

8 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR, PROVPÅLNING

8.1 Allmänt

Erfarenheter visar att det ej räcker med att, i de geotekniska undersökningarna, konstatera att pålning erfordras. Man måste också skaffa sig sådana upplysningar om jord-, berg- och grundvattenförhållandena att man redan i utrednings- och projekteringskedena kan bedöma lämplig påltyp, pålbarhet, erforderlig pållängd, lämplig verifieringsmetod, risk för vibrationer, sättningar eller hävningar i omgivningen, risk för korrosion på stål eller betong eller röta i trä etc. Sådana uppgifter kan erhållas genom en utvidgad och/eller kompletterande geoteknisk undersökning. Det är dock ej alltid möjligt att enbart utifrån resultaten av dessa undersökningar bedöma vilken påltyp som skall användas. I sådana fall kan det bli aktuellt med provpålning.

I Nybyggnadsreglerna (NR) ställs vissa krav på geotekniska utredningar. Utredningens detaljeringsgrad skall anpassas till konstruktionens geotekniska klass. I geoteknisk klass 1 (GK1) kan undersökningarna inskränkas till en kontroll i fält, vanligen genom sondering, av eventuellt förekommande lösa, kompressibla jordlager. I GK2 skall geotekniska fält- och laboratorieundersökningar utföras i sådan omfattning att information erhålls om jord-, berg- och grundvattenförhållandena i de avseenden som har betydelse för geokonstruktionens funktion och omgivningspåverkan. I GK3 skall den geotekniska utredningen ha minst den omfattning som anges för GK2. Dessutom skall de specialundersökningar utföras som är erforderliga med hänsyn till de speciella svårigheter som medfört att geokonstruktionen skall behandlas i GK3.

Detta avsnitt behandlar de särskilda geotekniska undersökningar som finns anledning utföra för pålningsarbeten. Inledningsvis beskrivs syfte och undersökningsstrategi. Därefter redovisas lämpliga undersökningsmetoder. Bedömning av pålbarhet behandlas särskilt i avsnitt 8.5. Provpålning beskrivs i avsnitt 8.6. I avsnitt 8.7 behandlas kortfattat hur redovisning av

undersökningsresultat bör utföras. Standarder för laboratorie- och fältundersökningar listas i avsnitt 8.8.

Kontroll vid pålningsarbeten och omgivningspåverkan vid pålnings behandling behandlas separat i avsnitt 10 respektive 7.

8.2 Syfte med undersökningar för pålningsarbeten

8.2.1 Pålars verkningsätt

Av den geotekniska undersökningen bör framgå vilket verkningsätt pålarna förväntas ha vid aktuella geotekniska förhållanden. Man skiljer normalt mellan:

- Spetsburna pålar
- Friktionspålar
- Kohesionspålar

Med hänsyn till pålarnas verkningsätt syftar undersökningarna till att:

- för spetsburna pålar ge underlag för bedömning av förväntade pålstoppnivåer
- för friktionspålar ge underlag för beräkning av bärförmåga vid olika pållängder och sättningar för pålgrupper
- för kohesionspålar ge underlag för beräkning av bärförmåga vid olika pållängder och sättningar för pålgrupper

Vid lösa och kompressibla jordlager (främst lös lera) syftar undersökningarna dessutom till att ge underlag för dimensionering med avseende på påhängskrafter och knäckning. Undersökningarna bör också ge svar på jordens förmåga att ta upp horisontallaster, som överförs till jorden via pålarna.

8.2.2 Pålars beständighet

Med hänsyn till pålarnas beständighet är syftet med de geotekniska undersökningarna att ge underlag för bedömning av jordens och grundvattnets korrosivitet gentemot betong eller stål. För träpålar erfordras uppgift om grundvattenförhållandena dels vid byggnadstillfället och dels under byggnadens använd-

ningstid, för att bedöma risken för rötangrepp. Dessa uppgifter är avgörande för verkets beständighet.

8.23 Pålningens utförande

Med hänsyn till pålningsarbetets utförande syftar de geotekniska undersökningarna till att ge underlag för bedömning av:

- **påltyp** (Med påltyp avses här såväl pålmaterial som erforderliga beslag, t ex pålskor. Påltypens slagbarhet beaktas).
- **pålbarhet** (Härmed avses jordens egenskaper vid installation av pålar och risk för bortslagning av pålar).
- **lämplig slagningsutrustning** (Kombinationen slagningsutrustning – påle (drivbarhet) och risker för skador på omgivningen beaktas. Skaderisker kan medföra att man måste ha restriktioner för vilken slagningsutrustning som får användas för visst arbete. Gällande krav på bullernivåer måste också beaktas vid val av pålningsutrustning).
- **pålslagningsordning**
- **markens (schaktbottens) bärförmåga med hänsyn till framkomlighet för pålkranar**
- **speciella åtgärder som t ex prylning, förborrnig eller lerproppsdragning**

8.24 Omgivningspåverkan vid pålningsarbeten

De geotekniska undersökningarna syftar till att ge underlag för bedömning av risker för skador på omgivande mark, gator, ledningar och byggnader vid utförande av pålningsarbeten. Det kan gälla risker för sättningar, markhävning, vibrationer, portrycksökning, jordförskjutning (skredrörelser), hållfasthetsnedsättning eller påhängskrafter på pålar.

8.3 Undersökningsstrategi

Tidigare utförda geotekniska undersökningar eller lokalkännedom ger ofta en preliminär uppfattning om platsens jordlagerföljd. I inledande skeden görs annars undersökningar av översiktlig karaktär. Inför planering och projektering görs normalt vissa undersökningar som syftar till att klargöra bl a

grundläggningssätt för byggnader, broar, vägar mm. Dessa undersökningar omfattar normalt sondering, provtagning och grundvattenobservationer så att jordlagerföljd, jordmäktighet och grundvattenförhållanden, dvs områdets geologiska och hydrogeologiska uppbyggnad i stort blir klarlagd. Som ett led i undersökningarna görs vanligen också en inventering av tidigare utförda pålningar i närområdet.

Värdefull information kan finnas hos kommunala geogrupeer, arkiv och databanker. Grundvattennät och geodatabanker över utförda undersökningar och pålningsarbeten finns hos vissa kommuner, entreprenörer och statliga verk. Sådan information bör inventeras och utnyttjas i de fortsatta undersökningarna.

Grundläggningsstatus för befintliga byggnader, vegetationsförhållanden, ledningar och kablar samt eventuella hinder i mark (exempelvis fyllningar eller grundrester) bör utredas och beskrivas i de inledande geotekniska undersökningarna eller i allmänna beskrivningar över byggnadsobjektet.

När det klarlagts att grundläggning med pålar blir aktuellt utförs de särskilda undersökningar som behövs för att närmare klarlägga förutsättningarna för pålningen, jfr avsnitt 8.1.

8.4 Undersökningsmetoder och rekommendationer

I de följande avsnitten ges olika alternativ till undersökningsmetoder som används i samband med geotekniska undersökningar för pålningsarbeten. Undersökningsmetoderna beskrivs kortfattat och för pålar med olika verkningssätt ges rekommendationer för val av metoder. En sammanställning av undersökningsmetoder vid undersökningar för pålningsarbeten redovisas i tabellform i avsnitt 8.43.

Datorsimulering av påslagning är ett kompletterande hjälpmedel för bedömning av lämplig slagningstrustning, förväntad slagningsskapacitet och bärförmåga vid olika stoppslagningvillkor. I vissa fall kan sådana bedömningar göras direkt utifrån undersökningsresultat och lokal erfarenhet från området.

8.41 Metodbeskrivningar

I följande text anges användningsområde och begränsningar för flertalet av de undersökningsmetoder, som är aktuella vid undersökningar för pålningsarbeten. Metoderna har indelats i följande grupper:

- Geofysiska metoder
- Sonderingar
- Provtagningar
- In situ-metoder
- Laboratoriemetoder
- Grundvattenmätningar

För flertalet av de angivna metoderna finns svensk och/eller internationell standard, jfr avsnitt 8.8.

En metod som utvecklats på senare tid är kombisondering. Metoden är en kombination av mekanisk trycksondering och hejarsondering (metod HfA), jfr Bergdahl m fl (1990).

På senare tid har även metodik utvecklats som möjliggör bedömning av bärförmågan för pålar utifrån stötvågmätningar på sonderingsstänger. En utveckling av denna metodik kan förväntas, jfr Eriksson (1990), Berglars et Wikström (1990) och Weiner et Åstedt (1991).

Geofysiska metoder

- Seismik
Seismik används huvudsakligen för att bestämma jorddjup (djup till berg) och i vissa fall djup till fast morän.

Sonderingar

- Viktsondering (Vim)
Viktsondering används för att översiktligt bestämma jordlagerföljd och fasthet hos lösare jordlager.
- Totaltrycksondering eller mekanisk trycksondering (TrT)
Trycksondering används för att bestämma jordlagerföljd och fasthet hos lösare jordlager.
- Spetstrycksondering med mätning av mantelfriktion och portryck (CPT[u]).
Spetstrycksondering är den sonderingsmetod som ger bäst information om jordlagerföljd och fasthet hos lösare jordlager. Även andra egenskaper hos jorden kan utvärderas ur resultat från spetstrycksondering.

- Hejarsondering, metod A (HfA)
Hejarsondering används för grov bedömning av jordlagerföljd och för bedömning av förväntade pållängder för slagna spetsburna pålar. Hejarsondering enligt metod A är den sonderingsmetod som ger bäst information om förväntad pålstoppnivå. Metoden ger också information om jordens egenskaper i fasta jordar, där andra (lättare) sonderingsmetoder ej kan användas.
- Motorslagssondering (Slb)
Motorslagssondering används för grov bedömning av förväntade pållängder.
- Jord-bergsondering (Jb)
Jord-bergsondering är den enda metod där djupet till berg med säkerhet kan bestämmas. Metoden ger även en viss uppfattning om jordens blockighet och ytbergets egenskaper.

Provtagningar

- Kolvprovtagning, ostörd provtagning (Kv)
Med kolvprovtagaren upptas s k ostörda prover. Detta är endast möjligt i kohesionsjordar och mellanjordarter (silt). Ostörda jordprover används för rutinundersökningar och för laboratoriebestämning av hållfasthets- och sättningsegenskaper.
- Spetsprovtagning, störd provtagning (Ps)
Spetsprovtagning används för upptagning av s k störda prover vid punktvis provtagning i fastare friktionsjord och fast kohesionsjord samt vid provtagning på relativt stora djup. Prover tagna med spetsprovtagare används främst för jordartsbestämning och vissa rutinundersökningar. Laboratorieförsök kan göras på inpackade prover.
- Skruvprovtagning, störd provtagning (Skr)
Skruvprovtagaren används för upptagning av s k störda prover främst i finkorniga jordar ned till omkring 5 m djup eller undantagsvis till 10–15 m djup. Normalt är det svårt att ta upp prover under grundvattenytan i friktions- och mellanjordar. Prover tagna med skruvprovtagare används för jordartsbestämning och vissa rutinundersökningar. Laboratorieförsök kan göras på inpackade prover.
- Kannprovtagning, störd provtagning (K)
Kannprovtagaren används vid störd punktvis provtagning i

fastare jord, särskilt under grundvattenytan. På prover tagna med kannprovtagare görs samma undersökningar som på störda (prover tagna med spets- och skruvprovtagare).

- **Moränprovtagning, störd provtagning**
Moränprovtagaren används för tagning av s k störda prover i morän men även i grus, sand, silt och lera, såväl över som under grundvattenytan. Prover tagna med moränprovtagare används för jordartsbestämning och vissa rutinundersökningar.

In situ-metoder

- **Vingförsök (Vb)**
Vingsonden används för bestämning av odränerad skjuvhållfasthet och sensitivitet hos kohesionsjord.
- **Pressometerförsök (Pm)**
Pressometerförsök används för bestämning av hållfasthets- och deformationsegenskaper främst i fast lera, silt och sand.
- **Dilatometerförsök**
Dilatometerförsök används för jordartsbedömning samt för bestämning av hållfasthets- och deformationsegenskaper i silt, sand och överkonsoliderad lera. Metoden är ej tillämplig i grusiga och steniga eller andra fastare jordar.

Laboratoriemetoder

- **Rutinundersökningar**
Rutinundersökning på prover upptagna vid störd provtagning innebär jordartsklassificering samt bestämning av vattenkvot och konflytgräns. Rutinundersökning på ostörda prover innefattar dessutom bestämning av skrymdensitet samt bestämning av odränerad skjuvhållfasthet (ostörd och omrörd) genom konförsök.
- **Ödometerförsök (kompressionsförsök)**
Ödometerförsök används för bestämning av kompressionsegenskaper hos finkornig jord. Vid ödometerförsök kan belastning påföras provet antingen stegvis eller med konstant deformationshastighet (Constant Rate of Strain, CRS).
- **Direkt skjuvförsök**
Direkta skjuvförsök används för bestämning av odränerad eller dränerad skjuvhållfasthet hos finkornig jord.

Grundvattenmätningar

- **Öppna mätsystem**
Ett öppet mätsystem består antingen av ett nertill perforerat rör eller en filterspets kopplad till en plastslang och används för mätning av grundvattentryck (grundvattennivå) i relativt vattengenomsläpplig jord.
- **Slutna mätsystem (portrycksmätningar)**
Slutna mätsystem består av rör försedda med filterspetsar och ett pneumatiskt, hydrauliskt eller elektriskt mätsystem. Dessa mätsystem används vid mätning av portryck i lera samt vid mätning av snabba tryckförändringar i andra relativt täta jordar.

8.42 Rekommenderade undersökningar

I följande text anges undersökningsmetoder som kan rekommenderas för spetsburna pålar, friktionspålar och kohesionspålar. Pålar har ibland ett kombinerat verkningssätt. Så har t ex en huvudsakligen spetsburen påle oftast också en viss mantelbärförmåga. Detta innebär att flera av avsnitten nedan kan vara aktuella. I texten behandlas frågeställningar som de geotekniska undersökningarna skall ge svar på. Härutöver skall undersökningarna också ge underlag för bedömning av risker för skador på omgivande mark, ledningar, gator och byggnader samt vilket sidostöd som erhålls för pålarna. Sidostödet är avgörande för risken för knäckning. I områden med fyllning måste man normalt klarlägga fyllningens tjocklek och sammansättning genom exempelvis provgroppgrävning.

Undersökningarna måste ha sådan omfattning att de täcker in hela det aktuella pålningsområdet. De bör ha sådan omfattning att man kan bedöma såväl medellängd som maximi- och minimilängd för pålarna.

Spetsburna pålar

Undersökningar för spetsburna pålar skall bilda underlag för bedömning av bl a påltyp, pålbarhet, förekommande hinder i mark, förväntad pålstoppnivå, eventuella påhängskrafter på pålarna samt markytans och schaktbottens bärförmåga.

Medelpållängden används ibland som bas för kostnadsregleringar. Uppgifter om maximilängder bedöms bl a med hänsyn till behov av skarvar. Bedömning av förväntad pålstoppnivå

skall baseras på undersökningsresultaten men också på tidigare erfarenheter av pålningsarbeten och s k bergkontroll. Grundar sig bedömningen enbart på sonderingsresultat (annan sondering än jord-bergsondering) finns risk att lösa jordlager under fasta lager kan förbises.

Verifieringen av pålarnas bärförmåga baseras primärt ej på undersökningsresultaten från utförda geotekniska undersökningar. Bärförmågan för spetsburna pålar verifieras genom stoppslagning. Stoppslagning villkor bestäms antingen genom provpålning och stötvågsmätning eller med ledning av väl dokumenterad och systematiserad erfarenhet (s k stoppslagningsschabloner).

Följande undersökningsmetoder rekommenderas för spetsburna pålar:

1. Refraktionsseismik

Seismik används främst som komplement till övriga undersökningsmetoder, speciellt vid eller över vattendrag, där det är kostsamt och besvärligt att utföra sonderingar, provtagningar och in situ undersökningar.

2. Sondering

- Hejarsondering enligt metod A (HfA) används normalt. Sonderingen avbryts vid s k bergsvar, dvs då hejaren studsar och ingen sjunkning erhålls. I annat fall avbryts sonderingen då motståndet är 200 à 300 slag/0,2 m sjunkning under 3–5 på varandra följande slagserier om 0,2 m. Vid lös jord lagrad direkt på berg används även hejarsondering enligt metod B (äldre metod).
- Viktsondering kombinerad med motorslagssondering används för att bedöma pållängder när jordlagerförhållandena enligt tidigare undersökningar är "enkla", exempelvis vid distinkta övergångar mellan lös jord och fast jord/berg.
- Jord-bergsondering används för att bestämma bergnivån (s k bergkontroll) vid stora jorddjup och där man kan mistänka att andra utförda sonderingar ej tränger ner till jord med erforderlig fasthet eller till berg. Jord-bergsondering används med fördel som komplement till övriga sonderingar. Därigenom erhålls ett betydligt säkrare underlag för bedömningen av förväntade pållängder. För kontroll av bergnivån vid t ex lutande berg och för bestämning av blockföre-

komster i jorden är jord-bergsondering den enda undersökningsmetod som kan tillämpas.

3. Provtagning

Provtagning utförs oftast punktvis (ej kontinuerligt) genom jordlagren. I lera tas normalt ostörda prover med kolvprovtagare, eftersom laboratorieundersökningar av leran ofta erfordras för andra bedömningar än själva pålningen, exempelvis för bedömning av risk för knäckning och påhängskrafter. I övrigt tas störda jordprover med provtagningspets eller moränprovtagare.

4. In situ-metoder

Vingförsök utförs för bestämning av jordens odränerade skjvuhåll fasthet.

5. Grundvattenmätning

Grundvattenmätning utförs i lera genom porttrycksmätning (slutet mätsystem) och i vattengenomsläpplig jord med öppet mätsystem. Mätresultaten används vid val av påltyp och vid värdering av risk för påhängskrafter på pålarna.

Friktionspålar

Undersökningar för friktionspålar skall bilda underlag för värdering av pålars bärförmåga (erforderlig pållängd), sättningar för pålgrupper, schaktbottnens bärförmåga samt pålbarhet. Med pålbarhet avses här klarläggande av förekommande hinder i mark, blockighet och risk för s k falska pålstopp.

Följande undersökningsmetoder rekommenderas för friktionspålar:

1. Sondering

Indikationer på jordens lagerföljd och jordens beteende vid pålslagning erhålls bäst om flera sonderingsmetoder kombineras, t ex tryck- och hejarsondering eller vikt- och hejarsondering.

- Spetstrycksondering drivs till stopp eller avbryts då utrustningens praktiska neddrivningskapacitet uppnåtts. Spetstrycksondering används som underlag för beräkning av pålars bärförmåga och pålgrupperns sättning. Resultaten ger även underlag för bedömning av omgivningspåverkan.
- Viktsondering drivs till stopp eller avbryts vid ett motstånd av 100 halvvarv/0,2 m under tre på varandra följande serier

om 0,2 m. Viktsonderingsresultat ger underlag för bedömning av jordlagerföljd och jordens relativa fasthet. Metoden har begränsad neddrivningsförmåga i siltiga och fastare jordar.

- Motorslagssondering används som komplement till viktsondering samt för bedömning av sten- och blockförekomster. Sonderingarna visar att "erforderligt" djup finns för friktionspålar (s k bergfritt djup).
- Hejarsondering enligt metod A drivs till stopp eller avbryts vid 200 à 300 slag/0,2 m sjunkning under 3–5 på varandra följande slagserier. Vid stora jorddjup (> 40 m) avbryts sonderingen även om s k fast botten ej nåtts. I någon punkt bör sonderingen drivas till fast botten eller till minst en halv pållängds djup under planerad pålspetsnivå. Hejarsonderingsresultat används för en grov bedömning av jordens relativa fasthet samt för bedömning av erforderlig pållängd.

2. Provtagning

Provtagningen bör utsträckas till ett djup motsvarande pålgruppens bredd under pålspetsarna. Provtagning utförs normalt som störd provtagning till minst planerad pålspetsnivå. Om lösare skikt noterats på större djup kan prov behöva tas ännu djupare. Vid homogena jordlager tas prov varje 2 à 3 m. Vid siltig jord och jord med lerskikt eller organiskt inslag kan det även bli nödvändigt att ta ostörda jordprover med kolvprovtagare.

3. In situ-metoder

Resultat från pressometer- och dilatometerförsök används direkt vid beräkning av friktionspålars bärförmåga och även vid beräkning av sättningar. In situ-metoderna kan reducera antalet övriga provningar och används ofta som komplement till sondering och provtagning.

4. Grundvattenmätning

Grundvattenmätningar utförs normalt med öppna mätsystem. Uppgift om grundvattenytan erfordras vid beräkning av pålarnas bärförmåga och sättningar för pålgrupper.

Kohesionspålar

Undersökningar för kohesionspålar skall bilda underlag för beräkning av pålars bärförmåga (erforderlig pållängd), schaktbottens bärförmåga, sättningar för pålgrupper samt bedömning av hållfasthetsförändringar i jorden i samband med pål-

slagning. Eventuella förekomster av hinder i mark skall också klarläggas genom undersökningarna.

Följande undersökningsmetoder rekommenderas för kohesionspålar:

1. *Sondering*

Spetstrycksondering eller totaltrycksondering används främst för bestämning av de lösa jordlagrens mäktighet och relativa fasthet. Det är viktigt att dessa lagars mäktighetsvariationer klarläggs inom det aktuella pålningsområdet.

2. *Provtagning*

Kolvprovtagning används främst för bestämning av jordens konsolideringsgrad och sättningsegenskaper. Normalt bestäms jordens kompressionsegenskaper genom ödometerförsök på, med kolvprovtagare upptagna, ostörda jordprover. Provtagning bör utföras till minst ett djup under pålspetsarna motsvarande pålgruppens bredd.

3. *In situ-metoder*

Vingförsök utförs till minst aktuellt påldjup för bestämning av jordens odränerade skjuvhållfasthet. Dilatometerförsök används som komplement för bedömning av odränerad skjuvhållfasthet och kompressionsegenskaper.

4. *Grundvattenmätning*

Portrycksmätning utförs i kohesionsjord normalt med slutet mätsystem. Uppgift om portrycket i jorden erfordras för beräkning av sättningar för pålgrupper.

8.43 Sammanställning av undersökningsmetoder

I en rapport från Pålkommisionens Geogrupp (1984) har ett underlag för val av undersökningsmetoder presenterats. I Tabell 8.43:4 redovisas ett bearbetat och delvis förändrat underlag, dvs en sammanställning av metoder, som kan vara aktuella att tillämpa vid undersökningar för pålningsarbeten. Tabellen innehåller förslag till val av metod/-er för pålar med olika verkningssätt i olika jordlayersituationer.

I tabellen markeras metoder som normalt bör ingå i en undersökning med ett kryss (x) medan tillkommande rekommende-

rade metoder eller alternativa metoder markeras med ett plus-tecken (+). Lämplig omfattning av respektive undersökning för ett visst projekt beror av förundersökningarnas omfattning samt projektets storlek och svårighetsgrad och kan därför ej anges generellt. Ibland kan lokal erfarenhet av vissa undersökningsmetoder göra att en alternativ metod är lämpligare än de metoder som normalt rekommenderas.

Uppgifterna i Tabell 8.43:4 kan vara till hjälp vid upphandling av geotekniska undersökningar för pålningsarbeten. Tabellen kan då användas som underlag vid upphandlingsdiskussioner och tillämpas i de delar som är giltiga i den aktuella situationen. En onyanserad tillämpning av tabellen utan att beakta förhållandena i den aktuella situationen bör ej ske.

En klassificering av jordlager för pålar med olika verkningsätt har gjorts i Tabell 8.43:1, 8.43:2 och 8.43:3. Jordartsbeteckningar (inom parentes) i dessa tabeller används i Tabell 8.43:4.

Tabell 8.43:1. Jordlager för spetsburna pålar.

Lös lera underlagrad av silt på morän på berg (S1).

Lös och skiktad friktionsjord (silt/sand/grus) eventuell överlagrad av lera, fastare mot djupet och underlagrad av morän på berg (S2).

Stenfria lösa sediment på moränlera eller överkonsoliderad lera på löst berg (S3).

Tabell 8.43:2. Jordlager för friktionspålar.

Silt (F1)

Sand och grus (F2).

Tabell 8.43:3. Jordlager för kohesionspålar

Normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad lera (K1)

Överkonsoliderad lera (K2)

Tabell 8.43:4. Sammanställning av undersökningsmetoder för pålningsarbeten för normala byggnader

Undersökningsmetod	Spetsburna pålar			Friktionspålar		Kohesionspålar	
	S1	S2	S3	F1	F2	K1	K2
<i>Geofysiska metoder</i>							
Seismik	+	+					
<i>Sonderingar</i>							
Viktsondering kombinerad med motorslagsondering	+	+	+		+		+
Totaltrycksondering	+	+	+	+	+	+	+
Spetstrycksondering	+	+	+	x	+	x	x
Hejarsondering (HfA)	x	x	x	x	x		+
Jord-bergsondering	+	+					
<i>Provtagningar</i>							
Kolvprovtagning	x	+	+			x	x
Spetsprovtagning	+	+	+	x	x		+
Skruvprovtagning				+	+		
Kannprovtagning				+	+		
Moränprovtagning	+	+	+				
<i>In situ-metoder</i>							
Vingförsök	x	+				x	x
Pressometerförsök				+	+		+
Dilatometerförsök				+	+		+
<i>Laboratoriemetoder</i>							
Rutinundersökningar	x	+	+	x	x	x	x
Ödometerförsök	x	+				x	x
Direkt skjuvförsök				+	+		+
<i>Grundvattenmätningar</i>							
Öppet system	x	+	+	x	x	+	
Slutet system	x	+				x	

Teckenförklaring

S1 = Lös lera/Morän/Berg

x = Bör normalt ingå

S2 = (Le)/Fr/Mn/B

S3 = Le eller Fr/LeMn/B

+ = Tillkommande rekommenderad metod (i vissa fall alternativ till x-metoder)

F1 = Si

F2 = S, Gr

K1 = Le (normalkonsoliderad)

K2 = Le (överkonsoliderad)

8.5 Bedömning av pålbarhet

8.51 Allmänt

Med pålbarhet avses en egenskap hos jordlagren vid installation av pålar. För slagna pålar är jordens slagningsmotstånd, risk för bortslagning (t ex vid hinder i mark) och variationer i pållängder olika uttryck för pålbarhet. Inför en pålslagning bör pålelementets slagbarhet, och kombinationen slagningsutrustning – påle (drivbarheten) också värderas.

Syftet med att i förväg bedöma pålbarhet, slagbarhet och drivbarhet i ett pålningsprojekt är flera. Bedömningen skall:

1. Utgöra underlag för val av lämplig påltyp och slagningsutrustning.
2. Ge byggherre och anbudsgivare en bas för kalkylering av pålningskostnaden.
3. Utgöra underlag för upprättande av tidplaner.
4. Åstadkomma en i möjligaste mån rättvis fördelning av pålningskostnader mellan olika objekt.
5. Reducera risken för extrakostnader, reservationer och tvister.

De geotekniska undersökningarna och övriga tillgängliga uppgifter bör utvärderas med avseende på pålbarhet. Erfarenheter visar att det främst i siltiga jordar kan vara svårt att förutsäga pålbarheten, även om jordlagren undersökts noggrant. Ett forskningsprojekt pågår för närvarande (1992) med syfte att finna samband mellan sonderingsmotstånd och slagningsmotstånd för pålar i siltiga, sandiga jordar.

I följande text kommenteras slagningsmotstånd, bortslagning av pålar samt pållängdsbedömningar.

8.52 Slagningsmotstånd

Ett förslag till indelning i fyra slagningsklasser för betongpålar presenterades redan 1982 i ett informationsblad från Pålkommisionen. Den då föreslagna indelningen i slagningsklasser

har dock ej vunnit tillämpning i branschen. I vissa fall beskrivs dock förväntat slagningsarbete verbalt utan särskild klassindelning.

Slagningsförhållandena bör beskrivas i förfrågningsunderlag för pålningsarbeten, även om indelning i slagningsklasser ej görs. Ett sätt att beskriva slagningsmotståndet är att ange förväntat antal slag per påle (eller antal slag per 0,2 m sjunkning). Härvid bör anges vilken eller vilka påltyper och slagningsutrustningar som bedömningen avser.

8.53 Bortslagning av pålar

Bortslagningsprocenten skall beräknas som antalet bortslagna pålmeter i förhållande till det totala antalet meter pålar för objektet eller enheten. Om uppgifter om förväntad bortslagning lämnas skall också anges vilken påltyp och slagningsutrustning som bedömningen avser. Bortslagning av pålar kan klassificeras enligt Tabell 8.53:1. Tabellen är hämtad från ett Informationsblad från Pålkommisionen, utgivet 1982.

Tabell 8.53:1. Bortslagning av pålar, klassificering

Låg	Måttlig	Stor
0–5 %	5–12 %	> 12 %

Geotekniska undersökningar kan ge en indikation på risken för bortslagning (blockighet, släntberg mm). Därutöver finns normalt erfarenheter från tidigare utförda pålningsarbeten som kan bilda underlag för bedömning av förväntad bortslagningsprocent. Vid reglering av pålningsarbeten ersätts ej bortslagna pålar, såvida inte särskild överenskommelse härom görs.

8.54 Pällängder

Förväntade pällängder anges ofta som medelpällängder. Ett alternativt och ofta bättre sätt är att ange förväntade pålstoppsnivåer genom nivålinjer på en planritning.

8.6 Provpålning

Med provpålning avses här provpålning i projekteringskedet eventuellt i kombination med statisk eller dynamisk provbelastning. Provpålning i samband provbelastning samt metoder för statisk och dynamisk provbelastning beskrivs i avsnitt 9.

Provpålning är motiverad i fall där man förväntar sig svårigheter vid pålningsarbetet på grund av t ex lutande berg, stor blockförekomst i jorden eller i övrigt förväntad svår neddrivning. Svåra förhållanden kan förekomma exempelvis vid mäktiga silt- eller sandlager eller vid slagning genom mäktiga fyllningslager.

Vid stora pålningsarbeten bör man alltid överväga en provpålning. Vid risk för omgivningspåverkan kan provpålning användas bl a för bedömning av lämplig påltyp. Vid provpålning varierar ofta påltypen och ibland slås pålar med olika pålskor.

8.7 Redovisning av undersökningar

I Nybyggnadsreglerna (NR 1) ställs krav på geotekniska utredningar i relation till vilken geoteknisk klass konstruktionen skall utföras i. För konstruktioner i geoteknisk klass 2 och 3 dokumenteras resultaten av de geotekniska fält- och laboratorieundersökningarna lämpligen i en separat rapport. Denna rapport bör ej innehålla tolkningar och värderingar. Uttolkade, bedömda förhållanden och förutsättningar som har betydelse för projekteringen skall redovisas i en separat handling, som ofta rubriceras som geotekniskt planerings- eller projekteringsunderlag.

I förfrågningsunderlag/arbetshandlingar skall ovan nämnda rapport rangordnas som sk övrig handling (13 enl AB 92). Tolkad och värderad information skall anges på ritningar och i beskrivningar. Detta är betydelsefullt bl a från ansvarssynpunkt, jfr avsnitt 11.

8.8 Standarder för laboratorie- och fältundersökningar

I följande uppställning har standarder (gällande 1992) för laboratoriemetoder och fältundersökningsmetoder listats.

8.81 Laboratoriemetoder

Svensk standard, SIS 02 71

- 08 Provningsegenskaper. Beteckningar och beräkningssätt. 4 sid
- 09 Packningsegenskaper. Laboratoriepackning. 6 sid
- 10 Packningsegenskaper. Fältbestämning av densitet. 8 sid
- 11 Bestämning av permeabilitet. 11 sid
- 12 Bestämning av kapillaritet med undertryckskapillarimeter. 7 sid
- 13 Jords uppbyggnad. Beteckningar och definitioner. 2 sid
- 14 Skrymdensitet. 2 sid
- 15 Korndensitet och kompaktdensitet. 3 sid
- 16 Vattenkvot och vattenmättnadsgrad. 2 sid
- 17 Portal och porositet. 1 sid
- 18 Konsistensgränser. Beteckningar och förklaringar. 3 sid
- 19 Stötflytgräns. 4 sid
- 20 Konflytgräns. 2 sid
- 21 Plasticitetsgräns. 2 sid
- 22 Krympgräns. 3 sid
- 23 Bestämning av kornfördelning genom siktning. 5 sid
- 24 Bestämning av kornfördelning genom sedimentering Hydrometermetoden. 9 sid

8.82 Fältmetoder

- SGF:s standard för viktsondering
- SGF:s standard för hejarsondering
- SGF:s standard för SPT
- SGF:s standard för CPT-sondering, utkast (1992)
- SGF:s standard för vingförsök, utkast (1992)
- SGF:s standard för kolvprovtagning

Statens Geotekniska Institut, Svenska Geotekniska Föreningen (1989). Report of the ISSMFE Technical Committee on Pene-

tration Testing of Soils – TC 16 with Reference Test Procedures, CPT-SPT-DP-WST.

Statens Geotekniska Institut. Information 7. Linköping

