandet nedanför MG (nu HK),
- 2) det inre moränlandet
- 3) isdämda sjöarnas område mot fjällen

”Jäslerorna” fanns bara i område 1 och 3. Kanske var det också i Norrland som han provade sig fram till ”idealgruskurvan” för slitlager på 30-talets vägar.

Med ett 15-tal skrifter om tjälforskning blev han också internationellt känd och en föregångare på området i länder som USA, Kanada, Norden och Ryssland. Var det Beskows geniala forskning och förklaring att ”tjälskjutningen styrdes av kapillärt uppsuget grundvatten, vilket beroende på olika jordarter, skapade de expanderande islinserna” som gav andra länder också möjligheter att komma till rätta med tjälén under vägar och järnvägar?

1938 anställdes Gunnar Beskow på Statens Väginstitut och kunde där fortsätta med att omsätta sin forskning i praktiska lösningar och åtgärder för att förbättra befintliga vägar och bygga nya på ett tjältekniskt riktigt sätt. KVVVS fick på så vis in hans kunskaper i sina normalbestämmelser för vägbyggnad. SJ:s geotekniska avdelning kunde nu också bedriva sitt arbete med tjälfriare bansträckor från en mer vetenskaplig nivå, en grund för kommande forskare på området som Sven Fréden, Rune Gandahl, Allan Jerbo.

Den geologiska institutionen vid Chalmers Tekniska Högskola inrättades 1949 och professuren tillsattes med Gunnar Beskow. I december 1999 firades de 50 åren med en temadag och en av programpunkterna då var ”Gunnar Beskow som geolog, miljökampe och poet”. Tjälforskarens mångsidighet lyftes där fram och hans humanism fick också sin hyllning parallellt med de vetenskapliga gärningarna. Kanske var han något av samma människotyp som geoteknikens fader Karl Terzaghi, en person som tänkte med både hjärna, hjärta och fingrar. Arvet från modern Elsa Beskow påverkade säkert hans liv och tankar på många sätt.

Att läsa vidare

- | | | |
|---------------|--------|---|
| Johansson S. | (1928) | Tjälproblemet och programmet för dess lösande . GFF, Bd 50. |
| Beskow G. | (1929) | Tjälproblemets grundfrågor. Sv Väginstitutets meddelande 13. |
| Beskow G. | (1930) | De geologiska faktorernas betydelse för vägarnas tjälförhållanden. Sv Väginstitutets meddelande 21. |
| Beskow G. | (1930) | Om jordarternas kapillaritet. SGU nr 356. |
| Beskow G. | (1931) | Årets tjällossning i Stockholmstrakten. Sv Vägföreningens Årg 18. |
| Beskow G. | (1932) | Nyare undersökningar över grusvägbanornas kornstorleks-sammansättning. Sv Vägföreningens Årg 19. |
| Beskow G. | (1933) | Tjälens betydelse för vägbeläggningar. GFF Bd 56. |
| Beskow G. | (1934) | Tjälbildningen i vägarna och åtgärder mot dess skadegörelse. SoU 1934:27. |
| Beskow G. | (1935) | Tjälbildning och tjällyftning med särskild hänsyn till vägar och järnvägar. Statens Väginstitut medd 48 |
| KVVVS | (1938) | Anvisningar om åtgärder till förhindrande av tjälskador på väg. KVVVS, 1938. |
| Eriksson K.G. | (1967) | Studier tillägnade Gunnar Beskow. Teknik och Natur. |

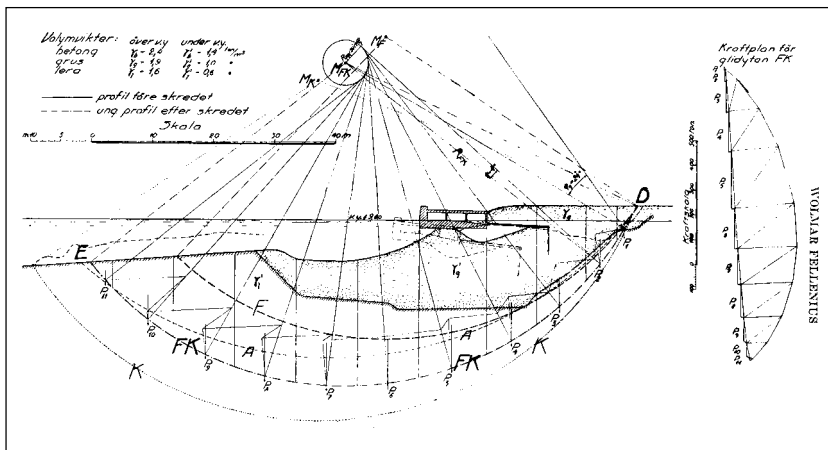
4.6 Utveckling och aktivitet på några andra fronter

Under 25 år hinner många geotekniska tankar och händelser passera. Ambitionen med denna skrift är inte att kunna beskriva allt detta fullständigt, vilket också titelordet "glimtar" anger. Huvuddragen och det som med en rimlig eftersökning kan spåras bör dock ges en plats i en historieskrivning. Några ytterligare geotekniska aktörer och arbeten får därför avsluta den allmänna beskrivningen av "Geotekniken i Sverige 1920–1945".

Göteborg och stadens Hamnkontor har alltid haft en betydande roll i den svenska geotekniska utvecklingen. Detta har även befasts genom den skrift som 1997 utgavs av SGF:s lokalavdelning Väst, "Göteborgs Geotekniska Historia – några sonderingar". Hamnkontorets verksamhet har där en stor plats och dess historia behöver därför inte ytterligare återges. Göteborg och Bror Fellenius betydande arbeten med pålningstekniken finns dessutom beskriven i ett tidigare kapitel 4.4 i denna skrift.

Hamnbyggnadschef i Göteborg före Knut E Pettersson var Wolmar Fellenius. 1911 utnämndes "Fille" dock till professor i vattenbyggnadslära vid KTH. Han blev ändå under många år framåt verksam med Göteborgs lerproblem genom insatser bl a i SJ:s geotekniska kommission. Fellenius tillhör en av de internationellt mest kända svenska geoteknikerna och vattenbyggarna. Förutom geoteknik var hamnkonstruktioner, vattenkraftsutbyggnad och jorddammar hans specialiteter.

Den svenska metoden för beräkning av cirkulär-cylindriska skred i lera är tidigare omnämnd. Knut Petterson såg först de cirkulära lerytorna vid flera skred i Göteborg 1910-1916. Detta senare år rasade Stigbergskajen och konstruktionschefen Sven Hultin kunde med ledning av cirkulärskredet och en grafisk metod stabilitetsberäkna och i efterhand förklara händelsen. Han räknade med att enbart "friktion" utgjorde mothållande krafter i jorden och detta gav en erforderlig friktionsvinkel av minst $9^{\circ} 40'$. Kohesion, friktion eller båda krafterna som hållfasthetskomponenter blev dock under många år en het diskussionsfråga.



Sven Hultins grafiska beräkning av glidytor för raset vid Stigbergskajen i Göteborg 1916. Analytiska stabilitetsberäkningar gjordes sedan av W Fellenius i skriften KVVK 75 år, 1926.

För Wolmar Fellenius blev det en utmaning att försöka reda ut denna jordmekanik närmare. ”Stigbergskajen hade inte rasat, den hade bara intagit ett nytt jämviktsläge”. Han framlade sina klagörande studier i ”Jordstatiska beräkningar med friktion och kohesion för cirkulärcylindriska glidytor” i KVVK:s 75-årskrift 1926. Där ger han matematiska lösningar till jordtryck och stabilitet med plana och buktiga glidytor och för slätlutningar 0–90°. Vilken geotekniker har inte någon gång använt hans grundformler:

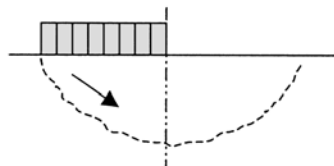
$$h = 4 \cdot t / \gamma$$

(max höjd på vertikal lerschakt)



$$F_c = 5,5 \cdot \tau / q$$

(max belastning på markyta)



Professor Wolmar Fellenius.

Fellenius angav lösningar för att räkna med enbart kohesion i lera respektive att också ta hänsyn till samverkan kohesion/friktion. Internationellt har detta kommit att kallas $\phi = 0$ -analysen. Tryckbankar och grundplattor kunde nu beräknas på ett bättre sätt. Han var också den som började införa säkerhetsfaktorn i geotekniken.

Under Fellenius professorsår 1911–1939 på KTH var det säkert många teknolog som med kraftplaner fick rita upp hans grafiska lösningar för de farligaste glidytorerna. Gick inte det riktigt bra så blev noteringen i ”Filles” dagbok över teknologens ”Intryckscoefficient” nog lite darrig.

Stockholms Hamnkontor har sedan äldsta tider medverkat i stadens utbyggnadshistoria. Kajer, hamnar, stränder och kanaler har alla haft sina geotekniska problem att brottas med. Hamnkontoret var också huvudman för alla broar fram till 1940-talet, då Stockholms Gatukontor fick detta ansvar.

Hamnkontoret hade en egen fältavdelning och ett mindre geotekniskt laboratorium. Två drivande civilingenjörer var chefen Arne Rinkert och Herman Jansson. Utvecklingen skedde oftast i byggprojektet med speciella konstruktionslösningar för stabilitet och grundläggning. För kajer användes Göteborgsmodellen med grusutfyllnad på botten och träpålar. På 1930-talet började dessa att förses med en påskarvad överdel av betongpåle. För pålning genom sprängstensfyllningar utvecklades kraftiga stålplåtar. Med murkajer, stenkistor och kassuner grundlades hamnens kajer, däck och bryggor när djupet till fast botten inte var större än ca 10 m. Broar på svag grund pålades eller grundlades med sjunkkassuner eller tryckluftskassuner till fast botten. Några exempel visas i kapitel 6.

Stockholms gatukontor och dess föregångare har med empirisk erfarenhet kunnat schakta och bygga för vatten- och avlopp sedan dessa faciliteter började anläggas under senare delen av 1800-talet. Broar och tunnelbana blev deras ansvarsområde först kring 1940. En geoteknisk avdelning startade 1948. Då kom civilingenjören Arne Hellgren att leda och utveckla denna verksamhet, baserad på en mera vetenskaplig och ingenjörsmässig förståelse av geotekniken till gagn för kommande tunnelbane- och exploateringsbyggen. Kring Stockholms historiska utveckling av grundläggning och geoteknik finns det dock ett stort underlag att berätta mer om. Denna geo-historia borde också nedtecknas i en separat skrift, som har skett genom SGF i Göteborg och där skulle vi säkert finna många likheter med också andra tekniker och synsätt.

Kungliga Byggnadsstyrelsen, KBS, hade redan 1918 en byggnadsteknisk avdelning och från 1925 en utredningsavdelning. KBS uppförde och förvaltade statens byggnader och anläggningar. De följde vanligen de metoder och geotekniska lösningar utvecklats genom lokal praxis eller av grundläggningsfirmor. På byggsidan blev det först när normer i form av BABS började bli krav i mitten på 1950-talet, som KBS kom att svara för direkta geotekniska anvisningar. Styrelsen blev i detta också ett stöd till städernas byggnadsnämnder och inspektörer.

Kungliga Vattenfallsstyrelsen påbörjade den stora vattenkraftsutbyggnaden kring 1910. Jordartstekniker behövdes för att klara grundläggningar och främst de stora jorddammarna som kom till i slutet på 1940-talet med Midskog och Harsprånget som exempel. En ledande expert på uppbyggnad och tätning av dammarna var tekn.dr och docent Bertil Löfqvist. Några dammar och hans insatser beskrivs närmare i kapitel 6. Byggandet av bergum för maskinhallen och utloppskanalen utvecklade konsten att bygga i urberg till en hög internationell nivå.

4.7 Utbildning och undervisning i geoteknik

Att utbilda sig till geotekniker var inte så lätt den första halvan av 1900-talet. Ämnet var för litet för ett eget fackområde vid ingenjörsskolorna. Ett sätt var, att gå den långa och praktiska vägen med ”internutbildning” i de geotekniska skolor som SJ, Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen och Hamnkontoren kom att bilda på 1920–30-talen.

Professor Wolmar Fellenius undervisade sedan 1911 på KTH i Vattenbyggnad och förde där in SJ-kommissionens geotekniska kunskapsmaterial så småningom. Kurslitteraturen bestod då ännu bara av tyska böcker om ”Grundbau”, någon engelsk om ”Soil Mechanics”. Nyheter och projekt presenterades vanligen i tidningar som ”Teknisk Tidskrift”(Svenska Teknologföreningen), ”Byggmästaren”, ”Tidning för byggnadskonst”(nuvarande Bygg & Teknik)

För att komplettera bilden av professorernas medverkan i civilingenjörernas geotekniska utbildning under åren så bör också nämnas:

- Henrik Kreuger, 1917–1944, KTH	Byggnadsteknik (pålars stoppslagning, grundtryck)
- Carl Forsell, 1913–1946, KTH	Byggnadsstatik (grafostatik, spont, murar)
- Bertil Haldén (Dr), 1932–1950, KTH	Geologi
- Carl-Olof Morfeldt, 1945–1958, KTH	Berg och grundvatten
- Sven Hultin, 1920-1949, CTH	Väg- och brobyggnadslära (hamn-geoteknik, skred)
- Hjalmar Granholm, 1939–1965, CTH	Byggnadsteknik (geotekn teori, grundkonstr, pålar)
- Gunnar Beskow, 1949–1967, CTH	Geologi

Civilingenjörerna fick så att säga ”på sidan av” en viss grundutbildning i geoteknik vid högskolorna. Kanske blev kunskaperna om grundvatten och vägar lite tunna om man får döma av nedanstående citat från teknologernas KTH och CTH.

- Kan Emil säga mig vad en brunn är ?
- De e lå en negativ skorsten !

- Osquar, hur kan man åtgärda pottorna på vägen ?
- Man kan skita i dom, som Vägförvaltninga gör !

Men kvalitén på undervisningen skulle komma att höjas och geoteknikkurserna bli större och mer fristående. Speciallärartjänster inrättades och på CTH och KTH var dessa de första:

Civ ing John Marve	1956–1962	Göteborgs hamnkontor
Civ ing Bernt Jakobson	1947–1958	Statens geotekniska institut

Men fortfarande utfördes ingen geoteknisk forskning på högskolorna och forskarutbildning med doktorsexamen saknades. 1964 inrättades dock Sveriges första professur i Geoteknik och Grundläggning på CTH med Sven Hans-

bo som innehavare. Den följdes år 1974 av professuren i Jord- och Bergmekanik vid KTH, som tillsattes med Bengt Broms, då chef för SGI.

En ny geoteknisk epok hade inletts i Sverige.

Att läsa vidare

Fellenius W.	(1926)	Jordstatiska beräkningar med friktion och kohesion för cirkulär cylindriska glidytor. KVVK 75-årsskrift 1926.
SVR	(1967)	Jubileumsskrift vid 125-årsjubileum. Tidningen Väg- och Vattenbyggaren.
CTH.	(1968)	Väg- och Vattenbyggarutbildningen och ämnet byggnadsstatik vid "Chalmers" 1829-1967. CTH Handling Nr 323 / 58.
Vattenfall	(1984)	Vattenfall 75 år, 1909-1984. Statens Vattenfallsverk 1984.
SGF	(1995)	Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914-1922. SGF Rapport 2:95.
Svensk I, m fl.	(1997)	Göteborgs Geotekniska Historia – några sonderingar – SGF avd Väst

4.7 En historia med allvar och humor om friktion och kohesion

Som avslutning på den allmänna beskrivningen av den svenska geotekniken 1920–1945, kan det vara lämpligt att återvända till två av periodens stora gestalter; SJ:s geotekniska chef John Olsson och KVVVS geotekniska chef Walter Kjellman. De var inte alltid ense om var sanningarna var att söka i den nya vetenskapen och då främst om hur lerans hållfasthet egentligen var sammansatt. I tidningen Teknisk Tidskrift hade de under åren 1936–1937 en ganska het diskussion om friktion och kohesion. De tre artiklarna i tidningen är mycket läsvärda och speglar kanske två skolor inom geotekniken som då ännu inte enats. Ett kort referat av herrarnas diskussion ges nedan.

John Olsson (JO) skrev i TT 5:1936 att han ansåg lerans skjuvhållfasthet enbart bestod av kohesion och att den saknade "inre friktion". Han ville inte i sin praktiska verksamhet diskontera den höjning av skjuvhållfastheten som ett med tiden ökat "nettonormaltryck" kunde ge. Denna konsolidering var något som man fick som en extra säkerhet lång tid efter exempelvis en byggnad var uppförd.

Walter Kjellman (WK) hävdade i TT 6:1936 ihärdigt att skjuvhållfastheten i lera utgjorde summan av kohesionen och produkten av friktionskoefficienten och normaltrycket (*effektivtrycket*). Denna princip var allmänt vedertagen i utlandet och WK hade lärt sig detta några år tidigare hos Terzaghi i Wien. Han undersökte både på VBB och KVVVS skjuvhållfastheten med dränerade skjuvförsök och kunde där se hur hållfastheten växte med ökat "nettonormaltryck". Han förstod då också att skjuvförsöken medförde en vattenutpressning ur leran och där nettonormaltrycket ökade vartefter portrycket successivt minskade.

JO höll nog med om detta i TT 2:1937, men att porövertrycket för praktiskt bruk måste sättas = 0. Han visste också mycket väl att en konsolidering av leran genom ökad belastning med tiden medförde en hållfastheshöjning. Men varför måste den kallas ”friktionsandel”, var det inte bara en mer konsoliderad lera med högre värde på kohesionen?

WK ansåg att man måste använda den skjuvhållfasthet som var relevant för konstruktionen som skulle beräknas. Dvs, vid avlastningen skulle den med tiden lägre hållfastheten användas p g a att nettonormaltrycket minskade. Vid belastningar borde den högre hållfastheten utnyttjas vartefter nettonormaltrycket ökade. Han var också mycket tveksam till de värden man fick fram på skjuvhållfastheten med konprovet. Där beaktades inga friktionskrafter eller normaltryck.

JO satte punkt (tillfälligt?) för diskussionen med att försvara och ursäktat sitt konprov med att det nu gav absoluta värden på skjuvhållfastheten genom flera geoteknikers kalibreringar. Och han ansåg fortfarande att belastade lerslänter (järnvägsbankar) bara kan beräknas med kohesionen som mothållande kraft med utgång från förhållandet vid byggtillfället.

* * *

I skenet av våra nuvarande kunskaper om lerans olika värden på skjuvhållfastheten vid odränerade, dränerade och konsoliderade försök, så får man väl ge både JO och WK rätt. Kanske var det bara en informationsfråga kring hållfasthetsförsök, effektivtryck och portryck som gjorde att de inte förstod varandra riktigt. Pionjärens och järnvägskommissionens geotekniska skola stod inför mötet med den nya internationella geoteknikens teorier angivna av Terzaghi 10 år tidigare. Artiklarna i Teknisk Tidskrift andas dock en stor ömsesidig respekt för varandra. Kjellman vill bara ”förmäta bemöta några saker”. Olsson ”kommer bara med några egna bidrag till kunskaperna”.

Twisteämnet om samverkan mellan friktion och kohesion i lera fanns redan när Wendel provade pålar i Göteborg år 1900 och när kajerna rasade i staden kring 1910–1918. Geoteknikerna i Sverige under denna rapports 30-åriga perspektiv har haft varierande inställningar till denna fundamentala fråga.

Tidningen Teknisk Tidskrift gav 1926 ut ett ”Nidskriftsnummer” med anledning av Väg- och Vattenbyggnadskårens 75-årsjubileum den 22 december. Artiklarna skulle dock skrivas från en framtida horisont år 1951 för att man skulle få ett 100-årigt perspektiv på det tekniska utvecklingsläget. Wolmar Fellenius son, Bror Fellenius, var då som 26-åring en nybakad civilingenjör. J:r skrev en artikel i ”nidskriften” med titeln

”Sagan om kung friktionsvinkel och drottning kohesion”

Fadern och professorn Wolmar fick på olika vägar se manuskriptet några veckor före pressläggning och hans inställning och häftiga kommentar till sonens skrivklåda kan läsas i marginalnoteringen under manuset. Redaktör Sten Edholm tog dock ingen notis om förslaget att refusera bidraget och ”lämna det till sin rätta plats — papperskorgen”. Läs själv och njut av humor och allvar i denna nidsaga och teknologiska dikt.

Sagan om Kung Friktionsvinkel och Drottning Kohesion.

Det var en gång för länge sedan en ung prins och en ung prinsessa. -- Prinsen hette Friktionsvinkel, och prinsessan hette Kohesion. De voro redan från sin tidigaste ungdom bestämda för varandra, och flera galliska generaler arbetade för deras förening. Även en lärd österrikare sökte länka deras öden samman. -- Så växte de upp och utvecklades: Prins Friktionsvinkel till en stursk och rivande herre, Prinsessan Kohesion till en mild, något återhållsam ung dam. Men så kom genom en försiktig diplomat något emellan. Allt nog de skildes, och av deras äktenskapliga förening blev intet.

Prins Friktionsvinkel blev kung och förde ett strängt regemente, och Prinsessan Kohesion drog sig tillbaka och verkade endast i det tysta.

Kung Friktionsvinkel gick länge sin egen plana väg och skedde föga på de mera rundade former, som alltmora blevo tidens lösen och i vilka Prinsessan Kohesion hade börjat finna sitt huvudsakliga verksamhetsfält. Men så började Kung Friktionsvinkel att även intressera sig för dessa buktiga stigar, och där träffades de åter, de båda, visserligen något till åren, men ännu unga nog att ingå en förhoppningsfull förening.

För nu 25 år sedan blevo de (borgerligt) vigda vid Väg- och Vattenbyggnadskårens 75-årsjubileum, och vigseln bekräftades strax efteråt hos Ernst i Berlin. Min pappa förrättade vigseln.

Och nu härskar Kung Friktionsvinkel och Drottning Kohesion tillsammans. Han är dock ibland litet kresslig och håller sig helst på det torra, där han endast lämnar mindre inflytande till Drottningen. Hon är åter ännu vid full vigör och älskar framför allt det våta elementet, där hon fått det mesta av makten, men dock lämnar något inflytande till sin make.

Må de länge ännu leva och lyckligt sammanverka!

Stockholm den 30 november 1951.

Wolmar Fellenius j:or.

Bror Edholm!

Önskar sitta med sin truck och i hopp, att det kommer till sin bästa plats - papperkorgen!

Kärlingar! Din tunga

Edholm 29/11 51

W.F.F. "S:or"

Teknisk Nidskrift
den 11 december
1951 (dock utgiven
redan den 22
december, 1926
(Manus till artikel
på sidan 11, skriven
av Bror Fellenius).

De kungliga geotekniska personerna som åsyftas i artikeln är ännu inte identifierade, kanske beroende på att frågan har en viss aktualitet även idag år 2000. En god tidlös geoteknisk saga ?

Kapitel 5.

Fält- och laboratorietrustning

5.1 Sondering, provtagning och utrustning 1920

Den svenska geotekniska historien går ofta inte längre tillbaka än till SJ:s geotekniska kommission och dess verksamhet 1914–1920. Borring och provtagning är dock mycket äldre än så. Man behöver bara erinra sig vår användning av den ”Engelska jordborren” från 1750-talet, med sitt taggiga och skärande rör som hejades ned. En föregångare till SPT-borren för att både sondera och ta upp prov? Stenkolslagren i Skåne sonderades fram kring 1780 med kinesernas 1000 år gamla linstötboring, som kom till ”dråpelig nytta och 100 m djup” enligt en professor P A Gadd.

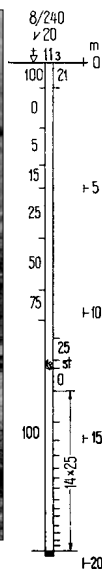
När Göta kanal invigdes 1832, så hade man på många markområden ”känt sig för” med upp till 12 m långa stänger och grävt åtskilliga provgropar till 5 m djup. Baltzar von Platens engelska konsult Thomas Telford (father of The Institution of Civil Engineers in London) var då i Sverige och visade hur kanalerna i England byggdes och sonderades fram. De tidiga svenska järnvägsbyggarna använde sondstänger med muffskarvar och en regel på 1800-talet var att lera med motstånd av ”en mans tryck” kunde bära en bank på 0,5-1,0 meter.

Sedan började man ha andra vikter på stängerna än ”mannarna”. Olika spetsar och vridning kombinerades och 1917 var tiden mogen för att föra in viktsonderingen med dess standard för utrustning, utförande och registrering. Sonderingarna blev med ens mindre subjektiva, även om en känslig hand på vridsvängeln av trä och ett gott öra till jordarternas olika ljud förblev varje borrhörens hemlighet.

Geotekniska kommissionens fältutrustningar anno 1920 kom att bli ”standard” i Sverige för många år framåt. Fältarbetena var dock ett tungt hantverk och mekaniseringen kom inte förrän under andra världskriget. I flera decennier så var nedanstående metoder och resultat det underlag som den geotekniska bedömningen och förstärkningarna fick grundas på.



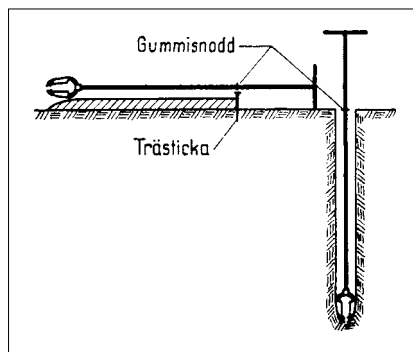
Viktsondering.



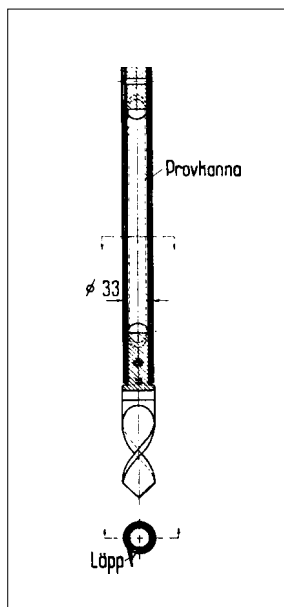
Viktsondering med 19 mm stänger och vriden spets. Belastning på stängen med 25–50–75 upp till 100 kg. Vid större motstånd, vridning med 100 kg last och registrering av sjukningen för 25 halvvarvs vridning. Den manuella hanteringen gjorde det lättast att räkna just ”halvvarven”. Ljud och vibrering i borrhängerna tolkas om till jordartstyper. Fasta lager och borrhäpp kontrollerades genom att hejarslå med 100 kg vikterna 10 gånger. Uppdragning gjordes med stödbock och en träbom som hävstång. 2–3 man grovarbetade och förmannen tänkte och förde protokoll.

Spadprovtagaren med diameter 10 och 15 cm kunde användes för att ta upp störda prover ned till 5 m djup. Med den förborrades också vid tagning av mer ostörda och djupare prov.

Den s k **skop-provtagaren** fanns tidigare för fastare jord och den liknade mest en miniatyrgripskopa.

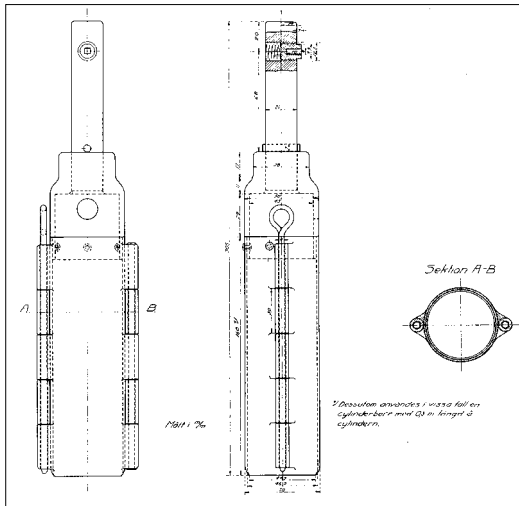


Spadborr.



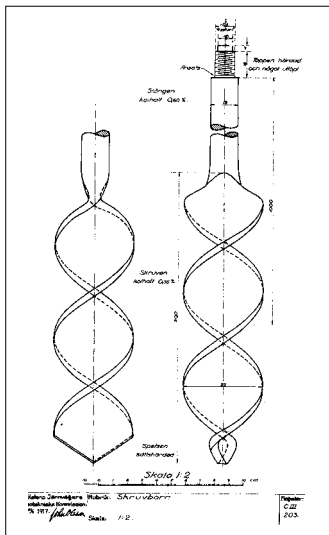
SJ:s kannborr.

Kannprovtagaren användes för att få längre och mer ostörda prover i lera och torv. Diametern var 35–50 mm och längden 350–500 mm. Provet matades in i kannöppningen med en slutarläpp längs provkannan, en då unik metod i världen. Borren trycktes ned med handkraft eller släggslag.



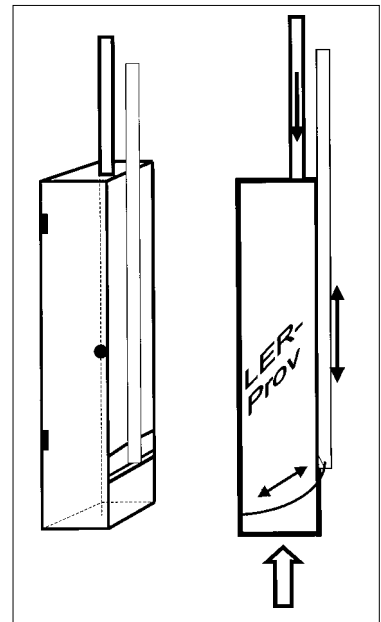
Provtagningscylinder.

Provtagningsdosan är kanske den minst kända av den tidens apparater för att ta oomrörda prov. I princip bestod den av en fyrkantigt plåtrör med måtten 4 x 4 x 28 cm. Ett böjligt kopparbleck kunde tillslutas och öppnas i nederänden. De långa provstavarna gick lätt och ostört att ta ur dosan, som hade gångjärn i en långsida. Förborring krävdes ned till varje provtagningsnivå. För alla provtagningar användes 25 mm stänger/rör med muffar.



Skruvborr modell SJ.

Cylinderprovtagaren var en föregångare till kolvborren för att kunna ta upp så ostörda prov som möjligt. Ett nedtill öppet cylinderrör (L 200 mm, Φ 46 mm) sattes ned i ett förborrat hål eller foderrör. Cylindern trycks ned, vrides runt och tas upp. Den är delbar med gångjärn och proven läggs i glasburkar. Proven betraktades som "oomrörda".



Provtagningsdosa Caldenius, SJ ca 1920.

Skruvborring är en gammal metod för att upprymma hål i marken. Geotekniska kommissionen gjorde en modell med måtten L 200 mm, Φ 55 mm för att skarva på de vanliga sonderingsstängerna. Den manuella upplyftningsförmågan medgav nog inte större skruvborrar. Borren användes mest till förborring vid provtagning. Jämsides med spadboreen kunde man också registrera grundvattenytan i hålen.

5.2 Behovet av undersökningar och vem gjorde dessa ?

Så sent som från 1936 härstammar en historia ifrån en västsvensk stad om hur delade meningarna kunde vara om behovet av att utföra geotekniska undersökningar. En byggmästare ville grundlägga sitt 3-våningshus på hel bottenplatta, som man gjort i kvarteret intill. Byggnadsinspektören tyckte dock leran såg förrädisk ut i schakten och visade med nedkörning av en trästör att "här måste pålas". Även hamnens sakkunnige kunde med klacken flera gånger demonstrera den dåliga grunden. Det blev för byggmästaren bara att åka ut i skogen och skaffa träpålar. Kanske det ändå hade lönat sig att undersöka pällängden med några enkla viktsonderingshål?

Detta är väl en lite förvrängd bild av grundläggandet av byggnader före 1940-talet. Arkitekterna visade dock bara på sirliga sektionsritningar ett tvärsnitt genom huset, men under källargolvet slutade illustrationerna oftast med någon diffus grundmur. Undergrunden fick byggmästaren sörja för och att huset fick ett gott framtida bestånd.

De stora allmänna byggnadsorganen som SJ, KVVVS, KBS, Hamnkontoren, Gatukontoren hade mer noggrant studerat Geotekniska kommissionens slutbetänkande och även varit med att ta fram den tidens kunskap. Där fanns regler och anvisningar *när, var och hur* geotekniska undersökningar skulle utföras. De hade också egna avdelningar för dessa fältarbeten. Några mer fristående resurser för detta och speciella konsultfirmor kom inte till förrän i slutet av 1930-talet.

Omfattningen av fältundersökningarna skiljde sig faktiskt inte så mycket från det vi i dag tillämpar. Visst känns följande borrhprogram igen, som man kan finna på borrhplaner från 1930-talet ?

Objekt	Viktsondering	Provtagning
Byggnader	Hushörn eller c/c 10-20 m	Skrubborr, kolvborr c 40 m
Järnvägar, vägar	Längs c 20-50 m, Tvärs 3 pkt	Kolvborr, spadborr c 40-80 m
Broar	4 pkt/landfäste, landfäste	Skrubborr/spadborr, 1 pkt
Hamnar, kajer	Längs c 10-20 m, Tvärs c 10 m	Kolvborr, Kannborr c 40 m

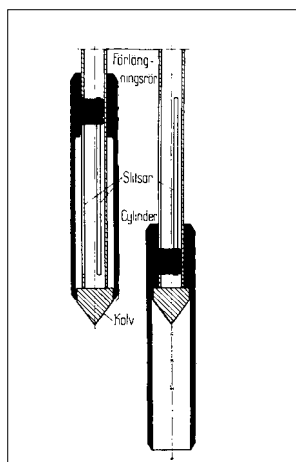
Trots att geologer medverkade i den tidens undersökningar, så ser man inte så ofta prov på vad vi idag kallar geotekniska kartor över undersökningsplatserna. Otolkade borrhplaner utan djupkurvor och profiler var den gängse redovisningen. Men nog borde de geologiska jordartskartorna i serie Aa (185 st till 1943 från SGU) ha använts åtminstone för fältplanering och en första kunskap om undersökningsplatsen. Det ansåg i alla fall Gösta Bjurström i en debattartikel 1944.

5.3 Provtagningen utvecklas mera

SJ:s geotekniska avdelning hade mer eller mindre ett regeringsdirektiv att utveckla fältmetoderna ytterligare efter geotekniska kommissionens upphörande. Dess chef John Olsson hade säkert många gånger funderat på hur man skulle kunna få upp bättre och mer ostörda lerprover. Dåtidens cylinderborr och provtagningsdosa var han inte nöjd med, framför allt inte själva utstansningen av provet.

1923 fanns hans *kolvborr* både på ritningar och i sina första exemplar framtagna med god hjälp också av medarbetare och geologen Carl Caldenius. Den kom att bli en prototyp för senare utveckling av kolvprovtagare ända in på 1950-talet. En provkärna med längden 64 cm och diametern 46 mm erhöles i provtagaren. Cylindern manövrerades med 26 mm förlängningsrör och den invändiga kolven med 19 mm sondstänger.

Kanske var det den varsamma tagningen av provet med cylinderns hjälp som var utrustningens största förtjänst. Att sedan inte behöva förborra ned till varje nivå var också en stor fördel. Proven kunde nu tas intermittent på exempelvis nivå 2 m, 4 m, 8 m, 12 m, etc. Det var också en stor framgång att kunna ta upp kontinuerliga prover ned till 30–40 meters djup. Begränsningen låg där mera i att skaffa neddrivnings- och upptagningsteknik för provtagaren. När arbetslaget på tre man inte förmådde trycka ned provtagaren så fick den hejas ned försiktigt med en vikt. Upptagning skedd med en träbom som en hävstång.



KVVS utveckling av kolvborren 1938, diam 60 mm.



”Lerprovs-glasburk” från 1917. Provet skärs av och läggs i glasburkar.

Göteborgs Hamn genom Knut Pettersson utvecklade 1933 SJ:s kolvprovtagare ytterligare. Efter en amerikansk idé försåg han kolvborren med provburkar av mässing och proven kunde nu anses ännu mer ostörda. På den första internationella (ICSMFE) geotekniska konferensen 1936 väckte John Olssons presentation av den svenska metoden stort intresse. Bror Fellenius

kunde också visa på en 38 m ostörd lerprofil för A Casagrande. För första gången var det möjligt att bevisa Terzaghis teorier i praktiken, att hållfastheten ökade med lerdjupet. De uppmätta relativa hållfasthetstalen H_3 från kolvprovtagaren förbättrade nu också de värden man tidigare hade räknat med.

För provtagning i fastare jordlager utvecklade SJ och KVVVS några varianter av kannprovtagare. Vid borring genom mycket fasta ytlager som svallgrus och morän fick man tillgripa fallmejsel eller diamantborring. Att kunna ta upp jordmaterialet var då ofta av mindre intresse. De mera speciella provtagningsmetoderna skulle komma först då SGI verkat några år. Kring 1948 fanns jalusiborren för växellagrad jord och foliekärnborren för sammanhängande kärnor upp till 25 m. En begynnande mekanisering gjorde det då möjligt att få ned och upp dessa kraftigare provtagare.

5.4 Nya metoder för sondering dröjer

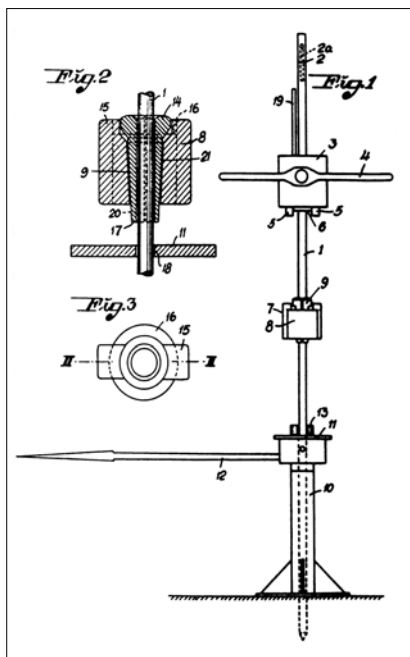
Under många år och fram till mitten av 1950-talet kom *viktsonderingen* att vara den metod som användes för att bedöma jordlagertyp, mäktigheter och fasta bottens läge. Man kan väl tänka sig att många pållängdsbestämningar blev i kortaste laget, när viktsonden stannade för tidigt på ”falska bottnar” eller i mäktiga gruslager. Kraftfullare dynamiska sonderingar saknades ännu.

I Holland utvecklades dock *trycksonden* under 1930-talet med sin pyramidspets. Stången pressades ned med förankrade domkrafter och motståndet mättes hydrauliskt eller mekaniskt. När man genom en glappkoppling i spetsen kunde separera spetsmotståndet och mantelmotståndet så fanns en utmärkt metod att sondera fram växellagringar i Hollands mellanjordarter.

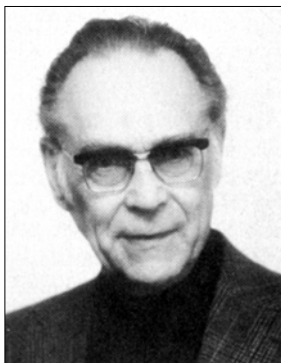
I Sverige med sina lösa leror betraktades trycksonden då skeptiskt och kanske rent av bara som en metod för att ”jaga snabba borrmeter” med. Resultat och erfarenheter från 20–30 års viktsondering kunde inte så lätt korreleras mot den nya tekniken. Eller fanns det också ett mentalt trycksonderingsmotstånd? Det skulle i alla fall dröja ända till Kjellmans och SGI:s snabbsonderingsmaskin 1948 innan trycksonderingen provades här i landet. Maskinen patentsöktes och kanske bidrog detta också till att den bara kom att tillverkas i ett enda exemplar Konservatismen mot den nya trycksonden satt i ända fram till 1960-talet, innan nya generationer av geotekniker mekaniserade metoden ytterligare och vår tids CPT-sondering kunde börja skönjas.

Ljuset skulle denna tid dock komma från norr och Luleå. Geotekniska undersökningar för Norrbottens järnverk påbörjades 1939 och av största intresse var fasta bottens läge och påldjupen. Den unge civilingenjören Bengt O M Olsson uppsänd från en konsultfirma Kjessler & Mannerstråle i Stockholm tyckte inte om SJ:s gamla fyrkantsstänger för hejarsonderingen, muffskarvarna och låsen för hejarlagen.

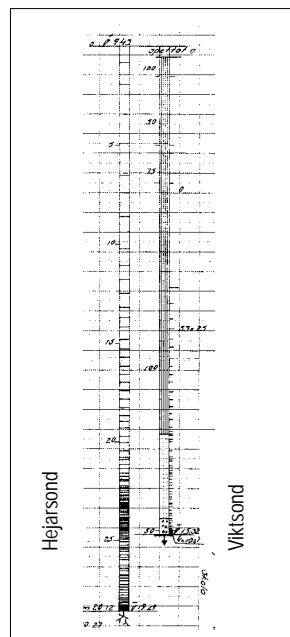
Redan 1935 hade dock en Norrbottenkollega till ”BOM”, ingenjör Arne Sundbergh, *en ny hejarborr* i tankarna och försynen sammanförde de två ingenjörerna vid järnverket några år senare. Sundberghs hejarborr var då redan uppfunnen och utvecklad ungefär som vi känner och använder den idag, 60 år senare.



Hejarborren patentsökt 1942.



Hejarsondens uppfinnare
Arne Sundberg, Luleå.



Sjunkning per 25slag/varv.



En hejare till borrh.... i början handdriven med 3 x 21 kg.

Den nya hejarsonden hade runda 28 mm stänger med invändiga vänstergängade skarvar. Slagdynan fixerades till stängen med ett fiffigt killås. En stångomslutande skruvdomkraft drog upp även de mest fastslagna stänger. Händelserna i Luleå blev grunden till bildandet av Borros AB 1943. Sundbergh fick 1944 sedan patent på sin sonderingsmetod som ”Sätt och anordning för neddrivande av borrstäng”.

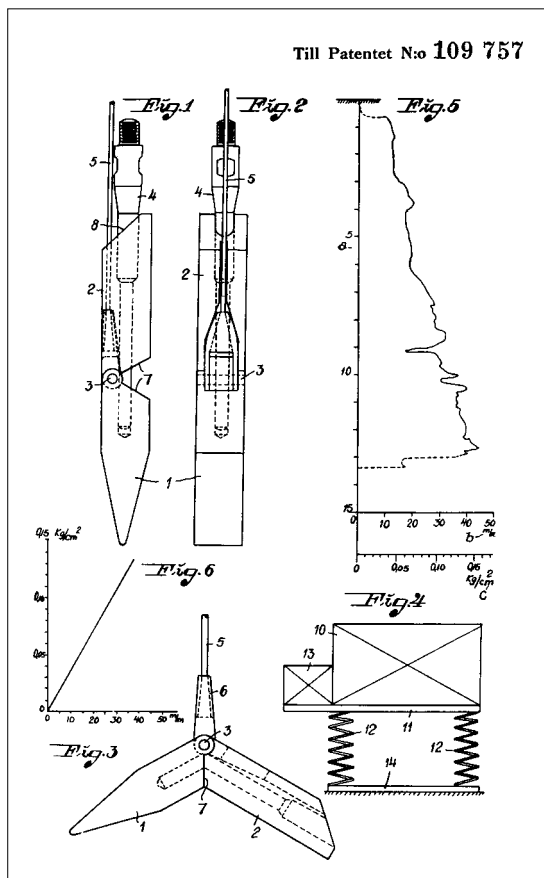
Hejarsonden kom senare att utvecklas mera av ingenjör Arnold Häggby Stockholm med bl a 32 mm stänger och 40 mm fyrkantsspets. Hejarvikten var då som nu 63,5 kg och fallhöjden 0,5 m. Killåsen förbättrades ytterligare för lossgörandet. Redan 1950 var hejarborren stöttad av en s k tripod (ställning med tre ben) och hejaren lyftes av ett spel med förbränningsmotor. Nu tystnade ytterligare en hejar-/rallarsång ”Här kommer ettan, här kommer tvåan.....”. En tid av mekanisering för sonderingen hade definitivt brutit in. Sällan såg man nu mer än två man vid de geotekniska utrustningarna.

Tankarna på att direkt i jorden kunna mäta dess skjuvhållfasthet fanns så tidigt som när Lidingöbron skulle byggas och pålas 1919. John Olsson testade leran där med en enbladad vingsond, som gav en slags ”reaktionsmodul” för beräkning av lerans sidomotstånd mot knäckning. I Tyskland fanns ett patent från 1929 på att vrida en provkropp till brott i lera.

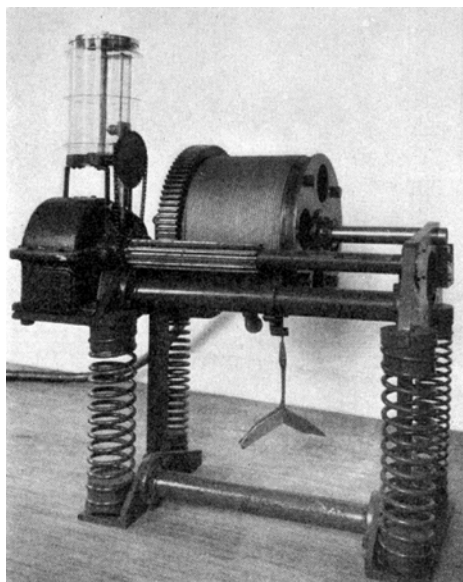
Walter Kjellman på KVVS sökte 1940 patent på en metod att direkt i leran mäta dess skjuvhållfasthet. I patentansökan beskrivs den som, ”Sätt att utföra markundersökningar jämte härför avsedd anordning”. Rubriceringen är minst sagt otydlig, nästan syftande till en ”geoteknisk tulipanos” för både sondering och provtagning. Figureerna i ansökan avslöjar dock bättre hur han hade tänkt sig denna apparat. Ett ankare med två rörliga skänklar nedföres i marken med vidhängande wire och med hjälp av en urkopplingsbar sondstäng. När ankaret dras upp med wiren fälls skänklarna ut till en plogform. Brott erhålles i leran och motståndet registreras kontinuerlig i den vertikala profilen till ett diagram. Med kalibreringar på empirisk väg ”bestäms en gång för alla sambandet mellan uppdragningsmotstånd och skjuvhållfasthet”.

Metoden gavs senare namnet ”Iskymeter”, som kommer av det grekiska ordet isky (hållfasthet). Den användes ända in på 1960-talet men kom inte att bli det allinstrument som patenthandlingarna beskrev. Kanske var det just ”isky” den hade svårt att mäta genom de komplicerade jordbrott som ankaret förorsakade i alla våra typer av leror

Det skulle bli en annan svensk uppfinning som kom att lösa problemet med att bestämma lerans skjuvhållfasthet in situ. Lyman Cadling på KVVS och senare SGI började att prova en typ av *vingsond* 1945-46 vid utökningen av Bromma flygplats och vid det stora skredet intill Lidan i Västergötland. Denna utrustning, där ett ”plåtkors” föres ned och vrids till ett skjuvbrott i lerlagren, blev snart en välkänd och mycket använd in situ-metod. Vingsonden befäste åter den svenska geotekniken på den internationella området genom denna uppfinning som Cadling sökte patent på 1947. Ett nytt blad började vändas mot en geoteknisk historia i Sverige med modernare och mer mekaniserade fältutrustningar, än de som den geotekniska kommissionen lämnat i arv från 1920-talet.



W Kjellmans Iskymeter 1940.



Maskinen byggd enligt patentansökan.



Förbättrad till enmans-utrustning.

Att läsa vidare

SJ:s Geotekniska Komm.	(1917)	Vägledning vid jordborrningar för järnvägsändamål. SJ Geotekn Medd. 1.
SJ:s Geotekniska Komm.	(1921)	Slutbetänkande. SJ Geotekn Medd. 2.
Olsson J	(1925)	Kolvorr, ny borrhyp för upptagning av lerprov. Tekn Tidskr vol 55.
Petterson K	(1933)	Förbättrad apparat för upptagning av lerprov. (kolvb). Tekn Tidskr 1933:8.
Kjellman W	(1943)	En metod att direkt i marken bestämma jordlagrens skjuvhållfasthet (iskymeter). IVA, Handling 170.
Bjurström G	(1944)	Grundundersökningar. Byggmästaren 23/1944, h2.
Jakobson B	(1946)	Kortfattat kompendium i geoteknik. SGI, Medd nr 1.
Wählin E, m fl	(1951)	BYGG handbok, band 1. Tidskriften Byggmästarens Förlag 1951.
Flodin N	(1984)	En hejare till borrhyp – eller tvärtom. VoV 1984 nr 1-2.
Broms B, Flodin N	(1988)	History of soil penetration testing. ISOPT-1 Orlando. Proceedings, Vol 1, p 157-220

5.5 Ett geotekniskt laboratorium i slutet på 1930-talet

En viktig del av och en förutsättning för geoteknikens utveckling är laboratorieundersökningar. För geologiskt och tekniskt bruk använde A M Atterberg redan vid sekelskiftet laboratoriet för att klassificera jordarternas mineralpartiklar till den bekanta korngruppskalan. Hans bestämning av plasticitetsgränserna gjordes också med laboratorieprov och metoder som vi använder än idag.

SJ:s geotekniska kommission inrättade ett geotekniskt laboratorium redan 1915 för att undersöka de insamlade jordprovens vattenhalt och konsistens (hållfasthet). Med J Olssons konprovingsapparat bestämdes ”örörda lerornas” relativa hållfasthetsvärden (H_2 -tal) och senare även de ”omrörda” H_1 -talen, varefter sensitiviteten kunde anges som en kvot mellan dessa. När Olssons kolvorr kom 1925 och medgav mera ”ostörda” lerprover, benämndes hållfastheten med H_3 -tal, vilka sedan på 1930-talet mer definitivt kunde tolkas till direkt skjuvhållfasthet genom J Olssons, T Hultins och S Skaven-Haug's arbeten, beskrivna i tidigare kapitel.

Kommissionen använde också konprovaren till att definiera och bestämma ”finlekstalet F” för leror (numera benämnt ”flytgräns w_L ”). På kommissions laboratorium bör också ha funnits en siktutrustning för kornstorleksanalys. Siktarna var säkerligen från USA och i ATSM-serien, även om maskvidderna inte helt stämde med Atterbergs fraktionsgränser. Varför den geotekniska kommissionen inte använde sig av benämningen ”mo” är obekant. Denna fraktion blev mer fastlagd med G Ekströms klassificering av åkerjord 1927.

	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200	600	2000
ATTERBERG, 1905													
Ler	Lättler		Mo		Sand		Grus		Klapper		Block		
	Mjuna	Vesa	Mjåla eller finmo	Fimma eller grofmo	Dyne	Grand- eller grofsand	Gryske- eller fingrus	Mal eller grofgrus	Singel eller småklapper	Grof-klapper	Block-sten	Sten-block	Klipp-block
ATTERBERG, 1912													
Slam eller ler	Mjuna		Mo		Sand								
	Finare mjuna	Grofre mjuna	Mjål-sand	Fin-sand	Vanlig sand	Grus-artad sand							
EKSTRÖM, 1927													
Ler	Mjåla		Mo		Sand		Grus		Sten		Block		
	Fin-mjåla	Grov-mjåla	Finmo	Grovmo	Mellan-sand	Grov-sand	Fint grus	Grovt grus	Mindre sten	Större sten			

Atterbergs fraktionsindelning 1905 och Ekströms indelning av mineraljordarter 1927.

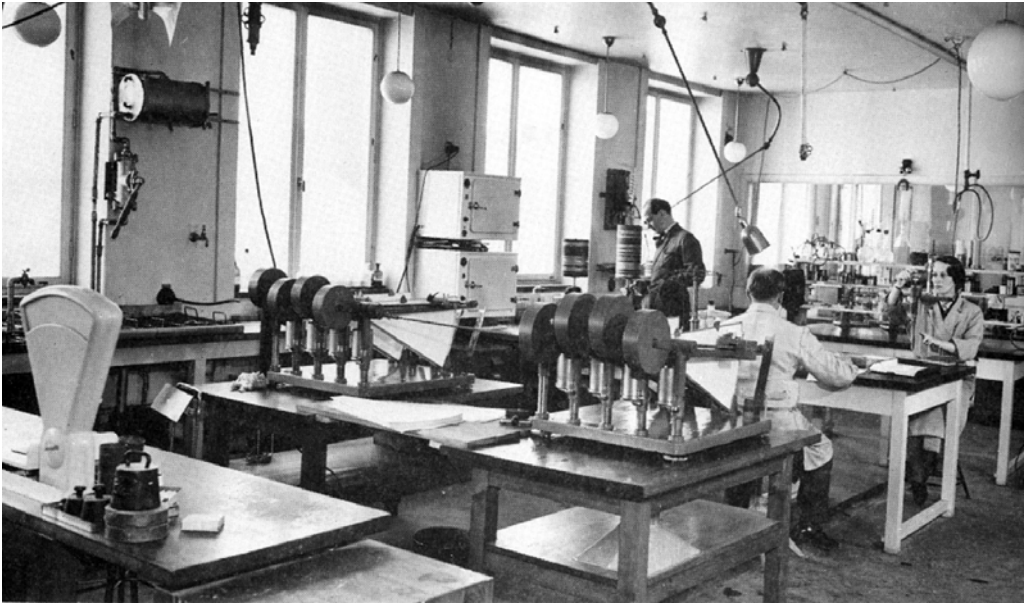
När SJ:s geotekniska avdelning inrättades 1920, övertogs säkerligen också kommissionens laboratorium. ”Utvecklingen” kom därmed att till stor del bestå av att producera undersökningsresultat från de upp till kanske 3000 jordprov, som varje år hanterades av laboratoriet (tala om rutinundersökningar). Redan på kommissionens tid hade J Olsson demonstrerat konsolidering av lera genom vattenutpressning ur lerprov placerade i sin ”ödometerdosa”, se SGF Rapport 2:95.

Den geotekniska utvecklingen i världen kom dock på mera teoretiska grunder att använda de arbetsätt och metoder som Terzaghi lade fram 1925, för att bättre förstå och praktiskt kunna beräkna sättningar i jordarter. Bestämning av fysikaliska och mekaniska egenskaper genom laboratorieförsök var en av den nya geotekniska skolans krav.

I Sverige var tiden inte mogen förrän i mitten på 1930-talet att mer ingenjörsmässigt börja hantera lerornas sättningsegenskaper och få fram apparater och värden på kompressionsindex, tidskonstanter m m. Kolvprovtagaren hade då också blivit mer utvecklad med mässingstuber för att kunna ta ostörda prover.

SJ och Göteborgs Hamn använde en typ av ödometer där pålastningen skedde stegvis med vikter på en modifierad butiksvåg och dess hävarmar. Snart skulle dock idéer om modernare apparater för undersökning av lerans kompressionsegenskaper kunna förverkligas i laboratorier. Sättningarna beräknades ur de erhållna spännings/kompressionskurvornas värden på kompressibiliteten β . Först 1950 infördes kurvor och beräkningsmodell med de välbekanta ϵ_2 -värdena som kompressionsindex av Sten Odenstad vid SGI.

Som tidigare nämnts hade Walter Kjellman från VBB och KVVVS hunnit gå i lära hos Terzaghi och den första internationella geotekniska konferensen hade hållits i USA 1936. Kjellman hade tidigt utvecklat en typ av triaxialapparat (med jordprov 60 mm kub) vid dammprojektet Svir i Ryssland för studier av jordars deformationsegenskaper. 1939-1940 hade Väg- och Vatten-

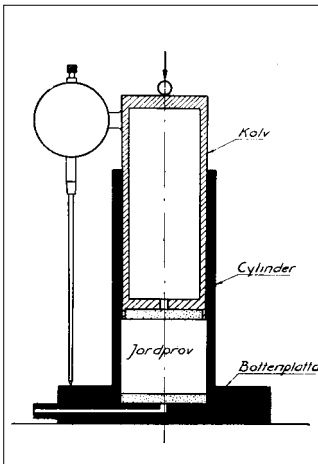


Ett geotekniskt laboratorium som började byggas upp 1938. KVVS laboratoriet övertogs 1945 av SGI (enl bilden).

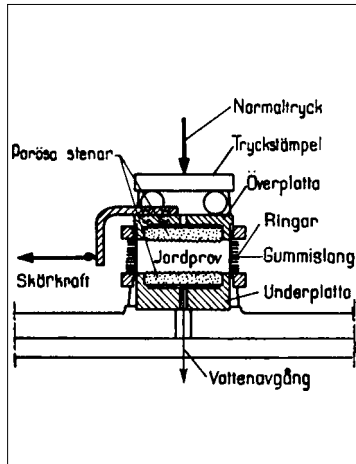
byggnadsstyrelsen inrättat ett nytt geotekniskt laboratorium i Statens Väginstiutts lokaler intill KTH, Stockholm.

En kort beskrivning av den utrustning som då byggdes upp på laboratoriet, kan få spegla den tidens kunskapsnivå och möjliga undersökningar.

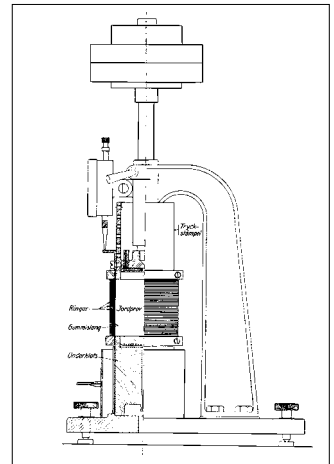
Ödometern är den som vanligen används i utlandet, och av typ Terzaghi. En nackdel har alltid varit att provet förhindras att utvidga sig i sidled. Tiden



*KVVS/VBB Ödometer
1 st Terzaghis modell.*



Kjellmans skärapparat 1936.

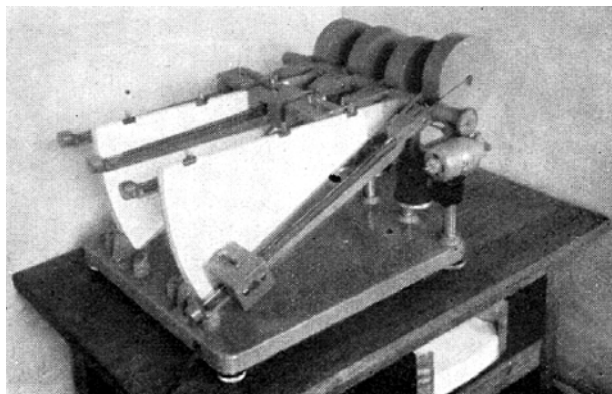


Kompressometrar 6 st.

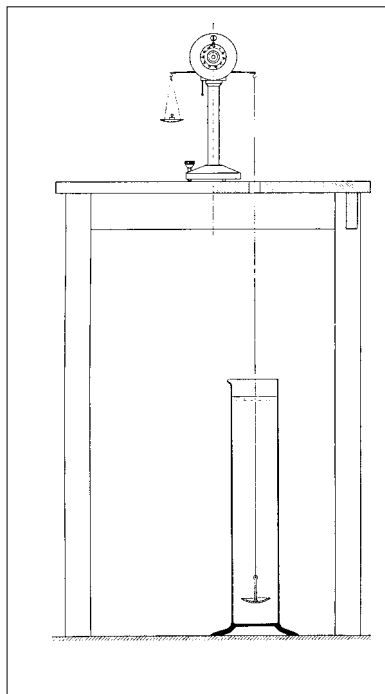
för undersökning av ett lerprov är också lång, minst en vecka.

I kompressometern är provet omslutet av gummimembran och/eller tunna metallringar, som medger sidoutvidgning. Provdiametern är dock 60 mm och KVVVS har därför utvecklat en egen typ av kolvprovtagare. Kompressometern används också till skjuvförsök på lera med både okonsoliderade och konsoliderade förhållanden. Kjellman ansåg att den medgav en riktigare skjuvning av proven än exempelvis Skaven-Haug's skärapparat.

Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen hade också byggt ett "tryckverk" för att bestämma lerans skjuvhållfasthet. Det bestod av fyra sammanbyggda tryckprovapparater, som med belastning från hävarmar och vikter och med mekanisk registrering av förlopp och laster skapade de klassiska skjuvbrotten i 45 grader på lerproven. Man kan ana sig till att W Kjellman låg bakom också denna apparatur. Tre konapparater användes dessutom, men man ansåg resultatsspridningen för stor med denna metod och att den visade högre skjuvhållfasthet än tryckproven och skjuvförsöken.



Tryckverk modell KVVVS.



Sedimentationsanalys av kornstorleksfördelning.

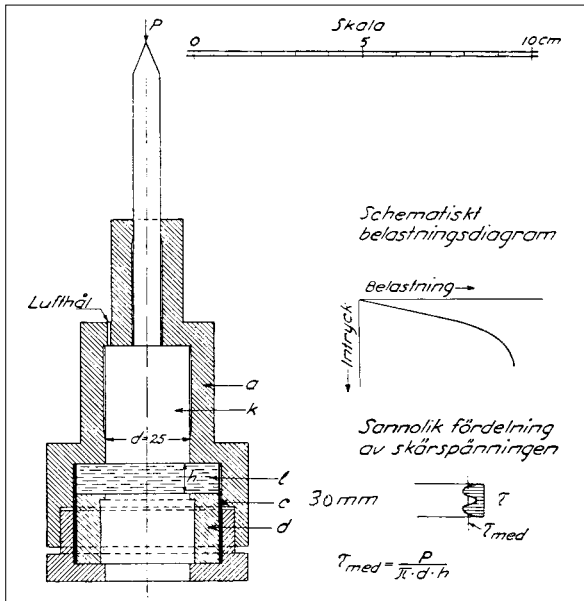
Kornstorleksbestämningar av friktionsjord gjordes med Väginstutets siktserier tagen från tyska DIN-normer (men där 4 siktdiametrar var olika mot SGF:s nuvarande standard). Sedimentationsanalyser utfördes med Sven Odéns metod enligt figuren ovan. Den enklare hydrometerkroppsmetoden kom först 10 år senare från USA. På detta Sveriges mest välutvecklade laboratorium fanns 1940 också som exempel följande utrustningar:

- **Permeameter**
- **Kapillarmeter**
- **Tryckdosor** för att mäta jordtryck
- **Lutningsmätare** för rörelser i jord
- **Kompressometer** för elasticitetsegenskaper i grov friktionsjord

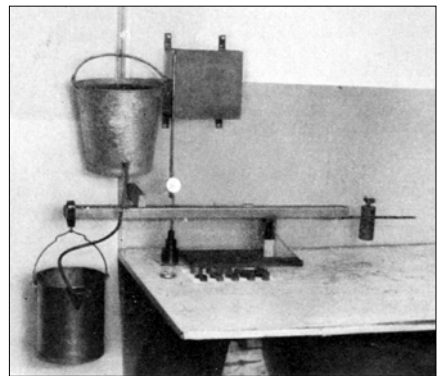
Den forskningsintensiva geotekniska avdelningen på KVVS hade även konstruerat en ny sk cellapparat (triaxialmodell). Med den skulle man såsom i utlandet kunna studera deformationer, spänningar, brott och portryck på cylindriska jordprov. När medel för detta kom att anslås är dock inte känt. Kanske kunde projektet realiseras först sedan KVVS geoteknik blivit SGI 1944?

Andra geotekniska aktörer med laboratorier fanns utöver SJ och KVVS redan de första decennierna på 1900-talet. I lerornas stad Göteborg var Hamnkontoret en utvecklande kraft. Man behöver bara tänka på Wendels tidiga provbelastningar av lera och alla teorierna om skredrörelser. Laboratoriearbetet bedrevs där tidigt i fält och i full skala.

Hamnkontoret gjorde tryckprovning på lerprover, som tagits upp med en större kolvborr diameter 60 mm, men resultaten blev ojämna p g a att jordproven stördes av den tjocka kolvborren och hanteringen av de 60 mm breda jordkuberna. Bror Fellenius utvecklade 1935 istället en annan apparat för bestämning av lerans skjuvhållfasthet. Ett lerprov från kolvborr 42 mm placeras i en cylindrisk behållare enligt figur nedan. En kolv stansas ned i provet tills skjuvbrott erhålles. Belastningen påfördes kontinuerligt genom att vatten fick rinna ned i en hink som hängde på en hävarm (0,5 kg/min).



B Fellenius stansapparat.



Apparatens belastningssystem med rinnande vatten.

Med skjuvapparaten kunde 10 prov göras per dag, den var billig och ansågs ge tillförlitliga hållfasthetsvärden. Dessa stämde också bra mot Skaven-Haug's värden från den norska skjuvboxen. Formler och kurvor på C-koefficienten kunde tas fram för Göteborgsleran och detta användes vid kalibreringen av konprovets relativa H_3 -tal till verklig skjuvhållfasthet. Man nyttjade därvid också resultaten från de provpålningar, som alltid förekom vid större grundläggningar på kohesionspålar. Även efterkalkyler på inträffade skred bekräftade stansapparatsens värden på skjuvhållfastheten.

I Stockholm utfördes dessutom vissa geotekniska laboratoriearbeten av konsultfirman Vattenbyggnadsbyrån (permeabilitet, Proctors packningsprov, m m) och även vid Stockholms Hamnkontor på lerprover. 1945 hade Gösta Bjurström också startat sin konsultverksamhet, där det geotekniska laboratoriet med tiden kom att bli ett av landets största och modernaste.

Laboratorieverksamheten var långt ifrån standardiserad under denna mellankrigsperiod. Detta blev en viktig första uppgift för Statens geotekniska institut när detta 1944 bildades som en avknoppning från KVVVS. Walter Kjellman fick där till hjälp en laboratorieingenjör Rudolf Karlsson, som i hög grad kom att utveckla, standardisera och påverka de svenska geotekniska laboriemetoderna under de kommande 30 åren. Om honom finns mer att läsa i SGI:s 50-års krönika från 1994.

Att läsa vidare

- | | | |
|--------------|--------|--|
| Atterberg A. | (1912) | Jordslagets konsistens och styvhetsgrader. Kungl Lantbruksakademins Handl/Tidskr, vol 51. |
| Atterberg A. | (1912) | Mekaniska jordanalysen och klassifikation av svenska mineraljordslagen Kungl Lantbruksakad Handl/Tidskr, vol 51, nr 6. SJ Geotekn Medd. 2 |
| Olsson J. | (1921) | Metod för undersökning av leror hållfasthetsegenskaper tillämpad vid Statens Järnvägar (konprovet). Geol Föreningens Förh 43:5. |
| Caldenius C. | (1925) | Bidrag till kännedomen om relationen mellan markbeskaffenhet, sådan den registreras genom hållfasthetstalsbestämningar och bankbelastningar. IVA Handl 42. |
| Ekström G. | (1927) | Klassifikation av svenska åkerjordar. SGU, Ser C 345. |
| Kjellman W. | (1936) | Om undersökning av jords deformationsegenskaper. Tekn Tidskr 1936 h 8. |
| Hultin T. | (1937) | Försök till bestämning av Göteborgslerans hållfasthet. Tekn Samfundets handl nr 2, 1937. |
| Kjellman W. | (1942) | KVVVS geotekniska laboratorium. Tekn Tidskr 72(8). |
| Jakobson B. | (1946) | Kortfattat kompendium i geoteknik. SGI, Medd nr 1. |

5.7 Geoteknisk redovisning

En viktig del av de geotekniska undersökningarna är hur dessa redovisas på ritningar och i annat material. Ofta skall många parter med varierande geotekniska insikter ta del av undersökningarna. De måste därför kunna tolkas entydigt och korrekt både från geoteknisk och ekonomisk synpunkt.

Redan 1920 hade Statens Järnvägars Geotekniska Kommission tänkt över dessa frågor och i slutbetänkandet uttalar de följande allmängiltiga motto:

”Det är önskvärt att uniformitet beträffande ritningarnas utförande i största möjliga utsträckning iakttages, så att från olika håll framlagt material måtte bli så jämförbart som möjligt”.

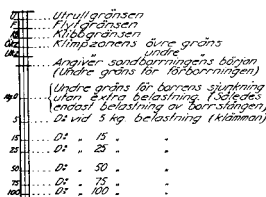
I betänkandets digra utredningsmaterial kan man se detta illustrerat på ett 40-tal ritningar. Dessutom finns en plansch med kommissionens förslag till beteckningssystem, som visas till en del i figur nedan. Visst känner man som geotekniker, 80 år senare fortfarande igen sig bland dessa sonderingsstaplar och jordartsförkortningar. De utgör grunden till våra nuvarande SGF-blad 1–4.

Något som kommissionen dock inte standardiserade var hur undersökningsspunkterna skulle redovisas i plan. De redovisade i sitt betänkande faktiskt inte några undersökningsplaner, utan var redan då så framsynta att man presenterade geotekniken med ”tolkade planritningar”.

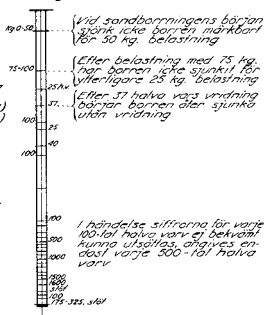
Borrplanernas punkter och ringar blev därför varje geoteknikers signum ända fram till att SGI kring 1950, kom med sina förslag till ett mera fullständigt och standardiserat beteckningssystem. En förebild hade man dock i den nomenklatur och ritningsstandard, som SJ:s geotekniska avdelning försatta att utveckla efter kommissions underlag. De beteckningar som tillämpas i dag har genom arbete i Svenska Geotekniska Föreningen utformats i samarbete mellan SJ, SGI, Stockholms Gatukontors geotekniska avdelning och konsultkåren. Några exempel på hur beteckningar och presentationer av de geotekniska resultaten har sett ut genom åren visas med figurer/kopior nedan.

Borrningar

Sandborrning



Borrspejlsens läge efter 100 halva
 100 halva vridning under sam-
 vidig belastning av 100 kg.
 01 eller 150 halva varv
 200 01 = 200 " "
 300 01 = 300 " "
 Efter 600 halva varvs kring-
 vridning har borrhans icke
 sjunkit för ytterligare 200
 halva varvs vridning

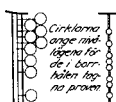


I händelse siffrorna för varje
 100-lor halva varv et bekvämt
 kunnat utsläpas, sågrens om-
 dast varje 500-lor halva
 varv

10.21.21. Bezeichnung für borrhansdatum

- ||| Sten i löst jordslag
- ||| Fast botten
- ||| Berg

Provtagningsborrning



10.21.21. Bezeichnung für borrhansdatum vid provtagning

Provgrop



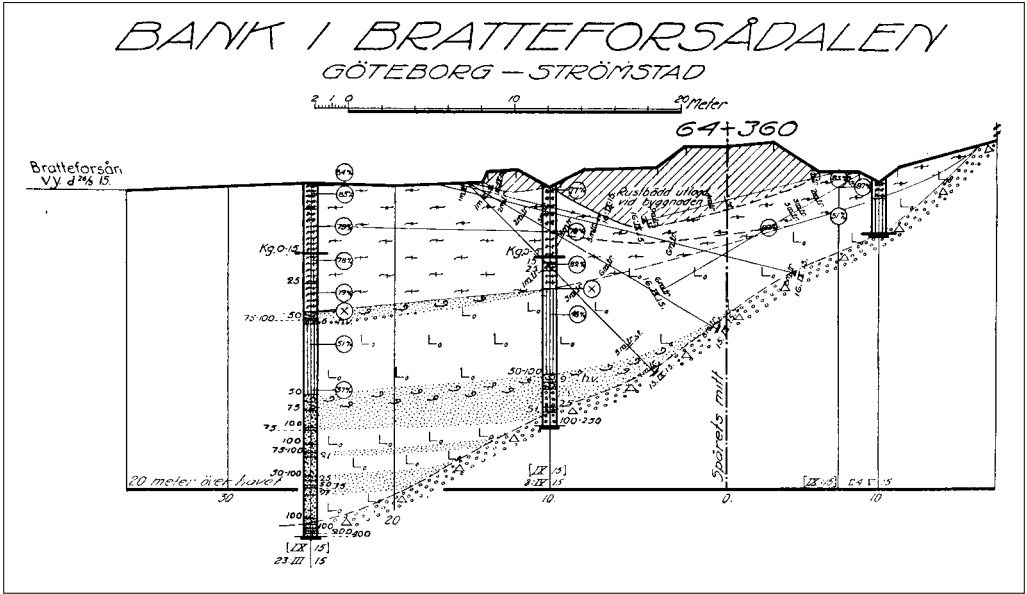
Laboratorieundersökningar

Vattenhalt i viktprocent å totalsubstans

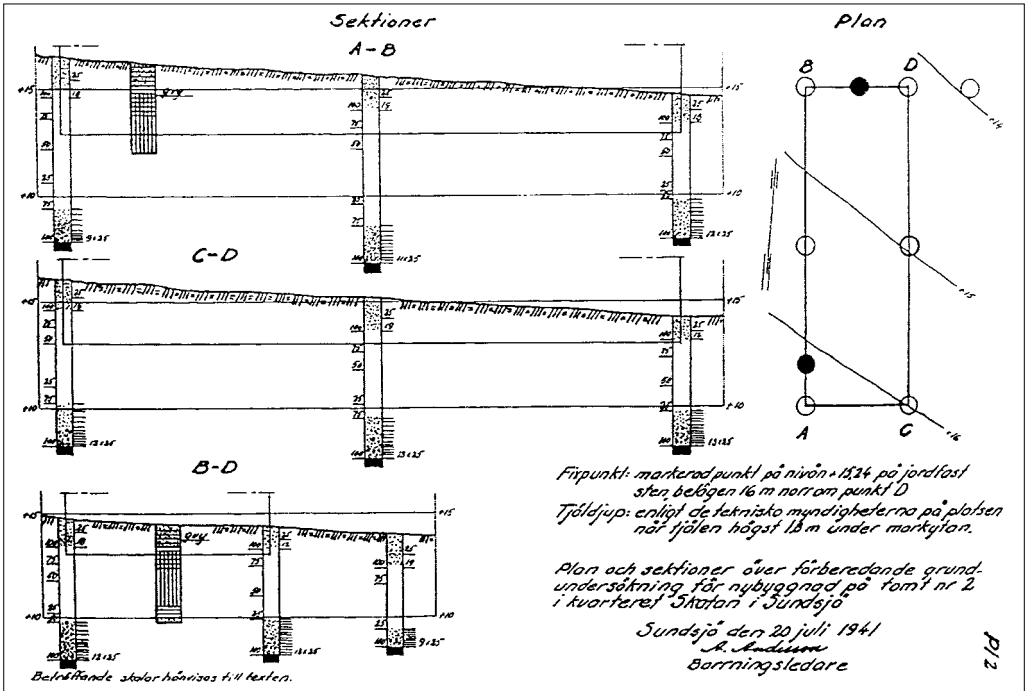


H₃ = Hållfasthetsdiagram för oomrörda prov
 H₄ = Hållfasthetsdiagram för oomrörda prov

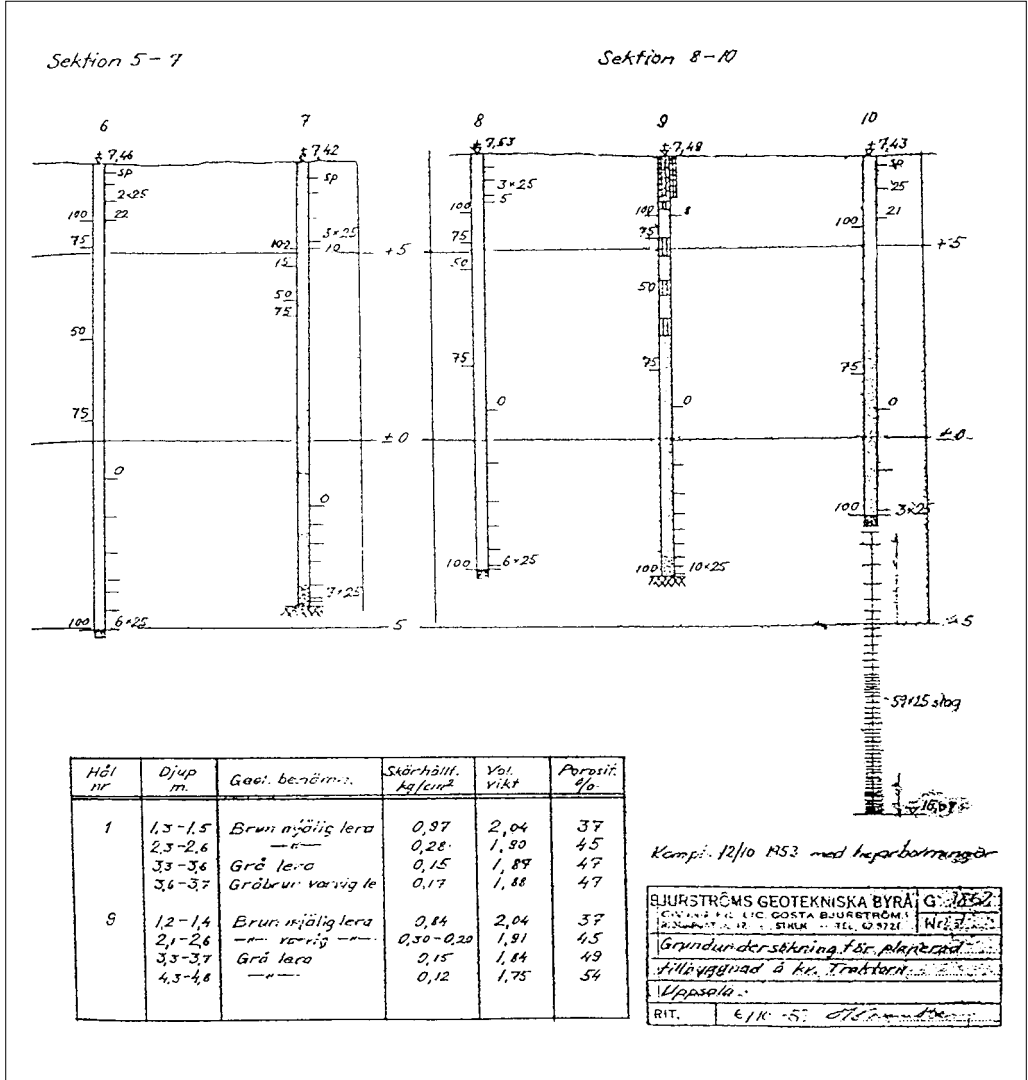
Beteckningar för borrhans och laboratorieundersökningar enligt SJ:s Geotekniska Kommission.



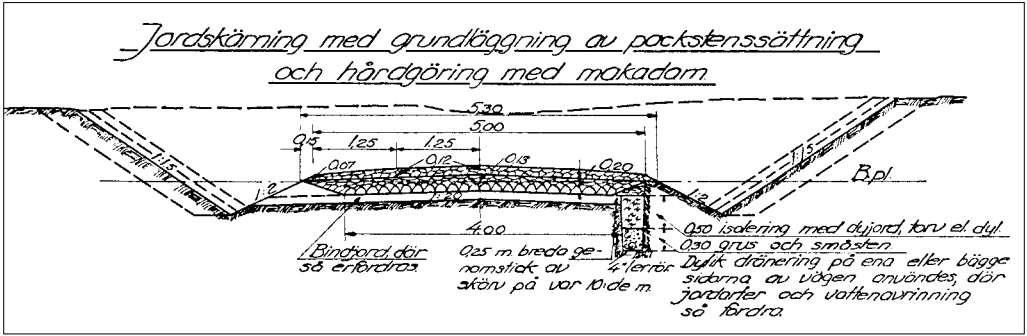
En geoteknisk profil från en järnvägsbank 1915.



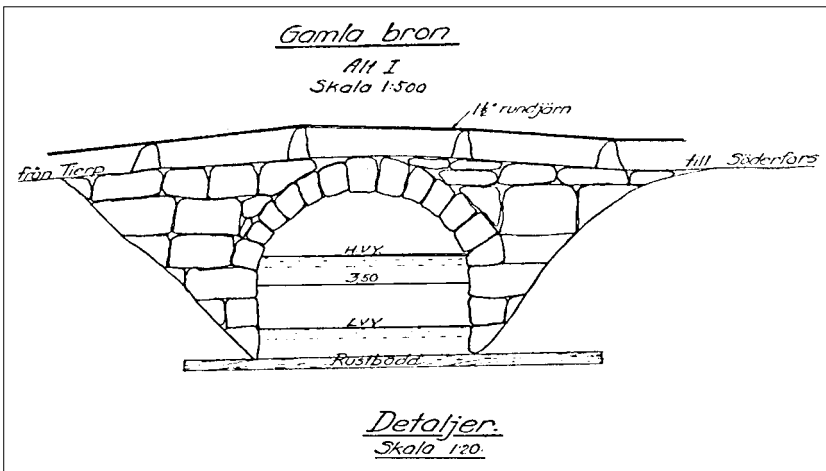
Geotekniska profiler från en grundundersökning 1941. (I princip Geotekniska Kommissionens modell, men "borrdiagram" med stapelstreck har börjat användas för viktsonderingen).



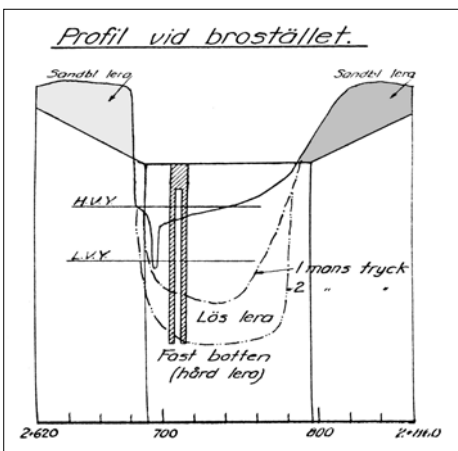
Viktsondering och kolvborrprovtagning från ca 1945. (Hejarsondering i pkt 10, 1953 med sina sjunkningsstreck för varje serie av 25 hejarslag).



Packstenssättning – en gammal förstärkningsmetod för vägar med svag undergrund.



Stenbro – grundlagd på rustbädd.



Sondering för bron. "1 mans tryck" – ungefär viktsond 50 kg.

Förslag
till
bro över bäcken vid Bredänge
vid sekt. 2-710 (Allt II)
på vägen Tierps kyrka-Bredänge-Filbo
i Tierps vägdistrikt
i Uppsala län.

Stockholm den 20 november 1929.
Knut Jönsson

Ett väg-brobygge i norra Uppland anno 1929.
(väg och bro fortfarande i bruk år 2000)

Kapitel 6.

Glimtar av hur Sverige grundlades med geoteknik

6.1 Allmänt och normer

Den geotekniska utvecklingen och metoderna att grundlägga byggnadsverk och förstärka jorden gör ofta sina framsteg parallellt. En ökad mekanisering vid arbeten i och med jorden börjar också ta fart på 1930-talet.

Byggandet präglades då mycket av samhällsutvecklingen med börskraschen, världsdpression och arbetslöshet i början av decenniet samt världskrigets utbrott 1939. För hamnar, bostäder, järnvägar och vägar behövdes dock geotekniska insatser som en del av omdaning mot det moderna Sverige. Några få exempel på hur Sverige byggdes med geoteknik får belysa detta i avsnitt 6.2 – 6.3.

De geotekniska pionjörerna på 1920-talet hade inga direkta normer att hålla sig till. Det var deras erfarenheter och utveckling som istället fick utgöra en grund och kunskapsbas för de regler som successivt kom att växa fram de kommande årtiondena.

Tekniska ämbetsverk som SJ och KVVS samt de kommunala Hamnkontoren skapade sig sina egna ”normer”. Ibland fanns de angivna i de upphandlingsregler som användes vid projektens genomförande.

För järnvägarna blev det Geotekniska kommissions slutbetänkande och ”bibel” 1922, som kom att ge SJ en slags norm för många år framåt. Från 1931 kan man finna ”Normalbestämmelser för vägbyggnad” utgiven av KVVS. I ”Vägnorm 1938” finns normalsektioner för olika typ av undergrund med bl. a anvisningar för att lösa tjälfrågorna. Rekommendationer till olika typer av förstärkningsåtgärder fanns där också (beskrivet i avsnitt 4.3). 1947 gav KVVS ut ”Konstruktionsnormer för broar” med bestämmelser för grundtryck, jordtryck, pålning och grundkonstruktioner.

En byggnadsstadga fanns redan på 1930-talet. Inte förrän efter världskriget utkom de första anvisningarna till en byggnadsstadga genom BABS 1946. Grundläggning av byggnader hade där ett litet utrymme och reglerna klarnade först med utgåva BABS 1950.

Sammanfattar man den geotekniska regelsituationen mellan 1930–1940 så tillämpades följande normer och metoder i Sverige.

Tillåtna grundtryck	Knådbar lera	0,4 kg/cm ²	(40kPa)
	Torr styv lera	2-3	
	Sand	3-4	
	Grovt grus	4-5	
	Hård stenig pinnmo	7-10	
	Gråstensberg	30-60	
	Träpålar till fast botten	40	ca 10 ton på spetsarean
	Träpålar/kohesion	0,1	Mantelyta med 3 t/m ² skjuvh ca 9 ton för en påle L 18 m
	Betongstödpålar 25x25 cm		20 ton
	Betongstödpålar 30x30 cm		30 ton
Spontberäkning	W Fellenius grafiska metod 1923 eller med linpoligon		
Skred	Cirkulär cylindriska glidytor, S Hultins grafiska metod 1916		
Markstabilitet	W Fellenius jordstatiska beräkningar för cirkulär cylindriska brott 1926		
Sättningar	Terzaghis konsolideringsteori i "Erdbaumechanik" 1925		

6.2 Broar

Under åren 1920–1945 byggdes flera hundra broar i landet för järnvägar, vägar och inne i städerna. Ibland kunde de placeras där grundförhållandena var goda och de styrde delvis lokalisering av kommunikationsleden. Men ofta var det också så att broarna måste finnas på vissa geografiska platser som över vattendrag, dalgångar och korsningar mellan järnvägar och vägar.

Sättet att grundlägga broarna styrdes i första hand av de geotekniska förhållandena på platsen. Teknik och maskiner utvecklades också under åren och nya grundläggningssätt kom fram. Även kostnaderna spelade in när man kunde välja mellan olika grundläggningssätt. Grovt kan man indela grundläggningsmetoderna i följande typer beroende på markförhållandena:

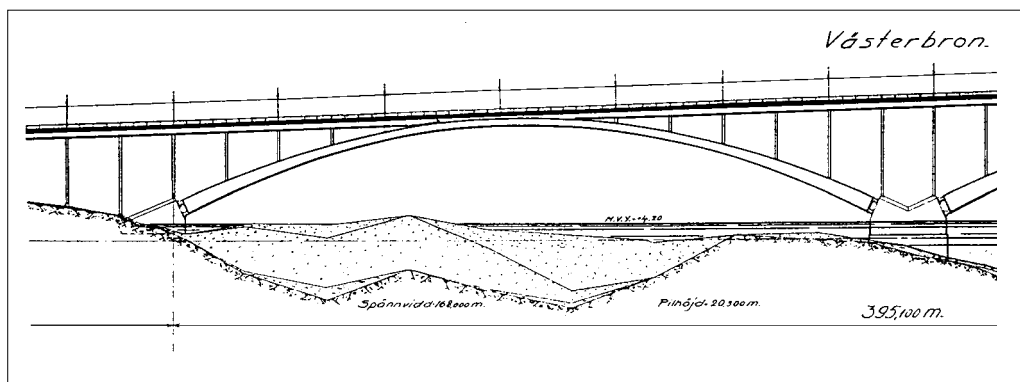
- | | |
|--|---|
| A. Grundläggning på berg och fast mark | Sten- eller betongfundament |
| B. Grundläggning vid lös jord/lera | Träpålar till ca år 1940
Betongpålar, plintar från 1930
Kassuner, sänkbrunnar |

En strävan har alltid varit att grundlägga brofundamenten med mycket säkra beprövade metoder för att undvika markbrott och sättningar. Många gånger har det också i första hand gällt att hitta en arbetsmetod som var praktiskt genomförbar. Det är heller inte så vanligt att finna brogrundläggningar från denna tidsperiod som har skador med undantag av träpålar som med tiden ruttnat.

Nedanstående broar utgör bara några exempel på grundläggningar där geotekniken har kunnat beaktas med de principer och metoder som angivits under A och B ovan.

Västerbron, Stockholm, 1932

Huvudbron är en bågbro av stål i två spann på 204 respektive 168 m. Landfästena är grundlagda på berg. Under de mellersta gemensamma bågfundamenten täcktes berget av ca 2 m grus som schaktades bort med gripskopa, vattenspolning. Innan grundläggning pallsprängdes och rensades berget. Gjutning skedde med undervattensbetong men också i läns pumpade kassuner. Den anslutande Pålsundsbron har landfästen på berg men även pålade brope-lare. Bron kostade 1932 ca 10 Mkr att uppföra. Det geotekniska arbetet bestod således mest i att utreda (de nog så viktiga) jord- och bergförhållandena på platsen.



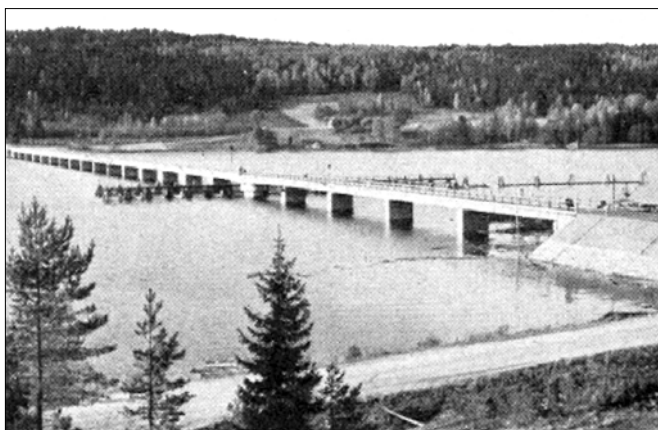
Del av Västerbron, Stockholm 1932, grundlagd på berg.



Västerbron, Stockholm under byggnad 1932–1935.

Bro över Byälven, Värmland, 1938

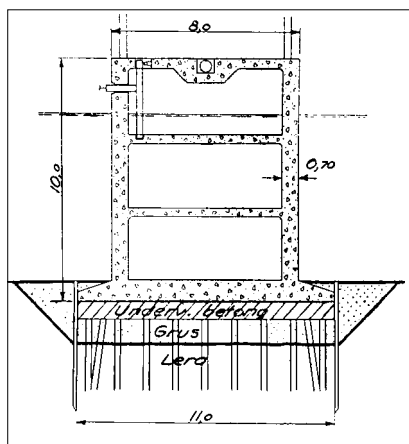
När bron vid Skassås byggdes 1938, så var det Sveriges då längsta landsvägsbro. 19 betongspann på 20 meter och ett svängspann gjorde en brolängd på ca 450 meter. Undergrunden bestod av lösa sediment (växellagring av lera, silt, sand). Grundläggning utfördes med träpålar i samtliga fundament. Kostnaden för hela bron uppgick till 0,6 Mkr.



Bro över Byälven vid Skassås, Värmland 1938, grundlagd på träpålar.

Götaälvbron, Göteborg 1939

Bron är uppförd med 9 spann och har en längd av 358 m. Bron är en stålkonstruktion grundlad på betongfundament och kassuner vid klaffpelaren. Grundförhållandena äro "Göteborgska" och hamnkontoret tog upp kolvborrhov till 70 m djup. Grundläggning skedde med 3200 skarvade 2x18 m träpålar. Klaffpelarnas kassuner kunde dock grundläggas med träpålar till fast botten på ca 50 m djup. Kvalificerad grundläggning och geoteknik med mycket räknande på pålasten utifrån lerdjupens olika skjuvhållfasthet. Kostnad för hela trafikleden 13 Mkr.



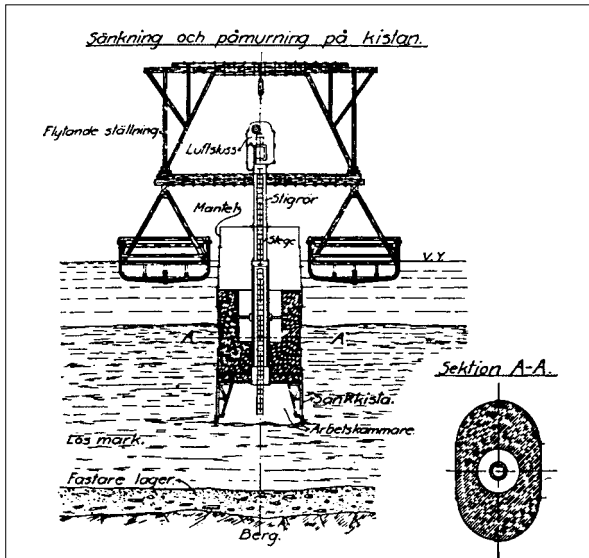
Betongkassun för klappelare på 50 m träpålar till fast botten.



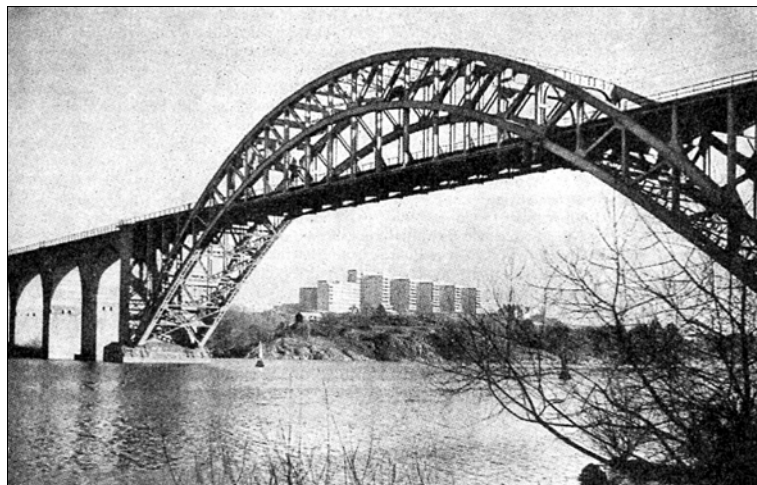
Färdiga grundlagda brofundament, Götaälvbron 1939.

Årstabroarna, Stockholm, 1929

Järnvägsbroarna har en längd av 753 m och spännvidden för fackverksbågen är 150 m. Undergrunden i Årstaviken består av lera på morän och berg. Man valde en tysk teknik kallad "pneumatisk grundläggning" för att kunna föra ned brofundamenten ända till bergytan. En kassun nedschaktas successivt genom jordlagren. Med hjälp av komprimerad luft upp till 3,5 atö (35 t/m^2) i en underliggande arbetskammare, hålls vatten och jordtryck under kontroll. Arbetssättet framgår av figur nedan. Metoden användes första gången i Sverige för S:t Eriksbron i Stockholm 1003 och senare bl.a vid T-banan, Centralplan 1952.



Pneumatisk grundläggning.



Järnvägsbroar
över Årstaviken
Stockholm.

6.3 Hamnar och stränder

Sjöfart och vattendrag har alla tider fått brottas med geotekniska problem för att klara stabilitet och sättningar på dessa områden som vanligen har svaga markförhållanden. Hamnkontoren i städerna kom därför att tillhöra pionjärerna för byggande i och nära vatten. Med holländska och tyska metoder som grusutfyllning på den lösa leran, stabiliserades bottenförhållandena inför pålning. Träpålar var intill 1940-talet billigast att använda trots risk för röta och pålmask (i saltare vatten än 1 %).

Vattendjup och lerdjup styrde val av grundläggning och förutom träpålar så användes tryckbankar, nedpressning, kassuner, stenkistor, murkajer m m. Metoderna som utvecklades i Göteborg och Stockholm blev vägledande för de flesta andra hamnar i Sverige med undantag för ”fastmarksstränder” som i Skåne.

Hammarby sjösänkning och kanal, Stockholm 1917–1929

Hammarby Sjö och farled började 1917 sänkas till Mälarens yta genom muddringar och stödkonstruktioner. Tryckbankar av sprängsten pressades och sprängdes ned genom de 10 m tjocka lerlagren. Vid grundare djup kunde murkajer anläggas i torrhet för farleden. De är oklart om det var sprängningar eller oförsiktiga muddringar som orsakade det flera hundra meter långa skredet vid Hammarby gård 1920 enligt foto nedan.

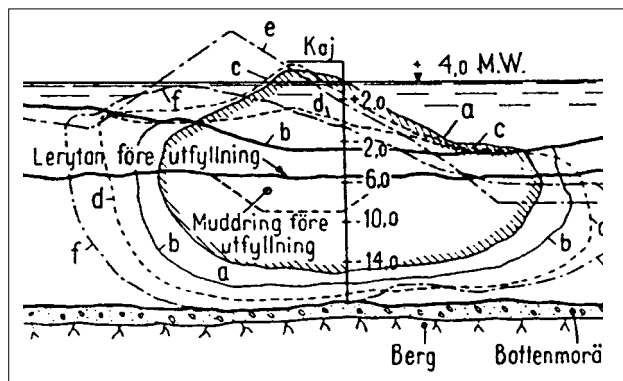


Det bakåtgripande skredet vid Hammarbyledens muddring 1920.

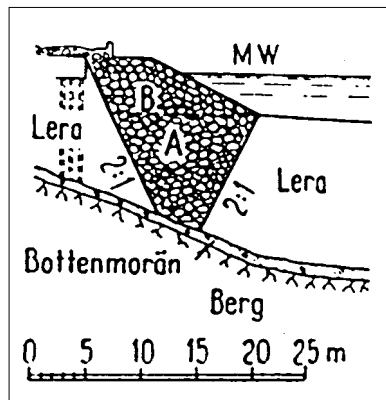
Stockholms frihamn och stränder 1920–1935

Lerdjupen var både i Saltsjön och Mälaren på vissa hamnplatser bara 8–12 m och där användes i första hand grundläggning med utfyllning till fast botten. Våldiga tryckbankar av grus pressades eller sprängdes ned. För att minska utbredning och öka stabiliteten så muddrades först en bottenränna.

Ett liknande sätt för att få stabilisera stränder var att bygga stödbankar, som exempelvis längs Klaraviken. Med en skjuvhållfasthet för leran på 1–2 t/m² kunde muddring och stödbanksutläggning göras successivt ned till 15 m djup och med slänter på 2:1 enligt figur nedan.



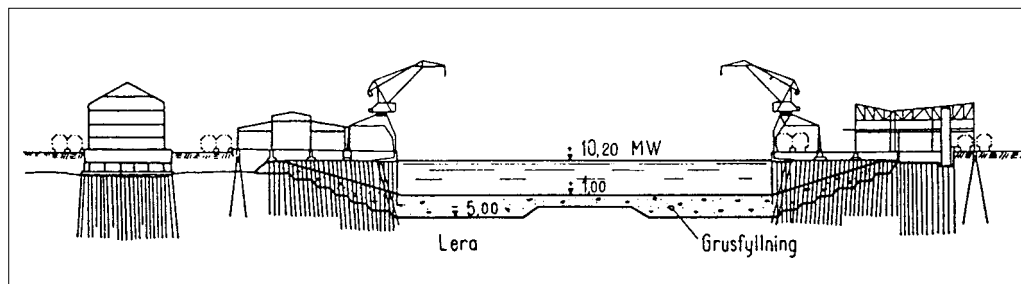
Tryckbank av grus vid Stockholms Frihamn.



Stödbank av sprängsten i Klaraviken.

Göteborg 1925–1935

En vanlig metod var att grundförstärkning skedde med grusutfyllning på leran. Grundläggning av kajerna skedde sedan med träpålar, som man senare också skyddade med kortare överpålar av betong. Grusutfyllningen ”stabiliserade” lermassorna och slänterna men gav stora sättningar (och ibland skred exempelvis Stigbergs kajen 1916).



Grundförstärkningsmetoder i Göteborgs hamn.

En slänt och kaj i Uppsala, byggd 1930

Även i den mindre skalan kunde slänter och kajer få problem med åren. På 1970-talet rasade spont och industrispår ut i Fyrisån, Uppsala. Kanske blev tågsätten till slut för tunga för den 40 år gamla slänten och pålkonstruktionen.



Rasad bryggkaj vid Ångkvarn, Uppsala.

6.4 Byggnader

Att grundlägga och schakta säkert för byggnader och industrier var förr ett problem som byggmästaren fick lösa alltefter platsens grundförhållanden. Husritningarna bestod oftast bara av arkitektens planer och sektioner eller någon planerares ritning för industribyggnaden.

Konstruktionsritningar med grundläggningar för större konstarbeten och anläggningar började komma fram 1925–1930. Konstruktörer för mer vanliga hus blev inte vanligt förrän efter 1940. De började då mer utförligt redovisa grundläggningssättet och geotekniken kom på så sätt in på konstruktionsritningarna. Beroende på undergrund och byggnadstyp användes någon av följande metoder:

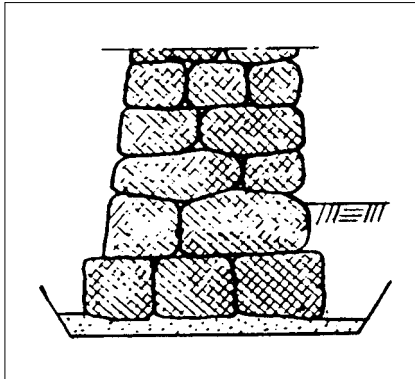
- Grundmurar, plintar, plattor/sulor på fast mark
- Pålår Trä t o m 1940-1950
Betong fr o m 1920-1930
Insitu-gjutna pålar
- Sänkbrunnar

Träpålår till fast botten tog laster på ca 10 ton. I Stockholm tilläts då spetslaster på 30 kg/cm² och KVVVS t o m 40 kg/cm². En 12 m kohesionspåle kunde bära 12 x 0,5 x 1 = ca 6 ton räknat med trefaldig säkerhet på lerans skjuvhållfasthet. När träpålåren kring 1935 började skarvas till 2 x 18 m så kunde lasterna ökas med pållängden och högre skjuvhållfastheter. Vanliga belastningar på betongstödpålår var för 25 x 25 cm, 20 ton och 30 x 30 cm, 29 ton.

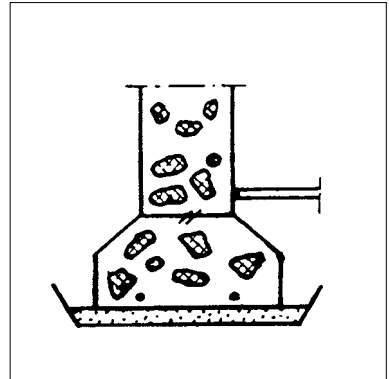
Några grundläggningssätt från 1900-talets första halvsekel visas nedan.

Tekniken med tryckfördelning genom rusbädd hade sin största tillämpning för ”stenstadens hus” 1880–1920. För de tyngsta husen blev träpålning- en mest använd mellan 1900–1950.

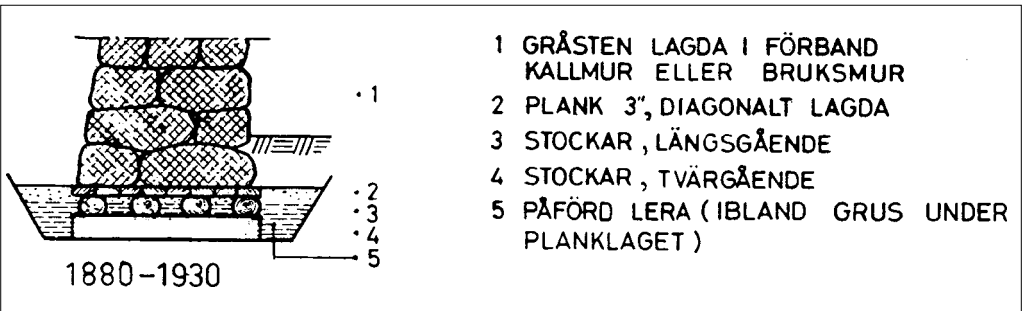
En viktig metod och detalj i trägrundläggningen var att man spettade ned ett lager grus kring pålarnas övre del. Kanske var det som ett avjämnande arbetsdäck men också för att säkerställa att markvattennivåerna kunde spridas och jämnas ut över träpålåren, ett livsvillkor för grunden.



Kallmur på fast mark till 1920.



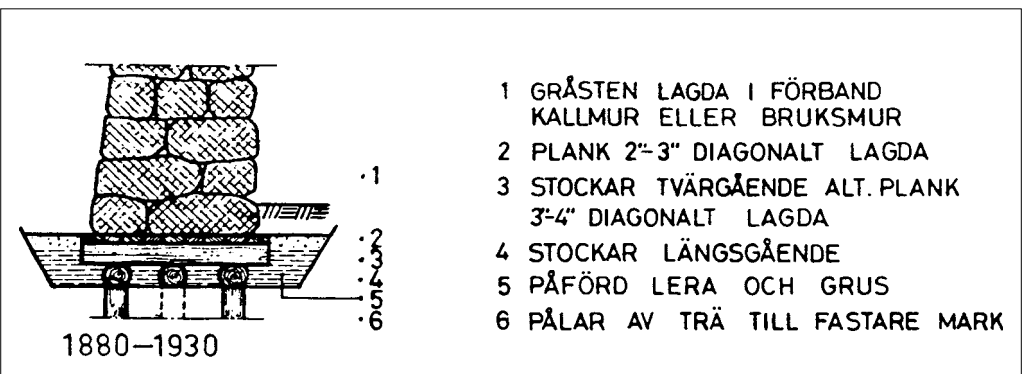
Betongmur/sparsten på fast mark, armering alt räls, till 1940.



- 1 GRÅSTEN LAGDA I FÖRBAND
KALLMUR ELLER BRUKSMUR
- 2 PLANK 3", DIAGONALT LAGDA
- 3 STOCKAR , LÄNGSGÅENDE
- 4 STOCKAR , TVÄRGÅENDE
- 5 PÅFÖRD LERA (IBLAND GRUS UNDER
PLANKLAGET)

1880-1930

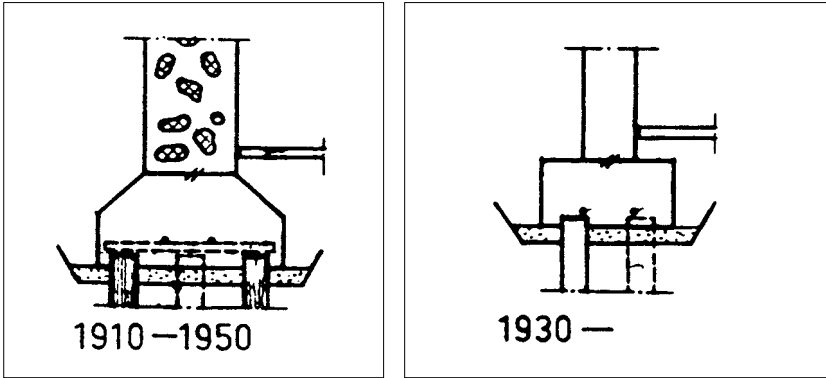
Kallmur och rustbädd på lera till 1920.



- 1 GRÅSTEN LAGDA I FÖRBAND
KALLMUR ELLER BRUKSMUR
- 2 PLANK 2"-3" DIAGONALT LAGDA
- 3 STOCKAR TVÄRGÅENDE ALT. PLANK
3"-4" DIAGONALT LAGDA
- 4 STOCKAR LÄNGSGÅENDE
- 5 PÅFÖRD LERA OCH GRUS
- 6 PÅLAR AV TRÄ TILL FASTARE MARK

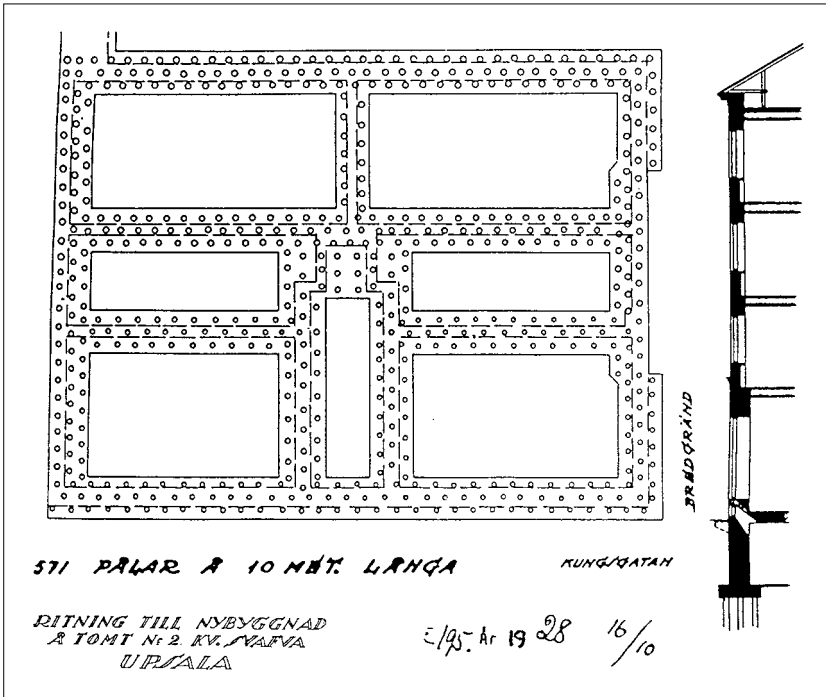
1880-1930

Stenmurar på rustbädd och träpålar till 1930.



Betongsula med träpålar till 1950. Betongsula med betongpålar från 1930.

Det är oerhörda mängder med träpålar som slagits ned i våra lerlager genom åren (och fortfarande fungerar). Man behöver bara tänka på de 15.000 träpålar som slogs för Riksdagshuset år 1900 eller Kungliga Operans 3.300 pålar från 1895. Ett mera modernt stenhus från 1930-talet kan vara grundlagt på mellan 400–800 pålar som nedanstående pålplan visar. Minst 200 sådana byggnader finns i Uppsala, vilket betyder att bara i den staden har slagits ned kanske 120.000 träpålar genom åren. I Sverige finns det kanske ett 60-tal liknande ”lerstäder”, där landhöjning och utdränning nu hotar dessa gamla trägrundläggningar.



Planritning över träpålning 1928 i Uppsala för 4-vån bostadshus.

6.5 Järnvägar och vägar

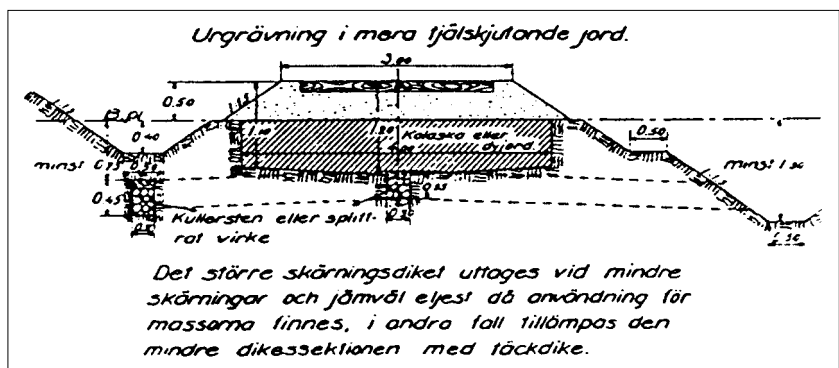
Det var inom dessa anläggningsområden som geotekniken delvis skapades och har vid SJ och KVVS utvecklats i Sverige. I tidigare avsnitt 4.2 och 4.3 finns en del metoder och projekt beskrivna. Under perioden 1920–1945 så kom det inte fram så många nya förstärkningsmetoder. Bankpålningar blev dock vanligare, liksom användning av tryckbankar. Geotekniska kunskaperna ökade emellertid och man kunde hantera bärighet och sättningar på ett bättre sätt.

Väg- och järnvägsbyggande är till stora delar också en fråga om masshantering och massbalanser. I takt med att maskiner utvecklades från 1930-talet så klarades detta bättre och hantverket övergick till ett mera mekaniserat byggande. Rallarna avskaffades officiellt som yrkesgrupp när Inlandsbanan var klar 1937.

Mellan år 1916 till 1956 ökade järnvägsnätet bara med 138 mil (ca 10 %). Stambanornas dubbelpår, stora stationer, bangårdar och viadukter uppfördes. Det största bygget var dock Inlandsbanans nordliga färdigställande upp mot Gällivare. Geotekniken i det norrländska landskapet bestod nog mest av bergskärningar, moränshakter och att klara de långa sträckorna med bottenlösa torvmarker. G Beskows läror och anvisningar om tjälskjutningarna började SJ få stor nytta av.



*Fastmarksgeoteknik
vid Km 62 på
Inlandsbanan.*

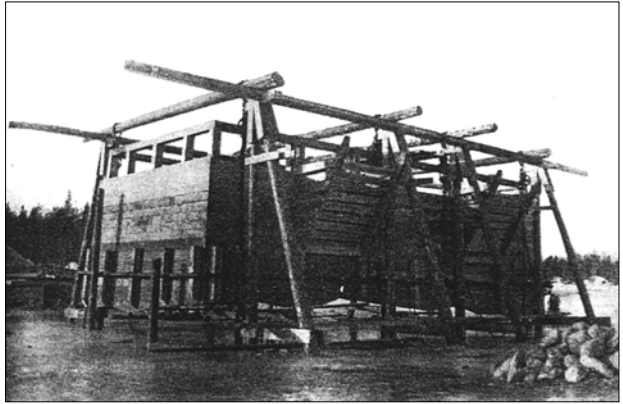


*Normalsektion
för banvallen.*

Inlandsbanan passerade många vattendrag och broar måste byggas. Ibland måste brostöden ute i älven klaras med s k stenkistor. Denna metod lär vara en helsvensk ”uppfinring” för att stå emot istryck och andra krafter på bron.

Det svenska vägnätet byggdes ut och förstärktes kraftigt med början i mitten på 1920-talet. Under de följande 25 åren byggdes då 2500 mil vägar. Även här kom Beskows forskning kring tjälens natur till stor nytta (han var ju anställd vid Svenska Väginsti-
tutet).

Många vägbyggen drevs som s k AK-projekt, dvs arbeten för arbetslösa. Men de nya schakt- och vägmaskinerna ville då också ha en plats på vägbyggena. Med möjligheterna till stora masshanteringar, hade geoteknikerna fått ett nytt arbetsredskap för att kunna bygga bättre vägar.



Bro över Pite älv 1935, kassunen sänkes.

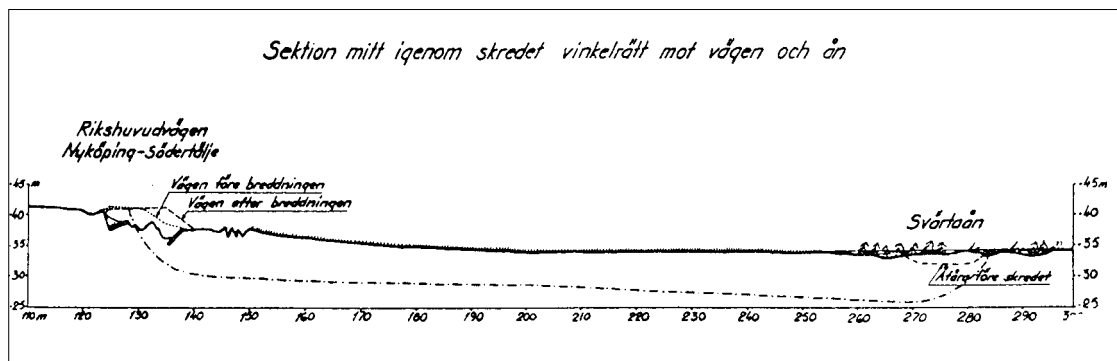


Ett AK-vägarbetslag i Småland på 1930-talet.

*Erosionskydd med ris-
mattor Klarälvsdalen 1941.
”Mjåla-slånten” blev med
tiden stabil och grön.*



Vid rikshuvudvägen mellan Nyköping och Södertälje inträffade däremot det stora lerskredet vid Svärta gård 1938. På sommaren breddades vägen genom en mindre utfyllning. I september utlöstes ett 250 m långt skred ned mot Svärtaån. Skredrörelsen var cirkulärcylindrisk vid vägen och ån men plan där emellan som framgår av nedanstående figur. Ett foto av skredet finns i tidigare avsnitt om KVVS kapitel 4.3.



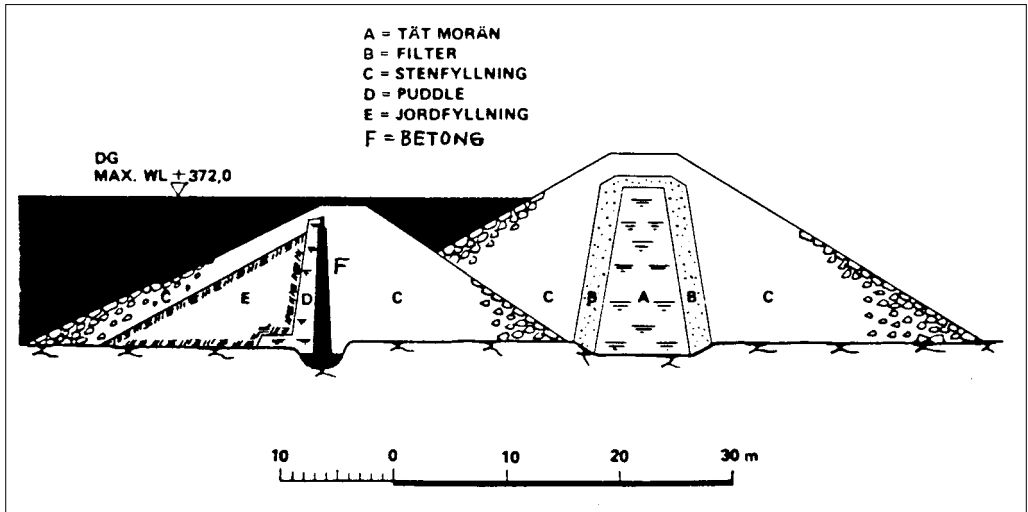
Sektion genom vägskredet vid Svärta, Nyköping den 9 september, 1938.

6.6 Dammar

Det finns idag ca 130 dammar byggda i Sverige för att utnyttja vattenkraften till elproduktion. Dessa är mellan 15–130 m höga och de första byggdes i början av 1900-talet som betongdammar. En av de tidiga fyllningsdammar var Porjus, som uppfördes 1914. Man litade inte på jordvallens tätning utan den försågs med både en betongskärm och en slits med puddlad lera enligt figuren på nästa sida.

I samma figur visas också den nya Porjusdammen från 1974, där tätningen och säkerheten baseras på moränkärnan och omgivande filter av friktionsjord. Flera avgörande utvecklingssteg togs under 1940–50-talet för att kunna bygga dessa stora jord- och stendammars. Geotekniska kunskaper var en förutsättning för detta vad avser packning, materialval, erosionskontroll, sättningar m m. Harsprånget 1948 blev den sista kombinerade jord/betongdammen innan influenserna från USA bidrog till att dammen vid Ligga 1951 byggdes som en stenfyllningsdamm med tätjärna av morän.

1942 anställdes vid Vattenfall en blivande tekn dr Bertil Löfqvist, då 30 år, som kom att ägna en stor del av sitt liv åt just dammbyggnad. Han testade många sammansättningar av morän med Proctors packningskurvor och m a p permeabiliteten. Löfqvist insåg också de praktiska hindren vid dammbyggena med otjänlig och våt väderlek då packningsarbetena inte kunde drivas med kraven på optimal vattenhalt. Han utvecklade då en metod som kom att kallas för "våtpackning", dvs att packningen för att få en tät kärna lika bra, ja bättre, kunde ske på den våta sidan av packningskurvan.



Porjus betong/stendamm 1914 och stendammen med moränkärna 1974.

Ett bevingat ord från Löfqvist har blivit hans definition av rätt packning för dammar; ”Optimal vattenhalt vid proctorpackning är optimal för packningsgraden och densiteten men inte för vattentäthet och homogenitet”. Geotekniska storheter som A Casagrande höll med om den ”nya teorin”. Med denna teknik kom sedan många av de svenska dammarna att byggas. För de allra högsta har man dock beaktat risken för konsolideringssättningar vid våtpackning genom olika åtgärder.

Bilden från Messaure 1963 är imponerande, med sin höjd på jorddammen av 101 m. Den är Sveriges volymmässigt största damm med 10.500.000 m³ (100 miljoner skottskärror!). Att geoteknisk kompetens för sådana byggen är viktig behöver knappast påpekas.



Messauredammen 1963, 101 m hög och med moränkärna.



Tekn dr Bertil Löfqvist – en dammbyggare och båtälskare.

Att läsa vidare

Wählin E. (red)	(1953)	Handboken BYGG, del IV, Väg-ochVattenbyggnad. Byggmästarens Förlag
Svensk I., m fl.	(1997)	Göteborgs Geotekniska Historia. SGF avd Väst.
Wickert A.	(1952)	Hamnar och broar i Stockholm. Sv Kommunal-Tekniska Fören. Handl 12.
Bjerking S-E	(1974)	Hur bostadshusen byggdes 1880-1940. BFR, R32:1974
Bjerking S-E	(1989)	Grunder. Skador på hus, vad gör man? BFR, T12:1989
Hökerberg O.	(1945)	Handboken husbyggnad/grundläggning. Kungliga Byggnadsstyrelsen.
Kullander B.	(1994)	Sveriges Järnvägs Historia. Bra Böcker.
SJ	(1931)	Statens Järnvägar 1906-1931. Kungl Järnvägsstyrelsen.
SJ	(1939)	Inlandsbanan mellan Volgsjön och Gällivare. Kungl Järnvägsstyrelsen 1939:3
Heddelin B.	(1991)	VÄGAR, Dåtid-Nutid-Framtid. Vägverket.
Kjellman W.	(1942)	Väg- och brobyggnader på svag mark. Sv Vägföreningens Tidskrift Årg XXIX nr 9.
KTH vattenbyggnad	(1987)	Seminarium om dammar. Report No 36.
Bertil Löfqvist	(1987)	Fyllningsdammars – Några moment i utvecklingen. KTH Report No 36.
Vattenfall	(1984)	Vattenfall under 75 år. Statens Vattenfall Jubileumsskrift.

Kapitel 7.

Med Statens geotekniska institut i sikte

Över hela världen igångsattes under 1930-och 40-talen en intensiv geoteknisk forskning vid universitet, högskolor och specialinstitut. Den ökade mekaniseringen vid jordarbeten bidrog till att nya metoder utvecklades för grundläggning och förstärkning. Geotekniska fältarbeten började också utföras mer maskinellt.

Utvecklingen i Sverige ledde 1938 till att Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen (KVVS) inrättade en geoteknisk avdelning. Vägområdet med tillhörande discipliner hade därmed fått en parallell till SJ:s 18 år tidigare upprättade geotekniska avdelning.

Inom byggnads- och anläggningsområdet tog utvecklingen fart redan under världskrigets sista år. Behovet av ökade möjligheter till geoteknisk forskning förde tankarna till att skapa ett centralt organ med tillräckliga resurser. I en omfattande utredning 1943 av den tekniskt-vetenskapliga forskningen i Sverige kom geotekniken också att behandlas. Från kommittén och sakkunniga upprättades "Förslag till åtgärder för den geotekniska forskningens ordnande", som gick ut på att den borde handhas av ett statligt institut.

Redan den 1 januari 1944 inrättades Statens geotekniska institut (SGI). Som chef för institutet och överingenjör utsågs civilingenjör Walter Kjellman från Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen. Praktiskt gick det helt enkelt till så att KVVS geotekniska avdelning ombildades till SGI. Med Kjellman och avdelningens personal, som på så vis blev de första grundstenarna till en ökad geoteknisk forskning, kunde institutet inte ha fått en bättre start.

Walter Kjellman har en hög målsättning när han på bilden pekar ut färdriktningen för SGI. Men han kom



*Walter Kjellman,
SGI:s första chef.*

också att ha driva en mycket jordnära verksamhet på institutet som framgår av verksamhetsberättelserna från de tidiga åren.

Kjellman var en mycket kreativ ledare, idérik, praktisk och med god organisationsförmåga. Han stod mitt i sin forskargärning när han hastigt gick bort 1955. Kjellman skall också ihågkommas för sina insatser, att föra ut den svenska geotekniken internationellt och att han redan på 1930-talet tog in den europeiska geotekniska skolan till Sverige.

I direktiv och programskrivningar för institutet framgår vad som de sakkunniga utredarna ansåg vara angelägna geotekniska arbetsfält och uppgifter:

- Grundforskning och tillämpad forskning
- Samla information och utveckla klassificeringssystem
- Skapa nomenklatur
- Samarbeta med högskolor
- Ta fram läroböcker, kompendier och utbilda
- Utveckla en standard för geotekniken
- Vara konsult åt främst staten

Mera preciserat ansågs följande forskningsområden behöva prioriteras

- Jordarternas fysik, lergeotekniken
- Stabilitet, bärighet och jordtryck
- Geotekniska dimensioneringsmetoder
- Jordförstärkningsmetoder
- Fältutrustningar
- Laboratorieresurser

Man kan gissa att många intressefält och forskningsområden redan fanns från "faderhuset" KVVS. Men dessutom var institutet nu som centralt organ också skyldigt att ta in övriga geotekniska aktörers behov över hela Sverige.

Slutord

I och med SGI:s bildande 1944 kan en punkt sättas för detta försök till historieskrivning av "Geotekniken i Sverige 1920–1945".

1900-talets första halvsekel innebar att en ny självständig vetenskap föddes med geotekniken. Ambitionen med skriften har varit att beskriva de stora och viktiga utvecklingsdragen. Göteborgs hamnbyggande, SJ:s geotekniska kommissions pionjärbete, Terzaghis vetenskapliga inflytande, de statliga organen SJ och KVVVS geotekniska verksamhet är dominerande hörnstenar i den svenska geoteknikens utveckling.

Helheten får sättas ihop av de glimtar, som bara är möjliga att ta med i denna skrift. Men det är mycket som inte alls har fått plats och som får hitta en annan form för sin historiska beskrivning under rubriker som:

- Svensk geoteknik i utlandet (fanns redan 1903)
- Kungliga Väg- och Vattenbyggnadskåren, en militär utbildning och geoteknikresurs
- Samspelet mellan geologi och geoteknik genom åren
- Vardagens geoteknik "ute på landet" (de stora städerna och verken nu beskrivna)
- Skreden under dessa 25 år (men det var få och små i förhållande till 50-talets storskred)
- Stockholms geotekniska historia, borde inte den vara värd att dokumentera ?

De avslutande orden får tillägnas den man som under många år kom att vara "Sveriges Mister Geoteknik" nämligen Nils Flodin (1915–1991). Postumt är han en inspiratör och förutsättning för denna skrift. Ett av hans valspråk var:

"Den som kan sin historia (bl. a geotekniska) han lever minst två gånger"

Uppsala i januari, år 2000

Sven-Erik Lundin

Förteckning över källor till figurer och bildmaterial

- SJ Geotekniska Kommission, geotekniska medd 1, Vägledning vid jordborrningar, 1917.
- SJ Geotekniska Kommission, geotekniska medd 2, Slutbetänkande 1922.
- SGI, en krönika genom 50 år, 1994.
- SGF Rapport 2:95, Några pionjärprofiler i svensk geoteknik, 1995.
- SVR Jubileumsskrift 125 år, 1967.
- KTH, Seminarium om dammar, Report 36, 1986.
- SGI 25 år, rapport 1969.
- BYGG- Handbok del I-II-IV, 1947
- Teknisk Tidskrift 8/1942 m fl.
- SVR-tidningens geotekniska notiser och artiklar.
- KVVK:s jubileumsskrift 75 år, 1926.
- Nils Flodins bildarkiv.
- SGF bildarkiv.
- Kullander B (1999) Sveriges järnvägs historia, Förlag: Bra Böcker.
- Skaven Haug S (1931) Skjurfasthetsförsök med lere, NSB Medd. 6.
- Helenelund K (1953) Markstabilitet och markgenombrott med speciell hänsyn till järnvägsbankar i Finland. VTT Publ 24.
- SGU 1991, Geologins användning i samhället.
- Olsson J (1927), Om grundundersökningar vid SJ, Nordisk Järnbanetidskrift 53:1-2.
- Patentansökningar inom geotekniska området, SGI arkiv.
- S-E Lundin bildarkiv.
- Kjellman W (1942) Problem vid väg- och brobyggnader på svag mark Sv Vägföreningens tidskrift 9, 1942
- Heddelin B, m fl (1991) VÄGAR, Dåtid-Nutid-Framtid, Vägverket, 1991
- Petterson K E (1937) Kombinerade pålar Tekn Tidskr 1937 h 3.
- Arfwidsson J H (1940) Förskjutningar i pålning vid lergrund, Tekn Tidskr 1940.
- S-E Lundin 1988, Ingenjörsgelogisk karta över Uppsala, Lic- avhandling vid Kvar-tärgeologiska avd Uppsala Universitet.
- BFR T21:1982, Jodarternas indelning och benämning.
- KVVS (1938) Anvisningar om åtgärder till förhindrande av tjälskador på väg, KVVS, 1938.
- Beskow G (1935)Tjälbildning och tjällyftning med särskild hänsyn till vägar och järnvägar. Statens Väginstutut medd 48.
- Vattenfall (1984) Vattenfall 75 år, 1909-1984, Statens Vattenfallsverk 1984.
- Kjellman W (1943) En metod att direkt i mar-ken bestämma jordlagrens skjuvhållfasthet (iskymeter). IVA, Handling 170.
- Kjellman W (1942) KVVS geotekniska la-boratorium, Tekn Tidskr 72(8) .
- Jakobson B (1946) Kortfattat kompendium i geoteknik, SGI, Medd nr 1.
- Vägförvaltningens i Uppsala län arkiv 1929, Bro och väg vid Bredänge, Tierp.
- Wickert A (1952) Hamnar och broar i Stock-holm, Sv Kommunal-Tekniska Fören. Handl 12.
- Bjerking S-E (1974) Hur bostadshusen bygg-des 1880-1940, BFR R32:1974.
- Hökerberg O (1945) Handboken husbyggnad/ grundläggning, Kungliga Byggnadsstyrel-sen.

- Kullander B (1994) Sveriges Järnvägs Historia, Bra Böcker.
- SJ (1931) Statens Järnvägar 1906-1931, Kungl Järnvägsstyrelsen.
- SJ (1939) Inlandsbanan mellan Volgsjön och Gällivare, Kungl Järnvägsstyrelsen 1939:3.
- Jan Lindgren bildarkiv. Foton på Nils Flodin, sid 41.
- Svensk Uppslagsbok (1952) Förlagshuset Norden AB, Malmö.
- Kungliga Väg- och Vattenbyggnadskårens 75-årsskrift 1926.
- Kortfattat kompendium i geoteknik 1946. SGI Meddelande 1.
- Teknisk Tidskrift 27 mars 1937, Häfte 3.
- Vägledning vid jordborrningar för järnvägsändamål (1917) SJ Geotekniska Kommission, särtryck nr 179.
- Det geotekniska arbetet (1931) Särtryck ur SJ:s minnesskrift 1906 – 1931.
- Geotechnique (1960) The development of Soil Mechanics in Sweden. Laurits Bjerrum & Nils Flodin.

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av ca 780 enskilda medlemmar, med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 24 korporativa medlemmar i form av institutioner, högskolor, myndigheter, konsult- och entreprenadföretag samt tillverkare inom det geotekniska området.

SGF har till ändamål att främja utvecklingen inom geoteknik med grundläggning med föredrag, diskussioner och kommittéarbeten samt att samarbeta med svenska, nordiska och övriga internationella organ med liknande inriktning.

Föreningen företräder i Sverige den internationella föreningen, the International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

I SGF:s Rapportserie utges föreningens metodbeskrivningar, monografier och dokumentation från konferenser och temadagar m.m.



SGF

SVENSKA GEOTEKNISKA FÖRENINGEN

581 93 Linköping Tel: 013-20 1800 Fax: 013-20 1909

Internet: www.sgf.net E-post: info@sgf.net