



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. 57

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

**Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden
inom lerområden**

Leif Viberg

Byggeforskningens Rapport R9:1974

STOCKHOLM 1974



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. 57

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

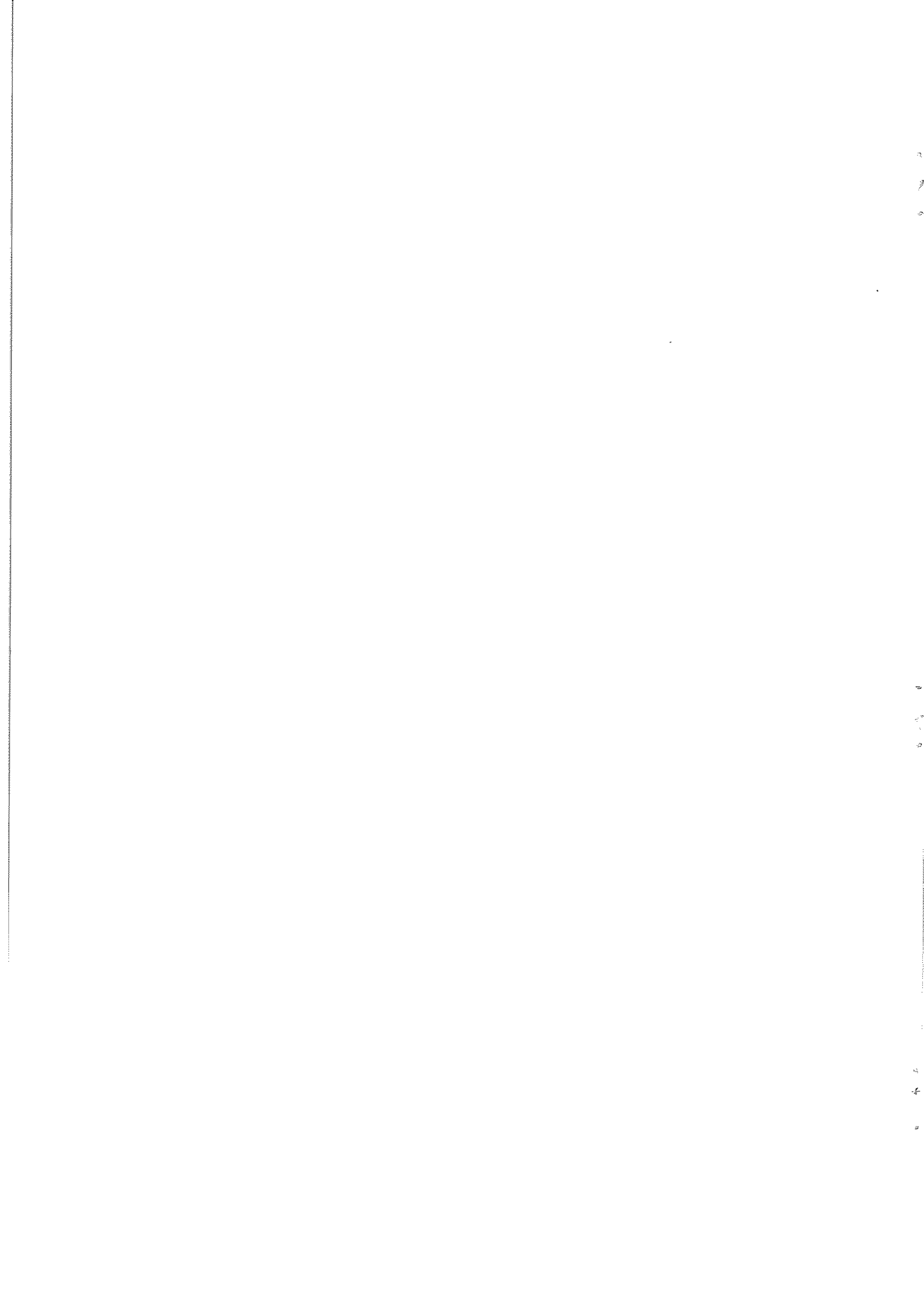
Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

**Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden
inom lerområden**

Leif Viberg

Byggforskningens Rapport R9:1974

STOCKHOLM 1974



Som ett led i den fortsatta dokumentationen av FoU-resultat inom geobildtolkningen där Statens geotekniska institut medverkat presenteras härmed en utredning om sambandet mellan ytform och sedimentmättighet i områden med lera (jfr SGI Meddelanden No. 9 och SGI Särtryck och preliminära rapporter No. 30, 46 och 48).

Metoden kan användas vid översiktlig samhällsplanering där det kan vara av värde att få en uppfattning om gränserna mellan områden med stora och små lerdjup.

Undersökningen har utförts vid Statens geotekniska institut med finansiellt stöd av Statens råd för byggnadsforskning (forskningsanslag C 342:2).

Institutet framför sitt tack till Byggnadsforskningen för att samtryckning kunnat ske av rapporten.

Stockholm i november 1974

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT



Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden inom lerområden

Leif Viberg

Vid Statens geotekniska institut har utförts en undersökning av sambandet mellan ytform och mäktighet inom lerområden samt hur detta samband kan utnyttjas vid geobildtolkning (geologisk-geoteknisk flygbildstolkning).

Utredningen visar att ytformerna inom ett lerområde beror av lerlagrets mäktighet och underlagets topografi och att detta samband kan användas vid geobildtolkning för avgränsning av grunda lerområden från mäktigare. Med denna metod kan man erhålla en översiktlig bild av relativt stora områden och den bedöms kunna utnyttjas vid översiktlig samhällsplanering.

Bakgrund

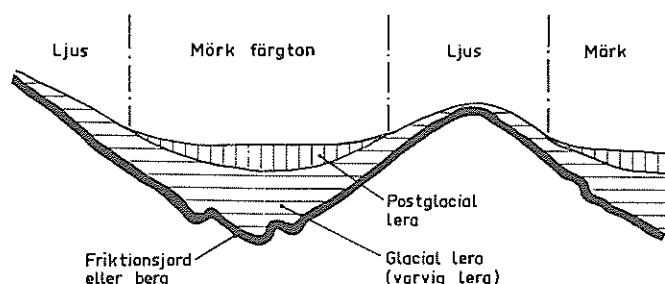
Redan vid översiktlig samhällsplanering bör man ta hänsyn till de geotekniska förhållandena. Den geotekniska undersökningen i dessa skeden består lämpligen av geobildtolkning, ofta kompletterad med gles sondering och provtagning. Geobildtolkning ger i första hand uppgift om ytfördelningen av berghällar och olika jordarter. Uppgifter om jordlagers mäktighet erhålls genom sondering och provtagning. Emellertid är sådana undersökningar dyrbara och sondering/provtagningarna blir mycket glest placerade i översiktliga skeden där undersökningsarealen är stor.

Geobildtolkningens tillförlitlighet vid översiktliga grundundersökningar har redovisats i Byggforskningens rapport R6:1972 av Leif Viberg.

Avsikt

Avsikten med föreliggande undersökning har varit att utröna om det finns ett generellt samband mellan ytform och mäktighet inom lerområden samt om detta samband kan utnyttjas vid geobildtolkning och vid vilken mäktighet "tolkningen" sker.

FIG. 1. Principskiss visande ytformer och färgtoner (gråtoner) inom ett lerområde



För detta ändamål har ett antal lerområden i södra Sverige undersökts med avseende på bl.a.

- marklutningens (ytformens) beroende av underlagets*¹ lutning vid olika mäktigheter,
- mäktighet vid brytpunkt (dvs. den punkt på markytan där underlaget börjar påverka markytans lutning),
- mäktighet vid geobildtolkad linje,
- spridning i tolkningsresultat.

Metod

Metoden grundar sig på att förändringar i ytform och gråton inom lerområden betingas av lerlagrens mäktighet och underlagets lutningar. På en flygbild över ett lerområde fotograferat på våren framträder gråtonsvariationer. De beror på jordartssammansättning och fuktighet. De lutande, ljusa partierna består av mer uttorkade, till sammansättningen något grövre leror än de mer eller mindre horisontala mörkare, som dessutom har högre organisk halt. De ljusa ytorna utgörs vanligen av glacialera (varvig lera) och de mörka av postglacial lera, se FIG. 1.

Resultat

Inverkan av underlagets lutning på ytformen (markytans lutning vid lerlagermäktigheterna 2–5 m och > 5 m redovisas i FIG. 2. Här framgår att ytformen påverkas i relativt hög grad till 5 m, medan dess påverkan vid större mäktighet är mycket ringa eller ingen alls i de flesta fall. Man kan även se hur markytans lutning minskar, när underlagets lutningar överstiger 10–15°. Detta beror på att lersedimenten av stabilitetsskäl ej kan avlagras i så branta lutningar. Av FIG. 2 framgår att lerytans lutningar sällan överstiger 4–5°.

*¹ Anm. Med "underlaget" avses lerlagrens underlag, dvs. friktionsjord eller berg.

Byggforskningen Sammanfattningar

R9:1974

Nyckelord:

geobildtolkning, lerområden, mäktighetsbedömning, grundläggning, samhällsplanering

Rapport R9:1974 hänför sig till anslag C 342:2 från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geotekniska institut, Stockholm.

UDK 528.716
624.131.22:553.61
Sfb (19)
ISBN 91-540-2310-6

Sammanfattning av:

Viberg, L., 1974, *Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden inom lerområden*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R9:1974, 82 s., ill. 19 kr exkl. moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: konstruktion

Mäktighet vid brytpunkter inom lerområden redovisas i FIG. 3. Nära hälften (48 %) av alla undersökta brytpunkter faller inom 4–6 m mäktighet och antalet brytpunkter inom 2–4 m och 6–8 m är ungefär lika – 23 % resp. 21 %. Vid 0–2 m mäktighet bryter lerytan mycket sällan. För större mäktigheter än 8 m återfinns ca 6,5 % av brytpunkterna.

Tolkning av flygbilder har utförts inom fem områden av nio tolkare. Resultaten av tolkningarna, FIG. 4, visar att 77 % av tolkningarna gäller för mindre mäktighet än 6 m och 71 % gäller för 2–6 m.

En jämförelse mellan mäktighet vid mediantolkning, gråtönsförändring, bryt-

punkt och inflexionspunkt, FIG. 5, ger vid handen att mediantolkningen följer gråtönsförändringen mycket nära och brytningen i markytan ligger vid något större djup än mediantolkningen och gråtönsförändringen. Inflexionen ligger vid < 1 m mäktighet i 50 % av fallen och alla inflexionspunkter förekommer vid 5 m eller mindre djup.

Användning

Vid grundläggning är djupet till bärande lager en viktig och i många fall avgörande faktor för grundläggningsmetod och kostnaderna för grundläggningen. Inom lerområden är det sålunda nödvändigt att veta lerlagrens mäktighet, eftersom belastningen från de flesta byggnadsverk förs ned till moränen eller berggrunden under lerlagren. Generellt sett kan följande samband mellan djup till bärande lager och grundläggningssätt anses gälla:

Djup till bärande lager

Grundläggningsmetod

0 – 2 m
1,5–5 m
1 – 5 m
> 3,5 m

Plattor
Plintar
Korta pålar,
(plintpålar, stabiliserade pålar)
Slagna pålar
Grundpelare

Djupintervallet 3–5 m är sålunda en intressant gräns ur grundläggningssynpunkt och som framgår av denna undersökning kan detta djup i grova drag karteras på enkelt sätt genom geobildtolkning. Det bör dock påpekas, att tolkningsresultaten ej kan ligga till grund för val av grundläggningsmetod utan endast som vägledning vid översiktlig planering.

Praktiska rekommendationer

Tolkningarna av brytlinjer och gråtönsförändringar faller i de flesta fall inom 2–6 m mäktighet. Tolkningarna visar relativt stor spridning, men drygt 80 % av alla tolkningarna ligger inom 50 m avstånd från 5 m mäktighet, vilket bedöms vara acceptabelt för de översiktliga planeringsskedena. Tolkningen rekommenderas alltid bli korrelerad med mäktighetsbestämning med sondering i fält utmed någon eller några representativa sektioner.

Flygbilder tagna tidigt på våren innan grödan kommit och lerytan upptorkats ger bästa tolkningsmöjligheter. Sommarbilder ger som regel mycket dåliga informationer om lerytan p.g.a. gröda och upptorkning. Svart-vit pankromatisk film är lämplig i de flesta fall. Infrarärgfilm ger dock i allmänhet något bättre informationer men filmens höga pris motiverar dess användning endast under speciella omständigheter.

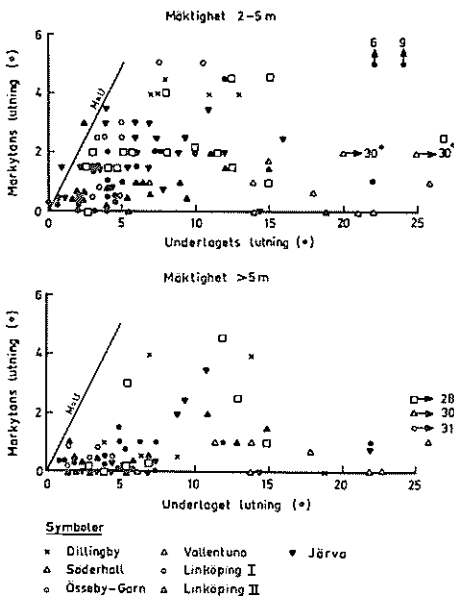


FIG. 2. Marklutningen (M) som funktion av underlagets lutning (U)

FIG. 3. Mäktighet vid brytpunkt

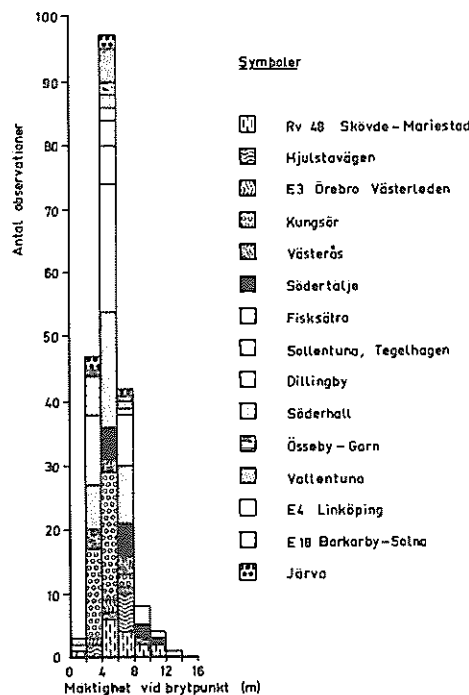


FIG. 4. Mäktighet vid tolkningslinje

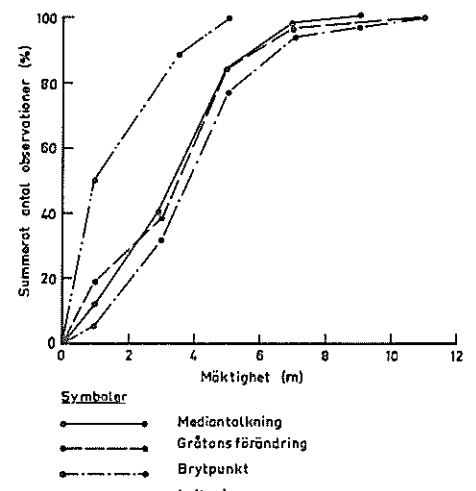
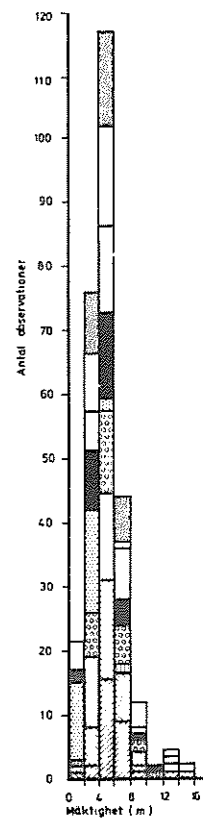


FIG. 5. Jämförelse mellan mäktigheterna vid brytpunkt, inflexion, gråtönsförändring respektive mediantolkning.

Geotechnical airphoto interpretation of depth relations within clay deposits

Leif Viberg

An investigation in to the relationship between topography and thickness of clay layers, together with its application in geotechnical airphoto interpretation, has been carried out at the Swedish Geotechnical Institute.

The analysis shows that the surface topography within an area of clay sediments depends on the thickness of the clay layer and the inclination of the firm layer (usually frictional soils or bedrock) underlying the clay, and that this relationship can be used in airphoto interpretation for delineating thin clay layers from thicker layers.

Thus it is possible with this method to survey relatively large areas, which can be useful in geotechnical investigation for urban planning.

Background

Even in early phases of urban planning, the geotechnical conditions should be considered. Commonly, the initial geotechnical investigation consists of geotechnical airphoto interpretation supplemented by occasional soundings and sampling. The airphoto interpretation primarily gives information about the areal distribution of rock outcrops and different soil types. Information as to the thicknesses of the soil layers comes from the soundings and sampling. However, because the field investigation methods are expensive, boreholes will therefore be rather sparsely distributed in the planning of large areas.

The reliability of geotechnical airphoto interpretation in general soil investigations has been discussed in Building Research Report R6:1972 by Leif Viberg.

Purpose

The purpose of this investigation has been to determine if there is a general relationship between topography and

depth within clay depositional areas. In addition, the application of this relationship to geotechnical airphoto interpretation, and at which depths it is applicable, has been studied. To fulfil this purpose a number of clay areas in southern Sweden have been analysed with regard to

- the influence of the inclination of the firm bottom on the ground topography at various clay layer thicknesses,
- clay layer thickness where the ground surface "breaks".
- clay layer thickness at the interpreted demarkation lines and the reliability of the interpretation.

Method

The bases of the method are that variations in ground topography and color tones (grey tones in black and white airphotos) are governed by variations in the thicknesses of clay layers and the inclinations of the firm bottom. On an airphoto taken in early spring, the grey tone variations are clearly visible. Besides changes in topography, these variations in tone depend on soil type and moisture content. The inclined, lighter zones consist of somewhat coarser clay sediments and are better drained than the more or less horizontal darker clay areas, which in addition often contain more organic material. Usually the lighter zones are glacial varved clays while the darker areas are usually postglacial clay (FIG. 1).

Results

The influence of the inclination of the firm bottom on the surface topography at the clay layer thicknesses intervals 2 to 5 m and greater than 5 m as shown in FIG. 2. It is evident that the ground surface topography is clearly influenced in the 2 to 5 m thickness interval while

National Swedish Building Research Summaries

R9:1974

Key words:

geotechnical airphoto interpretation, clay areas, depth estimations, urban planning, engineering foundation

Report R9:1974 refers to Grant C 342:2 from the Swedish Council for Building Research to the Swedish Geotechnical Institute, Stockholm.

UDC 528.716
624.131.22:553.61
SfB (19)
ISBN 91-540-2310-6

Summary of:

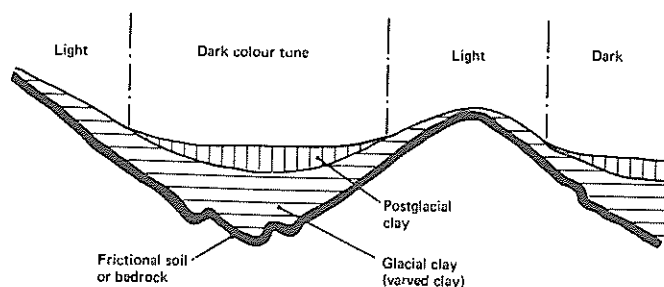
Viberg, L, 1974, *Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden inom lerområden*. Geotechnical airphoto interpretation of depth relations within clay deposits. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R9:1974, 82 pp., ill. 19Sw.Cr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403,
S-111 84 Stockholm
Sweden

FIG. 1. Sketch showing surface forms and colour tones (grey tones) within a clay area



it is in general very little or not at all influenced for thicknesses greater than 5 m. It can also be seen that the inclination of the ground surface itself decreases, when the inclination of the firm bottom exceeds 10–15°. This is due to the fact that the clay sediments for stability reasons can not be deposited on steep inclinations. The ground surface inclination (inclination of the clay slope) very seldom exceeds 4–5°.

The thickness at the "break lines" within clay areas is shown in FIG. 3. Almost half (48 %) of all investigated breakpoints lie within the 4–6 m thickness interval and the number of breaks within 2–4 m and 6–8 m thickness intervals are nearly the same (23 %

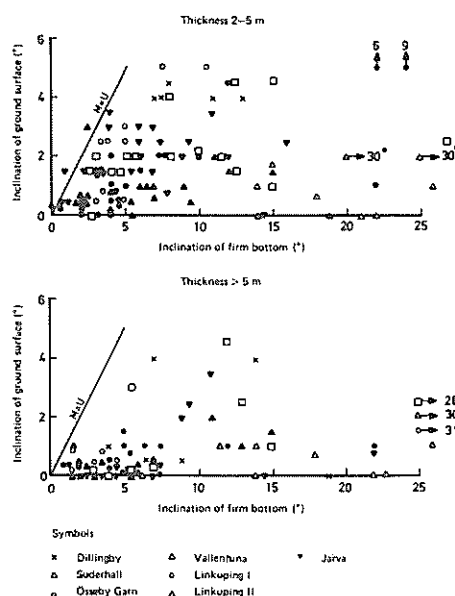


FIG. 2. Ground inclination (M) as a function of the inclination of the firm bottom (U) beneath the clay

FIG. 3. Thickness at break point

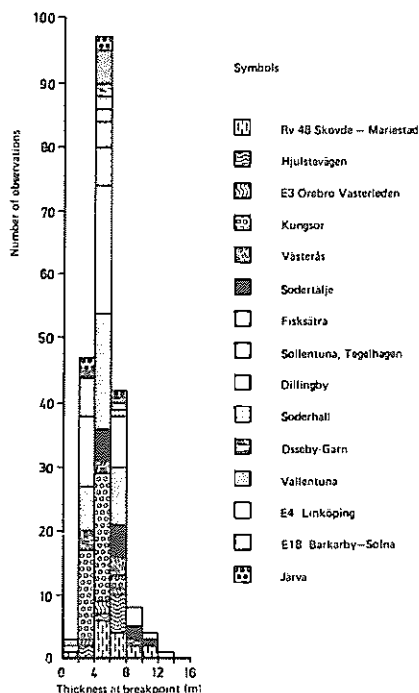


FIG. 3.

FIG. 4. Thickness at interpretation line

resp. 21 %). Where the thickness is less than 2 m and more than 8 m, there are very few breaks.

Interpretation of black and white air-photos has been carried out within five test sites by nine interpreters. The results of the interpretations (FIG. 4) show that 77 % of the interpretations fall at a thickness less than 6 m and 71 % within 2–6 m.

A comparison between clay depths at median interpretations, grey tone change lines, break lines and inflexion lines, (FIG. 5) show that the median interpretations are very close to the grey tone changes and that the break lines lie at a somewhat greater depth than both of these. In half of all cases the inflexion lines are at depths less than 1 m and all inflexion lines at depths of 5 m or less.

Use

In foundation engineering the depth to the bearing stratum is an important and in many cases the decisive factor in the choice of the foundation type and in the

| Depth to bearing stratum (m) | Foundation method |
|------------------------------|------------------------------|
| 0 – 2 | Spread and combined footings |
| 1,5 – 5 | Pier footings |
| 1 – 5 | Short cast in place piles |
| > 3,5 | Driven piles, bored piles |

cost of the foundation construction. Within clay areas it is therefore necessary to know the thickness of the clay because engineering loads in many cases must be carried by the firmer layers beneath the clay.

Generally the following relationship between depth to bearing stratum and foundation methods is valid. (See the table.)

From this table it can be concluded that about 5 m is an interesting depth threshold from the foundation engineering point of view. And as shown by this investigation this depth can be surveyed roughly but adequately by geotechnical airphoto interpretation.

By the described method it is possible to simply and quickly map the relative depth conditions within clay areas, and the results can be used directly in urban planning. However it should be pointed out, that the interpretation results cannot be used for the choice of foundation method, but only for guidance in urban planning.

Practical recommendations

The interpretations of breaklines and grey tone changes fall in most cases within the 2 to 6 m clay layer thickness interval. The interpretations show a relatively large spread, but 80 % of all interpretations lie within 50 m of 5 m thickness-line. It is recommended that this type of interpretation be checked and calibrated by sounding along a few representative sections.

Air photos taken in early spring before crops and vegetation cover the clay surface and before the surface dries up gives the best information. Summer photos give as a rule far less information. Black and white panchromatic film is suitable for most cases. Infrared colour film gives somewhat more information, but its higher price limits its use to only special circumstances.

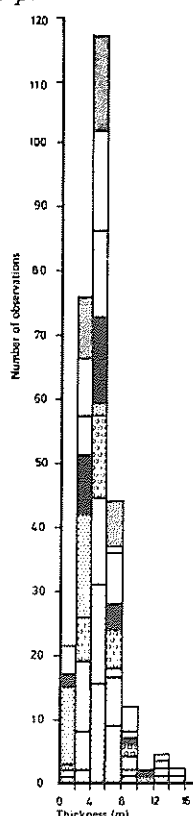


FIG. 4.

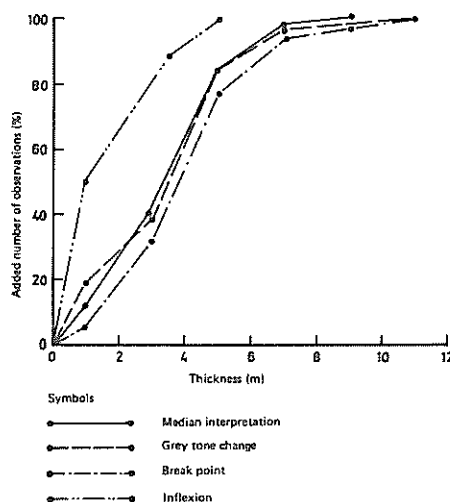


FIG. 5. Comparison between the thickness values at respectively break point, inflexion, grey-tone change and medial interpretation

Rapport R 9 :1974

GEOBILDTOLKNING AV MÄKTIGHETSFÖRHÅLLANDEN
INOM LEROMRÅDEN

GEOTECHNICAL AIRPHOTO INTERPRETATION
OF DEPTH RELATIONS IN CLAY AREAS

av Leif Viberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag C 342:2 från Statens råd
för byggnadsforskning till Statens geotekniska institut, Stockholm.
Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Rapporten utges även genom Statens geotekniska institut som No. 57
i serien Särtryck och preliminära rapporter

Reproduktions- och spridningstillstånd för ingående flygbilder
har erhållits från Rikets allmänna kartverk

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2310-6

LiberTryck Stockholm 1974

FÖRORD

I denna rapport redovisas möjligheterna att utnyttja geobildtolkning (geoteknisk flygbildstolkning) för översiktlig bedömning av mäktighetsförhållanden inom lerområden. Utredningen som finansierats av Statens råd för byggnadsforskning har utförts vid Statens geotekniska institut och utgör en fortsättning på tidigare undersökningar (Viberg, 1972).

Fältarbetet utfördes av Carl-Lennart Åstedt, Lars Hellström och Sören Scherman. I inventeringen av arkivmaterial och bearbetningen av undersökningsresultaten medverkade Kerstin Hellman-Lutti och C-L Åstedt. Tolkningarna utfördes av Börje Ahlgren, Lars Bjerin, Dag Brante, Anders Heiner, K. Hellman-Lutti, Ulf Kihlblom, Åke Knuts, Rolf Larsson samt författaren. Figurerna ritades av Sinikka Westberg och i redigeringen deltog Olle Holmquist.

Samtliga medverkande tackas för värdefull hjälp.

Stockholm i augusti 1974

Leif Viberg

INNEHÅLL

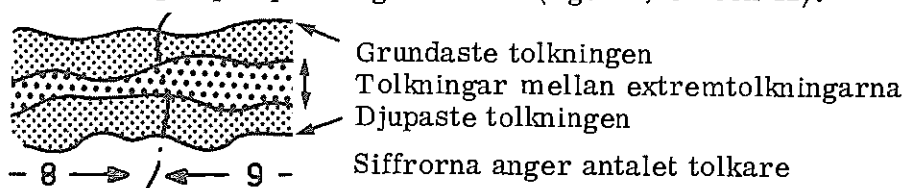
| | |
|---|----|
| SYMBOLER OCH BETECKNINGAR | 5 |
| 1. INLEDNING | 6 |
| 2. PROBLEMSTÄLLNINGAR | 7 |
| 3. JORDDJUPETS INVERKAN PÅ VAL AV GRUNDLÄGG- NINGSMETOD | 8 |
| 4. YTFORMER OCH FÄRGVARIATIONER INOM LER- OMRÅDEN | 10 |
| 5. MÄKTIGHETSBEDÖMNING INOM LEROMRÅDEN MED HJÄLP AV YTFORMER OCH FÄRGTONER | 14 |
| 6. JORDDJUPSBEDÖMNINGAR MED HJÄLP AV FLYG- BILDSTOLKNING | 15 |
| 7. UNDERSÖKNINGENS UPPLÄGGNING, OMFATTNING OCH UTFÖRANDE | 16 |
| 8. TESTOMRÅDENAS TOPOGRAFI OCH GEOLOGI JÄMTE TOLKNINGSRESULTAT | 19 |
| 8.1 Dillingby | 19 |
| 8.2 Össeby-Garn | 26 |
| 8.3 Vallentuna | 34 |
| 8.4 Linköping I | 40 |
| 8.5 Linköping II | 53 |
| 8.6 Söderhall | 68 |
| 9. SAMMANSTÄLLNING AV TOLKNINGSRESULTATEN | 71 |
| 10. YTFORMENS BEROENDE AV LERMÄKTIGHET OCH UNDERLAGETS LUTNING | 74 |
| 11. LERMÄKTIGHET VID BRYTLINJE | 77 |
| 12. JÄMFÖRELSE MELLAN MÄKTIGHET VID LÅGPUNKT OCH MAXIMAL MÄKTIGHET | 78 |
| 13. FLYGBILDER | 79 |
| 14. SLUTSATSER | 79 |
| REFERENSER | 81 |

SYMBOLER OCH BETECKNINGAR

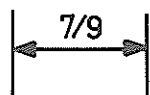
Symboler för tolkarna i resultatdiagrammen (fig. 14, 23, 32, 43, 57 och 63).

| Tolkare | Symbol |
|---------|--------|
| A | |
| B | |
| C | |
| D | |
| E | |
| F | |
| G | |
| H | |
| I | |

Beteckningar på spridningskartorna (fig. 22, 31 och 42).



Beteckningar på profiler (fig. 10-12, 18-20, 27-29, 37-40 och 50-54).



Intervall inom vilket tolkningar mellan extremtolkningar ligger

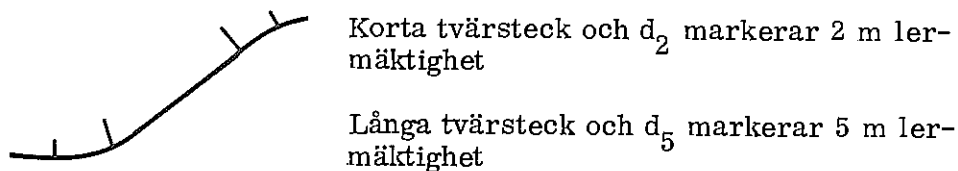


Markering för gråtonsförändring
M = mörk gråton L = ljus gråton

sv

Svärtningsvärde

Beteckningar på planerna över de individuella tolkningsresultaten (fig. 13, 21, 30, 41 och 56) och över fältundersökningarna (fig. 9, 17, 26, 35-36, 47-49 och 59).



Beteckningar för geotekniska fältundersökningar enligt Svenska geotekniska föreningens beteckningsblad 1-4.

1. INLEDNING

Vid såväl samhälls- som vägplanering är det av stor betydelse att känna till de geotekniska förhållandena. Geoteknikens betydelse i planeringssammanhang är idag en självklarhet för de flesta planerare och beslutsfattare. Svensk Byggnorm 1967 (SBN 67) föreskriver att "Ett områdes grundförhållanden skall undersökas i erforderlig utsträckning redan i samband med planläggning av bebyggelse" (Kap 23:11). Omfattning och typ av undersökningar anges dock ej utan SBN 67 ger endast den anvisningen att "Undersökning i samband med planläggning bör vara av sådan omfattning att underlag för ekonomisk analys av grundläggnings- och exploateringskostnader erhålls.--" (Kap 23:111). Denna anvisning ger upphov till de mest skiftande tolkningar av hur omfattande en geoteknisk undersökning skall vara och vilka metoder som bör användas. Denna brist hos SBN 67 har dock täckts upp av några utredningar, främst SVR:s Plananvisningskommitté (1970) och SKIF:s Geogrupp (1973), i vilka ges rekommendationer beträffande omfattning och typ av geotekniska undersökningar i olika planeringsskeden.

Vid geotekniska undersökningar för översiktliga planer (region-, general- och dispositionsplan) kan ej dyrbara metoder användas eftersom planerna oftast omfattar stora arealer. För översiktliga planer är (geologisk-) geoteknisk flygbildstolkning (även kallad geobildtolkning) ett lämpligt och numera en allmänt accepterad undersökningsmetod. Med geoteknisk flygbildstolkning kombinerad med fältkontroll och fältundersökning erhålls en översikt av de geotekniska förhållandena som i de flesta fall är tillräcklig för översiktliga planer. Härvid erhålls data som typ av jord och fördelning av berghällar och jordarter (jordartsgrupper), vissa hydrologiska förhållanden samt jorddjupsförhållanden och jordens relativa fasthet.

Flygbildstolkningen kan endast i undantagsfall (lättolkade områden) utföras utan fältkontroll. Denna görs mer eller mindre omfattande beroende på terrängens svårighetsgrad ur tolkningssynpunkt och behovet av information. Detaljerade beskrivningar av tolkningsmetodik och praktiskt utförande återfinns i Kihlblom (1970) och Kihlblom, Viberg, Hellman-Lutti & Heiner (1972). Metodens tillförlitlighet har undersökts beträffande berghällar av Wastensson (1966), blockidentifiering Wastensson (1969) och områdesvis av Viberg (1972).

De uppgifter som är av intresse för planerare i översiktliga skeden är fördelning mellan fast mark (berg, morän fasta sediment) och icke-fast mark (lerlager, organisk jord) samt relativa djupförhållanden inom lerområden. Dessa uppgifter kan erhållas med geoteknisk flygbildstolkning kompletterad med begränsad fältundersökning.

Det är framför allt möjligheterna att avgränsa grunda och mäktiga lerlager med hjälp av flygbildstolkning, som behandlas i denna rapport.

Möjligheterna att med ledning av indikationer i flygbilder göra relativa jorddjupsbedömningar inom lerområden har tidigare uppmärksamats. Dessa indikationer visar sig som gråtonsskiftningar vilka främst beror på variationer i jordsammansättningen i ytskiktet, fuktighetsfördelningen i detta och markytans lutningsförhållanden. Inom de flesta lerområden "bryter" lerytan vid grunda förhållanden. (Jfr vågor som bryter när vattendjupet blir mindre.) Gråtons- och lutningsförändringarna har kunnat relateras till viss lerlagermäktighet.

Eftersom lerområdena erbjuder denna möjlighet har det ansetts angeläget att närmare studera sambanden mellan ytformer, gråtonsförändringar och mäktighet inom lerområden samt hur dessa samband kan utnyttjas vid geoteknisk flygbildstolkning.

2. PROBLEMSTÄLLNINGAR

De frågor som uppstår vid mäktighetsbedömningar baserade på lerområdets ytformer är bl a följande.

- 1) Gäller ett generellt samband mellan ytform och lermäktighet eller är detta lokalt eller slumpmässigt betingat?
- 2) Vid vilken lerlagermäktighet börjar underlagets morfologi påverka sedimentens ytform?
- 3) Kan ytformsvariationerna upptäckas på ett enkelt sätt?
- 4) Med vilken noggrannhet kan aktuella förändringar bestämmas?
- 5) Vilka faktorer begränsar möjligheterna?
- 6) Omfattningen av fältkontroll och fältundersökning?

3. JORDDJUPETS INVERKAN PÅ VALET AV GRUNDLÄGGNINGS-METOD

De mäktighetsförhållanden inom lerområden, som kan bedömas med flygbildstolkning, måste kunna knytas an till olika grundläggningsmetoder för att bedömningen skall vara meningsfull. Därför ges här en kort översikt över praktiskt och ekonomiskt tillämpliga grundläggningsmetoder vid olika jorddjup (silt/lera/organisk jord), jfr fig. 1.

Grundläggning direkt på lösa jordlager såsom silt/lera (finsediment) kan ske om grundtrycket (last per ytenhet) är lågt, vilket är möjligt vid lätta byggnadsobjekt t ex enfamiljshus och liknande om dessa grundläggs på hel bottenplatta. Torrskorpans mäktighet är härvid en viktig faktor. Om hela lagret finsediment är av s k torrskorpekaraktär är det icke ovanligt med grundläggning med den relativt billiga metoden av utbredda plattor (sulor) för 1-vånings- och upp till 3-våningshus.

Vid större grundtryck - tunga byggnader, koncentrerade laster etc - måste grundläggningen föras ned genom lösa jordlager till bärkraftigt material såsom morän och berg.

Man kan i princip skilja mellan yt- och djupgrundläggning.

Med ytgrundläggning menas, att belastningen från byggnaden förs över till bärande jord- eller bergmaterial via plattor eller fundament.

Med djupgrundläggning avses i första hand grundläggning med olika typer av pålar och i jorden gjutna "pelare" av betong.

I nedanstående tabell (tabell 1) anges olika grundläggningsdjup och vanligen använd grundläggningsmetod. Värdena baserade på uppgifterna i fig. 1.

Tabell 1. Jorddjup och grundläggningsmetod

| Grundläggningsdjup (Djup till bärande lager) | Grundläggningsmetod |
|---|--|
| 0 - 2 m | Plattor Grundmur på berg |
| 1,5 - 5 | Plintar |
| 1 - 5 | Korta pålar (plintpålar, stabiliserade pålar) |
| > 3,5 | Slagna pålar Grundpelare |

Vid grundläggningsdjup mellan 0 och 5 m kan man i princip tala om yttlig grundläggning medan djupgrundläggning blir aktuell för större djup.

Det är alltså av intresse att kunna avgränsa lerområden med mindre lerlagermäktighet än 3-5 m från lerområden med mäktigare lerlager. Den inledningsvis nämnda flygbildstolkningsmetoden erbjuder dessa möjligheter.

Av intresse är också upplysningar om torrskorpans mäktighet, finsedimentens och underlagrande friktionsjords fasthet samt djup till berg. Dessa uppgifter kan ej bedömas med flygbildstolkning utan för detta erfordras geoteknisk fältundersökning (sondering och provtagning).

Det bör påpekas här för undvikande av missförstånd, att tolkningsresultaten ej kan användas för val av grundläggningsmetod utan endast som vägledning vid översiktlig planering.

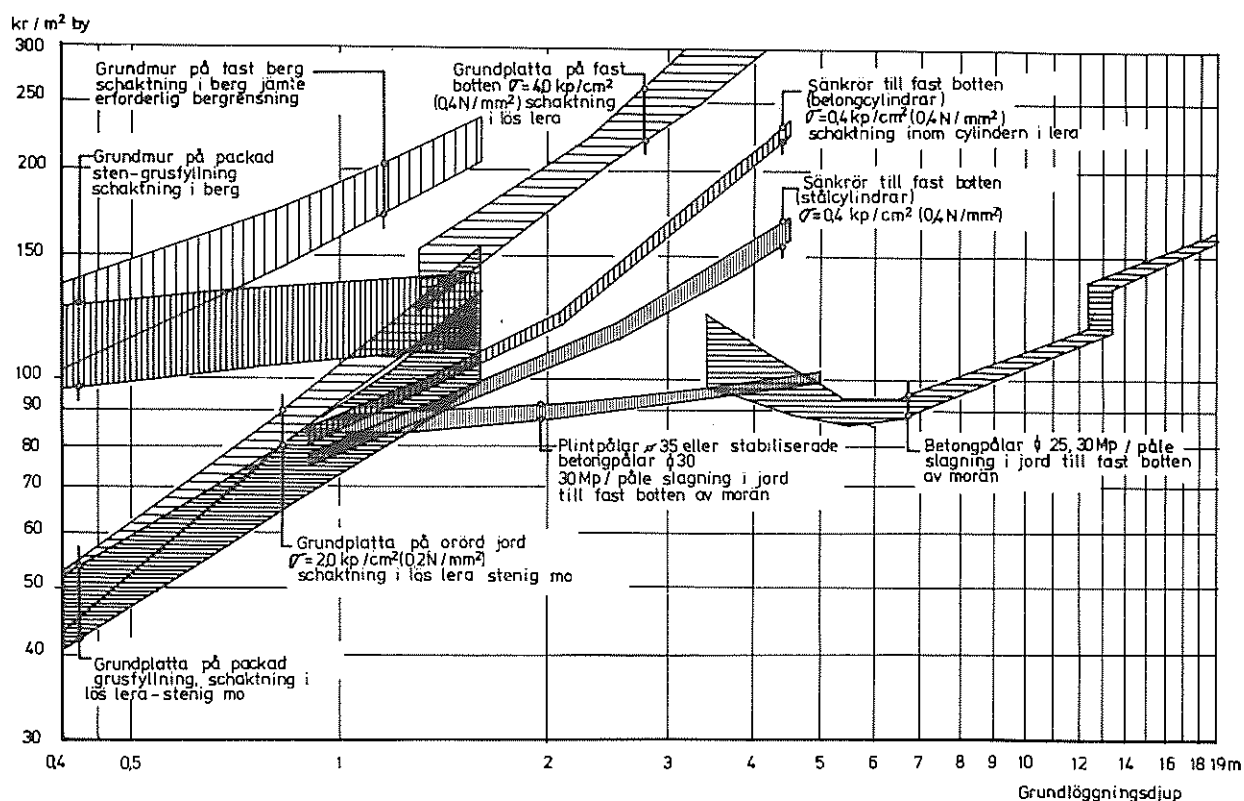


Fig. 1 Grundläggningsmetoder vid olika jorddjup (Efter Bjerking, 1968)

Foundation methods at different soil depth

4. YTFORMER OCH FÄRGVARIATIONER INOM LEROMRÅDEN

De ytformer i landskapet (geomorfologiska drag) som existerar idag är produkter av ett flertal geologiska processer.

Processerna är av såväl uppbyggande (ackumulerande) som nedbrytande (eroderande) art och endast till en del kända i detalj. Vi får nöja oss med ett principiellt resonemang. Om vi begränsar oss till de svenska lerområdenas ytformer måste vi gå tillbaka till istiden för att finna bakgrunden.

Vid den senaste istiden var hela Sverige täckt av en mycket mäktig landis som rörde sig från det s k "närområdet" i norra Skandinavien som en plastisk massa över Sverige. På grund av det stora tryck landisen utövade på underlaget skrapades tidigare jordlager bort och berggrunden utsattes för en kraftig nedbrytning. Resultatet kan idag studeras på blottade berghällar, där isslipningen tydligt framträder på den s k stötsidans (den mot isrörelseriktningen vända sidan - som regel norrut) runda valryggsliknande former och isräfflor. På den s k läsidan (sluttningar vända från isrörelseriktningen) finns ej motsvarande rundning. Här förekommer oftast en mer ojämn markyta beströdd med block som isen brutit loss ur berggrunden.

Det underlag på vilket finsedimenten avlagrats formades under den senaste istiden. Den mäktiga landisen rundade av berggrunden samt avlagrade moränen framför allt i berggrundens lägre liggande delar - lågpunkter och i nedre delarna av sluttningar. På detta "landskap" av berg och morän avsattes sediment under landisens avsmältningskede (senglacial tid) och tiden efter istiden (postglacial tid). Sedimentationen pågick så länge landskapet var täckt av vatten. På grund av landhöjningen har stora delar av Sverige frilagts som tidigare varit täckta av vattenmassor. De områden som helt låg under vatten framgår av kartan över Högsta kustlinjen (HK) fig. 2. HK utbildades ej samtidigt i hela Sverige utan successivt från söder mot norr, allteftersom isen drog sig tillbaka och landet höjdes.

Under den nämnda perioden låg mycket stora delar av södra Sverige och Norrlandskusten under vatten, se fig. 2. De fina glacialsediment, varviga lera och silt, som därvid avlagrades, kom att lägga sig som täcke över hela botten. Beroende på strömförhållanden och topografi blev ej sedimenttäcknet jämntjockt, utan mäktigare lager avsattes i lågpunkterna och utfyllde därmed förekommande ojämnheter i bottenytan. Inom högre delar av botten var avsättningsmöjligheterna mindre goda på grund av branta ytor och strömmande vatten. På platåer och i raviner kunde dock avsättning ske. En principskiss över de glaciala finsedimentens avsättning visas i fig. 3. Submarina skred inträffade i detta material när de pådrivande krafterna blev för stora, speciellt när sedimenten vid landhöjningen kom ovan vattenytan. Enligt muntlig uppgift (Jerbo, SJ) inträffade skred i lerlager som lutade mer än $3-4^{\circ}$. Dessa skred förorsakade en störning i den naturliga varvigheten i de glaciala sedimenten. Denna störning kan iakttagas i upptagna prover.

Vid avsättningen är sedimentpartiklarna mycket luckert lagrade, men allteftersom sedimentpackens tjocklek ökar, komprimeras (konsolideras) materialet av den ökande belastningen ovanifrån.

HK: Den högsta nivå till vilken havet nått efter den senaste istiden.

När landet vid sin höjning reste sig ur havet kom de frilagda partierna att utsättas för vattnets bearbetning i den "glidande" strandlinjen. Härvid kom de tidigare avsatta sedimenten (och även moränen) att omlagras mer eller mindre beroende på hur utsatta stränderna var. I skyddade lägen, såsom i lugna vikar eller i lä för den förhärskande vinden, blev påverkan relativt ringa. I lägen där bränningarna med stor kraft kunde bearbeta stränderna har jordmaterialet helt omlagrats - finare sediment har helt spolats bort och avsatts på lägre nivåer och kvar är endast ett grovt material (grus, sten, block) såvida ej kalspolning skett, vilket är fallet längs vissa sträckor av Sveriges kust. Stranderosionen innebar alltså att de glaciala finsedimenten spolades bort framför allt från höjder och sluttningar i utsatta lägen.

Allteftersom landhöjningen fortgick kom flera lugna vikar och avsnörda sjöar att bildas. I dessa vatten avlagrades härefter postglaciala sediment ovanpå de glaciala, varviga sedimenten, se fig. 4.

De postglaciala finsedimenten (leror) avlagrades i sänkorna och deras överyta bildar ofta ett nästan horisontalt plan. De postglaciala lerorna innehåller till skillnad från de glaciala finsedimenten relativt hög halt av organiskt material, vilket medför, att de får en mörkare egenfärg än de relativt ljusa glaciala finsedimenten.

De glaciala finsedimentens mäktighet kan uppgå till flera tiotal meter, medan den postglaciala leran vanligen ej är mäktigare än ett par meter.

Den fortsatta landhöjningen medförde så småningom att många av de forna bottnarna frilades och finsedimenten kom i dagen. Områdena dränerades ut naturligt.

Fuktighetsfördelningen i lerytan inom ett lerområde beror främst av väderlek och grundvattennivå. I allmänhet är de lägre partierna fuktigare (och därmed mörkare) än de lutande lerytorna mot omgivande sluttningar och vid upphöjningar inom sedimentområdet. Motsatsen kan dock förekomma, speciellt strax efter snösmältningen då vatten från ovanförliggande terräng rinner ned på de lutande lersluttningarna som därmed får en mörkare färgton än partierna ute på slätten, där solen torkat upp ytan.

Inom lätteroderade områden - siltjord - har rikt förgrenade ravin-system utbildats. I andra områden har skred utlösts. Den fortgående landhöjningen medför att grundvattennivån sjunker några mm per år. Utdräneringen av lerområdena är förutsättningen för s k torrskorp-bildning i det översta lerlagret. De undre lerlagren konsolideras härvid för torrskorpans tyngd. De uppkomna sättningarnas storlek är i stort sett proportionell mot finsedimentens mäktighet.

Finsedimentområden med någorlunda areal och tillgänglighet har till mycket stor del uppodlats. Åkerbruk har under tidernas lopp medfört en viss utjämning och uppblandning av ytan. Många åkrar måste dräneras med hjälp av öppna diken eller s k täckdiken på ca 1 m djup under markytan. Utmed dessa dräneringar uppstår ofta smärre sättningar. Dessa effekter är dock små jämfört med de naturliga processerna. Uttorkningen vid dräneringarna framträder på flygbilder som ljusa linjer.

De beskrivna förloppen har tillsammans format den nuvarande terrängen. Det man kan se från marken eller på ett flygfotografi är främst ytformer och färgnyanser (gråtoner i svart-vita flygbilder).

Dessutom framträder detaljer som dikning, åkergränser, dräneringar, erosion och skred.

Med kännedom om de ytformsbildande processerna, kan lerområdets utseende på flygbilder utnyttjas för mäktighetsstudier.

Syftet med denna undersökning har sålunda varit att utröna vilka möjligheter som finns att med hjälp av flygbildstolkning avgränsa grunda och mäktiga lerlager.



Fig. 2 Karta över högsta kustlinjen (HK)
Map showing the highest sea level in Sweden

Figuren hämtad ur Berg och jord i Sverige
(Lundegårdh, Lundqvist & Lindström, 1964)

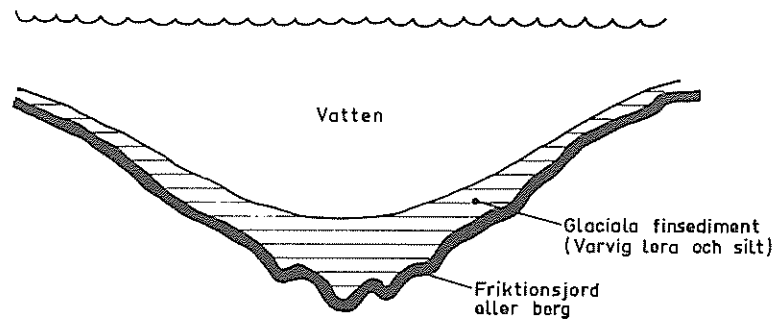


Fig. 3 Glaciála finsedimentens (varvig lera och silt) avsättning
The deposition of the glacial fine sediments (varved clay and silt)

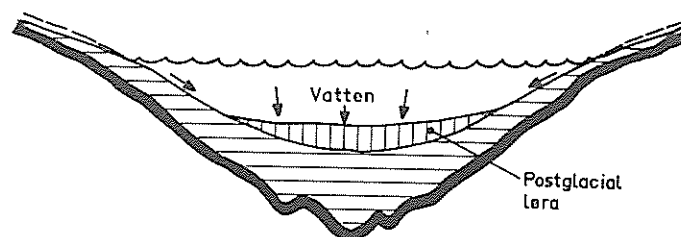


Fig. 4 Postglaciála lerans avsättning
The deposition of the postglacial clay

5. MÄKTIGHETSBEDÖMNING INOM LEROMRÅDEN MED HJÄLP AV YTFORMER OCH FÄRGTONER

De i föregående avsnitt behandlade ytformsbildande processerna och orsakerna till markytans färgtoner utgör bakgrunden till den principiella genomskärning av ett karakteristiskt lerområde i södra Sverige som visas i fig. 5. Av figuren framgår, att glaciallerans morfologi ej påverkas av underlagets ojämnheter i de lägre liggande partierna. Glacialleran jämnar här ut förekommande ojämnheter och dess överyta är plan eller svagt konkav (negativ ytform). Där underlaget på högre nivå bildar kullar och sluttningar kommer glaciallerans ytform att mer likformigt följa underlaget, och får en lutande eller konvex form (positiv ytform). Övergången från negativ till positiv ytform sker i regel mjukt.

Den postglaciala leran ligger som en utfyllnad på glacialleran i lågpartierna. Dess yta är i det närmaste horisontal varför en ofta klart synlig brytning i terrängen bildas där underlaget börjar påverka lerytan. Där detta sker går i regel glacialleran i dagen. Brytningen accentueras ytterligare av skillnaderna i färger mellan de olika lertyperna, jfr fig. 5. Mäktigheten hos de postglaciala lerlagren är vanligen högst ett par meter i Mellansverige, vilket innebär att glaciallerans morfologi i de flesta fall är bestämmande för lerområdenas ytformer inom nämnda region.

Det är färgtonsdifferensen och brytningen i ytformen som har utnyttjats i föreliggande undersökning. Skillnaderna kan iakttagas i terrängen, men blir än mer framträdande i flygbilder tagna på våren innan upptorkning jämnar ut färgtonerna och grödan minskar möjligheterna att iaktta de morfologiska skillnaderna.

Eftersom lerytans morfologi påverkas av djupet till underliggande morän/berg - fortsättningsvis kallat "underlaget" - står den nämnda brytningen (inom lerområden) i relation till lermäktighet. Avsikten med denna utredning är att klargöra detta samband och hur det kan utnyttjas vid översiktliga geotekniska undersökningar.

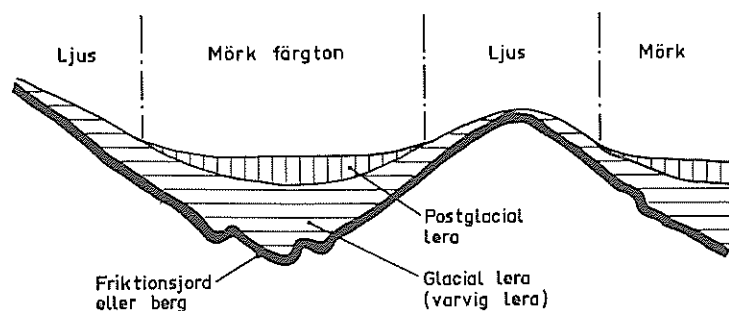


Fig. 5 Principskiss visande ytformer och färgtoner inom ett lerområde

Sketch showing surface forms and colour tones within a clay area

6. JORDDJUPSBEDÖMNINGAR MED HJÄLP AV FLYGBILDS- TOLKNING

Att göra jorddjupsbedömningar genom att studera flygbilder kan tyckas vara en omöjlig uppgift. Det är ju endast markytan man kan se och så länge man inte kan röntgenfotografera jordlagren är tolkaren hänvisad till endast ytindikationer, som dock återspeglar underliggande material. Markytans utseende bestäms av vad som finns under den. Detta är utgångspunkten för de jorddjupsbedömningar i flygbilder som kan göras. Litteraturen är mycket begränsad på detta område. Kihlblom (1969) har dock behandlat de principiella förutsättningarna för mäktighetsbedömning av olika typer av jord. Viberg (1972) har redogjort för och testat möjligheterna till bedömning av relativa djup inom lerområden. Föreliggande undersökning är en fortsättning och utvidgning av nämnda test. Förutom dessa jorddjupsbedömningar förekommer även ekologiska samband mellan vegetation och jorddjup, där jorddjupet inverkar på art, täthet och storlek. Dessa samband har uppmärksamats kanske främst av ryska forskare (Chikishev, 1965). För svensk terräng har några systematiska studier veterligen icke gjorts, varför här finns utrymme för utveckling.

Idag används mycket grova samband mellan vegetation och jorddjup inom berg- och moränområden. Det är främst skogens täthet och trädens storlek som utnyttjas och alltid tillsammans med andra indikationer. Bland dessa är ytformen den viktigaste. Där moräntäckets mäktighet är ringa slår berggrundens ytformer och ev. strukturella drag igenom. Det bör framhållas att det är endast tunna jordlager som kan tolkas på flygbilder (med undantag för direkta skärningar - erosion, täkt m m) därför att det underliggande materialet vid sådana förhållanden kan ge sig tillkänna på ett eller annat sätt.

Beträffande organisk jord har många försök gjorts att bedöma torvlagers mäktighet med hjälp av trädhöjden. Tyvärr synes något sådant samband ej existera. Generellt gäller dock att ett kraftigt trädbestånd på torvmark indikerar grunda förhållanden.

Däremot har ryska geobotaniker lyckats få fram samband mellan markvegetation och djupet till minerogen jord (Popova, 1971). Även här bör framgångar kunna nås i Sverige. Nuvarande svenska metoder medger endast bedömning där block och fastmarkspartier sticker upp i torvmark och sålunda indikerar tunna torvlager.

I grova sediment (sand och grus, isälvs-, svall- och strandmaterial) är möjligheterna ungefär likartade med moränförhållandena.

Vad beträffar finsedimenten är möjligheterna relativt goda att tolka grunda förhållanden beroende på dessa sediments "känslighet" för underlaget. Här kan man med gott fog säga att markytan (finsedimentens överyta) påverkas av underlaget, vare sig detta består av friktionsmaterial eller berg.

7. UNDERSÖKNINGENS UPPLÄGGNING, OMFATTNING OCH UTFÖRANDE

Undersökningen har begränsats till områden i Mälardalen, Öst- och Västgötaslätten. Här uppvisar nämligen de flesta lerområden de tidigare nämnda karakteristiska ytforms- och gråtonsvariationerna.

Endast sådana områden har utvalts, där tidigare geotekniska undersökningar har utförts. Härvid har inventering av Statens geotekniska instituts arkiv utförts för val av lämpliga testområden. Dessutom har material från geotekniska konsultfirmor utnyttjats.

Förutsättningen vid val av testområden var att gråtoner och ytformer varierade och att flygbilder tagna vid lämplig tidpunkt fanns. De områden som undersökts anges i följande tabell, där också typ av undersökning anges för respektive område. Områdenas lägen framgår av fig. 6.

Tabell 2. Undersökningsområden och typ av undersökning

| Område | Statistik | Fältunder- sökning | Flygbilds- tolkning | Svärtnings- mätning |
|---|-----------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Dillingby | X | X | X | X |
| Söderhall | X | X | - | - |
| Össeby-Garn | X | X | X | - |
| Vallentuna | X | X | X | X |
| Järva | X | X | - | - |
| E4 Linköping-Norrköping (Linköping I och II) | X | - | X | X |
| Västerås | X | - | - | - |
| Kungsör | X | - | - | - |
| Södertälje | X | - | - | - |
| Rv 48 Skövde-Mariestad | X | - | - | - |
| Hjulstavägen | X | - | - | - |
| E3 Örebro | X | - | - | - |

Undersökningen omfattar följande moment:

- a) Statistik. Undersökning av samband mellan olika geometriska parametrar i profiler genom lerområden. De samband som studerats är
- 1) Inverkan av underlagets lutning på markytan vid olika mäktigheter
 - 2) Mäktighet vid brytpunkt
 - 3) Markytans och underlagets lutning vid brytpunkt
 - 4) Jämförelse mellan mäktighet vid lågpunkt/vattendrag och maximal mäktighet.

- b) Fältundersökning omfattande sticksondering längs profiler utlagda vinkelrätt mot nivåkurvorna för bestämning av lerlagermäktighet inom testområden samt avvägning av markytan. Punkterna utlagda tätt för att möjliggöra noggrann analys av intressanta samband.
- c) Flygbildstolkning inom 5 områden av 9 försökspersoner för att utröna samband mellan tolkning och lerdjup och dels få ett begrepp om spridning i tolkningsresultat mellan olika tolkare. Av tolkarna hade 3 personer mer än 3 års tolkningserfarenhet, 5 hade 1-3 års vana och 1 person hade ringa erfarenhet. Förutsättningarna för tolkningen delgavs tolkarna i enlighet med nedanstående beskrivning.

"Undersökning av sambandet mellan lerområdets ytformer och lerlagermäktigheter.

Vid Statens geotekniska institut pågår en undersökning av rubricerade samband. Undersökningen grundar sig på att man erfarenhetsmässigt konstaterat att lerytan ofta bryter mer eller mindre markant där lerlagrens mäktighet blir mindre än ca 5 m. Denna brytlinje kan identifieras på noggrant avvägda sektioner inom lerområden. Den kan också i många fall även identifieras på flygbilder, där den framträder på grund av gråtonsdifferens och topografisk förändring. En idealiserad sektion visas nedan där begreppet framträder. (Se fig. 5.)

För att utreda i vilken utsträckning "gränsen" mellan mäktigare och tunnare lerlager kan identifieras på flygbilder, avser vi att låta personer med olika tolkningserfarenhet försöka identifiera nämnda gräns inom några områden. Du är en av de utvalda och vi får be Dig iakttä följande innan Du börjar tolka bilder.

1. Studera bifogade exempel (Stereogram med tolkning av aktuella gränser)
2. Inga hjälpmedel förutom stereoskop är tillåtna
3. Rita in på de genomskinliga kalkerna endast den nämnda gränsen. Tolka ej berg, organisk jord osv. Drag heldragen linje där Du anser Dig kunna identifiera gränsen. Strecka linjen där Du är osäker. Hoppa ej över något stycke. Det är viktigt att få fram tillförlitligheten i metoden
4. Använd om möjligt tuschpenna 0,2 mm
5. Rita ej på fel bild!
(Lätt gjort)
6. Fyll i de uppgifter som är angivna på kalkerna och bifogade uppgiftsbilaga
7. Tiden för hela testen bör ej överskrida 2 timmar
8. Vi ber Dig utföra tolkningen inom angivet datum, eftersom flera personer står i tur. Återsänd bilder och resultat till SGI
9. Vi tackar Dig för Din medverkan och får så småningom översända en rapport över undersökningen."

Tolkningarna utfördes sålunda med stöd av dessa förutsättningar och tolkningsresultaten jämfördes med uppmätta lerdjup. Härigenom erhöles "tolkade lerdjup" vilka i de följande tabellerna kallas "observationer".

För varje område har tolkningsresultaten sammanställts i tre diagram, varav ett visar vid vilka lerdjup tolkningarna markerats. I de två andra visas hur långt från 2 resp 5 m djup tolkningslinjerna ligger.

Tolkarna fick utföra försöken med egna stereoskop och notera tidsåtgången för varje testområde.

- d) Svärtningsmätning på vissa flygbilder för jämförelse mellan svärtningsvariation och spridningen i tolkningsresultaten.

De flygbilder som använts i undersökningen är svart-vita pankromatiska papperskopior. I tabell 3 anges data för flygbilderna.

Tabell 3. Flygbildsdata

| Område | Bildnummer | Skala | Fotograferingsdatum | Filmtyper | Kvalitet |
|--------------|------------------|----------|---------------------|---------------------|----------|
| Dillingby | B64 339 02 10-11 | 1:13 000 | 64-04-18 | SuperXX | 4 |
| Össeby-Garn | B62 378 01 04-05 | 1:13 000 | 62-05-22 | Gev.33 ⁰ | 3+ |
| Vallentuna | B68 302 02 04-05 | 1:10 000 | 68-04-16 | DoubleX | 4 |
| Linköping I | E62 358 01 03-05 | 1:13 000 | 62-05-22 | Gev.33 ⁰ | 3- |
| Linköping II | E62 358 01 09-11 | 1:13 000 | 62-05-22 | Gev.33 ⁰ | 3- |

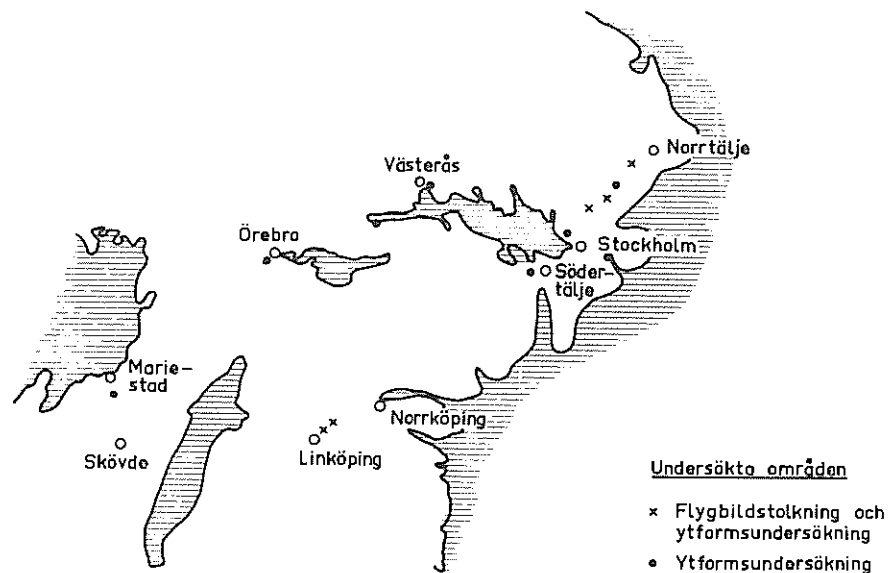


Fig. 6 Undersökningsområdenas lägen
The locations of the test sites

8. TESTOMRÅDENAS TOPOGRAFI OCH GEOLOGI JÄMTE TOLKNINGSRESULTAT

8.1 Dillingby

Topografi och geologi

Området är beläget ca 10 km V Norrtälje, se fig. 7. Några topografiska och geologiska samt geotekniska data framgår av följande uppställning (fig. 7-9):

Dalgång i öst-västlig riktning övergående i slätt i väster

Dalgångsbredd i öster: Ca 150 m

Slättens bredd: Ca 500-1000 m

Nivåskillnad mellan dalgångsbotten och dalsidans krön:

| | Max | Medel |
|-------------|------|-------|
| Södra sidan | 40 m | 15 m |
| Norra sidan | 15 m | 10 m |

Dalsidans lutning: Ovan sediment Under sediment

| | | |
|-------------|-----|-----|
| Södra sidan | 15° | - |
| Norra sidan | 5° | 10° |

Berggrund: Granit

HK: Närmaste utbildade HK är belägen ca 15 mil västerut +170-180 m

Isrörelseriktning: N-S och NNV-SSO

Största sedimentdjup: 10-15 m

Området genomtväras av en öst-västlig klart markerad sprickdal. Dalgången är relativt smal i öster - ca 150 m bred men breddar sig i västra delen av området till ett mer slättliknande landskap med uppstickande kullar.

Den södra dalgångssidans krön Ö Vantunge når upp till nivån ca +50, medan motsvarande på norra sidan endast når upp till ca +25. Höjdskillnaden har förorsakats av en förkastning i berggrunden. Den branta lutningen hos sydsidan är ett karaktäristiskt tecken på en tektonisk rörelse och kan följas en bit V Vantunge. Lutningen är i genomsnitt 15° N. För den norra sidan är lutningen betydligt flackare - i genomsnitt ca 5°.

Områdets sedimenttopografi uppvisar tydliga brytlinjer vid övergången mellan mäktigare och tunnare lager där ytformen återspeglar underlagets morfologi. Dessutom framträder klara gråtonsskillnader i flygbilderna vid nämnda brytlinjer. Ej sällan markeras dessa av åkergränser, vilket medför att gråtonen inom de mäktigare lerlagerområdena kan växla från mörk till ljus beroende på om markytan direkt kan iakttas eller om den är täckt av gröda. Se t ex partiet mellan Vantunge och Dillingby. (Fig. 8.)

Den utförda fältundersökningen visar att den markerade brytningen i topografin sker vid ca 5 m sedimentdjup i slutningen mot Dillingby.

Markytans lutning är 4-5,5^o medan underlaget lutar 8-10^o, se profiler-na A-C (fig. 10-12).

I profil A har underlaget en i stort sett konstant lutning 8-9^o till skillnad från profilerna B och C där underlagets lutning under den nästan horisontala markytan varierar relativt kraftigt. Denna variation i underlagets morfologi påverkar dock ej markytan, inte ens där lutningen uppgår till 30^o.

I slutningen är markytan svagt konvex i profilerna B och C (sektion 0/060 i båda profilerna) trots att sedimentlagret är något mäktigare än omgivande partier.

Lerdjupet följer nivåkurvorna med god konstans, se fig. 9. Sålunda följer 5 m-djupet +9 m-nivån och 2 m-djupet +11 m-nivån (\pm 1 m).

Markytans lutningar i profilernas förlängning mot norr är i stort sett 3-5^o, dvs desamma som slutningen i övrigt. Lutningar upp mot 10^o-11^o förekommer på norra dalsidan vid uppstickande berghällar bl a ca 250 m och 750 m Ö Dillingby, se fig. 7. Dessa "branters" lutning är ungefär lika stor som underlagets i profilerna A-C.

Tolkningsresultat

Flygbilder över området (se fig. 8) uppvisar markanta gråtonsskillnader som sålunda ger goda möjligheter till mäktighetsbedömning.

I fig. 13 har inlagts de olika tolkarnas bedömning av Dillingbyområdet. Mycket god samstämmighet uppvisas i dalgången där goda indikationer förekommer. I den östra delen av dalgången är som nämnts dalsidorna mycket branta 10-30^o, varför sedimentets yta här icke uppvisar någon sluttning mot bergsidorna. Sedimentdjupet ökar snabbt närmast berget. Gränsen kan sålunda dras i övergången mellan berg och sediment.

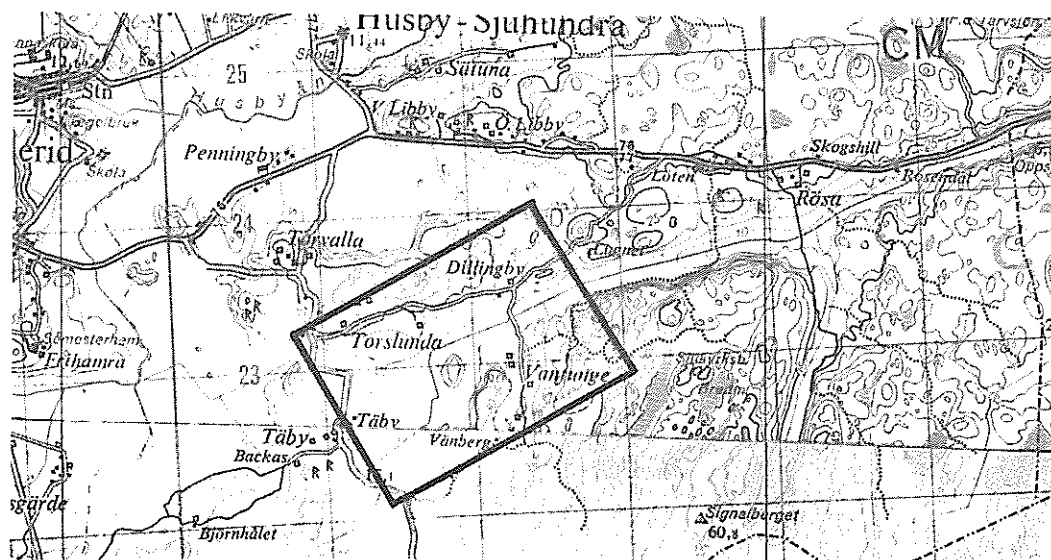
I fig. 14 a-c har tolkningsresultaten sammanställts. Av figuren framgår, att tolkningarna vid profilerna A-C ligger väl samlade kring 5 m mäktighet. Avståndet mellan tolkningslinjerna och 5 m mäktighet ligger med undantag för en tolkare inom 20-30 m. De tolkade stora mäktigheterna (6-10 m) ligger sålunda inom rimligt avstånd från 5 m-djupet.

I den västra delen (slätten) är topografin svagt böljande. Nivåskillnaderna understiger dock 5 m, varför den topografiska kartan saknar nivåkurvor inom denna del. Flera berghällar och moränkullar går dock i dagen och framträder tydligt på flygbild som impediment, dvs ej uppodlade partier, se fig. 8. Kulligheten beror på att sedimenttäcket inom stora delar är tunt och påverkas av underlaget. Det mörkare lägre liggande U-formade partiet utgörs av mäktigare lera.

Vad som skiljer tolkningarna åt är framför allt uppfattningen om mäktigheten i trånga passager mellan uppstickande partier. Den större skogsbevuxna höjden ungefär mitt i området har markerats som "ö" av tre tolkare medan övriga tolkare har markerat den som "halvö", dvs det tunnare sedimenttäcket är mer eller mindre sammanhängande med fastmarksområdet öster om höjden. Av de två klart framträdande kullarna (ljusa fläckar på flygbilden) inom det mörka uppodlade området har den östra mindre kullen markerats som "ö" av 7 tolkare. Den västra större kullen har markerats som "ö" av 5 tolkare och som "halvö" av 3 tolkare.

I områdets västra del har de mäktigare sedimenttäckena markerats avsnörda av tunnare sedimentlager av 6 tolkare, medan 3 tolkare ansett att de mäktigare lagren löper genomgående i nord-sydlig riktning.

Tolkningstiden har varierat mellan 5 och 20 min.



SKALA 1:50 000

Fig. 7 Dillingby. Topografisk karta
Dillingby. Topographical map



Fig. 8 Dillingby. Flygbild
Dillingby. Aerial photo

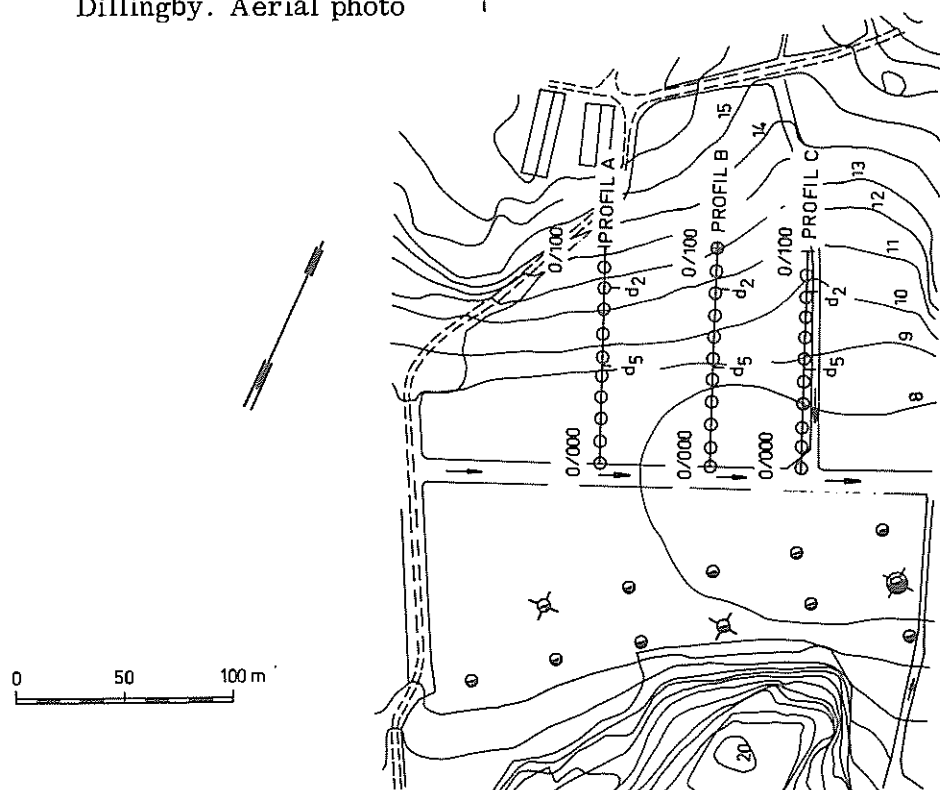


Fig. 9 Dillingby. Plan över fältundersökning
Dillingby. Plan of field investigation

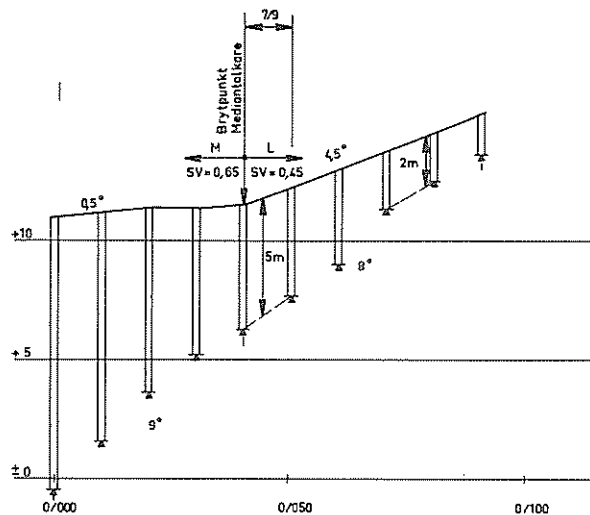


Fig. 10 Dillingby. Profil A
Dillingby. Profile A

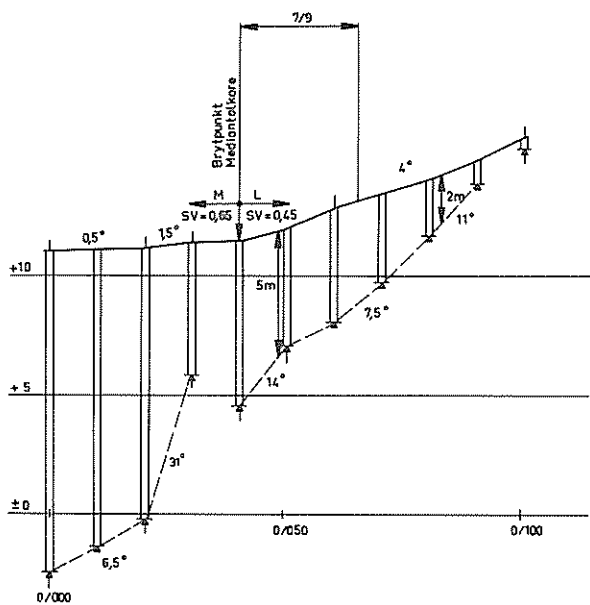


Fig. 11 Dillingby. Profil B
Dillingby. Profile B

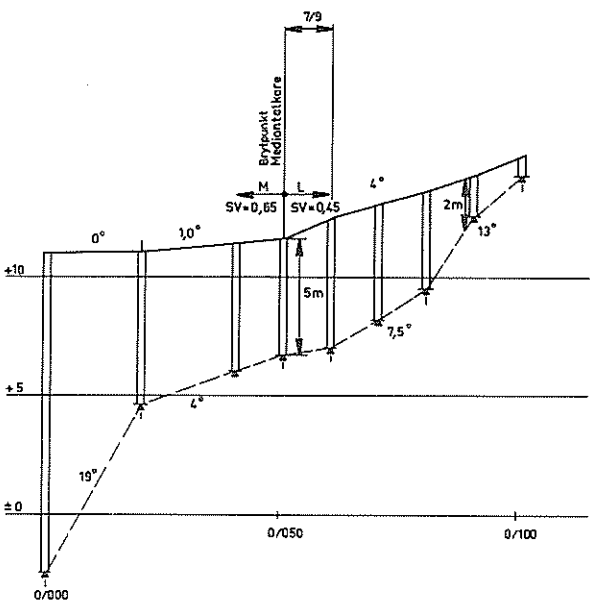


Fig. 12 Dillingby. Profil C
Dillingby. Profile C

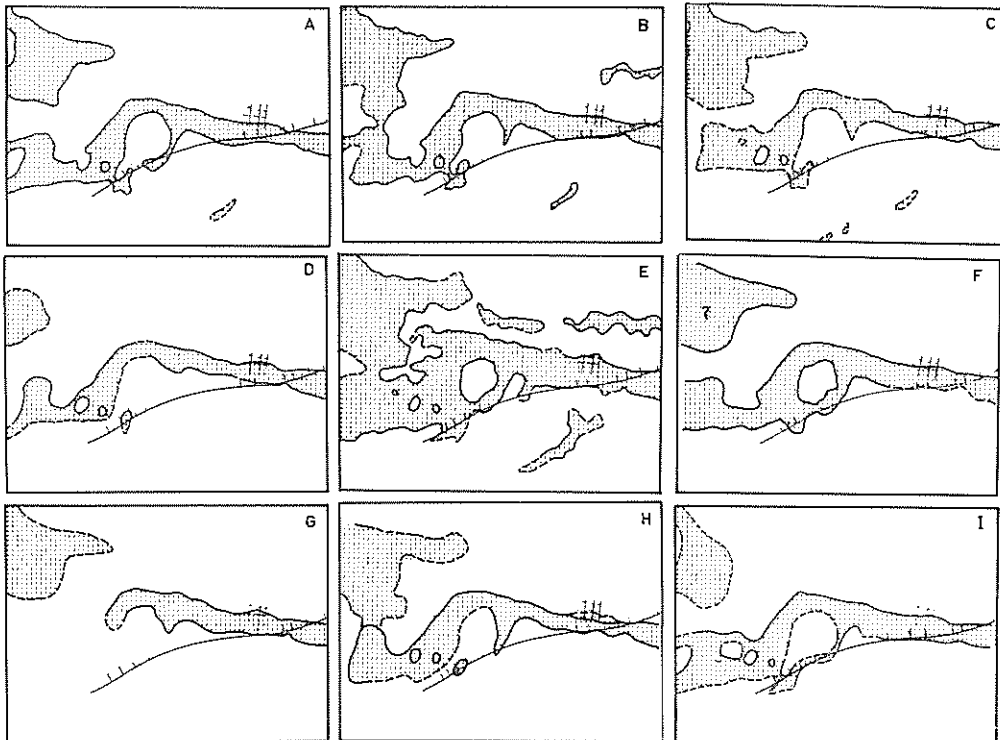


Fig. 13 Dillingby. Individuella tolkningsresultat
Dillingby. Individual interpretation results

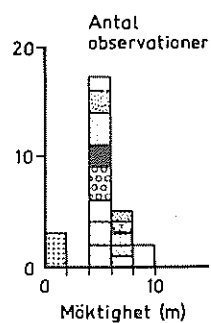


Fig. 14 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

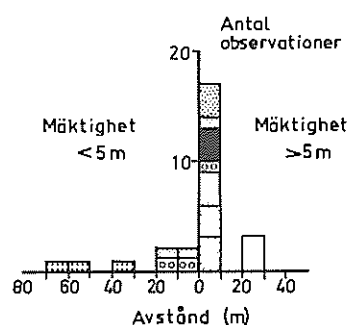


Fig. 14 b Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 5 m thickness

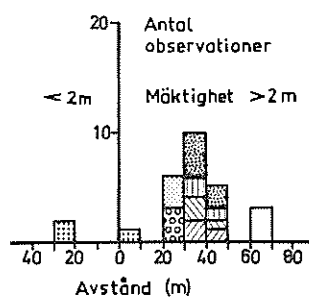


Fig. 14 c Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 2 m thickness

8.2 Össeby-Garn

Topografi och geologi

Området är beläget ca 30 km NO Stockholm, se fig. 15. Några topografiska och geologiska data framgår av följande uppställning (se även fig. 15-17).

Husaåns dalgång i riktning NV-SO

| | | |
|--|--|----------------|
| Dalgångsbredd: | Ca 500 m | |
| Nivåskillnad mellan dalgångsbotten och dalsidans krön: | Max | Medel |
| Norra sidan | 30 m | 15 m |
| Södra sidan | 25 m | 20 m |
| Dalsidans lutning: | Ovan sediment | Under sediment |
| Norra sidan | 10° | 3-5° |
| Södra sidan | 15° | - |
| Berggrund: | Gnejs | |
| HK: | Närmaste HK är belägen ca 15 mil västerut +170-180 m | |
| Isrörelseriktning: | N-S och NNV-SSO | |
| Största sedimentdjup: | 10 m | |

Slättlandet och slutningen inom undersökningsområdet N Husaån bryts av uppstickande bergryggar, vilka är utsträckta i ungefär nord-sydlig riktning.

Markytan höjer sig från Husaån mot norr utan märkbar brytning, utom längs profil C (fig. 20). För profil A och B (fig. 18-19) är det dock omöjligt att peka ut någon bestämd brytpunkt, utan övergången mellan dalgångens botten och dess norra sida sker successivt på en sträcka av ca 50 m. De brytpunkter som markerats på profilerna A-C har utsetts, där markytans krökning är störst.

På södra sidan av Husaån möter sedimentet den branta höjden vid Karby med en mycket markant övergång.

De branta dalsidorna vid Karby och Vada samt de parallella höjdryggarna norr om Sundby är starka indikationer på att dalgången uppstått genom tektoniska rörelser i berggrunden.

På den norra dalslutningen förekommer tre långsmala meterhöga moränryggar utsträckta i öst-västlig riktning, dvs i det närmaste vinkelrätt mot den sista isrörelseriktningen. Det torde inte vara någon tvekan om att ryggarna är ändmoräner. De är dock ej markerade på den geologiska kartan över området, SGU serie Aa Nr 100 från 1889.

Ryggarna framträder klart på flygbilden som impediment och även på nivåkartan (fig. 16-17).

Jordmaterialet består av maximalt 8-9 m lera i dalgångens botten. Leran är i huvudsak varvig.

Utförda sticksonderingar visar god överensstämmelse med de tidigare utförda vikt- och maskinsonderingarna, även om resultaten ej är helt jämförbara eftersom sonderingspunkterna ligger ett stycke från varandra (se borrhplanen, fig. 17). Jämförelsen visar dock att den använda sticksonderingsutrustningen är ett gott redskap med vars hjälp lerlagermäktigheten kan bestämmas. Sticksonden tycks ibland stanna mot det underliggande friktionslagrets överyta troligen p g a sten- eller blockstopp, i övriga fall tränger sticksonden ned maximalt någon meter i friktionsmaterialet.

Fältresultaten visar att övergången mellan dalbotten och sluttning börjar vid ett sedimentdjup av ca 5 m. I profil A sker övergången på sträckan 0/200-0/240 vid djupen 4-5 m, i profil B på sträckan 0/200-0/250 och djupen 5-3 m, i profil C vid sektion 0/210 och djupet 3,5 m.

I profil A är mäktigheten relativt konstant 4-5 m mellan 0/180 och 0/260. I profil B och C sker successivt uppgrundning vid övergången mellan botten och sluttning.

Mäktighetsvariationerna påverkas förmodligen av de nämnda ändmoränerna i profil A vid 0/360, profil B vid 0/250-0/270 och i profil C vid 0/300. I profil C finns även antydning till påverkan vid 0/220 av den sydligaste ändmoränen.

Markytan lutar ca $0,5^{\circ}$ ($0,5^{\circ}$ *) i dalbotten fram till ca 0/200 i samtliga profiler. Sluttningen ovanför denna punkt visar en svagt konvex ytförm. Lutningen är ca 5° (7°) i nedre delen av sluttningen och ca 3° ($3,5^{\circ}$) i övre. Inflexionen påverkas delvis av ändmoränernas ytformer, varför djupet vid inflexionspunkterna varierar mellan 0 och 2 m.

Underlagets morfologi är relativt jämn. I dalgångsbotten lutar underlaget max ca 4° (5°). Den brantaste lutningen som påträffats vid sonderingarna är 10° (13°) i profil B sektion 0/250-0/280. Där är också markytans lutning brantast 5° (7°).

I övrigt överstiger underlagets lutningar markytans med 1 å 2° i sluttningen.

Tolkningsresultat

Flygbilden (fig. 16) uppvisar inga märkbara gråtonsskillnader (p g a sent fotograferingsdatum) utan tolkningen baseras främst på topografiska förändringar.

Tolkningarna i området med profilerna A-C har liten spridning, se fig. 21-22. Samtliga tolkningar ligger här mellan 2 och 6 m (fig. 23 a). Indelningen av x-axeln i 2 m-intervall för mäktigheten medför att diagrammet här blir något missvisande eftersom alla tolkningar ligger ovanför (= grundare) 5 m-mäktighetspunkten. Tolkningarna har hamnat betydligt närmare 2 m-djupet än 5 m-djupet (fig. 23 b-c). Avstånden mellan dessa djup är 110, 60 och 40 m i resp profil A, B och C. Som framgår av fig. 21-22 har 6 tolkare samma resultat i den östra delen av området. 3 tolkare sprider här resultaten.

*) Profilerna är inom detta område ej lagda vinkelrätt mot nivåkurvorna. Största lutningen anges därför inom parentes.

Av fig. 21 framgår att 3 tolkare har isolerat partiet i centrum, medan 4 tolkare har markerat förbindelse mellan detta parti och dalgångsbotten. 2 tolkare har tolkat detta parti som tunnlagerområde.

I väster är resultaten väl sammanhållna beroende på distinkt brytning i terrängen.

Tolkningstiden har varierat mellan 5 och 20 min.

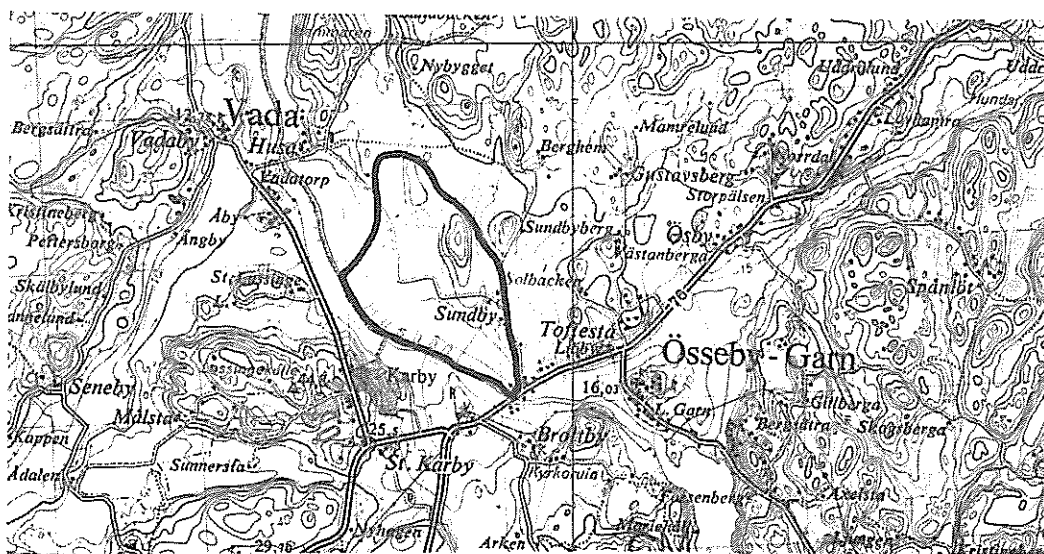


Fig. 15 Össeby-Garn. Topografisk karta
Össeby-Garn. Topographical map



Fig. 16 Össeby-Garn.
Flygbild
Aerial photo

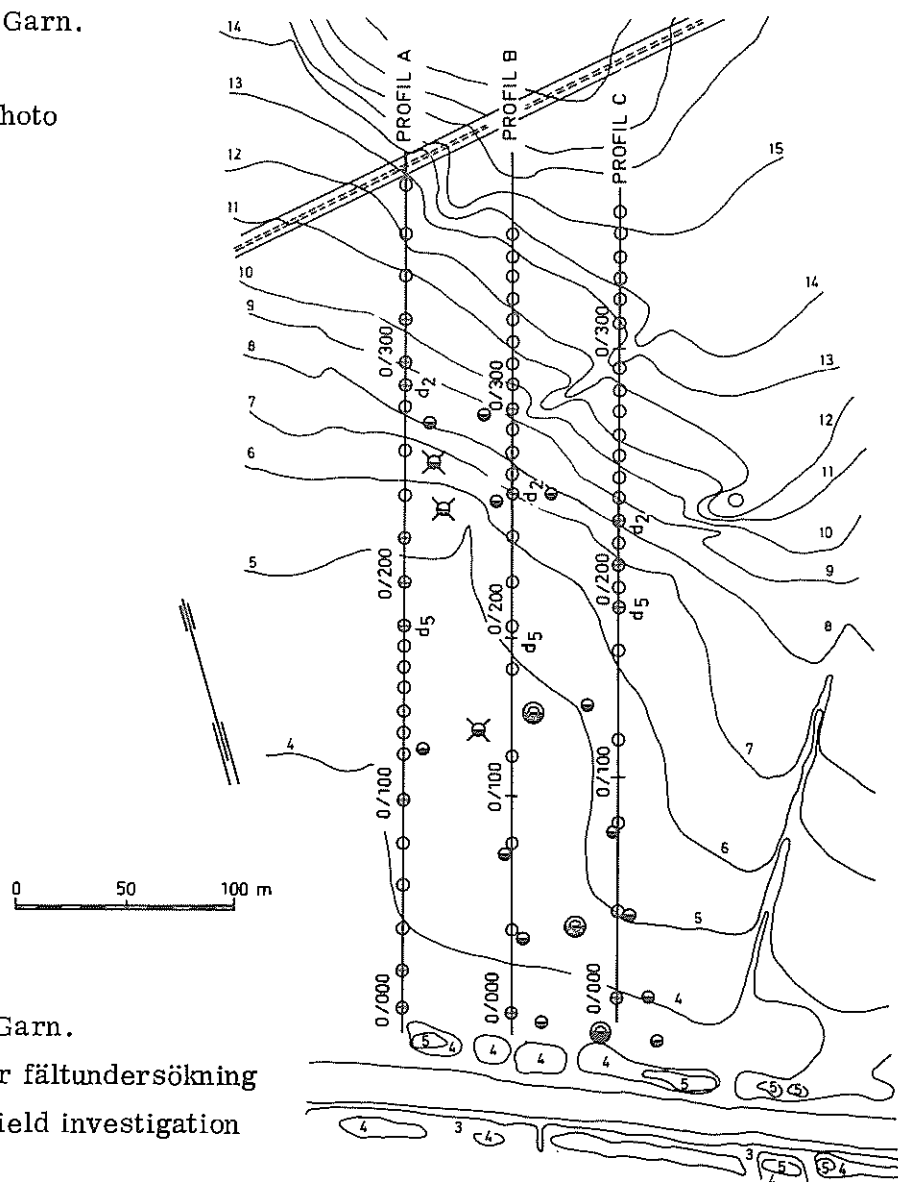
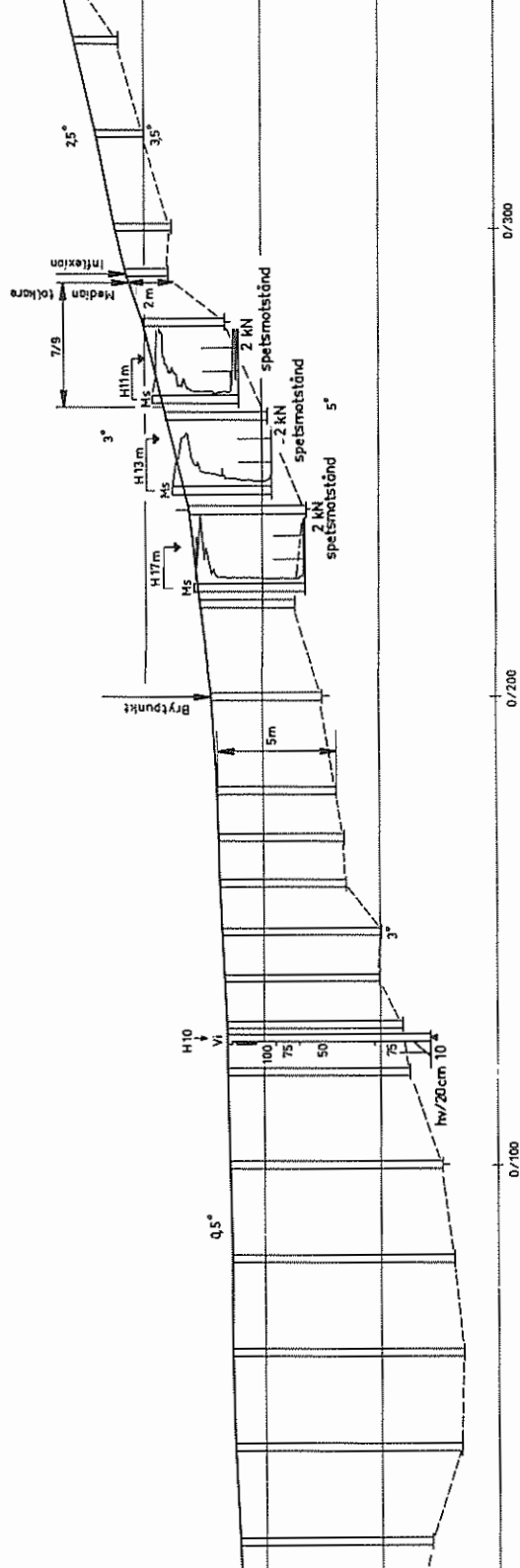
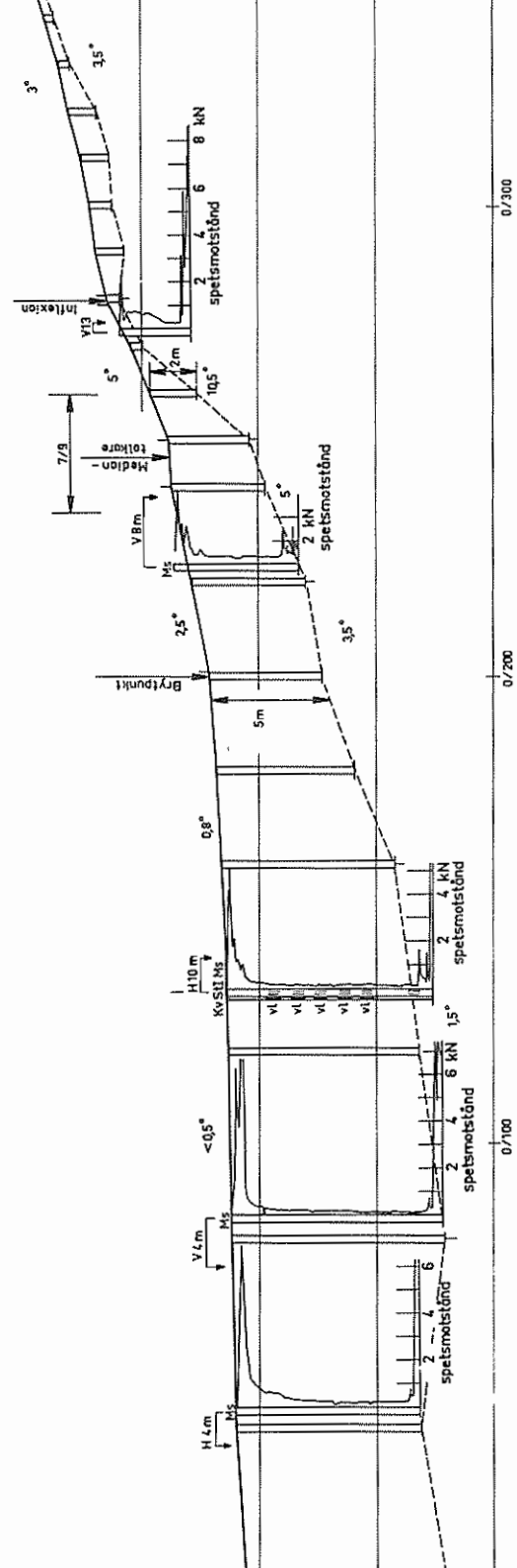


Fig. 17 Össeby-Garn.
Plan över fältundersökning
Plan of field investigation



Össeby-Garn. Profil A
 Össeby-Garn. Profile A



Össeby-Garn. Profil B
 Össeby-Garn. Profile B

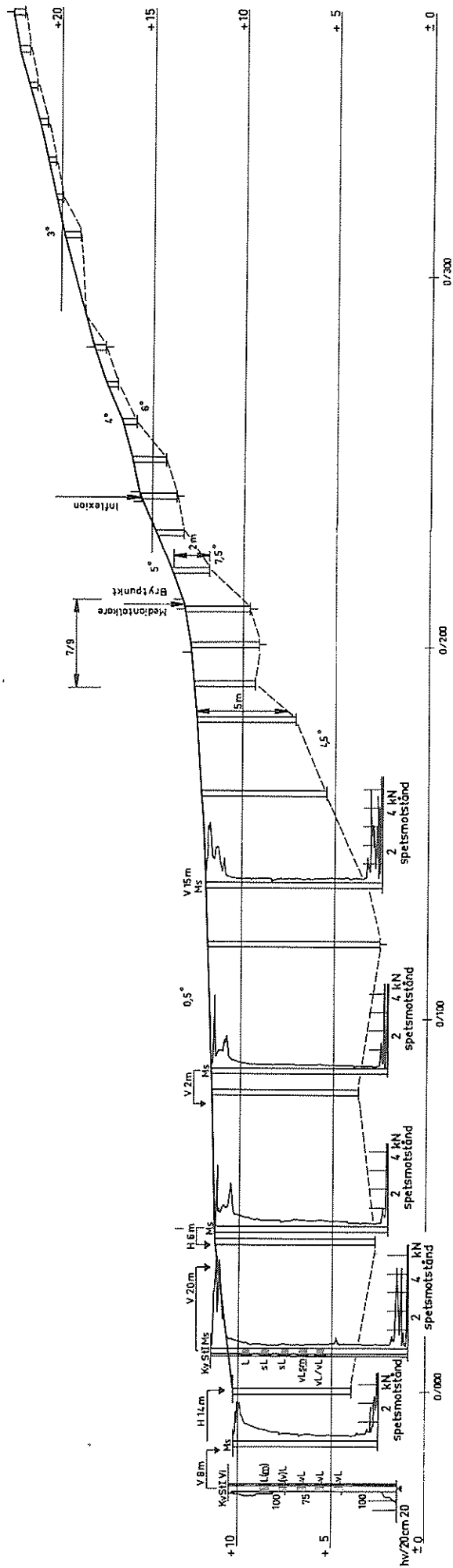


Fig. 20 Össeby-Garn. Profil C
 Össeby-Garn. Profile C

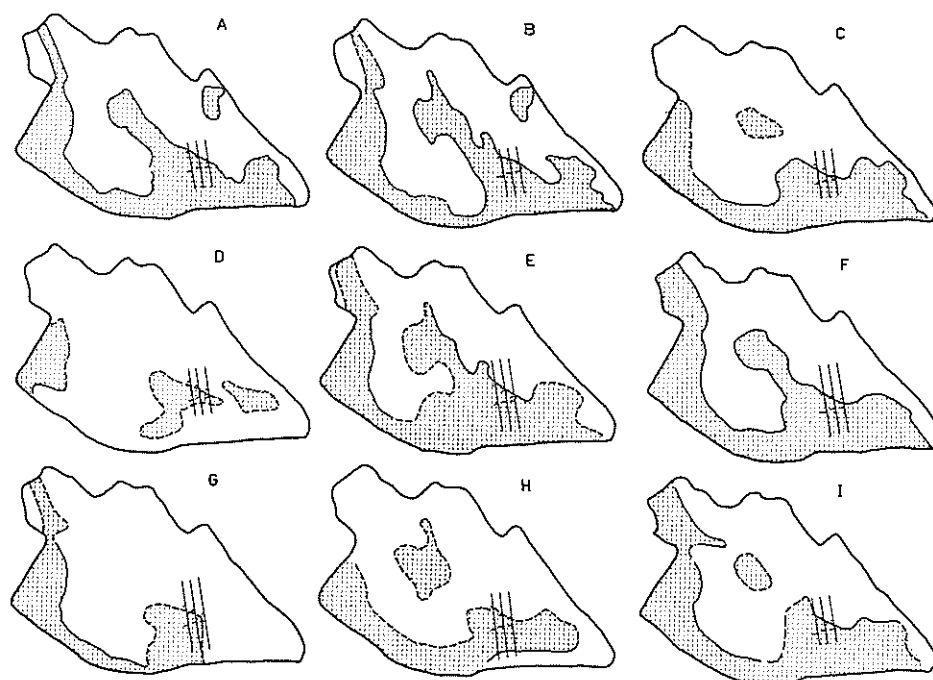


Fig. 21 Össeby-Garn. Individuella tolkningsresultat
Össeby-Garn. Individual interpretation results

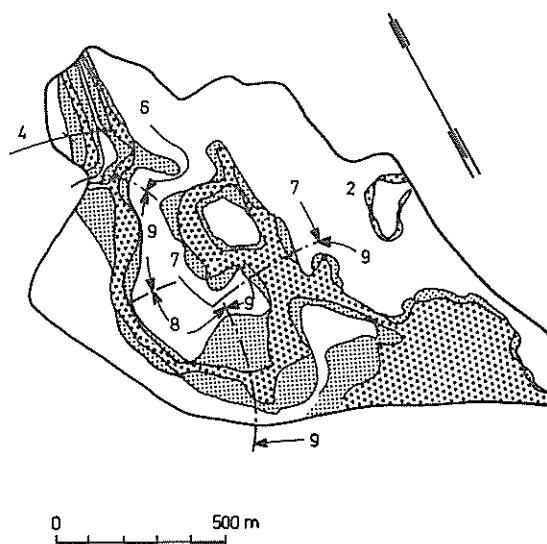


Fig. 22 Össeby-Garn. Karta över spridningen i tolkningsresultaten
Össeby-Garn. Map showing the spread of the interpretation results

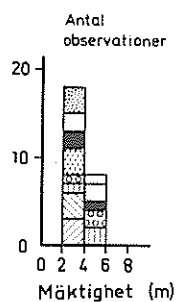


Fig. 23 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

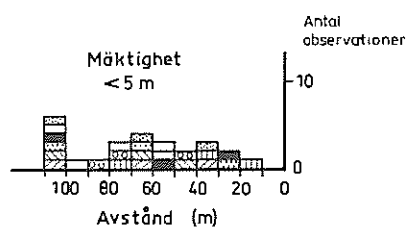


Fig. 23 b Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 5 m thickness

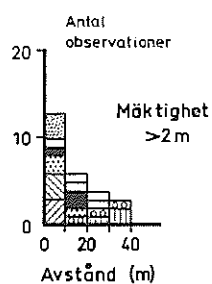


Fig. 23 c Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 2 m thickness

8.3 Vallentuna (Hammarby)

Topografi och geologi

Området är beläget ca 25 km N Stockholm. Några topografiska och geologiska data redovisas nedan (fig. 24-26):

Dalgång i nord-sydlig riktning

| | | |
|--|---|----------------|
| Dalgångsbredd: | Relativt konstant ca 200 m | |
| Nivåskillnad mellan dalgångsbotten och dalsidans krön: | Max | Vid profiler |
| Östra sidan | 30 m | 5 m |
| Västra sidan | 20 m | 15 m |
| Dalsidans lutning: | Ovan sediment | Under sediment |
| Östra sidan | 15-20° | 5-10° |
| Västra sidan | 15-20° | 0-15° |
| Berggrund: | Granit | |
| HK: | Närmaste HK är belägen ca 15 mil västerut på +160-170 m | |
| Största uppmätta sedimentdjup: | Ca 10 m | |

Sedimenttopografin i dalgången uppvisar markanta brytningar mellan dalgångsbotten och dalslutning. Tydliga gråtonsskillnader accentuerar brytningen (fig. 25).

Mot den branta västsidan av bergmassivet i öster möter sedimentet utan egentlig brytning i dess yta. Detsamma gäller sedimentgränsen mot de två bergsstupen på dalens västra sida. I dalgångens södra del förekommer ett lager organisk jord överst vilket ger en mycket mörk gråton där jordytan är bar. Den ljusa gråtonen mellan de mörka ytorna förorsakas av vegetation.

Av profilerna A-C (fig. 27-29) framgår, att brytningen i sedimentytan uppstår vid ca 5 m djup i profil A, 6 och 8 m i profil B samt 4, 5 och 5 m i profil C.

Sluttningarna ovan brytpunkterna är konvexa med inflexionspunkter vid djupen 2, 5 och 5 m i profil A, 4, 5 och 1 m i profil B samt 3, 5 och 4 m i profil C.

Dalbotten lutar endast några tiondels grader från bäcken upp mot brytpunkten. Ovan brytpunkten lutar markytan på västra sidan 3 å 4° upp till inflexionen varefter lutningen blir ca 2°. Underlagets lutning väster om bäcken ökar i stort sett jämnt från bäcken förbi inflexionen 10-30 m till ca 10° varefter lutningen minskar och blir lika med markytans lutning.

Underlagets lutningar väster om bäcken i de tre profilerna har i princip samma kurvatur. I profil B och C infaller markytans maximala lutning ovanför underlagets dito. I profil A däremot ligger motsvarande lutningar förskjutna 20-30 m i förhållande till varandra.

Öster om bäcken är markytan i sluttningen ej lika konvex som väster därom, med undantag för profil A där största lutningen är $4,5^\circ$. I övrigt är lutningen 1 à 2° . I A och B uppvisar underlaget en kraftig konvexitet - lutningar på $15-27^\circ$ - som främst återspeglas i sluttningen i profil A, men svagt i profil B. Inflexionen i markyta och underlag överensstämmer dock till skillnad från den västra sidan. I profil C är underlaget jämnt stigande, vilket också återspeglas i markytan.

Tolkningsresultat

Tolkningsresultaten visar mycket god överensstämmelse inom den nord-sydliga dalgången, se fig. 30-32. Detta beror på att här finns mycket tydliga såväl gråtonsförändringar som brytningar i sedimentytan i de norra och västra delarna av dalgången. Dessutom möter den branta bergsidan i öster sedimentet mycket distinkt. En ljusare gråton närmast bergsidan har förorsakat en viss spridning i resultaten. Gråtonen kan bero på nedsvallat material. Detta har dock ej undersökts.

Samtliga tolkare har även identifierat sedimentförekomsten i öster. Tolkningen baseras här enbart på topografiska förändringar, varför spridningen blir relativt stor.

Tolkningarna vid profilerna A-C visar att tolkningen skett vid 0-10 m (fig. 32 a). Maximal spridning i markplanet är 120 m (fig. 32 b-c). Om de två extrema tolkningarna tas bort fås maximal spridning på 50 m. Tolkningarna ligger vid brytpunkten och strax däröver.

I profil B (fig. 28) ligger brytpunkten på östra sidan vid ca 8 m djup och sedimentets underlag sluttar här brant (12°). Den branta bottenlutningen medför, att mäktigheten ökar snabbt ut mot dalgångens mitt. Resultaten av tolkningarna ger därför stora mäktigheter, även vid relativt ringa spridning. De tolkade stora djupen är sålunda ej så "felaktiga" som fig. 32 a skenbart anger.

Tolkningstiden har med undantag för den oerfarne tolkaren (20 min) varierat mellan 5 och 12 min.

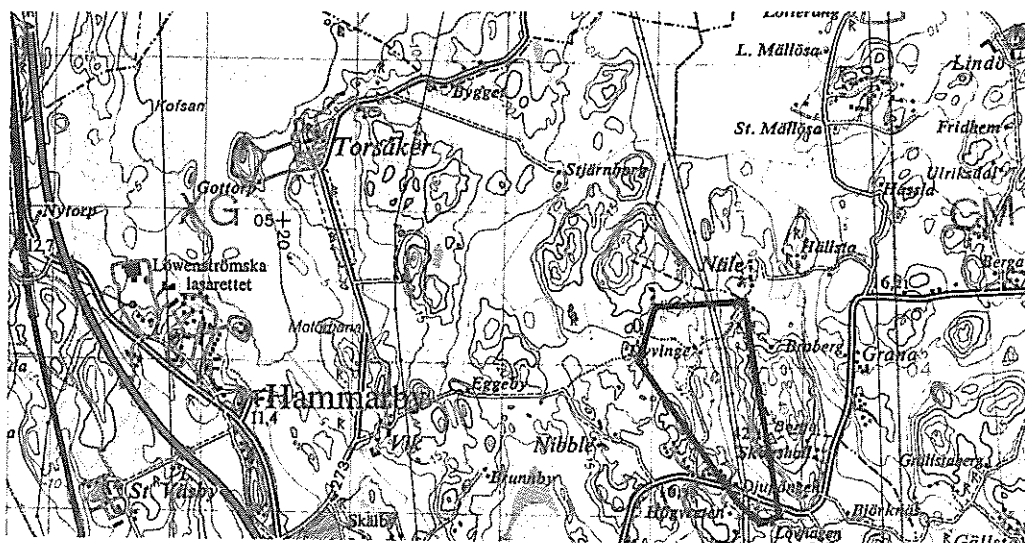


Fig. 24 Vallentuna. Topografisk karta
Vallentuna. Topographical map

SKALA 1:50 000



Fig. 25 Vallentuna. Flygbild
Vallentuna. Aerial photo

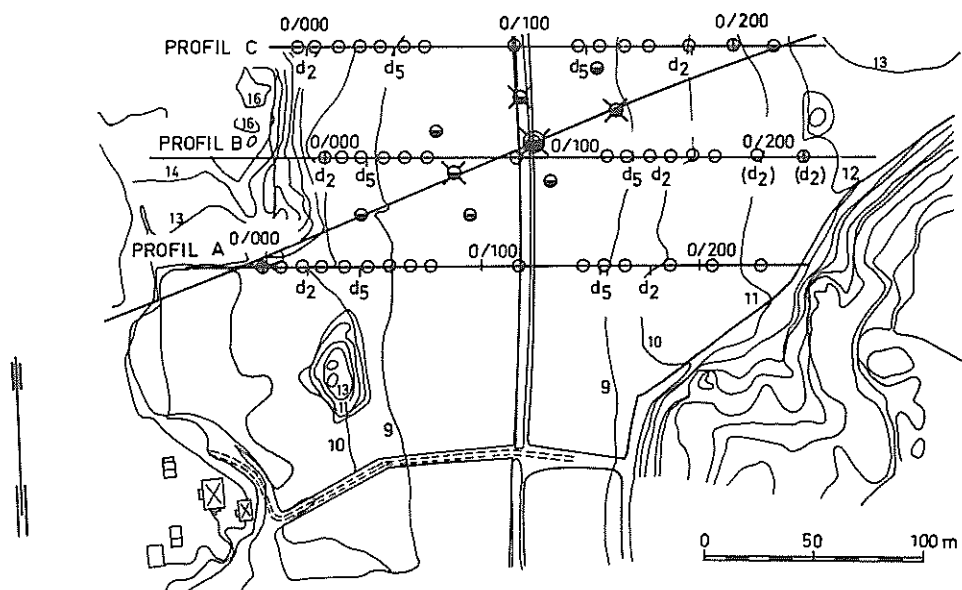


Fig. 26 Vallentuna. Plan över fältundersökning
Vallentuna. Plan of field investigation

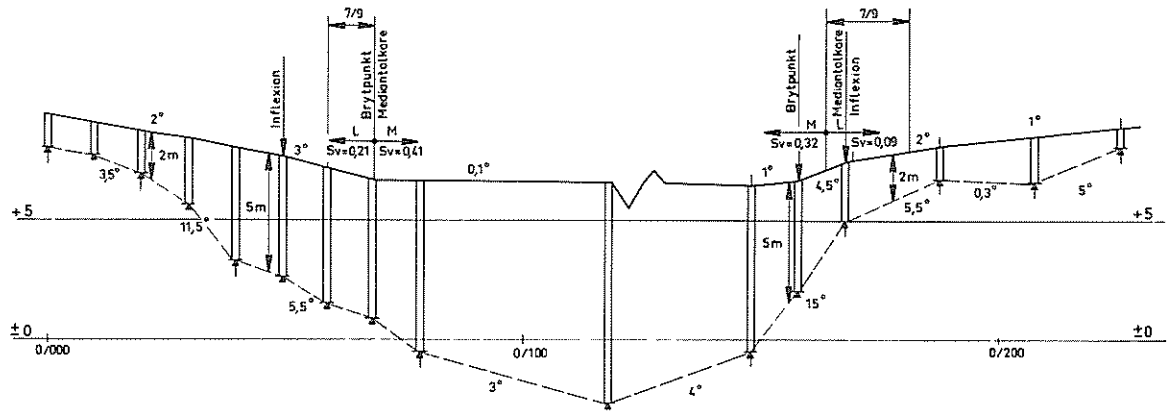


Fig. 27 Vallentuna. Profil A
Vallentuna. Profile A

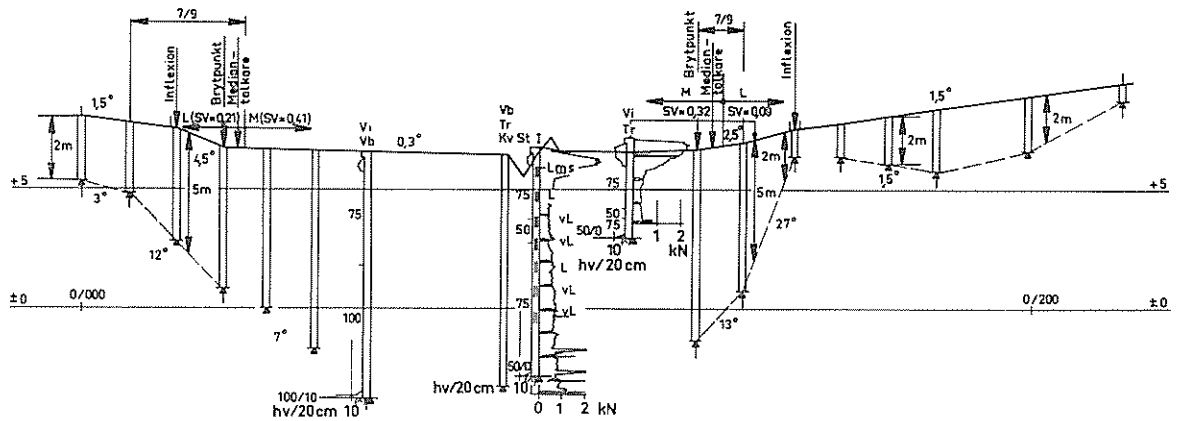


Fig. 28 Vallentuna. Profil B
Vallentuna. Profile B

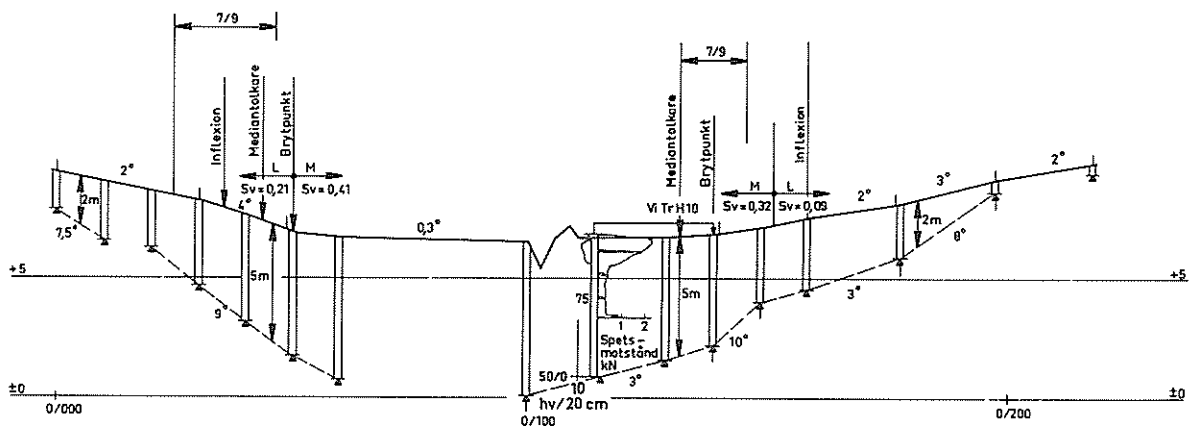


Fig. 29 Vallentuna. Profil C
Vallentuna. Profile C

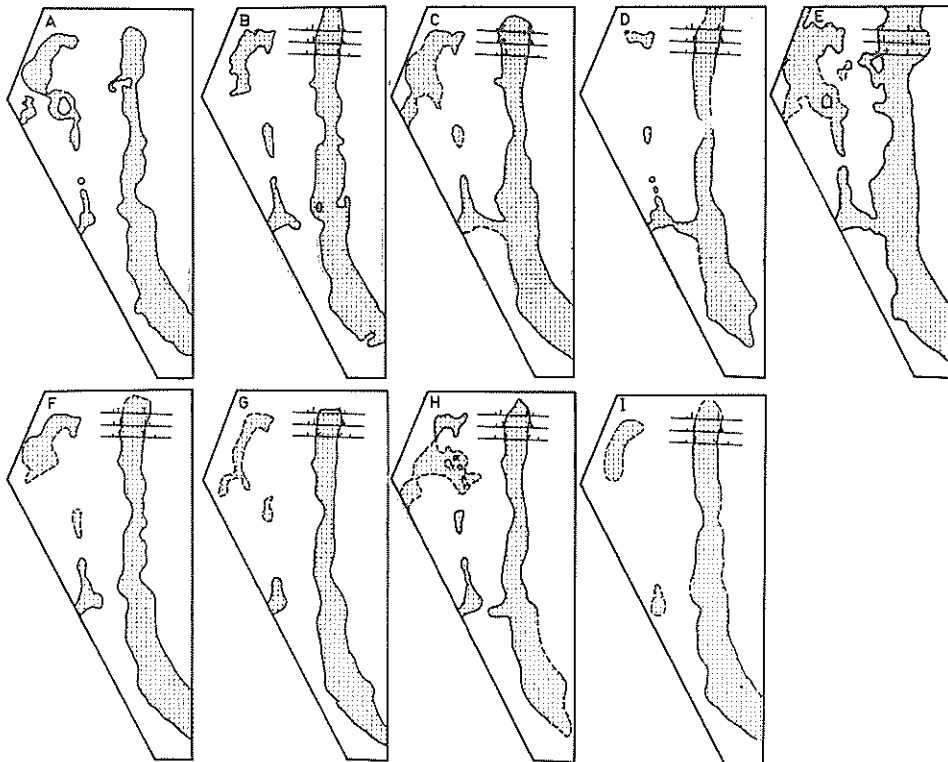


Fig. 30 Vallentuna. Individuella tolkningsresultat
Vallentuna. Individual interpretation results

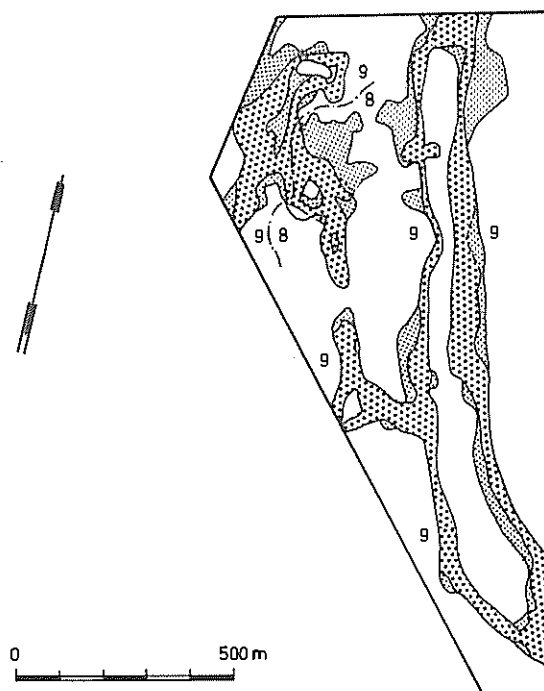


Fig. 31 Vallentuna. Karta över spridningen i tolkningsresultaten
Vallentuna. Map showing the spread of the interpretation results

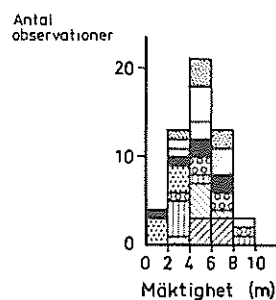


Fig. 32 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

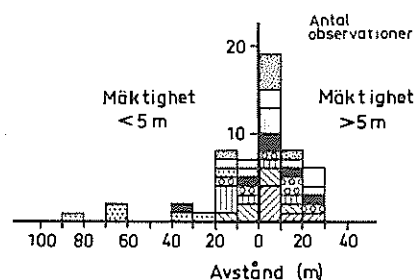


Fig. 32 b Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 5 m thickness

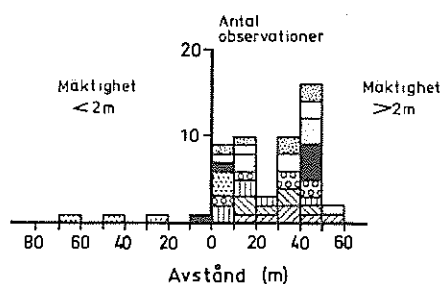


Fig. 32 c Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 2 m thickness

8.4 Linköping I

Topografi och geologi

Området är beläget ca 5 km NO Linköping mellan Rystad och Tallboda längs nya E4:ans sträckning km 1/600-4/000, se fig. 33.

Några topografiska och geologiska data framgår av följande (fig. 34-40):

Slättlandskap med smärre uppstickande berg- och moränryggar, som höjer sig maximalt 10-15 m över slättens nivå.

Höjdernas sidor har relativt branta lutningar, på sina håll upp till 30-40°.

Berggrund: Granit

HK: Utbildad ca 3 mil söderut vid Rimforsa på nivå ca +140 m

Isrörelseriktning: NV-SO

Största sedimentdjup: Ca 10 m

Området karakteriseras av den flacka lerslätten och de i ungefär NV-SO-lig riktning orienterade bergryggarna, som sticker upp ur sedimentet. Sedimenttäckta ryggar orienterade i samma riktning indikeras på flygbilden (fig. 34) av ljusare långsträckta fläckar på lerslätten. Slättens markyta är mycket svagt kuperad (<2°) utom intill höjdryggarna.

Sedimentets underlag är relativt flackt. Lutningarna överstiger sällan 5°. Det är endast vid de uppstickande bergryggarna som lutningarna hos underlaget är större - 20-35° - t ex vid 2/700 och 3/200 (fig. 38-39).

Tolkningsresultat

Tolkningsresultaten framgår av fig. 41-43 och har även markerats på profilerna (fig. 37-40).

På sträckan 1/500-2/200 (fig. 37) är sedimentmäktigheten maximalt ca 7 m. Mellan 1/740 och 1/580 höjer sig underlaget ca 6 m och markytan ca 1,5 m. Markytans brytning är svag och infaller ungefär vid 6,5 m mäktighet (1/740) där underlaget börjar luta uppåt. Gråtonen på flygbilden blir ljusare vid ca 5 m djup. Övergången mellan mörk och ljus gråton är dock diffus. Mellan 1/700 och 1/620 är mäktigheten i stort sett konstant. Vid 1/620 sker ånyo en uppgrundning som återspeglas starkare i markytans lutning som är ca 1°. 7 tolkare har tolkat denna uppgrundning och gråtonsförändring som här sker vid ca 4 m mäktighet.

En svag inflexionspunkt förekommer vid 1/700 (ca 4 m djup).

Mellan 1/600 och 1/750 går den ljusare gråtonen fram som en udde öster om det stora ljusa området (fig. 34). Detta har observerats av flera tolkare (C, D, F och I). Det är tydligt att en lokal uppgrundning sker inom den "ljusa udden". Inflexionspunkten tyder även på detta.

Mellan 1/900 och 2/060 minskar lermäktigheten från 6 m till 4 m. Lutningen hos underlaget är 2-4°. Denna uppgrundning är svagt märkbar i

markytans lutning som uppmätts till $0,3^{\circ}$. På flygbilden är ej jordmaterialets egen gråton iakttagbar inom området p g a vegetation varför ingen tolkning har utförts här. På fältet söder om detta avsnitt förekommer dock långsmala ljusare ränder på flygbilden. Dessa har markerats av 5 tolkare.

Vid 2/250 påverkar en utlöpare av den söderut i dagen gående bergryggen lerytans topografi. Underlaget lutar ca $2-4^{\circ}$ upp mot 2/250 medan markytan lutar $0,5-1,5^{\circ}$. Brytpunkten infaller vid 2,5 m sedimentmäktighet på västra sidan och vid 4,5 m på den östra. Gråtonsförändringen sker vid ca 2 m mäktighet väster och vid 4,5 m (sammansfaller med brytpunkten) öster om ryggen.

Underlagets inverkan på markytans lutning vid olika mäktigheter redovisas i fig. 44. Av diagrammen framgår, att för mäktigheter mindre än 5 m är underlagets inverkan klart märkbar i de flesta fall. Inverkan är dock mindre än väntat för 0-1 och 1-2 m mäktighet. För 2-5 m mäktighet är marklutningen ungefär $1/4$ av underlagets lutning. För större mäktigheter än 5 m påverkar underlaget markytan mycket litet eller inte alls.

Flygbilderna återger lerytans egenfärg inom större delen av området. Tydligt märkbara skiftningar mellan mörka och ljusa gråtoner förekommer över hela arealen. Uppmätning av svärtningsvärden redovisas i tabell 4. En sammanställning av lermäktigheten vid lägena för brytning, inflexion, gråtonsförändring och mediantolkare återfinns i tabell 4.

Tabell 4. Linköping I. Sammanställning av lermäktighet vid brytpunkt, inflexion, gråtonsförändring och mediantolkning

| Brytpunkt km | Inflexion | | Gråtons- förändr. | | Svärtningsvärden | | | Median- tolkare | | |
|------------------|-----------|-------|----------------------|-------|------------------|---------|------|--------------------|-------|-----|
| | km | djup | km | djup | mörk(M) | ljus(L) | M-L | km | djup | |
| | | | 1/620 | 4,0 | 0,39 | 0,22 | 0,17 | | | |
| | 1/700 | 4,5 | 1/710 | 5,0 | 0,53 | 0,39 | 0,14 | 1/660 | 4,0 | |
| 1/740 | 6,5 | | | | | | | | | |
| 2/190 | 2,5 | | 2/205 | 2,0 | 0,53 | 0,47 | 0,06 | 2/190 | 2,5 | |
| | | 2/235 | 1,5 | | | | | | | |
| | | 2/300 | 3,5 | | | | | | | |
| 2/340 | 4,5 | | 2/340 | 4,5 | 0,51 | 0,47 | 0,04 | 2/340 | 4,5 | |
| 2/715 | 4,0 | | | | | | | 2/715 | 4,0 | |
| | | 2/730 | 1,0 | - | | | | | | |
| | | 2/860 | (2,5) | | | | | | | |
| 2/940 | 7,0 | | 2/865 | 3,0 | 0,42 | 0,19 | 0,23 | 2/890 | 3,5 | |
| 3/140 | 7,0 | | | | | | | | | |
| | | - | 3/170 | 5,0 | 0,58 | 0,20 | 0,28 | 3/170 | 5,0 | |
| 3/500 | 6,5 | | | | | | | | | |
| | | 3/515 | 6,5 | 3/515 | 6,5 | 0,49 | 0,18 | 0,31 | 3/515 | 6,5 |
| 4/000 | 6,0 | | | | | | | | | |
| Median- värde | 6,0 | | 2,5 | | 4,5 | | | | 4,0 | |

Av tabellen framgår att brytningen sker vid 2,5-7,0 m djup och med medianvärde på 6,0 m. Inflexion, dvs övergång mellan negativ och positiv ytform, är märkbar vid 5 av de 8 uppgrundningarna och sker vid 1-4,5 m djup, vilket betyder 1-3,5 m grundare än brytpunktsdjupen. Gråtonsförändringen sker alltid vid mindre djup jämfört med brytpunktsdjupen. Här ligger värdena mellan 2,0 och 6,5 m och med ett medianvärde på 4,5 m. Gråtonsförändringen är dock successiv. De angivna värdena ligger centralt i övergångszonen, som är maximalt 20-40 m bred. Detta förklarar till stor del spridningen i tolkningsresultaten. I övergångszonens yttersta delar där gråtonen börjar ljusna är lermäktigheten alltid större än 5 m inom Linköping I. Tolkning av dessa partier ger sålunda de största värdena - mellan 6 och 8 m, se fig. 43 a. Alla tolkningar av mäktigheter överstigande 5 m ligger inom 60 m avstånd från 5 m-djupet, se fig. 43 b. Spridningen mellan de "grundaste" och "djupaste" tolkningarna är stor inom de flacka (1-2° lutning) områdena. Spridningsintervallen för tolkningarna med de två extrema tolkningarna undantagna redovisas på längdsektionerna och är 20, 25, 25, 50, 95 och 100 m, se fig. 37-40.

Vid bedömningen av mäktigheten framgår det av fig. 43 a att 74% av tolkningarna ligger i intervallet 2-6 m, och 24% i 6-8 m intervallet. Spridningen i avstånden till 5 och 2 m mäktighet är stor, vilket kan förklaras av den flacka topografin.

Som framgår av spridningskartan (fig. 42) kan dock området karaktäriseras som lättolkat. Alla större gränser har identifierats av samtliga tolkare.

Största spridningen förekommer i norra delen av undersökningsområdet med undantag av dess västra del. Här har 7 tolkare streckat gränsen, vilket innebär att osäkerhet har rått om var gränsen skulle dras. Bidragande orsaker härtill är flack lutning och successiv gråtonsförändring samt att lerytans egenfärg ej är iakttagbar överallt. Åkerkanterna i slutningen ger dock en indikation om förändringar i jordartsförhållandena.

Tolkningstiden har varit 10-25 minuter.

Svärtningsmätningarna, se fig. 37-40 och tabell 4, visar att svärtningsvärdena (sv) är ca 0,4-0,6 inom de "djupa" mörkare ytorna och ca 0,2-0,5 inom de "grunda" ljusare ytorna. Mediantolkningen (den mittre tolkningen) sammanfaller i stort med gråtonsförändringen även där svärtningsskillnaderna mellan mörk och ljus yta är så liten som 0,04 och 0,06. I dessa fall bedöms dock brytpunkten - som här sammanfaller med gråtonsförändringen - vara avgörande för tolkningen.

Tolkning av gråtonsförändringen ger inom Linköping I rimligare djupvärden än brytpunktstolkningar.

Torrskorpans mäktighet

Med torrskorpa avses lerans översta uttorkade och fasta del. I denna utredning har torrskorpan definierats som det lager, där viktsonden endast kan neddrivas med 100 kg belastning eller vridning. Med genomgående torrskorpa menas att hela lerlagret består av torrskorpelera.

Torrskorpans mäktighetsvariation inom området framgår av tabell 5.

Tabell 5. Linköping I. Torrskorpans mäktighet jämförd med total lerlagermäktighet

| Sektion | Torrskorpans | Total lerlager- | Genom- gående torrskorpa |
|-------------|--------------|-----------------|--------------------------------|
| | km | m | |
| 1/580-1/600 | 2 | 2 | X |
| 1/620-1/700 | 2-2,5 | 4 | |
| 1/720-1/900 | 2 | 6 | |
| 1/920-2/140 | 1 | 3,5-6 | |
| 2/180 | 2 | 3 | |
| 2/220 | 2 | 2 | X |
| 2/260-2/300 | 1-3 | 1-3 | X |
| 2/340-2/710 | 1,5-2 | 5-10 | |
| 2/720 | 2 | 3 | |
| 2/730 | 1 | 1 | X |
| 2/880 | 3 | 3 | X |
| 2/900-2/920 | 3 | 4-5 | |
| 2/940-3/140 | 1,5-3 | 7-9 | |
| 3/180 | 2 | 4,5 | |
| 3/190 | 2,5 | 3,5 | |
| 3/450-3/580 | 4-8 | 4-8 | X |
| 3/620-3/980 | 2,5-3 | 8-12 | |
| 4/020 | 3 | 4 | |

Tolkningarna ligger som regel utanför den genomgående torrskorpan med undantag för sektion 2/880-2/900, där torrskorpans mäktighet är 3 m. Omkring 3/500 är leran fast ned till friktionslagret på 6-7 m djup. Det torde dock ej vara fråga om torrskorpa i egentlig mening i hela lerlagret.

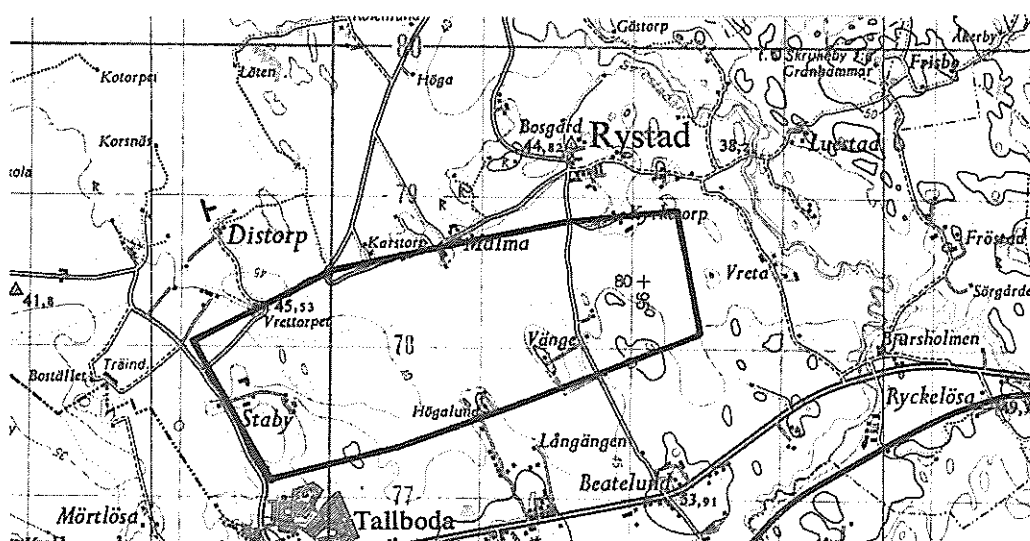


Fig. 33 Linköping I. Topografisk karta
Linköping I. Topographical map

SKALA 1:50000



Linköping I. Flygbild

Linköping I. Aerial photo

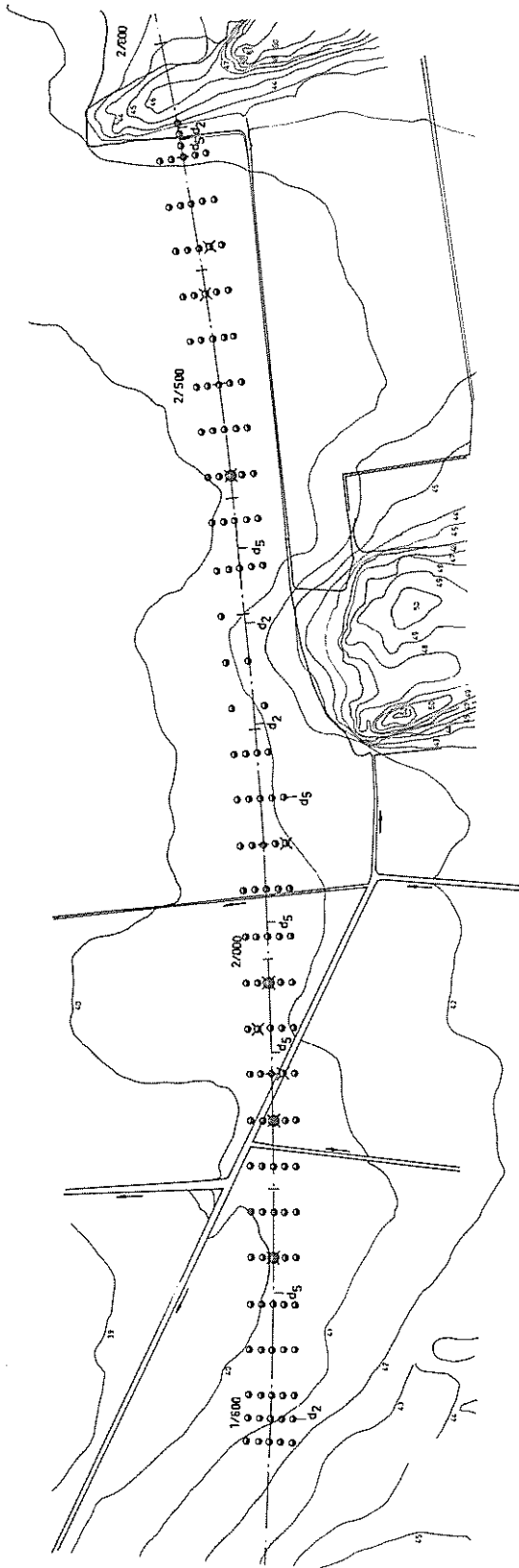


Fig. 35 Linköping I. Plan km 1/500-2/800
Linköping I. Plan km 1/500-2/800

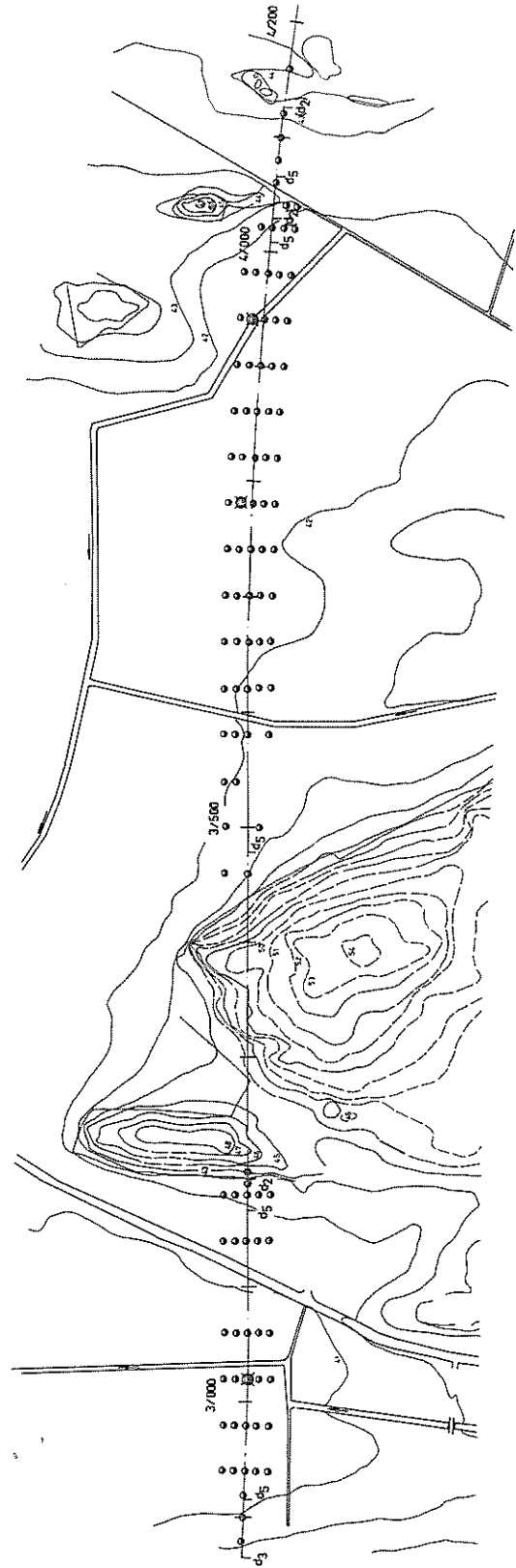
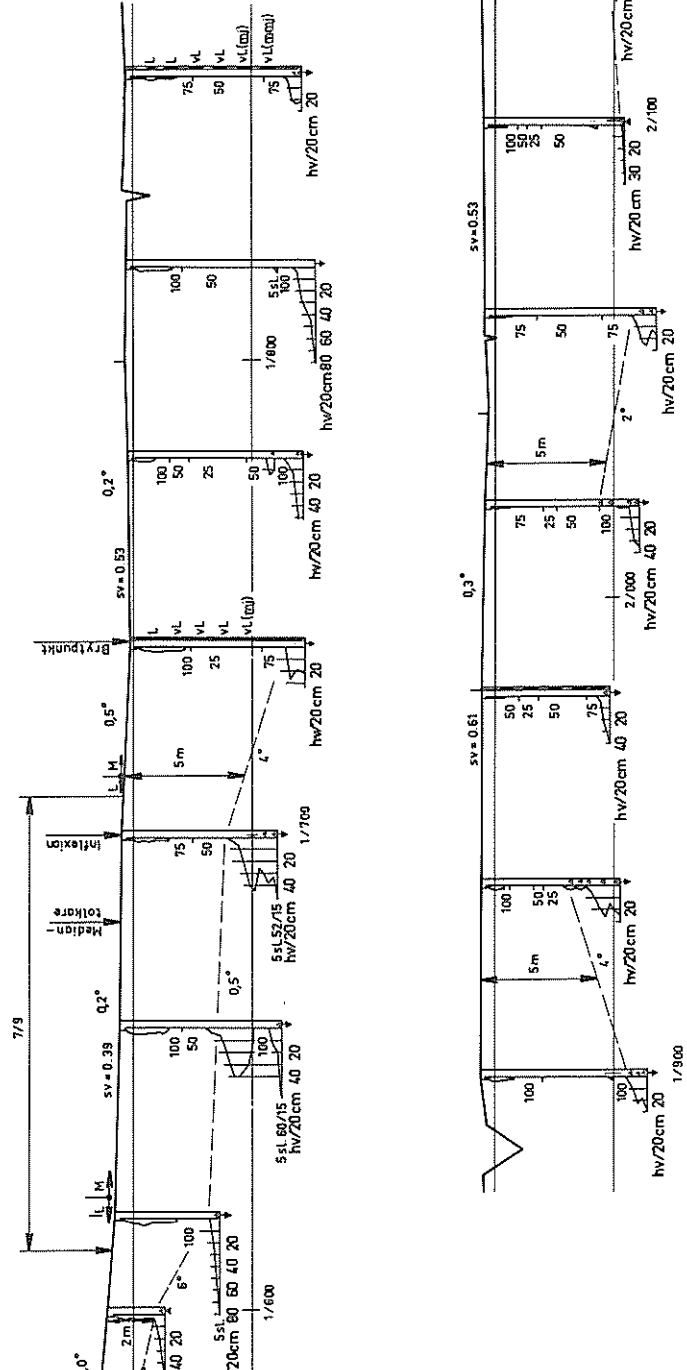
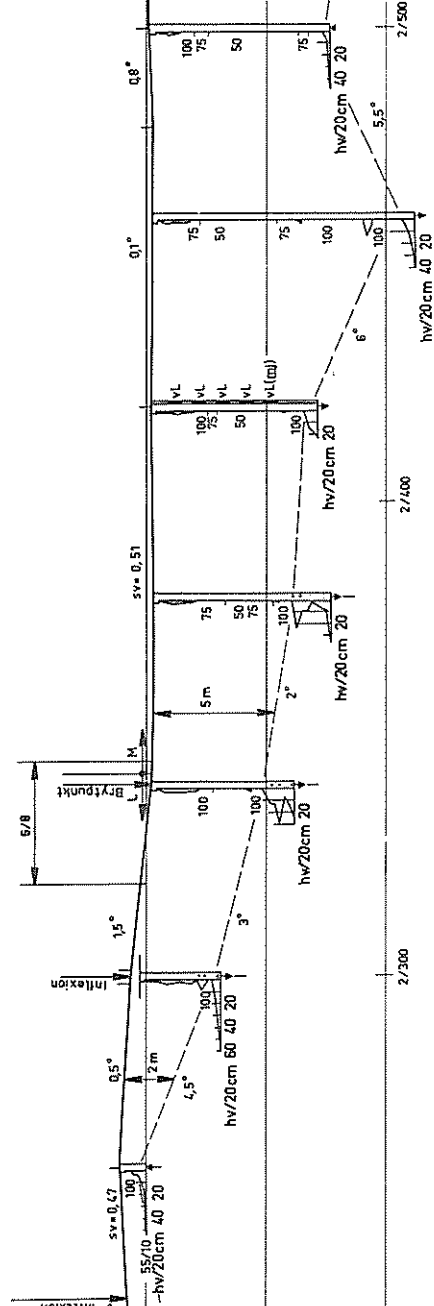


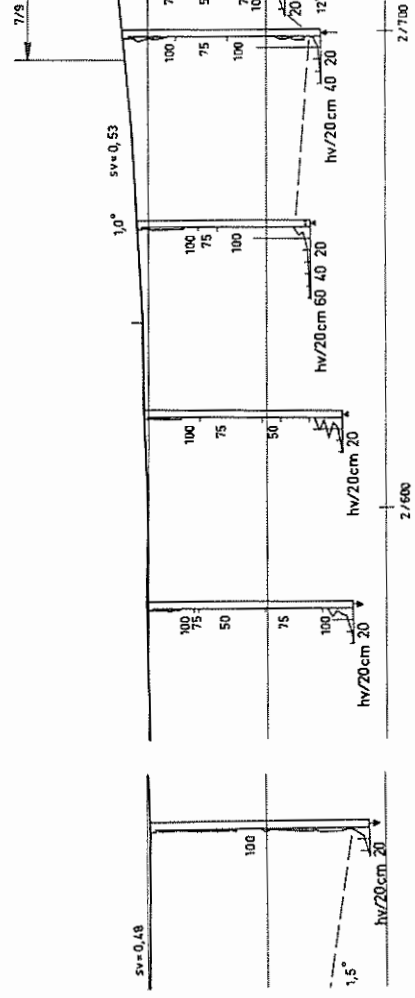
Fig. 36 Linköping I. Plan km 2/880-4/200
Linköping I. Plan km 2/880-4/200



Linköping I. Profil km 1/560-2/110

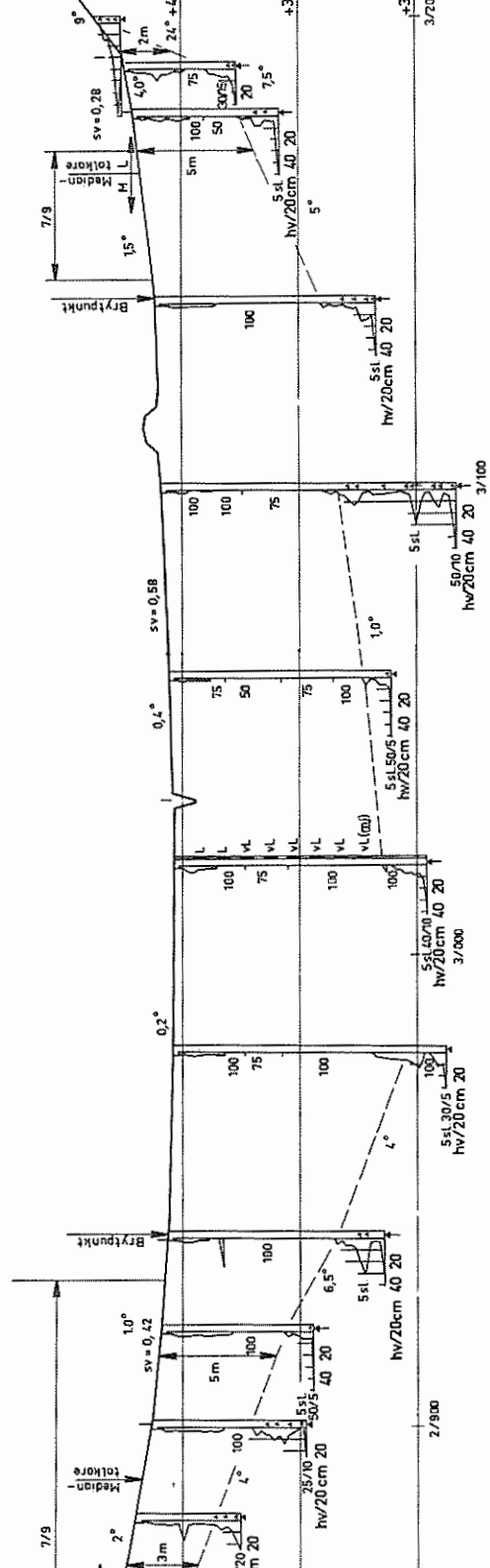
Linköping I. Profile km 1/560-2/110





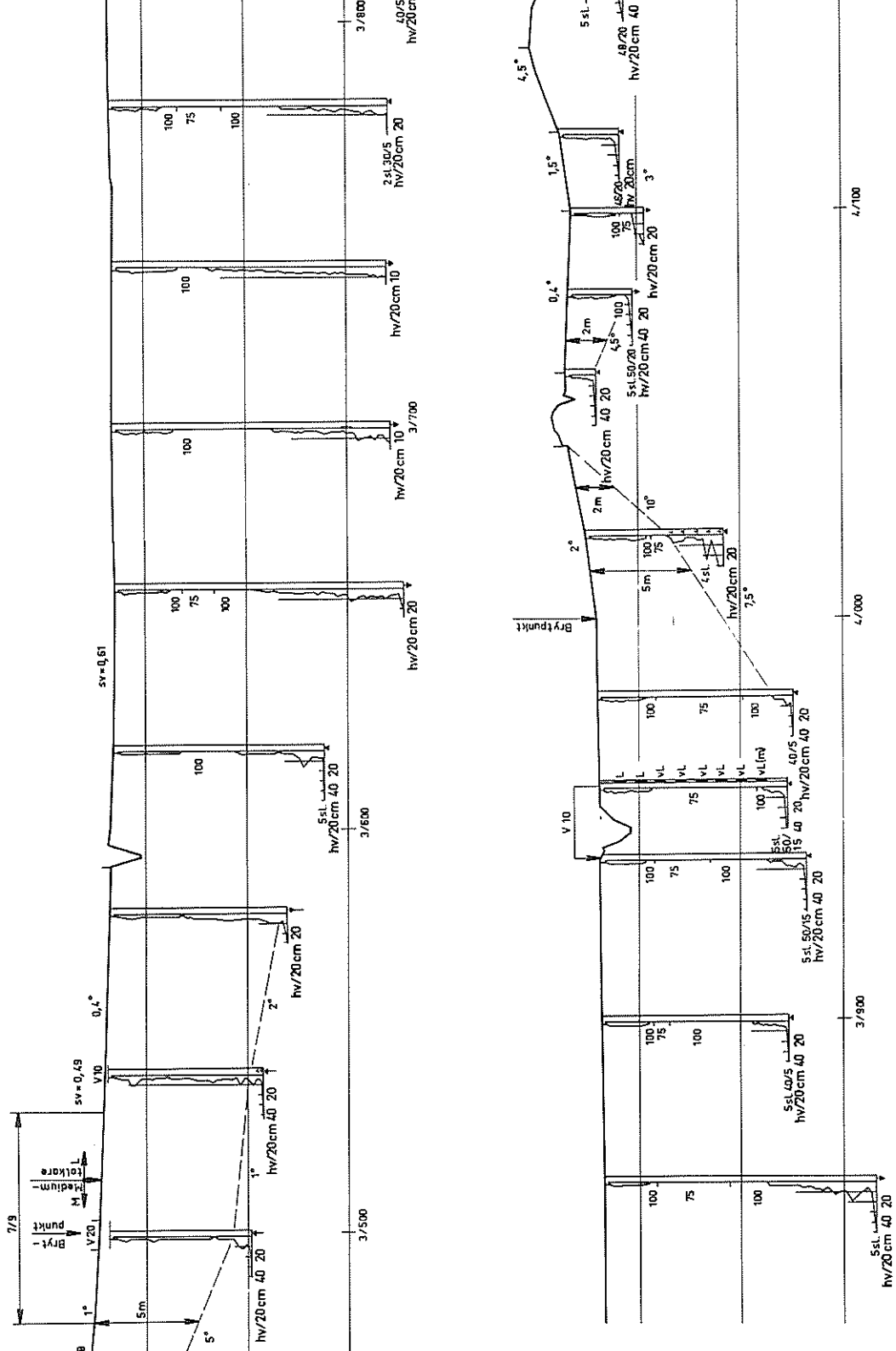
Linköping I. Profil km 2/110-2/730

Linköping I. Profile km 2/110-2/730



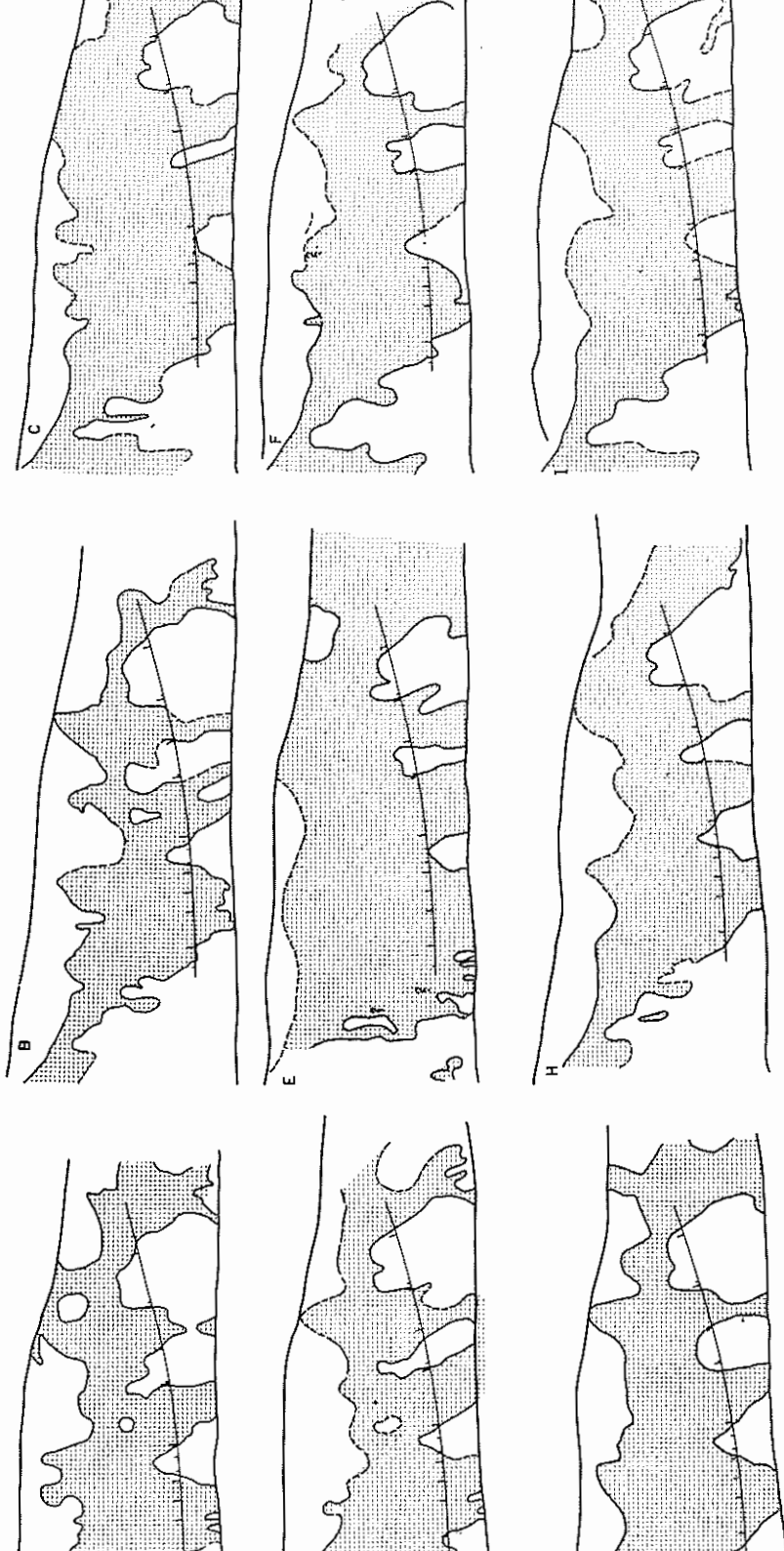
Linköping I. Profil km 2/840-3/200

Linköping I. Profile km 2/840-3/200



Linköping I. Profil km 3/440-4/180

Linköping I. Profile km 3/440-4/180



Linköping I. Individuella tolkningsresultat

Linköping I. Individual interpretation results

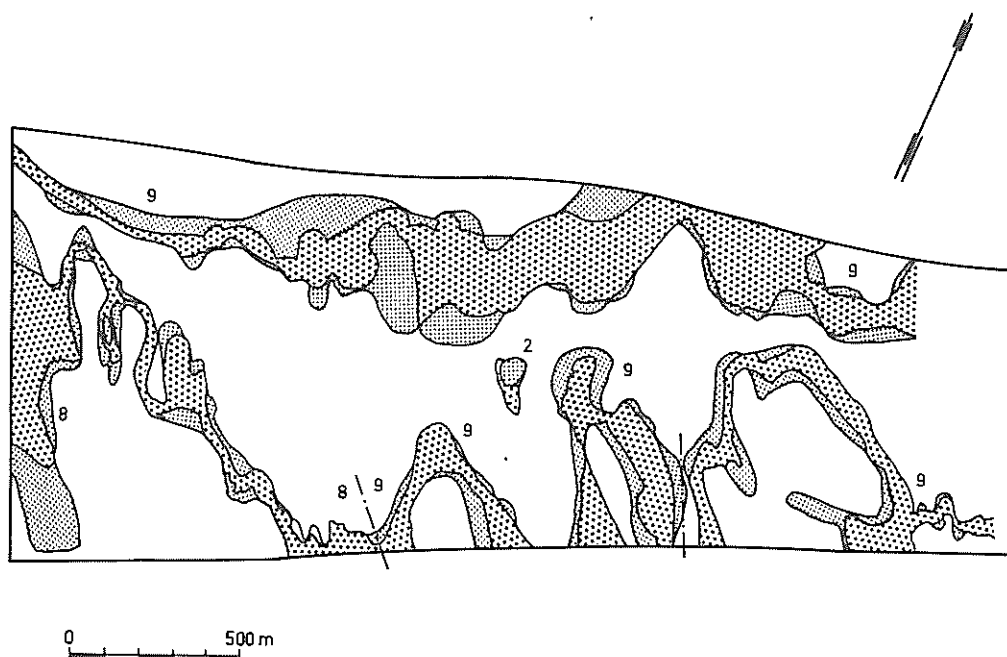


Fig. 42 Linköping I. Karta över spridningen i tolkningsresultaten
Linköping I. Map showing the spread of the interpretation results

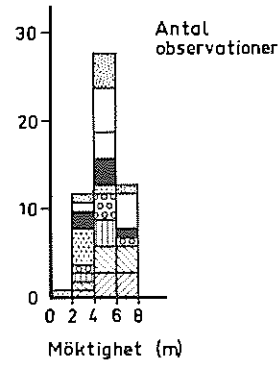


Fig. 43 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

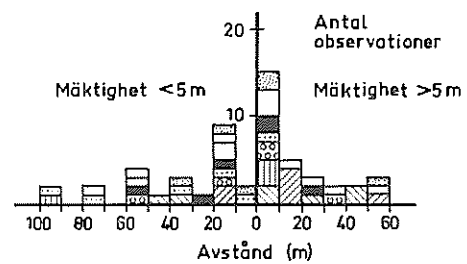


Fig. 43 b Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 5 m thickness

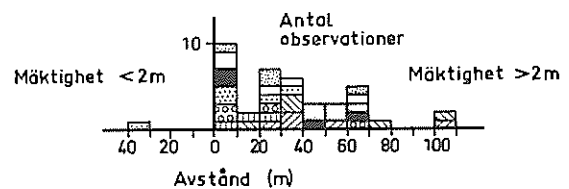


Fig. 43 c Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och
2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 2 m thickness

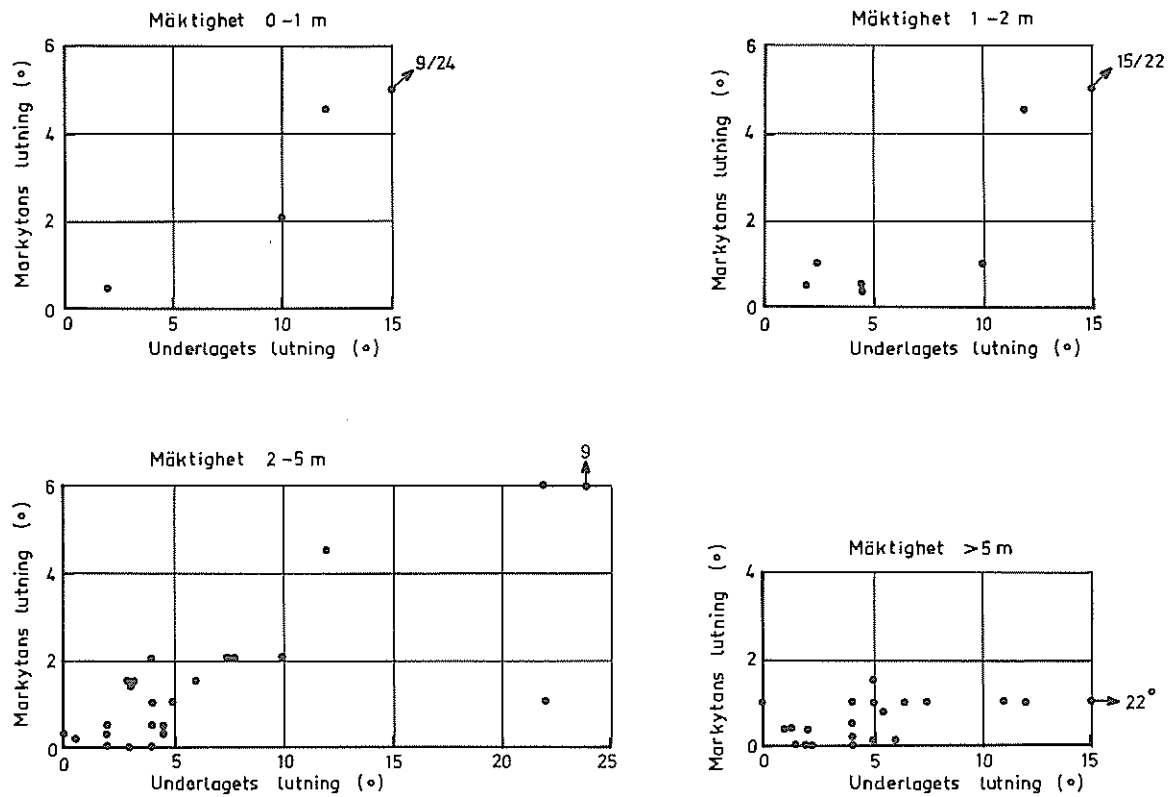


Fig. 44 Linköping I. Marklutningen som funktion av underlagets lutning vid olika mäktigheter

Linköping I. Ground inclination as a function of the inclination of the firm bottom beneath the clay at different thicknesses

8.5 Linköping II

Topografi och geologi

Området är beläget ca 15 km O Linköping (NV Törnevalla) längs blivande motorväg E4:s sträckning km 7/900-11/500 (se fig. 45, 47-49).

Undersökningsområdet består av slättlandskap som till större delen är uppodlat. Ett ca 1 km brett skogs- och betesmarkparti förekommer i västra delen. I övrigt bryts de uppodlade lersedimenten av smärre berg- och moränryggar. Se fig. 46.

Geologin överensstämmer med Linköping I-området, med undantag av att maximala sedimentmäktigheten är ca 15 m inom Linköping II.

Morfologi och jordlagerförhållanden samt undersökningsresultat redovisas på planer (fig. 47-49) och profiler (fig. 50-54).

Relationerna mellan markytans och underlagets lutning för sedimentmäktigheterna 0-1, 1-2, 2-5 och > 5 m redovisas i fig. 55. Här framgår att någon större skillnad ej föreligger vid mäktigheterna 0-1 och 1-2 där markytans lutning påverkas förvånansvärt litet även där underlagets lutningar är 5-15°. Enstaka branta marklutningar förekommer dock.

För mäktigheten 2-5 m är marklutningen 1/5-1/10 av underlagets lutning.

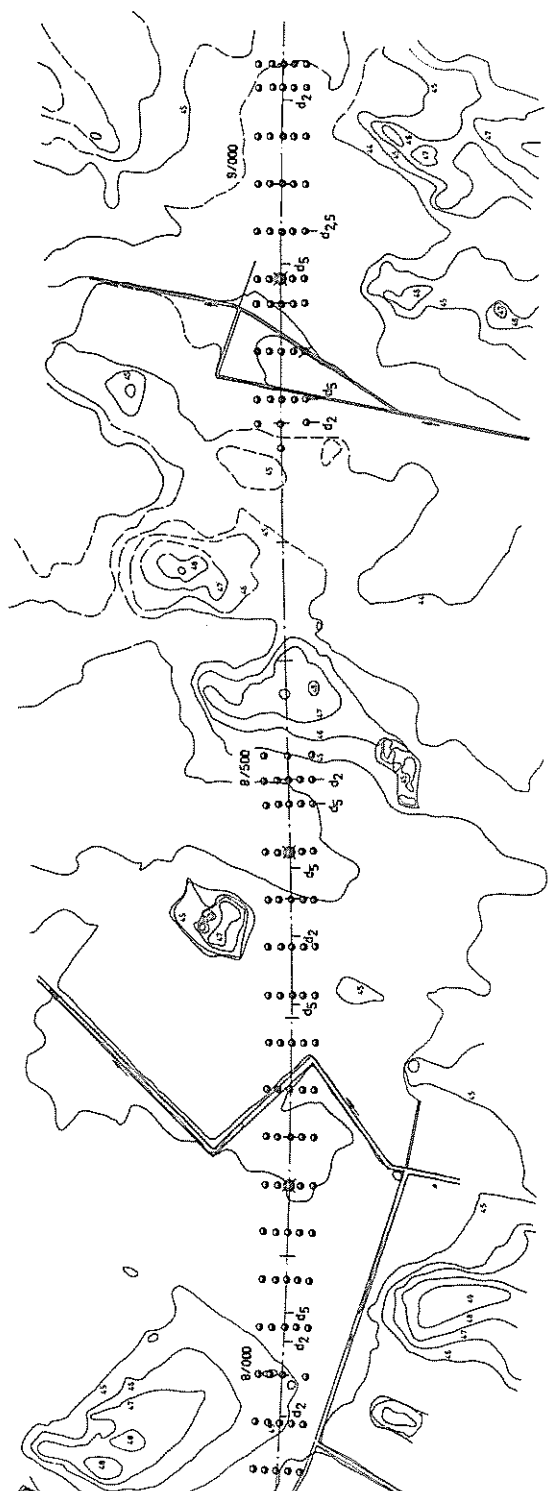
Då mäktigheten hos sedimentet överstiger 5 m påverkar underlaget markytan mycket litet. Markytan är i stort sett horisontal oberoende av underlagets topografi. Värdena 1-2° på markytans lutning gäller i allmänhet för 5-6 m mäktighet.

Brytpunkten ligger oftast vid större eller lika stort djup som gråtonsförändringen (5 större, 4 lika, 1 mindre). Mediantolkningen har skett vid djup som är mindre än gråtonsförändringen i 3 fall, lika i 4 fall och större i 2 fall (fig. 50-54).

Tolkningsresultat

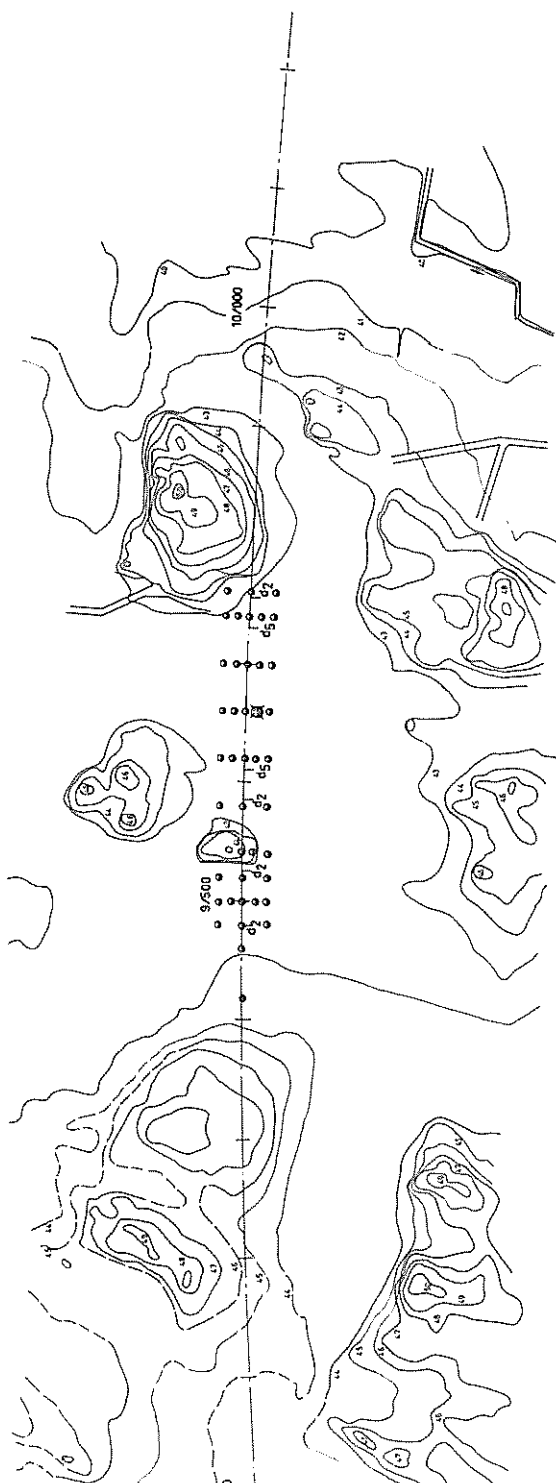
Tolkningsresultaten framgår av fig. 56-57. Fig. 57 a visar att de flesta tolkningarna (64%) rörande sedimentmäktigheten har gett resultat som ligger mellan 2 och 6 m. 24% avtolkningarna ligger vid djup större än 6 m och 12 % vid djup mindre än 4 m. Vid de ställen där mycket stora (14-16 m) mäktigheter har tolkats är underlagets lutningar branta (10-20°) vilket innebär, att lerans mäktighet här ökar snabbt på relativt korta sträckor. De horisontala avstånden mellan de nämnda stora mäktigheterna och 5 m-djup är i de flesta fall mindre än 50 m. En liten avvikelse från de grunda förhållandena ger således en stor ökning i lerdjup. Jämför Vallentuna-området, där liknande förhållanden råder.

Av fig. 57 b-c framgår att tolkningarna vad det gäller spridningen i avstånd samlar sig bäst omkring 5 m djup. 69% av tolkningarna ligger inom 50 m avstånd från 5 m-djupet och 42% inom 20 m. För 2 m-djupet är motsvarande siffror 64% och 32%.



Linköping II. Plan km 7/800-9/100

Linköping II. Plan km 7/800-9/100



Linköping II. Plan km 9/100-10/000

Linköping II. Plan km 9/100-10/000

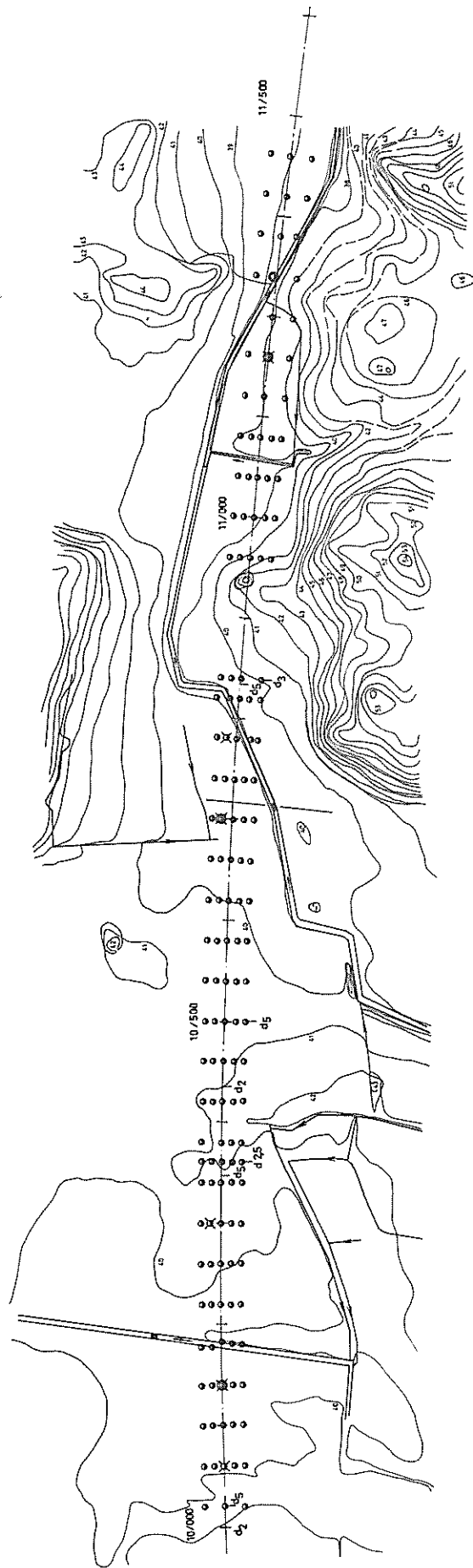
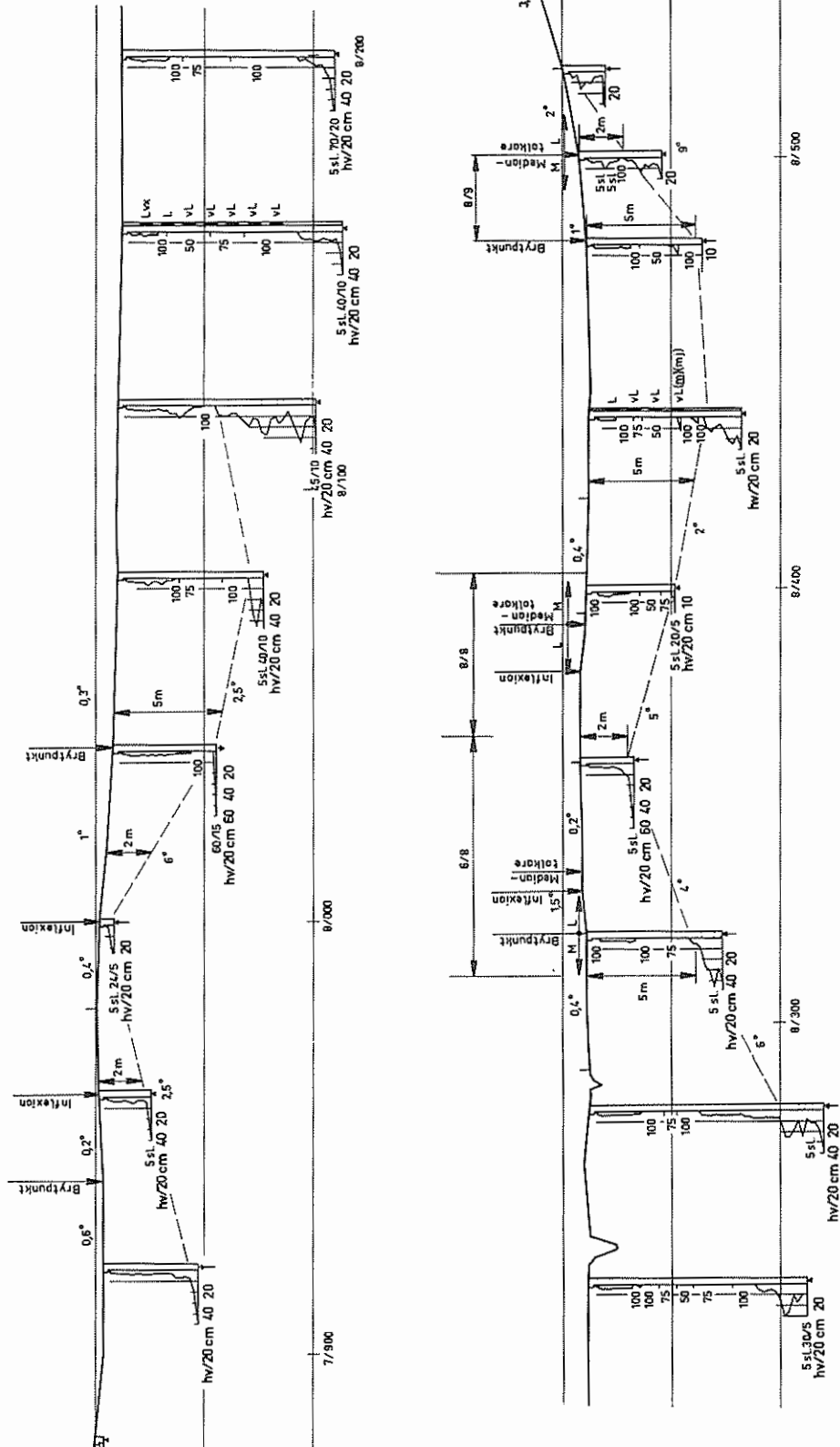
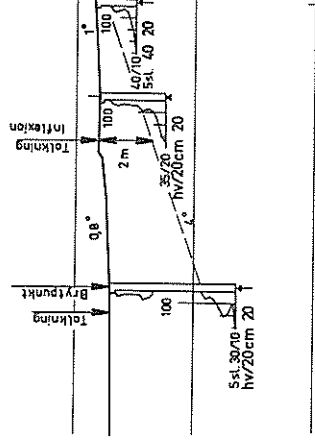
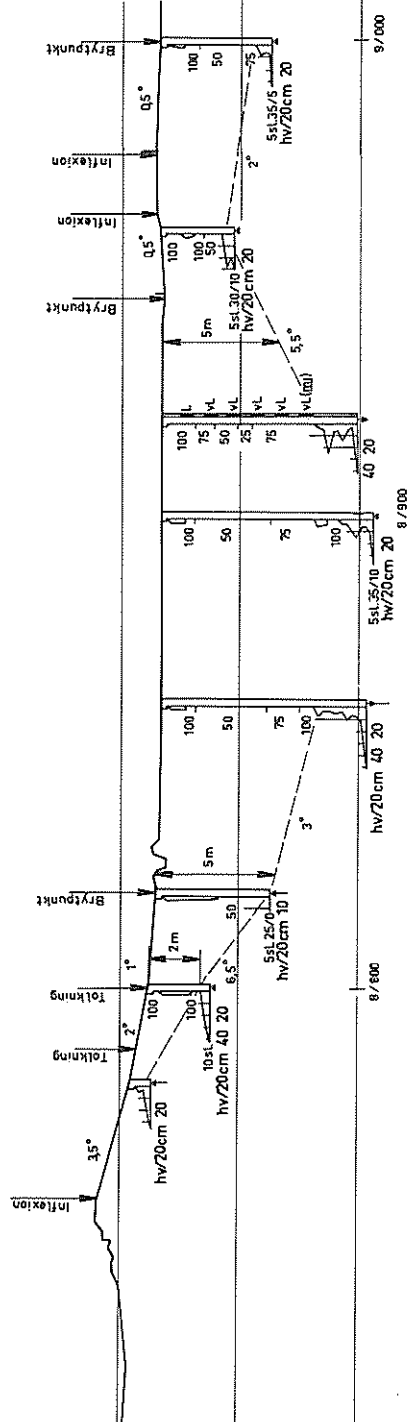


Fig. 49 Linköping II. Plan km 10/000-11/500
Linköping II. Plan km 10/000-11/500

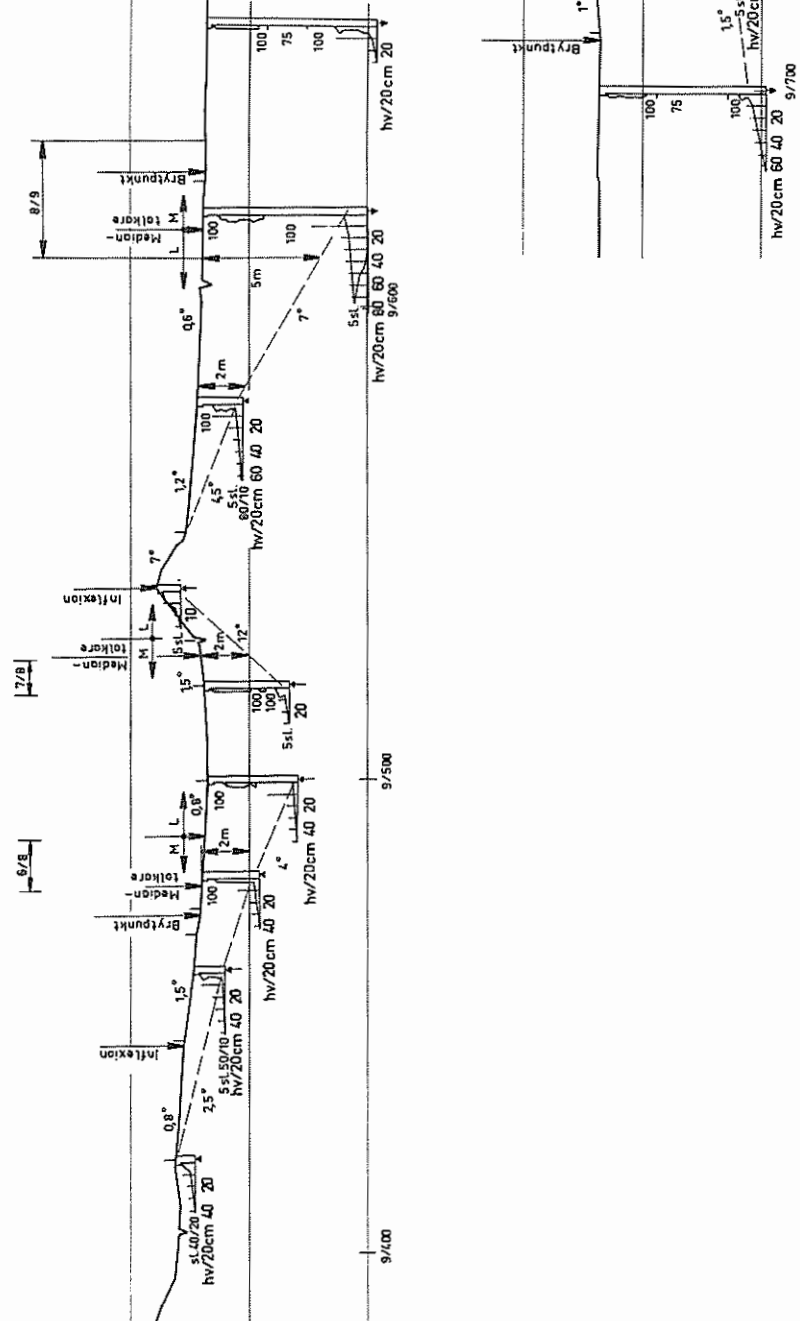


Linköping II. Profil km 7/860-8/560

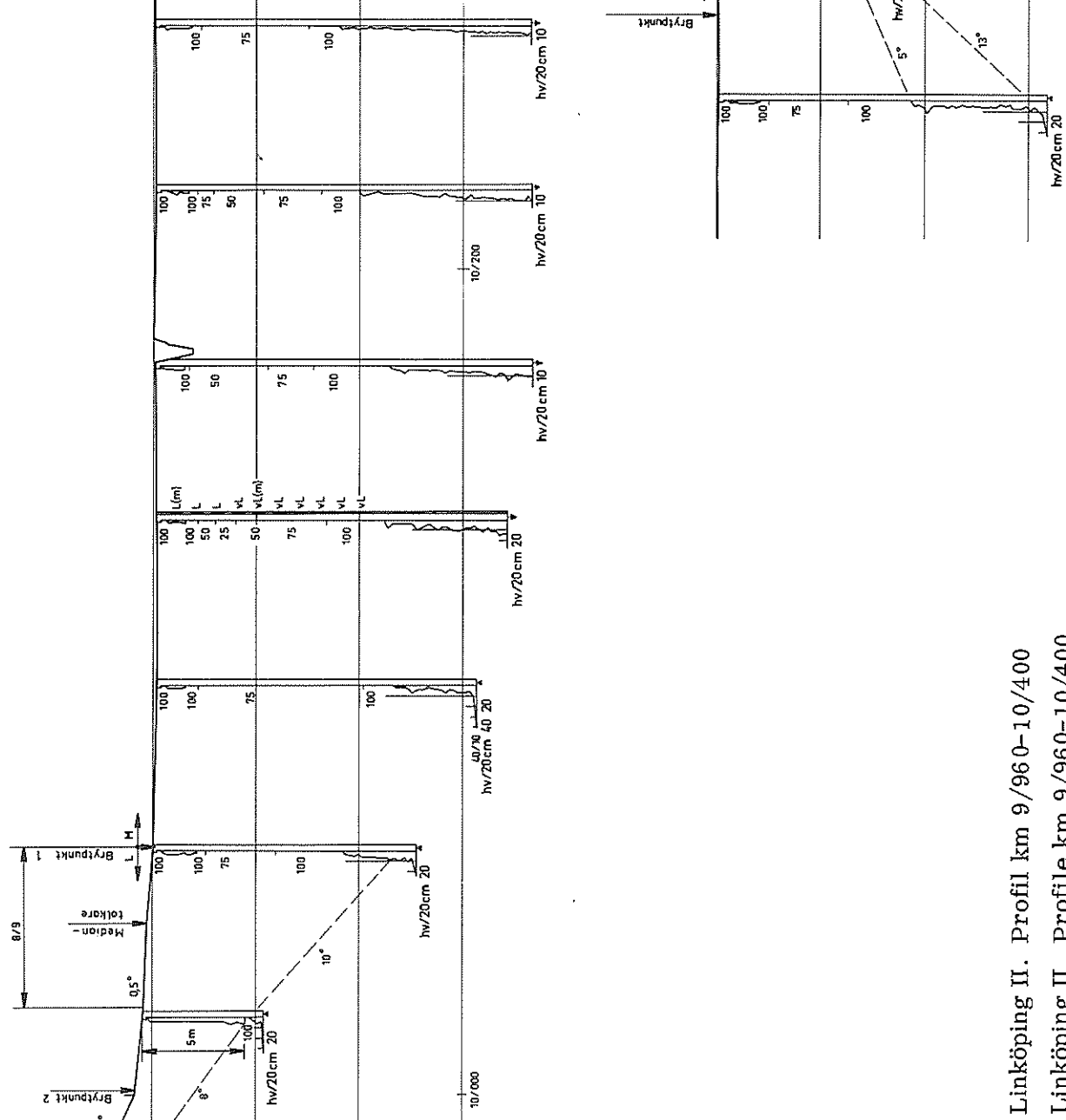
Linköping II. Profile km 7/860-8/560



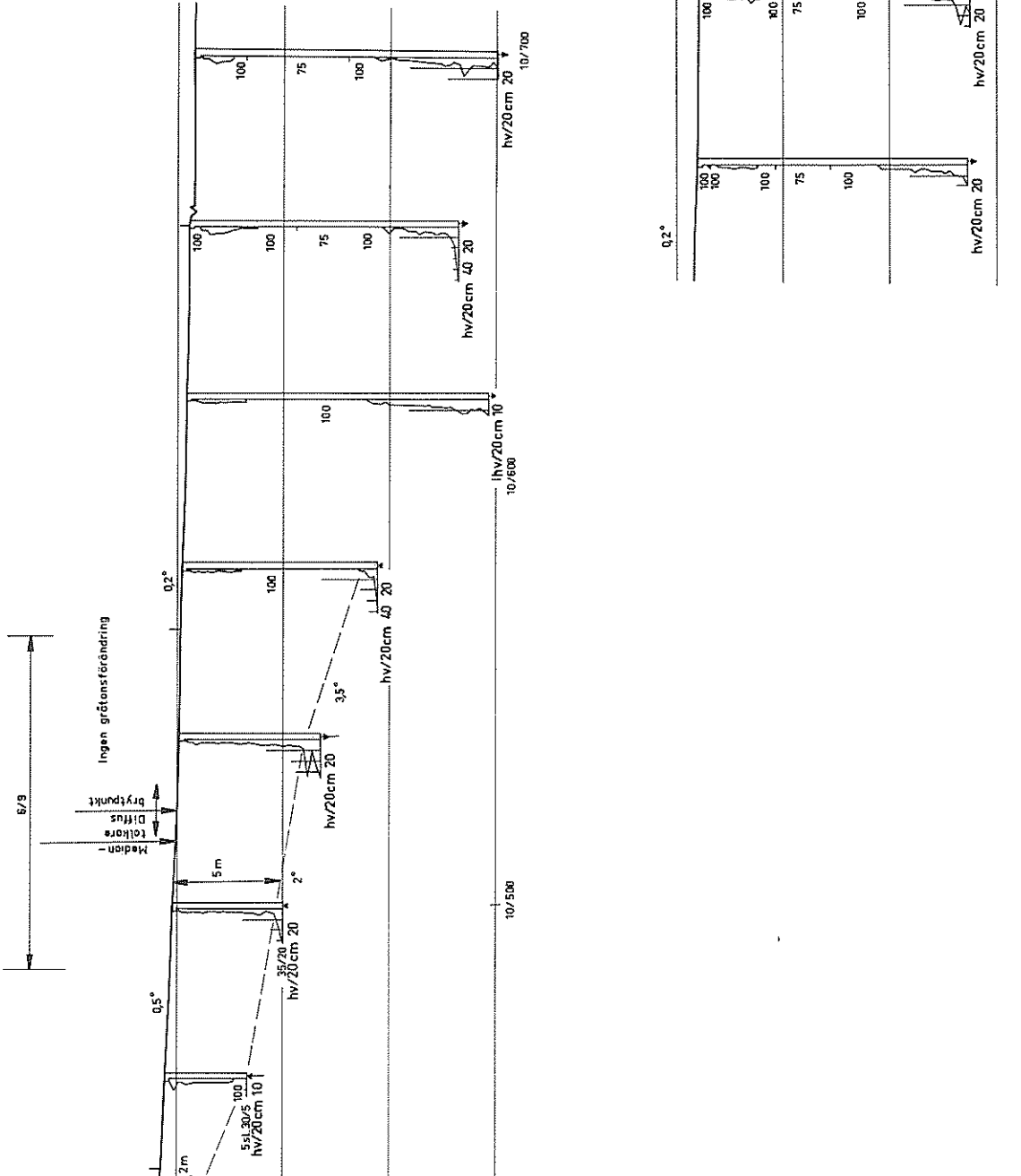
Linköping II. Profil km 8/690-9/130
 Linköping II. Profile km 8/690-9/130



Linköping II. Profil km 9/360-9/800
 Linköping II. Profile km 9/360-9/800



Linköping II. Profil km 9/960-10/400
 Linköping II. Profile km 9/960-10/400



Linköping II. Profil km 10/410-10/860
 Linköping II. Profile km 10/410-10/860

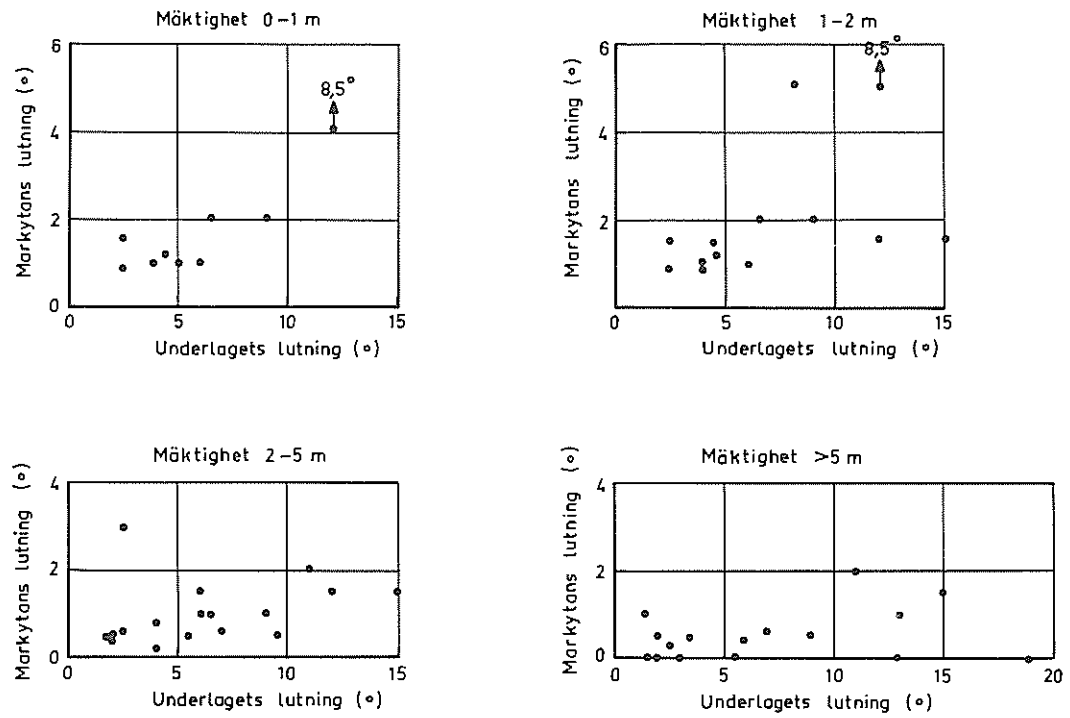
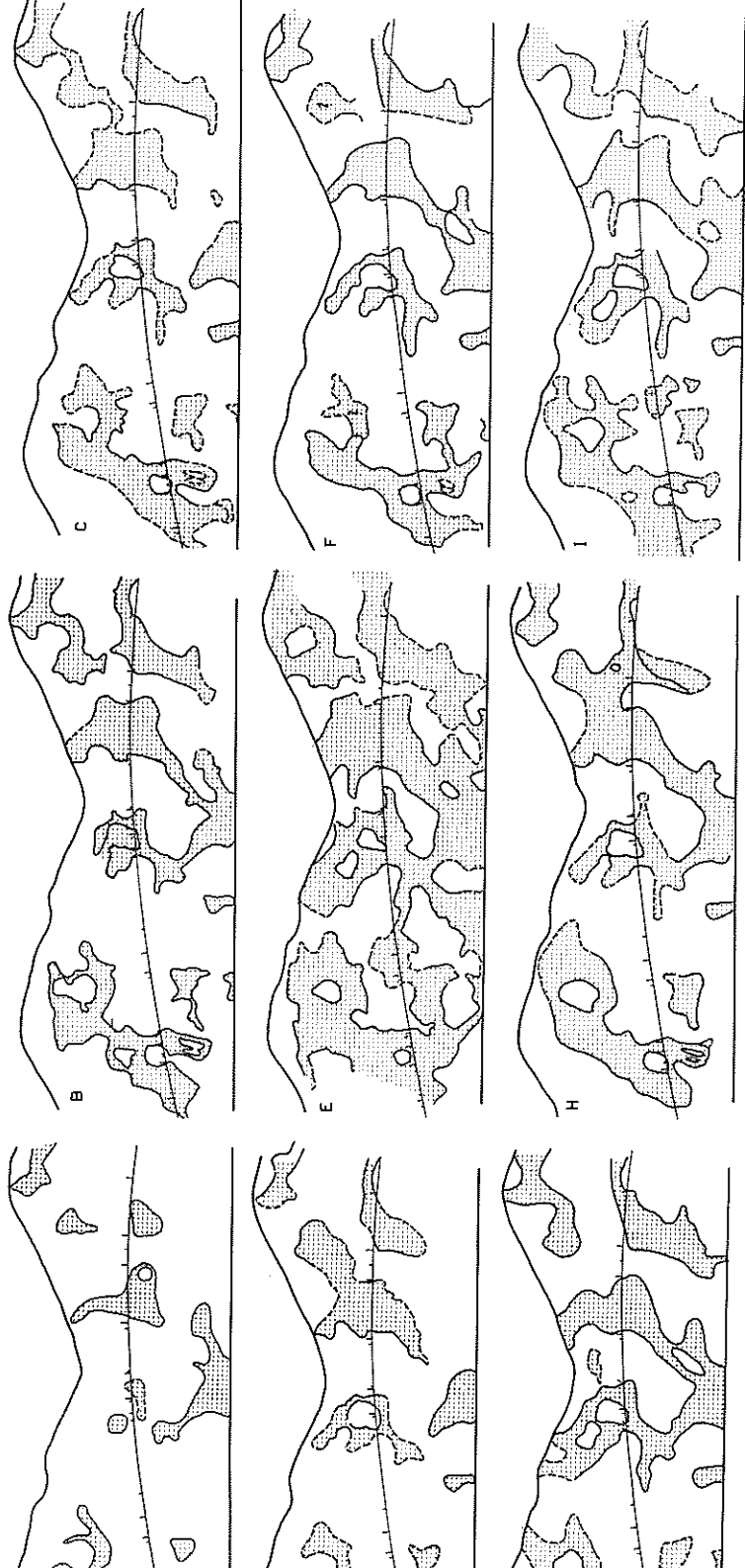


Fig. 55 Linköping II. Marklutningen som funktion av underlagets lutning vid olika mäktigheter

Linköping II. Ground inclination as a function of the inclination of the firm bottom beneath the clay at different thicknesses



Linköping II. Individuella tolkningsresultat
Linköping II. Individual interpretation results

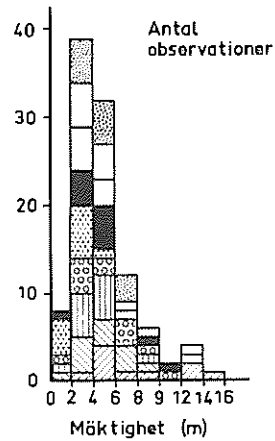


Fig. 57 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

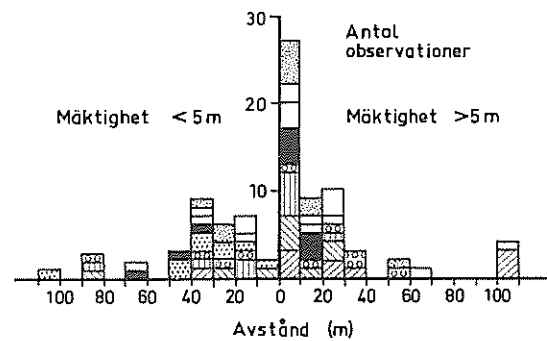


Fig. 57 b Horizontalt avstånd mellan tolkningslinje och
5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 5 m thickness

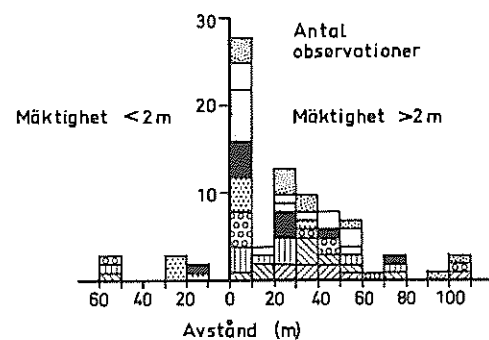


Fig. 57 c Horizontalt avstånd mellan tolkningslinje och
2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line
and 2 m thickness

8.6 Söderhall

Topografi och geologi

Området är beläget ca 35 km NO Stockholm och består av en ca 100 m bred dalgång, se fig. 58-59. Dalgångssidorna lutar 15-20°.

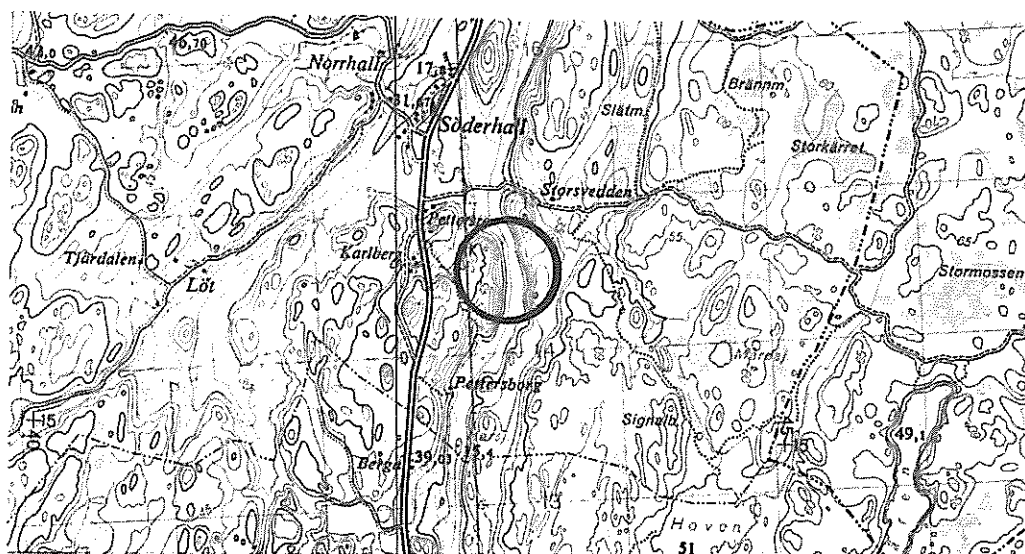
Dalgången är fylld med lersediment med maximalt 10 m mäktighet.

Området har medtagits i undersökningen för att studera hur lersedimentens ytformer påverkas av brant lutande underlag. Dalgångssidornas branta lutning fortsätter även under sedimenten, se profil A-C (fig. 60-62). Som framgår av profilerna påverkas ytformerna i mycket ringa grad. Markytans lutning är endast någon grad trots att underlaget lutar mellan 15 och 30°.

Dessa gradtal är alltför stora för att leran skall ha kunnat ligga kvar. Eventuellt kan skred ha förekommit i dalgången under landhöjningen och ha bidragit till utflackningen av ytformerna.

Dalgången vid Söderhall är ett typexempel som visar att lersedimenten möter branta dalsidor med i det närmaste horisontal markyta.

I Söderhallsområdet har ingen tolkning utförts.



SKALA 1:50 000

Fig. 58 Söderhall. Topografisk karta
Söderhall. Topographical map

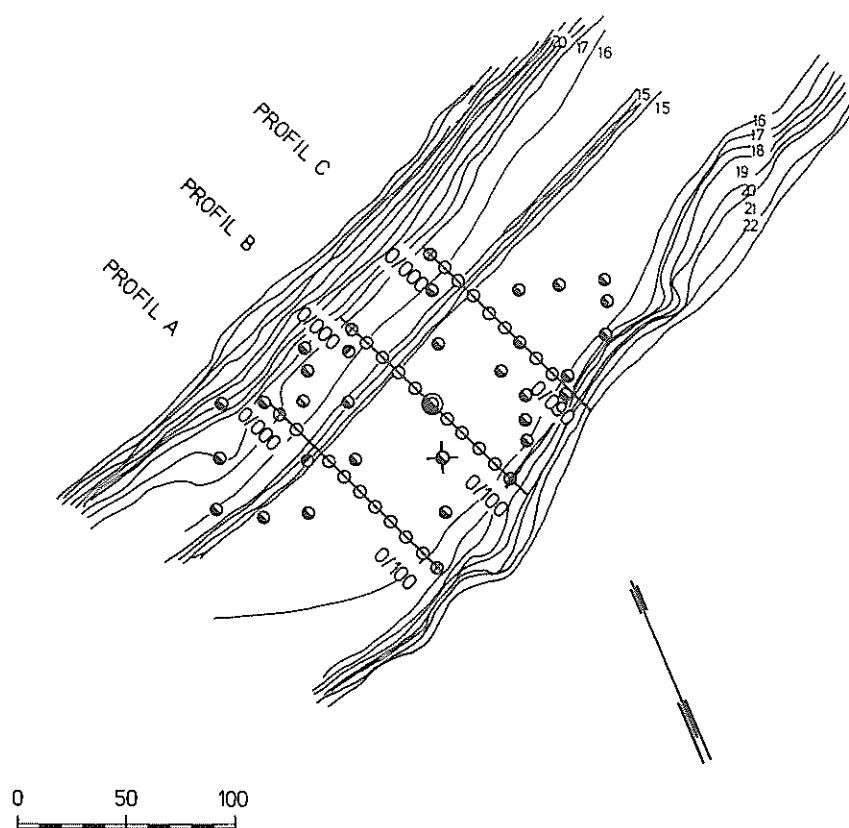


Fig. 59 Söderhall. Plan över fältundersökning
Söderhall. Plan of field investigation

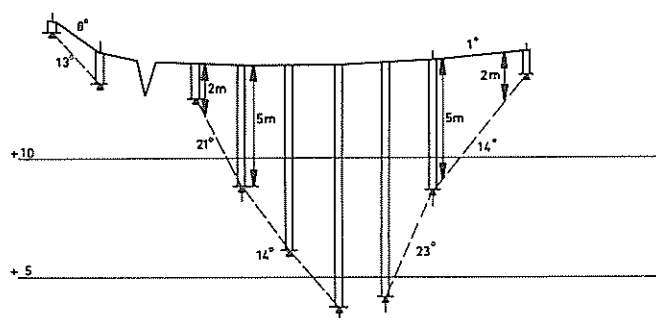


Fig. 60 Söderhall. Profil A
Söderhall. Profile A

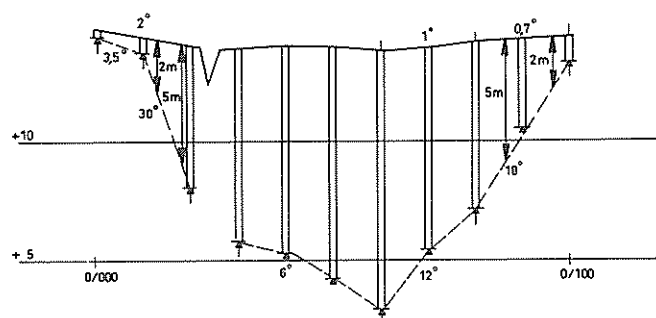


Fig. 61 Söderhall. Profil B
Söderhall. Profile B

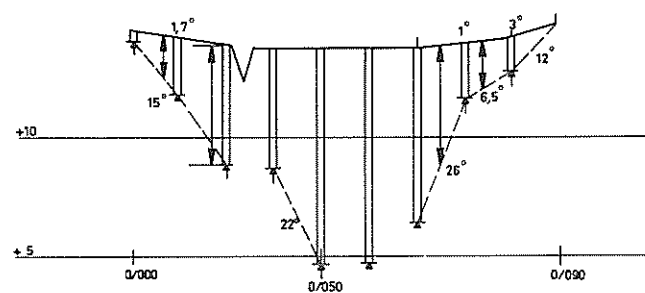


Fig. 62 Söderhall. Profil C
Söderhall. Profile C

9. SAMMANSTÄLLNING AV TOLKNINGSRESULTATEN

Tolkningsresultaten för samtliga undersökta områden har sammanställts i fig. 63 a-c. Av fig. 63 a framgår, att 34% av tolkningarna gällande sedimentets mäktighet ligger vid mindre djup än 5 m och 77% vid mindre djup än 6 m. I intervallet 2-6 m har 71% av tolkningarna fallit. Större mäktigheter än 6 m har tolkats vid 23% av fallen och större än 10 m vid 2,5%.

Vad beträffar de horisontala avstånden mellan tolkningarna och 2 resp 5 m mäktighet (fig. 63 b-c) ligger tyngdpunkten av tolkningarna ungefär vid 5 m mäktighet. Spridningen är dock stor. Av tabell 8 framgår hur många procent av tolkningarna som ligger inom angivet avstånd för 2 resp 5 m mäktighet.

Tabell 8. Antal tolkningar i % inom angivna avstånd till 2 resp 5 m mäktighet

| Avstånd mellan tolkningslinje och 2 m mäktighet m | Ackumulerade observationer % | Avstånd mellan tolkningslinje och 5 m mäktighet m | Ackumulerade observationer % |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| <10 | 26 | <10 | 38 |
| <20 | 36 | <20 | 57,5 |
| <30 | 53,5 | <30 | 70 |
| <40 | 71 | <40 | 79 |
| <50 | 85,5 | <50 | 82,5 |
| <60 | 91,5 | <60 | 87,5 |
| <70 | 96,5 | <70 | 91 |
| <80 | 98 | <80 | 93 |
| <90 | 98 | <90 | 95 |
| <100 | 98,5 | <100 | 96 |
| <+100 | 100 | <+100 | 100 |

Inom 20 m avstånd ligger 36 resp 58% av tolkningarna. 80-90% befinner sig inom 50-60 m avstånd för både 2 och 5 m mäktighet. Detta bedöms vara acceptabelt med tanke på att metoden endast används i översiktliga skeden och med små kartskalor. I skalan 1:10 000 motsvaras en 50 m-sträcka av 0,5 cm på kartan.

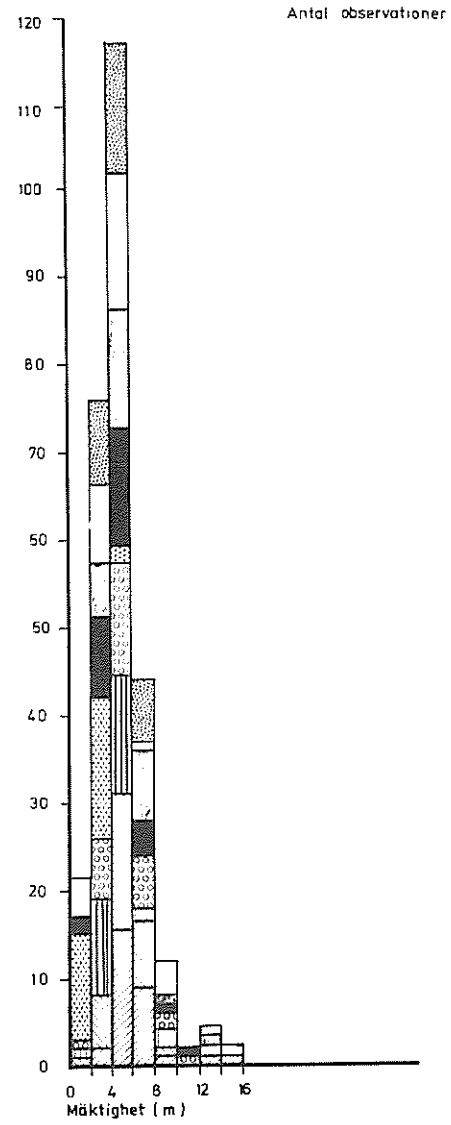


Fig. 63 a Mäktighet vid tolkningslinje
Thickness at interpretation line

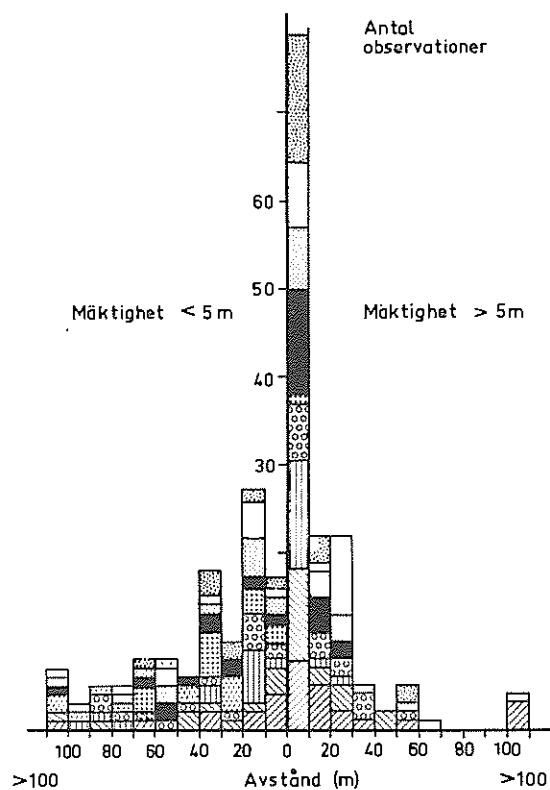


Fig. 63 b Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och 5 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line and 5 m thickness

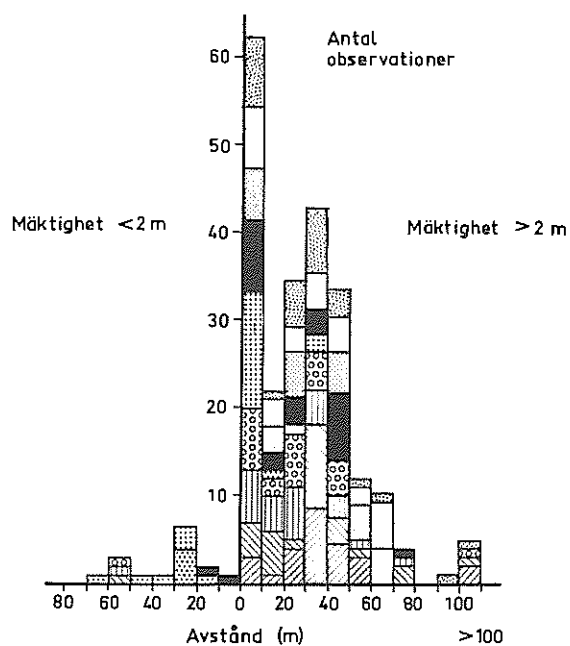


Fig. 63 c Horisontalt avstånd mellan tolkningslinje och 2 m mäktighet
Horizontal distance between interpretation line and 2 m thickness

10. YTFORMENS BEROENDE AV LERMÄKTIGHET OCH UNDERLAGETS LUTNING

De profiler som redovisas i denna rapport har uppmätts med avseende på såväl markytans som underlagets lutningar. Dessa har jämförts med varandra vid mäktighetsintervallen 0-1, 1-2, 2-5 och > 5 m. Resultaten framgår av fig. 64 a-b.

Helt naturligt är markytans geometri påverkad av underlagets lutning. Detta gäller framför allt vid små mäktigheter. Påverkan minskar med ökande mäktighet.

Det bör påpekas att de uppmätta vinklarna och mäktigheterna i en del fall påverkas av avstånden mellan sonderingspunkterna. Vinklarna är medelvärden för resp avsnitt och såväl större som mindre lutningar och mäktigheter kan förekomma lokalt mellan sonderingspunkterna, vilket i detta sammanhang emellertid bedöms sakna betydelse för slutsatserna. De sticksonderade profilerna ger dock en mer detaljerad bild av de verkliga förhållandena än de profiler som hämtats ur arkivet.

Vid mycket små mäktigheter väntar man sig att markytan skall ha samma lutning som underlaget. Av fig. 64 a framgår att så ej är fallet för flertalet observationer. Det är främst för Össeby-Garnområdet som hypotesen stämmer. För övriga områden ökar visserligen markytans lutning med ökande lutning hos underlaget upp till ca 10° . Ökningen är dock mindre än väntat. Detta kan kanske förklaras av att sonderingarna ej utförts tillräckligt tätt. Även svårigheten att bestämma finsedimentets mäktighet inom de grundaste avsnitten med sticksondering kan ha påverkat resultatet. Vid större lutningar hos underlaget än 10° utflackas markytan - ett förhållande som borde gälla naturligare för större mäktigheter, se fig. 64 b. Här framgår att markytans lutning ökar till max 5° med ökande lutning hos underlaget, upp till $10-15^{\circ}$. För större lutningar hos underlaget påverkas ytformen i mycket liten grad. En förklaring till detta är att sedimenten av stabilitetsskäl ej kan ligga kvar vid alltför branta sluttningar. Redan vid avsättningen torde sedimentlagren ha glidit ned från de alltför branta sluttningarna. Maximal lutning hos finsedimenten synes vara ca 5° . Enstaka större värden förekommer dock.

Vid mäktigheter > 5 m (fig. 64 b) är sålunda ytformerna i de flesta fall opåverkade av underlaget. Ojämnheterna i underlaget "när ej upp" till markytan. Sedimenten har följaktligen avsatts på sådant sätt, att avlagringarna är mäktigast i fördjupningar och tunnast på upphöjningar. Successivt har sedimentytan blivit alltmer utjämnad för att vid mäktigheter > ca 5 m vara helt utjämnad, se fig. 65. Detta framgår också i någon mån av fig. 64, som visar att underlagets lutning med enstaka undantag är större än markytans.

Markytans lutning ovanför brytplanet i förhållande till det fasta underlagets inklinations har undersökts inom ett antal områden och redovisas i fig. 66 för 2-5, 5-8 och > 8 m mäktighet. En tendens till avtagande lutning hos markytan med ökande mäktighet kan iaktas. Några säkra slutsatser kan dock ej dras beroende på avsaknad av observationer, speciellt för mäktighet > 8 m.

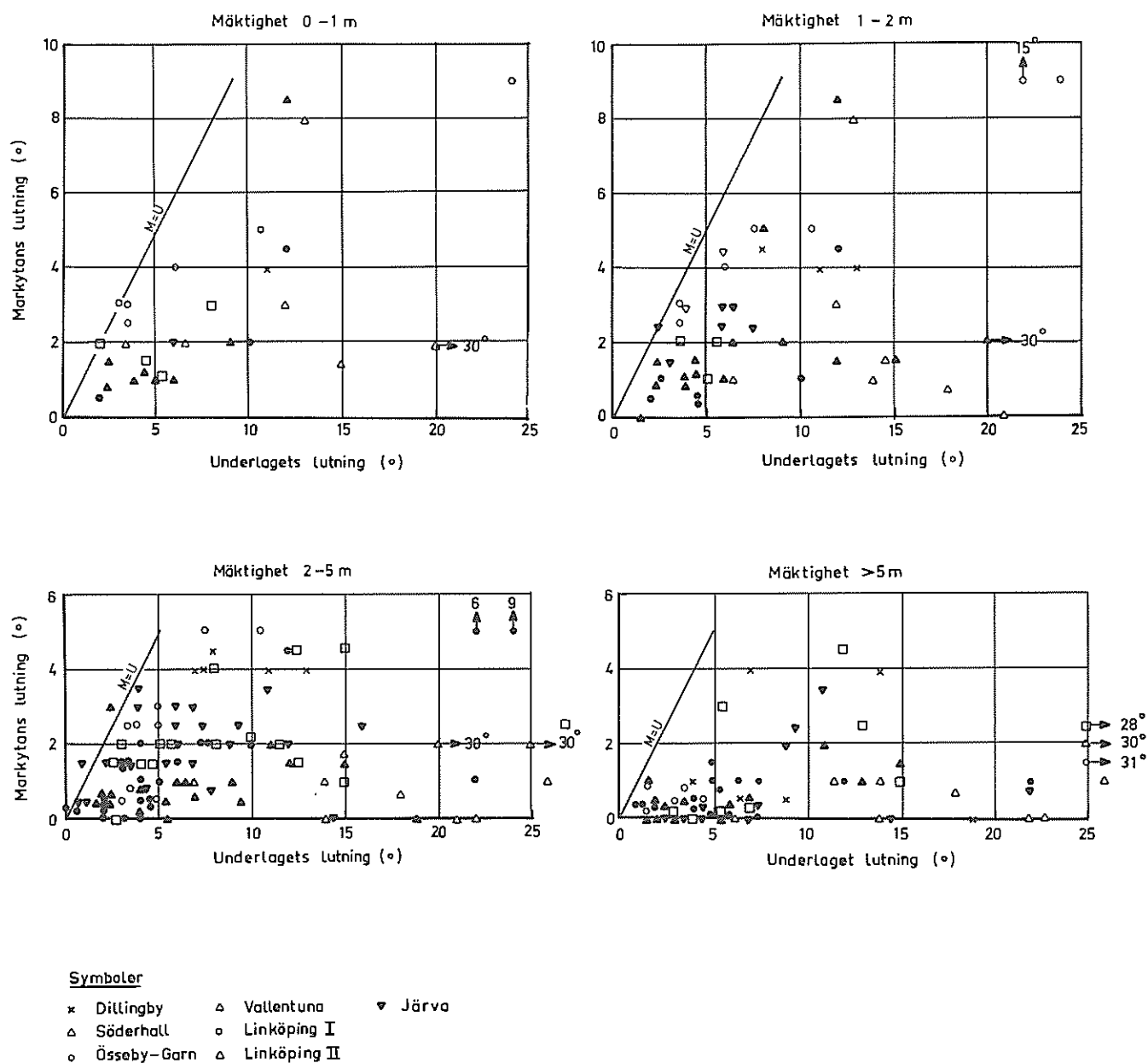


Fig. 64 Marklutningen (M^0) som funktion av underlagets lutning (U^0)
Teckenförklaring, se fig. 66

a 0-1, 1-2 m mäktighet

b 2-5, 5 m mäktighet

Ground inclination (M^0) as a function of the inclination of the
firm bottom (U^0) beneath the clay

a 0-1, 1-2 m thickness

b 2-5, 5 m thickness

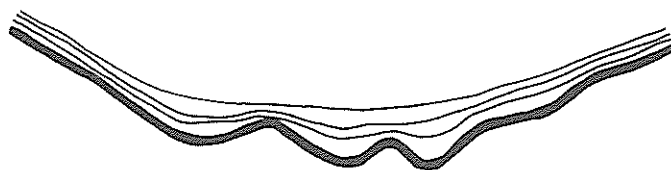


Fig. 65 Principskiss visande hur lersedimentytan successivt utplanas
Sketch showing the successive smoothing of the surface of the clay sediments

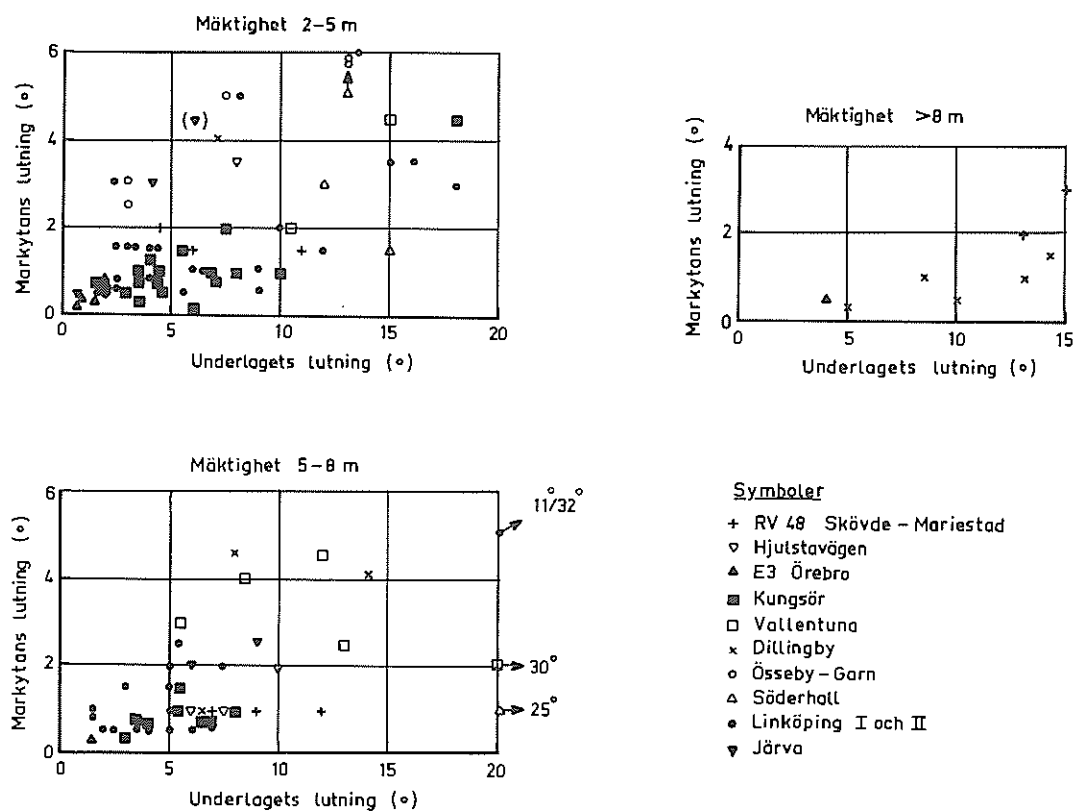


Fig. 66 Markytans och underlagets lutning vid brytlinje
The inclination of the ground and firm bottom at break-line

11. LERMÄKTIGHET VID BRYTLINJE

En sammanställning av finsedimentens mäktighet vid brytlinjer i markytan för alla områden (14 st) redovisas i fig. 67.

Här framgår, att de flesta brytningar, nära hälften (48%), sker vid 4-6 m mäktighet. Vid 2-4 m och 6-8 m är antalet ungefär lika (23% resp 21%). Vid 0-2 m mäktighet bryter lerytan mycket sällan. Ca 6,5% av antalet observationer ligger inom områden med mäktigheter > 8 m. Dessa är koncentrerade till 4 områden nämligen E4 Linköping-Norrköping, Hjulstavägen vid Järvafältet, Genetaområdet i Södertälje och Rv 48 Skövde-Mariestad.

Mäktigheten för brytningen i markytan är troligen lokalt betingad. För områdena Rv 48 Skövde-Mariestad, Södertälje, och Hjulstavägen på Järvafältet sker brytningen för mer än 50% av punkterna vid minst 6-8 m mäktighet. För områdena Kungsör, Fisksätra i Saltsjöbaden, Tegelhagen i Sollentuna och Össeby-Garn sker brytningen för mer än 50% av punkterna vid högst 4-6 m.

Spridningen inom varje område är stor beroende på enstaka extremvärden. Om man bortser från dessa värden blir variationen i mäktigheten vid vilken brytpunkter uppträder 4-6 m för de flesta områdena. Den valda klassindelningen om 2 m kan innebära att diagrammet återger en eller annan meter för stor spridning jämfört med de verkliga värdena.

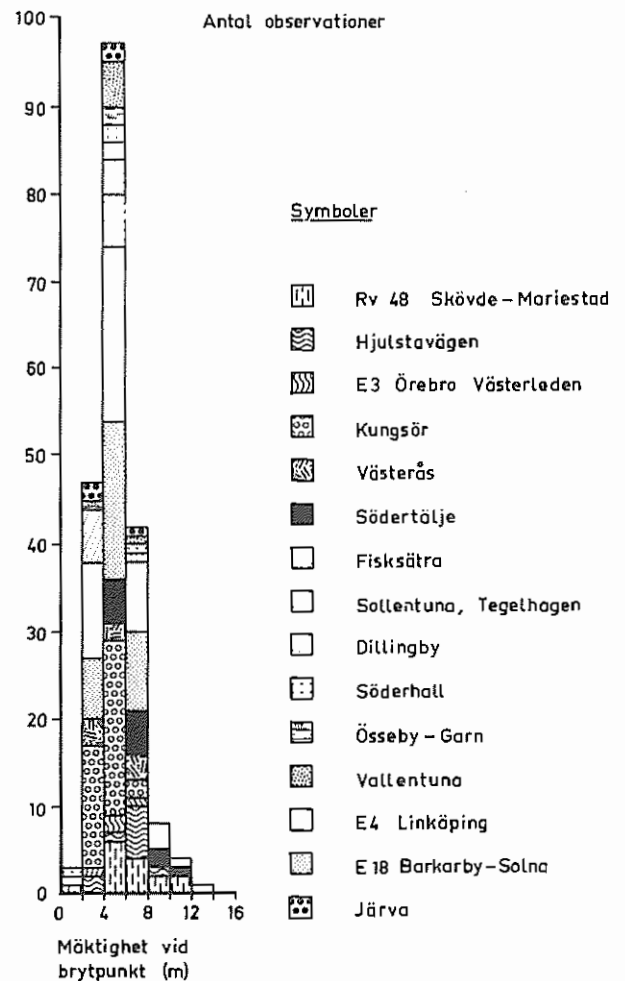


Fig. 67 Mäktighet vid brytlinje
Thickness at break-line

12. JÄMFÖRELSE MELLAN MÄKTIGHET VID LÅGPUNKT OCH MAXIMAL LERMÄKTIGHET

En jämförelse mellan mäktighet vid lågpunkter och maximal mäktighet inom lerområden har utförts. Resultatet visas i fig. 68. De flesta djupvärden vid lågpunkter utgör maximaldjup (ca 60%). Det förekommer emellertid en icke försumbar mängd observationer där så icke är fallet. I några fall är lågpunktsdjupet endast 1/5 av maximaldjupet.

Teoretiskt sammanfaller lågpunkten inom ett lerområde med maximalt djup eftersom konsolideringssättningarna borde vara störst här. Resultaten visar, att så ej alltid är fallet. Man bör sålunda använda lågpunkt (vattendrag) som indikation på maximal lermäktighet med viss försiktighet.

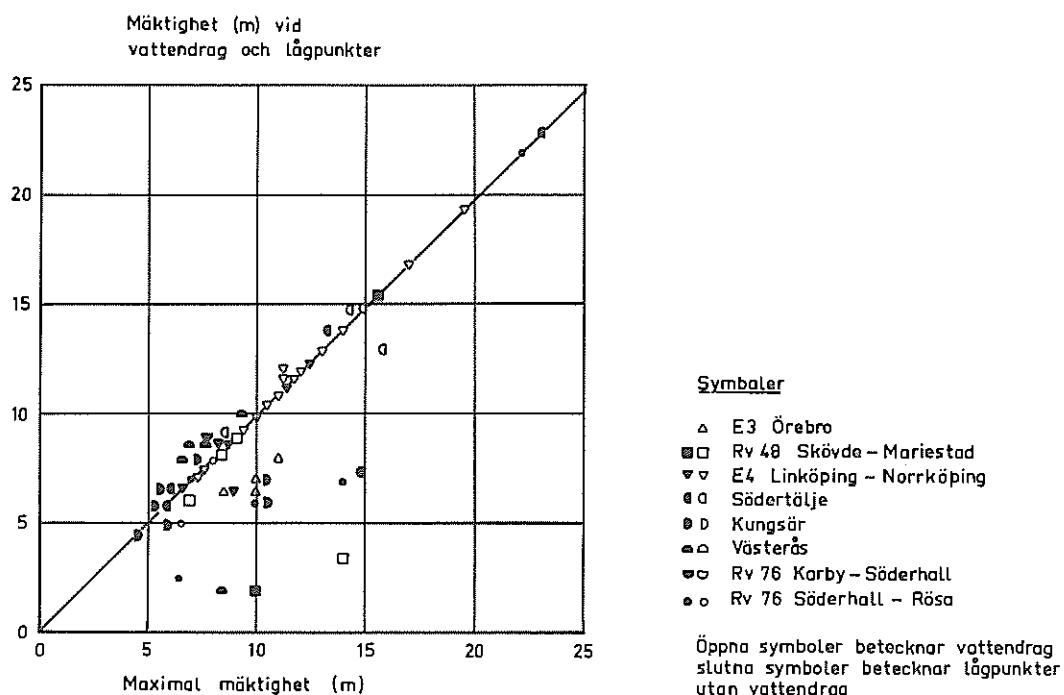


Fig. 68 Jämförelse mellan mäktigheten vid lågpunkt (vattendrag) och maximal mäktighet

Comparison between the thickness at depression point (watercourses) and maximal thickness

13. FLYGBILDER

Tolkningen har skett på svart-vita pankromatiska bilder. Av tabell 2 framgår, att flygbilderna över Dillingby och Vallentuna är tidiga vårbilder - 18 och 16 april medan bilderna över Össeby-Garn och Linköping I och II har fotograferats den 22 maj. De tidiga vårbilderna uppvisar generellt sett bättre gråtonsskillnader än de sena. Speciellt är Dillingby- och Vallentuna-bilderna markant bättre än Össeby-Garn-bilderna. Linköpingsbilderna har goda gråtonsvariationer trots det sena fotograferingsdatumet.

Jämförelser mellan vår-, sommar- och höstbilder har visat att vårbilder har bästa gråtonsvariationen. Höstbilder tagna efter plöjningen innehåller vissa variationer medan sommarbilder p g a upptorkning och gröda på åkrarna i regel ger mycket dåliga informationer om gråtonsförhållandena.

Jämförelser mellan de pankromatiska bilderna och färginfrabilder, s k spektrozonalfilm, visar att de senare har minst lika god och i regel större gråtonskontrast och filmtypen är sålunda väl lämpad för den aktuella typen av mäktighetsbedömning.

14. SLUTSATSER

De i undersökningen framlagda resultaten leder fram till följande slutsatser.

- 1) Lerområdets ytformer är en funktion av lerlagrets mäktighet och underlagets topografi. Ytformen påverkas mer ju tunnare lerlagret är. För större mäktigheter än 5 m är påverkan relativt ringa oberoende av underlagets lutning. Brantare marklutningar än 5° är sällsynta inom lerområden. För 2-5 m mäktighet ökar marklutningen med ökande lutning hos underlaget upp till ca 10° - 15° . För större lutningar hos underlaget, kan av stabilitetsskäl markytans lutning ej öka utan blir i stället mer eller mindre horisontal.
- 2) Lerområdets ytformer kan utnyttjas för kartering av tunna och mäktiga lerlager. Brytpunkt och gråtonsförändring inom lerområden indikerar djup på 2-6 m i de flesta fall, se fig. 69. Gråtonsförändringen ligger dock vid något mindre mäktighet än brytpunkten. Flygbildstolkning av dessa indikationer ger rimliga värden, se fig. 69. Flygbildstolkningen visar stor spridning i en del fall beroende på diffusa indikationer och tolkarnas individuella uppfattningar.
- 3) Lågpunkten inom ett lerområde sammanfaller oftast med maximal mäktighet. Många undantag förekommer dock.
- 4) Det är inte möjligt att förutsäga lerdjup med flygbildstolkning. Mäktighetsbedömning med flygbildstolkning bör därför alltid kontrolleras och korreleras med fältundersökning. Dess omfattning är beroende av bl a ytformernas och färgtonernas distinkthet. Vid flacka förhållanden sker uppgrundningen successivt och

det är ofta svårt att avgränsa de grundare förhållandena, varför fastställande av lerlagermäktighet i någon eller några sektioner med fältundersökning är nödvändigt.

- 5) Tolkningarna i denna undersökning sammanfaller ej med genomgående torrskorpa annat än i de fall torrskorpan är tillräckligt mäktig - minst 4 m. De grundare avgränsade partierna innehåller i de flesta fall lösare lerlager under torrskorpan.
- 6) Flygbilder tagna på våren är bäst för aktuella studier. Höstbilder ger vissa upplysningar, medan sommarbilder i regel innehåller mycket vaga indikationer.

Svart-vit pankromatisk film är väl lämpad för mäktighetsstudier. Emellertid ger färginfrafilmen minst lika mycket information som den pankromatiska och är sålunda ett bättre filmmaterial. I vissa fall kan det vara motiverat att använda den betydligt dyrare färginfrafilmen, men i allmänhet är den pankromatiska tillräcklig.

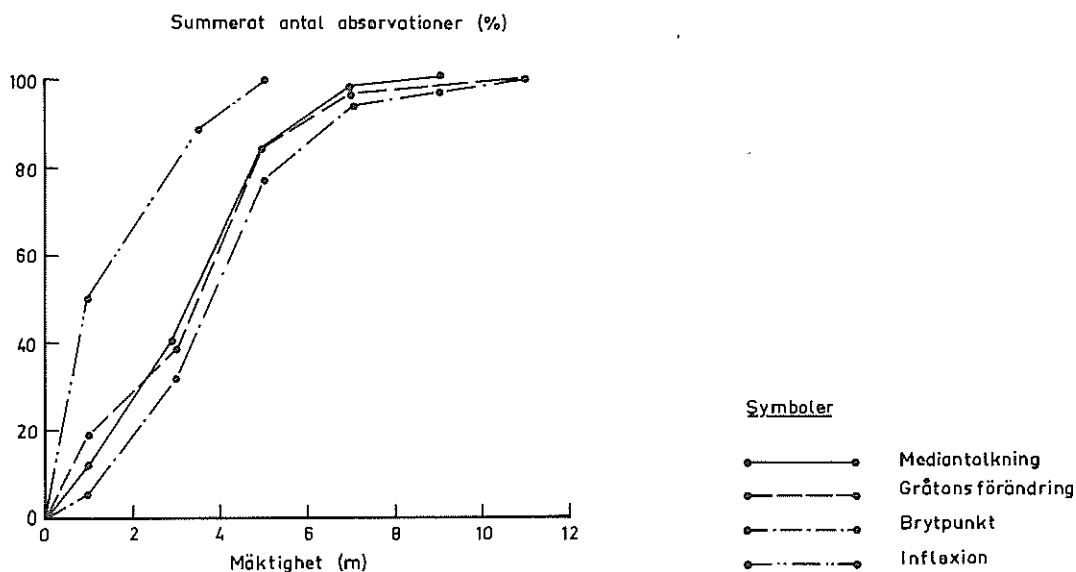


Fig. 69 Jämförelse mellan mäktigheterna vid brytlinje, inflexion, gråtonsförändring respektive mediantolkning
Comparison between the thickness values at respectively break-line, inflexion, grey tone change and median interpretation

REFERENSER

- BJERKING, S-E., 1968. Grundläggning på små djup. Svenska Bokförlaget i samverkan med Byggeforskningen. Stockholm.
- BLOMBERG, A., 1889. Geologiska kartbladet, Penningby. SGU Ser. Aa Nr 100.
- BLOMBERG, A., 1907. Geologiska kartbladet, Linköping. SGU Ser. Aa Nr 141.
- CARLSSON, G.A., 1880. Geologiska kartbladet, Norsholm. SGU Ser. Aa Nr 79.
- CHIKISHEV, A.G., 1965. Plant indicators of soils, rocks and sub-surface waters. Proc. conf. Indicational Geobotany. Moscow.
- ERDMANN, E., 1871. Geologiska kartbladet, Rydboholm. SGU Ser. Aa Nr 44.
- KIHLBLOM, U., 1970. Flygbildstolkning för jordartsbestämning. Utbildningsförlaget. Stockholm.
- KIHLBLOM, U., VIBERG, L. & HEINER, A., 1969. Flygbildstolkning som hjälpmedel vid översiktliga grundundersökningar. Stat. geot. inst. Särtr. o. prel. rapp. Nr 30. Stockholm.
- KIHLBLOM, U., VIBERG, L., HEINER, A. & HELLMAN-LUTTI, K., 1972. Geobildtolkning vid vägprojektering. Rapport från försöksverksamhet 1969-71. Stat. geot. inst. Särtr. o. prel. rapp. Nr 48. Stockholm.
- LUNDEGÅRDH, P.H., LUNDQVIST, J. & LINDSTRÖM, M., 1964. Berg och jord i Sverige. Almqvist & Wiksell. Stockholm.
- LUNDQVIST, G., 1961. Beskrivning till karta över landisens avsmältning i Sverige. SGU Ser. Ba Nr 18. Stockholm.
- MÖLLER, H. & STÅLHÖS, G., 1964. Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. SGU Ser. Ae Nr 1. Stockholm.
- MÖLLER, H. & STÅLHÖS, G., 1965. Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NV. SGU Ser. Ae Nr 2.
- MÖLLER, H. & STÅLHÖS, G., 1969. Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. SGU Ser. Ae Nr 3.
- MÖLLER, H. & STÅLHÖS, G., 1969. Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SV. SGU Ser. Ae Nr 4.
- MÖLLER, H. & STÅLHÖS, G., 1971. Beskrivning till geologiska kartbladet Uppsala SV. SGU Ser. Ae Nr 9.
- POPOVA, 1971. Samtal relaterat i L Vibergs Reserapport från studieresa till Moskva och Leningrad 14-25 juni 1971. Stencil till IVA. Stockholm.

- SKIFs GEOGRUPP, 1973. Geoteknik-grundläggning. Geoteknikerns arbetsuppgifter. SKIF formulär nr 18. Remissutgåva maj 1973. Svenska konsulterande ingenjörers förening. Stockholm.
- SVENSK BYGGNORM 67, 1967. Föreskrifter, råd och anvisningar till byggnadsstadgan. Statens Planverk. Publ. Nr 1. Stockholm.
- SVR's PLANANVISNINGSKOMMITTÉ, 1970. Rekommendationer för tekniska och ekonomiska utredningar vid upprättande av planförslag. Del 1 Grundförhållanden. Byggforskningen. Rapp. R50:70. Stockholm.
- WASTENSSON, L., 1966. Kartering av berghällar med hjälp av flygbildstolkning. SGU Ser. C Nr 606. Stockholm.
- WASTENSSON, L., 1969. Blockstudier i flygbilder. SGU Ser. C Nr 638.
- VIBERG, L., 1972. Geoteknisk flygbildstolkning. En undersökning av metodens tillförlitlighet. Byggforskningen. Rapp. R6:72. Stockholm.
- ÅSTEDT, C-L., 1972. Något om sambandet mellan lerområdets topografi och lerlagermäktigheter. 3-betygsuppsats. Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Swedish Geotechnical Institute

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

Reprints and preliminary reports

| No. | | | Pris kr. (Sw. crs.) |
|-----|--|------|------------------------|
| 1. | Views on the Stability of Clay Slopes. <i>J. Osterman</i> | 1960 | Out of print |
| 2. | Aspects on Some Problems of Geotechnical Chemistry. <i>R. Söderblom</i> | 1960 | » |
| 3. | Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part I. | 1961 | » |
| | 1. Research on the Texture of Granular Masses. <i>T. Kallstenius & W. Bergau</i> | | |
| | 2. Relationship between Apparent Angle of Friction — with Effective Stresses as Parameters — In Drained and In Consolidated-Undrained Triaxial Tests on Saturated Clay. Normally-Consolidated Clay. <i>S. Odenstad</i> | | |
| | 3. Development of two Modern Continuous Sounding Methods. <i>T. Kallstenius</i> | | |
| | 4. In Situ Determination of Horizontal Ground Movements. <i>T. Kallstenius & W. Bergau</i> | | |
| 4. | Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part II. | 1961 | » |
| | Suggested Improvements in the Liquid Limit Test, with Reference to Flow Properties of Remoulded Clays. <i>R. Karlsson</i> | | |
| 5. | On Cohesive Soils and Their Flow Properties. <i>R. Karlsson</i> | 1963 | 10:— |
| 6. | Erosion Problems from Different Aspects. | 1964 | 10:— |
| | 1. Unorthodox Thoughts about Filter Criteria. <i>W. Kjellman</i> | | |
| | 2. Filters as Protection against Erosion. <i>P. A. Hedar</i> | | |
| | 3. Stability of Armour Layer of Uniform Stones in Running Water. <i>S. Andersson</i> | | |
| | 4. Some Laboratory Experiments on the Dispersion and Erosion of Clay Materials. <i>R. Söderblom</i> | | |
| 7. | Settlement Studies of Clay. | 1964 | 10:— |
| | 1. Influence of Lateral Movement in Clay Upon Settlements in Some Test Areas. <i>J. Osterman & G. Lindskog</i> | | |
| | 2. Consolidation Tests on Clay Subjected to Freezing and Thawing. <i>J. G. Stuart</i> | | |
| 8. | Studies on the Properties and Formation of Quick Clays. <i>J. Osterman</i> | 1965 | 5:— |
| 9. | Beräkning av pålar vid olika belastningsförhållanden. <i>B. Broms</i> | 1965 | 30:— |
| | 1. Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar. | | |
| | 2. Brottlast för snett belastade pålar. | | |
| | 3. Beräkning av vertikala pålars bärförmåga. | | |
| 10. | Triaxial Tests on Thin-Walled Tubular Samples. | 1965 | 5:— |
| | 1. Effects of Rotation of the Principal Stress Axes and of the Intermediate Principal Stress on the Shear Strength. <i>B. Broms & A. O. Casbarlan</i> | | |
| | 2. Analysis of the Triaxial Test—Cohesionless Soils. <i>B. Broms & A. K. Jamal</i> | | |
| 11. | Något om svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i> | 1966 | 5:— |
| 12. | Bärförmåga hos pålar slagna mot släntberg. <i>B. Broms</i> | 1966 | 15:— |
| 13. | Förankring ev ledningar i jord. <i>B. Broms & O. Orrje</i> | 1966 | Out of print |
| 14. | Ultrasonic Dispersion of Clay Suspensions. <i>R. Pusch</i> | 1966 | 5:— |
| 15. | Investigation of Clay Microstructure by Using Ultra-Thin Sections. <i>R. Pusch</i> | 1966 | 10:— |
| 16. | Stability of Clay at Vertical Openings. <i>B. Broms & H. Bennermark</i> | 1967 | 10:— |

| No. | | 1967 | Pris kr. (Sw. crs.) |
|-----|---|------|------------------------|
| 17. | Om påslagning och påbärighet. | 1967 | 5:— |
| | 1. Dragsprickor i armerade betongpålar. <i>S. Sahlin</i> | | |
| | 2. Sprickbildning och utmattning vid slagning av armerade modellpålar av betong. <i>B-G. Hellers</i> | | |
| | 3. Bärighet hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat av modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i> | | |
| | 4. Negativ mantelfriktion. <i>B. H. Fellenius</i> | | |
| | 5. Grundläggning på korta pålar. Redogörelse för en försöksserie på NABO-pålar. <i>G. Fjellner</i> | | |
| | 6. Krokiga pålars bärförmåga. <i>B. Broms</i> | | |
| 18. | Pålgruppers bärförmåga. <i>B. Broms</i> | 1967 | 10:— |
| 19. | Om stoppslagning av stödpålar. <i>L. Hellman</i> | 1967 | 5:— |
| 20. | Contributions to the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon 1966. | 1967 | 5:— |
| | 1. A Note on Strength Properties of Rock. <i>B. Broms</i> | | |
| | 2. Tensile Strength of Rock Materials. <i>B. Broms</i> | | |
| 21. | Recent Quick-Clay Studies. | 1967 | 10:— |
| | 1. Recent Quick-Clay Studies, an Introduction. <i>R. Pusch</i> | | |
| | 2. Chemical Aspects of Quick-Clay Formation. <i>R. Söderblom</i> | | |
| | 3. Quick-Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i> | | |
| 22. | Jordtryck vid friktionsmaterial. | 1967 | 30:— |
| | 1. Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. <i>B. Broms & I. Ingelson</i> | | |
| | 2. Jordtryck mot oeftergivliga konstruktioner. <i>B. Broms</i> | | |
| | 3. Metod för beräkning av sambandet mellan jordtryck och deformation hos främst stödmurar och förankringsplattor i friktionsmaterial. <i>B. Broms</i> | | |
| | 4. Beräkning av stolpfundament. <i>B. Broms</i> | | |
| 23. | Contributions to the Geotechnical Conference on Shear Strength Properties of Natural Soils and Rocks, Oslo 1967. | 1968 | 10:— |
| | 1. Effective Angle of Friction for a Normally Consolidated Clay. <i>R. Brink</i> | | |
| | 2. Shear Strength Parameters and Microstructure Characteristics of a Quick Clay of Extremely High Water Content. <i>R. Karlsson & R. Pusch</i> | | |
| | 3. Ratio c/p' in Relation to Liquid Limit and Plasticity Index, with Special Reference to Swedish Clays. <i>R. Karlsson & L. Viberg</i> | | |
| 24. | A Technique for Investigation of Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i> | 1968 | 22:— |
| 25. | A New Settlement Gauge, Pile Driving Effects and Pile Resistance Measurements. | 1968 | 10:— |
| | 1. New Method of Measuring in-situ Settlements. <i>U. Bergdahl & B. Broms</i> | | |
| | 2. Effects of Pile Driving on Soil Properties. <i>O. Orrje & B. Broms</i> | | |
| | 3. End Bearing and Skin Friction Resistance of Piles. <i>B. Broms & L. Hellman</i> | | |
| 26. | Sättningar vid vägbyggnad. | 1968 | 20:— |
| | Föredrag vid Nordiska Vägtekniska Förbundets konferens i Voksenåsen, Oslo 25–26 mars 1968. | | |
| | 1. Geotekniska undersökningar vid bedömning av sättningar. <i>B. Broms</i> | | |
| | 2. Teknisk-ekonomisk översikt över anläggningsmetoder för reducering av sättningar i vägar. <i>A. Ekström</i> | | |
| | 3. Sättning av verkstadsbyggnad i Stenungsund uppförd på normalkonsoliderad lera. <i>B. Broms & O. Orrje</i> | | |
| 27. | Bärförmåga hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat från modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i> | 1968 | 15:— |

| No. | | | Pris kr. (Sw. crs.) |
|-----|--|------|------------------------|
| 28. | Bidrag till Nordiska Geoteknikermötet i Göteborg den 5-7 september 1968. | 1968 | 15:— |
| | 1. Nordiskt geotekniskt samarbete och nordiska geoteknikermöten. <i>N. Flodin</i> | | |
| | 2. Några resultat av belastningsförsök på lerterräng speciellt med avseende på sekundär konsolidering. <i>G. Lindskog</i> | | |
| | 3. Sättningar vid grundläggning med plattor på moränlera i Lund. <i>S. Hansbo, H. Bennermark & U. Kihlblom</i> | | |
| | 4. Stabilitetsförbättrande spontkonstruktion för bankfyllningar. <i>O. Wager</i> | | |
| | 5. Grundvattenproblem i Stockholms city. <i>G. Lindskog & U. Bergdahl</i> | | |
| | 6. Aktuell svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i> | | |
| 29. | Classification of Soils with Reference to Compaction. <i>B. Broms & L. Forssblad</i> | 1968 | 5:— |
| 30. | Flygbildstolkning som hjälpmedel vid översiktliga grundundersökningar. | 1969 | 10:— |
| | 1. Flygbildstolkning för jordartsbestämning vid samhällsplanering 1-2. <i>U. Kihlblom, L. Viberg & A. Heiner</i> | | |
| | 2. Identifiering av berg och bedömning av jorddjup med hjälp av flygbilder. <i>U. Kihlblom</i> | | |
| 31. | Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm den 5-6 oktober 1967. Föredrag och diskussioner. | 1969 | 30:— |
| 32. | Contributions to the 3rd Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Budapest 1968. | 1969 | 10:— |
| | 1. Swedish Tie-Back Systems for Sheet Pile Walls. <i>B. Broms</i> | | |
| | 2. Stability of Cohesive Soils behind Vertical Openings in Sheet Pile Walls. Analysis of a Recent Failure. <i>B. Broms & H. Bennermark</i> | | |
| 33. | Seismikdag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 22 april 1969. | 1970 | Out of print |
| 34. | Något om geotekniken i Sverige samt dess roll i planerings- och byggprocessen. Några debattinlägg och allmänna artiklar. | 1970 | 15:— |
| | <i>T. Kallstenius</i> | | |
| | 1. Geoteknikern i det specialiserade samhället. <i>B. Broms</i> | | |
| | 2. Diskussionsinlägg vid konferens om geovetenskaperna, 7 mars 1969. | | |
| | 3. Geoteknik i Sverige — utveckling och utvecklingstendenser. | | |
| | 4. Geotekniska undersökningar och grundläggningsmetoder. | | |
| | 5. Grundläggning på plattor — en allmän översikt. | | |
| 35. | Piles — a New Force Gauge, and Bearing Capacity Calculations. | 1970 | 10:— |
| | 1. New Pile Force Gauge for Accurate Measurements of Pile Behavior during and Following Driving. <i>B. Fellenius & Th. Haagen</i> | | |
| | 2. Methods of Calculating the Ultimate Bearing Capacity of Piles. A Summary. <i>B. Broms</i> | | |
| 36. | Påslagnig. Materialegenskaper hos berg och betong. | 1970 | 10:— |
| | 1. Bergets bärförmåga vid punktbelastning. <i>S.-E. Rehnman</i> | | |
| | 2. Deformationsegenskaper hos slagna betongpålar. <i>B. Fellenius & T. Eriksson</i> | | |
| 37. | Jordtryck mot grundmurar. | 1970 | 10:— |
| | 1. Jordtryck mot grundmurar av Lecablock. <i>S.-E. Rehnman & B. Broms</i> | | |
| | 2. Beräkning av jordtryck mot källarväggar. <i>B. Broms</i> | | |
| 38. | Provtagningsdag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 28 oktober 1969. | 1970 | 25:— |

| No. | | Pris kr. (Sw. crs.) |
|-----|--|------------------------|
| 39. | Morändag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 3 december 1969. | 1970 25:— |
| 40. | Stability and Strengthening of Rock Tunnels in Scandinavia. 1. Correlation of Seismic Refraction Velocities and Rock Support Requirements in Swedish Tunnels. <i>O. S. Cecil</i> 2. Problems with Swelling Clays in Norwegian Underground Constructions in Hard-Rocks. <i>R. Selmer-Olsen</i> | 1971 25:— |
| 41. | Stålpålars bärförmåga. Resultat av fältförsök med lätta slagdon. <i>G. Fjellkner</i> | 1971 30:— |
| 42. | Contributions to the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico 1969. | 1971 15:— |
| 43. | Centrally Loaded Infinite Strip on a Single-Layer Elastic Foundation — Solution in Closed Form According to the Boussinesq Theory. <i>B-G. Hellers & O. Orrje</i> | 1972 20:— |
| 44. | On the Bearing Capacity of Driven Piles. 1. Methods Used in Sweden to Evaluate the Bearing Capacity of End-Bearing Precast Concrete Piles. <i>B. Broms & L. Hellman</i> 2. Discussions at the Conference, Behaviour of Piles, London 1970. <i>B. Fellenius, B. Broms & G. Fjellkner</i> 3. Bearing Capacity of Piles Driven into Rock. With Discussion. <i>S-E. Rehnman & B. Broms</i> 4. Bearing Capacity of Cyclically Loaded Piles. <i>B. Broms</i> 5. Bearing Capacity of End-Bearing Piles Driven to Rock. <i>S-E. Rehnman & B. Broms</i> | 1972 20:— |
| 45. | Quality in Soil Sampling. 1. Secondary Mechanical Disturbance. Effects in Cohesive Soil Samples. <i>T. Kallstenius</i> 2. Sampling of Sand and Moraine with the Swedish Foil Sampler. <i>B. Broms & A. Hallén</i> | 1972 10:— |
| 46. | Geoteknisk flygbildtolkning. En undersökning av metodens tillförlitlighet. <i>L. Viberg</i> | 1972 1) ¹⁾ |
| 47. | Some Experiments on Hollow Cylinder Clay Specimens. <i>A. K. Jamal</i> | 1972 10:— |
| 48. | Geobildtolkning vid vägprojektering. Rapport från försöksverksamhet 1969—71. <i>U. Kihlblom, L. Viberg, A. Heiner & K. Hellman-Lutti</i> | 1972 20:— |
| 49. | Lerzoner i berganläggningar. Diskussionsmöte anordnat av IVA den 7 oktober 1970. | 1972 30:— |
| 50. | Damping of Stress Waves in Piles during Driving. Results from Field Tests. <i>G. Fjellkner & B. Broms</i> | 1972 30:— |
| 51. | Skå-Edeby Test Field — Further Studies on Consolidation of Clay and Effects of Sand Drains. 1. Soil Movements below a Test Embankment. <i>R. Holtz & G. Lindskog</i> 2. Long-Term Loading Tests at Skå-Edeby, Sweden. <i>R. Holtz & B. Broms</i> 3. Excavation and Sampling around Some Sand Drains at Skå-Edeby, Sweden. <i>R. Holtz & G. Holm</i> | 1973 20:— |
| 52. | Lateral Earth Pressures on Walls and Measurements under Different Temperature Conditions. 1. Lateral Earth Pressures Due to Compaction of Cohesionless Soils. <i>B. Broms</i> 2. Earth Pressure against the Abutments of a Rigid Frame Bridge. <i>B. Broms & I. Ingelson</i> 3. Lateral Earth Pressure on a Bridge Abutment. <i>B. Broms & I. Ingelson</i> 4. Lateral Pressures on Basement Wall. Results from Full-Scale Tests. <i>S-E. Rehnman & B. Broms</i> 5. Behaviour of Anchored Sheet-Pile Wall Exposed to Frost Action. <i>E. Sandegren, P. O. Sahlström & H. Stille</i> 6. Back-Tied Sheet Pile Wall in Friction Soil. Deformations and Drag Forces Due to Piling and Freezing. <i>G. Sandqvist</i> | 1973 25:— |

¹⁾ Distribution: AB Svensk Byggtjänst

| No. | | Pris kr. (Sw. crs.) |
|-----|---|------------------------|
| 53. | Piles — General Reports, Basic Theories, Measurements and a Case Record of Buckling. 1973 | 30: — |
| | 1. Settlements of Pile Groups. <i>B. Broms</i> | |
| | 2. Stability of Flexible Structures (Piles and Pile Groups). <i>B. Broms</i> | |
| | 3. Buckling of Piles Due to Lateral Soil Movements. Discussion. <i>B. Fellenius</i> | |
| | 4. Bending of Piles Determined by Inclinator Measurements. <i>B. Fellenius</i> | |
| | 5. Precast Concrete Piles. State-of-Art Report. <i>B. Fellenius</i> | |
| | 6. Die Anwendung der Ähnlichkeitstheorie in der Geotechnik. (Dimensional Analysis and Similarity Theory in Soil Mechanics.) <i>R. Massarsch</i> | |
| 54. | Moränleredagar 1972. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 2–3 maj 1972. 1973 | 25: — |
| 55. | New Lines in Quick Clay Research. <i>R. Söderblom</i> 1974 | 20: — |
| | 1. A New Approach to the Classification of Quick Clays. | |
| | 2. Application of Remote Sensing in the Quick Clay Research. | |
| | 3. Aspects on Some Problems of Geotechnical Chemistry — Part III. | |
| 56. | Skadlig inverkan av vibrationer. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 7 maj 1973. 1974 | 25: — |
| 57. | Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden inom lerområden. <i>L. Viberg</i> 1974 | 22: — |