



**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

**RAPPORT  
REPORT      No 25**

**Geoteknisk terrängklassificering  
för fysisk planering**

**LEIF VIBERG**

**LINKÖPING 1984**





**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

**RAPPORT  
REPORT      No 25**

**Geoteknisk terrängklassificering  
för fysisk planering**

**LEIF VIBERG**

Detta projekt har finansierats av Statens råd  
för byggnadsforskning, forskningsanslag 760785-0

**LINKÖPING 1984**

**ISSN 0348-0755**

AB ÖSTGÖTATRYCK LKPG 1984

## FÖRORD

Projektet "Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering" påbörjades 1977 med en förstudie med bl a en enkät till planerare och geotekniker. Förstudien ledde till föreliggande projekt som inleddes med ett seminarium om geoteknikens roll i planeringsprocessen.

Föreliggande rapport utgör en redovisning av utvecklingsarbetet med geoteknisk terrängklassificering. Grunderna för och uppbyggnaden av ett geotekniskt terrängklassificeringssystem för svenska förhållanden jämte tillämpningar i några olika områden. Rapporten vänder sig till både planerare och geotekniker. Avsikten är att forskningsrapporten skall följas av praktiska anvisningar för båda kategorierna beträffande tillämpningen av klassificeringssystemet.

Begreppet "Geoteknisk terrängklassificering" används som arbetsnamn på den metodik som utvecklats.

Det är min förhoppning att det förslag till geotekniska terrängklassificeringssystem som behandlas i denna rapport skall bidra till en bättre förståelse av och ett bättre hänsynstagande till de geotekniska förutsättningarna i den fysiska planeringen. Systemet är inte slutligt utformat i och med denna rapport. Flera utvecklingsfrågor skisseras i KAP 7. Systemet är dock klart att tillämpas och bör genom praktiska tillämpningar modifieras och förbättras.

Under förstudiens gång bildades en referensgrupp bestående av

Övering Per Ahlberg	Statens geotekniska institut
Ark Ole Braesch-Andersen	Stadsarkitektkontoret, Norrköpings kommun
Ark Jan-Erik Egnell	Statens Planverk
Tekn dr Olov Holmstrand	Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola
Avd chef Bengt Johansson	Tyréns Företagsgrupp AB

Referensgruppens medlemmar har med sitt djupa engagemang i hög grad påverkat projektets utformning och samtidigt utgjort en stimulans för projektets handläggare.

Ett särskilt tack riktas till civ ing Lennart Adestam, som medverkat i projektet och som genom utveckling av en lätt bärbar geoteknisk fältutrustning bidragit till att geoteknisk terrängklassificering blivit möjlig.

Terrängklassificering av moränmark i Växjö har utförts av civ ing Bengt Rydell. Stadsplanekontoret i Växjö stödde detta arbete och lämnade värdefulla synpunkter.

Mikrofossilundersökning (diatomé- och pollenanalys) har utförts under ledning av fil dr Urve Miller, SGU.

Ett stort antal personer har i övrigt medverkat och på olika sätt bidragit till projektets genomförande: Ann-Christine Ahlberg, Karin Ambrosiani, Eva Dyrenäs, Mats Jansson, Rolf Lingfors, Stefan Nilsson, Rut Nocke, Rutgerd Åbrink och Irene Åberg. Jan Lindgren har svarat för rapportens slutliga redigering.

Till referensgruppens medlemmar och alla medverkande framför jag mitt synnerligen hjärtliga tack.

Linköping i maj 1984

Leif Viberg

INNEHÅLL

	Sid
SUMMARY	7
SAMMANFATTNING	11
SYMBOLER OCH BETECKNINGAR	17
ORDFÖRKLARING	19
1. INLEDNING	21
1.1 Bakgrund och syfte	21
1.2 Omfattning	28
1.3 Behov	29
1.4 Användbarhet	30
2. GEOTEKNISK KARTERING OCH UTVÄRDERING	31
3. BEFINTLIGA TERRÄNGKLASSIFICERINGSSYSTEM	36
3.1 Allmänt	36
3.2 Svenska system	36
3.3 PUCE-systemet	38
3.4 USDA-Soil Classification-systemet	42
4. FÖRSLAG TILL GEOTEKNISKT TERRÄNGKLASSIFICERINGSSYSTEM FÖR SVENSKA FÖRHÅLLANDEN	44
4.1 Principer	44
4.2 Systemets struktur	50
4.3 Klassificeringsnivåernas uppbyggnad	54
4.4 Principer för benämning av terrängklasser	58
4.5 Klassificeringsnivåernas användbarhet i planering	59
5. UPPRÄTTANDE AV GEOTEKNISKA TERRÄNGKLASSER	62
5.1 Allmänt	62
5.2 Behandling av geotekniska data - geodatabank	62
5.3 Klassificering av känd terräng - bildande av referensklasser	64
5.4 Klassificering av okänd terräng	69

	Sid
6. EXEMPEL PÅ GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING	72
6.1 Omfattning	72
6.2 Lerområden - Östergötland	72
6.3 Lerområden - Västkusten	84
6.4 Jämförelse mellan olika lerområden	88
6.5 Moränområde - Växjö	88
7. UTVÄRDERING OCH FORTSATT UTVECKLING	94
7.1 Insamling av data - geodatabanker	94
7.2 Bearbetning av data	94
7.3 Fortsatt utvecklingsarbete	96
LITTERATUR	98

#### BILAGOR

1. TERRÄNGFAKTORER AV BETYDELSE FÖR  
GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING
2. KLASSIFICERINGSPARAMETRAR FÖR GEOTEKNISK  
TERRÄNGKLASSIFICERING PÅ ENHETSNIKÄ
3. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR VID  
BEBYGGELSEPLANERING
4. ARBETSGÄNG VID GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING
5. FÖRKLARING AV SÄTTNINGSDIAGRAM
6. PLANERINGSRÄD OCH REFERENSKLASSDATA NORRKÖPING
7. PLANERINGSRÄD OCH REFERENSKLASSDATA LINKÖPING -  
NORSHOLM
8. GEOTEKNISKA TERRÄNGKLASSER PÄ MÖNSTERNIVÄ
9. SAMMANSTÄLLNINGSDIAGRAM ÖVER GEOTEKNISKA  
EGENSKAPER, VÄSTKUSTEN
10. GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING AV MORÄNOMRÄDE,  
VÄXJÖ

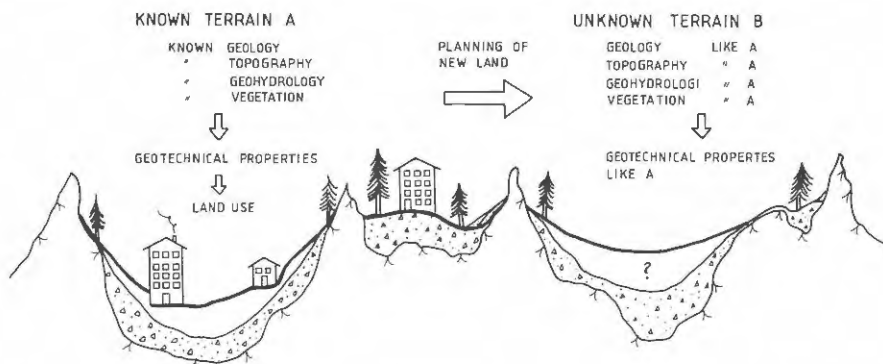


## SUMMARY

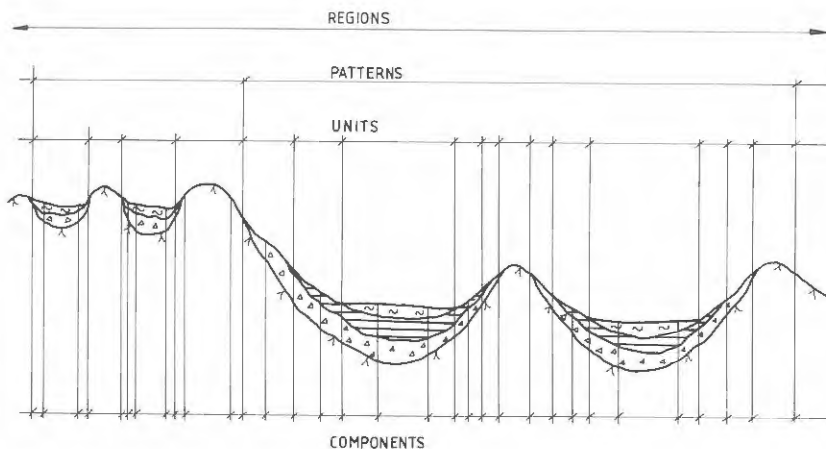
Geotechnical terrain classification has been applied by man since very long. Old settlements and roads localized to easily excavated and even sand grounds are examples of this. As soon as a judgement of the suitability of ground for buildings or roads - notwithstanding, this is made very simply e.g. visual inspection or by means of more advanced efforts like site investigations and calculations - it is in reality a classification of the geotechnical pre-requisites of the ground.

In this project a proposal is presented for a geotechnical classification system for planning applications. The purpose of the classification system is to improve as well as the content in the geotechnical information as the presentation of it for the physical planning.

The idea is founded on a principal from the Australian classification system PUCE and the American Soil Classification System applied for engineering purposes. The hypotheses - modified for Swedish terrain - is that sections of terrain that are topographically, geologically and hydrogeologically have similar geotechnical properties, see the following figure.



The classification system is hierarchally constructed with component as most detailed level, thereafter unit, pattern and region. The different classification levels are illustrated in the following figure.



The classification levels have different degrees of generalization in the geotechnical information, and they correspond to different planning levels according to current building code as well as the proposition for a new building code. The system is also applicable in restoration of cities.

The development work has been focused to the survey municipal planning levels.

The first moment in the classification work is to create reference classes. This is done within thoroughly investigated areas by means of existing geotechnical investigations, which are processed by computer technique. The geotechnical properties of the reference classes are defined and computations of capacity and consequences can be carried out.

The geotechnical prerequisites vary for different terrain types. E.g. in clay terrain the settlement,

stability and bearing capacity questions are of utmost importance, while excavation, filling, drainage and frost heave questions often are most important in till slopes. For each reference class the geotechnical questions that may influence the planning are described. Settlement, stability, bearing capacity, excavation and filling, drainage, frost heave susceptibility, radon gas risk, geo energy resources, and gravel resources are presented to the extent the questions play a role. The geotechnical prerequisites are presented in each reference class as Planning Advice, where the influence of the different geotechnical questions on the planning is described. Each terrain class is illustrated by a principal picture of the construction of the terrain.

When unknown terrain is geotechnically classified you delimit areas with similar geological geneses, topography and geohydrology by means of geological maps, air photo interpretation and field cheques. Geotechnical properties are determined at a few sites. In clay areas a light portable field equipment is used by which clay depth, shear strength etc can be determined. The properties of the unknown terrain areas are compared with the reference classes.

When the properties of a unknown area match a reference class the area is given the name and properties of the reference class. Thereby also the planning advice of the reference class can be transferred to the terrain area and thus it will be possible for the planner to consider the varying geotechnical conditions within the planning area.

The technique of geotechnical terrain classification has been tested in some clay areas and one moraine area. The tests have comprised the classification levels pattern and unit.



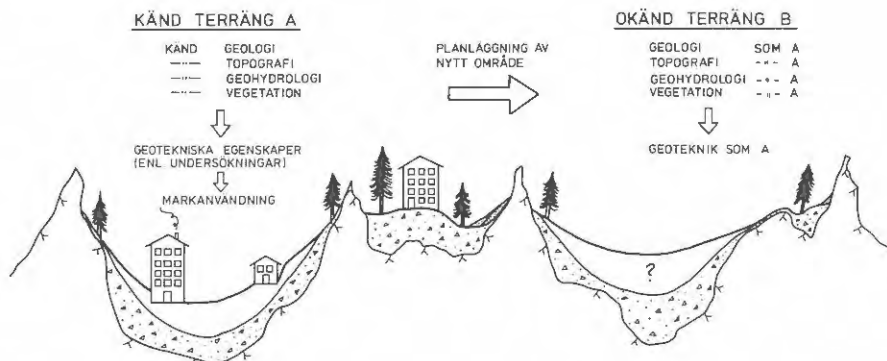
# GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING FÖR FYSISK PLANERING

## SAMMANFATTNING

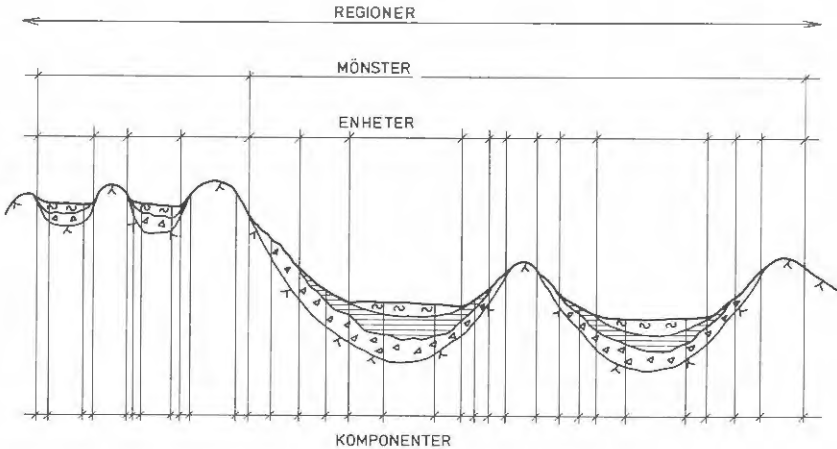
Geoteknisk terrängklassificering har i större eller mindre omfattning tillämpats av människan sedan mycket länge. Gamla boplatser och vägar lokaliserade till lättgrävda, väl-dränerade och jämna sand- och grusmarker är exempel på detta. Så snart man gör en bedömning av markens lämplighet för bebyggelse - vare sig detta görs mycket enkelt t ex enbart genom att titta på marken eller med hjälp av mer avancerade metoder som borrhningar och beräkningar - är det i realiteten fråga om en klassificering av markens geotekniska förutsättningar.

I detta projekt presenteras ett förslag till geotekniskt klassificeringssystem för planeringsändamål. Syftet med klassificeringssystemet är att förbättra såväl innehållet i den geotekniska informationen som redovisningen av densamma i den fysiska planeringen.

Idén bygger på principer från ett australiensiskt och ett amerikanskt terrängklassificeringssystem. Hypotesen - som modifierats för svensk terräng - är att terrängavsnitt som är topografiskt, geologiskt och geohydrologiskt lika har samma geotekniska egenskaper, se nedanstående figur.



Klassificeringssystemet är hierarkiskt uppbyggt med komponentnivå som mest detaljerad nivå, därefter enhet, mönster och region. De olika klassificeringsnivåerna illustreras i följande figur.



Klassificeringsnivåerna har olika generaliseringsgrader i den geotekniska informationen och de motsvarar olika plannivåer enligt gällande byggnadslag (BL) och enligt förslaget till ny plan- och byggnadslag (PBL), se tabell. Systemet kan även användas för förnyelseplanering.

Utvecklingsarbetet har inriktats mot de översiktliga kommunala plannivåerna, se särskild markering i tabellen.

Första momentet i klassificeringen är att bilda sk referensklasser. Detta utförs inom väl undersökta områden med hjälp av befintliga geotekniska undersökningsresultat, som sammanställs med dator teknik. Referensklassernas geotekniska egenskaper definieras och beräkningar av kapacitet och konsekvenser kan göras. För varje referensklass kan kapacitet och konsekvenser anges.

TABELL Möjliga samband mellan terrängklassificeringsnivåer och planeringsnivåer.

Geoteknisk terrängklassificeringsnivå	Planeringsnivå enl gällande begrepp	Planeringsnivå enl förslag till ny plan- och bygglag (PBL)	Stadsförnyelseplanering
Terrängregion	Riks- och regionplan	Riks- och regionplan	
Terrängmönster	Kommunomfattande markdispositionsplan*)	Översiktsplan (för hela kommunen)	
Terrängenhet	Områdesplan avseende markanvändningen på längre sikt*)	Översiktsplan (för del av kommunen)	
	Produktionsförberedande områdesplan för exploatering*)	Översiktsplan (för del av kommunen)	Områdesstudie
Terrängkomponent	Stads- och byggnadsplan	Detaljplan	Stads- och byggnadsplan
	Projektering	Projektering	Projektering
	Byggande	Byggande	Byggande

\*) Översiktliga kommunala plannivåer. Jfr "Geotekniska undersökningar vid bebyggelseplanering", Statens geotekniska institut och Statens Planverk, 1978.

De geotekniska förutsättningarna varierar för olika terrängtyper. I t ex lerterräng är sättnings-, stabilitets- och bärighetsfrågorna av största betydelse, medan schaktnings-, fyllnings-, dränerings- och tjälfrågorna ofta är viktigast i moränsluttningar. För varje referensklass anges de geotekniska frågor som kan inverka på planeringen. Sättningar, stabilitet, bärighet, schaktning och fyllning, dränering, tjälfarlighet, markradonrisk, markenergiressurser, grusresurser anges i den mån frågorna har betydelse. De geotekniska förutsättningarna presenteras i varje referensklass som PLANERINGSRÅD, där de olika geotekniska frågornas inverkan på planeringen beskrivs. Varje terrängklass illustreras med en principbild av terrängens uppbyggnad.

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS: Mäktig lös överkonsoliderad lera - MLÖLe



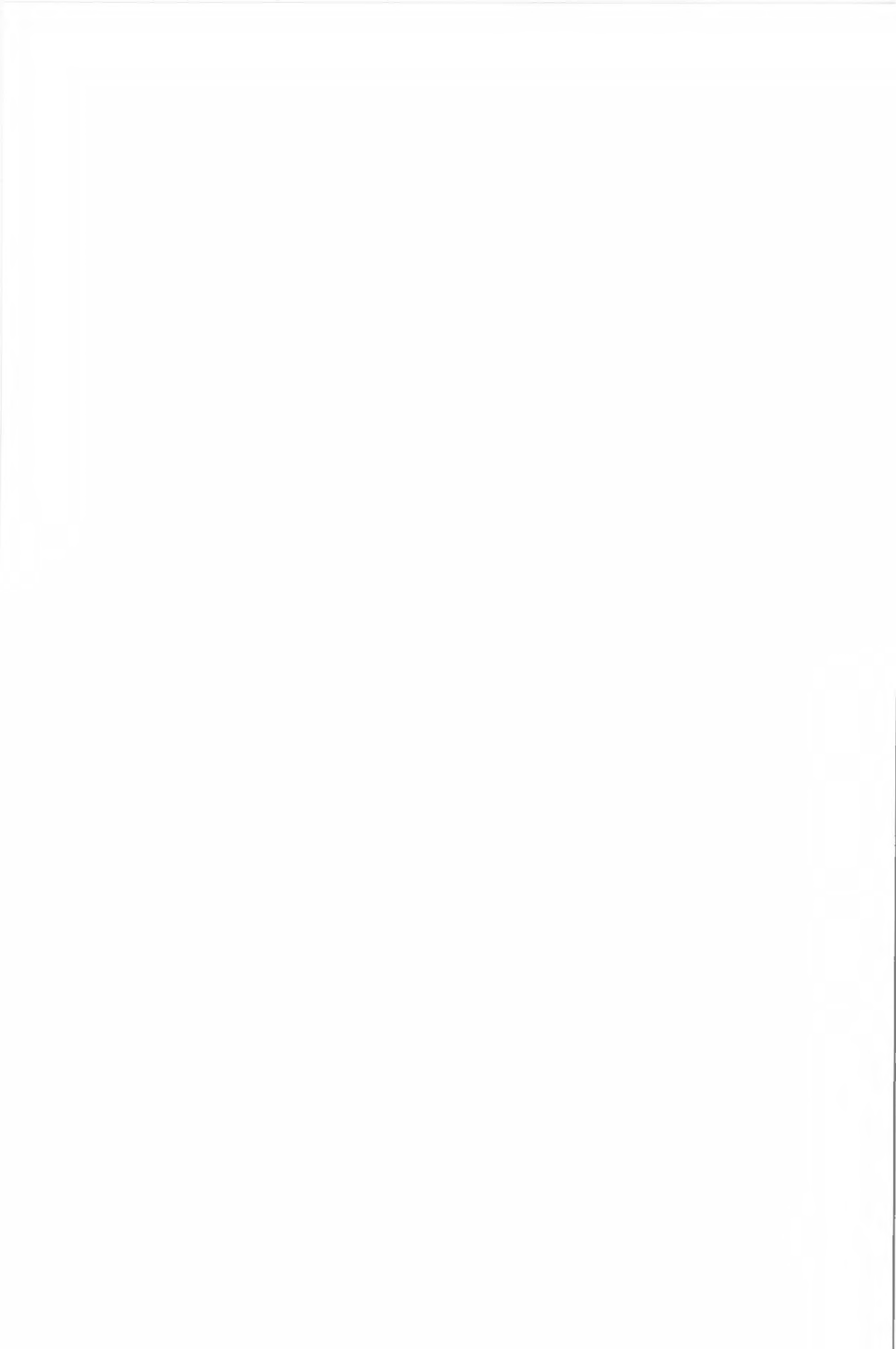
Vid geoteknisk terrängklassificering av okänd terräng avgränsas områden med likartade bildningssätt, topografi och geohydrologi med hjälp av geologiska kartor, flygbildstolkning och fältkontroller. Geotekniska egenskaper bestäms i enstaka punkter. I lerområden används en lätt fältutrustning - som kan bäras och skötas av en person - och med vilken lerdjup, skjuv-



hållfasthet m m kan bestämmas. Terrängområdenas egenskaper jämförs med referensklasserna. När egenskaperna hos ett "okänt" terrängområde passar in på en referensklass, ges terrängområdet referensklassens namn och egenskaper. Därmed kan också referensklassens "planeringsråd" överföras till terrängområdet, och det blir alltså möjligt för planeraren att beakta de varierande geotekniska förutsättningarna inom ett planområde.

Den geotekniska terrängklassificeringstekniken har testats främst i Östergötland och i viss mån även i sydvästra Sverige. Försöksverksamheten har koncentrerats till klassificeringsnivåerna mönster och enhet motsvarande de översiktliga kommunala planeringsnivåerna som markerats i tabellen, s 13.

Klassificeringsnivån region har bedömts vara av mindre intresse från kommunal synpunkt och klassificeringsnivån komponent tillhör detaljerad planering och projekteringsstadierna.



## SYMBOLER OCH BETECKNINGAR

$\rho$ t/m <sup>3</sup>	<u>Densitet</u> , förhållandet mellan jordens vikt och volym
$\sigma'$ kPa	<u>Effektivtryck</u> , dvs tryck mellan korn i jordar
$\sigma'_0$ kPa	Det <u>effektiva överlagringstrycket</u> i jord
$\sigma'_c$ kPa	<u>Förkonsolideringstryck</u> , dvs den trycknivå jorden kan belastas upp till utan större sättningar
$\tau_f$ kPa	<u>Skjuvhållfasthet</u> , f = failure (brott)
$\tau_{kon}$	<u>Skjuvhållfasthet</u> bestämd med konförsök på upptagna prover
$\tau_{ving}$	<u>Odränerad skjuvhållfasthet</u> bestämd med vingsond direkt i jorden
$S_t$	<u>Sensitiviteten</u> , $S_t$ , anger hur många gånger lägre skjuvhållfastheten blir efter fullständig omrörning. För kvicklera är $S_t > 50$ . Sensitiviteten har stor betydelse för utbredningen av skred.
$w_N$ %	<u>Vattenhalterna</u> - <u>naturlig vattenkvot</u> , $w_N$ , och
$w_L$ %	<u>flytgräns</u> , $w_L$ . Organisk halt höjer vattenhalterna. $w_L > 80\%$ innebär att det organiska inslaget har praktisk geoteknisk betydelse. I sådan jord kan kryprörelser orsaka problem.
$\sigma'_c - \sigma'_0$ kPa	Diagrammen betecknade "SIGMA C - SIGMA O" visar <u>lerans överkonsolidering</u> , dvs skillnaden mellan förkonsolideringstrycket, $\sigma'_c$ , och den rådande vertikala effektivspänningen $\sigma'_0$ . Skillnaden $\sigma'_c - \sigma'_0$ anger hur mycket jorden kan belastas eller grundvattennivån sänkas utan att sättningar uppstår. Det säkraste sättet att bestämma $\sigma'_c$ är medelst s k ödometerförsök.

En grov uppfattning av  $\sigma'_c$  kan fås genom den empiriska formeln  $\sigma'_c = \frac{\tau_{fu}}{0,45 W_L}$  (Hansbos formel).

- MLNLe Exempel på benämning av geoteknisk terrängklass på enhetsnivå: Mäktig lös normalkonsoliderad lera.
- GFÖLe Exempel på benämning av geotekniska terrängklass på enhetsnivå: Grund fast överkonsoliderad lera.
- BMn (L<sub>3</sub>) Exempel på benämning av geoteknisk terrängklass på mönsternivå: Berg-moränområde med inslag av grund fast överkonsoliderad lera.



Organisk jord, i huvudsak torv



Grund överkonsoliderad lera



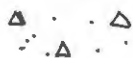
Mäktig normalkonsoliderad lera



Mäktig överkonsoliderad lera



Sand och grus



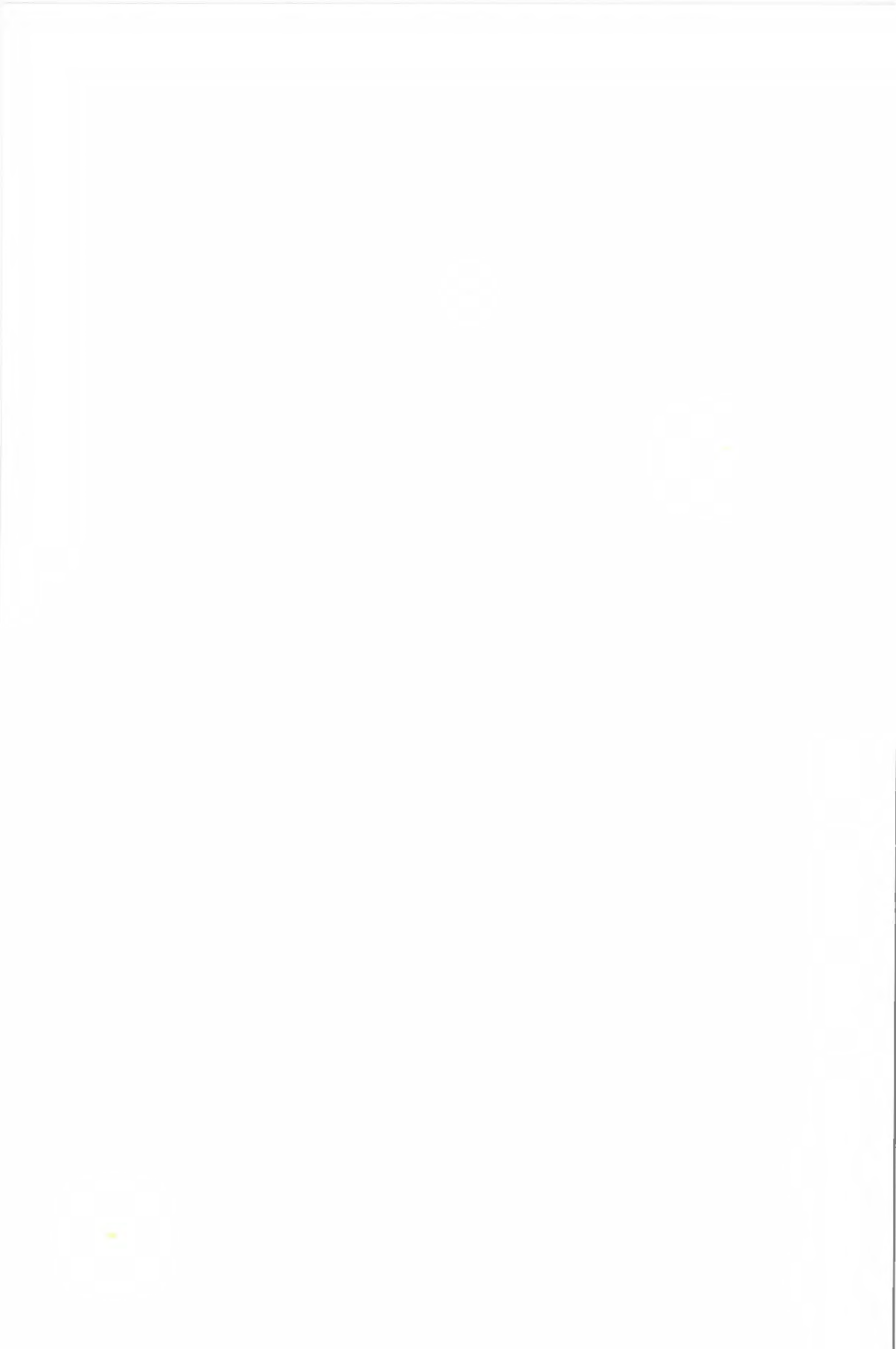
Morän



Berg

## ORDFÖRKLARING

Konsolidering	Hoptryckning av jord varvid vatten pressas ut från den belastade zonen.
Normalkonsoliderad jord	Jord som inte varit utsatt för högre tryck än det rådande trycket. Varje tryckökning innebär relativt stora sättningar, speciellt i lera och organisk jord.
Överkonsoliderad jord	Jord som varit utsatt för högre tryck än det rådande trycket ("förbelastning"). Denna effekt kan också uppstå genom bl a uttorkning, tjäle och kemisk cementering. Överkonsoliderad jord kan belastas upp till förkonsolideringstrycket utan nämnvärda sättningar.
Markenergi	Utvinning och lagring av värme i jord, berg och vatten.
Ytjordvärme	Utvinning av naturligt lagrad värme i ytliga jordlager ned till ca 2 m.
Djupjordvärme	Utvinning av värme som artificiellt lagrats i jordlager på mer än ca 2 m djup.



## 1. INLEDNING

### 1.1 Bakgrund och syfte

Fysisk samhällsplanering kräver kunskapsunderlag av olika typer. Information om jordlagrens och berggrundens förutsättningar för byggande och andra aktiviteter är härvid ett av flera nödvändiga planeringsunderlag. Geoinformation bör finnas med såväl vid val av bebyggelseområden och planutformning (hustyper, byggnaders placering etc) som vid kalkyler av olika planförslags ekonomiska konsekvenser. Även markresurser som energi, grus och vatten liksom risker i form av skred och radon måste kunna bedömas i tidiga planskeden.

Det är inte ovanligt att geoinformation saknas eller är otillräckliga i översiktlig planering. Risken för "geotekniskt felaktiga" planförslag blir därigenom stor. Terrängens geotekniska möjligheter och restriktioner bör beaktas i alla planeringsskeden och geoinformationen utformas så att planeraren förstår den och kan använda den på rätt sätt.

I denna rapport föreslås ett "geotekniskt terrängklassificeringssystem" där den geotekniska informationen anpassas till den fysiska planeringens behov så att planerarna får bättre möjligheter att beakta geoförhållandena även i översiktliga skeden.

Den geotekniska terrängklassificeringen är användbar i den kommunala planeringens alla skeden men bedöms göra störst nytta i översiktliga planskeden.

Begreppet "geoteknisk terrängklassificering" används i denna utredning som ett arbetsnamn och omfattar insamling, bearbetning, klassificering och redovisning av geotekniska data.

Geoteknisk terrängklassificering har i större eller mindre omfattning tillämpats av människan sedan mycket länge. Gamla boplatser och vägar lokaliserade till lättgrävda, väldränerade och jämna sand- och grusmarker är bevis på detta.

Geoteknisk terrängklassificering är sålunda inget nytt i och för sig. Klassificering kan dock göras för olika ändamål och klassindelningarna kan variera.

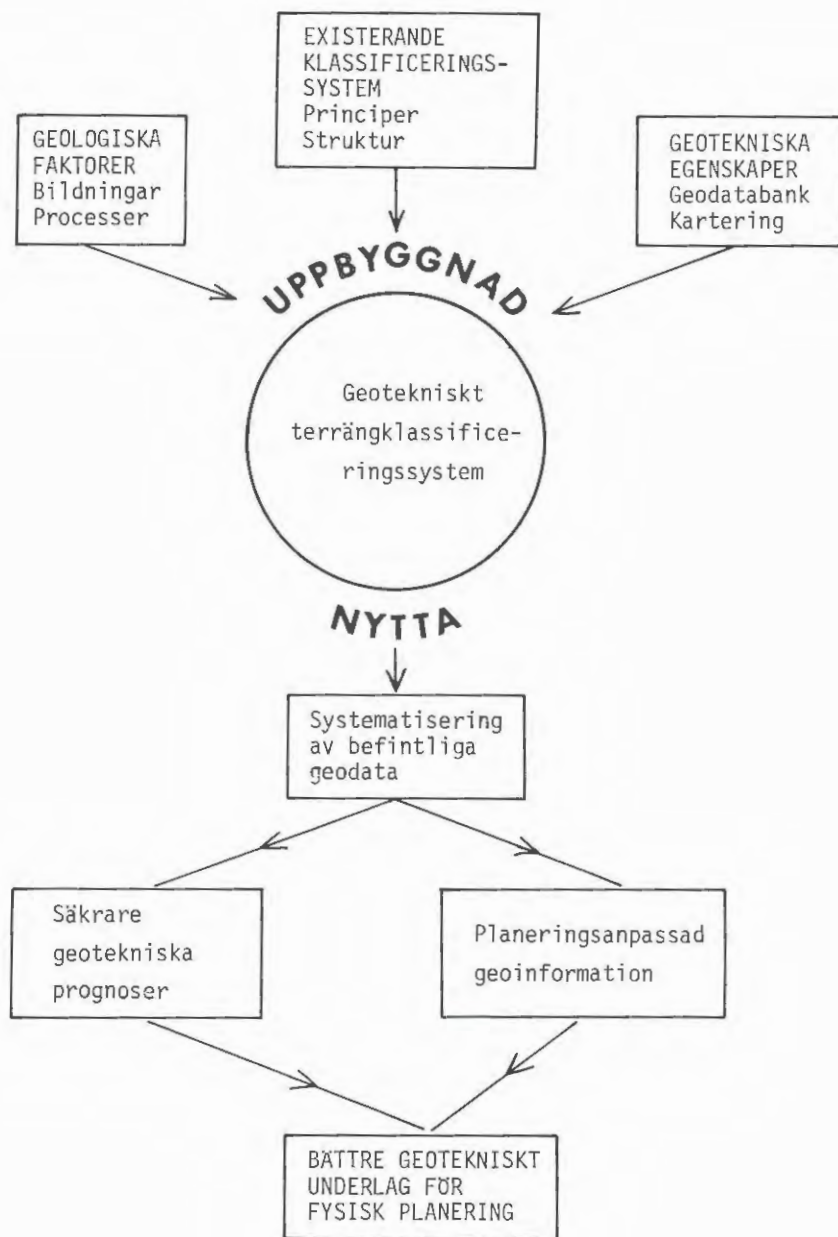
Nuvarande svenska geotekniska och byggnadsgeologiska översiktliga karteringsmetoder medger relativt små möjligheter till utvärdering av geoegenskaper och jordlagrens reaktioner på olika ingrepp. Kartorna är ofta av typ "ytlig jordartskarta". Endast generella geotekniska omdömen kan ges och bedömningarna kan bli intetsägande. Indelningen i jordartsgrupper som enbart baseras på kornstorlek ger en "stel geoteknisk bild" av terrängen. De geotekniska egenskaperna varierar mer eller mindre inom respektive jordartsgrupp. De största variationerna torde finnas inom ler- och moränterräng, som båda kan variera från mycket bra till mycket svår byggnadsmark. Med det föreslagna terrängklassificeringssystemet skall en mer nyanserad bild av de geotekniska förutsättningarna kunna ges.

Det geotekniska terrängklassificeringssystemet avses sålunda tjäna det dubbla syftet att både förbättra den faktiska geotekniska informationen och möjliggöra ett riktigt hänsynstagande till de geotekniska förutsättningarna i den fysiska planeringen.

I FIG 1 illustreras det geotekniska terrängklassificeringssystemets uppbyggnad och nytta. Idén till och principen för systemet har hämtats från existerande utländska klassificeringssystem. Systemets hierarkiska struktur har hämtats från det australiensiska PUCE-systemet. Geologiska faktorer och geotekniska egenskaper utgör substansen i systemet.

Klassificeringssystemets dubbla syfte innebär å ena sidan att befintliga geodata tillvaratas och systematiseras. Därigenom fås översikter av geotekniska egenskapers variationer, FIG 2a, som skapar förutsättningar





FIGUR 1. Uppbyggnad och nytta av geotekniskt terrängklassificeringssystem.

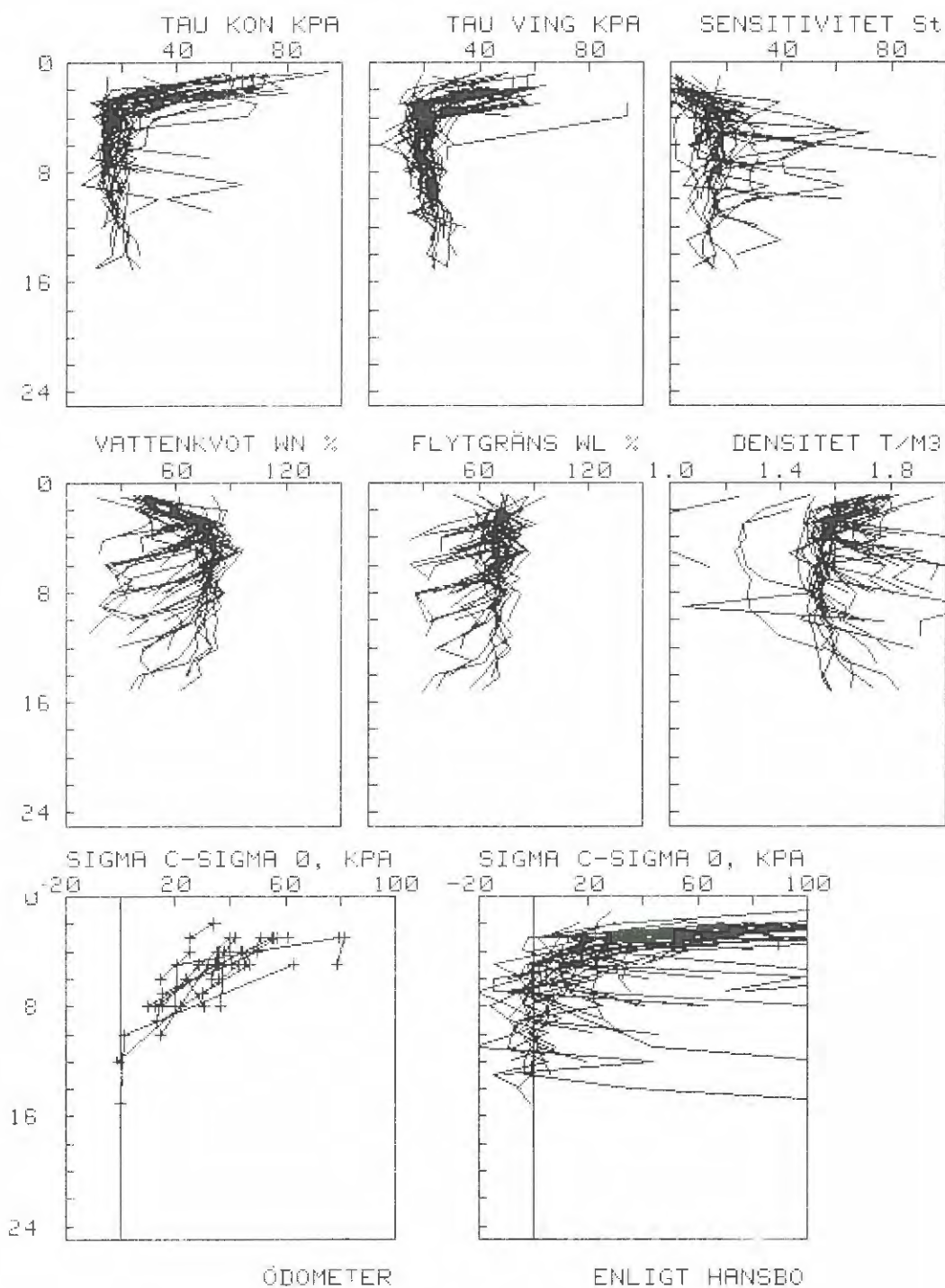
för säkrare och mer nyanserade geotekniska beräkningar och bedömningar, FIG 2b. Å andra sidan skall den geotekniska informationen utformas och redovisas på ett för icke-geotekniker begripligt sätt, FIG 2c. Som ett led i denna strävan bör förklaringar av geotekniska begrepp utformas.

Sammantaget avses förbättringarna i de geotekniska bedömningarna och redovisningen av geoinformationen ge ett bättre geotekniskt underlag för fysisk planering.

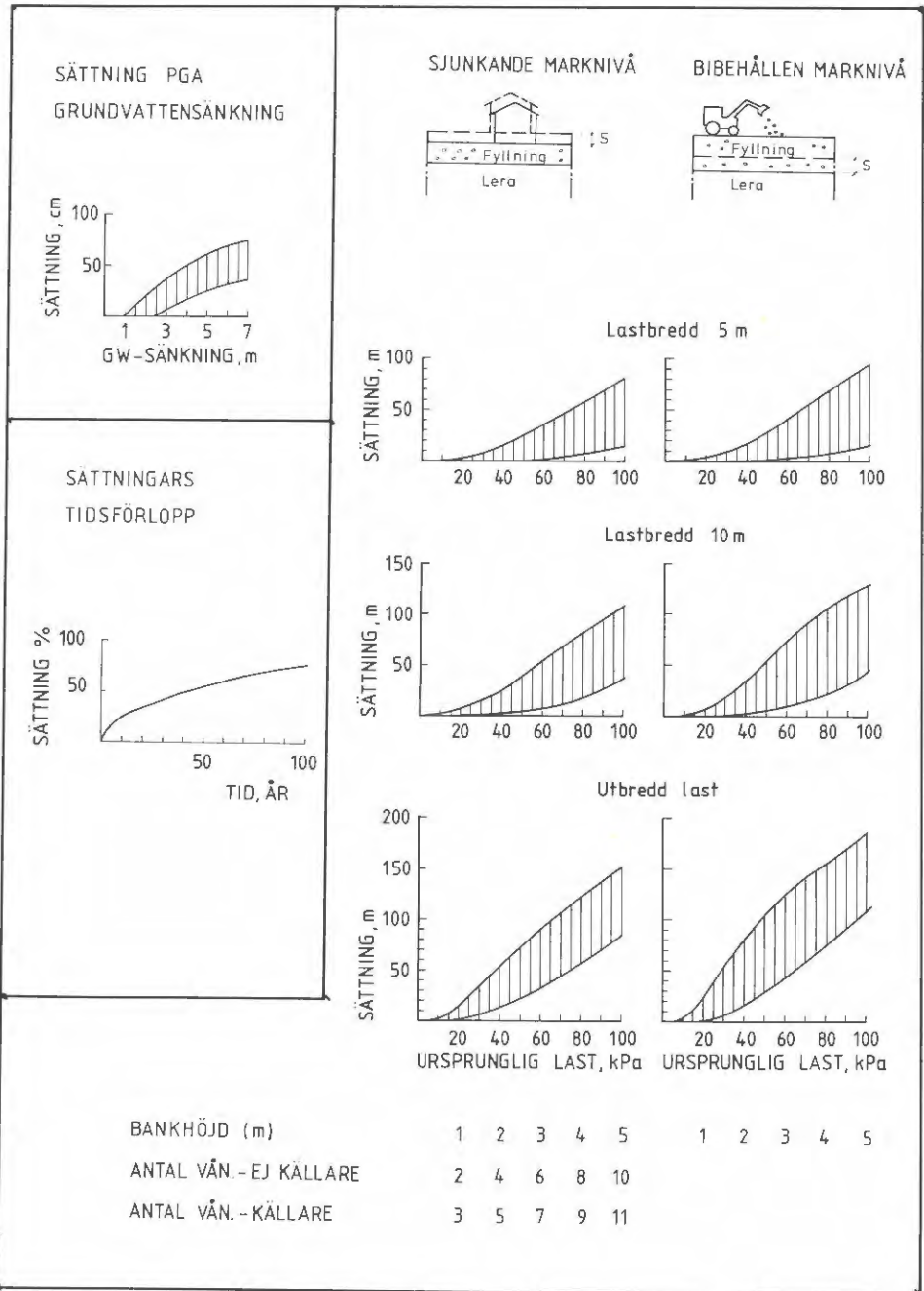
Nyttan med ett geotekniskt terrängklassificerings-system kan sammanfattas i följande punkter:

1. Systematisering av den enorma datamängd som finns i redan utförda geotekniska undersökningar. Därigenom fås "ny" kunskap om de geotekniska egenskapernas variationer i terrängen och deras beroende av topografi, geologi, hydrologi etc.
2. De verkliga geotekniska förhållandena - om än endast grovt - kan tas fram för stora arealer.
3. Brukartillvänt språk ökar systemets användbarhet och de geotekniska förhållandena kan beaktas på rätt sätt.
4. Om principerna för systemet standardiseras och blir allmänt använda fås i princip samma resultat och redovisning oberoende av framställare, till stor fördel för planerarna.
5. Systemets hierarkiska uppbyggnad medför att ingen information "tappas bort". Detaljuppgifter förs upp på högre nivåer där de generaliseras.

Klassificeringen ger även information om behov av geotekniska undersökningar. I geotekniskt homogen terräng är behovet mindre än i variabel terräng.



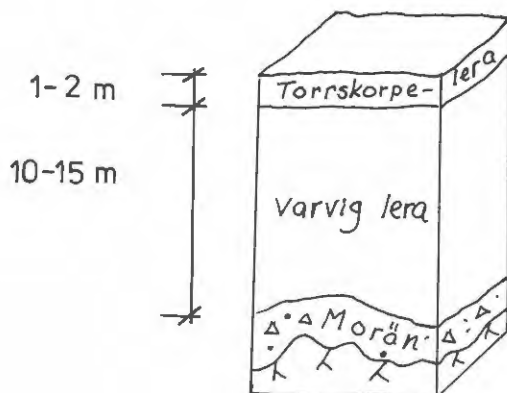
FIGUR 2a. Exempel på översikt av geotekniska egenskaper.



FIGUR 2b. Exempel på geoteknisk utvärdering. Sättningsdiagrammen är baserade på sammanställningen i FIG 2a. (Förklaring av diagrammen ges i BIL 5).

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS:

MÄKTIG LÖS ÖVERKONSOLIDERAD LERA - MLÖLe



PLANERINGSRÅD

Grundläggning

Uppfyllning

Grundvattensänkning

Bärighet

Stabilitet

Schaktning och fyllning

Markenergi

Markradon

Geotekniska frågor att utreda

FIGUR 2c. Exempel på geoteknisk redovisning. I planeringsråden lämnas information om hur man kan ta hänsyn till de geotekniska förutsättningarna i planeringen.

Den geotekniska terrängklassificeringen kan tillämpas i såväl naturlig mark som tät bebyggelse. I det senare fallet har de ursprungliga naturfaktorerna i många fall byggts bort, men klassificering är ändå möjlig eftersom det normalt finns gott om befintliga geotekniska undersökningar i stadskärnorna.

## 1.2 Omfattning

Projektet inleddes med en förstudie, VIBERG & ADESTAM (1978), där befintliga terrängklassificeringssystem inventerades och principerna för geoteknisk terrängklassificering redovisades och testades inom ett mindre område. Dessutom genomfördes en enkät till planerare och geotekniker om geoteknikens roll i planeringsprocessen.

Ett seminarium om geoteknisk information vid fysisk planering genomfördes i Stockholm 26 april 1979, VIBERG & ADESTAM (1979).

Utvecklingsarbetet har omfattat genomförande av geoteknisk terrängklassificering inom ler- och moränområden, jfr avsnitt 1.3. Arbetet har koncentrerats till klassificering av lermark, men även ett moränområde har klassificerats. Testområden har varit Östergötland och Västkusten för leror och Växjötrakten för moräner.

I utvecklingsarbetet har relativt stora resurser lagts på utveckling av dataprogram och insamling av geotekniska data. Eftersom geoteknisk terrängklassificering bygger på sammanställningar av befintliga data har det ansetts nödvändigt att dataunderlaget skall vara realistiskt och insamlingsarbetet har därför varit omfattande. Totalt har 4000 borrhål lagrats in inom Östergötland.

Ett försök att korrelera lerornas bildningsmiljö med geotekniska egenskaper i Norrköping och Linköping har utförts. Denna undersökning visade emellertid att kunskaperna om lerornas bildning i Östergötland för närvarande inte är tillräckliga för en säker tolkning av bildningsmiljöerna. Pågående geologiska undersökningar kommer sannolikt att ge möjligheter till att utnyttja undersökningarna inom projektet för säkrare tolkningar.

I rapporten har medtagits en diskussion om geoteknisk kartering och utvärdering, KAP 2, där den geotekniska terrängklassificeringen jämförs med andra karttyper.

De ekonomiska aspekterna har inte behandlats i detta projekt. Den genomförda enkäten och seminariet visar att det finns ett stort behov av kostnadsuppgifter i planeringsprocessen. I förstudien VIBERG & ADESTAM (1978), s 37-43, redovisades principer för beräkning av markbyggnadskostnader av Bengt Johansson.

### 1.3 Behov

Geoteknisk terrängklassificering omfattar alla geologiska bildningar. Klassificeringsbehovet är störst för de bildningar där de geotekniska egenskaperna varierar inom stora intervall. Från byggnads- och anläggningsteknisk synpunkt bedöms klassificering av ler- och moränjordar vara mest angelägen. De geotekniska egenskaperna hos dessa jordar varierar från mycket bra till mycket besvärlig byggnadsmark.

I lerjord kan de geotekniska problemen vara besvärliga och långvariga. De geotekniska egenskaperna i lerjord "syns" inte, utan måste bestämmas.

Organiska jordar tillhör också problemjordarna, men de är emellertid relativt enkla att klassificera eftersom deras geotekniska egenskaper så gott som alltid är "dåliga". Problemens storlek i organiska jordar avgörs av deras mäktighet och underlag.

De geotekniska problemen med moränjordar är främst knutna till framkomlighet, schaktningsarbeten (bloc-kighet, flytjord, grundvatten), tjäle och dränering. Bärighet och sättningar utgör sällan problem i moränmark. Svårigheter att undersöka morän i kombination med att morän är "fastmark" gör att mycket få undersök-ningsresultat finns i moränområden.

Sand- och grusjordars geotekniska egenskaper varierar relativt litet jämfört med lera och morän. Därför är klassificeringsbehovet inte lika stort. Mäktighet och lagerföljd bedöms vara de viktigaste geotekniska parametrarna i planeringsskedet. Av stor vikt är att skilja utsvallade sand- och gruslager på lera eller organisk jord från "genomgående" sand- och gruslager.

#### 1.4 Användbarhet

Det geotekniska terrängklassificeringssystemet är primärt avsett att användas i den kommunala översiktliga planeringen. Geoteknisk terrängklassificering av planeringsområden ger planeraren möjlighet att ta hänsyn till markens geotekniska möjligheter och risker i tidiga planeringsskeden. Klassificeringssystemets uppdelning i nivåer medger att den geotekniska informationen kan anpassas till planeringens behov av information, se vidare avsnitt 4.5, s 59-61.



## 2. GEOTEKNISK KARTERING OCH UTVÄRDERING

Med geoteknisk kartering avses framtagning av geotekniska data inom ett terrängavsnitt. I begreppet inryms normalt såväl insamlandet - det egentliga karteringsarbetet - som utvärderingen av det insamlade materialet. HOLMSTRAND & WEDEL (1977) och ORRE (1981) har delat upp redovisningen på basdata/undersökningsresultat och utvärderingar.

Det är svårt att göra en ur alla synvinklar hållbar definition av geologiska och geotekniska basdata<sup>\*)</sup> och tekniskt utvärderad information<sup>\*)</sup>. Basdata kan ibland ge information direkt. Ex.vis ger basdata "berg" upplysning om att bärigheten är mycket god, eftersom så gott som all berggrund i Sverige är tillräckligt bärig för normalt förekommande belastningar. Basdata som "morän" och "lera" ger däremot inte samma direktinformation eftersom dessa bildningars geotekniska egenskaper varierar inom vida gränser.

Enligt HOLMSTRAND & WEDEL utgörs "basdatainformation" av "...en dokumentation av det karterade områdets fysiska uppbyggnad på grundval av olika typer av undersökningar...."

Definitionerna av basdata och utvärderingar kan variera. I denna rapport gäller följande definitioner:

Basdata<sup>\*)</sup>: resultat av karteringsarbete (insamling och sammanställning av data; inkluderar även fält- och laboratoriarbeten)

Utvärdering av geodata = geoinformation<sup>\*)</sup>:  
bearbetning av geodata för definierade ändamål såsom klassificering av geologiska och geotekniska data från byggbarhetssynpunkt.

---

<sup>\*)</sup> Data: uppgifter, (tekniska) fakta, siffror, värden. Information: besked, vägledning. (Ur synonymordboken "Ord för ord", 1964).

Geologisk och geoteknisk kartering (=datainsamling) ger underlag för beskrivning av terrängens geologiska uppbyggnad och dess geotekniska egenskaper, FIG 3 (övre delen). Utvärderingen av insamlade data innebär uppdelning av undersökningsområdet i delområden med olika egenskaper och beskrivning av de olika delområdenas geotekniska förutsättningar för planering och byggande, FIG 3 (undre delen).

Geologisk-geoteknisk kartering och utvärdering utförs sedan länge. Den geotekniska terrängklassificeringen som redovisas i denna rapport genomförs också med hjälp av kartering och utvärdering. Klassificeringen bygger alltså på gamla principer. Det nya är att data från väl undersökta områden utnyttjas för omgivande terräng och att därigenom såväl kvalitativ som kvantitativ information kan ges i olika planeringsskeden.

De geotekniska data som fås från olika undersökningsmetoder kan i princip delas upp i "relativa" och "absoluta" data. "Relativa" data innebär att en måtskala utan siffervärden används, medan "absoluta" data är uppmätta och kan ges siffervärden.

I TAB 1 redovisas uppgifter som fås med olika undersökningsmetoder. Exempel på data om terrängens geologiska uppbyggnad ges i TAB 1a och om geotekniska egenskaper i TAB 1b.

TABELL 1a. Exempel på uppgifter från karteringsarbete - terrängens geologiska uppbyggnad, se övre delen i FIG 3.

UNDERSÖKNINGS- METOD	TERRÄNGENS UPPBYGGNAD					
	Topografi	Jord- arter	Jordarts- gränser	Jord- djup	Jord- lager- följd	Block- halt
Topografisk karta	x					
Allm geologisk karta (SGU)(x)	x	x	x	(x)	(x)	x
Fältkartering	(x)	x	x			x
Flygbildstolkning	x	x	x	(x)		
Sticksondering $\phi$ 10 mm		(x)		x	(x)	(x)
Skruvborrning $\phi$ 10 mm		x		x	x	
Bef unders		x	x	x	x	

## PRINCIPER FÖR KARTERING OCH UTVÄRDERING



FIGUR 3. Illustration av begreppen kartering och utvärdering. Kartering av basdata ger en beskrivning av terrängens uppbyggnad och uppmätta egenskaper. Vid utvärderingen görs sammanlagring av flera basdatafaktorer för specifika ändamål - t ex geoteknisk klassificering för planering.

TABELL 1b. Exempel på resultat från karteringsarbete - terrängens geotekniska egenskaper, se övre delen av FIG 3.

UNDERSÖKNINGSMETOD	GEOTEKNISKA EGENSKAPER			Relativ skala	
	Relativ fasthet	Relativ mäktighet	Relativ	Relativ	GW-nivå
Flygbildstolkning	-	(x)	(x)		
Fältbesiktning	-	-	x		
Sticksondring $\phi 10$ mm	x	x	-		
Skruvborr $\phi 10$ mm	x	x	x		
Brunnsarkiv	-	x	x		
Bef undersökning	x	x	x		
Provgropar	x	x	x		

UNDERSÖKNINGSMETOD	GEOTEKNISKA EGENSKAPER			Absolutskala		
	Skjuv- håll- fasthet	Sensi- tivi- tet	Kompres- sibili- tet	Konsoli- derings- grad	Mäktig- het	GW-nivå Portryck
Kolvborr $\phi 50$ mm	x	x				
" $\phi 22$ mm	(x)	(x)				
Vingsond std	x	x				
Vingsond $\phi 10$ mm	x	x				
Sondering					x	
Ödometerförsök			x	x		
Empirisk formel (Hansbo)				(x)		
Brunnar						x
Öppna GW-rör						x
Portrycksmätare						x
Bef undersökning	x	x	x	x	x	x
Brunnsarkiv						x
Provgropar	(x)					x

x = säkert bestämda data

(x) = mindre säkert bestämda data

En persons kunskaper och erfarenheter av de geologiska bildningarnas geotekniska egenskaper spelar stor roll för hur mycket direkt information t ex en jordartskarta ger. Det finns en risk att en jordartskarta ger upphov till alltför generella slutsatser om de geotekniska egenskaperna.

Det är en vanlig uppfattning att t ex

Berg och morän är "bra" byggnadsmark  
Lera och torv är "dålig" byggnadsmark

Dessa omdömen kan fällas med enbart jordartskartor som underlag. Även om påståendena ofta är sanna bör påståendena vara "bevisade" på något sätt. Kraven på "bevis" bör naturligtvis vara rimliga. Det är en utopi att prognoser om geologiska och geotekniska faktorer kan göras helt säkra även med stora fältinsatser.

En viss felfrekvens måste tillåtas för att inte undersökningarna skall bli orimligt dyra. "Osäkerheten" bör även återspeglas i prognoserna. I översiktliga undersökningar bör prognoserna begränsas till relativa påståenden som "sämre och bättre". Med ökande kunskap kan prognoserna ge mer preciserad information i form av egenskaper indelade i intervall. Intervallen kan göras snävare allteftersom fältdata ökar. I områden där egenskaperna har stora naturliga variationer minskar inte intervallens bredd med ökande data. Där- emot ökar säkerheten om att egenskaperna verkligen varierar.

Den föreslagna geotekniska terrängklassificeringen avses ta hänsyn till de geotekniska egenskapernas variationer.

### 3. BEFINTLIGA TERRÄNGKLASSIFICERINGSSYSTEM

#### 3.1 Allmänt

Det geotekniska terrängklassificeringssystemets principer har hämtats från det australiensiska PUCE-systemet och det amerikanska USDA - Soil Classification-systemet tillämpat för geotekniska ändamål. Dessa system presenteras därför kortfattat i avsnitt 3.3 och 3.4. Detaljerade beskrivningar finns beträffande PUCE-systemet i VIBERG & ADESTAM (1978) och USDA-systemet i VIBERG (1976).

#### 3.2 Svenska system

Geologisk och geoteknisk kartering i Sverige har frambringat en stor mängd beteckningar på kartor som visar geologiska, geohydrologiska och geotekniska förhållanden.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) producerar allmänna mer eller mindre rikstäckande geologiska kartor. Speciella kartor tas fram av olika producenter för särskilda ändamål på uppdragsbasis:

- Geologisk karta
- Jordartskarta
- Geohydrologisk karta
- Byggnadsgeologisk karta
- Geologisk-geoteknisk karta (även geoteknisk-geologisk)
- Geoteknisk karta
- Ingenjörsgelogisk karta
- Geobildtolkningskarta

Anledningen till denna namnflora är kanske främst den historiska utvecklingen av karttyperna men även marknadsföringsmässiga skäl och måhända ett revirtänkande hos geologer och geotekniker. Alla beteckningar har i och för sig sitt berättigande. Eftersom flera kartnamn ofta täcker ett och samma geoförhållande skapar emellertid namnförbistringen förvirring hos främst kartanvändarna. Liknande tankegångar har framförts av FLODIN (1980). Behovet av systematisering och klara varudeklarationer av resp karta är uppenbart.

Det är viktigt att varje redovisning klart talar om vad som redovisas. Kartnamnet bör ge upplysning om innehållet, t ex "jordartskarta med lerdjup".

Ett steg på vägen mot ett bättre förhållanden är förslaget till ingenjörsgelogiska kartor, HOLMSTRAND & WEDEL (1977) och HOLMSTRAND (1983) som delar upp redovisningen på ett antal karttyper.

A. BASDATAREDOVISNING

Undersökningar

Jordarter

Berggrund

Hydrogeologi

B. TEKNISK UTVÄRDERING

Byggnadsgeologi

Markkostnadsindex

Kartor över enskilda faktorer

Ex. lermåktighet  
sättningsbenägenhet  
släntstabilitet  
frostaktivitet  
schaktbarhet  
infiltrationsområden  
grundvattentillgångar  
materialresurser

Den geotekniska terrängklasskartan kan ses som en utveckling av den byggnadsgeologiska kartan. Den utgör en sammanlagring av relevanta enskilda faktorer.

ORRE (1981) har påpekat vikten av att särskilja undersökningar och primärdata från bearbetningar och utvärderingar. "Information av olika slag och karaktär skall redovisas var för sig".

Enligt Orre skall följande redovisningstyper förekomma.

I. Undersökningsresultat. Dokumentation  
Resultat av fält- och laboratorieundersökningar. Inga tolkningar eller schematiseringar av resultat.

II. Underlag för planering, projektering m m.  
Tolknings- och bearbetningar av undersök-  
ningsresultat. Skisser och ritningar  
visande förhållanden, åtgärder, lösningar,  
restriktioner m m.

III. Bygghandlingar

Redovisning av en kalkylerbar bild av  
aktuella mark-, grundläggnings- och för-  
stärkningsarbeten."

Geoteknisk kartering utförs i Sverige emellertid rela-  
tivt enhetligt, främst beroende på standardiserade  
beteckningar för redovisning i plan enligt Svenska  
Geotekniska Föreningens (SGF) rekommendationer - SGF:s  
beteckningsblad nr 5-6. De geotekniska kartornas inne-  
håll och redovisning varierar dock mellan olika kart-  
producenter.

Geoteknisk terrängklassificering i ordets egentliga  
bemärkelse har genomförts i Skåne, THUROV (1976).  
Med kartor och profiler redovisas översiktligt jordar  
och bergarter med olika geotekniska egenskaper.

Svenska terrängklassificeringssystem finns för skogs-  
bruk, SKOGSARBETEN (1969), och militära ändamål, WELLVING  
(1978). Framkomlighet och bärighet är två viktiga egen-  
skaper i dessa system. Wellving har tillämpat princi-  
perna i det australiska terrängklassificeringssystemet  
PUCE, samma system som det i denna rapport föreslagna  
geotekniska terrängklassificeringssystemet bygger på.

### 3.3 PUCE-systemet

#### Principer

PUCE är en förkortning av Pattern, Unit, Component  
Evaluation. PUCE kan anses vara en typ av geotekniskt  
terrängklassificeringssystem för olika planerings-  
skeden, GRANT (1968 a&b, 1974), GRANT & FINLAYSON



(1978) och är utvecklat för australiensiska förhållanden. Systemet är hierarkiskt uppbyggt:

Province	- region	mest generaliserade nivå
Pattern	- mönster	
Unit	- enhet	
Component	- komponent	mest detaljerade nivå

När PUCE-systemet utvecklades uppställdes bl a följande krav på systemet:

- Det skall baseras på faktiska terrängegenskaper, dvs endast observerade data kan användas för bestämning av den terrängklass som ett terrängparti skall tillhöra.
- Terrängklasserna skall lätt kunna bestämmas med ett begränsat fältarbete
- Terrängklassificeringen skall kunna extrapoleras över stora områden, när klasser bestämts inom begränsade partier.

#### Definition av och kriterier för de olika PUCE-nivåerna

Områden med samma klimat och geologisk historia utvecklar likartad terräng. Dessutom uppvisar områden med liknande vegetationssammansättning liknande mönster på flygbilder i viss skala tagna på viss höjd. Sådana områden kallas regioner.

Inom en region skapar klimatologiska och geologiska processer olika landformer som kan kännas igen på landskapets karaktäristiska utseende. Dessa utseenden kan identifieras i fält och på flygbilder som ytor med olika topografiskt mönster, jordart och vegetationskaraktistika. En sådan yta benämns terrängenhet. Emellertid kan det med flygbilder vara svårt att märka en ändring av jordart eller vegetation och man bildar då ett terrängmönster där flera jordarter och vegetationstyper kan vara representerade men som återfinns i ett bestämt mönster. Sist i hierarkin kommer terrängkomponent som beskriver en yta med snävt bestämda förhållanden vad gäller markens lutning, jordarter samt vegetation.

### Beskrivning av nivåer

Terrängkomponent består av en yta med konstant lutning eller rundning antingen konvex eller konkav, enhetlig jordartssammansättning enligt Unified Soil Classification samt enhetlig vegetationstyp. Vid lutningskriteriet bortses från:

1. Mikrotopografi där reliefen inom ca 40 m<sup>2</sup> ej överstiger ca 1 m.
2. Uppstickande berghällar
3. Enstaka block eller hällar

Dock används dessa faktorer vid beskrivning av terrängkomponentens ytutseende.

Komponenten beskrivs av följande faktorer: jordart, markfuktighet, ytstruktur, lutning och vegetationstyp.

Terrängenhet är en yta med ett fysiografiskt utseende och som innehåller karakteristiska jordarts- och vegetationsförhållanden. Topografiskt indelas enheten i följande klasser:

1. Plana och horisontella eller böljande ytor
2. Lutande ytor
3. Isolerade kullar eller ryggar
4. Dräneringslinjer, vattendrag, sjöar etc

Enheten består av ett begränsat antal komponenter som alltid upprepas på samma sätt inom enheten. Den karakteristiska jorden benämns:

synligt berg eller tunna jordlager  
 lerjordar  
 siltjordar  
 sand över lerjordar  
 sandjordar  
 skiktade jordar  
 organiska jordar

Den karakteristiska vegetationstypen benämns:

barmark, glest gräs, enstaka träd el buskar  
 gräsmark  
 buskmark  
 Öppen skogsmark  
 gles skogsmark  
 skogsmark  
 skog  
 regnskog  
 sötvatten-sumpskog  
 saltvatten-sumpskog

Terrängenheten motsvaras ungefärligen av jordart på geologisk karta i skala 1:50.000.

Terrängmönster är ett område med enhetlig morfologisk sammansättning och består av flera jord- och vegetations-typer som förekommer i ett bestämt mönster. Ett mönster består av ett antal på samma sätt återkommande terrängenheter och representeras med ett mönster på en flygbild med lämplig skala. Områdets gränslinjer dras där:

1. Den kontinuerliga terrängenheten eller enheterna ändras.
2. Dräneringsmönstret ändras påtagligt
3. Nivåskillnaderna ändras påtagligt

Terrängregion utgörs av ett område med ett antal terrängmönster alltid ordnade på ett visst sätt.

Samband mellan PUCE-nivå och byggnadstekniska problem (exempel)

<u>Nivå</u>	<u>Planeringsproblem</u>
Mönster	Vägbyggnad
	Jordarten - kvantitet
	- utrustning
	Flygfält och dammar
	topografisk lämplighet

Enhet	Vägbyggnad, flygfält, dammar Lokalisering Lämpligt byggnadsmaterial Husbyggnad Lokalisering
Komponent	Markytans körbarhet Översvämningsrisk  Lämpligt vägbeläggingsmaterial Lämpligt betongmaterial Husgrundläggning sättningsbenägenhet

### 3.4 USDA - Soil Classification-systemet

(USDA-United States Department of Agriculture)

USDA-systemet är ett jordklassificeringssystem som används på många håll i världen för jordbruksändamål. Systemet har emellertid även utvecklats för andra ändamål, t ex markbyggnadsfrågor.

USDA-systemet är ett pedologiskt system eftersom det baserar sig på studier av jorden själv. I USDA-systemet identifieras jordarna inte enbart med hjälp av sådana fysiska egenskaper som färg, jordart, struktur, permeabilitet och pH-värde utan också efter sådana egenskaper som ursprungsmaterial, läge i landskapet, lutning, djup och dränering.

USDA-systemet baseras på hypotesen att jordar som har samma klimat, topografi, ursprungsmaterial och dräneringsegenskaper reagerar på likartat sätt för samma markanvändning var de än förekommer. USDA-systemet har utsträckts även för geoteknisk tillämpning. För detta ändamål krävs emellertid att tekniska egenskaper hos jordarna bestäms.

I USA pågår kartläggning av jordmåner, s k soil surveys, enligt USDA-systemet i skala 1:15840. I de moderna rapporterna till Soil Surveys ingår ett avsnitt om utvärdering och tolkning av jordegenskaper för geoteknisk

tillämpning. I avsikt att införa en enhetlig tolkning i de olika rapporterna har Soil Conservation Service, USDA utgivit en handbok för nämnda utvärdering, SOIL CONSERVATION SERVICE, (1971).

#### 4. FÖRSLAG TILL GEOTEKNISKT TERRÄNGKLASSIFICERINGSSYSTEM FÖR SVENSKA FÖRHÅLLANDEN

##### 4.1 Principer

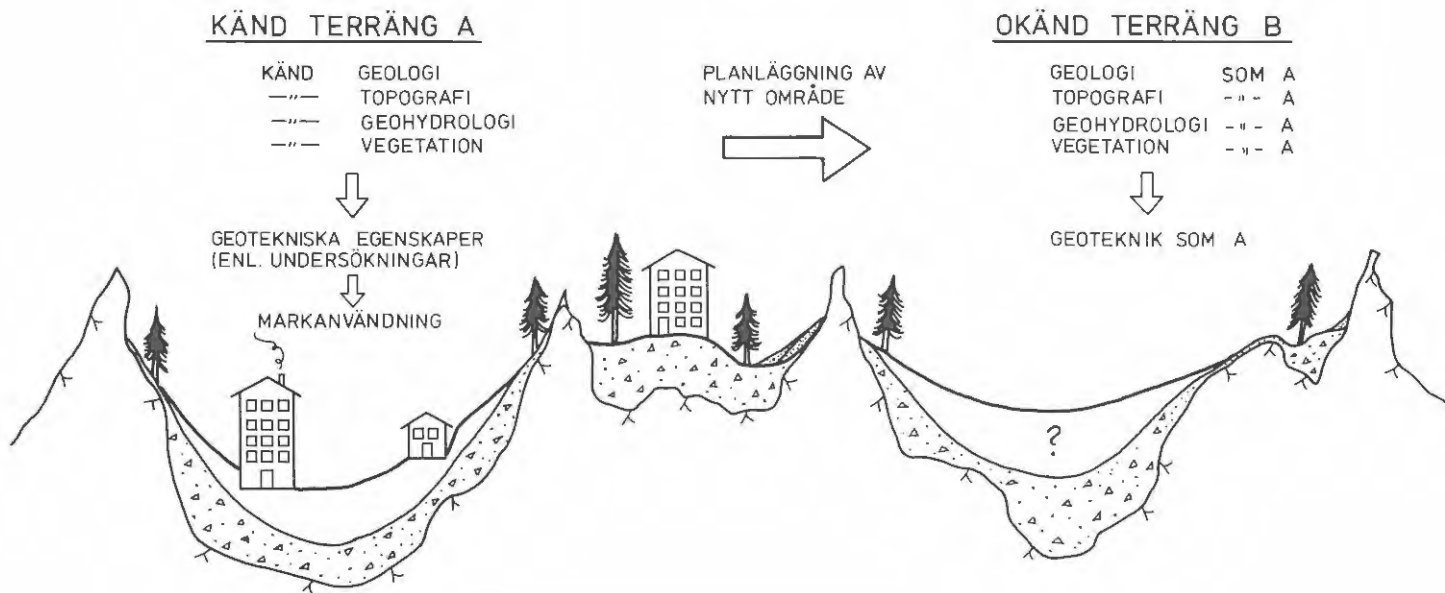
Den grundläggande principen för den geotekniska terrängklassificeringen är att jordlager bildade på samma sätt och under liknande förhållanden samt förekommande i likartade naturliga miljöer har likartade geogenskaper och georeaktioner, FIG 4. Teorin är hämtad från det australiska terrängklassificeringssystemet PUCE och det internationella Soil Classification-systemet, se KAP 3.

Denna princip bedöms kunna användas även för svensk terräng. I själva verket har principen använts omedvetet i många fall, där man träffat på jord med samma egenskaper som jord man tidigare har erfarenheter av.

Den svenska terrängens geologiska uppbyggnad och geotekniska egenskaper är resultat av bl a följande processer

- Geologiskt bildningssätt
- Geologisk bildningsmiljö
  - Vattenförhållanden (salt, sött, strömning)
  - Tryckförhållanden (av landis, egenvikt, erosion)
  - Klimatförhållanden
- Landets nivåförändringar
- Forna tiders klimat (inkl uttorkning och tjäle)
- Yt- och grundvattenförhållanden
- Kemiska processer
- Vegetation (tidigare och nuvarande)
- Markanvändning

Kunskaperna om dessa processer varierar. Generellt kan dock sägas att kunskaperna om deras inverkan på de geotekniska egenskaperna är av generell natur och är knapphändiga eller saknas helt. På senare tid har emellertid viss forskning om sådana samband kommit igång. I BJURSTRÖM, HANSSON & LAKKA (1979) och BJURSTRÖM (1982)



FIGUR 4. Geoteknisk terrängklassificering. Princip.

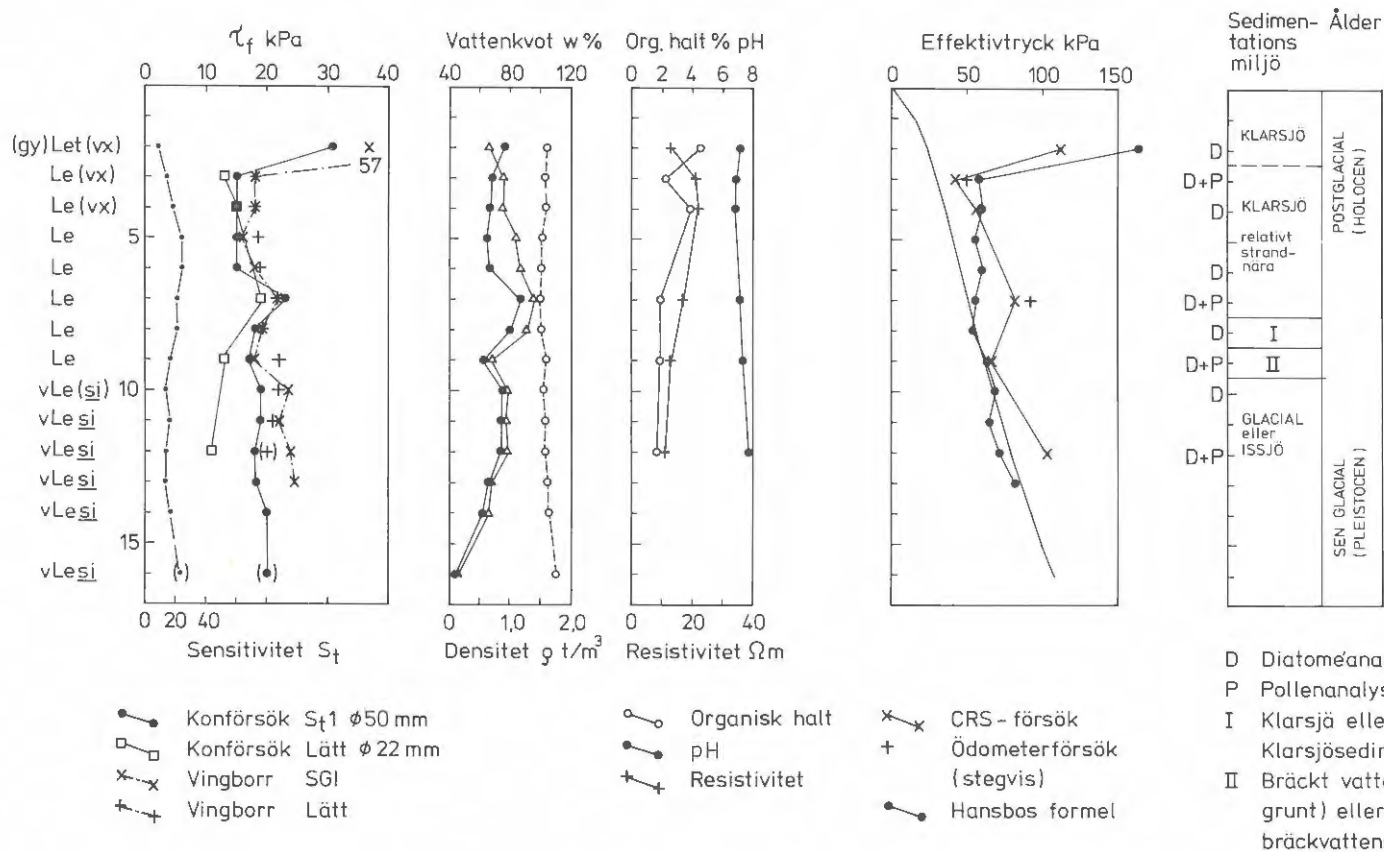
presenteras en teori om att forna värmeperioder har förorsakat överkonsolidering i vissa lerområden. Denna typ av forskning är angelägen, eftersom den ökar möjligheterna till säkrare bedömningar av terrängens geotekniska egenskaper.

En sammanställning av topografiska, geologiska och geotekniska faktorer som är av betydelse för geoteknisk terrängklassificering redovisas i BIL 1.

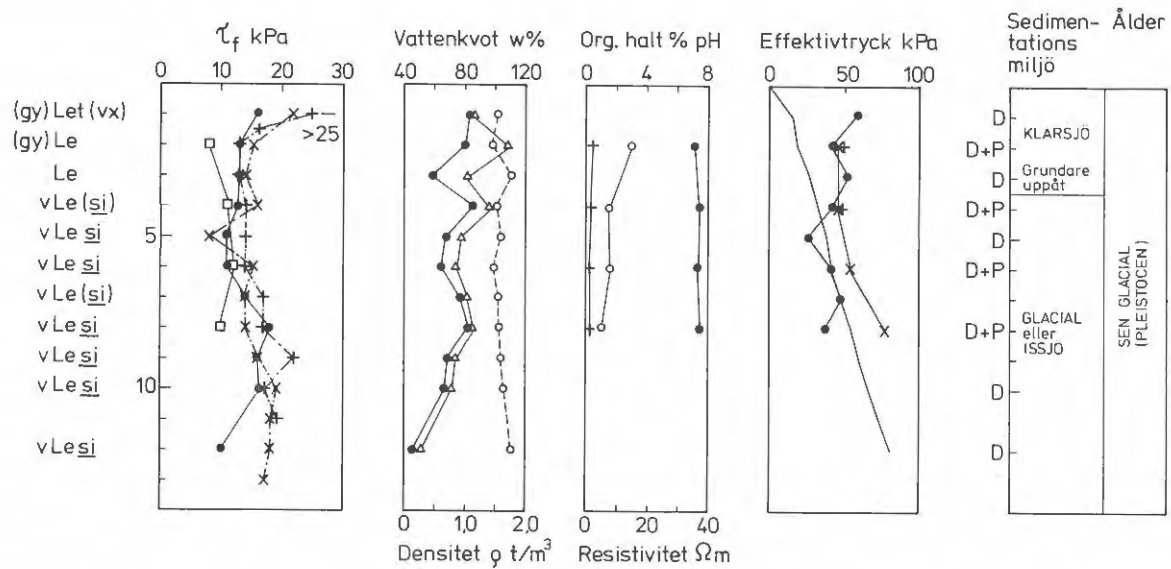
Kunskaperna om de geotekniska egenskapernas variationer kommer att öka om sammanställningar av den typ som redovisas i FIG 2 a görs.

Bildningsmiljön för leror kan ge värdefulla bidrag till kunskaper om lerornas geotekniska egenskaper. De processer som påverkat lerorna efter deras avsättning har i många fall förändrat de geotekniska egenskaperna. Inom ramen för detta projekt har undersökning av eventuella samband mellan lerors bildningssätt och geotekniska egenskaper genomförts i Linköping och Norrköping, FIG 5. De geologiska undersökningarna omfattade diatomé- och pollenanalyser, utförda vid Sveriges geologiska undersökning, SGU, under ledning av fil dr Urve Miller. De diatoméer (eller kiselalger) som inlagrats i leran reflekterar både salthalt och djupförhållandena vid lerans avsättning. Pollenkorn i leran återspeglar dåtidens vegetationsförhållanden och kan användas för grov åldersbestämning av leran. Analyserna visar, att den baltiska issjömiljön, där varvig lera avsattes, identifieras säkert. I Linköping, FIG 5 a, påvisades ett lager på 9-10 m djup bildat i bräckt vatten, som klart påverkat de geotekniska egenskaperna. För säker indelning av sjö- och havsstadierna efter Baltiska issjön krävs fler undersökningar. Studien visar emellertid, att kunskaper om bildningsmiljön är intressanta från geoteknisk synpunkt.





FIGUR 5a. Geologiska och geotekniska undersökningsresultat, Stångån strax N väg E4, Linköping.



FIGUR 5b. Geologiska och geotekniska undersökningsresultat, Ljura bäck, Lindövägen, Norrköping. Teckenförklaring, se FIG 5a.

LIU (1967) har formulerat krav på klassificeringssystem vid klassificering av jord. Kraven är i princip också tillämpliga för geoteknisk terrängklassificering och återges här något modifierade:

1. Distinkta egenskaper  
Relativt få distinkta egenskaper, som är enkla och billiga att undersöka bör ligga till grund för klassificering.
2. Logiskt, enkelt och koncist klassificeringssystem  
Systemet bör bygga på en logisk indelning som är enkel att komma ihåg. Antalet klasser bör vara så litet som möjligt.
3. Meningsfull klassindelning  
En klass skall ge information om terrängens geotekniska egenskaper och reaktioner på ingrepp av olika slag. Informationen skall vara av värde för planering. Klassindelningen skall ge möjlighet att överföra erfarenheter från en klass i ett läge till samma klass i andra lägen.
4. Önskvärd terminologi  
Terminologin skall bestå av beskrivande, lättförstådda och vanligen använda termer som förmedlar information om egenskaper och reaktioner. Termerna skall vara entydiga och vara bekanta för användarna. Lokalt språkbruk med speciell betydelse skall kunna användas, t ex svartmocka.
5. Lämpliga symboler  
Symboler bör inte ersätta utan hellre komplettera beskrivande namn på klasserna. När symboler används skall de genom sitt utseende lätt kunna associeras till terrängklassens egenskaper. På så sätt kan symbolerna förknippas med de beskrivande termerna och lätt läras.

#### 6. Tillräcklig flexibilitet

Eftersom klassindelningen grundar sig på utvärderingar (=identifieringar) av terrängegenskaper skall den vara flexibel och nya data och erfarenheter skall kunna inlemmas successivt. Klassindelningen skall kunna förfinas utan att den ursprungliga strukturen påverkas.

#### 7. Klassificeringen skall kunna göras enkelt

Terrängklassificeringen sker m h a egenskaper av olika karaktär, både mätbara och icke-mätbara. Identifieringen av egenskaper sker på olika sätt (t ex studier av kartor, geobildtolkning, sammanställning av befintliga data, fältbesiktning, fält- och laboratorieundersökningar). Identifieringen bör ske i en logisk ordning varför en checklista över identifieringsprocessen bör upprättas. Representativa data hellre än mångfald data bör eftersträvas.

### 4.2 Systemets struktur

Klassificeringssystemet föreslås bestå av olika nivåer som motsvarar olika planeringsskeden. Benämningarna på klassificeringsnivåerna är direktöversättningar av PUCE-systemets nivåer. Klassificeringsnivåernas koppling till de kommunala plannivåerna behandlas i nästa avsnitt 4.3.

Storleksordningen för de olika nivåerna varierar givetvis med hur homogent-komplext ett område är. I praktiken finns inga gränser uppåt eller nedåt, men för att man skall få ett grepp om de olika nivåerna kan följande riktvärden på storleksordningen för de olika nivåerna och deras användningsområden i fysisk planering ges som stöd:

<u>Klassificeringsnivå</u>	<u>Storleksordning</u>
Komponent	10-100 m (hus-kvarter)
Enhet	0,1- 1 km (kvarter-stadsdel)
Mönster	1- 10 km (stadsdel-kommun)
Region	10-100 km (kommun-län)

Terrängens indelning i de olika klassificeringsnivåerna och sambanden mellan dem illustreras i FIG 6 som visar en schematisk geologisk profil. I den närmast högre klassificeringsnivån består varje klass av flera klasser från den underliggande nivån. Vid homogena förhållanden inom större ytor kan en klass vara lika för två eller - vid mycket homogen geologi - flera klassificeringsnivåer.

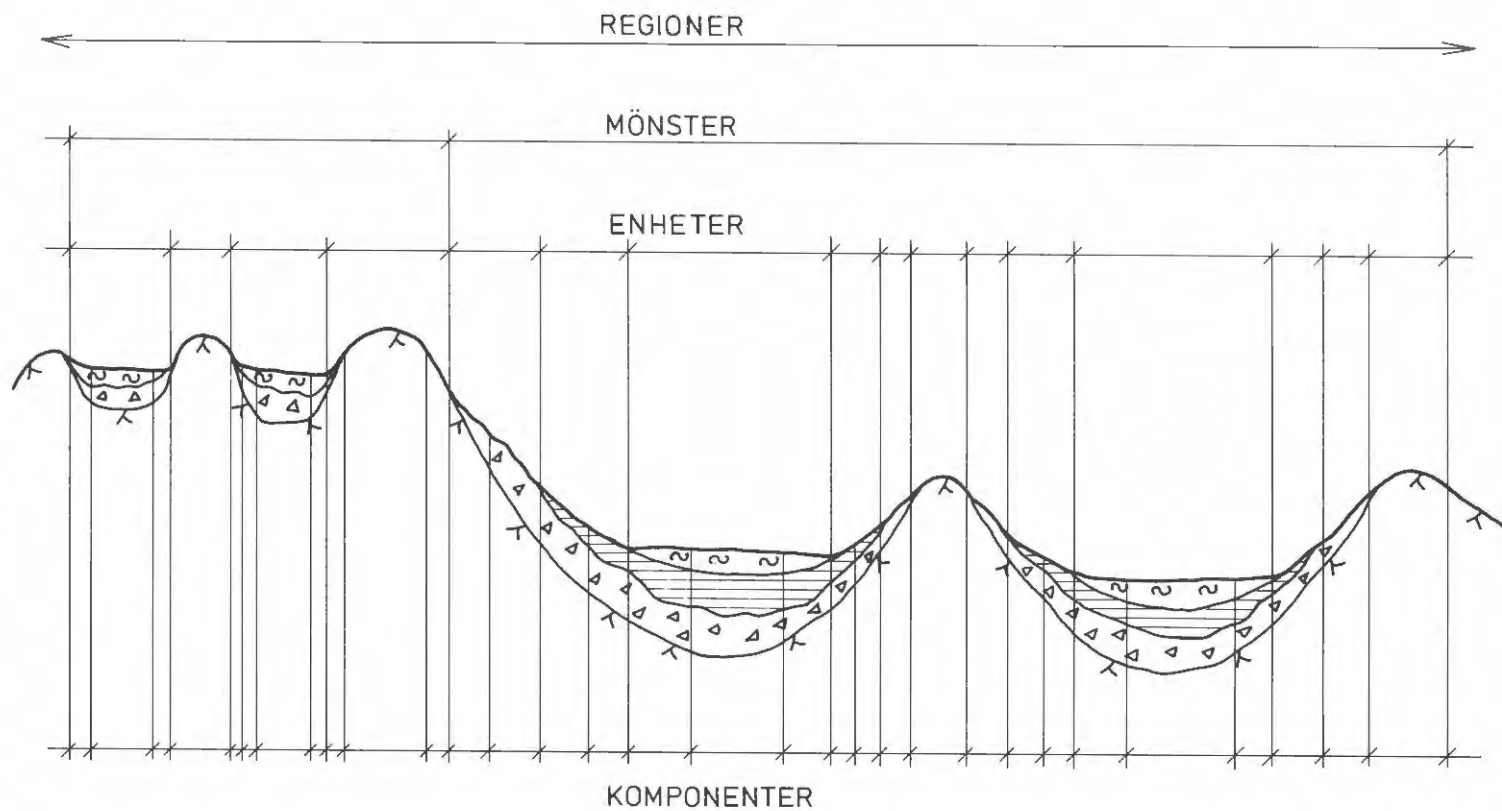
I detta projekt har klassificeringsnivåerna enhet och mönster testats, eftersom dessa nivåer närmast motsvarar den kommunala översiktliga planeringen. Regionnivån har bedömts vara intressant endast i speciella fall. Komponentnivån berör detaljplanläggning och projekteringsstadier där så detaljerade uppgifter krävs att konventionella geotekniska undersökningar utförs och faller sålunda utanför projektets ram. Exempel på terrängkomponenters geotekniska innehåll ges emellertid.

Klassificeringssystemet byggs upp underifrån, dvs kunskaper på lägre nivåer generaliseras på högre nivåer. Varje klass innehåller data och informationer i 3 dimensioner, FIG 7.

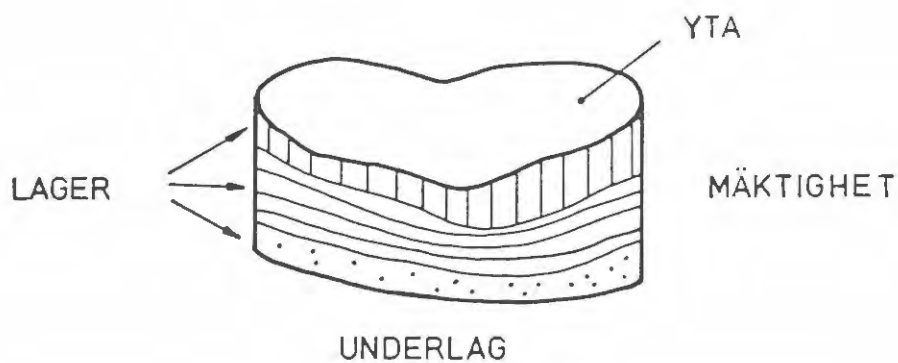
På komponentnivå bör uppgifterna vara detaljerade och faktiska och fastställas med hög precision. Klassindelningen skall vara så att avvikelserna från normalvärden blir liten.

På högre nivåer ökar generaliseringsgraden. Vissa uppgifter är faktiska t ex frekvenser, arealer etc. Geotekniska data förekommer endast i ett fåtal punkter och man får arbeta med vissa osäkerheter (sannolikhet).

Varje nivå identifieras och beskrivs med ett antal parametrar. Parametrarna behöver inte nödvändigtvis vara samma på alla nivåer. Detaljeringsgraden varierar givetvis med nivån. Som grund för klassificeringen finns ett stort antal faktorer enligt BIL 1.



FIGUR 6. Schematisk geologisk profil, som principiellt visar sambanden mellan de olika nivåerna i det geotekniska terrängklassificeringssystemet.



FIGUR 7. Den geotekniska terrängklassens tre dimensioner.

De geotekniska egenskaperna inom varje terrängklass ger underlag för beräkningar och bedömningar av konsekvenser av olika åtgärder, t ex belastningar, schaktningar, grundvattensänkningar, inverkan på omgivning, drift och underhåll.

Den geotekniska terrängklassificeringen skall grunda sig på parametrar (=egenskaper) som är av stor betydelse för markens geotekniska beteende. Parametrarna för region- och mönsternivåerna skiljer sig principiellt från enhets- och komponentnivåerna eftersom de förstnämnda främst baseras på areell fördelning av geologiska bildningar medan de sistnämnda baseras på mäktighet och egenskapsbestämningar i djupled.

Varje terrängklass indelas med hjälp av ett antal faktorer beroende på jordart och klassificeringsnivå, se BIL 2

#### 4.3 Klassificeringsnivåernas uppbyggnad

I detta avsnitt beskrivs de olika klassificeringsnivåernas uppbyggnad. Nivåerna enhet och mönster behandlas mer ingående än komponent och region eftersom de förstnämnda nivåerna föreslås bli använda för den översiktliga kommunala planeringen.

Geotekniska terrängkomponenter är de minsta byggbitarna. Komponenternas egenskaper skall vara så snävt avgränsade och väl definierade, att de kan användas som underlag för projektering och byggande. Jämfört med de geotekniska terrängenheternas klassificeringsparametrar, BIL 2, sker ytterligare uppdelning av parametrarna och egenskapernas spridningsintervall är mindre.

Geotekniska terrängkomponenter identifieras och klassificeras i första hand med hjälp av konventionella geotekniska fältundersökningar. Typ och omfattning av undersökningar är beroende på geologisk bildning, typ av projekt och projekteringsskede.



En geoteknisk terrängenhet består i princip av flera komponenter eller i vissa fall endast en komponent - vid mycket homogena förhållanden inom större områden.

Flera indelningar är möjliga, t ex

Geologisk	1. Glaciala, postglaciala	
	2. Avlagringar av landis, isälvar, hav etc	
Geoteknisk	1. Fastmark, lösmark	
	2. Friktionsjord, kohesionsjord	
Geologisk-geoteknisk	1. Berg	
	Morän	
	Grus och sand	(grov sediment)
	Silt	} (finsediment)
	Lera	
	Organisk jord	

Man bör undvika att klassificeringen endast visar speciella egenskaper, såsom t ex fastmark-lösmark, utan den bör vara så generell som möjligt. Av detta skäl syns den geologisk-geotekniska indelningen vara bäst lämpad som underlag för enhetsnivån. De fem grupperna berg, morän, grov- och finsediment samt organisk jord indelas ytterligare efter topografi, geohydrologi och geoteknik så att enheterna blir "enhetliga" i nämnda avseenden.

I BIL 2 redovisas förslag till indelning av klassificeringsparametrar för geotekniska terrängenheter.

Namnet på klassen skall beskriva klassens viktigaste egenskaper. Det är inte möjligt att ta med mer än ett fåtal egenskaper i klassnamnet. För lera har mäktighet, fasthet och konsolideringstillstånd valts. Endast en grov indelning av dessa egenskaper har använts vid klassbenämningen enligt följande:

Mäktighet	- grund <5 m
	mäktig >5 m
Fasthet	- lös
	fast
Konsolidering	- normalkonsoliderad
	överkonsoliderad

Utgångspunkten för benämningen är att klassnamnet skall ange terrängklassens geotekniska karaktär. En detaljerad benämning är inte praktiskt möjlig. Exempel på geotekniska terrängenheter är:

Grund fast överkonsoliderad lera - GFÖLe  
Mäktig lös normalkonsoliderad lera - MLNLe

Terrängenheten ger underlag för bedömning av markens relativa förutsättningar för olika typer av bebyggelse och anläggningar. En karta med geotekniska terrängenheter medger a) jämförelser av de geotekniska förutsättningarna mellan olika områden och b) bedömning av bygghänsikten inom ett utbyggnadsområde.

Geotekniska terrängenheter identifieras och klassificeras med hjälp av geologiska kartor, flygbildstolkning och fältkontroll.

Vid fältkontrollen kan lämpligen användas sk lätt geoteknisk utrustning, bestående av sticksondstänger ( $\phi 10$  mm), vingsond, skruv- och kolvborr, ADESTAM (1981). Utrustningen kan handhas av en person och används i ler- och torvområden för korrelering av dessa jordar till referensklasserna. Eftersom utrustningen är lätt att hantera kan många stickprov göras inom stora ytor på kort tid. En god uppfattning av mäktighet och skjuvhållfasthet fås genom sticksondering respektive vingsondering. Indexegenskaper som vattenhalter och densitet fås via kolvborrprover. Kolvborrproverna är något störda, varför ödometerförsök på dessa endast ger en grov uppfattning om konsolideringen. En jämförelse mellan den lätta utrustningen och den konventionella har utförts, se FIG 5. Den lätta vingsonden ger i stort

sett samma värden som standardvingsonden, medan kolvproverna tagna med lätt utrustning visar på vissa störningseffekter, speciellt på större djup.

I ett geotekniskt terrängmönster kan flera geologiska bildningar förekomma. Innehållet i ett mönster beror av hur geologiskt homogent eller uppsplittrat ett område är. Mönsterinnehållet varierar sålunda från att innehålla endast en geologisk bildning till många bildningar. Då flera bildningar ingår benämns mönstret efter dominerande bildning(ar). En bildning är dominerande då den upptar minst ca 30% av mönsterytan. Sålunda kan upp till tre bildningar vara dominerande och förekomma i mönsternamnet. Den ytmässigt största bildningen sätts först. Bildningar som vardera upptar ca 5-30% av mönsterytan räknas som inslag. Bildningar med mindre yta än ca 5% nämns inte.

Exempel på mönsternamn:

- BMn (L) - Bergmoränområde med inslag av lera
- T (L) - Torvområde med inslag av lera
- L (BMn) - Lerområde med inslag av berg och morän
- L - Lerområde (övriga bildningar saknas eller understiger 5% av ytan)

I mån av uppgifter kan geotekniska egenskaper läggas in i mönsternamnet.

- Ex. L<sub>1</sub> - i huvudsak mäktig lös lera, normalkonsoliderad
- L<sub>2</sub> - i huvudsak grund/mäktig lös lera, överkonsoliderad
- L<sub>3</sub> - i huvudsak grund fast lera, överkonsoliderad

En karta med geotekniska terrängmönster kan upprättas över mycket stora ytor till rimlig kostnad. Den ger en allmän översikt av de geotekniska förutsättningarna för skilda ändamål. Karttypen är användbar som underlag för översiktlig planering.

Geotekniska terrängmönster identifieras och klassificeras i huvudsak med hjälp av geologiska kartblad och flygbildstolkning med fältkontroll.

Avgränsningarna blir mer eller mindre subjektiva eftersom karteringen av mönstren av praktiska skäl måste ske genom bedömning av de geologiska bildningarnas arealer. Detta problem kan övervinnas genom arealmätning med dator.

Stickprovsmätningar av de geotekniska egenskaperna görs med den lätta fältutrustningen.

En geoteknisk terrängregion är betingad av den regionala geologin och består av flera (eller ett) mönster med samma karaktär. Det är den regionala berggrundsgeologin och tektoniken samt kvartärgeologins storformer som är bestämmande. Som exempel på befintliga klassificeringar motsvarande regionnivån kan nämnas: Jordartsregioner enligt G Lundquist, Magnusson et al (1963), p 589-594 (geologisk klassificering) och landformsregioner enligt Rudberg (1968) (morfologisk klassificering).

Exempel på geotekniska terrängregioner kan vara Mälardalen med lösa normalkonsoliderade lerområden samt Västgöta- och Östgötaslätterna med i huvudsak fasta överkonsoliderade leror.

Regionnivån är användbar för riks- och regionplanering i de fall de geotekniska förutsättningarna har betydelse.

#### 4.4 Principer för benämning av terrängklasser

I föregående avsnitt, (4.3), har benämningar redovisats för terrängklasser på de olika nivåerna. Eftersom de geotekniska egenskaperna kan variera i både sid- och djupled skulle terrängklassernas namn i många fall bli opraktiskt långa om de skulle reflektera dessa variationer.

Klassnamnets funktion blir i stället att ge information om terrängklassens huvudsakliga karaktär. För t ex lerlager är konsolideringstillståndet av stor betydelse och ett lerlager kan kallas överkonsoliderat även om leran är normalkonsoliderad i sina undre delar. De verkliga geotekniska egenskaperna framgår av den tekniska beskrivningen, och planeringsråden är utformade med hänsyn till de verkliga variationerna.

Eftersom benämningen endast medger en grov indelning, kan det hända att två eller flera terrängklasser får samma namn. De kan i så fall förslagsvis skiljas åt genom tilläggskod, t ex MLÖLe I, MLÖLe II osv.

#### 4.5 Klassificeringsnivåernas användbarhet i planering

Ett av syftena med det geotekniska terrängklassificeringssystemet är att den geotekniska informationens detaljeringsnivå skall kunna motsvara den fysiska planeringens behov av geoteknisk information. I TAB 2 redovisas samband mellan de geotekniska terrängklassificeringsnivåerna och planeringsnivåer. Tabellen omfattar både gällande planbegrepp och de i förslaget till ny plan- och bygglag (PBL) föreslagna plannivåerna. Dessutom redovisas stadsförnyelseplanering i en särskild kolumn.

Planeringsnivåerna 2-4 räknat uppifrån enligt gällande byggnadslag har hämtats från "Geotekniska undersökningar för bebyggelseplanering", Statens geotekniska institut & Statens planverk (1978), se BIL 3. Projektet omfattar som nämnts tidigare utveckling av klassificeringssystemet för ovannämnda planeringsnivåer, dvs översiklig kommunal planering.

TABELL 2. Principiella samband mellan terrängklassificeringsnivåer och planeringsnivåer.

Geoteknisk terrängklassificering	Planeringsnivå enl gällande begrepp	Planeringsnivå enl förslag till ny plan- och byggnadslag (PBL)	Stadsförnyelseplanering
Terrängregion	Riks- och regionplan	Riks- och regionplan	
Terrängmönster	Kommunomfattande markdispositionsplan *)	Översiktsplan (för hela kommunen)	
Terrängenhet	Områdesplan avseende markanvändningen på längre sikt *)	Översiktsplan (för del av kommunen)	Områdesstudie
Terrängkomponent	Produktionsförberedande områdesplan för exploatering *)	Översiktsplan (för del av kommunen)	
	Stads- och byggnadsplan	Detaljplan	Stads- och byggnadsplan
	Projektering	Projektering	Projektering
	Byggande	Byggande	Byggande

\*) Översiktliga kommunala plannivåer. Jfr "Geotekniska undersökningar vid bebyggelseplanering", Statens geotekniska institut och Statens Planverk, 1978.

Riks- och regionplan, stads- och byggnadsplan samt projektering och byggande har medtagits i tabellen för att visa det geotekniska terrängklassificeringssystemets samband med dessa nivåer.

Det är viktigt att betona, att de visade sambanden är av principiell natur. Eftersom detaljeringsgraden inom respektive planeringsnivå kan variera beroende på ändamålet med planeringen, kan respektive terrängklass vara användbar för flera plannivåer, såsom visas i TAB 2 med intervallpilar.

Av tabellen framgår, att klassificeringsnivåerna mönster och enhet täcker relativt stora intervall av planerings-skalan. Den geotekniska informationen i mönstren och enheterna kan anpassas till respektive planeringsnivå genom att fältundersökningarnas omfattning varieras.

Klassificeringssystemets användningsmöjligheter inom stadsförnyelseplaneringen framgår av högra kolumnen i TAB 2.

## 5. UPPRÄTTANDE AV GEOTEKNISKA TERRÄNGKLASSER

### 5.1 Allmänt

I detta kapitel beskrivs hur geotekniska terrängklasser bildas, exemplifierat med lerområden. Terrängklasser kan bildas för alla marktyper, inkl berg, förutsatt att tillräcklig mängd egenskapsdata föreligger. Beskrivningen bygger vidare på datoriserad lagring och bearbetning. Manuell teknik är också möjlig, men den medger i regel mindre flexibilitet och begränsade bearbetningsmöjligheter. En praktiskt inriktad beskrivning av arbetsgången vid geoteknisk terrängklassificering av lerområden med såväl datoriserad som manuell teknik redovisas i BIL 4.

### 5.2 Behandling av geotekniska data - geodatabank

En förutsättning för klassificeringsarbetet är att geotekniska data är insamlade och möjliga att bearbeta. Mängden av data i geotekniska undersökningar är mycket stor och därför är det naturligt att ta datatekniken till hjälp. Utveckling av dataprogram för insamling och bearbetning av geotekniska data är en stor uppgift i sig. Programutveckling har pågått under flera år på SGI och i olika projekt. I föreliggande projekt har främst utvecklats program för bearbetning och redovisning. Tidigare program för insamling av plandata har framtagits inom projektet "Skredriskkartering" STÅL & VIBERG (1982) och för insamling av geotekniska egenskaper - djupdata - inom BFR-projekt "Stabilitetsklassificering", VIBERG (1982).

Med hjälp av de nämnda dataprogrammen kan geotekniska databanker byggas upp, JANSSON, LINDMARK & VIBERG (1984)

Utgångsmaterialet för de geotekniska terrängklasserna är befintliga undersökningsresultat. Här ges en kortfattad beskrivning av hur geotekniska data insamlas och bearbetas med datorteknik.



Inom de utvalda områdena används befintliga geotekniska undersökningar som underlag för bildande av geotekniska referensklasser.

Insamlingsarbetet består av följande moment

1. Insamling av geotekniska utredningshandlingar i existerande arkiv.
2. Preparering av handlingarna inför inmatningen på magnetband.
  - Kodning av utredningar och borrhål med löpande utredningsnummer inom varje ekonomiskt kartblad.
  - Inritning av referenspunkter på borrhålskarta och ekonomisk karta
  - Utvärdering av lerdjup
  - Preparering av geotekniska egenskaper  
Ex. Uppritning av diagram där sådana saknas; bestämning av grundvattennivå; kvalitetsvärdering - störda prov medtas inte.
3. Inmatning av data i dator. Här har använts Hewlett Packards bordsdator (HP 9445B) med digitaliseringsbord (HP 9874).

Plandata: Borrhålskartan förs över till ekonomiska kartans koordinatsystem, dvs rikets koordinatsystem, varefter varje borrhål koordinatsätts. Allt detta görs med hjälp av digitaliseringsbordet. För varje borrhål anges utredningsnummer, typ av undersökning samt utvärderat fast ytskikt och totalt lerdjup.

Djupdata: De geotekniska egenskaperna digitaliseras genom att egenskapsdiagrammen "avritas" via digitaliseringsbordet. Data som inmatas är skjuvhållfasthet enligt konprov och vingsondering, sensitivitet, naturlig vattenkvot, flytgräns, densitet, grundvatten- och portryck samt förkonsolideringstryck. Värderna på grundvattentryck och förkonsolideringstryck matas in via tangentbordet.

Data lagras på små magnetband. Ett band för plandata kan innehålla ca 4000 borrhål medan band för djupdata innehåller 400-600 borrhål.

Bearbetning och redovisning av data

De inmatade borrhålen kan nu bearbetas och redovisas med hjälp av olika program.

Plandata uppritas med hjälp av ritmaskiner: i vårt fall Benson rullplotter. Vid uppritningen finns möjligheter att välja:

Områdets gränser

Skala

Typ av undersökning - visas med symbol, FIG 8

Utredningsnummer

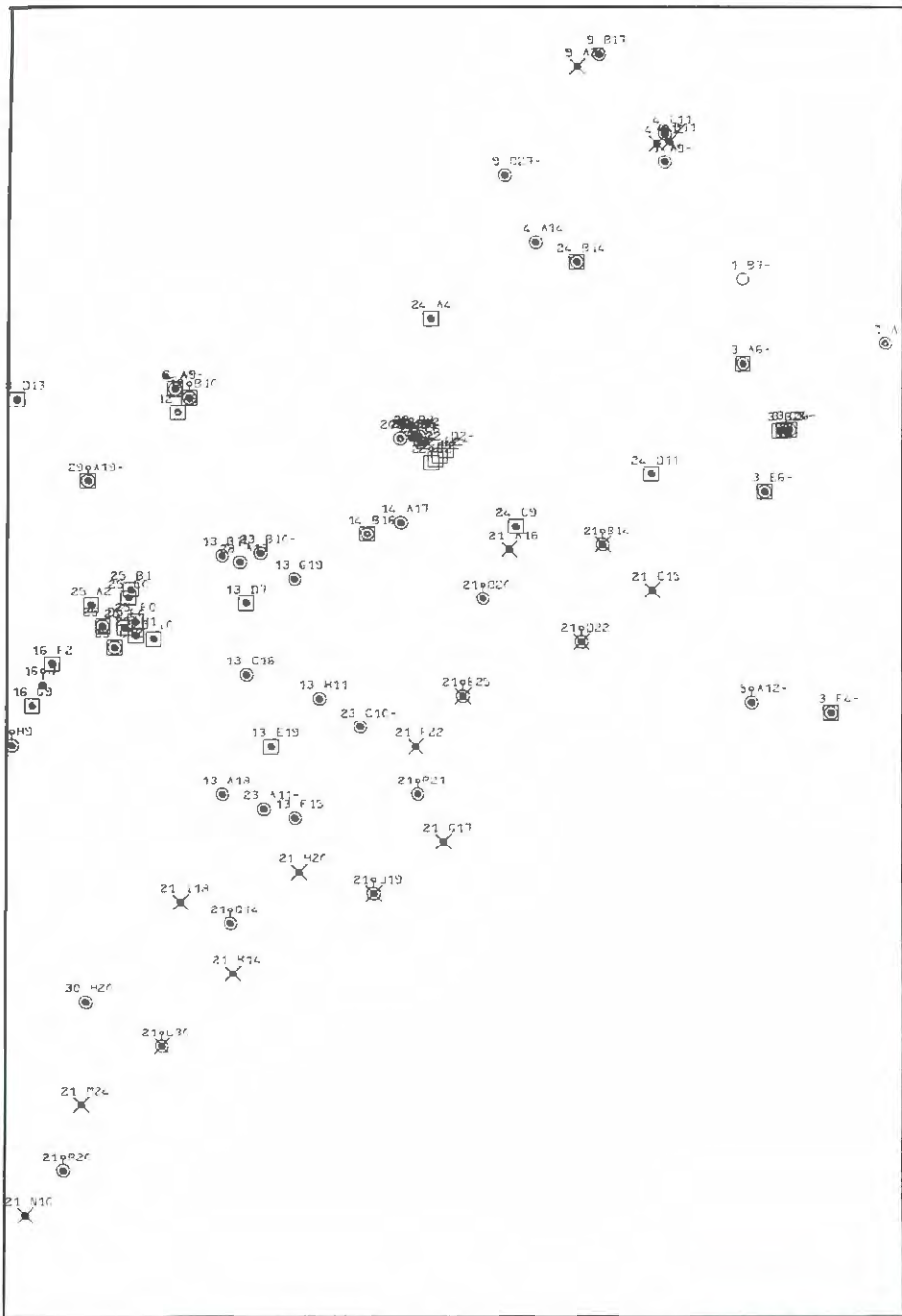
Lerdjup i siffror, FIG 9

Vid terrängklassificering är kolv- och vingborrhål samt lerdjup av största intresse. Därför har kartor över dessa data uppritats.

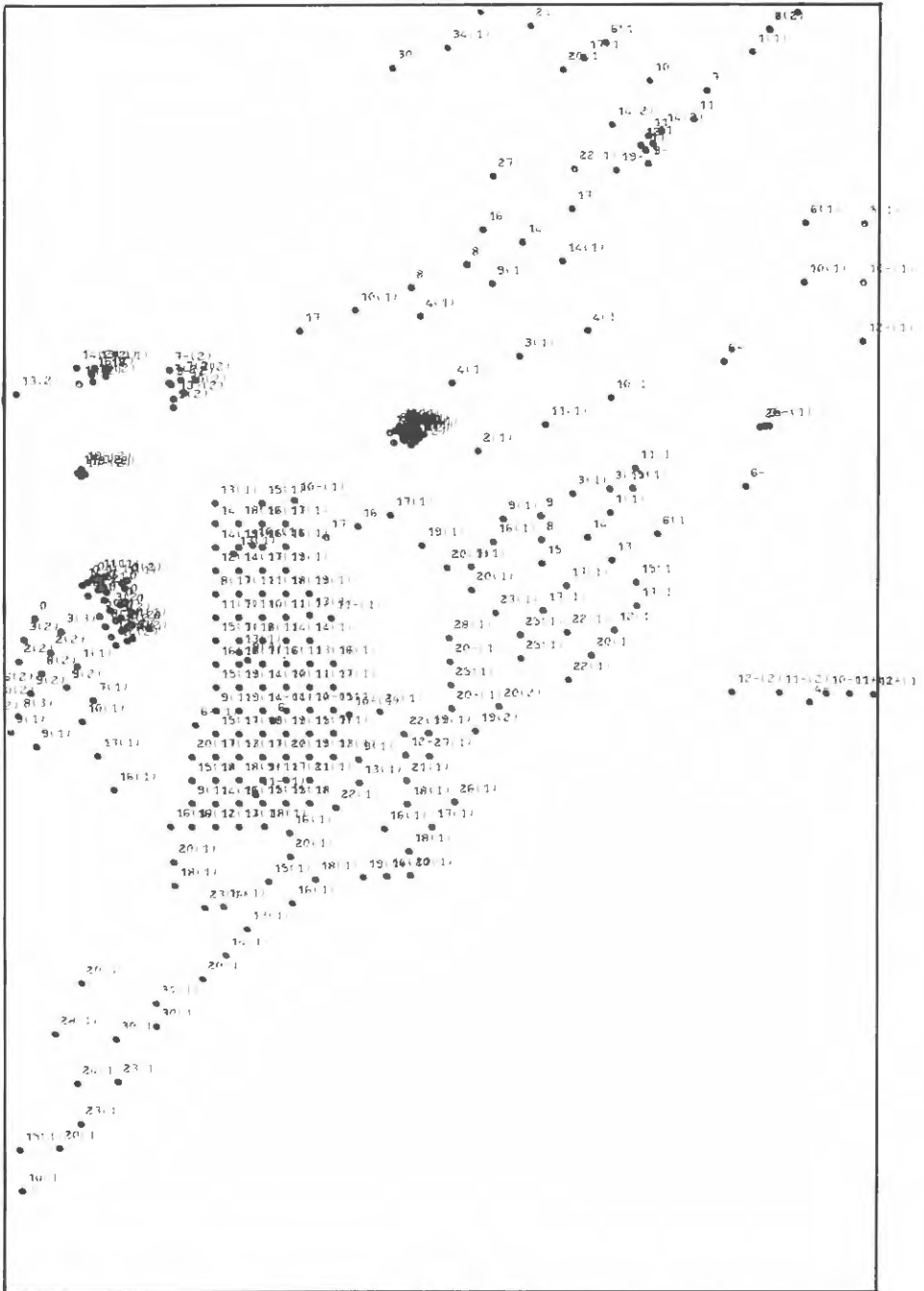
Djupdata (eg. egenskaper) utgör tillsammans med lerdjup underlaget för den geotekniska terrängklassificeringen. Mycket arbete har nedlagts på att utveckla program för djupdata - speciellt redovisningen - eftersom möjligheterna att klassificera är starkt beroende av datas hanterbarhet. Den modell för redovisning av geotekniska egenskaper som presenteras i denna rapport har befunnits vara lämplig för klassificeringsändamål - framför allt genom dess överskådlighet, se t ex FIG 16, s 89.

### 5.3 Klassificering av känd terräng - bildande av referensklasser

Ett antal referensklasser redovisas i BIL 6-7. Referensklasser bildas genom samspel mellan geotekniska plan- och djupdata. Geologisk, geohydrologisk och topografisk utvärdering görs av området med hjälp av geologiska och topografiska kartor samt flygbildstolkning.



FIGUR 8. Datorritad karta över kvalificerade borrhål.



FIGUR 9. Datorritad karta över lerdjup.

Geologiskt, geohydrologiskt och topografiskt "homogena"\*) områden inringas på plandatakartan. Härvid noteras de kvalificerade borrhålen inom varje delområde. De geotekniska egenskaperna sammanställs därefter områdesvis med hjälp av datorn och sammanställningarna jämförs med varandra.

Sammanställningar där diagrammen är "kongruenta" - dvs egenskaperna varierar på samma sätt - tillhör samma klass.

Jämförelsen mellan olika sammanställningar görs enklast genom att man lägger dem ovanpå varandra på ett ljusbord.

Några egenskaper har inte medtagits i existerande dataprogram t ex kompressionsindex  $\epsilon_2$  och konsolideringskoefficient,  $C_v$ , varför dessa data bearbetats manuellt. I det fortsatta utvecklingsarbetet bör flera egenskaper tas med, främst kompressionsegenskaper och jordartsbenämningar, se vidare avsnitt 7.3.

Terrängklassens egenskaper bestäms av naturens variationer. En terrängklass kan ha egenskaper inom snäva gränser, medan en annan kan ha stora variationer. Båda klasserna ger information: Den förra visar att spridningen är liten och t ex de geotekniska undersökningarna kan göras relativt glest. Den senare terrängklassen visar att jorden varierar snabbt och att t ex de geotekniska undersökningarna bör göras tätt.

För terrängklassen redovisas vidare den datorritade sammanställningen. Från denna har beräkningsvärden hämtats som redovisas på separat diagram. Kompressionsindex,  $\epsilon_2$ , har dock bearbetats manuellt, som tidigare nämnts.

\*) På grund av naturens variationer existerar sällan eller aldrig verkligt homogena områden i nämnda avseenden. Med homogena menas här att egenskaperna varierar på likartat sätt.

För lerjord är sättningsfrågan den viktigaste och därför har sättningsdiagram för olika fall beräknats. Effekt av grundvattensänkning redovisas. Eftersom sättningar i lera pågår under lång tid är det viktigt att känna till hur sättningarna utbildas med tiden. Därför redovisas även diagram över sättningarnas tidsförlopp. Vid upprättandet av referensklasserna för djupa lerområden har ingen hänsyn tagits till variationerna i lerdjup, varför referensklasserna representerar alla lerdjup > ca 5 m. I den efterföljande sättningsberäkningen är det dock enkelt att dela upp sättningarna för olika lerdjup. Sättningsdiagrammen visar sättningarna för olika lerdjup. Lerdjupets betydelse för sättningarna framgår tydligt av dessa sättningsdiagram.

När egenskaperna i terrängklassen är bestämda kan terrängklassen beskrivas enligt följande ex

#### TEKNISK BESKRIVNING

##### Egenskaper

- Lagerföljd
- Mäktighet
- Grundvattennivå, geohydrologi
- Fasthet
- Konsolidering

##### Konsekvenser

- Grundläggning
- Sättningar (inkl torrskorpebildning)
- Bärighet
- Schaktning
- Markenergi
- Radon
- Dränering, fukt

#### PLANERINGSRÅD

- Grundläggning, byggnader
- Uppfyllning och grundvattensänkning
- Bärighet
- Schaktning och fyllning
- Stabilitet
- Dränering
- Markenergi
- Markradon
- Geotekniska frågor att utreda

De geotekniska frågeställningarna är svåra att sätta sig in i som lekman. Som tidigare nämnts är ett av syftena med den geotekniska terrängklassificeringen att göra de geotekniska förutsättningarna förståeliga för icke-geotekniker. "PLANERINGSRÅDEN" till varje terrängklass är skrivna i denna anda.

Det är planeringsråden som skall redovisas på kartan. Den tekniska beskrivningen skall betraktas som ett komplement som planeraren kan studera vid behov. Sättningsberäkningarna har redovisats relativt detaljerat, eftersom det i första hand är sättningsarna som utgör problem i lerområden. Därför är det viktigt att planeraren förstår sättningsproblematiken.

En referensklass i lermark består av följande dokument:

- Karta över borrhålslägen, exempel se FIG 8
- Karta över lerdjup, exempel se FIG 9
- Sammanställningsdiagram som visar geotekniska egenskaper, FIG 2a och BIL 6 b-d och 7.
- Diagram som visar beräkningskurvor, BIL 6 b-d och 7.
- Teknisk beskrivning över egenskaper och konsekvenser, BIL 6 b-d och 7.
- Sättningsdiagram, FIG 2b och BIL 5-7.
- Planeringsråd, s 78-80, 83 och BIL 6a och 7.

#### 5.4 Klassificering av okänd terräng

Vid undersökning av okänd terräng används principen att geotekniska egenskaper är likartade om geologiskt bildningssätt, topografi, geohydrologi och vegetation är lika, se FIG 4, s 45.

Klassificering av okänd terräng förutsätter att referens-terrängklasser finns upprättade inom näraliggande området, jfr avsnitt 5.3.

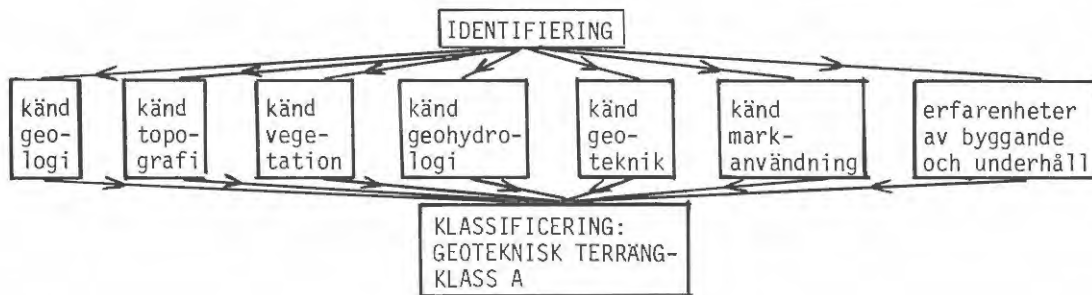
Klassificering av okänd terräng består av identifiering av ett antal egenskapsfaktorer och jämförelse med

referensklassens egenskaper, FIG 10. I lerområden är egenskapsfaktorer som skjuvhållfasthet, konsolidering, vattenhalter etc av intresse. Stickprov i den okända terrängen kan göras med lätt bärbar fältutrustning. När faktorerna för den okända terrängdelen passar in på en referensklass - t ex terrängklass A - klassificeras den som terrängklass A i enlighet med hypotesen, se FIG 4, s 45.

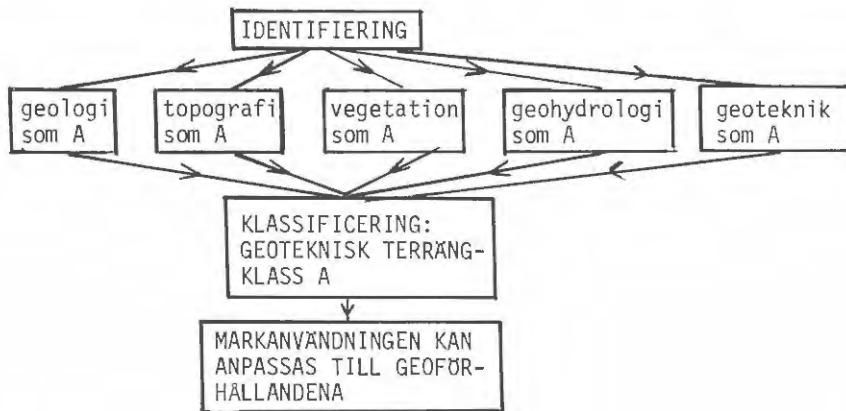
Det är självklart att någon fullständig överensstämmelse inte går att få, därtill är de naturliga variationerna för stora. Vad man kan åstadkomma är dock att grovt klassa de geotekniska problemen och möjligheterna i tidiga planeringsskeden med begränsade geotekniska insatser. I geologiskt homogena områden kan mycket tillförlitliga prognoser göras, medan varierande och komplicerade geologiska förhållanden gör prognoserna mindre träffsäkra. I det senare fallet kanske man har största nyttan av en geoteknisk klassificering genom att den tidigt pekar på de stora variationerna i de geotekniska egenskaperna. I sådana terrängtyper kan mycket vinnas genom anpassning till de verkliga geotekniska förhållandena.



Känd terräng (A)



Okänd terräng (B)



FIGUR 10. Geoteknisk terrängklassificering av okänd terräng. Referensklasser är upprättade inom känd terräng. Ett antal egenskapsfaktorer i den okända terrängen identifieras och jämförs med referensklasser. Vid överensstämmelse klassas den okända terrängen som överensstämmande referensklass.

## 6. EXEMPEL PÅ GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING

### 6.1 Omfattning

Med syfte att testa principerna i det föreslagna geotekniska terrängklassificeringssystemet har försöksklassificering utförts i några geologiskt olika regioner.

Försöken har koncentrerats till lerområden i främst Östergötland, där klassificeringen genomförts på tre olika klassificeringsnivåer - mönster, enheter och komponenter.

För lerområden på Västkusten redovisas enbart det geotekniska klassificeringsunderlaget i form av sammanställningsdiagram.

Inom ett moränområde i Växjö har försöksklassificering utförts på enhetsnivå.

### 6.2 Lerområden - Östergötland

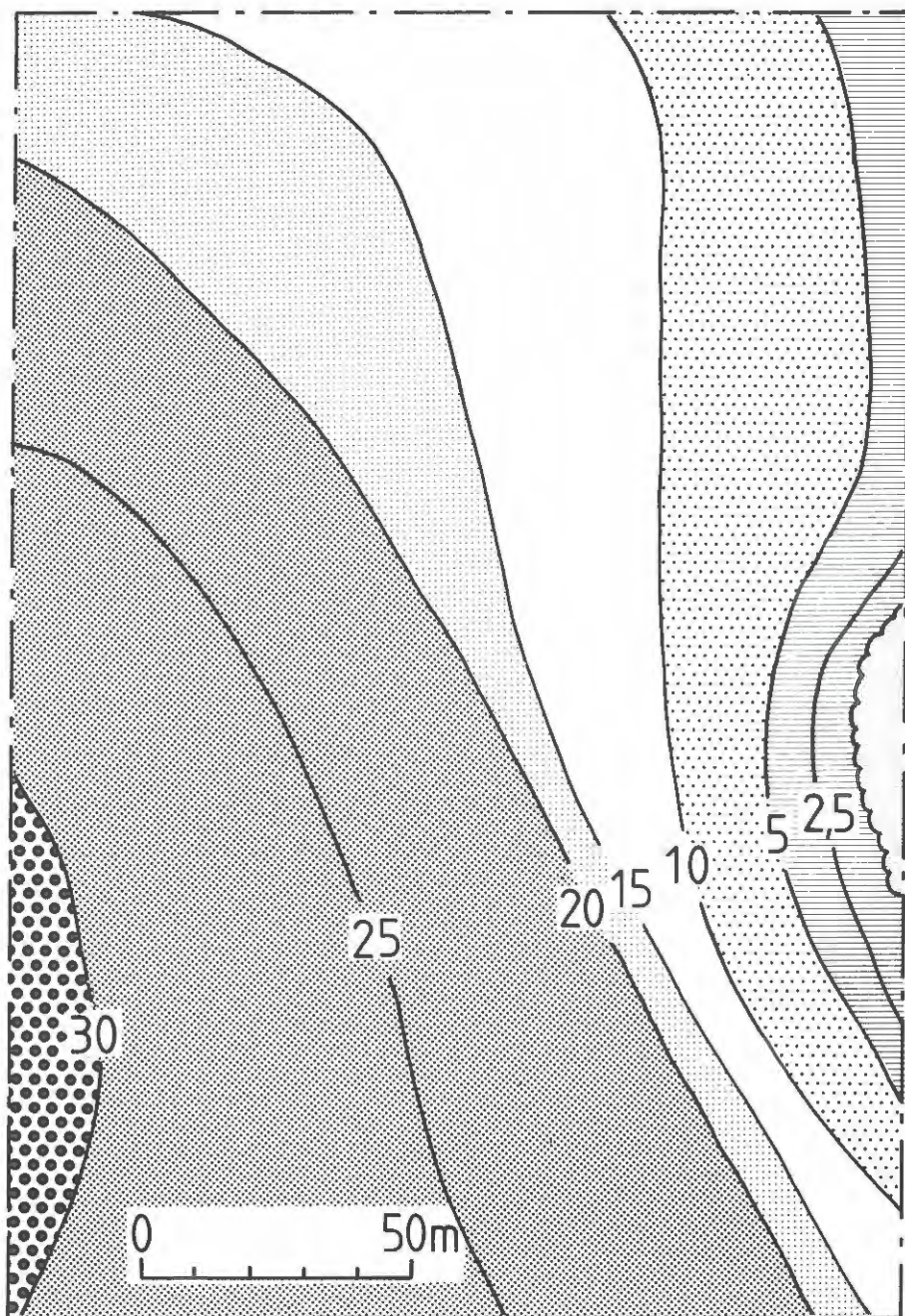
Klassificeringen har koncentrerats till Norrköping, söder om Motala Ström och Lindökanalen. Motorvägssträckan (E4) mellan Linköping och Norsholm har också klassificerats.

Klassificeringsnivåerna komponent, enhet och mönster har testats i Norrköping. På Linköping-Norsholms-avsnittet har geotekniska terrängenheter framtagits.

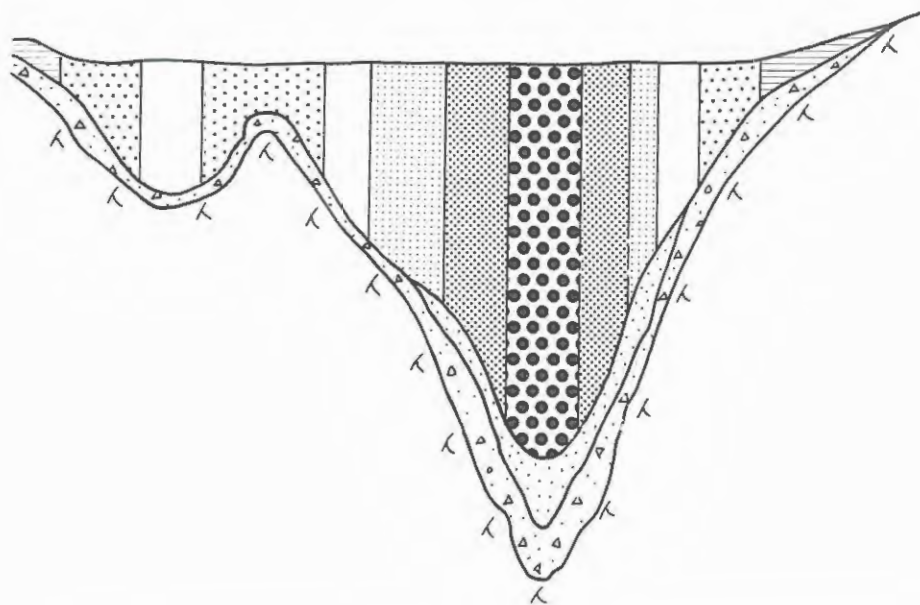
#### 6.2.1 Geotekniska terrängkomponenter

På komponentnivån krävs detaljerat fältundersökningsarbete för klassificeringen. Underlag för komponentklassificering har i detta projekt simulerats med hjälp av befintliga borrhningar, FIG 11. Exempel på redovisning i sektion visas i FIG 12.

Sättningsdiagram av den typ som redovisas för referensklasserna i BIL 6-7 kan upprättas för olika lermäktigheter, t ex 5 m-intervall. Komponentklasserna kan troligen göras med mindre spridning i egenskaperna än den som visas i BIL 6-7.



FIGUR 11. Geotekniska terrängklasser på komponentnivå. Ursprunglig skala 1:1000. Exempel från lerområde. Siffrorna anger lerdjup.



FIGUR 12 Redovisning i profil av geotekniska terrängkomponenter.  
Exempel från lerområde. Rastren anger lerdjup enligt  
FIG 11.

Inom flacka djupa lerområden är sättningsfrågan helt avgörande för markens byggbarhet. Uppdelning i komponenter baseras därför i huvudsak på sättningsegenskaperna. I lerområden med branta sluttningar, typ raviner och älvslänter, måste uppdelningen baseras på både sättnings- och stabilitetsförhållandena.

Eftersom konsolidering och övriga deformationsegenskaper varierar relativt måttligt inom de djupa lerområdena, kan avgränsningarna mellan olika "lerkomponenter" göras med hjälp av lerdjup, se FIG 11. Lerdjupen har i detta exempel delats in i intervallen 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 och >25 m. Andra - större eller mindre - intervall kan användas beroende på kraven på detaljeringsgrad.

Någon detaljerad klassbeskrivning görs ej här. Innehållet i en komponentbeskrivning är mer knutet till aktuella planförslag och projekt än enhets- och mönsternivåerna där mer generella beskrivningar måste ges som vägledning för planeraren.

På komponentnivån kan principiella lösningar på grundläggnings- och förstärkningsåtgärder anges för detaljplaneförslag, där byggnaders och anläggningars plan- och höjdlägen är relativt noggrant bestämda.

Benämningen av geotekniska terrängkomponenter knyts till de bestämmande egenskaperna. Benämningen utgår från de geotekniska terrängenheterna, som byggs på med mäktighets- och stabilitetsinformation. I exemplen nedan gäller de två första flack lermark och de två sista lutande lermark.

- 15-20 m mäktig lös normalkonsoliderad lera
- 5-10 m mäktig fast överkonsoliderad lera
- 15-20 m mäktig lös normalkonsoliderad lera  
med stor skredrisk
- 5-10 m mäktig fast överkonsoliderad lera  
med liten skredrisk

### 6.2.2 Geotekniska terrängenheter

Lerområdena klassificeras med hjälp av diagramsammansättningar över geotekniska egenskaper - referensklasser inom "känd terräng" - och flygbildstolkning kombinerad med gles fältkontroll med lätt utrustning i "okänd terräng".

Klassificeringen baseras på lerans fasthet, konsolidering och mäktighet, där konsolidering och mäktighet redovisas på karta, se FIG 13. Två konsolideringstillstånd - normalkonsoliderat och normal/överkonsoliderat - och två djupklasser - grunt (<5 m) och mäktigt (>5 m) - visas.

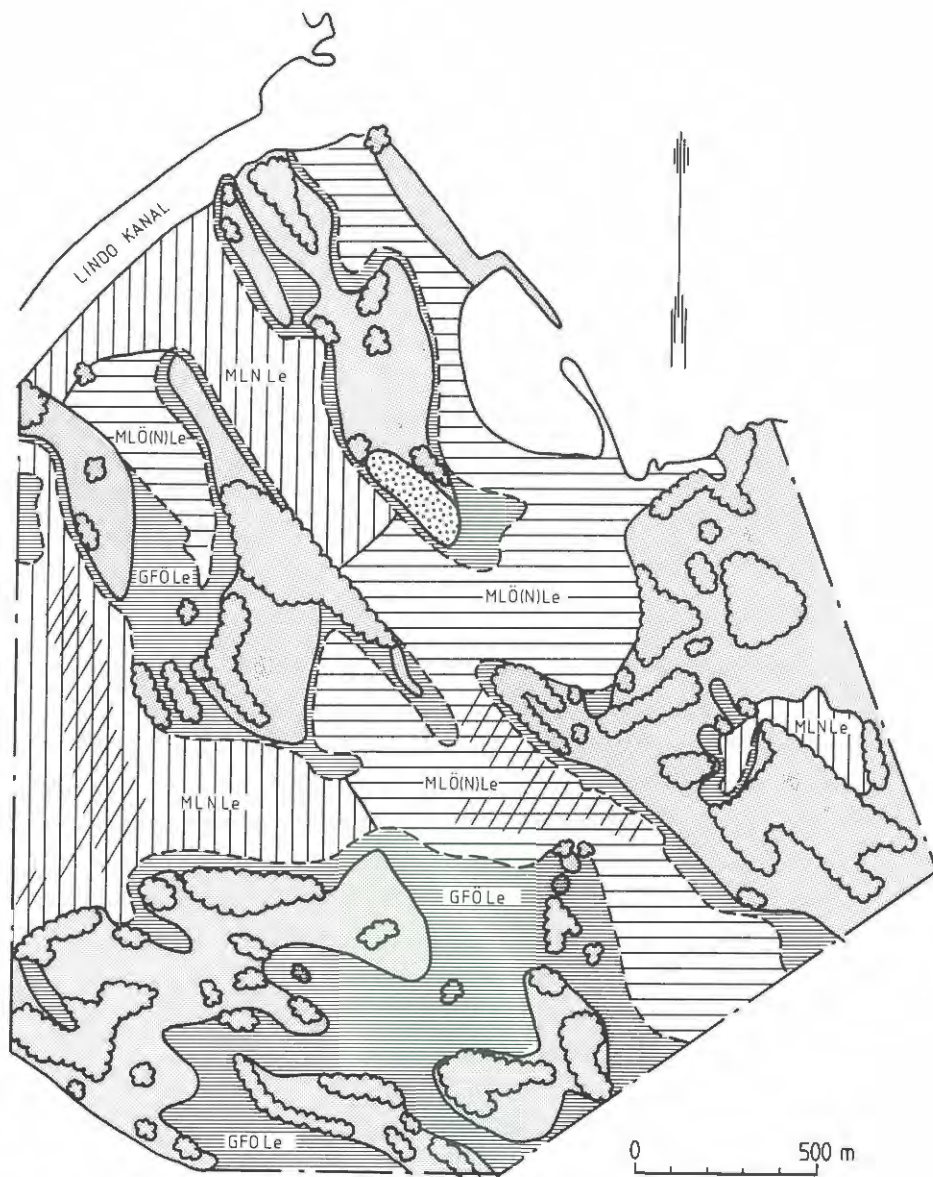
Eftersom storleken på sättningarna och deras tidsförlopp är beroende av lerdjup redovisas sättningarna och tidsförloppen för olika lerdjup. Lerdjupet är i detta planeringsskede endast känt i ett fåtal sticksonderade punkter. De mest sannolika lerdjupen kan emellertid anges och därmed kan troliga sättningar och deras effekter studeras.

Underlag för referensklassificeringen redovisas i BIL 6b-d och 7.

I FIG 13 visas exempel på karta över geotekniska terrängenheter. Till varje terrängklass hör PLANERINGSRÅD. På s 78-80 redovisas som exempel planeringsråden för terrängklassen "Mäktig lös normalkonsoliderad lera" - MLÖLe. Övriga terrängklasser redovisas i BIL 6a.

Lerområdet mellan Linköping och Norsholm har geotekniska egenskaper som skiljer sig från de mäktiga Norrköpingslerorna, BIL 7. Leran där har i sin övre del en utpräglad överkonsolidering.

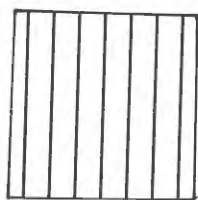
Sättningarna för framför allt laster med begränsad utbredning blir små - jämför t ex sättningarna för 5 m bred last och utbredd last i sättningsdiagrammen i BIL 7.



FIGUR 13. Geotekniska terrängklasser på enhetsnivå. Referensklasser markerade med snedstreck. Ursprunglig skala 1:50 000. Exempel från lerområde. Beteckningar enligt kapitel SYMBOLER OCH BETECKNINGAR, s 18.

MÄKTIG LÖS NORMALKONSOLIDERAD LERA  
(MLNLe)

KARTBETECKNING

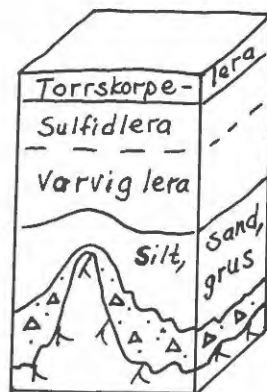


LAGERFÖLJD

0.5 - 1 m

5 - 30 m

> 5 m



PLANERINGSRÅD

Grundläggning, byggnader

Exploatering är starkt beroende på sättningssproblematiken. Eftersom även små belastningar ger sättningar kan endast lätta sättningståliga byggnadsverk grundläggas utan förstärkningsåtgärder. Viktigt att beakta är också sättningarnas mycket långvariga karaktär, vilket medför att sättningsskador kan uppstå lång tid efter exploatering. Relativt jämna sättningar uppstår inom ett parti med homogent lerdjup vilket kan utnyttjas för utläggning av t ex låga och lätta vägbankar som får sjunka med sättningen. Successiv uppfyllning bör undvikas eftersom sådana ökar sättningarna.

Sättningarna påverkar även drift- och underhållssidan. Kostnaden för förstärkningsåtgärder skall ställas mot framtida underhållskostnader.

Varje parti som exploateras bör ses som en helhet från grundläggningssynpunkt, pga inbördes påverkan mellan olika belastade ytor. T ex bör tung fyllning inte läggas kring pålade byggnader.



Hänsyn till befintliga byggnadsverk måste tas vid exploatering, eftersom sådana kan påverkas av nya objekt.

Exempel på tänkbara förstärkningsåtgärder är pålning, kalkpelare, lätt fyllning och förbelastning med vertikaldränering.

#### Uppfyllning och grundvattensänkning

Även små uppfyllningar och grundvattensänkningar ger långvariga sättningar. Grundvattensänkning inom ett bebyggt område kan ge mycket svåra sättningsskador.

Vid homogena lerdjup kan sättningståliga anläggningar, typ parker, lekplatser, bollplaner och parkeringsplatser uppföras på utfylld mark. Risken för bakfall i dräneringsledningar beroende på sättningar måste beaktas.

#### Bärighet

Marken kan bära  $2,5 \pm 1,0$  m hög grusfyllning från brott-synpunkt. Belastningar av den storleken ger dock stora sättningar, och markens maximala bärförmåga kan troligen endast utnyttjas där sättningarna inte vållar skada.

#### Schakt och fyllning

Pga jordens lösa och sättningsbenägna karaktär medför djupa schakter och höga fyllningar i de flesta fall höga förstärkningskostnader. Exploatering bör anslutas så nära som möjligt till naturlig marknivå för att minimera förstärknings- och framtida underhållskostnader.

#### Stabilitet

Schaktslänters stabilitet måste uppmärksammas. Vid djupare schakter kan speciella förstärkningsåtgärder bli nödvändiga.

Vid markanvändning i närheten av strandslänter som innebär belastningsökning eller vibrationer i jorden är det nödvändigt att uppmärksamma risken för skred.

Geotekniska frågor att utreda

Utnyttjandet av marken är starkt beroende av sättningsproblematiken. Jordens sättningsegenskaper, inklusive lerdjup bör bestämmas i detalj för att jorden skall kunna utnyttjas på tekniskt-ekonomiskt bästa sätt. Noggranna sättningsberäkningar och dimensionering av alternativa förstärkningsåtgärder krävs för att nå detta mål.

Grundvattenproblematiken hänger intimt samman med sättningsfrågan och därför bör t ex nivåer och strömningsriktningar för grundvatten, infiltrationsområden, förekomst av ev isolerade grundvattenbassänger bestämmas. Grundvattennivåns årstidsvariationer bör också bestämmas.

För bedömning och dimensionering av markenergianläggningar krävs information om lerdjup, vattenhalter och termiska egenskaper.

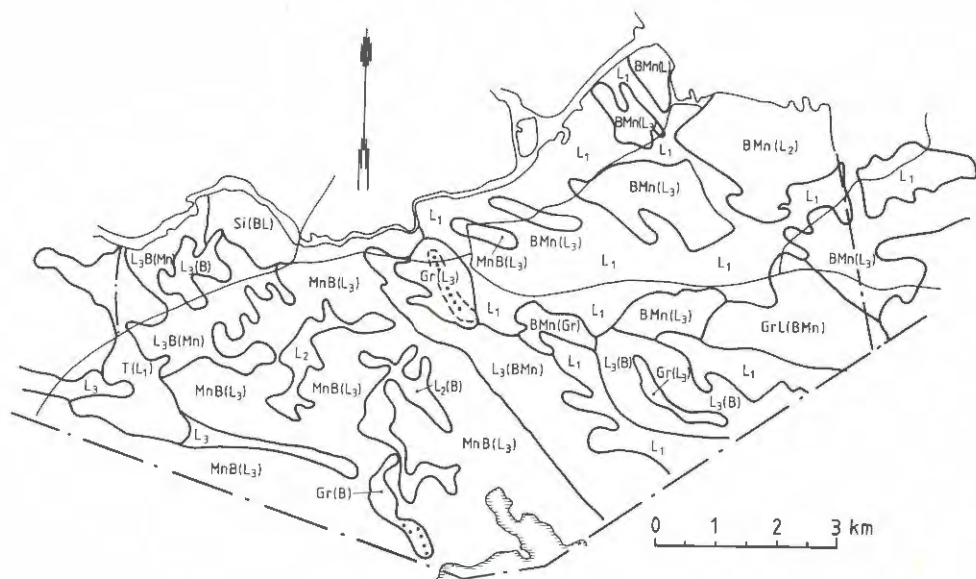
Markradonrisken bedöms genom mätning momentant eller under en längre period. Eftersom radonhalten varierar med väderlek och årstid är längre mätperiod att föredra. Sommar och höst är lämpligaste perioder. Vid snötäckt, tjälad eller vattenmättad mark avråds markradonmätningar.

### 6.2.3 Geotekniska terrängmönster

Med de geotekniska referensklasserna och beskrivning till geologiska kartblad som underlag görs klassificering i geotekniska terrängmönster på geologiska kartblad i kombination med flygbildstolkning. Terrängen delas in i områden med likartade mönster. De geotekniska referensklasserna för lera ger underlag för bedömning av lerområdenas troliga egenskaper. Stickprovskontroll med lätt utrustning i olika typområden är nödvändig.

Information från övriga geologiska bildningar fås från de geologiska beskrivningarna och stickprovskontroll i fält.

Exempel på karta över geotekniska terrängmönster visas i FIG 14. Exempel på planeringsråd visas för det geotekniska terrängmönstret "Moränbergområde med inslag av grund fast överkonsoliderad lera", betecknat MnB(L<sub>3</sub>). Ytterligare exempel ges i BIL 8.



FIGUR 14. Karta över geotekniska terrängmönster. Ursprunglig skala 1:50 000. Beteckningar enligt BIL 8.

GEOTEKNISKT TERRÄNGMÖNSTER MnB (L<sub>3</sub>)

Moränbergområde med inslag av grund fast överkonsoliderad lera



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Bra byggnadsmark från geoteknisk synpunkt.

Sättningar och bärighet utgör normalt inga hinder för byggande. Små lokala förekomster av organisk jord och mäktig lös lera bör uppmärksammas i mer detaljerade planskeden.

Lutningar, blockhalt, sprängnings- och schaktningskostnader, lerdjup och egenskaper som grundvattennivå är frågor att utreda i senare skeden.

### 6.3 Lerområden - Västkusten

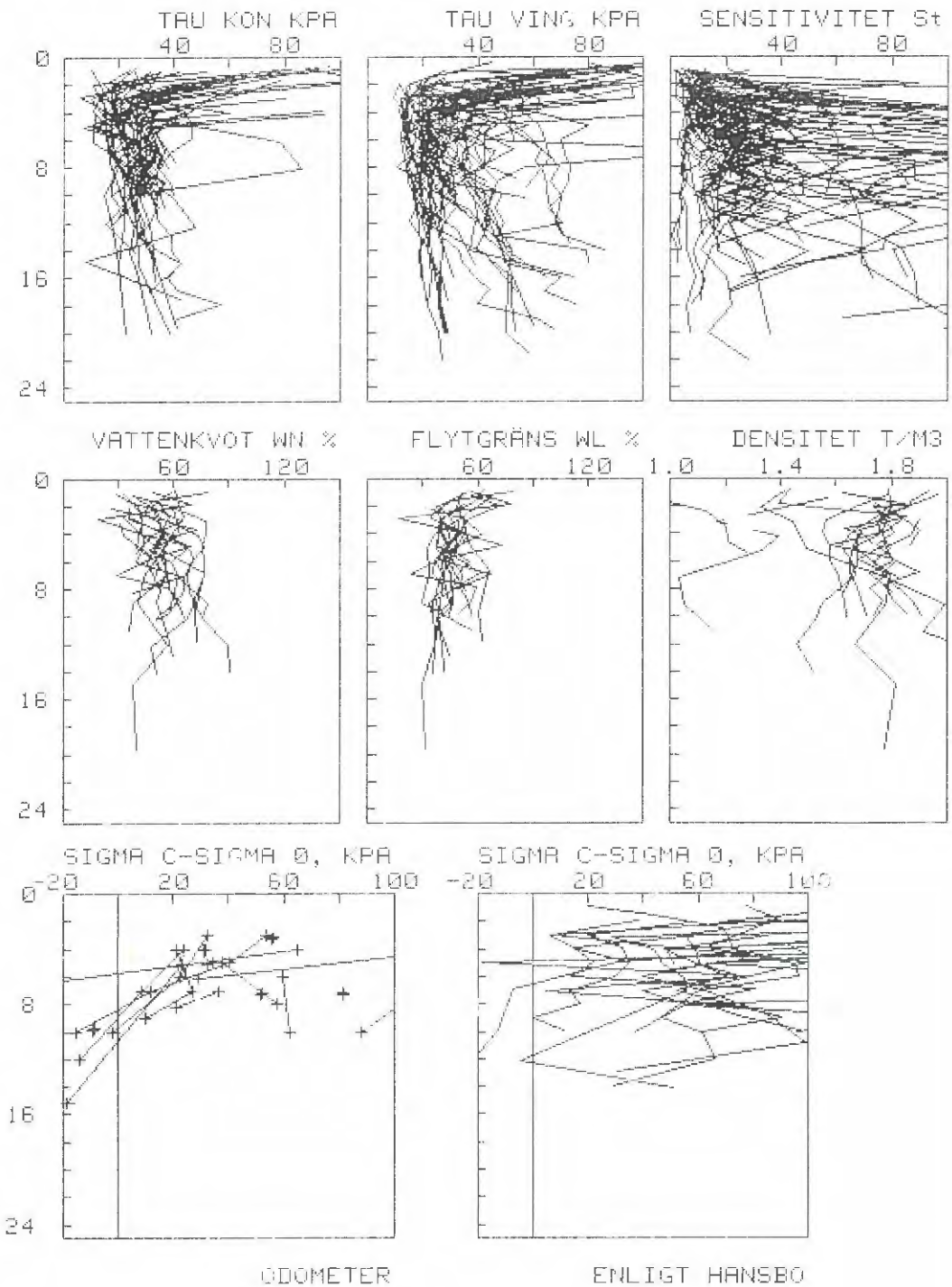
I samband med SGI:s skredriskartering i Göteborgs och Bohus län och Älvsborgs län har befintliga geotekniska undersökningar inventerats. Sammanställningar av geotekniska egenskaper inom några kommuner visas här som exempel från västra Sverige, FIG 15 och BIL 9. Det bör observeras att någon sortering på delområden inte utförts, utan figurerna visar resultat från ett stort område inom respektive kommun. Spridningen är därför mycket stor i kommuner med varierande leregenskaper.

På de vertikala axlarna i diagrammen kan djupet under markytan eller plushöjdnivån avsättas.

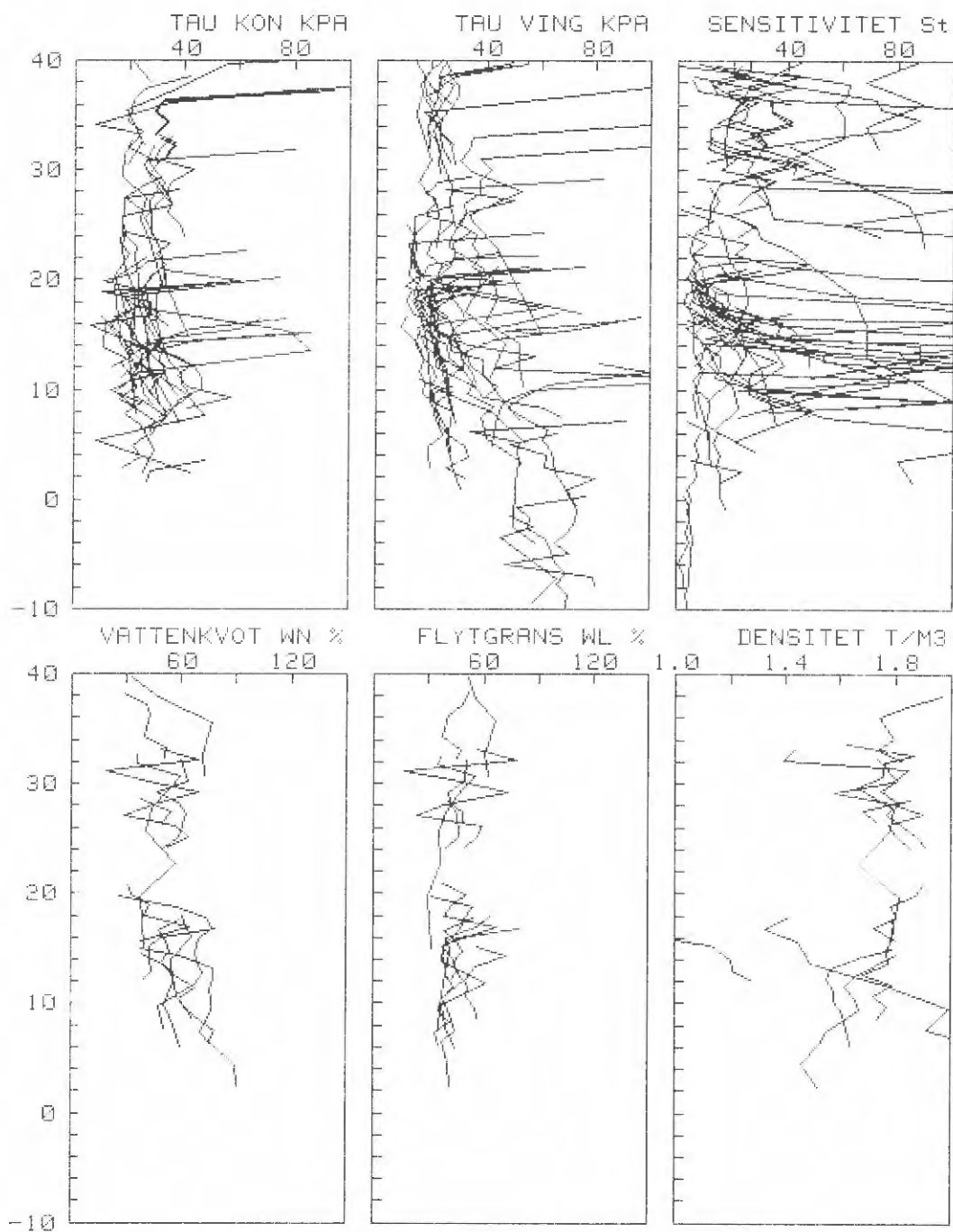
Sammanställningarna över Munkedal, FIG 15, visar t ex stor spridning för vingsondvärden,  $\tau_{\text{ving}}$ , med markytan som referens, medan motsvarande plushöjdsdiagram visar tydligt att hållfastheten ökar med fallande nivå. Även överkonsolideringen  $\sigma_c - \sigma_o$ , visar samma beroende av nivån - dock ej lika tydligt pga få punkter. Det är intressant att konstatera att leran i stort sett är överkonsoliderad ned till ca 10 m djup, vilket också är fallet med Färgelanda, Kungälv och Lysekil, BIL 9. Även leran mellan Linköping och Norsholm, BIL 7, visar samma tendens. Är detta en slump eller finns det ett samband?

Sammanställning av geotekniska egenskaper samt lokala och regionala jämförelser kan avslöja samband mellan olika områden. Därmed kan eventuellt även orsaker till t ex överkonsolidering komma i dagen till frömma för geoteknikens utveckling. Se även avsnitt 6.4.

De bakomliggande orsakerna till lerans - och övriga jordars - geotekniska egenskaper är av stor betydelse för geoteknisk terrängklassificering. Ju mer kunskapen ökar om dessa orsaker desto bättre kan de geotekniska egenskaperna förutsägas.

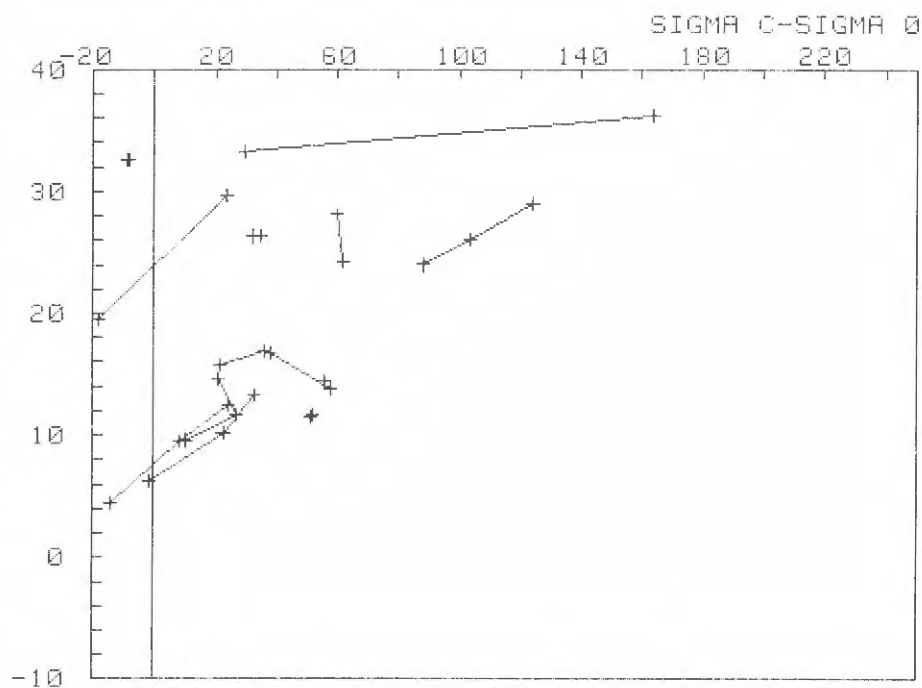


FIGUR 15a. Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper, markytan som referensnivå, Munkedal.

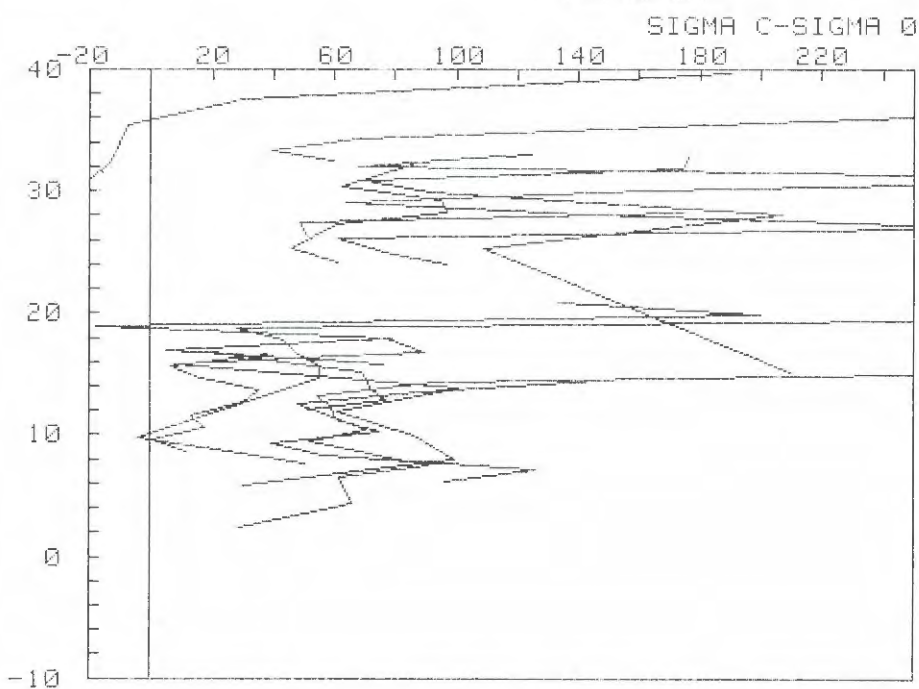


FIGUR 15b. Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper, plusshöjd som referensnivå, Munkedal.





ÖDOMETER



ENLIGT HANSBO

FIGUR 15c. Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper, plushöjd som referensnivå, Munkedal.

I FIG 15 och BIL 9 framgår även annan systematik beträffande andra egenskaper.

#### 6.4 Jämförelse mellan olika lerområden

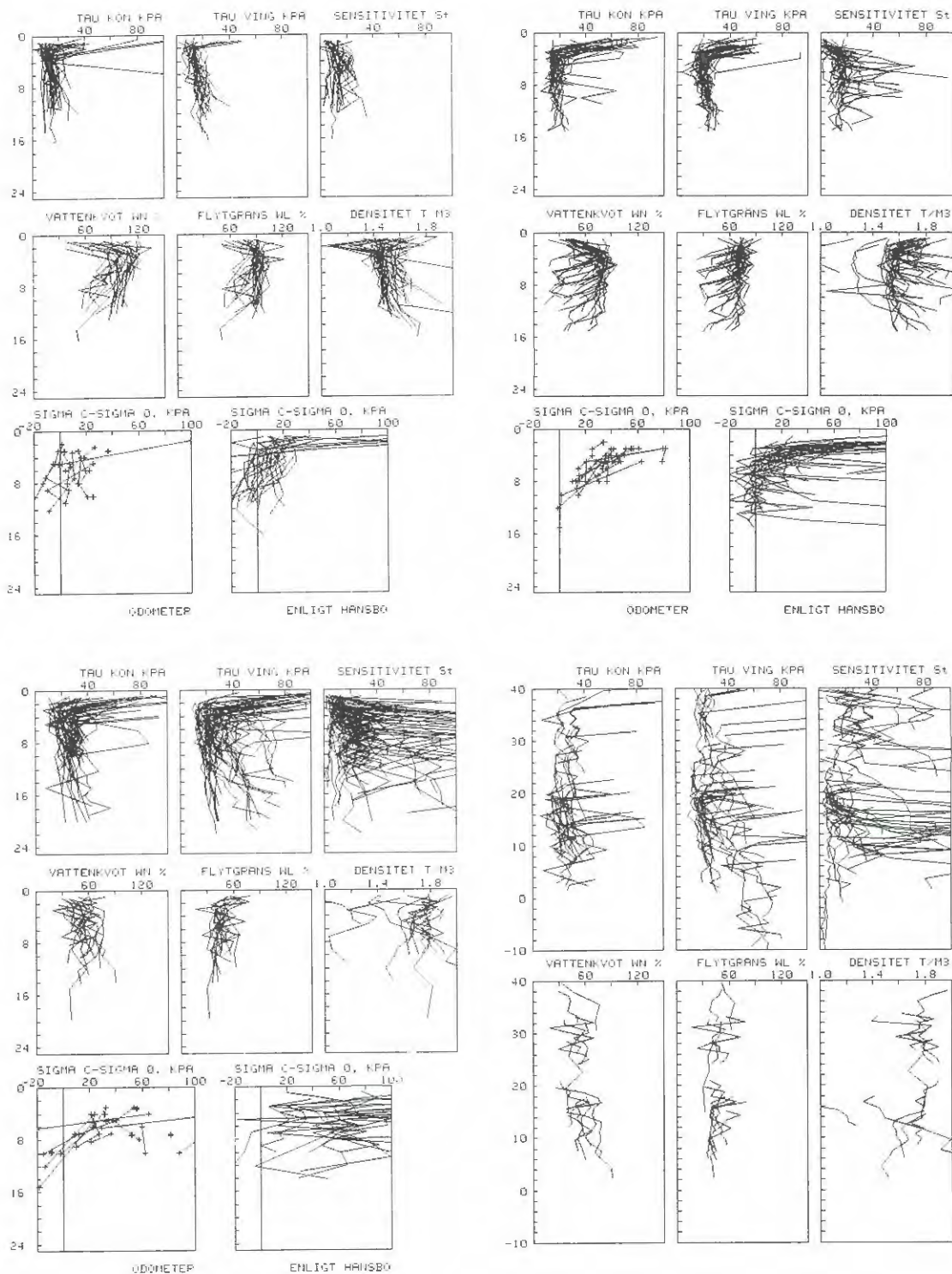
De geotekniska sammanställningsdiagrammen medger jämförelse mellan olika områden.

I FIG 16 visas exempel på en sådan jämförelse. Områden från Norrköping, Linköping och Munkedal jämförs. Diagrammen visar, att stora skillnader finns, men också vissa likheter. Skjuvhållfastheten är lägst i Norrköping medan den i Munkedal visar starkt samband med nivån beroende på att raviner och älvfåra eroderats ned i tidigare jordlager. Sensitiviteten är lägst i Norrköping och högst i Munkedal, där tjocka lager av kvicklera förekommer. Beträffande konsolideringen,  $\sigma'_c - \sigma'_o$ , visar Linköping och Munkedal slående likheter, trots att lerlagren är bildade i olika miljöer. I båda fallen är leran överkonsoliderad ned till ca 10 m djup. Dessutom är överkonsolideringens belopp i stort samma. Norrköpingsleran är i huvudsak normalkonsoliderad.

Denna enkla jämförelse visar, att olika leror kan skilja sig mycket i geotekniskt hänseende. Den visar också datateknikens möjligheter att hantera, systematisera och redovisa stora datamängder till gagn för ökade kunskaper om de geotekniska förutsättningarna. Den geotekniska terrängklassificeringen utnyttjar dessa möjligheter för att bättre kunna beskriva de verkliga geotekniska förutsättningarna till fromma för den fysiska planeringen.

#### 6.5 Moränområde - Växjö

Med syfte att pröva och demonstrera den geotekniska terrängklassificeringens potential även inom moränområden har ett område i Växjötrakten terrängklassificerats.



FIGUR 16. Jämförelse mellan olika lerområdens geotekniska egenskaper.

### Klassificering av känd terräng - upprättande av referensklasser

Utförda fältundersökningar har omfattat geologisk kartering med ytlig provtagning, grävning av provgropar inom moränområden och sticksondering inom områden med organisk jord. I en av de maskingrävda provgroparna har grundvattenmätningar utförts i observationsrör. Upptagna jordprover har klassificerats i fält.

De data som sammanställts inom moränområden omfattar jordart, jordlagerföljd, blockhalt, blockstorlek och grundvattenförhållanden. Dessutom har förhållandena vid schaktning dokumenterats, t ex fasthet, stabilitet och inverkan av vatten. Markens lutning har sammanställts med utgångspunkt från primärkartan.

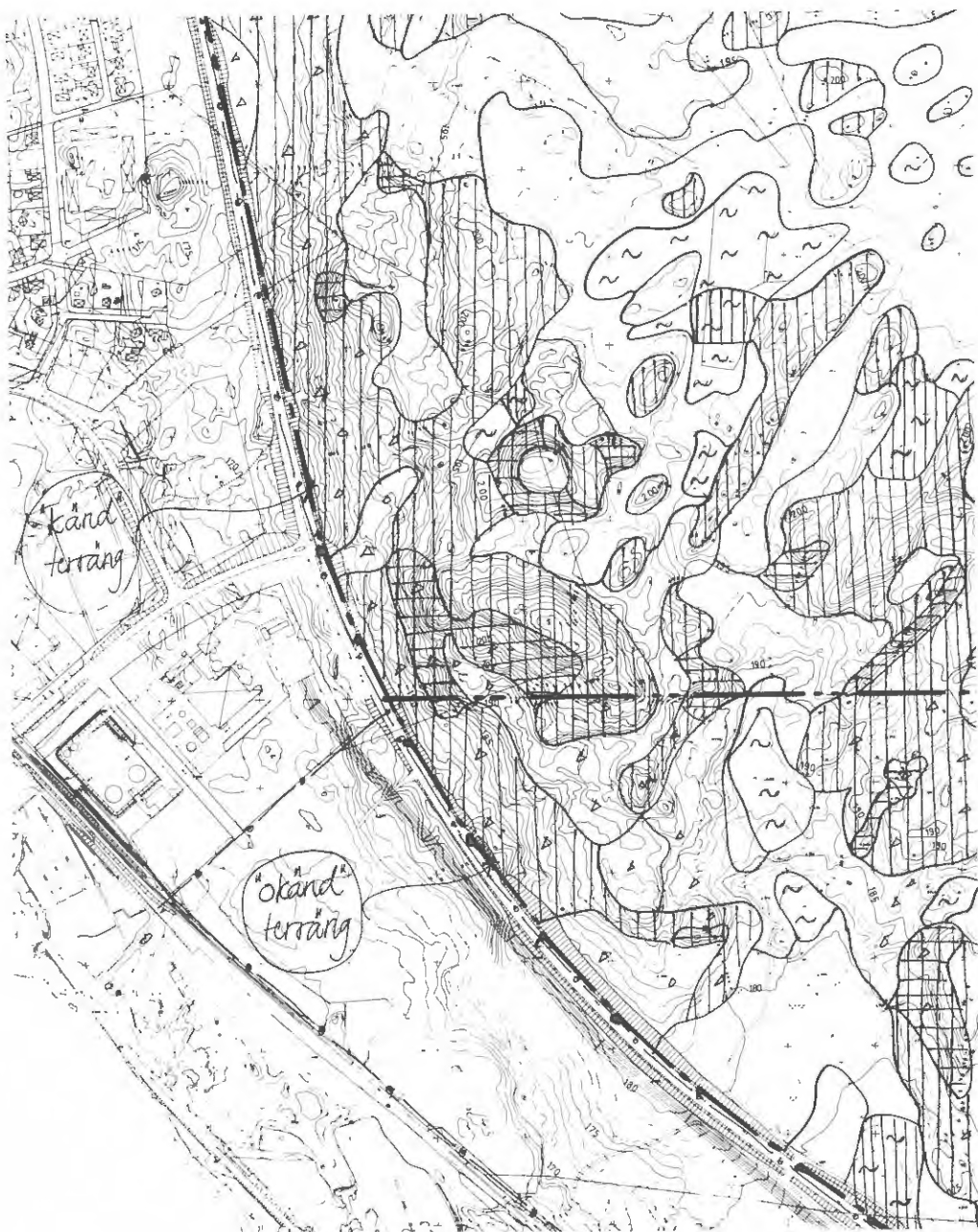
För organisk jord har lagerföljd samt jordens mäktighet och fasthet inventerats.

I flygbilder och på tillgängliga kartor har terrängen analyserats. Möjligheterna till närmare studier i flygbilder har försvårats då huvuddelen av området är tätt skogbevuxet. Huvudsakligen har topografiska förhållanden, jordart, blockförhållanden och dräneringsmönster identifierats.

Resultaten har därefter jämförts med de indelningsgrunder för terrängklassificering som anges i BIL 2 och hänförts till tillämplig klass. På så sätt har hela den kända terrängen klassificerats. Dessa terrängklasser utgör referensklasser. Med givna geotekniska data kan klasserna även beskrivas tekniskt, se BIL 10 och planeringsråd kan utformas, s 92-93 och BIL 10.

### Klassificering av okänd terräng

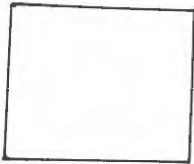
Genom att identifiera "okänd" terräng med "känd" terräng, dvs referensklasserna, har den okända terrängen klassificerats i de klasser som redovisas i FIG 17. De faktorer som studerats är på samma sätt som vid känd terräng topografi, jordart, blockförekomst och dränering.



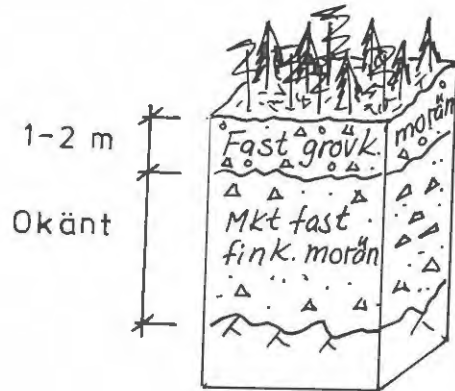
FIGUR 17. Geotekniska terrängklasser på enhetsnivå i moränområde, Växjö. Ursprunglig skala 1:4000. Beteckningar enl BIL 10.

## MORÄN MED LITEN MARKLUTNING

KARTBETECKNING



LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: bra byggnadsmark

Grundläggning

Marken har mycket god bärighet och några grundförstärkningsåtgärder behövs inte för normal bebyggelse. Den höga grundvattenytan medför att eventuella källare måste utföras vattentäta eller att grundvattennivån måste sänkas vilket kan vara svårt - speciellt under våta perioder.

Schaktning och fyllning

Den övre grovkorniga moränen är lättschaktad och utgör dessutom ett mycket bra fyllnadsmaterial. Den undre finkorniga moränen är tjälfarlig och dessutom svårschaktad pga sin fasthet och flytbenägenhet. Den är sålunda olämplig som fyllning i vått tillstånd. Marken tål höga oppfyllningar utan nämnvärda sättningar.

### Dränering

Se Grundläggning

### Markenergi

Marken är inte lämplig för jordvärme.

### Markradon

Markradonflödet kan vara högt i den grovkorniga moränen.

### Geotekniska frågor att utreda

#### Generellt för samtliga moränklasser

De geotekniska utredningsfrågorna är beroende av hur området exploateras. Ytlig grundläggning i den grovkorniga moränen medför i stort sett problemfritt bygande.

Vid djupare grundläggning, t ex källarhus, bör t ex grundvattennivån bestämmas och dräneringsmöjligheterna utredas.

Den ytliga moränens mäktighet och dess lämplighet som fyllning bör bestämmas i detalj - främst tjälfarlighet. Risken för höga markradonflöden bör undersökas så tidigt som möjligt. Blockhalten bör bestämmas närmare, förslagsvis genom provgrovsgrävning.

#### Speciellt för MORÄN MED LITEN MARKLUTNING

Översvämningsrisken i lågpunkter bör klarläggas.

## 7.     UTVÄRDERING OCH FORTSATT UTVECKLING

I detta projekt har många erfarenheter gjorts beträffande insamling, bearbetning, klassificering och redovisning av geologiska och geotekniska data. Eftersom klassificering av lerområden bygger på användning av datorer har erfarenheter vunnits även på detta område.

### 7.1    Insamling av data - geodatabanker

Insamlingsfasen är en betydande del av det totala klassificeringsarbetet. Åtkomsten av geotekniska handlingar förutsätter att handlingarna finns i ett välordnat arkiv. Norrköpings gatukontors geotekniska arkiv, från vilket merparten av geotekniska data kommer, är föredömligt i detta avseende. Undersökningarna är markerade på kartor och handlingarna är lätt åtkomliga i ett arkivrum. Det är en angelägen kommunal uppgift att skapa väl fungerande geoarkiv. Att utnyttja befintliga geotekniska undersökningar är en god affär, eftersom dubbelborrningar undviks och resultaten kan utnyttjas många gånger. Kommunförbundet har i ISOK-projektet lagt förslag om kommunala geoarkiv, CARLRING (1983).

### 7.2    Bearbetning av data

Inmatningen på magnetband är den mest tidsödande processen, eftersom mycket stora mängder data skall lagras in. Här krävs noggrannhet, uthållighet och omdöme av de personer som utför det arbetet.

Utvärderingen av lerdjup är i många fall en grannlaga uppgift. Detta sker till allra största delen med hjälp av sonderingsresultat. Ofta nog saknas jordprovtagning för kalibrering. Problemet torde vara störst där leran ligger på mäktiga silt- och sandlager och sonderingsmotståndet ökar successivt. Inom sådana områden kan lerdjupet missbedömas.



Bedömningen av torrskorpans tjocklek kan också vara svår, speciellt där leran är relativt fast under torrskorpan. Torrskorpans underkant används i de flesta fall som grundvattennivå. Grundvatten- och portrycksmätningar förekommer mycket sällan i geotekniska undersökningar, varför grundvattennivån - på vilken sättningsberäkningen grundas - är relativt osäker. På grund av topografiska förhållanden varierar grundvattennivån relativt litet inom de undersökta lerområdena i Östergötland. På Västkusten kan däremot grundvattentrycken variera avsevärt på korta avstånd.

Kvaliteten på de geotekniska undersökningarna är ett annat problem. Före 1960-65 användes kolvborrar för provtagning som gav relativt stora störningar i proverna varvid såväl skjuvhållfasthet som förkonsolideringstryck påverkas. Även modern utrustning kan ge störningar. Störda prov skall markeras i laboratorieprotokoll. Detta är dock inte alltid fallet. Det kan många gånger vara svårt för laboratoriepersonalen att avgöra om ett prov är stört eller ej. Störda prover som ödometertestas ger i allmänhet stora deformationer före förkonsolideringstrycket. I detta projekt har ödometerförsök där proverna deformerats mer än 4% före förkonsolideringstrycket förkastats.

Digitalisering av egenskaper förutsätter att diagram finns uppritade. I många geotekniska undersökningar redovisas endast siffervärden, varför diagrammen i dessa fall ritats för hand före digitaliseringen.

Inlagringen av geotekniska data har i huvudsak utförts av icke-geotekniker. Noggranna instruktioner och täta återkommande kontroller av utvärderade data är nödvändigt i ett upplärningsskede. De inmatade uppgifterna är grunden för klassificeringen och felen i uppgifterna måste vara mycket små. Felaktiga värden måste kunna rättas, därför har program för rättning framtagits. Rättningsarbetet har tagit relativt stor tid i anspråk.

När klassificerings- och redovisningsmagnetbanden är inmatade och rättade kan klassificering ske. Eftersom de geotekniska referensklasserna provas fram genom flera försök är det viktigt att de geotekniska egenskaperna inom olika områden kan jämföras på ett enkelt sätt. Diagramsammanställningarna för referensklasserna, BIL 7, är slutprodukten i en utvecklingskedja. Sammanställningsdiagrammen har visat sig vara ändamålsenliga och lättarbetade.

Vid utvecklingen av dataprogrammen har filosofin varit att ta ett steg i taget. Därför har fler parametrar successivt tagits med allteftersom programmen utprovats. Av tids- och resursskäl saknas fortfarande några önskvärda parametrar: jordartsbenämningar och kompressionsegenskaper. Dessa parametrar har i denna rapport behandlats manuellt.

### 7.3 Fortsatt utvecklingsarbete

Ett fortsatt utvecklingsarbete skulle förslagsvis kunna omfatta fortsatt utveckling av dataprogram så att en fullständig jordbeskrivning kan göras, datoriserad koppling mellan plandata (koordinater, plushöjd, undersökningstyp) och geotekniska egenskaper. De geotekniska terrängklasserna bör knytas till markbyggnadsekonomi.

Ett framtida system med digitala kartor, geotekniska terrängklasser kopplade till markbyggnadskostnader och andra databanker kan ge planerare, projektörer, politiker och allmänhet snabb tillgång till lättarbetade data och möjligheter att redovisa geotekniska konsekvenser och markbyggnadskostnader av olika alternativa planförslag.

De geologiska processernas betydelse för de geotekniska egenskaperna har betonats i detta projekt. Tyvärr är kunskaperna om t ex lerornas bildningsmiljöer ännu

relativt knapphändiga, men forskning pågår och möjligheterna att utnyttja samband mellan geologi och geoteknik kommer successivt att förbättras.

Några viktiga frågor i detta sammanhang är:

- Inom vilka avstånd från referensklasserna kan terrängklassificering av okänd terräng göras?
- Kan referensklasserna gälla större regioner - eventuellt hela riket - eller måste man nöja sig med lokala referensklasser?

Dessa frågor kan besvaras efterhand som sammanställningar och referensklasser upprättas på olika håll i landet.

Den geotekniska terrängklassificeringens princip kan inte tillämpas när den okända terrängen inte motsvaras av referensklasser. Detta problem kan lösas genom utökade fält- och laboratorieundersökningar och upprättande av provisoriska referensklasser, som baseras på ett betydligt mindre antal prov än gängse referensklasser.

Kartredovisningen bör utvecklas ytterligare, speciellt för komponentnivån. Datoriserad redovisningsteknik bör utnyttjas för att den geotekniska terrängklassificeringen skall kunna inlemmas i digitala terrängmodeller.

Nästa fas i utvecklingen av det geotekniska terrängklassificeringssystemet bör omfatta följande moment:

- utveckling av klassificeringstekniken
- utveckling av redovisningstekniken
- praktisk kommunal tillämpning inom ett begränsat område
- praktisk kommunal tillämpning i förnyelseplanering
- utveckling av samband mellan terrängklasser och markbyggnadskostnader.

## LITTERATUR

- ADESTAM, L., 1981. Portable geotechnical field equipment. X Intern. Conf. Soil Mech. a. Found. Engr. Proc. Vol 2, Session 7, pp 413-318.
- BJURSTRÖM, G., HANSSON & LAKKA, L., 1979. Lokalisering av överkonsoliderad lera genom analys av landets nivå- och klimatförändringar efter istiden. Byggforskningens rapport R128:1979. Stockholm.
- BJURSTRÖM, G., 1982. En teori om bildning av överkonsoliderad lera. 230 s. Opublicerad.
- CARLRING, J-E., 1983. Geoteknisk information viktig i stadsförnyelsens process. Byggmästaren nr 6/83, p. 7-8.
- FLODIN, N., 1980. Några geotekniska erinringar i anslutning till geokartor. Seminarium 1980-04-17. Ingenjörsgelogisk kartering (Red. O Holmstrand). Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 52. Göteborg.
- GARDEMEISTER, R., 1975. On Engineering - geological properties of fine-grained sediments in Finland. Technical Research center. Building Technology and Community Development, Publication No 9.
- GRANT, K., 1968a. A terrain evaluation system for engineering. CSIRO, Division of Soil Mechanics. Technical Papers No 2, 1968.
- GRANT, K., 1968b. Study tour and symposium on terrain evaluation for engineering. CSIRO, Div. Applied Geomechanics. Proceedings 1968.
- GRANT, K., 1974. The PUCE programme for terrain evaluation for engineering purposes. Part I and II. CSIRO Div. Applied Geomechanics. Technical Papers Nos 15, 19, 1973. 1974.
- GRANT, K. & FINALYSON, A.A., 1978. The assessment and evaluation in urban or regional environments. Engineering Geology, 12(1978). pp 219-293. Amsterdam.

HOLMSTRAND, O. & WEDEL, P.O., 1974. Ingenjörsgelogiska kartor. Litteraturstudier. CTH, Geologiska Inst, Publ A5, 1974. Göteborg.

HOLMSTRAND, O. & WEDEL, P.O., 1974. Ingenjörsgelogiska kartor. Redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. CTH, Geologiska inst. Publ A17, 1974. Göteborg.

HOLMSTRAND, O., 1983. Engineering geological mapping in Sweden. A tool for resource economizing. Chalmers Tekniska högskola, Geologiska institutionen, Publ. A42, Göteborg.

JANSSON, M, LINDMARK, A. & VIBERG, L., 1984. SGI:s datoriserade geotekniska databank. Nordiska geoteknikermötet. Linköping.

KARLSSON, R. & HANSBO, S., 1982 Jordarternas indelning och benämning. Geotekniska laboratorieanvisningar, del 2. Byggeforskningsrådet T21:1982.

LIU, T.K., 1967. A review of engineering soil classification systems. Highw. Res. Rec. No 156, p 1-22. Washington D.C.

MAGNUSSON, N.H., LUNDQVIST, G. & REGNELL, G., 1963. Sveriges geologi, Svenska Bokförlaget, Stockholm

ORRE, B., 1979. Geotekniska utredningar. Omfattning och genomförande. Handbok-riktlinjer. Svenska Konsultföreningen. Stockholm.

RUDBERG, S., 1968. Geology and morphology. p. 31-47 i A Geography of Norden (Red. A. Somme). Svenska Bokförlaget/Norstedt-Bonnier.

SAARELAINEN, S., 1980. Luonnonolosuhteiden huomioonottaminen uusien asuinalueiden suunnittelussa. Maa - ja kallioperä, pohjaja pintavesi. (Utilization of soils, rocks and hydrological conditions in urban planning.) Center for urban and regional studies, Helsinki University of Technology, Publication B27. Otaniemi.

SKOGSARBETEN, 1969. Terrängtypschema för svenskt skogsbruk. Pedagogik nr 9

SOIL CONSERVATION SERVICE, 1971. Guide for interpreting engineering uses of soils. US Department of Agriculture.

STÅL, T. & VIBERG, L., 1982. Kartering av potentiella skredriskområden i Sverige. SGI-Varia nr 55. Linköping.

SÖDERBLOM, R., 1969. Salt in Swedish clays and its importance for quick clay formation. SGI Proceedings No 22. Stockholm.

SÖDERBLOM, R., 1974. Organic matter in Swedish clays and its importance for quick clay formation. SGI Proceedings No 26. Stockholm.

WELLVING, A., 1978. Ett system för terrängklassificering för militära ändamål med tillämpningar i Skåne och övre Norrlands kustland. FOA Rapport A20025-D8. Stockholm.

VIBERG, L. & ADESTAM, L., 1978. Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering. Förstudie. BFR-projekt 760785-0, Arbetsrapport.

VIBERG, L., & ADESTAM, L., 1979. Seminarium om geoteknisk information och geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering, Stockholm 26 april 1979. BFR-projekt 760785-0. Arbetsrapport.

VIBERG, L., 1976. Geoteknisk terränganalys för fysisk planering. Byggforskningens Rapport R29:1976. Även i SGI Särtryck och Prel. Rapp. No 60.

VIBERG, L., 1982. Kartering och klassificering av lerområdets stabilitetsförutsättningar. SGI Rapport No 15, Linköping.

## TERRÄNGFAKTORER AV BETYDELSE FÖR GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING

De terrängfaktorer som påverkar klassificeringen av terräng ur geoteknisk synpunkt kan hänföras till följande delområden

- Topografi
- Geologi
- Geohydrologi och hydrologi
- Geoteknik
- Vegetation

### Topografi

#### Faktorer:

- Nivå
- Nivåskillnader - brutenhet
- Lutningar
- Krökningar
- Ytformer

#### Karterbarhet, tillförlitlighet:

Topografiska faktorer kan karteras m h a topografiska kartor av olika slag, t ex

- topografiska kartan över Sverige, 1:50 000
- ekonomiska kartan med nivåkurvor, 1:10 000
- specialkartor för samhälls- och vägplanering (1:20 000-1:400)
- orienteringskartor (1:10 000-1:25 000)

Gemensamt för de moderna topografiska kartorna är att de är fotogrammetriskt framställda och är därmed behäftade med viss onoggrannhet, speciellt inom områden med tät skog. För geoteknisk terrängklassificering är befintligt topografiskt material nödvändigt på alla klassificeringsnivåer för kartering av de topografiska faktorerna.

De topografiska kartornas information behöver emellertid kompletteras med stereobetraktning av flygbilder, som ger en mer detaljrik, verklig bild av terrängen än de generaliserade kartorna. Genom den överhöjning av vertikalskalan som man får i stereoskop kan även små former, lutningar, höjder etc, urskiljas på flygbilder.

### Betydelse för planering

All fysisk planering måste utföras m h t topografin.

Geologi

Geologin har för vår del störst betydelse när det gäller att förklara terrängens utseende och ge bakgrunden till geotekniska egenskaper.

Exempel på geologiska faktorer är följande:

## Geologiskt bildningssätt och -miljö

Landisens direkta avlagringar (morän)  
Vattenavlagringar

Issjö  
Hav (salt och bräckt)  
Sjö  
Isälv  
Älv

Vindavlagringar  
Rasavlagringar  
In situ bildningar t ex torv)  
Landisens rörelseriktning och isfrontens oscillationer  
Bergarternas inverkan på moränsammansättning

## Geologisk historia efter landisens försvinnande

Inverkan av vatten (hav, sjöar, vattendrag), klimat och gravitation på terrängens utseende och egenskaper.

Landhöjning/sänkning; kust- och strandlinjernas förändringar (strandförskjutningskurvor); högsta kustlinjen (HK).

Om man kan etablera regionala samband mellan geologi och geotekniska egenskaper har man en nyckel till klassificeringen. Flera sådana samband är kända i princip. Någon systematisk forskning inom detta område har ej utförts och mycket återstår att göra. Här ges några exempel på samband, som är värdefulla för vårt ändamål.

<u>Geologisk faktor</u>		<u>Geoteknisk egenskap/ företeelse</u>
Berggrund, transportsträcka		Blockhalt, moränsammansättning
Topografi		Moränform- och mäktighet
Landhöjning/sänkning } Forna klimat	→	{ Torrskorpebildning Överkonsolidering (BJURSTRÖM, 1982) Grundvattenytans variationer
Forna vattendjup och varaktighet		Sedimentmäktighet
Urlakning, kemisk infiltration		Kvicklera (SÖDERBLOM, 1969, 1974)
Landhöjning		Skred, erosion
Isavsmältning, isrörelser, tappningar av issjöar		Lagerföljder
Salthalt		Lerstrukturer, sensitivitet
Tektonik		Lerslag och stabilitet i berg



Regionala och i vissa stycken riksomfattande kartläggningar av geotekniska egenskaper bedöms vara mycket angeläget och skulle sannolikt relativt snabbt kunna bidra till utveckling av viktiga samband.

#### Karterbarhet, tillförlitlighet

De geologiska faktorerna studeras av geologer och beskrivs i den geologiska litteraturen. Många faktorer i fråga om bildningssätt och geologisk historia är fortfarande otillräckligt utredda. Svårigheten ligger i att rekonstruera bildningsförloppen. Flera grundläggande principer anses dock klarlagda.

Sammanställningar av befintliga geologiska kunskaper (state-of-art) är angeläget. Framför allt vore det värdefullt att fastställa normalförhållanden och avvikelser från dessa.

#### Betydelse för planering

Geologin har betydelse för geoteknisk terrängklassificering som plattform för analys av geohydrologiska och geotekniska förhållanden.

#### Geohydrologi och hydrologi

##### Faktorer

Hydrologi (nederbörd, avrinningsområden, ytvatten, vattendrag etc)

Dränering

Förutsättningar för grundvattnets förekomst (jord- och bergförhållanden, topografi, infiltration etc)

Grundvatten (nivå, tryck, strömning etc).

#### Karterbarhet, tillförlitlighet

Geohydrologiska uppgifter fås dels genom studier av kartor, befintliga fältresultat, flygbilder och dels genom fältundersökningar. Mätningar av grundvattenförhållanden över lång tid krävs för att tillförlitliga uppgifter skall erhållas. Det ytliga dräneringssystemet kan karteras relativt enkelt genom kartstudier och geobildtolkning. Vattenytor och vattendrag framträder speciellt tydligt på IR-(färg)film och termografier (värmebilder).

#### Betydelse för planering

Geohydrologins betydelse för planering ökar i takt med den ökande knappheten på vattenresurser och det växande intresset för miljöfrågor (vegetation, recipienter, sottipslokalisering, allmän risk för spridning av gifter och föroreningar etc).

Geohydrologin har även direkt betydelse när det gäller att bedöma ett områdes lämplighet för exploatering, t ex förutsättningar för grundvattensänkning och infiltration.

För geoteknisk terrängklassificering utgör geohydrologiska faktorer en av pusselbitarna.

GeoteknikFaktorer (exempel)

Kornstorlek, jordarter  
 Lagerföljder  
 Mäktigheter  
 Skjuvhållfasthet - fasthet  
 Kompressibilitet - sättningsbenägenhet  
 Överkonsolidering - tidigare tryck i lera, kemisk "cementering"  
 Schaktbarhet  
 Packbarhet  
 Permeabilitet - jordens genomsläpplighet för vatten

Karterbarhet, tillförlitlighet

Det finns flera metoder att kartlägga geotekniska faktorer. Översiktlig kartering av jordarter, jordartsgränser, uppdelning i grunda och mäktiga lerlager samt vissa geohydrologiska förhållanden kan göras med geobildtolkning (flygbildstolkning och fältkontroll), som ofta kombineras med gles fältundersökning.

Fältundersökningar (sondering, provtagning, in-situ-mätningar i borrhål, etc) och laboratorieundersökningar är nödvändiga för bestämning av t ex lagerföljder, hållfasthets- och kompressibilitetsegenskaper.

Det är främst jordarter och lösa jordlagers mäktighet som kartläggs och redovisas i plan. Fasthet redovisas ofta i profiler, men ej i plan. Skjuvhållfasthet sammanställs vanligen för olika delpartier vid stabilitetsberäkningar.

Vid områdeskartering görs ofta en sammanvägning av geotekniska egenskaper och kartor upprättas för exempelvis grundläggningsförhållanden, exploateringskostnader etc.

Hittills har geotekniska faktorer i huvudsak karterats genom fältundersökningar som ger punktvis information. Tillförlitligheten i interpolation mellan borrhålen beror på bl a borrhålstäthet, naturlig variation, utvärderarens kunskaper och erfarenheter.

Med hjälp av ett geotekniskt terrängklassificeringssystem kan man inom geologiskt homogena regioner få ett grepp om de geotekniska egenskapernas naturliga variation, förekomst och frekvens och dokumentera befintliga erfarenheter av t ex schaktning och sättningar.

Betydelse för planering

Geotekniken inverkar på ett eller annat sätt på alla planeringsnivåer. Ibland kan betydelsen vara ringa i andra fall helt avgörande. Geoteknikens roll skall inte överdrivas, men i nuläget är geotekniken använd alltför lite i planeringssammanhang. Ökad användning av geoteknik på rätt sätt innebär bättre hänsynstagande och utnyttjande av terrängens förutsättningar.

KLASSIFICERINGSPARAMETRAR FÖR GEOTEKNISK TERRÄNG-  
KLASSIFICERING PÅ ENHETSNIVÅMORÄNMäktighet

Grund &lt;0,5 ä 1,0 m

Mäktig &gt;0,5 ä 1,0 m

Sammansättning

Grovkornig

Finkornig

Blockhalt

Blockfattig

Normalblockig

Rikblockig

Storblockig

Lagring

Lucker

Fast

Mycket fast

Lutning

Liten 0- 5%

Måttlig 5-10%

Stor 10-20%

Mycket stor &gt;20%

Grundvatten

&lt;1 m under markytan

&gt;1 m under markytan

Tjälfarlighet

Ej tjälfarlig

Tjälfarlig

GROVSEDIMENTMäktighet

Grund &lt;5 m

Mäktig &gt;5 m

Lagerföljd/Sammansättning

Sand (dominerande)

Grus, sten (dominerande)

Skiktad

Blockhalt

Blockfattig

Normalblockig

Rikblockig

Storblockig

Lutning

Liten 0- 5%

Måttlig 5-10%

Stor 10-20%

Mycket stor &gt;20%

Grundvatten

&lt;1 m under markytan

&gt;1 m under markytan

LERALagerföljd/Måktighet

&lt;5 m på Si, Fr eller B

&gt;5 m på Si, Fr eller B

Torrskorpans måktighet

&lt;0,5 m

0,5-2,0 m

&gt;2,0 m

FasthetMycket lös  $\tau < 10$  kPaLös  $\tau = 10-25$  kPaHalvfast  $\tau = 25-50$  kPaFast, mycket fast  $\tau > 50$  kPa

Konsolidering klassificeras m h a kvoten  $\frac{\text{Förkons.tryck } \sigma'_c}{\text{Överlagr.tryck } \sigma'_0}$

Normal och svagt överkonsoliderad  $\sigma'_c/\sigma'_0 = 1,0-1,5$ Överkonsoliderad  $\sigma'_c/\sigma'_0 = 1,5-10$ Starkt överkonsoliderad  $\sigma'_c/\sigma'_0 = >10$ Marklutning

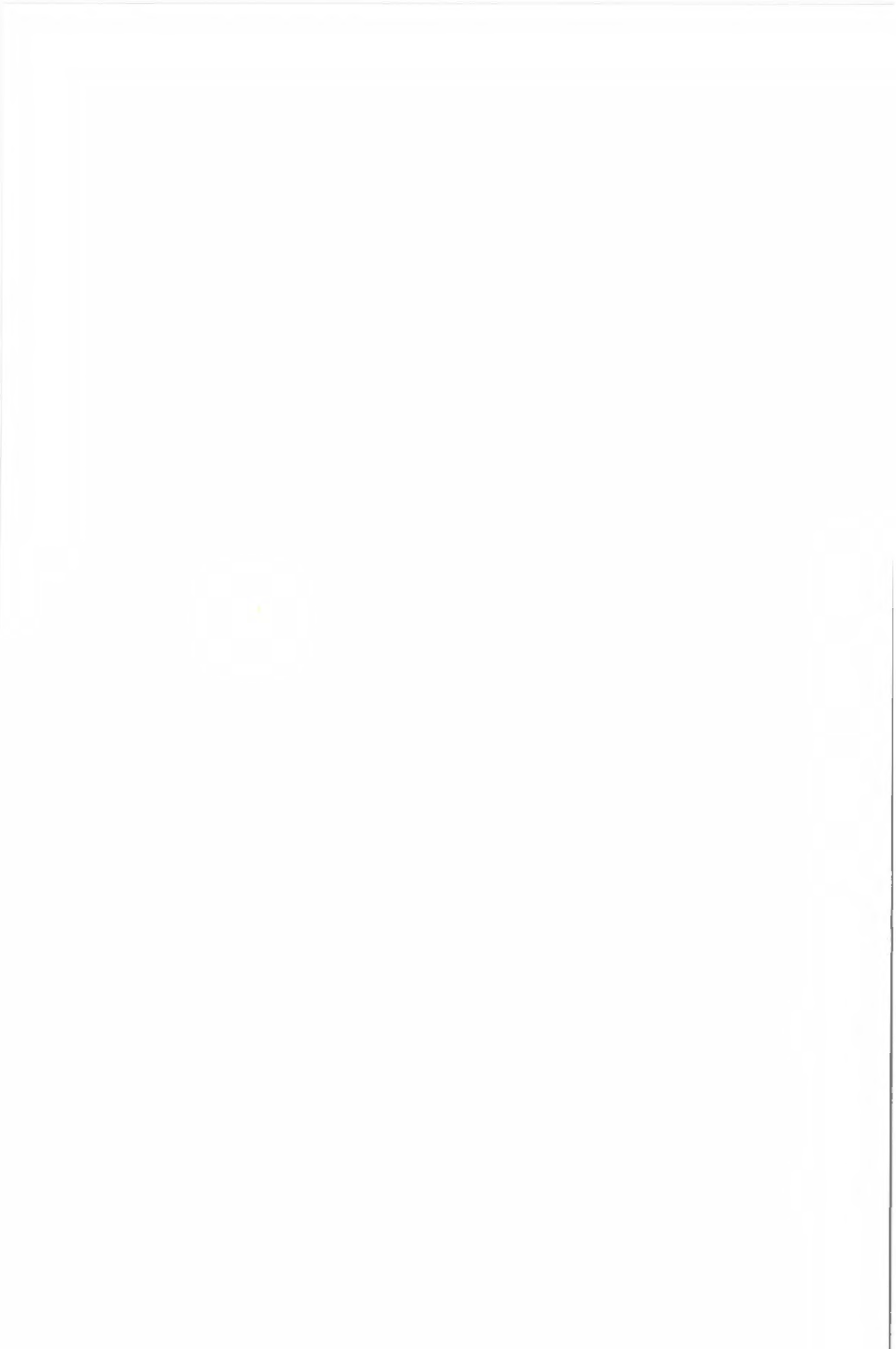
Horisontal-flack 0- 5%

Sluttande 5-10%

Grundvatten

&lt;1 m under markytan

&gt;1 m under markytan



# statens geotekniska institut

## statens planverk

TILL BYGGNADSNÄMNDERNA  
OCH LÄNSSTYRELSENA

### Geotekniska undersökningar vid bebyggelseplanering

Denna cirkulärskrivelse rekommenderar kommunerna att i ett tidigt planeringsstadium översiktligt undersöka och klarlägga vissa väsentliga geotekniska förutsättningar för planering och byggande.

Geotekniska undersökningar kan vara schematiska i ett tidigt skede i planeringen av markanvändningen men bör kompletteras successivt i områden som skall utnyttjas för bebyggelseändamål. Detta gäller särskilt områden där man kan befara svåra grund- eller terrängförhållanden med risk för skred, oacceptabla sättningar eller där omfattande grundberednings- eller grovplaneringsåtgärder måste vidtas. Vidare är det viktigt att beakta behovet av åtgärder under markytan vid olika slag av byggnader bl a med hänsyn till de konsekvenser som en grundvattensänkning kan få på befintlig och framtida bebyggelse. Byggsforskningen har belyst detta i en rapport T 8:1978 "Undermarksplanering".

Geotekniska undersökningar är av stor betydelse när det gäller möjligheterna att minska risken för skador och att hålla nere produktionskostnaderna för markarbeten och grundläggning. Kännedom om de geotekniska förhållandena är nödvändig för ett säkert och ekonomiskt byggande. I en rapport nr 45 "Planekonomiska utredningar – planutformning och ekonomi" ger planverket i samarbete med bostadsstyrelsen information om innehåll och omfattning av geotekniska undersökningar i olika skeden av den detaljerade planeringen inom ett exploateringsområde.

I det följande lämnas rekommendationer rörande tillämpning av 9 § och 16 § i byggnadsstadgan med hänsyn till geotekniska undersökningar vid översiktlig planering samt vid fastställelse av plan. Geotekniska institutet och planverket avser att senare återkomma med viss vägledning för val av säkerhetsfaktorer vid bedömning av stabilitetsförhållanden.

Linköping och Stockholm i april 1978

Leif Andreasson Lennart Holm

#### Inledning

Varje markanvändningsbeslut som avser bebyggelse bör grundas på tillräckliga kunskaper om de geotekniska förhållandena för att man ska veta att beslutet är genomförbara och vilka konsekvenser de medför. I det följande redovisas lämplig omfattning av geotekniska undersökningar för olika översiktliga plannivåer och exempel på hur de kan redovisas. De plannivåer som beskrivs är således alla översiktliga och motsvaras därför av generalplaner i byggnadslagens mening.

När plan (översiktsplan eller detaljplan) överlämnas för fastställelse till länsstyrelsen ska den enligt 16 § byggnadsstadgan, åtföljas av tekniska och ekonomiska utredningar. De geotekniska undersökningarna bör härvid åtminstone svara mot de undersökningar som i det följande anges för produktionsförberedande områdesplan.

Om markförhållandena varierar inom området, kan de geotekniska undersökningarna kompletteras vid detaljplanläggningen på det sätt som anges i rapport nr 45 "Planekonomiska utredningar – planutformning och ekonomi" från planverket och bostadsstyrelsen.

#### Kommunomfattande markdispositionsplan

De inledande geotekniska undersökningarna har i huvudsak till uppgift att påvisa större sammanhängande områden med speciella geotekniska problem inom hela eller stor del av kommunen som utgångspunkt för fördjupade studier. Sådana "problemområden" kan i detta sammanhang vara områden med risk för jordskred, bergras, stora sättningar, onormal förändring av grundvattennivån, stora lerdjup, mäktig fyllning, mäktiga torvlager, storblockig morän eller kraftigt kuperad terräng.

De geotekniska undersökningarna kan vara mycket begränsade på denna nivå. Vad som främst behövs är geotekniska översikter baserade på geologiska kartor och sammanställning av befintliga geotekniska undersökningar samt flygbildstolkning i kombination med ringa fältkontroll, s k geobildtolkning.

Utredningsresultatet bör redovisas som karta med markeringar av större sammanhängande problemområden (skala 1:50 000-1:100 000) samt principiella jordlagerprofiler som illustration till de markerade problemområdena och beskrivande text.

### Områdesplan som avser markanvändning på längre sikt i tätort

Planen ska vara vägledande för utbyggnad på längre sikt. De geotekniska undersökningarna ska ange förutsättningar för bebyggelse inom olika områden. Områdenas lämplighet för utbyggnad ska kunna jämföras.

De geotekniska undersökningar som behövs är:

- Sammanställning av befintliga geotekniska undersökningar.
- Detaljerad geobildtolkning och gles fältundersökning. Inom större lösmarkspartier bör dock gles kvalificerad fältundersökning utföras.

- Geoteknisk kartering och översiktliga utredningar. Karteringen bör omfatta jordens geotekniska egenskaper, topografi, sprickzoner i berg, grundvattenförhållanden samt befintlig bebyggelse känslig för förändringar i grundvattennivån. Exempel på förhållanden som översiktligt behöver utredas är sättningar, bärlighet, schaktbarhet, skredrisker och grundvattenförhållanden. Inom områden med risk för skred skall dock möjligheterna för bebyggelse särskilt utredas redan i detta skede.

Utredningsresultatet bör förutom beskrivande text redovisas som karta som grovt visar berg och jordarter med olika geotekniska egenskaper (normalt skala 1:10 000) samt kartor över topografi, grundvattenförhållanden, områden med risk för skred samt befintlig bebyggelse som är känslig för förändring i grundvattennivån.

### Produktionsförberedande områdesplan för exploatering

Planen ska ligga till grund för detaljplanering. De geotekniska undersökningarna ska ange förutsättningar för bebyggelse av olika slag i olika delar av området samt för väg- och ledningsbyggnad. Undersökningarna ska ge besked om var jordlager uppträder som är känsliga respektive mindre känsliga för förändringar i grundvattenförhållandena. Vidare ska stabilitetskontroller göras för delar av området där totalstabiliteten kan befaras bli otillfredsstillande

Planeringsnivå	Geotekniska undersökningar	Redovisning
Kommunomfattande markdispositionsplan	Sammanställning av befintliga geotekniska undersökningar. Studium av geologiska kartor. Översiktlig geobildtolkning.	Större sammanhängande problemområden (skala 1:50 000-1:100 000). Principiella jordlagerprofiler.
Områdesplan som avser markanvändning på längre sikt i tätort.	Detaljerad geobildtolkning. Gles fältundersökning.	Översiktlig geoteknisk karta (skala 1:10 000). Grundvattenförhållanden och topografi. Karakteristiska lagerföljder. Skredrisker.
Produktionsförberedande områdesplan för exploatering.	Geoteknisk kartering. Geoteknisk fältundersökning. Provtagning. Grundvattenobservationer.	Geoteknisk karta (skala 1:1 000). Geohydrologisk karta. Sättningsdiagram. Stabilitetsförhållanden.

De geotekniska undersökningar som behövs är:

- Sammanställning av befintliga geotekniska undersökningar. Denna görs mer detaljerad än i tidigare skedan. Även inom nyexploateringsområden kan det finnas äldre geotekniska undersökningar för vägar, kraftledning- ar, järnväg etc.

- Geoteknisk kartering av jordar med olika geotekniska egenskaper. Indelningen kan variera. En vanlig indelning är berg i dagen, friktionsjord, kohesionsjord, organisk jord och fyllning. Karteringen kan ske genom flygbildtolkning (i den mån en mer detaljerad flygbildtolkning kan ge värdefull information och resultaten från tidigare skeden inte är tillfyllest) och borrhningar enligt nedan.

- Inom områden med lösa jordlager exempelvis lera, silt, gytta, dy och torv bör sonderingar utföras för bestämning av jordlagrens mäktighet, utbredning och egenskaper (normalt med en täthet av 1-5 borrhål per ha). Sonderingarna kompletteras med tagning av oströda och ströda prover. Borrprogrammet skall anpassas efter de geologiska förutsättningarna.

- Inom områden med fasta jordlager exempelvis morän utförs som regel endast stickprovvisa undersökningar omfattande provtagningar och bestämning av bergnivå för delområden

- Observation av grundvattennivån.

- Bedömning av berggrundens tekniska egenskaper, särskilt kross- och sprickzoner.

Undersökningsresultatet bör redovisas som karta i skala 1:1 000 som visar berg och jordarter med olika geotekniska egenskaper samt lösa jordlagers mäktighet. Vidare bör redovisas topografisk karta, geohydrologisk karta (grundvattenströmning, infiltrations- och avrinningsområden), sektionsriktningar, sättningsdiagram, stabilitetsförhållanden samt beskrivande och rådgivande text. Undersökningsresultatet kan med fördel bearbetas ytterligare och redovisas som en karta där markens lämplighet för bebyggelse graderas.

### Sammanfattning

Av sammanställningen ovan framgår i grova drag vilka geotekniska undersökningar som erfordras på olika nivåer i bebyggelseplaneringen samt hur undersökningar bör redovisas.

*Förfrågningar med anledning av denna skrivelse besvaras av Bengt Johansson och Sven-Erik Rehnman Statens planverk, tel 08/54 09 40, samt Leif Viberg Statens geotekniska institut, tel 012/11 51 00*



ARBETSGÅNG VID GEOTEKNISK  
TERRÄNGKLASSIFICERING

Det geotekniska terrängklassificeringsarbetet kan delas upp i två huvudmoment:

1. Etablering av referensklasser
2. Klassificering av okänd terräng

Den följande beskrivningen gäller terrängklassificering av lermark. Avsnittet 1a angående bearbetning av befintliga geotekniska undersökningar har delats upp på dels bearbetning med hjälp av datorteknik 1a' och dels manuell bearbetning 1a". Den datoriserade bearbetningen ger helt andra möjligheter än den manuella och rekommenderas därför. Den manuella bearbetningen har inte testats i projektet och kan därför endast beskrivas i grova drag. För övriga arbetsmoment bedöms rekommendationerna kunna gälla för både datoriserad och manuell behandling.

1. Etablering av referensklasser

a' Bearbetning av geotekniska undersökningshandlingar  
- datorteknik

a'a. Geotekniska handlingar insamlas.

Om ett gemensamt arkiv saknas måste man begära in handlingarna från olika håll.

a'b. Registrering av handlingarna. Ett register för varje karta - ekonomiska kartserien eller annat kartunderlag.

a'c. Kodning av s k kvalificerade borrhål: provtagningar, vingsonderingar, grundvatten- och portrycksmätningar etc.

a'd. Utvärdering av lerdjup.

a'e. Inmatning av borrhålsdata, inkl lerdjup, i dator via digitaliseringsbord.

a'f. Inmatning av geotekniska egenskaper i dator via digitaliseringsbord.

a'g. Plottning av borrhålskartor inklusive lerdjup.

a'h. Plottning av geotekniska egenskaper i diagram.

a". Bearbetning av geotekniska undersökningshandlingar - manuell bearbetning

a"a-a"d. Samma som a'a-a'd.

a"e. Kopiering av kvalificerade borrhål och laboratorieresultat.

a"f. Kvalificerade borrhåls lägen ritas in på karta.

a"g. Lerdjup ritas in på karta. Lerdjup och kvalificerade borrhål bör ritas både på samma kartor och på separata kartor.

a"h. Manuell uppritning av geotekniska egenskaper i sammanställningsdiagram är mycket tidskrävande och är troligen inte praktiskt möjligt. En möjlighet är att rita de separata egenskapsdiagrammen i samma skala på genomskinlig plastfilm, t ex overhead-film, som sedan kan läggas över varandra och bilda sammanställningsdiagram. Separata egenskapsdiagram är nödvändiga eftersom referensklasserna bildas genom sökning och flera försök krävs.

b. Uppdelning av den "kända terrängen" i referensklasser

ba. Områden med likartade geotekniska egenskaper avgränsas. Hur stor spridningen får vara inom en klass kan inte anges. Det bestäms av de verkliga förhållandena. I vissa fall kan spridningen vara mycket liten inom stora ytor, medan stora variationer kan förekomma inom små områden i andra fall.

I lermark är vanligen konsolideringstillstånd och mäktighet de mest styrande egenskaperna vid klassindelningen.

- c. Beskrivning av referensklasserna
- ca. Beskrivning av geologiskt bildningssätt, topografi, geohydrologi, vegetation och markanvändning för respektive terrängklass.
- cb. Beräkningar av sättningar, tidsförlopp och bärighet samt bedömningar beträffande grundläggning, uppfyllningar, schaktning etc för varje referensklass.
- cc. Upprättande av "planeringsråd" för varje referensklass.

## 2. Klassificering av okänd terräng

- a. Inventering av befintliga material
- aa. Genomgång av geologiska kartor och beskrivningar
- ab. Beställning av flygbilder
- ac. Analys av aktuella referensklasser
- b. Flygbildstolkning och fältkontroll - identifiering
- ba. Enhetsnivå  
Stereobetraktning av flygbilderna, varvid partier med likartad geologi, topografi, geohydrologi avgränsas.
- Mönsternivå  
Avgränsning av terrängmönster med hjälp av flygbildstolkning och geologiska kartor.
- bb. Sticksprovsvis fältkontroll av gränser och ytor.

### Enhetsnivå

Inom alla större lerområden görs kontroll av mäktighet och egenskaper. Sticksondering, vingsondering och kolvborrning med lätt fältutrustning utförs.

Mönsternivå

Stickprovskontrollen görs glesare än för enhetsnivån.

c. Jämförelse med referensklasser - klassificeringEnhetsnivå

De okända delområdenas stickprovade egenskaper jämförs med referensklasserna. När ett delområde överensstämmer med en referensklass är klassificeringen utförd - den okända terrängdelen kommer i samma klass som referensklassen och får därigenom samma geotekniska egenskaper och planeringsråd som referensklassen.

Mönsternivå

Varje stickprovskontrollerat delområde jämförs med referensklasserna, och klassificering sker på samma sätt som på enhetsnivån. Eftersom mönster normalt innehåller flera terrängenheter och täcker stora ytor måste uppgifterna från referensklassen generaliseras.

d. RedovisningEnhetsnivå

Undersökningsområdet delas in i geotekniska terrängenheter. Varje terrängklass redovisas med tredimensionell bild och planeringsråd.

Mönsternivå

Undersökningsområdet delas in i geotekniska terrängmönster. Varje terrängmönster redovisas med en sektion som visar mönstrets uppbyggnad samt planeringsråd.

BILAGA 5 - 7

GEOTEKNISKA TERRÄNGKLASSER PÅ ENHETSNIVÅ

BILAGA 5

FÖRKLARING AV SÄTTNINGSDIAGRAM

BILAGA 6

PLANERINGSRÅD OCH REFERENSKLASSDATA NORRKÖPING

BILAGA 6 a

PLANERINGSRÅD

BILAGA 6 b

REFERENSKLASSDATA (Terrängklass MLNLe)

BILAGA 6 c

REFERENSKLASSDATA (Terrängklass MLÖ(N)Le)

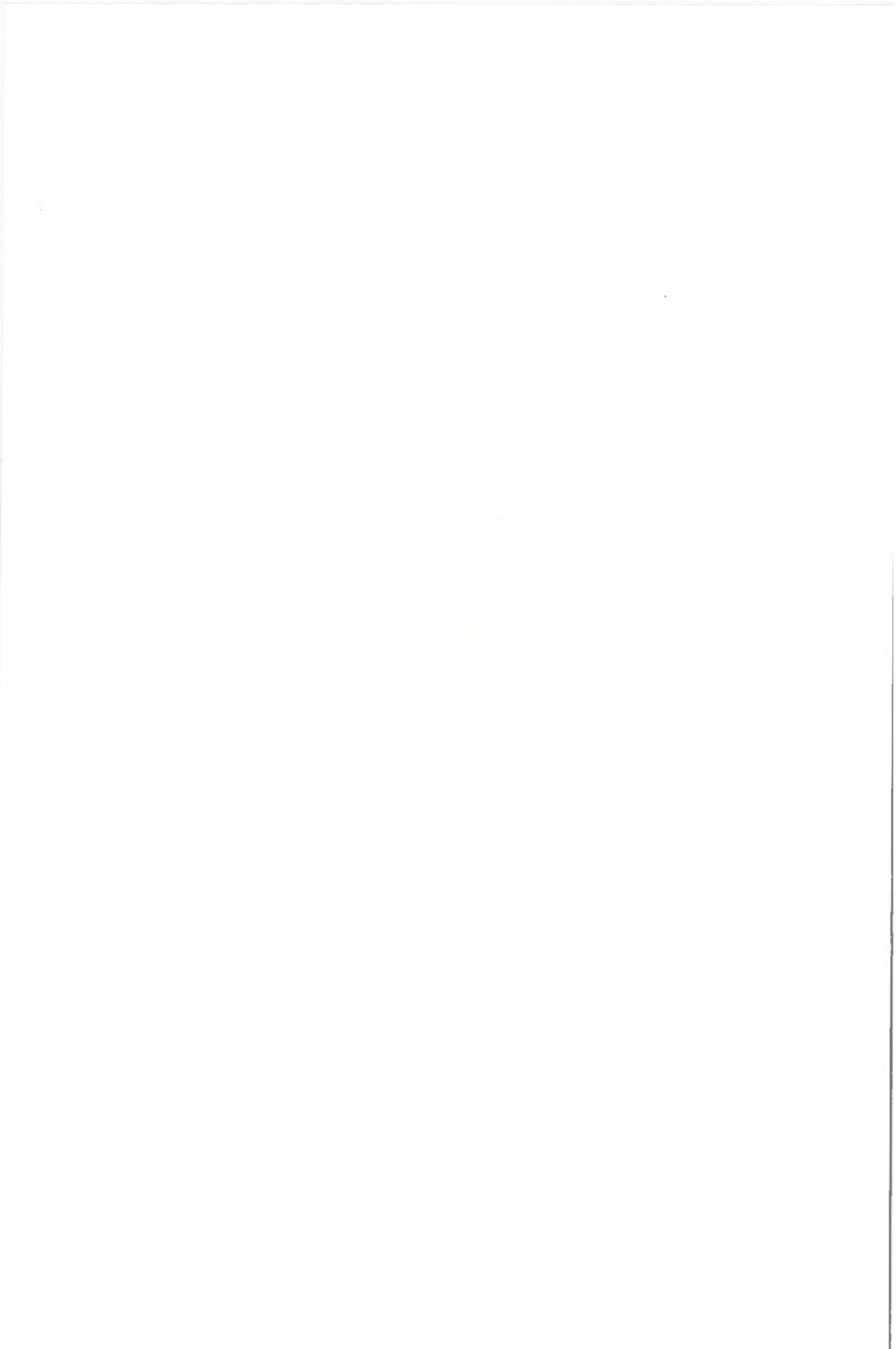
BILAGA 6 d

REFERENSKLASSDATA (Terrängklass GFÖLe)

BILAGA 7

PLANERINGSRÅD OCH REFERENSKLASSDATA

LINKÖPING - NORSHOLM



## FÖRKLARING AV SÄTTNINGSDIAGRAM

(se FIG 2b och BIL 7-8)

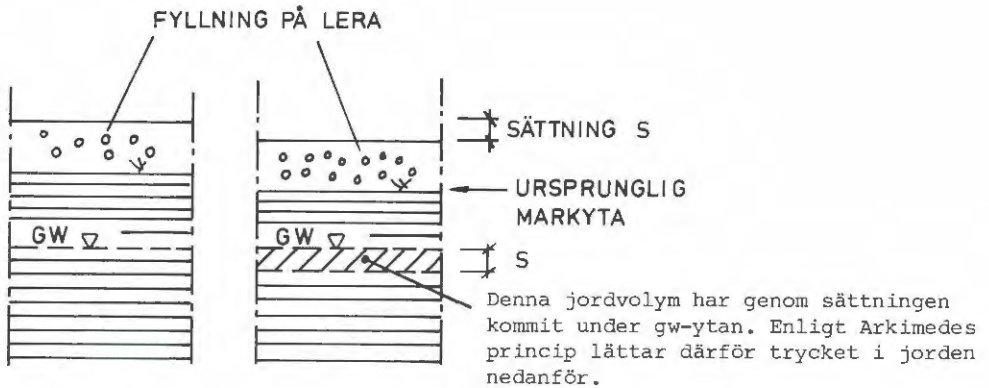
Sättningarna har beräknats för olika lerdjup. På varje blad redovisas sättningarna för ett bestämt lerdjup, t ex 10 m. För varje terrängklass har beräkningsvärdena  $\rho$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\sigma'_0$  och  $\sigma'_c$  baserats på sammanställningar av befintliga undersökningar. De streckade områdena i diagrammen återspeglar spridningen i förkonsolideringstrycket  $\sigma'_c$ . De sex olika kurvorna i högerkolumnen visar sättningarnas beroende av belastningssättet samt belastningens utbredning och storlek.

Två typer av belastningssätt visas. Det ena innebär att markytan sjunker och genom att alltmer jord kommer under grundvattennivån minskar trycket successivt i jorden enligt Arkimedes princip, FIG A.

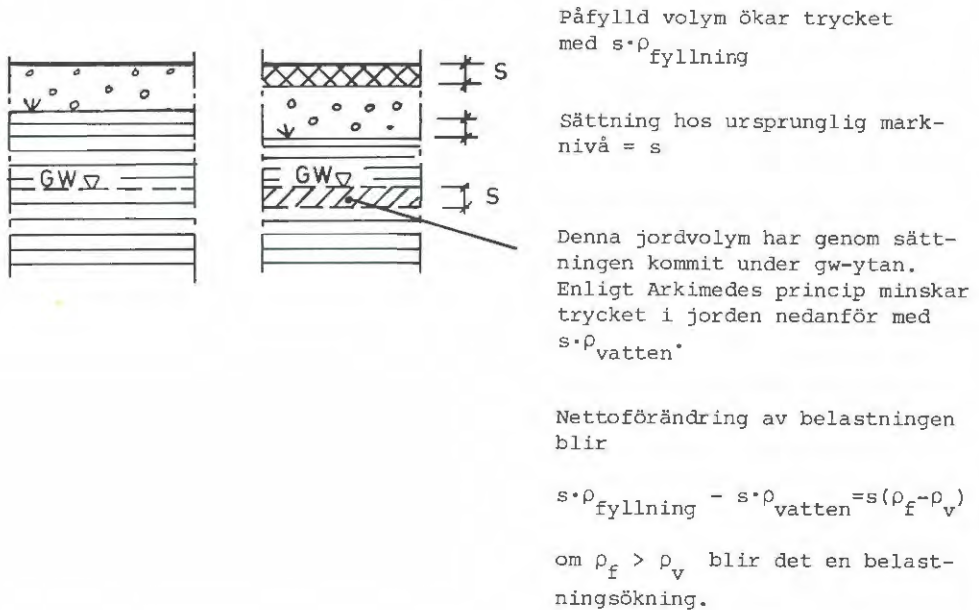
Det andra belastningssättet innebär, att marknivån hålls på samma nivå genom successiv uppfyllning, t ex gator och vägar. I detta fall uppstår med sättningen både tryckminskning enligt Arkimedes princip - som i förra fallet - och en tryckökning genom påfyllningen. När fyllningen består av grus blir nettoeffekten en ökning av trycket, FIG B.

Eftersom trycket i jorden förändras under sättningens gång har den ursprungliga lastens storlek avsatts på de horisontella axlarna. De mot de ursprungliga lasterna svarande bankhöjder (grus) och antal våningar har avsatts rakt under dessa.

Lastbredden inverkar genom att lasten sprider ut sig på successivt större ytor mot djupet. Tryckökningen av smala laster blir därför på stora djup mycket liten. Utbredda laster däremot innebär att tryckökningen blir stor även på större djup. Djupt liggande lerlager komprimeras därför i högre grad vid utbredda laster än vid smala laster.



FIGUR A. Belastningsförändring vid sjunkande marknivå.



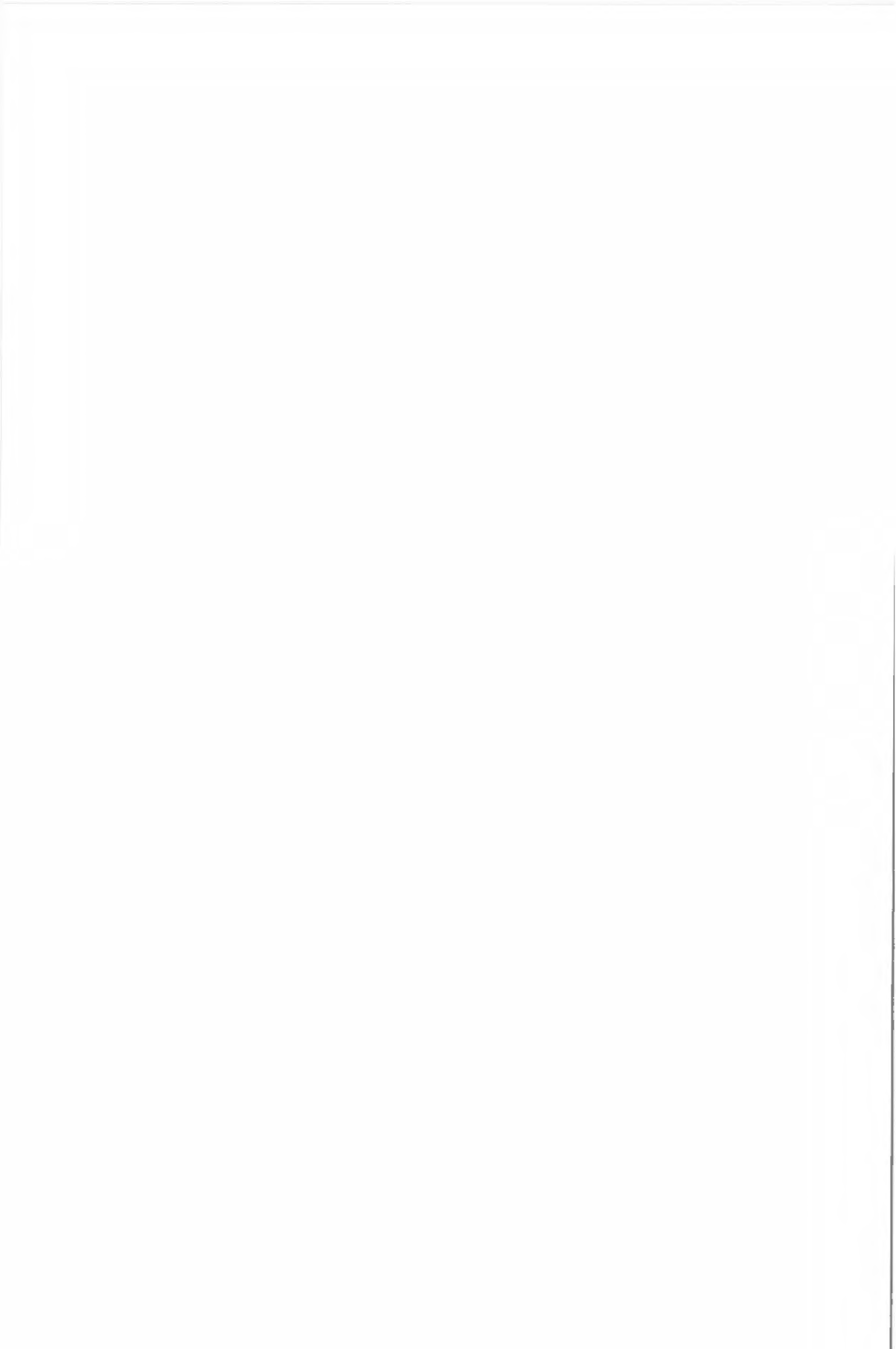
FIGUR B. Belastningsförändring vid bibehållen markyta.



De redovisade sättningarna är s k slutsättningar, som uppnås efter lång tid. För att visa hur sättningarna utvecklas med tiden har sättningarnas tidsförlopp redovisats i två diagram.

Det översta diagrammet visar hur stor del (i %) av slutsättningarna som uppnåtts efter viss tid. Med hjälp av detta diagram och slutsättningsdiagrammen kan det absoluta värdet av sättningen för en viss belastning beräknas som funktion av tiden, se undre diagrammet.

Tidsförloppets starka beroende av lerdjup framgår tydligt vid jämförelse mellan olika lerdjup.

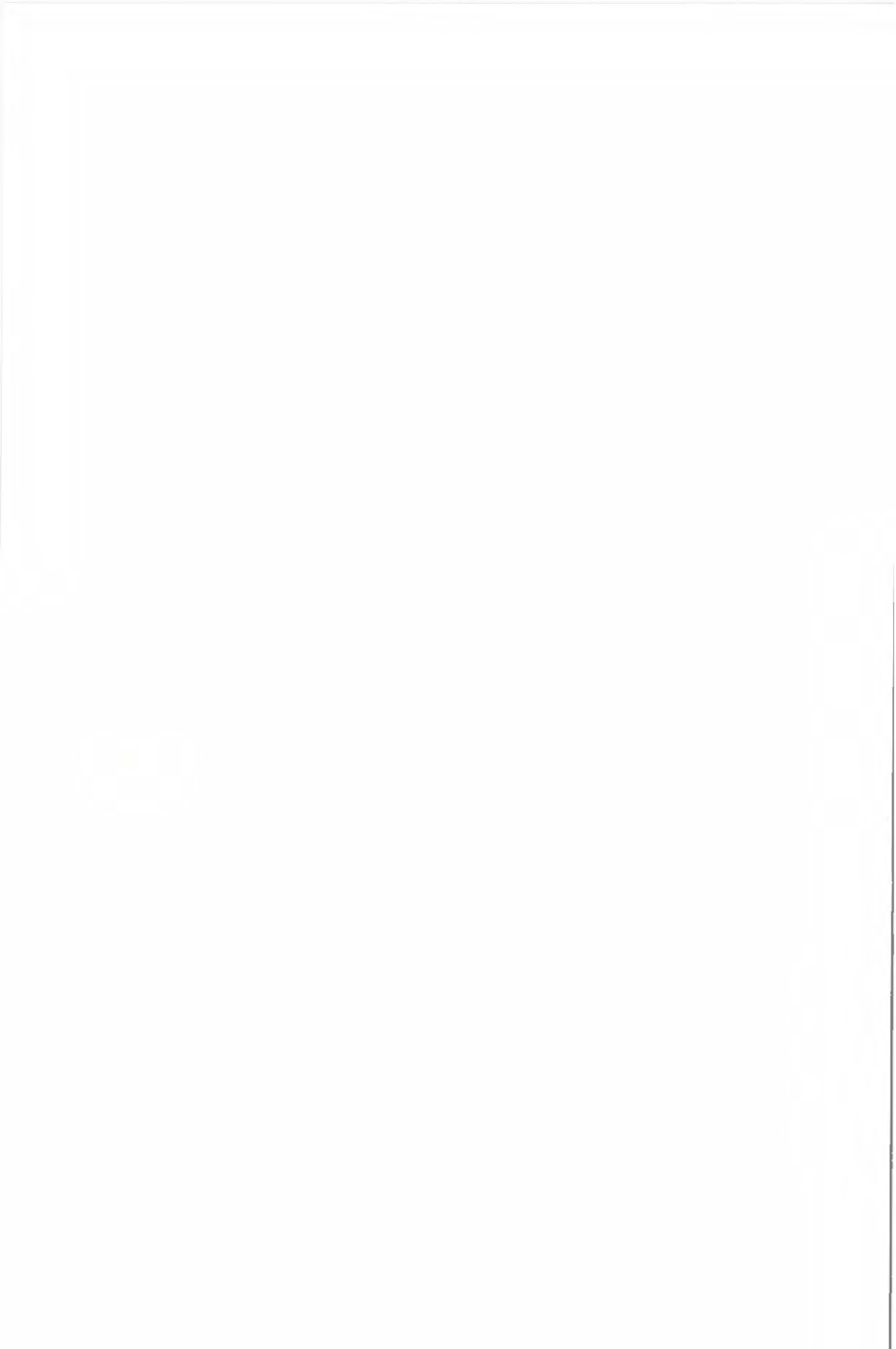


BILAGA 6

PLANERINGSRÅD OCH REFERENSKLASSDATA NORRKÖPING

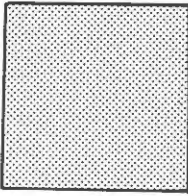
BILAGA 6 a

PLANERINGSRÅD - geotekniska terrängenheter,  
FIG 13 i avsnitt 6.2.2.

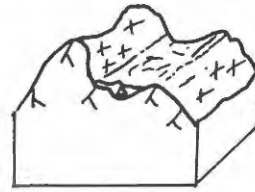


BERG

KARTBETECKNING



LAGERFÖLJD



BESKRIVNING

Dominerande bergart är gnejs. Lokal förekomst av granit. Kalt berg och berg täckt med tunt (<0,5 m) jordlager.

PLANERINGSRÅD

#### Grundläggning

Normalt inga grundläggningsproblem för de flesta typer av byggnader. Vid mycket stora laster krävs speciella undersökningar av bergets beskaffenhet.

#### Uppfyllning och grundvattensänkning

Ingen begränsning av uppfyllningshöjder. Grundvattensänkning i bergområden kan påverka områden på långa avstånd genom grundvattnets transport i sprickor.

#### Schaktning

Sprängning erfordras. Sprängningsvolymen bör minimeras. Sprängning ger vibrationer som kan påverka befintlig bebyggelse.

#### Markenergi

Berget kan eventuellt utnyttjas som energilager och -källa. Exempelvis borrhålslager, grundvattenvärme och lagring i bergrum.

#### Markradon

Vissa bergarter radonförande.

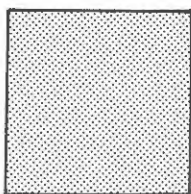
Geotekniska frågor att utreda

Bergytans varierande lutningar förorsakar kostsamma schakt- och fyllningsarbeten och bör karteras noggrant för terränganpassning av byggnader och anläggningar. Vid djupa schakter, tunnlar och bergrum måste förutsättningarna för grundvattensänkning kartläggas. Förutsättningar för markenergi utreds vid behov och markradon alltid för bostadsbebyggelse.

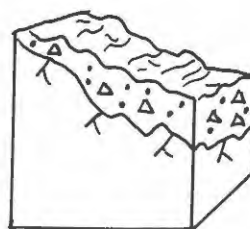
Vid stora belastningar på berg, djupa schakter eller berganläggningar utreds bergets egenskaper, t ex vitt-ring, orientering och lutning hos sprickor, eventuella svaghetszoner.

## MORÄN

## KARTBETECKNING



## LAGERFÖLJD



## BESKRIVNING

Sandig-siltig (sandig-moig) sammansättning med normal blockhalt.

Fast lagrad. Mäktighet normalt 1-3 m. Större moräntäcken på sydsidan av berghällar kan ha 5-10 m mäktighet.

## PLANERINGSRÅD

Grundläggning

Moränens egenskaper medför att all normal bostadsbyggelse (upp till 3-4 våningar) från bärighets- och sättningssynpunkt kan grundläggas utan speciella förstärkningsåtgärder. Höga grundvattenytor fordrar dock åtgärder för källarhus. Källare bör helst undvikas inom sådana områden.

Uppfyllning och grundvattensänkning

Inga restriktioner för uppfyllning. Lokal grundvattensänkning i moränmark vållar inga geotekniska problem. Vegetationen påverkas dock. Om grundvattensänkningen sprider sig till lerområden kan stora konsekvenser fås, se lera.

Schaktning och fyllning

Moränens ringa djup medför risk för bergsprängning vid grundläggning och ledningsschakter. Vid schaktning under grundvatten blir moränen lätt flytande. Antalet

djupa schakter bör av nämnda skäl minimeras. Blockhalten i markytan är normal, på djupet är den okänd. Moränen kan användas som fyllning i t ex uppfyllningar och vägbankar, dock ej under byggnader pga tjälbenägenhet.

#### Dränering

Moränen har i allmänhet hög kapillärsugande förmåga och dränering av byggnader är därför nödvändig. Markfuktproblemen bör uppmärksammas.

#### Markenergi

Moränen är inte lämplig för markenergi.

#### Markradon

Moränen har genom sin relativt grovkorniga karaktär förutsättningar att avge markradon.

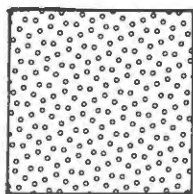
#### Geotekniska frågor att utreda

Moränens mäktighet - bergytans nivå - grundvattennivån, blockhalt och markradonavgången är de viktigaste frågorna att utreda i detaljplaneringen.

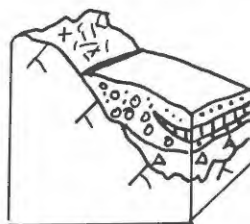
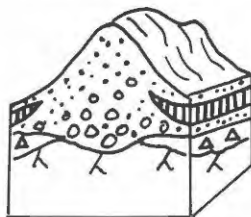


## GRUS OCH SAND

## KARTBETECKNING



## LAGERFÖLJD



## BESKRIVNING

Omväxlande lager av sand och grus. Kilar av lera förekommer i gränzonen mot lerområden.

## PLANERINGSRÅD

Grundläggning

Normalt inga restriktioner för grundläggning. Grundläggning under grundvattenytan svårt. Grundvatten dock normalt på stort djup. Risk för lerkilar i gruset i gränzoner mot lerområden, som kan medföra snedsättningar - i lutande terräng kan skredrisk uppstå.

Uppfyllning och grundvattensänkning

Se morän.

### Schaktning\_och\_fyllning

Normalt inga problem. I gränzonen mot berg finns risk för bergsprängning vid schaktning. Länshållning under grundvattenytan svårt pga starkt vattenflöde.

Gruset är en materialresurs.

### Markenergi

Eventuellt finns förutsättningar för grundvattenvärme.

### Markradon

Om mineralsammansättningen i gruset är olämplig finns stor risk för höga markradonflöden.

### Geotekniska\_frågor\_att\_utreda

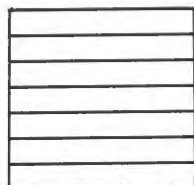
Utredningsfrågorna beror på markanvändningen. Vid byggnation krävs information om bergytans nivå i gränzonen mot berg och grundvattenytans nivå samt måste risken för höga markradonflöden bestämmas.

Vid markenergianvändning måste grundvattenivåns variationer och grundvattenströmmens riktning bestämmas.

Om gruset skall användas som materialresurs krävs undersökningar av kvantitet (mäktighet och utbredning) och kvalitet.

MÄKTIG LÖS ÖVERKONSOLIDERAD LERA  
MED INSLAG AV NORMALKONSOLIDERAD LERA, (MLÖ(N)Le)

KARTBETECKNING



LAGERFÖLJD

2-3 m  
5-15 m  
> 5 m



## PLANERINGSRÅD

Grundläggning av byggnader

Där leran är överkonsoliderad blir sättningarna relativt små för begränsade lasttyper typ radhus, enstaka byggnader och vägbankar, se undre gränsen i sättningsdiagrammen. Denna effekt kan utnyttjas för grundläggning utan förstärkningsåtgärder av låga byggnader och vägbankar. För att man skall kunna göra detta krävs detaljerad kartering av lerans sättningsegenskaper. Kostnaderna för en sådan utredning skall jämföras med kostnaderna för de grundförstärkningsåtgärder som annars skulle bli följden.

Där leran är normalkonsoliderad ger även små laster sättningar och någon form av förstärkningsåtgärd torde behövas för all typ av bebyggelse. Sättningsstålga objekt, typ styva, lätta eller flexibla konstruktioner eller låga vägbankar, torde kunna grundläggas utan åtgärder om lerdjupet är jämnt.

### Utfyllning och grundvattensänkning

Även små uppfyllningar och grundvattensänkningar medför sättningar, se sättningsdiagram, Utbredd last. Överkonsolideringseffekten i lerans övre del minskar dock sättningarnas storlek, se undre sättningskurvan för Utbredd last.

Vid homogena lerdjup kan sättningståliga anläggningar typ parker, lekplatser, bollplaner och parkeringsplatser uppföras på utfylld mark - fyllningshöjden bestäms med hänsyn till sättningarna. Sättningarna uppstår långsamt och pågår under mycket lång tid. Därför är det viktigt att även uppmärksamma de driftsekonomiska konsekvenserna av sättningar. Reduktion av sättningarna t ex genom nivåanpassning eller användning av lätt fyllning skall ställas mot framtida reparationsunderhåll. Om lerdjupet är relativt konstant sätter sig marken någorlunda jämnt och sättningståliga anläggningar, typ parker, lekplatser, bollplaner och parkeringsplatser kan anläggas på uppfylld mark.

### Bäriighet

Marken kan bära relativt stora laster - motsvarande 2,0 ± 1,0 m grusfyllning med 50% säkerhetsmarginal (säkerhetsfaktorn  $F_c = 1,5$ ). Laster av den storleksordningen ger emellertid stora sättningar där leran är normalkonsoliderad och markens maximalt tillåtna bärförmåga kan endast utnyttjas där sådana sättningar inte vållar skada. Vid överkonsoliderad lera blir sättningarna mindre.

### Schakt och fyllning

Lerjorden är lättschaktad med normala schaktmaskiner. Det översta lagret av lerjorden, torrskorpeleran, kan eventuellt användas som fyllning i t ex vägbankar. För andra fyllningsändamål är leran otjänlig.

### Stabilitet

Schaktslänters stabilitet måste uppmärksammas. Vid djupare schakter kan speciella förstärkningsåtgärder bli nödvändiga.

Vid markanvändning i närheten av strandslänter som innebär belastningsökning eller vibrationer i jorden är det nödvändigt att uppmärksamma risken för skred.

### Dränering

Det översta lerlagret är sprickrikt och har en viss dränerande förmåga, speciellt efter torrperioder. Det är viktigt att leran inte utdräneras med grundvattensänkning och skadliga sättningar som följd. Lerans eget spricksystem bör utnyttjas så långt som möjligt för infiltration av dagvatten. Husgrunder och andra fuktkänsliga konstruktioner förses med dränering. I ledningsschakter krävs dämningar för att förhindra grundvattenströmning längs ledningsgravar. Punktering av grundvattendämmande trösklar kan ge stora konsekvenser i form av grundvattensänkning och sättningar över stora ytor. Vid tröskelpassager krävs därför noggranna tätningensarbeten.

### Markenergi

Terrängklassen är väl lämpad för såväl ytjordvärme som djupjordvärme.

### Markradon

Risken för markradon är normalt liten p g a liten luftgenomsläpplighet. För befintliga eller planerade utfyllningar som skall bebyggas bör radonrisken särskilt beaktas.

Geotekniska frågor att utreda

Den viktigaste geotekniska frågan är sättningsproblematiken. Sättningsberäkningar är nödvändiga för att bestämma vid vilka laster grundförstärkning krävs. Denna lastgräns innebär också en ekonomisk gräns. Kostnaderna för grundläggning ökar sprängartat vid övergången till grundförstärkningsåtgärder typ pålning. Vid detaljplanering bör därför sättningsberäkningar göras så att grundläggnings-sätt för aktuella byggnadstyper och uppfyllningar kan bestämmas. För detta erfordras geoteknisk undersökning inom de aktuella planeringsområdena.

Grundvattenproblematiken hänger intimt samman med sättningsfrågan och därför bör t ex nivåer och strömningsriktningar för grundvatten, infiltrationsområden, ev grundvattenbassänger samt möjligheten till lokalt omhändertagande av dagvattnet, LOD, utredas.

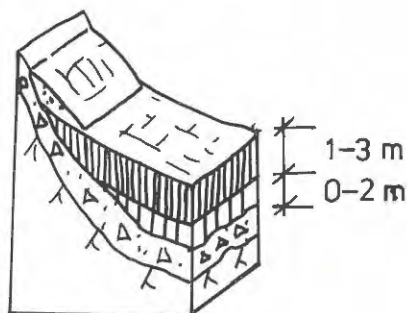
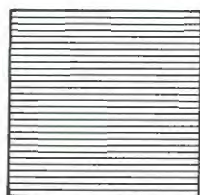
För bedömning och dimensionering av markenergianläggningar krävs information om lerdjup, vattenhalter och termiska egenskaper.

Markradonrisken bedöms genom mätning momentant eller under en längre period. Eftersom radonhalten varierar med väderlek och årstid är längre mätperiod att föredra. Sommar och höst är lämpligaste tidpunkt. Vid snötäckt, tjälad eller helt vattenmättad mark avråds från markradonmätningar.

## GRUND FAST ÖVERKONSOLIDERAD LERA (GFÖLe)

KARTBETECKNING

LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Grundläggning byggnader

Låga byggnader - upp till 2-3 våningshöjd bostadshus kan grundläggas utan särskilda förstärkningsåtgärder. Detsamma gäller också för tyngre byggnader som tål små sättningar. För tunga sättningSkänsliga byggnadsverk kan krävas någon form av förstärkning, t ex plintar eller förbelastning, som får ligga i storleksordningen  $\frac{1}{2}$  år.

Vid växlande lerdjup bör risken för skadliga snedsättningar uppmärksammas. Exempelvis kan det krävas grundförstärkning för höga byggnader eller låga byggnader/ledningar i kombination med uppfyllning som övertvärar partier med olika lerdjup. Utnyttjande av partier med homogena lerdjup kan minska eller eliminera behovet av grundförstärkningar.

Uppfyllning och grundvattensänkning

Marken tål stora uppfyllningar (ca 4 m grusfyllning) med måttliga sättningar som följd.

Grundvattensänkningar medför relativt små sättningar, som utbildas snabbt. Utdränning av grundvattenbassänger skall dock undvikas.

### Bärighet

Se "Uppfyllning och grundvattensänkning".

### Schakt och fyllning

Lerjorden är lättschaktad. Inslag av silt i leran gör den lätt flytande och svårschaktad under våta förhållanden. Vattenrik jord är svår att packa. Schaktning under grundvattennivån bör därför undvikas om möjligt. Vidare bör man undvika att använda jorden som fyllning i vägbankar och under byggnader. Schaktvolymen bör sålunda vara så liten som möjligt.

### Dränering

Det översta lerlagret är sprickrikt och har en viss dränerande förmåga, speciellt efter torrperioder. Leran bör i någon mån kunna utnyttjas för infiltration av dagvatten.

Husgrunder och andra fuktkänsliga konstruktioner förses med dränering.

### Markenergi

Terrängklassen är lämpad för ytjordvärme. Se upp med uppgrundande fastmark.

### Markradon

Risken för hög markradonproduktion är normalt liten i lerjord. Inslag av grövre jord och förekomst av sprickor ökar förutsättningarna för produktion av markradon. Markradonrisken bör undersökas.

### Tjälfarlighet

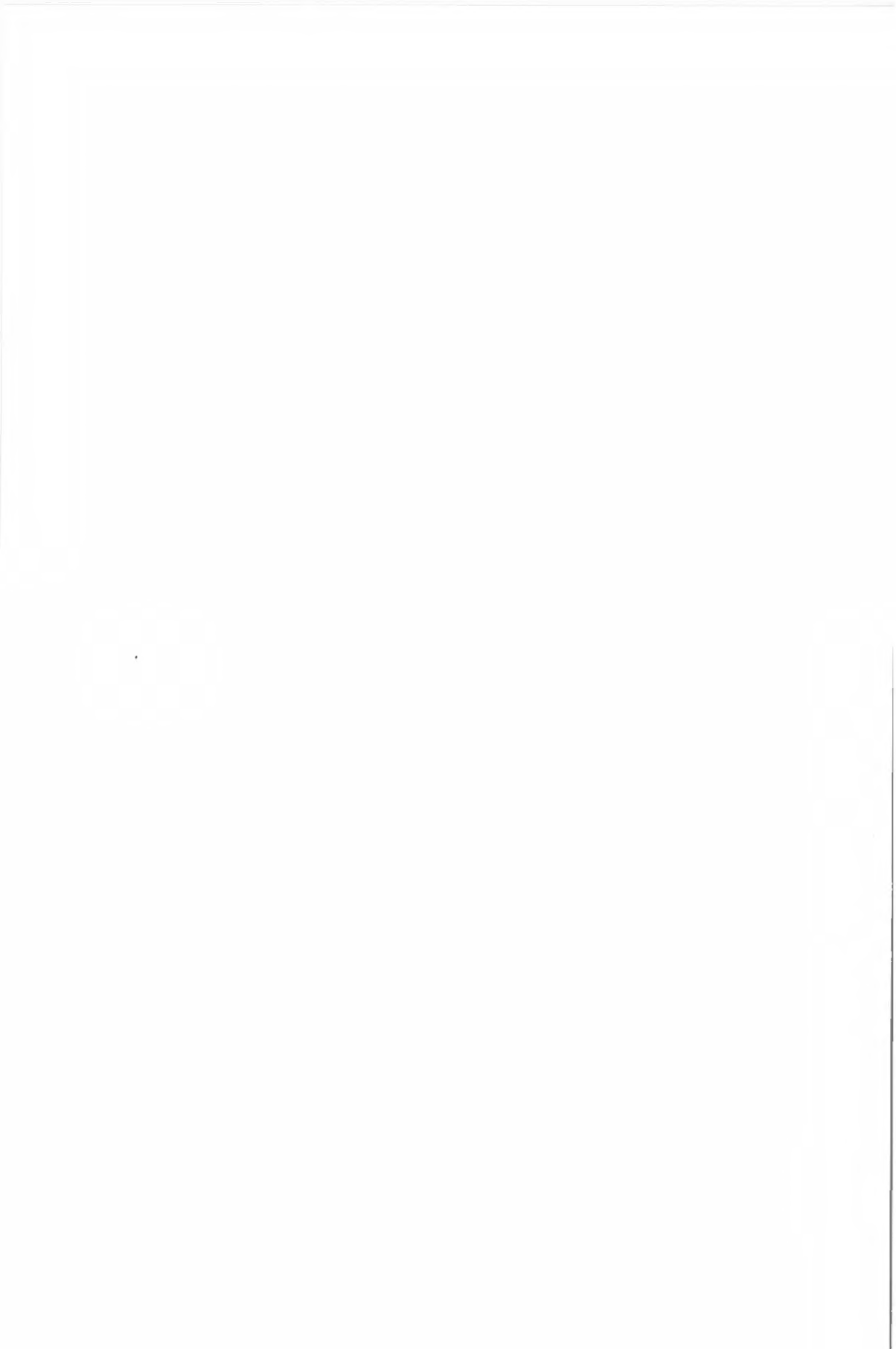
Lerjorden kan vara tjälfarlig p g a högt innehåll av silt.



Geotekniska frågor att utreda

Terrängklassen har relativt goda egenskaper för byg-  
gande. Lerdjupets variation är viktig att kartera.

Placering av byggnader bör göras inom så homogena  
lerdjup som möjligt. Lerdjupet är viktigt även för  
ytjordvärmeslingor som kräver minst ca 1 m lerdjup.



BILAGA 6 b

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS PÅ ENHETSNIVÅ

REFERENSKLASS: Mäktig lös normalkonsoliderad lera  
MLNLe (Norrköping)

Teknisk beskrivning

Egenskaper

Konsekvenser

Sammanställningsdiagram

Beräkningskurvor

Sättningsdiagram



MÄKTIG LÖS NORMALKONSOLIDERAD LERA (MLNL<sub>e</sub>)  
(N Lindövägen, Norrköping)

TEKNISK BESKRIVNING

Egenskaper

Lagerföljd: En 0,5-1,0 m tjock torrskorpelera på lös lera. Den lösa leran består av sulfidlera eller gyttjig lera ned till maximalt 10 m djup. Därunder följer varvig lera som vilar på silt.

Mäktighet: Maximal mäktighet är ca 30 m

Grundvatten- 0,5-1,0 m under markytan  
nivå:

Fasthet:  $\tau = 12 \pm 5$  kPa  
 $\tau$ -värdet reducerat ; reduktionskoefficient =  
= 0,9

Konsolidering: Leran är i huvudsak normalkonsoliderad.  
En svag överkonsolidering finns ställvis  
ned till 8 m djup.

Konsekvenser

Grundläggning: Endast sättningståliga byggnadsverk torde  
kunna grundläggas utan förstärkningsåtgär-  
der eftersom all belastning ger sättningar.

Någorlunda jämna sättningar fås inom partier  
med samma lerdjup, vilket kan utnyttjas för  
utläggning av t ex låga vägbankar. Exempel  
på förstärkningsåtgärder är pålning, kalk-  
pelare, lätt fyllning och förbelastning  
med vertikaldränering.

Underhållsaspekten bör beaktas vid exploa-  
tering p g a att sättningarna pågår under  
mycket lång tid.

Sättningar: All belastning ger sättningar. Inom de större lerdjupen blir sättningarna mycket stora. Sättningarna utbildas dock mycket långsamt - t ex för lerdjupet 25 m har 50% av slutsättningen utbildats på 100 år.

Inom ett parti med homogent lerdjup blir sättningarna någorlunda jämna, något som kan utnyttjas för grundläggning av t ex låga vägbankar som får sjunka med sättningen. Successiva uppfyllningar för att kompensera sättningarna medför ökade sättningar.

Stora sättningsskillnader uppstår för belastningar inom partier med variationer i lerdjupet.

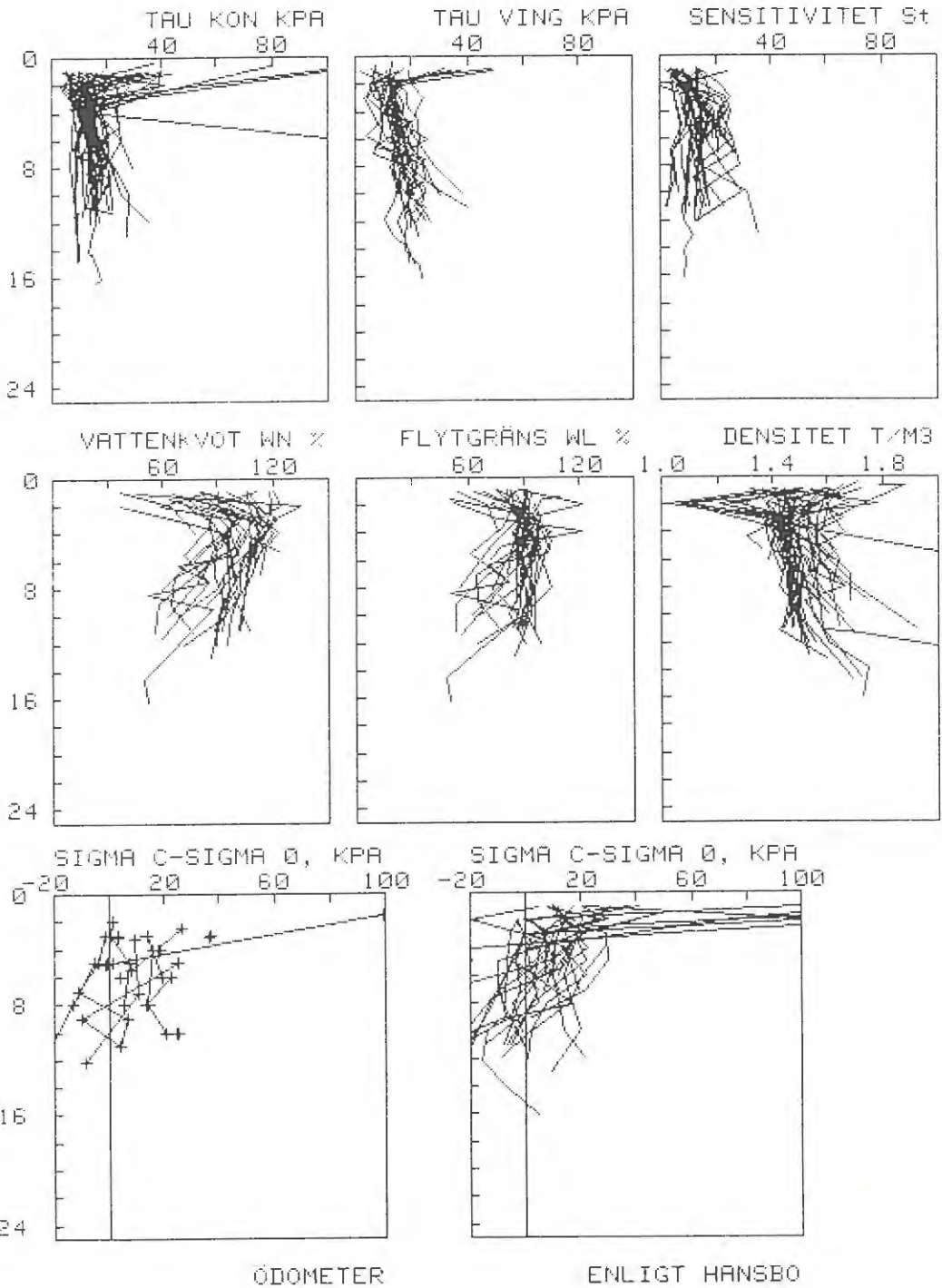
Bärighet: Tillåten last från grundläggningssynpunkt  
 $q = 45 \pm 20$  kPa  
Motsvarar grusfyllningshöjd  $h = 2,5 \pm 1,0$  m

De maximalt tillåtna lasterna ger mycket stora sättningar.

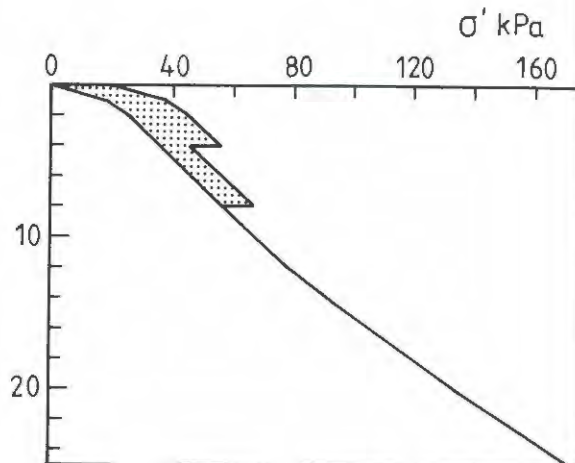
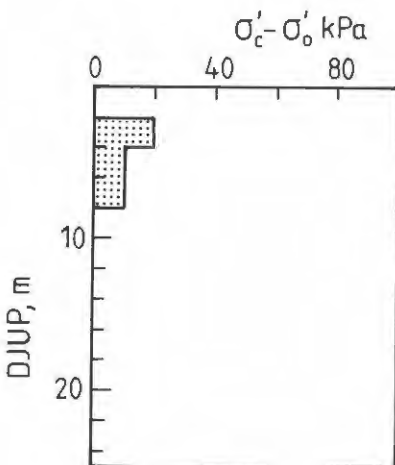
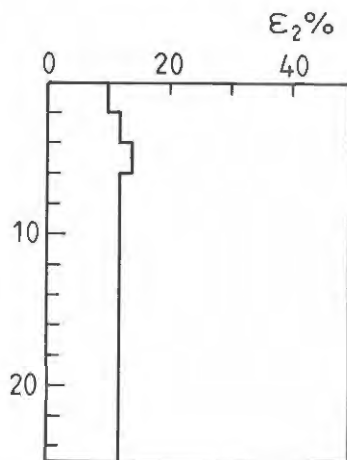
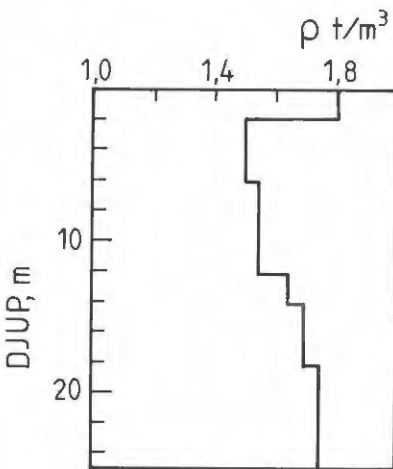
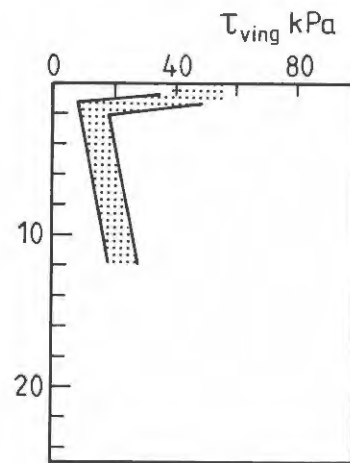
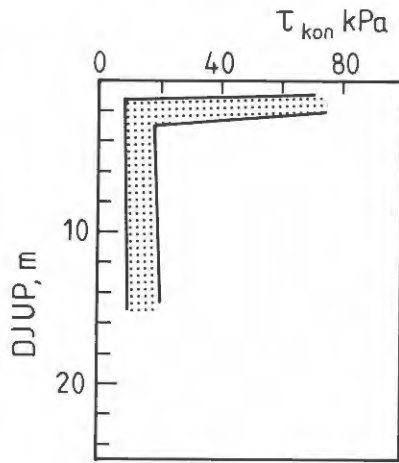
Schaktning: Jorden är lättschaktad. Förstärkningsåtgärder krävs för relativt måttliga schaktdjup.

Markenergi: Jorden lämplig för såväl yt- som djupjordvärme. De stora lerdjupen medför stor lämplighet för djupjordvärme.

Radon: Radonrisken normalt liten.

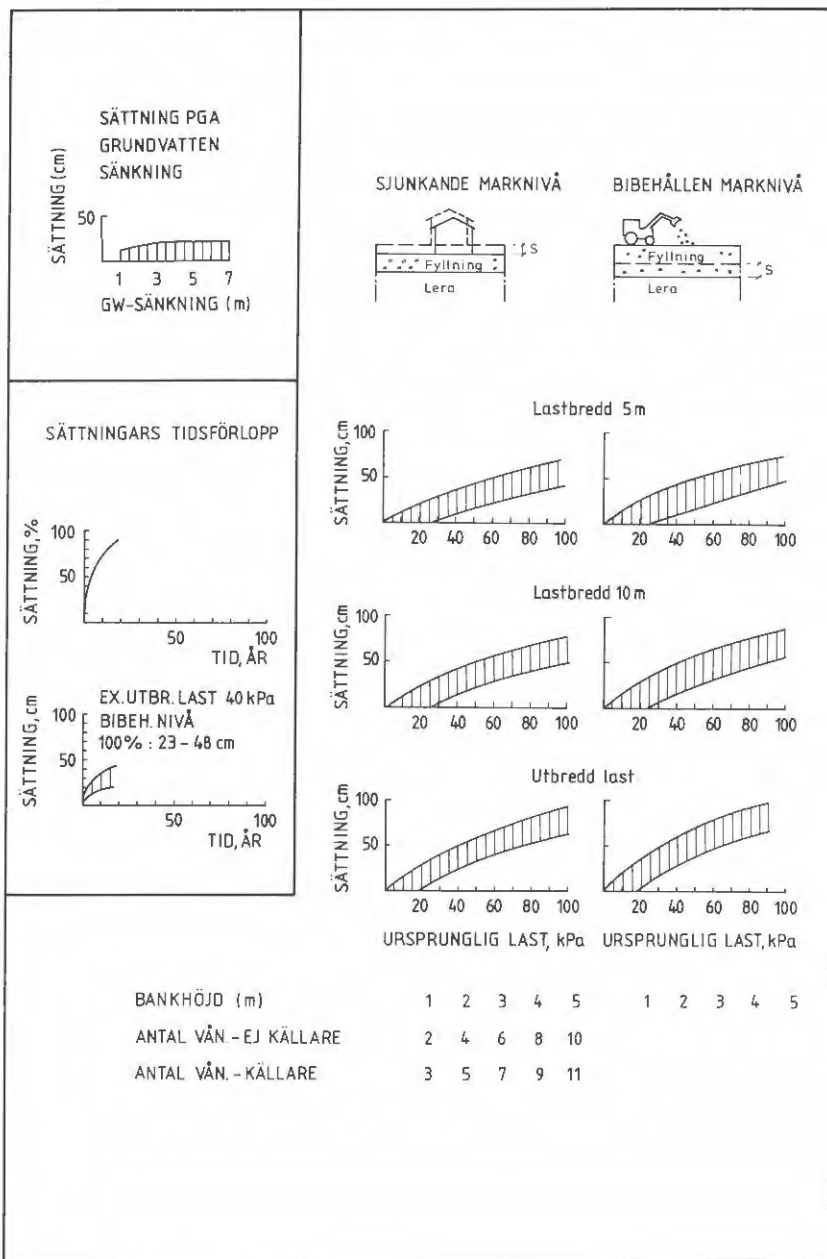


Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper: Mäktig, lös normalkonsoliderad lera, MLNLe (N Lindövägen, Norrköping).



Kurvor för beräkning av bärrighet och sättningar, MLNLe.

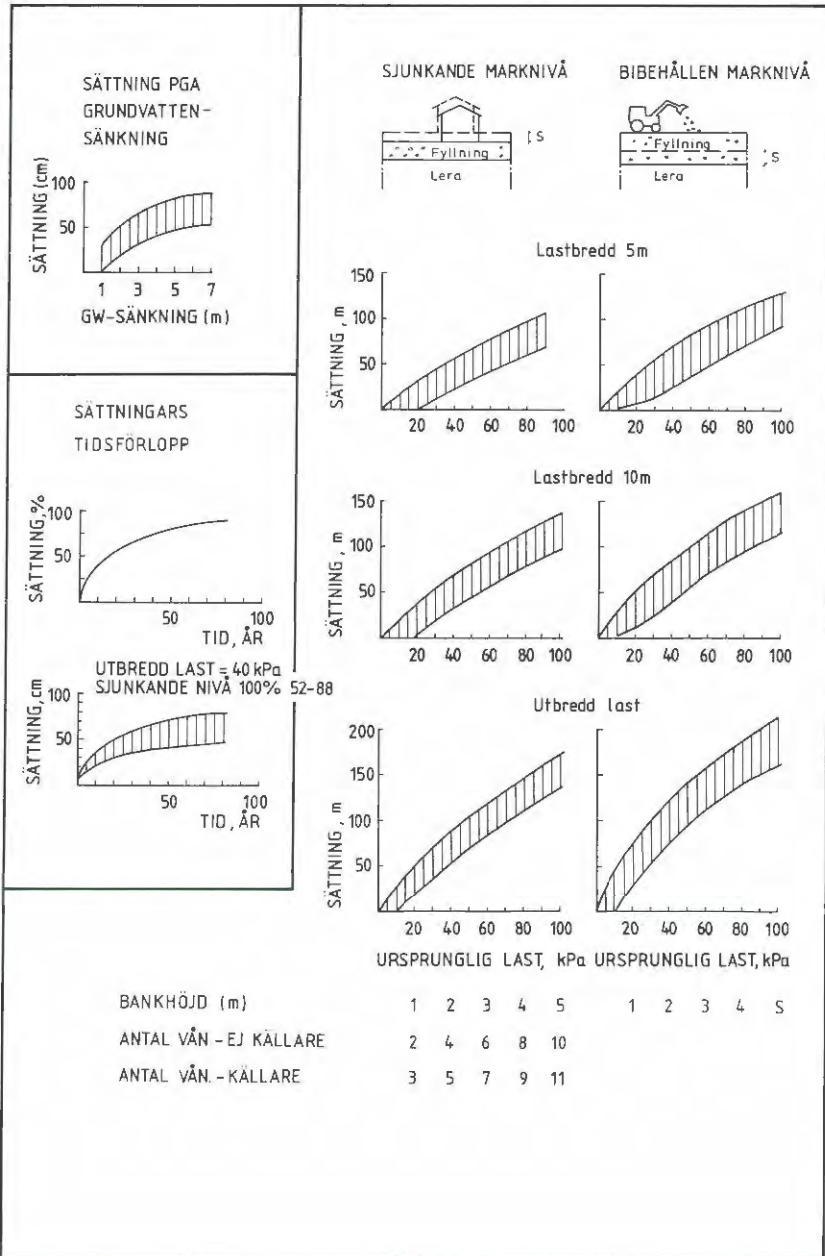




DIAGRAM

Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös normalkonsoliderad lera (MLNLe),  
lerdjup = 5 m (N Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



DIAGRAM

Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös normalkonsoliderad lera (MLNLe),  
lerdjup = 10 m (N Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.

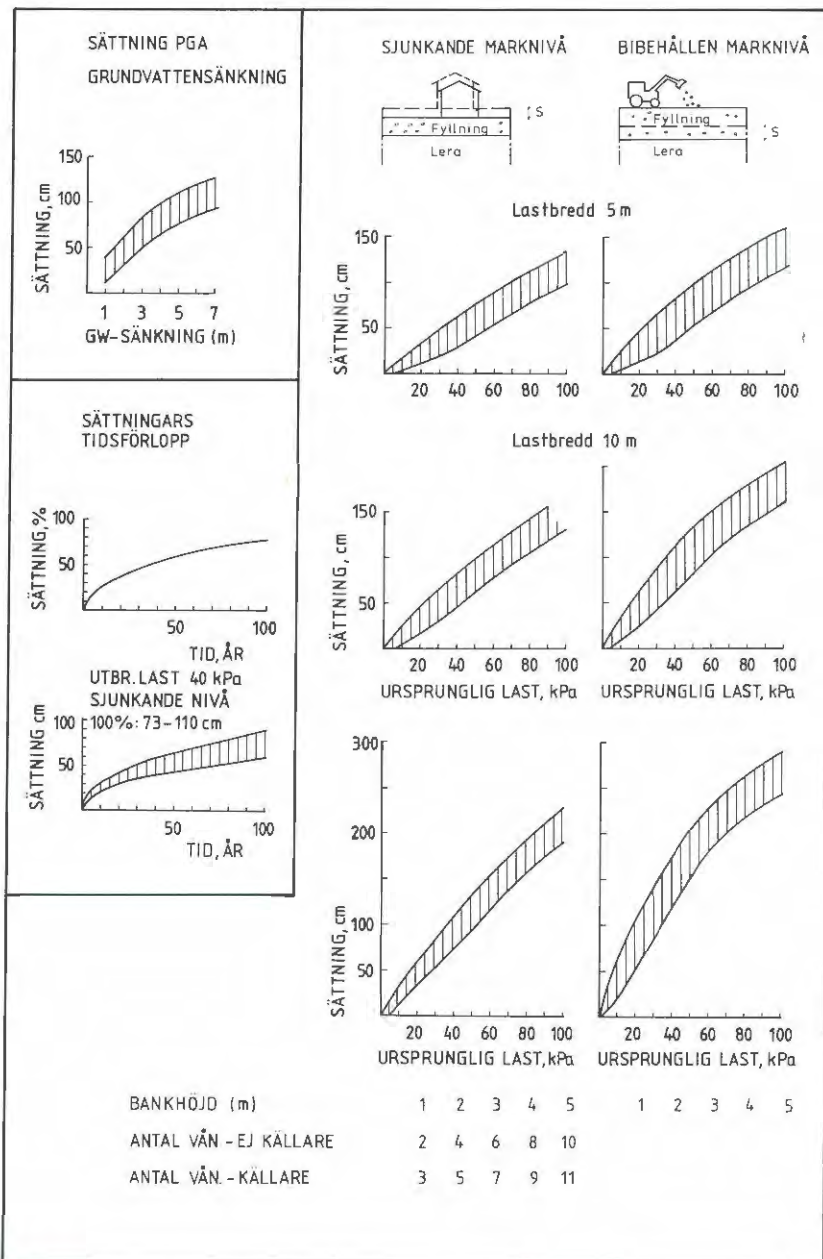
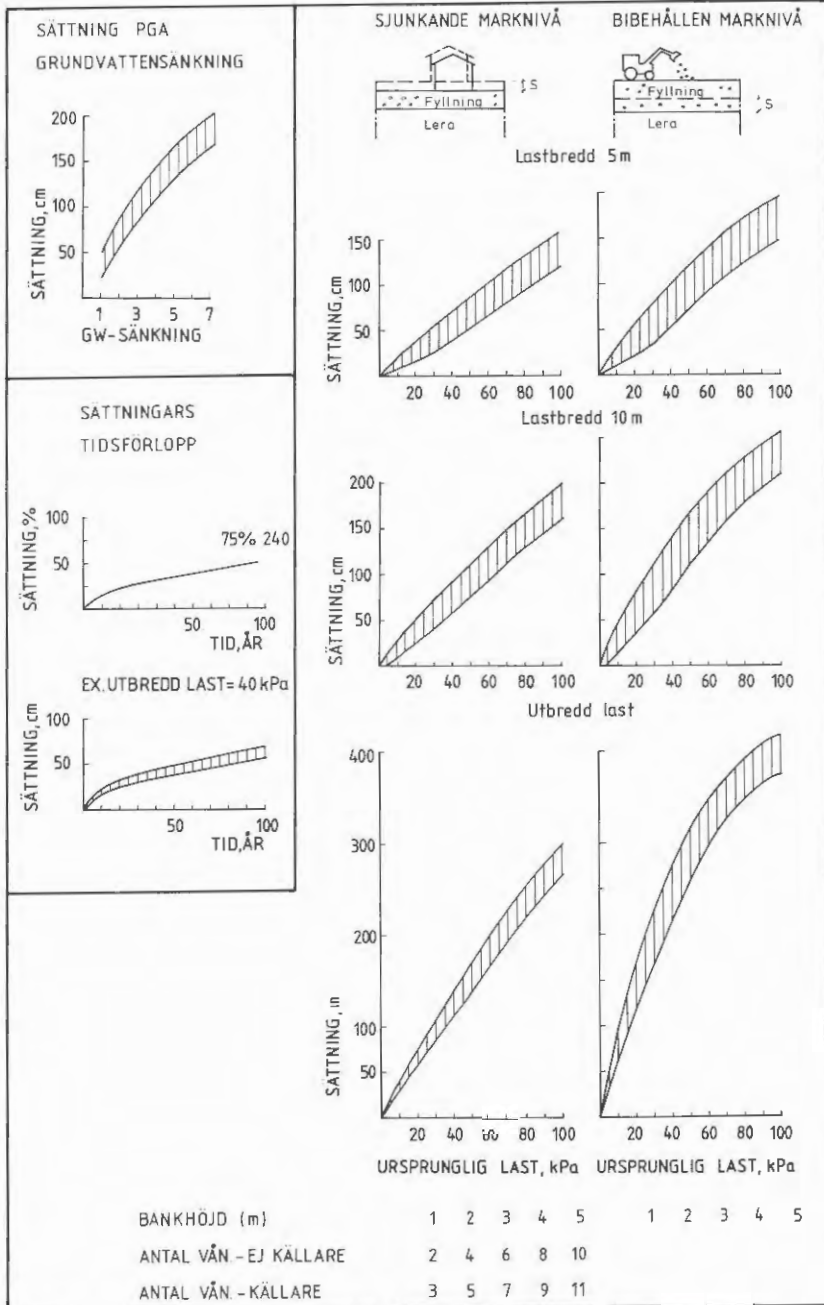


DIAGRAM Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös normalkonsoliderad lera (MLNLe),  
lerdjup = 15 m (N Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



## DIAGRAM

Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös normalkonsoliderad lera (MLNLe),  
lördjup = 25 m (N Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering

BILAGA 6 c

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS PÅ ENHETSNIVÅ

REFERENSKLASS: Mäktig lös överkonsoliderad lera  
med inslag av normalkonsoliderad  
lera MLÖ(N)Le (Norrköping)

Teknisk beskrivning

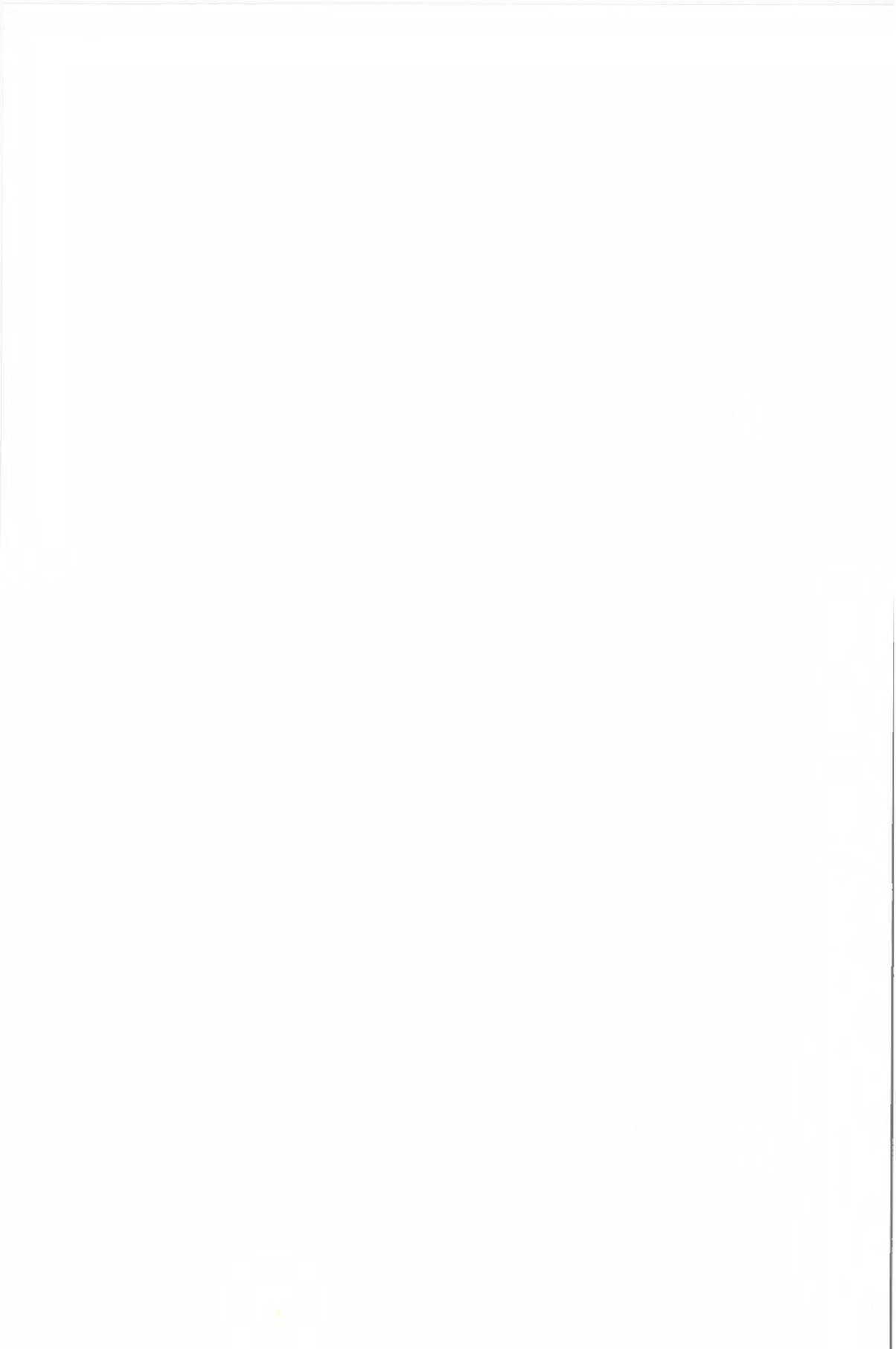
Egenskaper

Konsekvenser

Sammanställningsdiagram

Beräkningskurvor

Sättningsdiagram



MÄKTIG LÖS ÖVERKONSOLIDERAD LERA MED INSLAG AV  
 NORMALKONSOLIDERAD LERA (MLÖ(N)Le)  
 (S Lindövägen, Norrköping)

#### TEKNISK BESKRIVNING

##### Egenskaper

Lagerföljd: Under en 2-3 m tjock torrskorpelera följer ett ca 4 m lager mycket kompressibel skiktad lera (sulfidlera eller gyttjig lera). Därunder följer varvig lera, max 10 m tjock. Lerlagren ligger på tjocka lager av silt, sand och grus.

Mäktighet: 5-15 m lera varav 2-3 m torrskorpelera.

Grundvatten- 1-2 m under markytan  
 nivå:

Fasthet:  $\tau = 11 \pm 4$  kPa  
 ( $\tau$ -värdet är reducerat; reduktionskoefficient = 0,9).

Konsolidering: Konsolideringen i de övre 8 m tjocka lera- lagret varierar från överkonsoliderat till normalkonsoliderat. Detta medför kraftig variation i sättningarnas storlek.

##### Konsekvenser

Grundläggning: Där leran är överkonsoliderad kan lätta relativt glest utspridda byggnader och andra smala lätta belastningar, typ låga vägbankar grundläggas utan förstärkningsåtgärder. Vid normalkonsoliderad lera krävs någon form av åtgärd även för relativt små belastningar.

Sättningar: Pga lerans varierande konsolideringsegenskaper och de övre lagrens stora kompressibilitet ger samma belastning helt olika sättningar beroende på om leran är över- eller normalkonsoliderad.

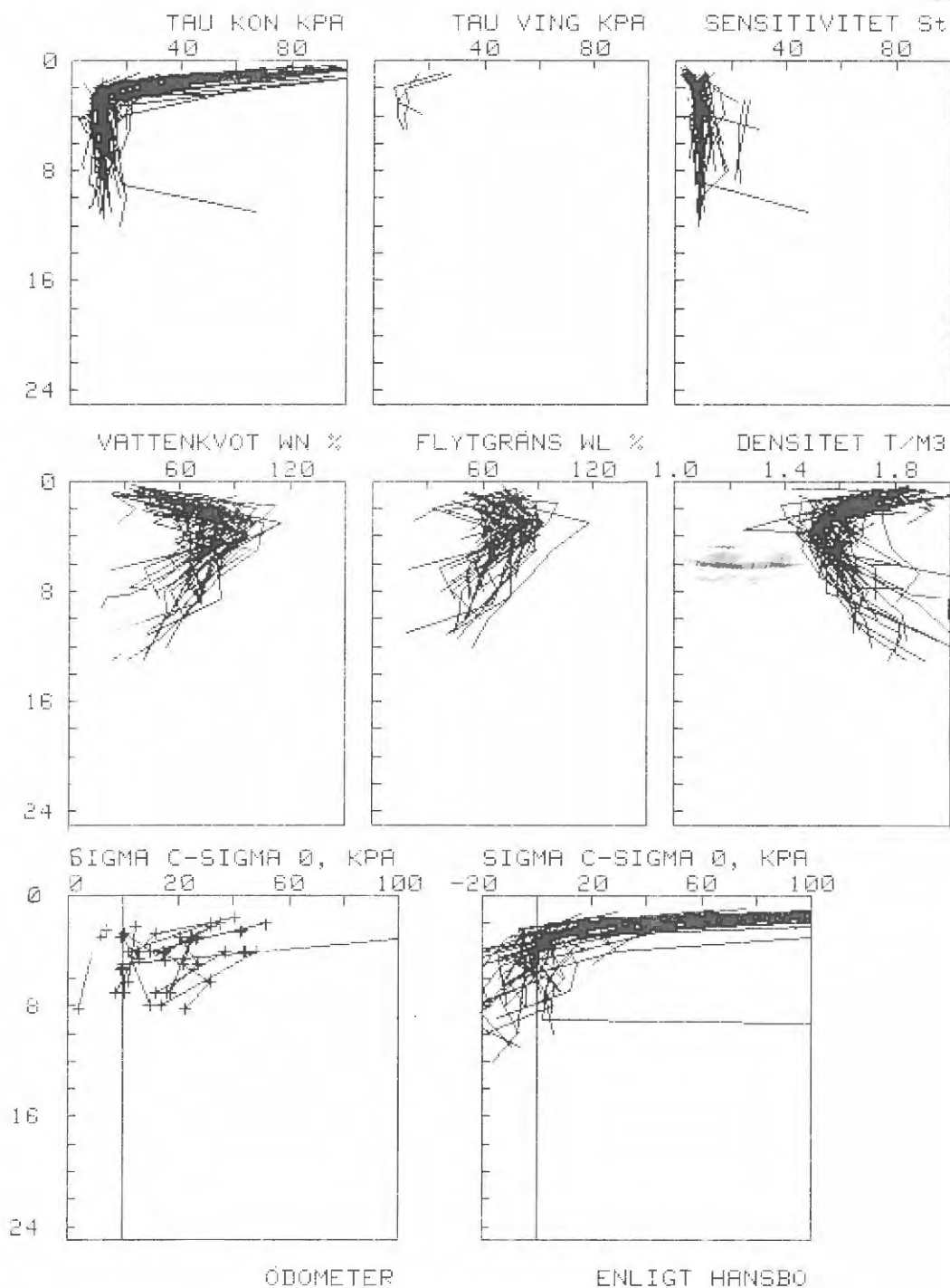
Viktigt att i detalj utreda konsolideringens geografiska fördelning.

- Bärighet: Tillåten last från brottsynpunkt  
 $q = 40 \pm 15$  kPa  
(gäller bankar, uppfyllningar, upplag o likn)  
Motsvarar grusfyllningshöjd  $h = 2,0 \pm 1,0$  m.  
De tillåtna lasterna ger stora sättningar  
vid normalkonsoliderade förhållanden.
- Schaktning: Jorden är lättschaktad. Inslag av silt i  
leran kan medföra flytjordsproblem vid  
schaktning under grundvattenytan eller vid  
våt väderlek.
- Markenergi: Jorden lämplig för såväl ytjordvärme som  
djupjordvärme.
- Radon: Radonrisken normalt liten. Inslag av silt  
och sprickor i jorden ökar risken.

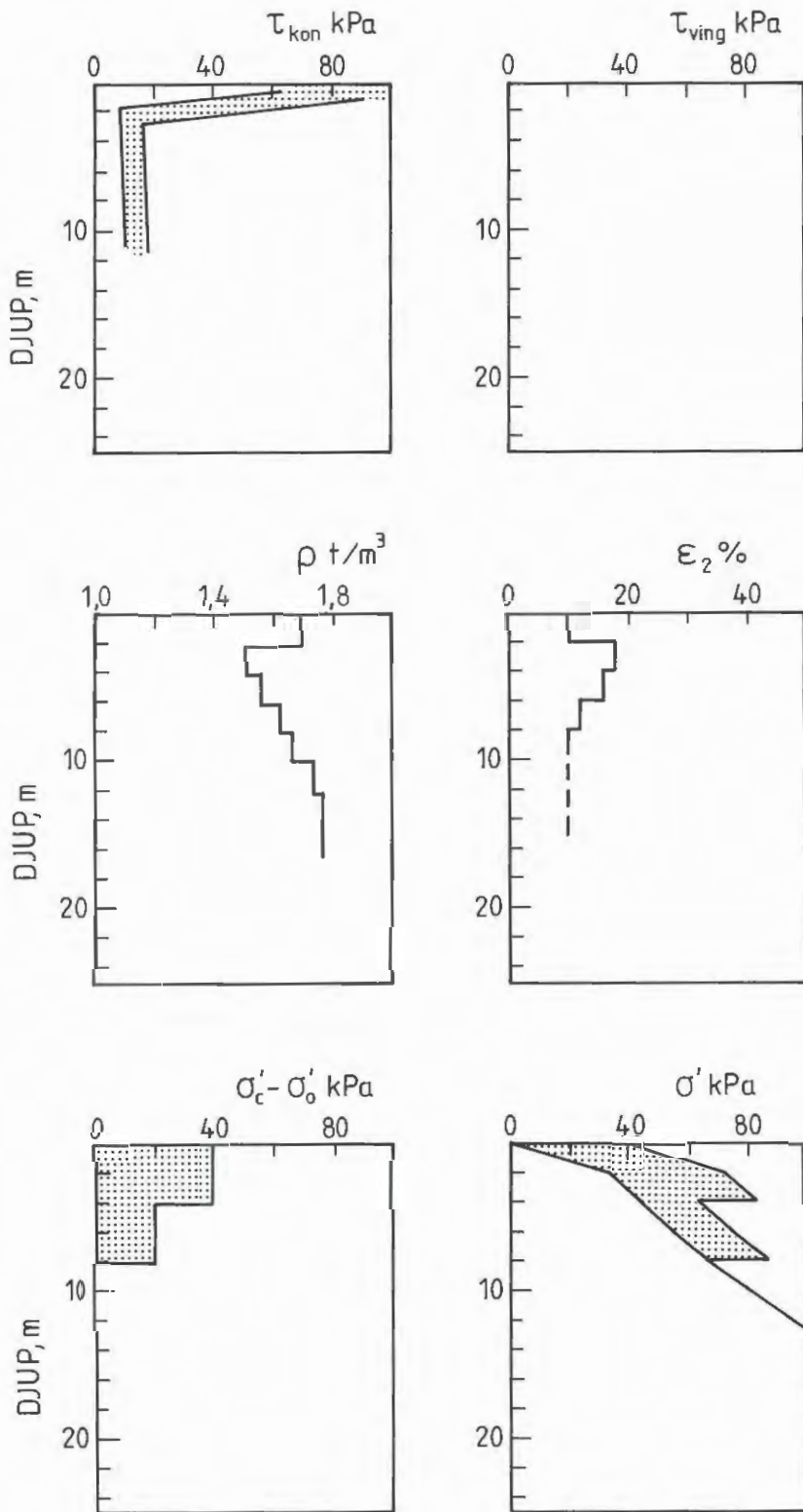
#### PLANERINGSRÅD

Planeringsråden redovisas i BIL 7b.

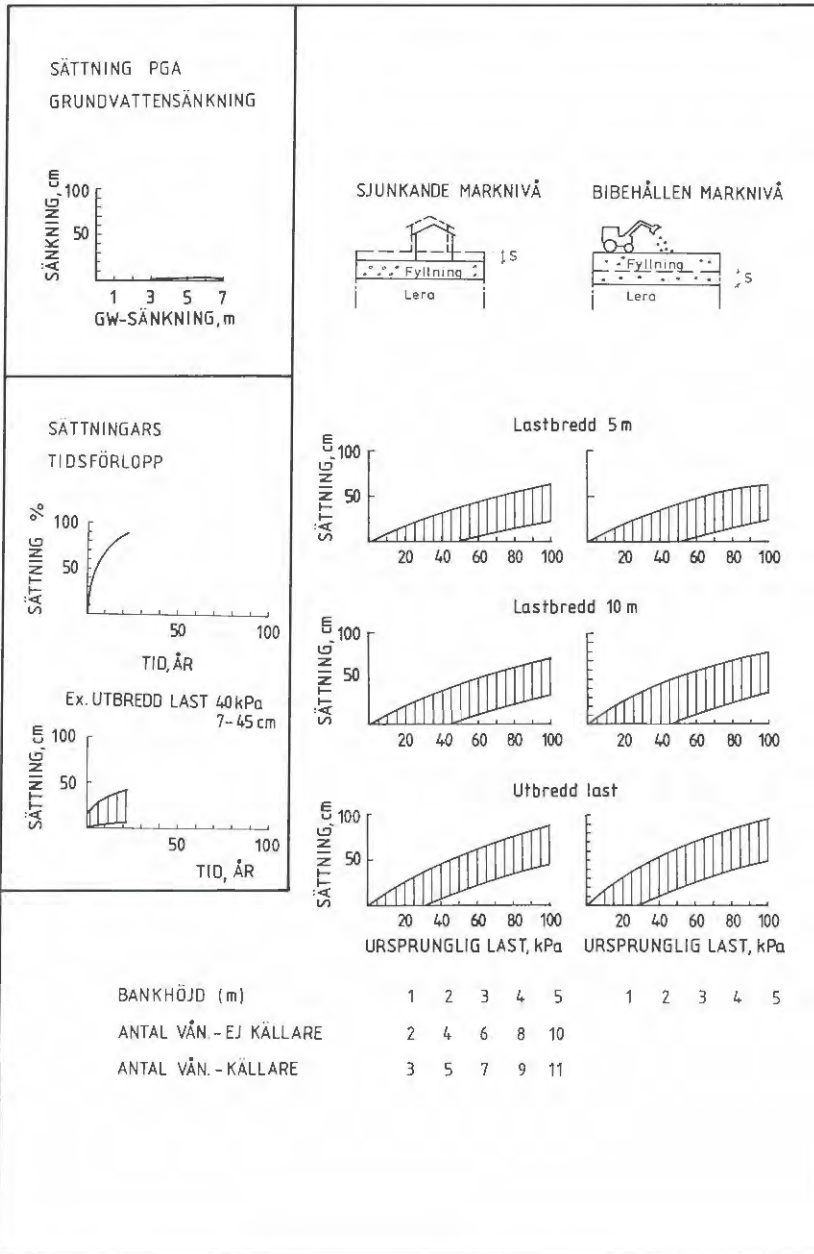




Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper: Mäktig lös överkonsoliderad lera med inslag av normalkonsoliderad lera, MLÖ(N)Le, (S Lindövägen, Norrköping).



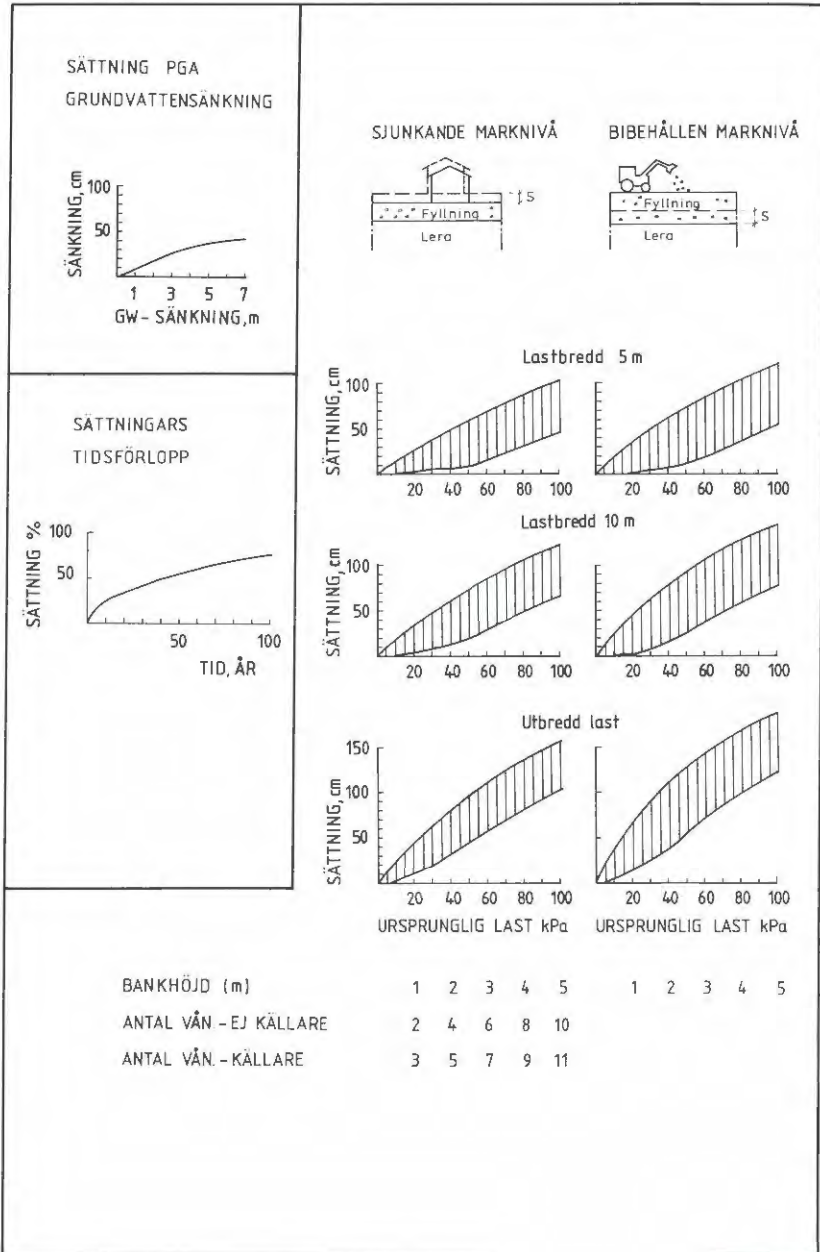
Kurvor för beräkning av bärrighet och sättningar, MLÖ(N) Le.



## DIAGRAM

Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös överkonsoliderad lera (MLÖ(N)Le),  
lerdjup = 5 m (S Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasttrade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



DIAGRAM

Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös överkonsoliderad lera (MLÖ(N)Le),  
lerdjup = 10 m (S Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.

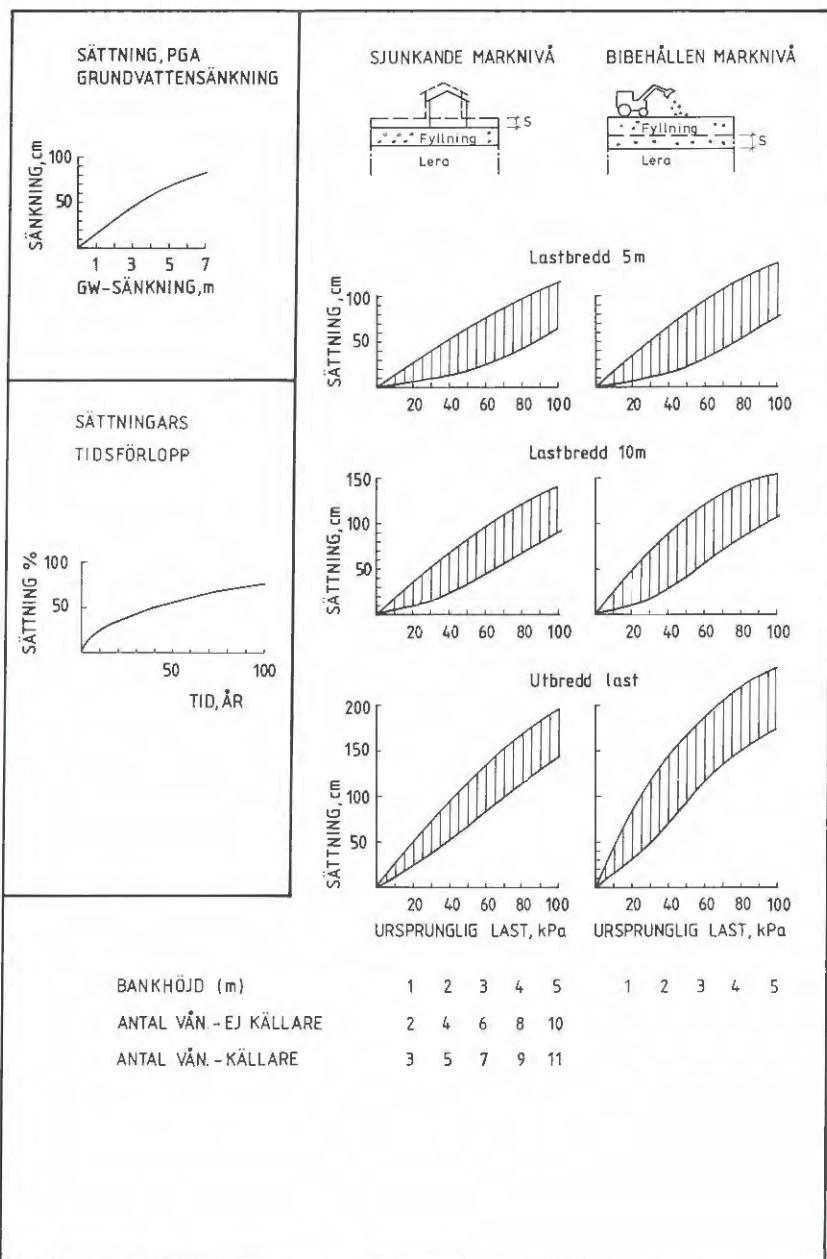


DIAGRAM Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Mäktig lös överkonsoliderad lera (MLÖ(N)Le),  
lerdjup = 15 m (S Lindövägen, Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



BILAGA 6 d

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS PÅ ENHETSNIVÅ

REFERENSKLASS: Grund fast överkonsoliderad lera  
GFÖLe (Norrköping)

Teknisk beskrivning

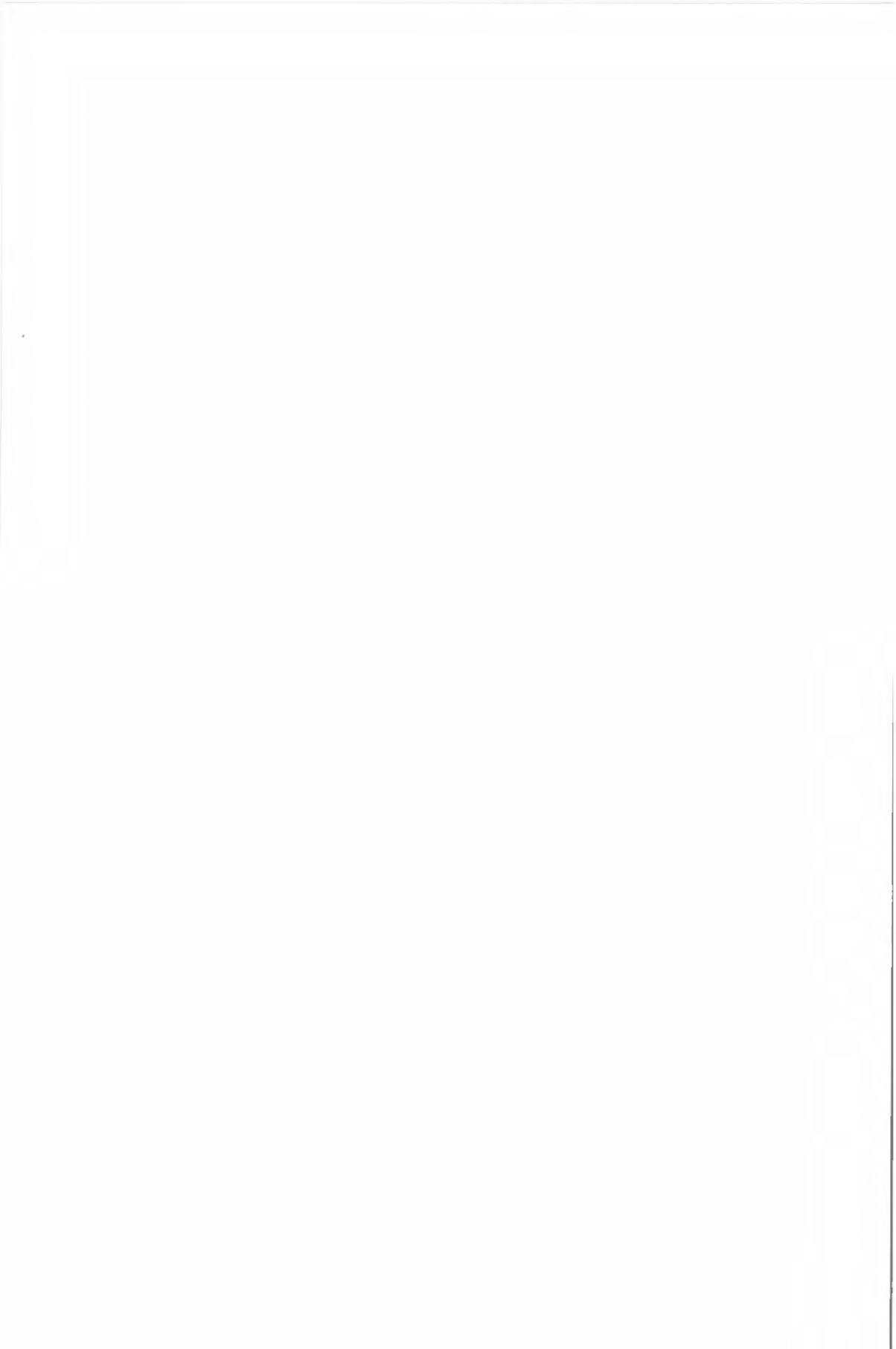
Egenskaper

Konsekvenser

Sammanställningsdiagram

Beräkningskurvor

Sättningsdiagram





## GRUND FAST ÖVERKONSOLIDERAD LERA (GPÖLe)

## TEKNISK BESKRIVNING

Egenskaper

Lagerföljd: Torrskorpelera och fast lera på ett ca 2 m tjockt löst lerlager. Därunder förekommer siltlager i varierande utsträckning. Leran är varvig och är genomdragen av siltskikt.

Mäktighet: 5 m varav 2-3 m torrskorpelera.  
Underliggande siltlager 0-10 m.

Grundvatten- 2 m under markytan  
nivå:

Fasthet:  $\tau_f > 20$  kPa för övre fastare lerlagret  
 $\tau_f = 20 \pm 3$  kPa för det undre lösare  
lerlagret

Konsolidering: Övre fasta lerlagret överkonsoliderat. Det undre lösa lerlagret normalkonsoliderat. Det normalkonsoliderade lerlagret är av begränsad mäktighet och sättningar blir därför små och utbildas snabbt.

Konsekvenser

Grundläggning: 1-2 vån.byggnader kan grundläggas utan förstärkningsåtgärder. Detsamma gäller troligen också för tyngre byggnader.

Sättningar: Små sättningar, som utbildas snabbt - inom 1 år. För sättningskänsliga byggnadsverk kan sättningarna elimineras genom t ex förbelastning.

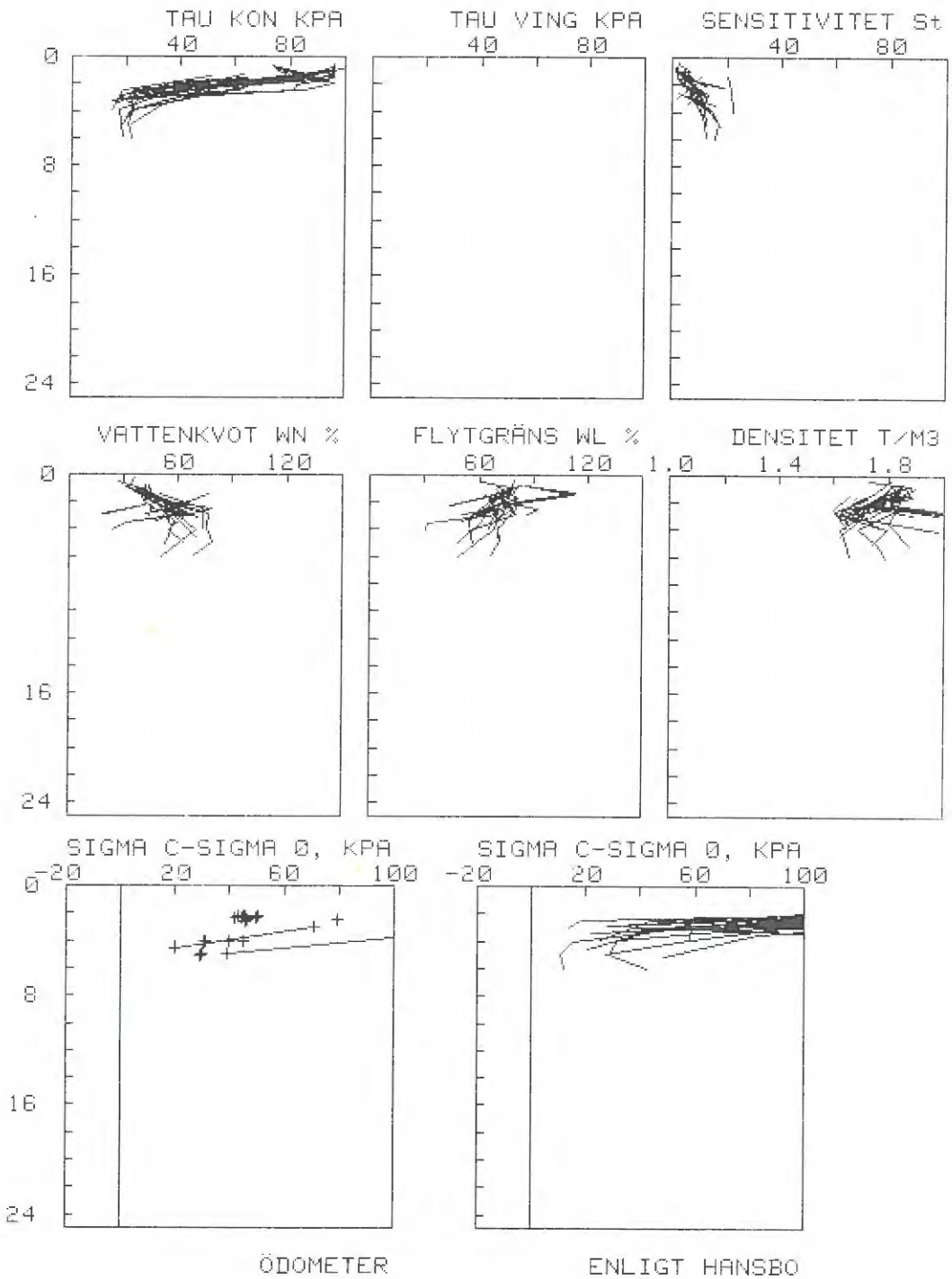
Jfr sättningsdiagram.

Bärlighet: Tillåten last från brottsynpunkt  $q = 75 \pm 10$  kPa (gäller bankar, fyllningar, upplag o likn).  
Motsvarar grusfyllningshöjd  $h = 4 \pm 0,5$  m  
De tillåtna lasterna ger måttliga sättningar, jfr sättningsdiagram.

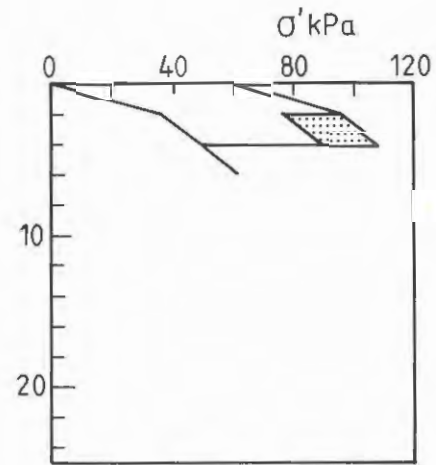
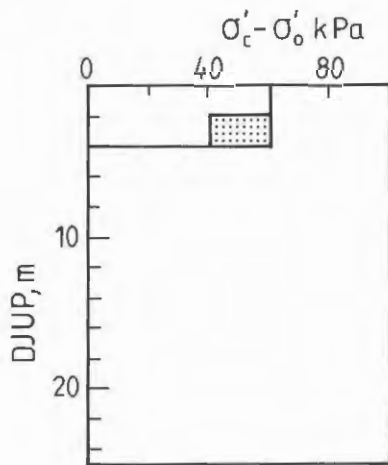
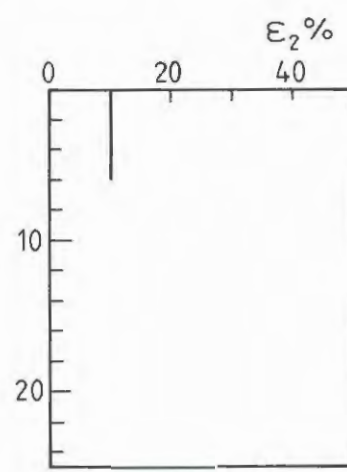
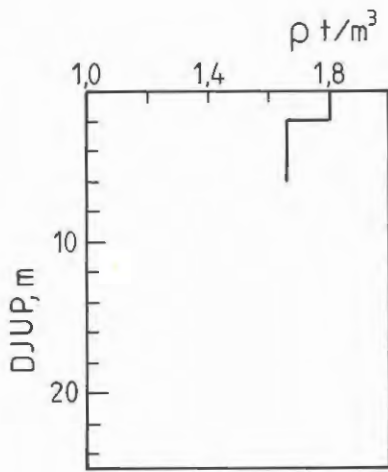
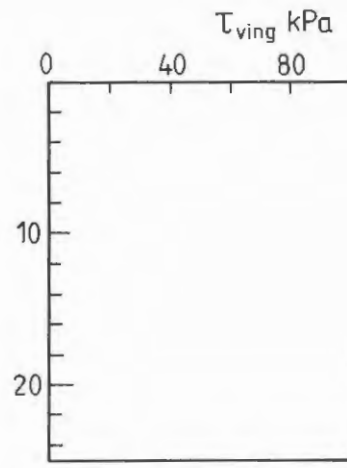
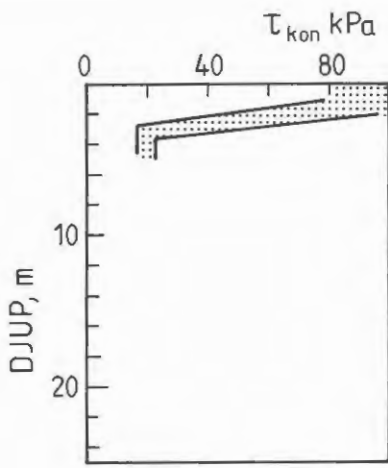
Schaktning: Jorden är lättschaktad. Flytjordsproblem kan uppstå vid schaktning under grundvattenytan eller vid våt väderlek.

Markenergi: Jorden lämplig för ytjordvärme, som bör förläggas så djupt som möjligt.

Radon: Radonrisken normalt liten. Relativt stort inslag av silt och sprickor i jorden ökar risken.



Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper: Grund fast överkonsoliderad lera, GFÖLe, (Norrköping).



Kurvor för beräkning av bärrighet och sättningar, GFÖLe.

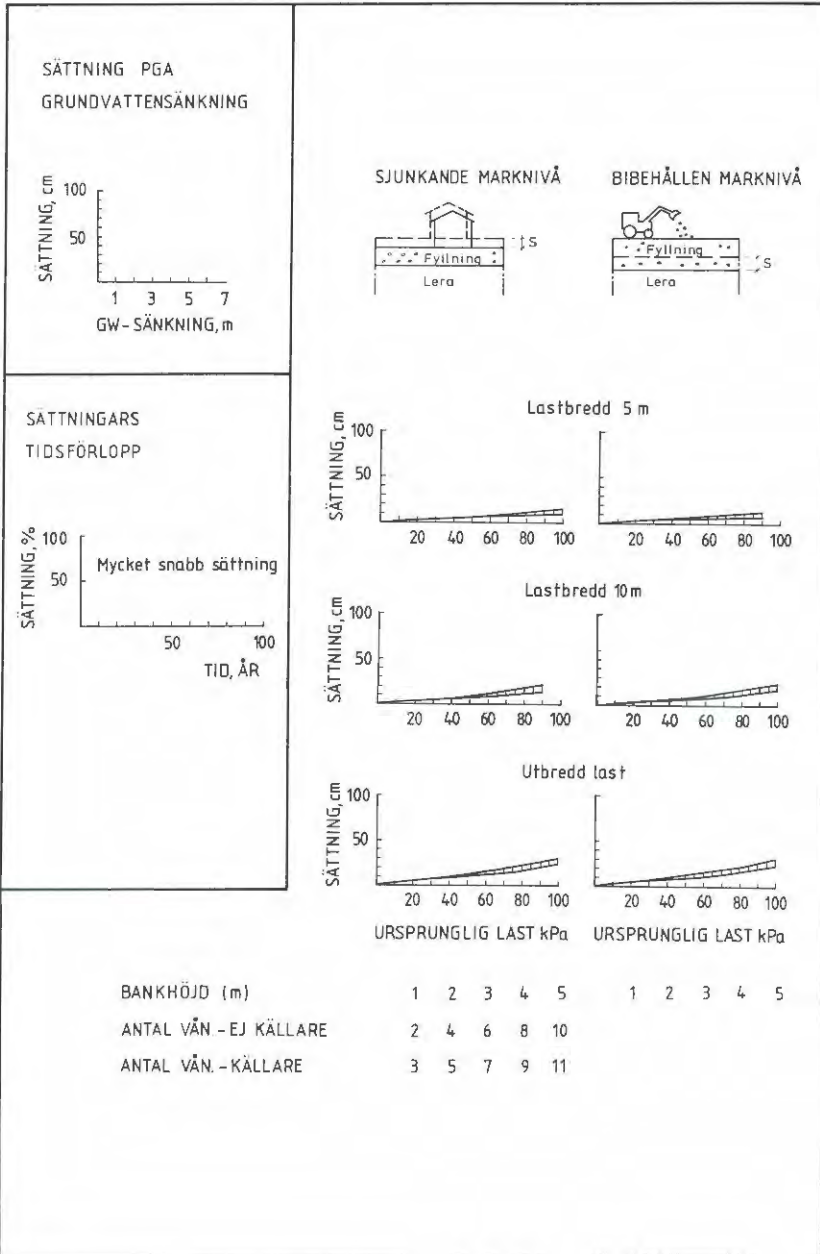


DIAGRAM      Sättningsdiagram för geoteknisk terrängklass  
Grund fast överkonsoliderad lera (GFÖLe),  
lerdjup = 5 m (S Norrköping).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



BILAGA 7

PLANERINGSRÅD OCH REFERENSKLASSDATA

LINKÖPING - NORSHOLM

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASS PÅ ENHETSNIVA

REFERENSKLASS: Mäktig lös överkonsoliderad lera

MLÖLe

Planeringsråd

Teknisk beskrivning

Egenskaper

Konsekvenser

Sammanställningsdiagram

Beräkningskurvor

Sättningsdiagram





## PLANERINGSRÅD

### Grundläggning, byggnader

Sättningarna för låg bebyggelse blir små och sådan bebyggelse kan med stor sannolikhet grundläggas utan förstärkningsåtgärder, se dock restriktioner i avsnittet uppfyllning och grundvattensänkning.

Om sättningarna ligger i sättningsdiagrammens undre del torde även högre byggnader (>2-3 våningar) i vissa fall kunna uppföras utan grundförstärkning.

### Uppfyllning och grundvattensänkning

Uppfyllningar ger större sättningar än de i plan begränsade lasterna. Uppfyllning kring byggnader ger därför extra sättningar vilka måste beaktas vid grundläggning av byggnaderna. Är lerdjupet någorlunda jämnt blir också sättningarna jämna för uppfylld mark. Om lerdjupet varierar eller grundförstärkta (t ex pålade) byggnader eller anläggningar förekommer kan besvärande och skadliga sättningsskillnader uppstå.

Relativt höga vägbankar kan utläggas utan förstärkningsåtgärder på områden med jämna lerdjup. Vid varierande lerdjup uppstår sättningsskillnader med långvariga underhåll som följd.

Små grundvattensänkningar påverkar inte marken nämnvärt. Större grundvattensänkningar kan dock få stora konsekvenser på existerande byggnader och anläggningar.

### Bärlighet

Marken kan från brottsynpunkt bära  $3,5 \pm 1,0$  m hög grusbänk. Smala bankar av den storleksordningen ger måttliga sättningar, medan utbredda medför stora sättningar.

### Schaktning och fyllning

Jorden är lättschaktad. Den övre torrskorpeleran kan eventuellt användas som fyllning i vägbankar o likn. Inga speciella restriktioner för schaktning. Allmänt gäller att schaktdjup bör vara så små som möjligt. Fyllningshöjder påverkar sättningarna, se Uppfyllning och grundvattensänkning.

### Geotekniska frågor att utreda

Jordens goda egenskaper från sättningssynpunkt bör utnyttjas vid exploatering. Samverkan mellan laster från byggnader, fyllning och eventuell grundvattensänkning och deras inverkan på sättningarna bör utredas.

## MÄKTIG, LÖS ÖVERKONSOLIDERAD LERA (MLÖLe)

(Linköping - Norsholm)

## TEKNISK BESKRIVNING

Egenskaper

Lagerföljd: Torrskorpelera på lös lera. Leran utgörs till största del av varvig lera, som är genomgående på många ställen. Siltskikt förekommer här och var i lerlagret. Mot djupet blir leran grövre och silt- och sandskikten ökar. Leran vilar normalt på sand, grus eller morän.

Mäktighet: 10-15 m

Torrskorpe- Normalt 1,0-2,0 m  
lera:

Grundvatten-Normalt 1,0-2,0 m under markytan  
nivå:

Fasthet: Lös  $\tau_f = 17 \pm 5$  kPa

Konsolide- Överkonsoliderad ned till ca 10 m, därunder  
ring: normalkonsoliderad. (Detta innebär att alla  
utbredda laster ger sättningar.)

Konsekvenser

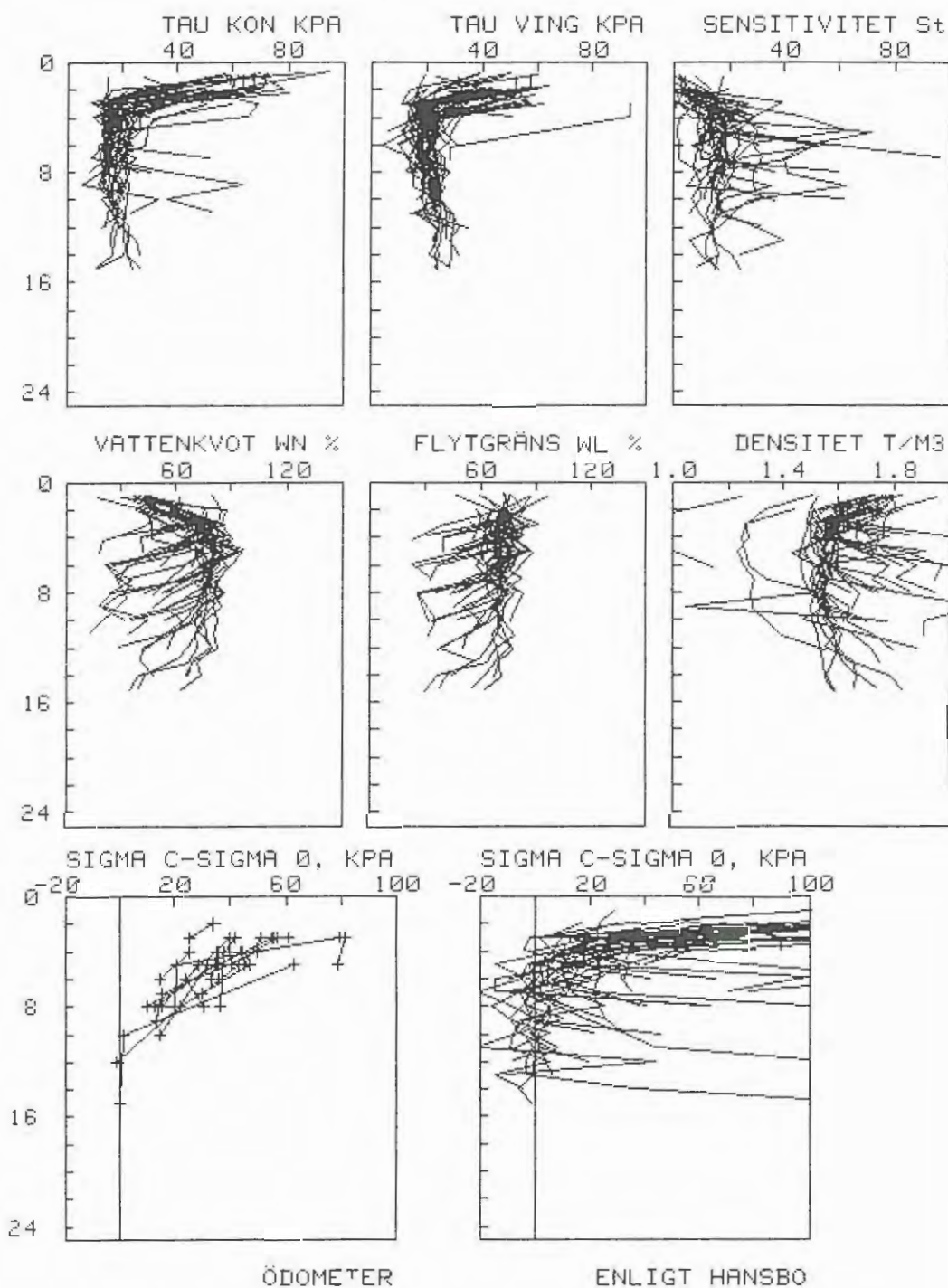
Grundlägg- Lågre byggnader kan grundläggas utan för-  
ning: stärkning.

Höga byggnader och koncentrerade stora  
laster kräver normalt pålgrundläggning.

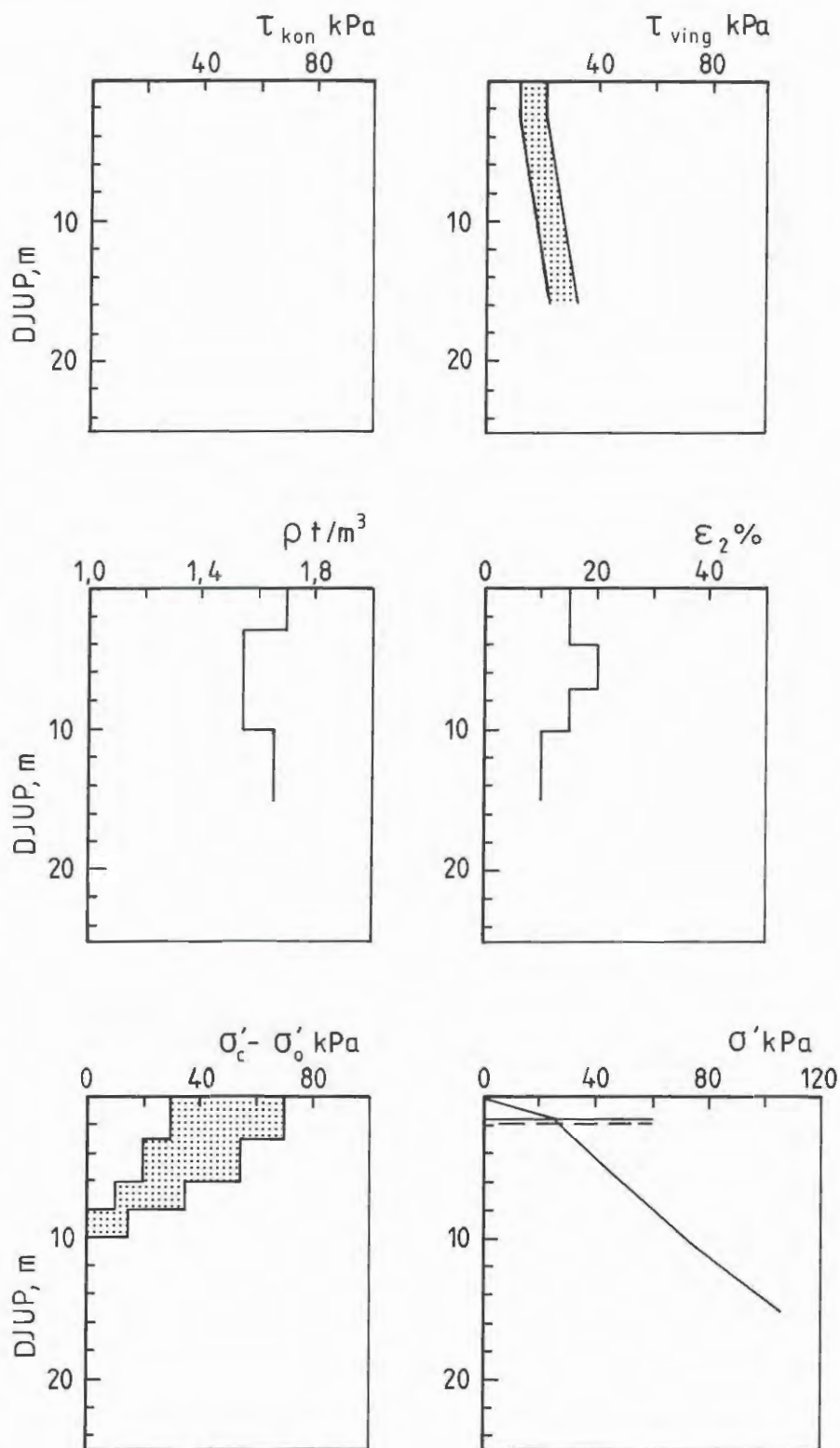
Sättningar: Smala laster ger små sättningar för normala  
laster. Utbredda laster medför större sätt-  
ningar.

Bärighet: Tillåten last från brottsynpunkt  $q = 62 \pm 18$  kPa  
(gäller bankar, fyllningar, upplag etc)

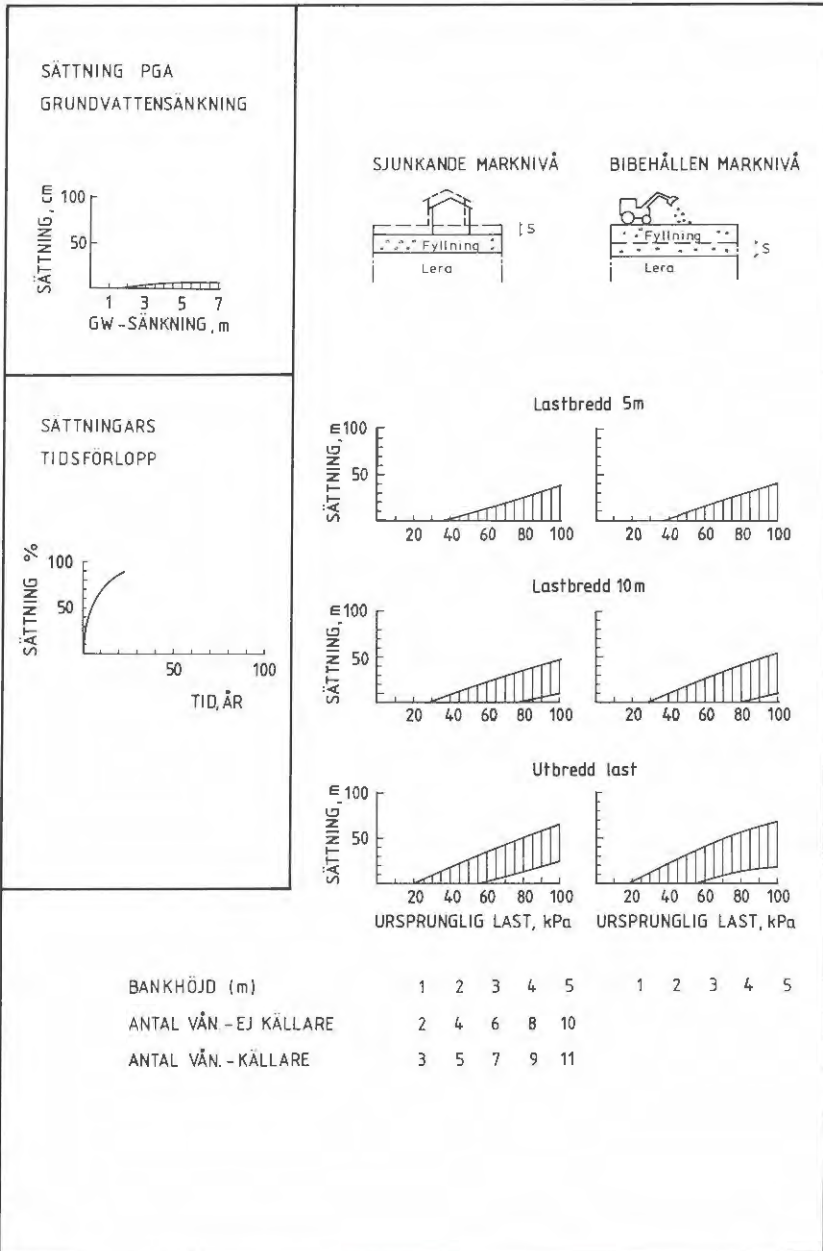
- Schaktning: Jorden lättschaktad  
Lerschakt kan utföras med slänt  
Vid djupare schakter erfordras spont
- Markenergi: Lämplig för ytjordvärme, som bör  
förläggas djupare än 1 m  
Lämplig för djupjordvärme
- Radon: Radonrisken normalt liten pga  
liten luftgenomsläpplighet



Sammanställningsdiagram över geotekniska egenskaper: Mäktig lös överkonsoliderad lera, MLÖLe, (Linköping-Norsholm).



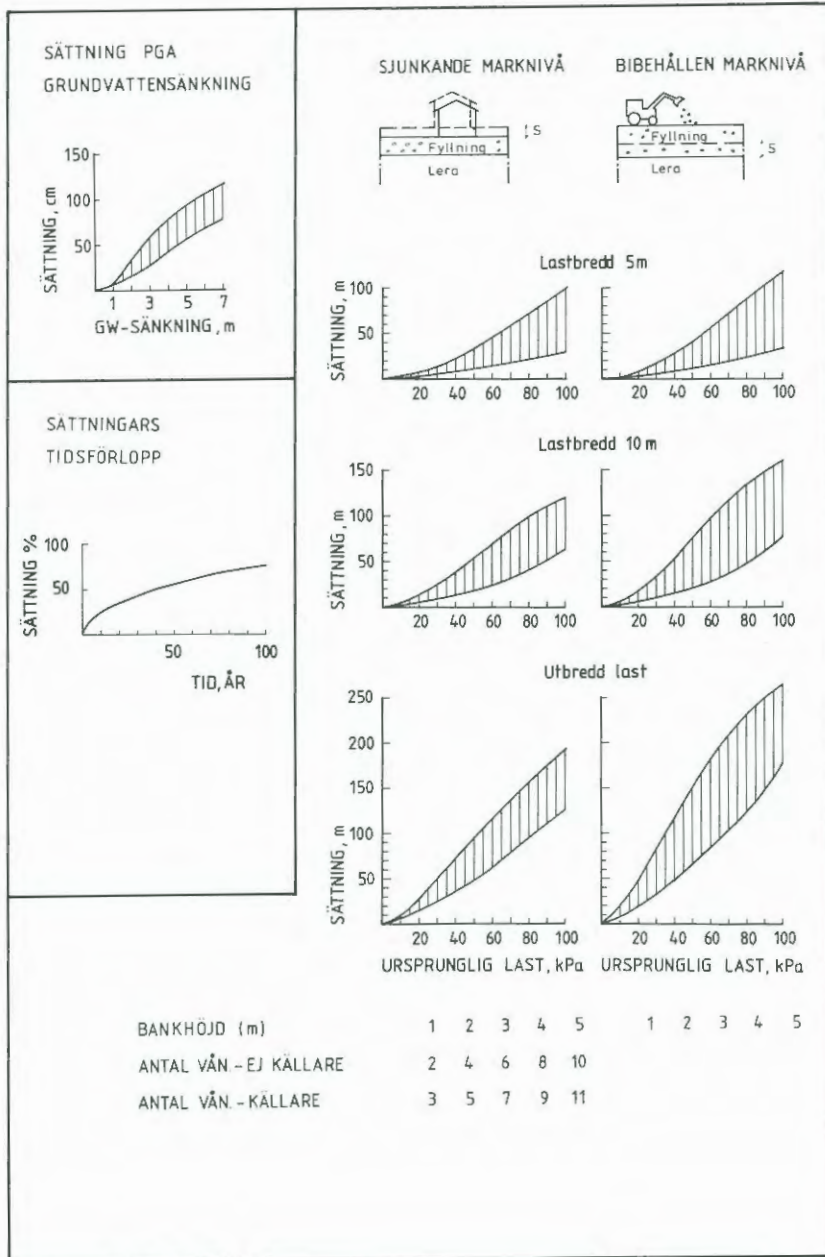
Kurvor för beräkning av bärighet och sättningar, MIÖLe.



## DIAGRAM

Sättningsdiagram för terrängklass  
Mäktig lös överkonsoliderad lera (MLÖLe),  
lerdjup = 5 m (Linköping-Norsholm).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



## DIAGRAM

Sättningsdiagram för terrängklass  
Mäktig lös överkonsoliderad lera (MLÖLe),  
lerdjup = 15 m (Linköping-Norsholm).

Spridningen i sättningskurvorna - rasterade zoner -  
reflekterar spridningen i överkonsolidering.



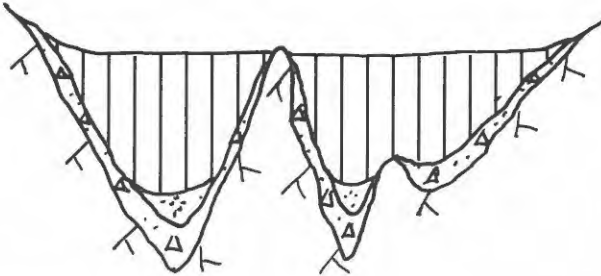
BILAGA 8

GEOTEKNISKA TERRÄNGKLASSER  
PÅ MÖNSTERNIVÅ  
(FIG 14 i avsnitt 6.2.3)



GEOTEKNISKT TERRÄNGMÖNSTER L<sub>1</sub>

Mäktiga lösa normalkonsoliderade lerlager  
med enstaka fastmarksöar



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Marken är svår från geoteknisk synpunkt. Områdena är sättningSkänsliga. Stora och långvariga sättningar är att förvänta. Lokalt kan något bättre lera finnas, där t ex utspridda byggnader som tål vissa sättningar kan placeras. Uppfyllningar och grundvattensänkningar ger dock sättningar överallt.

Normalt krävs grundförstärkning, t ex pålning. Grundläggningsfrågan bör lösas som ett system för större sammanhängande områden, där restriktioner mot t ex större uppfyllningar, grundvattensänkningar och kraftiga vibrationer troligen krävs.

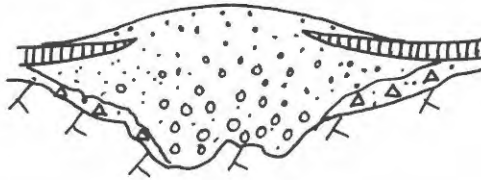
Grundvattennivåns variationer bör följas så tidigt som möjligt.

Goda förutsättningar för såväl yt- som djupjordvärme finns.

Exempel på grundläggningstekniskt lämpliga markanvändningar är lätta byggnader och lätta bankar, parker, bollplaner, golfbanor o likn.

Lerområdenas byggbarhet bör studeras innan markdispositionen bestäms.

GEOTEKNISKT TERRÄNGMÖNSTER Gr(L<sub>3</sub>)  
Grus- och sandområde med inslag av grund  
fast överkonsoliderad lera



#### PLANERINGSRÅD

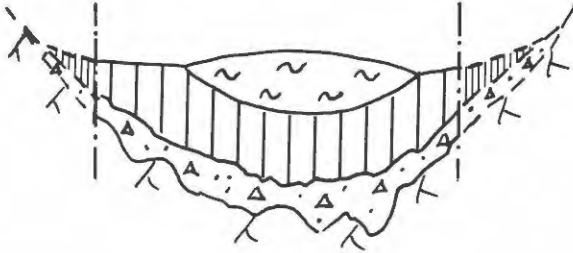
Allmänt omdöme: Mycket bra byggnadsmark

Inga grundläggningstekniska problem för normal bebyggelse. Eventuell förekomst av löst lagrad sand bör uppmärksammas, liksom lerlager som kilar in i gruset och sanden i gränzonen mot lera.

Goda förutsättningar för grusmaterial, grundvattenvärme.  
Relativt hög risk för höga markradonflöden.

GEOTEKNISKT TERRÄNGMÖNSTER T (L<sub>1</sub>)

Torvmosseområde med inslag av mäktig lös  
normalkonsoliderad lera

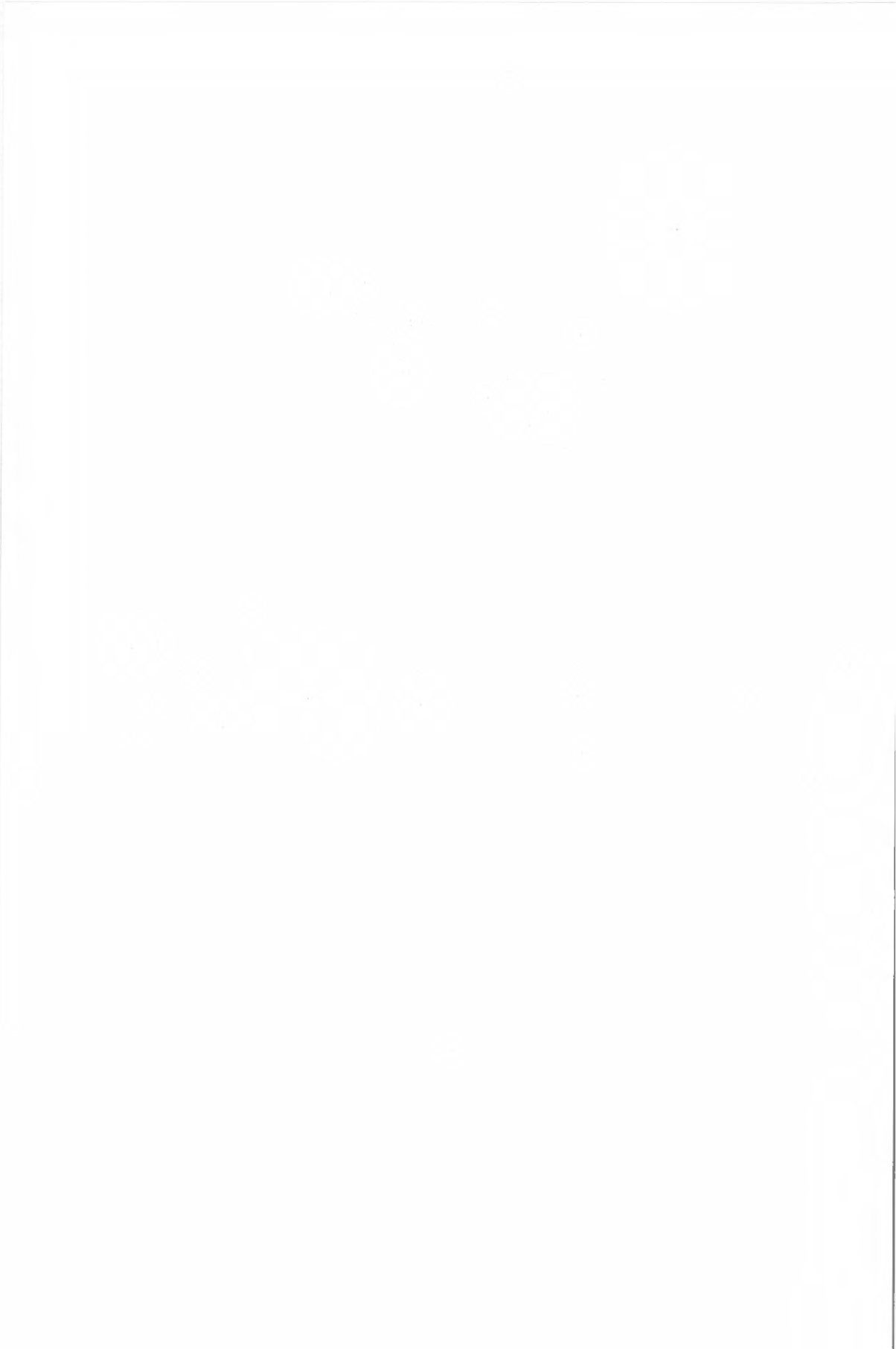


## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Mycket dålig byggnadsmark

Terrängklassen är olämplig för byggnation. Mycket stora och långvariga sättningar uppstår. Exempel på grundförstärkning för vägbyggnation är urgrävning i kombination med nedpressning eller lätt bankfyllning. Terrängen har troligen goda förutsättningar som markenergilagrar, torvbränsle eller för biogasproduktion.

Markradonrisken är troligen mycket liten.



BILAGA 9

SAMMANSTÄLLNINGSDIAGRAM ÖVER  
GEOTEKNISKA EGENSKAPER, VÄSTKUSTEN

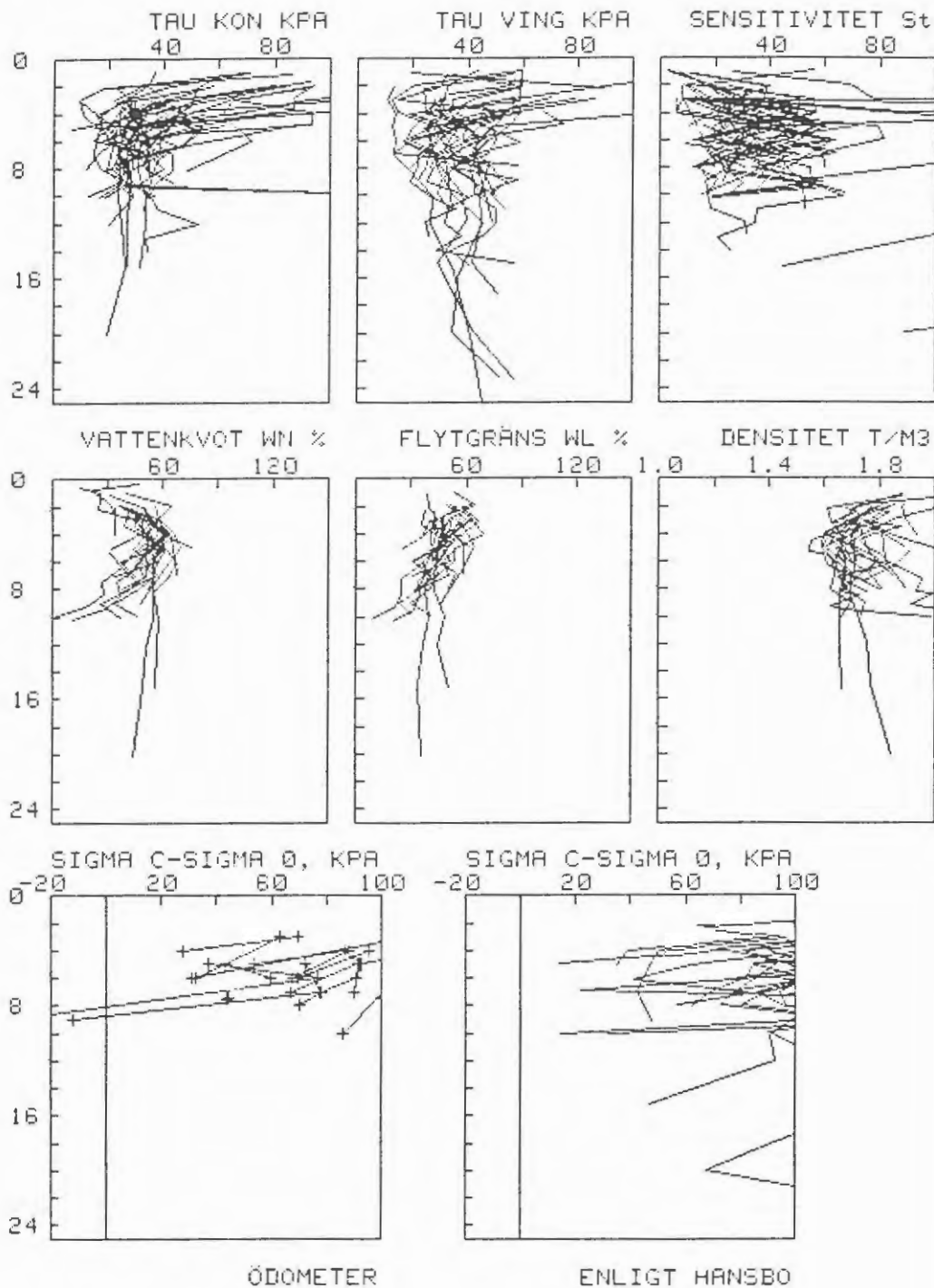
Färgelanda

Kungälv

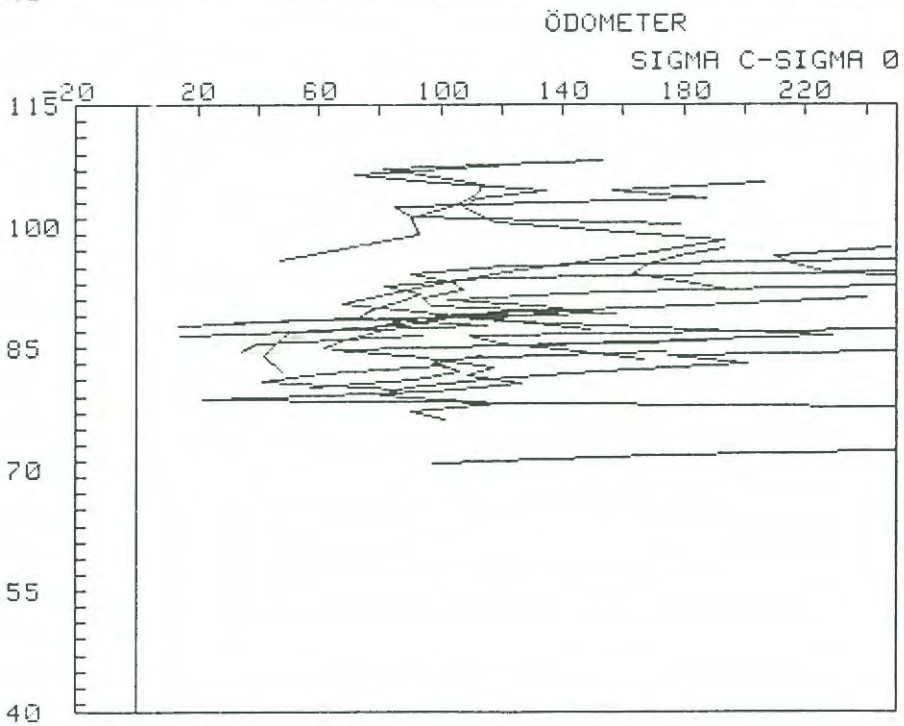
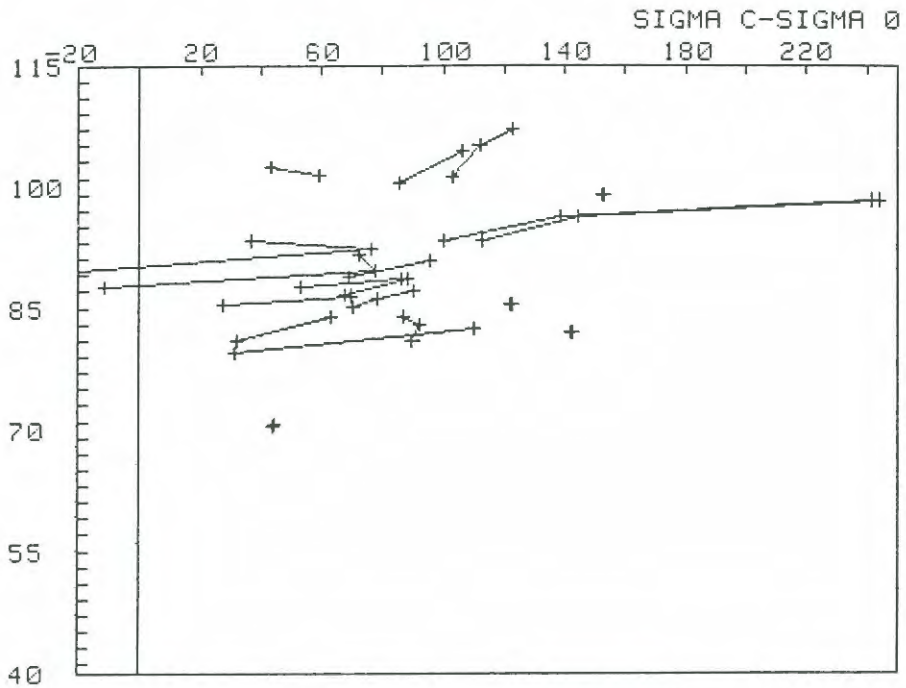
Lysekil



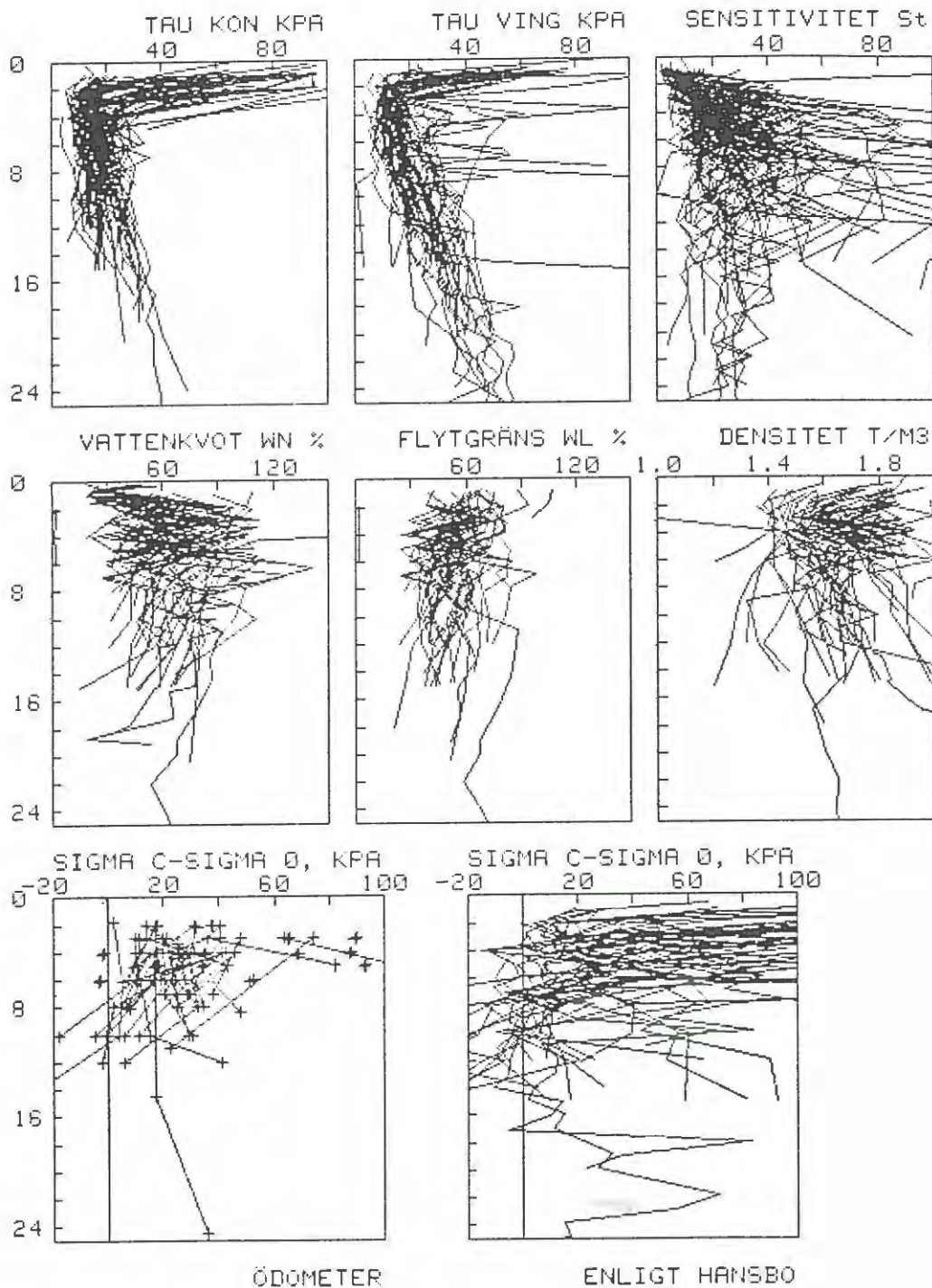




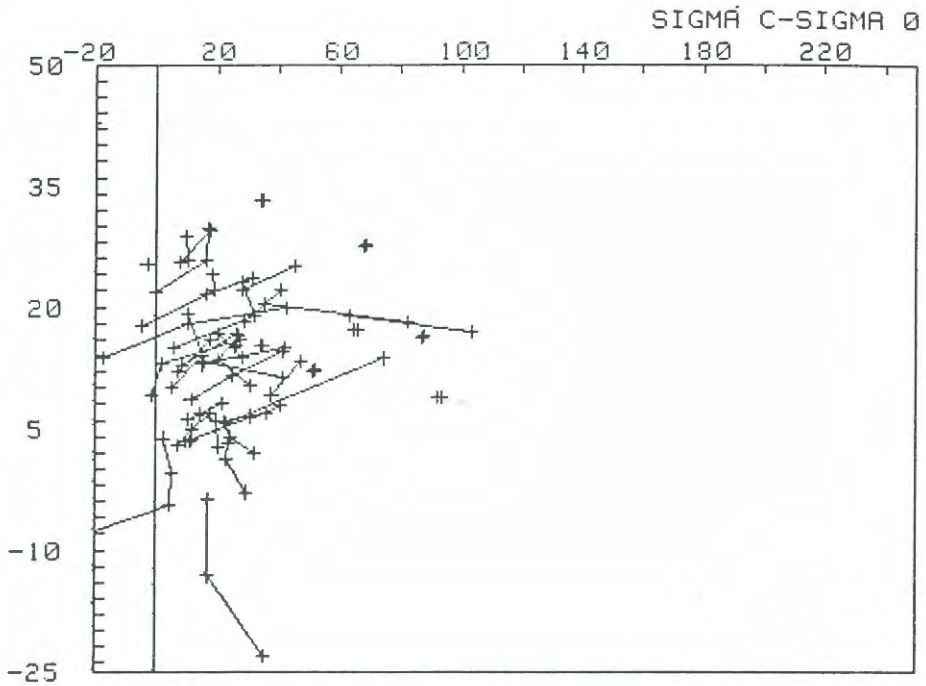
BILAGA 9a. Sammanställning över geotekniska egenskaper i Färgelanda kommun. Djup under markytan.



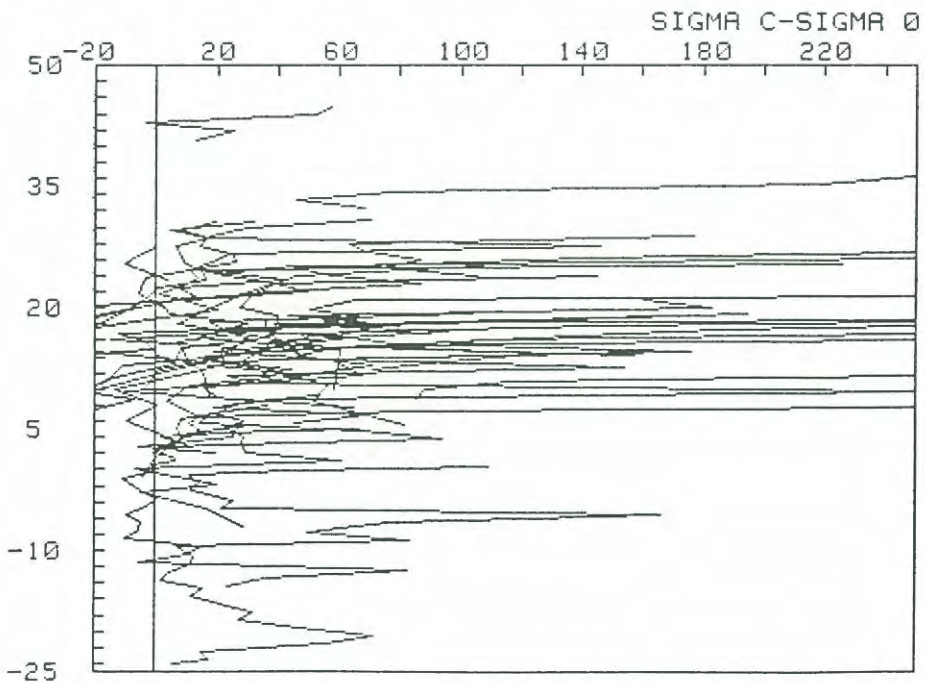
BILAGA 9b. Överkonsolidering i Färgelanda kommun.  
Plushöjdsnivå



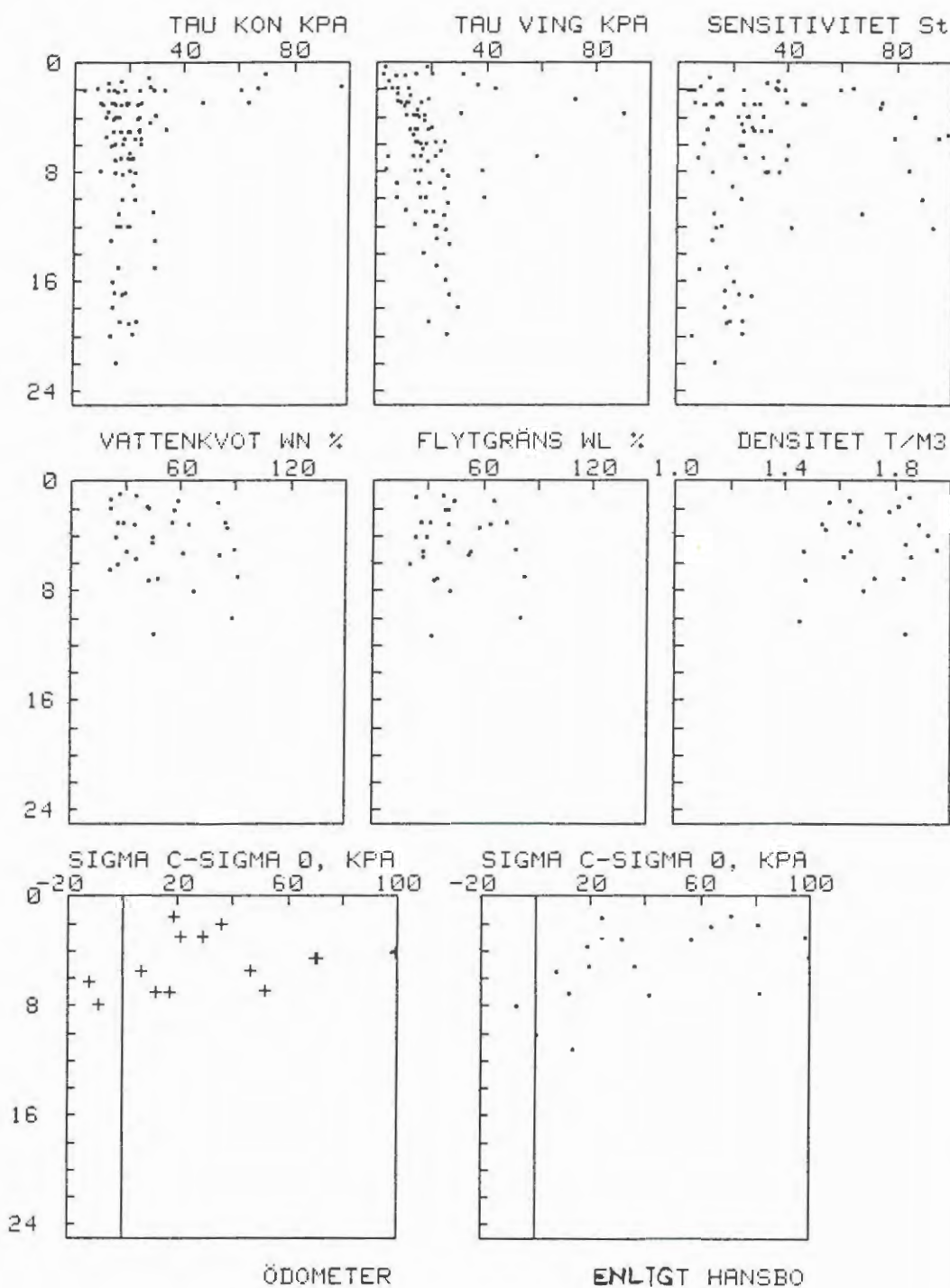
BILAGA 9c. Sammanställning över geotekniska egenskaper i Kungälv kommun. Djup under markytan.



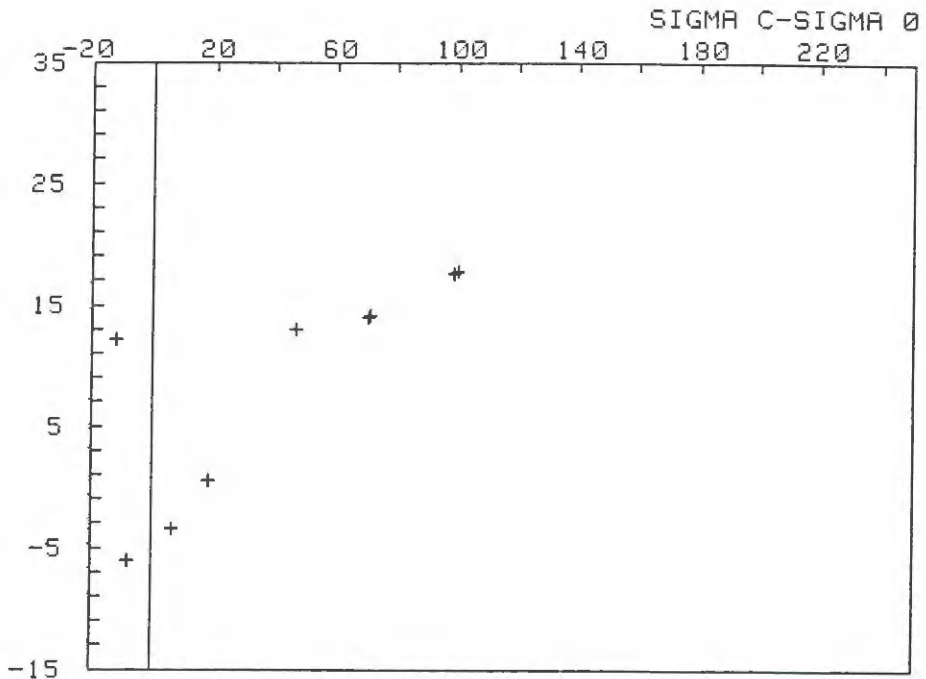
ÖDOMETER



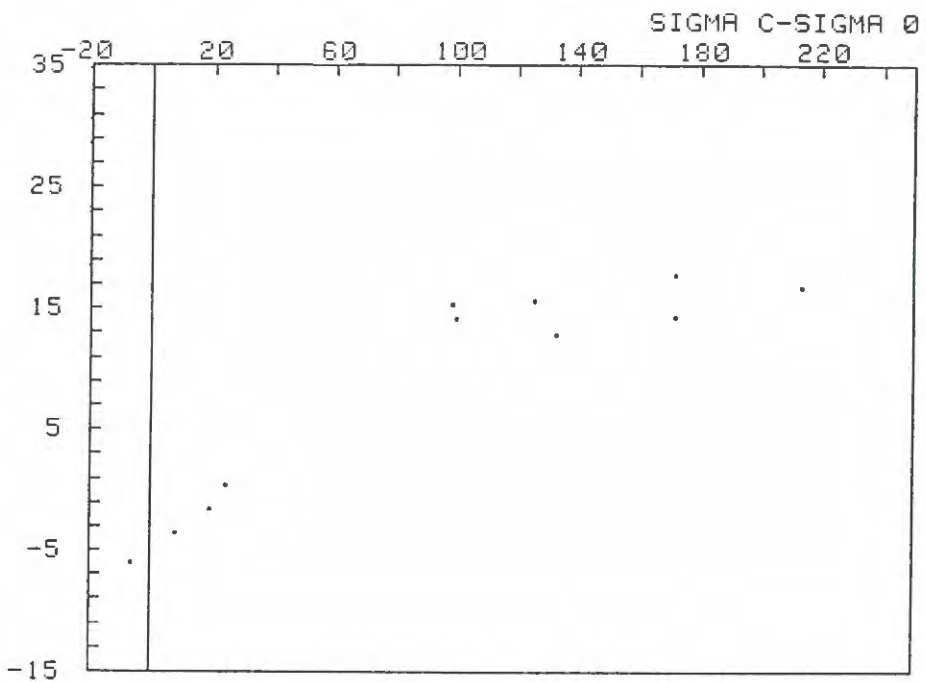
ENLIGT HANSBO



BILAGA 9e. Sammanställning över geotekniska egenskaper i Lysekils kommun. Djup under markytan.



ÖDOMETER



ENLIGT HÄNSBO

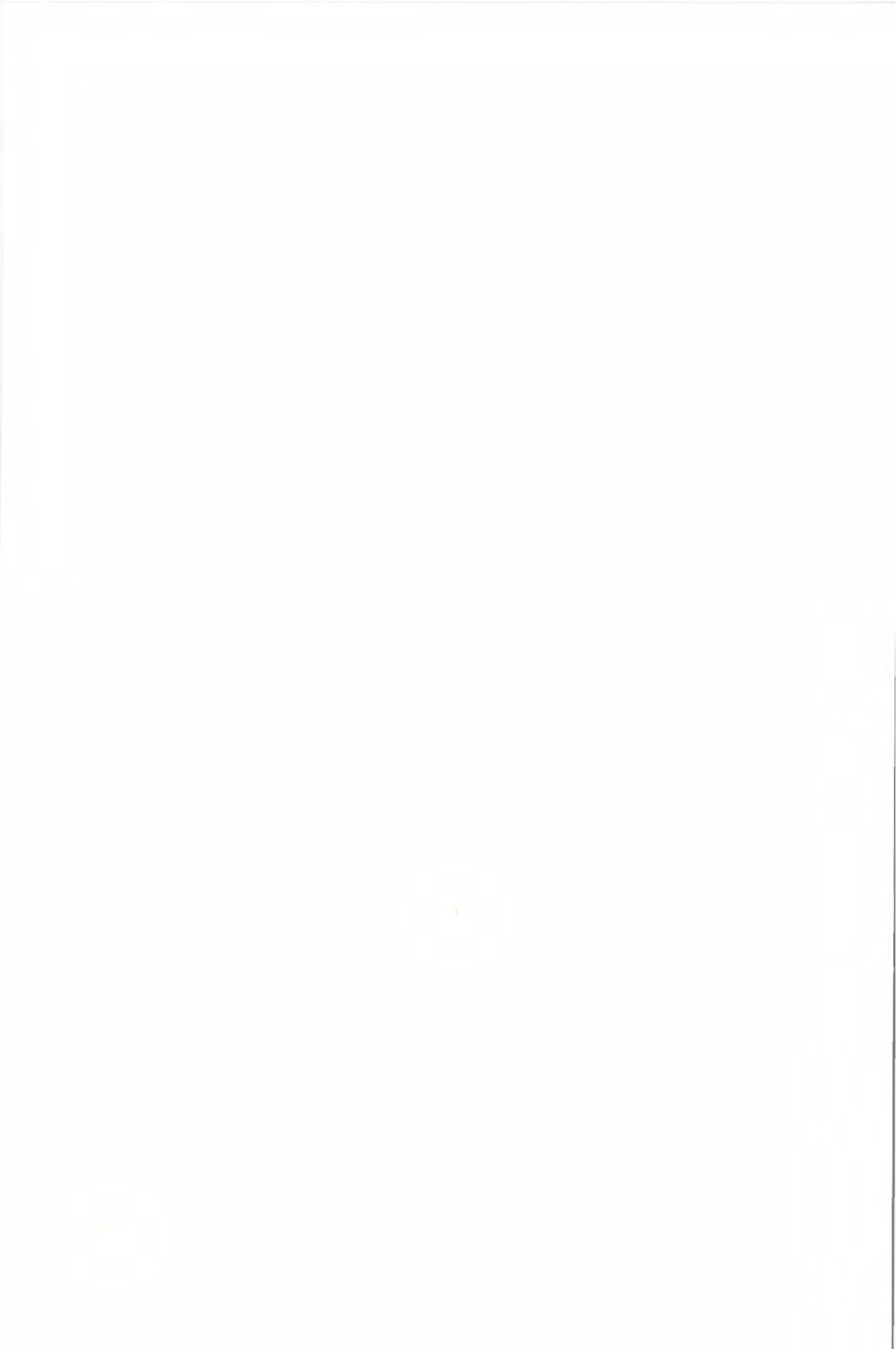
BILAGA 9f. Överkonsolidering i Lysekils kommun.  
Plushöjdsnivå

BILAGA 10

GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING  
AV MORÄNOMRÅDE, VÄXJÖ

Textdel

Egenskaper, konsekvenser och planeringsråd  
för respektive referensklass





## GEOTEKNISK TERRÄNGKLASSIFICERING AV MORÄNOMRÅDE, VÄXJÖ

Syfte och omfattning

Inom ett område sydost om Växjö har försöksvis en geoteknisk terrängklassificering utförts på nivån "enhet". Syftet var att pröva möjligheterna till terrängklassificering inom den geologi som förekommer på småländska höglandet och pröva tidigare upprättade teoretiska förslag.

Val av testområde och underlag

Testområdet utgör del av Växjö kommuns utbyggnadsområden sydost om tätorten.

Tidigare har översiktliga geotekniska undersökningar utförts för området i sin helhet. I testet har områdets norra del valts som "känd" terräng och dess södra del som "okänd" terräng, se FIG 17.

Vid testet har följande underlag använts:

Befintliga geotekniska undersökningar, utförda av privata konsulter för byggnader och för översiktsplanering samt av Statens geotekniska institut som underlag för generalplane-  
arbete.

Flygbilder, svartvita i skalan 1:5200-5300

nr 5E-61 551 01:02-07

79 828 01:03-08

Primärkarta i skala 1:4000

Topografiska kartan nr 5E Växjö SO

Geologiska kartbladet med beskrivning SGU Ser Ab nr 3

Data om testområdet

Läge: området är beläget sydost om Växjö tätort och söder om riksväg 25 respektive öster om riksväg 30. I norr gränser området till det befintliga bostadsområdet Högstorp.

Areal: Ca 130 ha (1,3 km<sup>2</sup>)

Vegetation: Huvuddelen av området utgörs av skogsmark, där skogen inom vissa delar avverkats. Barrskog förekommer över större delen av området med undantag av myrmarker där lövträd och slyvegetation dominerar.

Topografi: Området karaktäriseras av mycket kuperad terräng med branta lutningar framförallt i den västra delen vid riksväg 30. Lokalt stiger terrängen till nivån ca +210. I öster förekommer mindre höjdpartier på nivån +195 - +200 omgivna av låglänt mark ca +170 - +180 och med relativt liten lutning.

Geologi: Berggrunden utgörs av huvudsakligen granit, s k röd Växjö-granit. Graniten omsluter hälleflinteartade bergarter. Berg i dagen har inte påträffats inom testområdet. Provgropar har grävts till ca 2 m djup utan att berg förekommit.

Området har tidigare varit täckt av issjö, vars högsta strandlinje ligger på nivån ca +200.

De lösa avlagringarna består i stort av morän. Den ytliga moränens mäktighet varierar mellan 1 och 2 m. Den är oftast av sandig typ och relativt lättschaktad (lucker). I väster och på lokala höjdpartier i söder är moränen i ytan såväl rik- som storblockig. I övrigt är den ytliga moränen normalblockig.

På större djup förekommer en grå och vanligen siltig eller sandig siltig morän. Materialet är mycket fast lagrat och blockrikt.

I terrängens lågpunkter förekommer myrmarker med organisk jord, där torv är den dominerande jordarten. Torvens mäktighet understiger i allmänhet 1 m, men på några ställen uppgår mäktigheten till mellan 1,5 och 2,0 m. Den organiska

jorden överlagrar morän eller tunna sedimentlager av silt och sand på morän.

Hydrologi: Ytvattnet avrinner i stort åt söder till Barnsjön och Trummen via ett relativt begränsat antal diken. Inom de låglänta och relativt plana områdena i öster förekommer ofta vatten i nivå med eller över markytan.

Höjddpartiet i väster utgör en markerad ytvattendelare i nord-sydlig riktning.

Geohydrologi: Grundvattnets strömningsriktning bedöms i stort sammanfalla med ytvattnets avrinning. I den östra delen är grundvattenytan stora delar under året belägen i eller strax under markytan. I väster förekommer grundvattnet på större djup ca 2-3 m under markytan.

GEOTEKNISK TERRÄNGENHET: MORÄN MED LITEN MARKLUTNING Mn

### Egenskaper

Jordlagerföljd: Fast morän (ytmorän) på mycket fast morän (bottenmorän)

Sammansättning: Sandig morän på siltig morän

Fasthet: Se jordlagerföljd

Grundvatten: <2 m under markytan

Marklutning: Liten, 0-5%

### Konsekvenser

Bärlighet och grundläggning: Byggnader och anläggningar kan normalt uppföras utan grundförstärkningsåtgärder. Grundläggning med plattor i ursprungliga jordlager.

Sättningar: Små sättningar utbildas under byggnadstiden.

Schaktning: Den övre moränen är lättschaktad. Den undre är svårschaktad - mycket fast lagrad och flytbenägen

Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Ytvatten avleds genom lutning av tomtmark.

PLANERINGSRÅD för denna terrängklass redovisas i avsnitt 6.5.

## GEOTEKNISK TERRÄNGENHET: MORÄN MED MÅTTLIG MARKLUTNING Mn

Egenskaper

Jordlagerföljd: Fast morän (ytmorän) på mycket fast morän (bottenmorän)

Fasthet: Se jordlagerföljd

Grundvatten: <2 m under markytan

Marklutning: Måttlig, 5-10%

Konsekvenser

Bärlighet och grundläggning: Byggnader och anläggningar kan normalt uppföras utan grundförstärkningsåtgärder. Grundläggning med plattor i ursprungliga jordlager.

Sättningar: Små sättningar utbildas under byggnadstiden

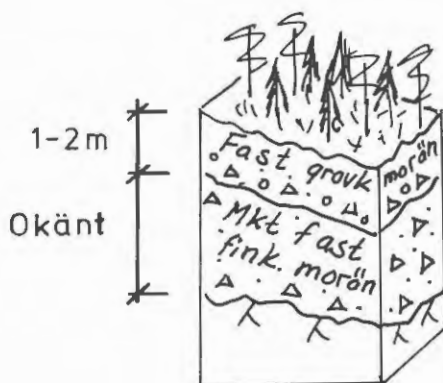
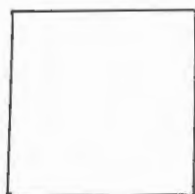
Schaktning: Den övre moränen är lätt schaktad. Den undre är svår schaktad - mycket fast lagrad och flytbenägen

Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Ytvatten avleds genom lutning av tomtmark

## MORÄN MED MÄTTLIG MARKLUTNING 5-10%

KARTBETECKNING

LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Relativt bra byggnadsmark.

Grundläggning och dränering

Marken har mycket goda egenskaper för grundläggning och grundläggning kan ske med sulor, plintar eller platta. För att hålla markbyggnadskostnaderna så låga som möjligt bör man eftersträva ytlig grundläggning och grunda schakter. Vid djupare schakter finns stor risk för grundvatten- och schaktningsproblem. Vattentäta källargrunder och effektiv dränering kan då bli nödvändig.

Avskärande dränering i sluttningarna ovanför byggnader fordras eventuellt även för ytligt grundlagda byggnader.

Schaktning och fyllning

Om schaktningen i huvudsak sker i den övre grovkorniga moränen blir schaktningen problemfri. Byggnader bör därför företrädesvis orienteras med sin längdaxel parallellt med nivåkurvorna.

Den övre grovkorniga moränen kan användas som fyllning.  
Den finkorniga undre moränen är olämplig som fyllning.

Vid djupare schakter som berör den undre finkorniga moränen uppstår troligen grundvatten- och schaktningsproblem.

#### Markenergi och markradon

Se "MORÄN MED LITEN MARKLUTNING" , avsnitt 6.5

#### Geotekniska frågor att utreda

Se generella avsnittet för MORÄN MED LITEN MARKLUTNING, avsnitt 6.5.

GEOTEKNISK TERRÄNGENHET  
MORÄN MED STOR MARKLUTNING Mn

Egenskaper

Jordlagerföljd: Fast morän (ytmorän) på mycket fast morän (bottenmorän)

Fasthet: Se jordlagerföljd

Grundvatten: <2 m under markytan

Marklutning: Stor, 10-20%

Konsekvenser

Bärlighet och grundläggning: Byggnader och anläggningar kan normalt uppföras utan grundförstärkningsåtgärder. Grundläggning med plattor i ursprungliga jordlager.

Sättningar: Små sättningar utbildas under byggnadstiden.

Schaktning: Den övre moränen är lättschaktad. Den undre är svårchaktad - mycket fast lagrad och flytbenägen

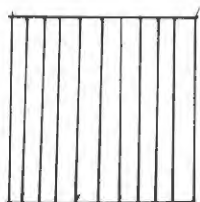
Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Avskärande diken eller dräneringsledningar på tomtmark.



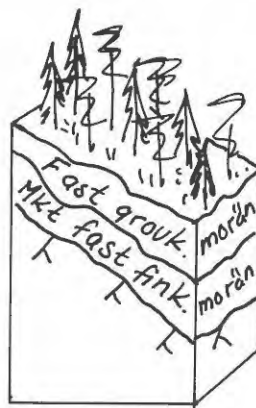
## MORÄN MED STOR MARKKLUTNING 10-20%

KARTBETECKNING

LAGERFÖLJD



1-2 m  
Okänt



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Relativt svår byggnadsmark från topografisk synpunkt.

Grundläggning och dränering

Marken har goda hållfasthetsegenskaper för grundläggning och den kan ske med sulor, plintar eller platta. Djupa schakter bör undvikas. Detta kan ske genom att byggnader och gator till relativt stor del läggs på packad fyllning. På så sätt minskas även grundvattenproblemen. Dränering av sluttningarna ovanför byggnader blir nödvändig.

Schaktning och fyllning

Relativt stora schakt- och fyllningsvolymerna krävs vid exploatering. Lokalt hög blockhalt och eventuellt uppstickande bergklackar försvårar schaktningen.

Geotekniska frågor att utreda

Se generella avsnittet för MORÄN MED LITEN MARKLUTNING. Masshanteringen kan lätt bli stor, varför noggrann terränganpassning medför stora kostnadsbesparingar.

Grundvattenivåer och grundvattenströmning samt dräneringsmöjligheter kräver speciell uppmärksamhet.

Detaljundersökning av "bergfritt djup" och blockhalt bör utföras.

## GEOTEKNISK TERRÄNGENHET

MORÄN MED MYCKET STOR MARKLUTNING Mn

Egenskaper

Jordlagerföljd: Fast morän (ytmorän) på mycket fast morän (bottenmorän)

Fasthet: Se jordlagerföljd

Grundvatten: <2 m under markytan

Marklutning: Mycket stor, >20%

Konsekvenser

Bärighet och grundläggning: Byggnader och anläggningar kan normalt uppföras utan grundförstärkningsåtgärder. Grundläggning med plattor i ursprungliga jordlager.

Sättningar: Små sättningar utbildas under byggnadstiden

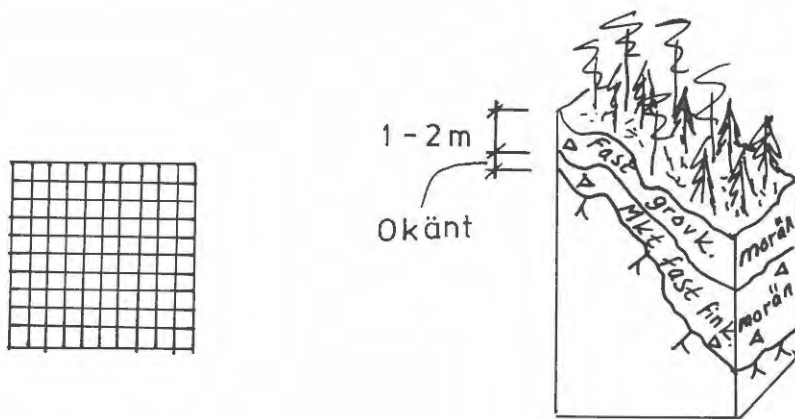
Schaktning: Den övre moränen är lättschaktad. Den undre är svärschaktad - mycket fast lagrad och flytbenägen

Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Avskärande diken eller dräneringsledningar på tomtmark.

## MORÄN MED MYCKET STOR MARKLUTNING &gt;20%

KARTBETECKNING

LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Mycket svår byggnadsmark från topografisk synpunkt.

Grundläggning och dränering

Grundläggning kan normalt ske med sulor, plintar eller platta. Djupa schakter är svåra att undvika. Såväl schaktnings- som grundvattenproblem uppstår därvid i flera fall. Avskärande dräneringar krävs. Mycket noggrann terränganpassning och t ex souterrängbyggnader krävs troligen för att hålla markbyggnadskostnaderna rimliga.

Geotekniska frågor att utreda

Se generella avsnittet för MORÄN MED LITEN MARKLUTNING och MORÄN MED STOR MARKLUTNING.

Vissa delar av marken är inte möjliga att exploatera. I detaljundersökningarna bör dessa partier sällas bort och de delar som är exploateringsbara analyseras fram.

## GEOTEKNISK TERRÄNGENHET

GRUND ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD GO (Fr)

EgenskaperJordlagerföljd: Organisk jord på grovsediment eller moränMäktighet: <1 mLagring: LösGrundvatten: <1 m under markytanKonsekvenser

Bärighet och grundläggning: Mycket låg bärighet och stabilitet. Grundförstärkning erfordras för alla byggnader och anläggningar genom urgrävning och återfyllning med friktionsmaterial eller sprängsten.

Sättningar: Stora sättningar för alla slag av belastning.

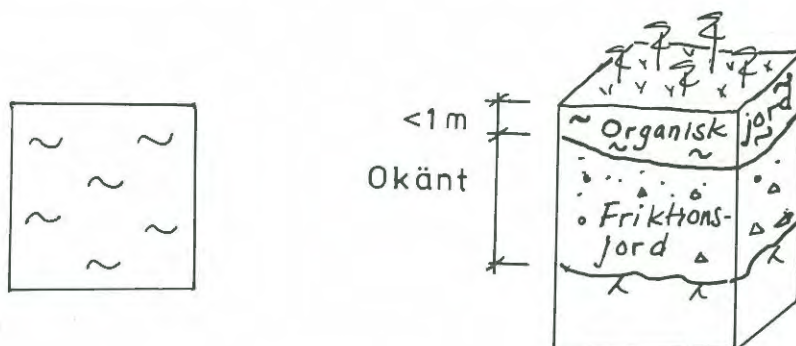
Schaktning: Svår framkomlighet för maskiner och fordon.

Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Ytvatten avleds genom diken eller dräneringsledningar på tomtmark.

## GRUND ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD GO/Fr

KARTBETECKNING

LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Relativt svår byggnadsmark

Grundläggning och dränering

Grundläggning av byggnader får ej ske direkt på organisk jord. Grundförstärkning i form av urschaktning och packad återfyllning med friktionsmaterial/sprängsten krävs. För lätta och sättningståliga objekt typ lekplatser och bollplaner kan t ex förbelastning behöva utföras.

Högt grundvattenstånd medför att dränering måste ske. Dräneringsåtgärderna kan minskas genom höjning av marknivån.

Ytlig grundläggning medför betydligt mindre dräneringsåtgärder än t ex källargrundläggning.

Schaktning och fyllning

Torvjorden är lättschaktad. Den är inte användbar som fyllning. Fyllningsmassor måste hämtas utanför området.

### Markenergi

Marken kan vara lämplig för ytjordvärme.

### Markradon

Risken för höga markradonflöden är beroende på fyllningsmateriallets radonavgång. Torvjorden är normalt ofarlig från radonsynpunkt.

### Geotekniska frågor att utreda

Torvjordens mäktighet och underliggande jordlagars sammansättning och fasthet bestäms närmare. Grundvattennivån, risken för översvämning och dräneringsmöjligheter är viktiga frågor att utreda. Vid behov undersöks torvjordens lämplighet för ytjordvärme. Fyllningsmaterials radonfarlighet bör klarläggas innan grundläggningssätt för bostadshus bestäms.

## GEOTEKNISK TERRÄNGENHET

MÄKTIG ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD M O/Fr

EgenskaperJordlagerföljd: Organisk jord på grovsediment eller moränMäktighet: >1 mLagring: LösGrundvatten: <1 m under markytanKonsekvenser

Bärighet och grundläggning: Mycket låg bärighet och stabilitet. Grundförstärkning erfordras för alla byggnader och anläggningar genom urgrävning och återfyllning med friktionsmaterial eller sprängsten

Sättningar: Mycket stora sättningar för alla slag av belastningar.

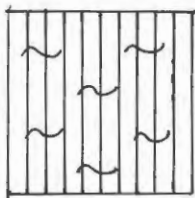
Schaktning: Svår framkomlighet för maskiner och fordon. Hög grundvattenivå medför att länshållning erfordras.

Dränering och ytvattenavledning: Dräneringsledningar för byggnader. Ytvatten avleds genom diken eller dräneringsledningar på tomtmark.

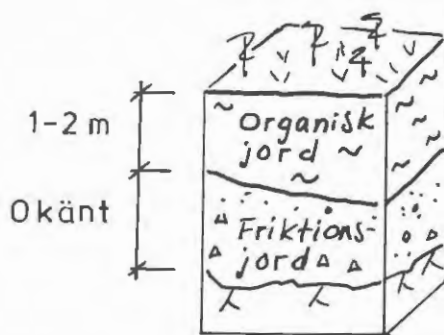


## MÄKTIG ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD

KARTBETECKNING



LAGERFÖLJD



## PLANERINGSRÅD

Allmänt omdöme: Svår-mycket svår byggnadsmark

Grundläggning och dränering

I princip gäller samma planeringsråd som för GRUND ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD.

Schaktnings- och fyllningsmassornas volym blir emellertid betydligt större än för ovannämnda terrängklass.

Schaktning och fyllning; Markradon

Se GRUND ORGANISK JORD PÅ FRIKTIONSJORD

Markenergi

Torven kan eventuellt vara lämplig för ytjordvärme eller som markenergilager.

Geotekniska frågor att utreda

Torvjordens mäktighet bör bestämmas närmare. Grundvattennivå, risken för översvämning och dräneringsmöjligheter är viktiga frågor att utreda. Kalkyler av markbyggnadskostnader bör utföras i tidigt planeringsskede.

Vid behov undersöks torvjordens lämplighet för ytjordvärme eller som markenergilagring. Fyllningsmaterials radonfarlighet bör klarläggas innan grundläggningssätt för bostadshus bestäms.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
Swedish Geotechnical Institute  
S-581 01 Linköping  
Tel: 013/11 51 00

Serien "Rapport" ersätter våra tidigare serier: "Proceedings" (27 nr), "Särtryck och Preliminära rapporter" (60 nr) samt "Meddelanden" (10 nr).

The series "Report" supersedes the previous series: "Proceedings" (27 Nos), "Reprints and Preliminary Reports" (60 Nos) and "Meddelanden" (10 Nos).

RAPPORT/REPORT

No.		År	Pris kr (Sw.crs)
1.	Grundvattensänkning till följd av tunnelsprängning. <i>P. Ahlberg, T. Lundgren</i>	1977	50:-
2.	Påhängskrafter på långa betongpålar. <i>L. Bjerin</i>	1977	50:-
3.	Methods for reducing undrained shear strength of soft clay. <i>K.V. HeleneLund</i>	1977	30:-
4.	Basic behaviour of Scandinavian soft clays. <i>R. Larsson</i>	1977	40:-
5.	Snabba ödometerförsök. <i>R. Karlsson, L. Viberg</i>	1978	25:-
6.	Skredriskbedömningar med hjälp av elektromagnetisk fältstyrkemätning - provning av ny metod. <i>J. Inganäs</i>	1978	40:-
7.	Förebyggande av sättningar i ledningsgravar - en förstudie. <i>U. Bergdahl, R. Fogelström K.-G. Larsson, P. Liljekvist</i>	1979	40:-
8.	Grundläggningskostnadernas fördelning. <i>B. Carlsson</i>	1979	25:-
9.	Horisontalarmerade fyllningar på lös jord. <i>J. Belfrage</i>	1981	50:-

## RAPPORT/REPORT

No.		År	Pris kr (Sw.crs)
10.	Tuveskredet 1977-11-30 Inlägg om skredets orsaker.	1981	50:-
11a.	Tuveskredet geoteknik		
11b.	Tuveskredet geologi	1981	50:-
11c.	Tuveskredet hydrogeologi	1981	40:-
12.	Drained behaviour of Swedish clays. <i>R. Larsson</i>	1981	50:-
13.	Long term consolidation beneath the test fills at Väsby, Sweden <i>Y.C.E. Chang</i>	1981	100:-
14.	Bentonittätning mot lakvatten <i>T. Lundgren, L. Karlqvist, U. Qvarfort</i>	1982	60:-
15.	Kartering och klassificering av lerområdets stabilitetsförut- sättningar. <i>L. Viberg</i>	1982	80:-
16.	Geotekniska fältundersökningar. Metoder - Erfarenheter - FoU-behov. <i>E. Ottosson (red.)</i>	1982	60:-
17.	Symposium on Slopes on Soft Clays.	1983	190:-
18.	The Landslide at Tuve November 30 1977. <i>R. Larsson, M. Jansson</i>	1982	75:-
19.	Släntstabilitetsberäkningar i lera Skall man använda totalspänningsanalys, effektivspänningsanalys eller kombinerad analys? <i>R. Larsson</i>	1983	60:-
20.	Portrycksvariationer i leror i Göte- borgsregionen. <i>J. Berntson</i>	1983	150:-
21.	Tekniska egenskaper hos restpro- dukter från kolförbränning - en laboratoriestudie. <i>B. Möller, G. Nilson</i>	1983	65:-

## RAPPORT/REPORT

No.		År	Pris kr (Sw.crs)
22.	Bestämning av jordegenskaper med sondering - en litteraturstudie. <i>U. Bergdahl, U. Eriksson</i>	1983	75:-
23.	Geobildtolkning av grova moräner. <i>L. Viberg</i>	1984	70:-
24.	Radon i jord -Exhalation-vattenkvot -Årstidsvariationer -Permeabilitet <i>A. Lindmark, B. Rosén</i>	1984	75:-
25.	Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering. <i>L. Viberg</i>	1984	120:-

**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**

**Besöksadr.: Olaus Magnus väg 35, LINKÖPING**

**Postadr.: 581 01 LINKÖPING, tel 013-11 51 00**