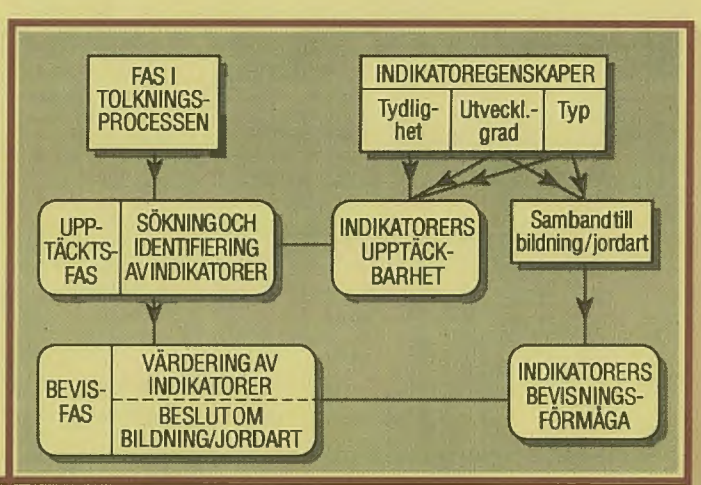
SGI

Information
14

Lärobok i geobildtolkning

Leif Viberg



Statens geotekniska institut

Åsikter och slutsatser i denna Information är författarens.

© Författaren och SGI
Produktion: Avd för Information och Marknad, SGI
Tryckning: Tryck-Center AB, Linköping, november 1991
ISSN 0281-7578
ISRN SGI-INF--91/14--SE

Lärobok
i
geobildtolkning

Leif Viberg

Statens geotekniska institut

Innehållsförteckning

	FÖRORD	5
1.	INLEDNING	6
2.	ANVÄNDNINGSOMRÅDEN	8
3.	METODBESKRIVNING	12
4.	TOLKNING AV BERG OCH JORDARTER	38
5.	LITTERATUR	92

BILAGOR

1A	JORDARTSINDIKATORER	95
1B	INDIKATORER INDELADE EFTER NATURLIGT OCH MÄNSKLIGT BETINGADE FÖRETEELSER I TERRÄNG/FLYGBILD	101
2	JORDARTSINDELNINGSSYSTEM	117
3	GEOLOGISKA FAKTORER	121

Förord

Denna Information behandlar kartering av geologisk-geotekniska förhållanden med flygbildstolkning som huvudhjälpmedel för olika typer av fysisk planering.

Det finns ett behov att samla upp det senaste decenniets utveckling och erfarenheter och sprida dessa i en **handledning** om geobildtolkningens möjligheter och användningsområden.

Målgrupper är praktiskt arbetande geotekniker och geologer samt olika kategorier planerare i egenskap av konsumenter av georesultat. Informationsskriften kan även användas som kurslitteratur på tekniska gymnasier, högskolor och universitet.

Karteringsmetoden består, förutom av flygbildstolkning, av inventering av befintligt bakgrundsmaterial och fältkontroll med enkel bärbar utrustning. I vissa fall utförs även gles geoteknisk fältundersökning med konventionell utrustning.

En lärobok om geokartering kan aldrig bli fullständig i den meningen att alla förekommande geoförhållanden beskrivs. Innehållet måste med hänsyn till det stora antalet terrängtyper i Sverige omfatta principer hellre än detaljer. Innehållet begränsas dessutom av författarens egna erfarenheter och tillgängligheten av andras erfarenheter.

Handledningen är uppdelad i tre delar:

• I ANVÄNDNINGSOMRÅDEN visas med några exempel hur geobildtolkning kan tillämpas för olika ändamål.

• METODBESKRIVNING behandlar geobildtolkningsmetodens olika moment från såväl teoretisk som praktisk synpunkt. Hur går man tillväga vid flygbildstolkning och hur kombineras olika informationskällor vid geobildtolkning är frågor som besvaras. Kvalitetsbedömning av tolknings- och karteringsresultatet - en mycket viktig fråga - tas också upp.

• I TOLKNING AV BERG OCH JORDARTER m m beskrivs hur berg och olika jordartstyper samt övriga företeelser av geotekniskt intresse kan tolkas från flygbilder.

Rutgerd Åbrink har ritat rapportens figurer och Jan Lindgren har svarat för redigering.

Linköping i augusti 1991

Leif Viberg

1. Inledning

Syfte och bakgrund

Det finns flera skäl till att nu publicera en handledning i geobildtolkning.

• Sedan den första läroboken (Kihlblom, 1971) har flera FoU-projekt genomförts, nya tillämpningar tillkommit och praktiska erfarenheter vunnits. Vissa FoU-arbeten har endast publicerats i enkel form och därigenom inte fått allmän spridning.

• Den nya Plan- och bygglagen innebär att kommunerna fått ökat ansvar för planeringen. Kunskapsunderlagen, t ex geoinformation för planeringen har därigenom fått ökad tyngd.

• Flygbildstolkning baseras ofrånkomligen på en hel del subjektiva inslag. Det är angeläget att minimera subjektiviteten genom beskrivning av en "standardiserad" tolkningsmetod.

• Beställare och övriga användare av geobildtolkning behöver en samlad information om metodens möjligheter och begränsningar.

• Den pågående datoriseringen av informationen i plan- och byggprocessen innebär att heltäckande geologisk och geotekniska information kommer att bli obligatoriska kunskapsunderlag.

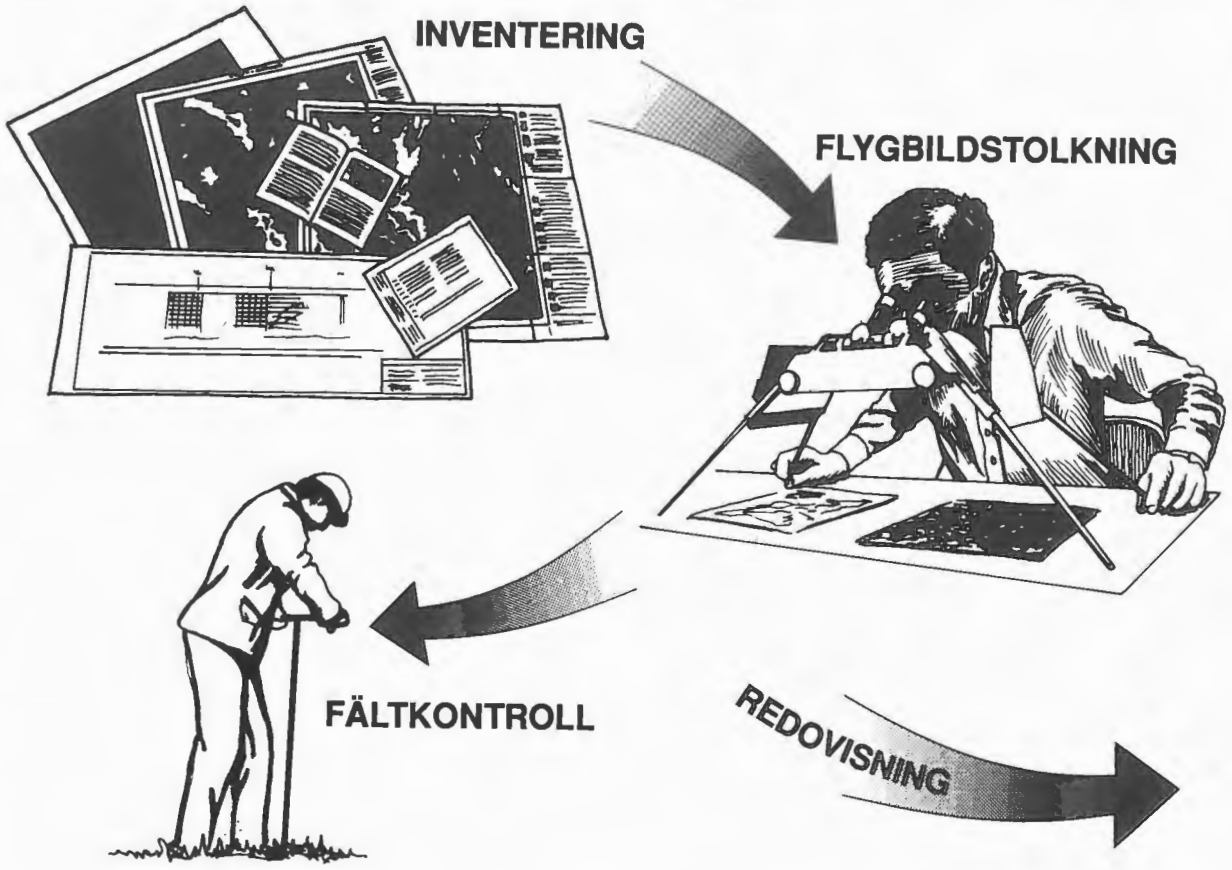
• För nya, idag okända, tillämpningar kommer heltäckande geoinformation att krävas.

Geobildtolkningen skall ses som ett första steg i den geotekniska utredningen och resultatet är på grund av sin översiktliga karaktär normalt endast användbart i översiktliga planeringsskeden. För detaljplanering, projektering och byggande krävs konventionella geotekniska utredningar. Med en geobildtolkningskarta som underlag kan borrningar i detaljskedena planeras på ett effektivt sätt.

Det senaste decenniet har dessutom inneburit många förändringar i planeringen, bl a har miljö-, energi- och naturresursfrågorna kommit i fokus. Dessa frågor är starkt förknippade med terrängens geologiska uppbyggnad och geotekniska egenskaper. Missbedömningar av de geotekniska förhållandena får ofta stora ekonomiska konsekvenser, varför geobranschen måste få bättre möjligheter att kartera och klassa marken. Den vidareutvecklade geobildtolkningsmetoden är ett sådant hjälpmedel.

Tolkning av flygbilder för att översiktligt klarlägga markförhållanden har utförts sedan 1950-talet i Sverige. I början fanns endast enstaka utövare. Mer systematisk forskning om och utveckling av flygbildstolkning av berg och jord kom igång på 1960-talet, bl a vid Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet, och Statens geotekniska institut. FoU-rapporter i ämnet började komma mot slutet av 1960-talet. 1970 publicerades den första läroboken "Flygbildstolkning för jordartsbestämning" av U. Kihlblom, SGI. Tack vare kursverksamhet och publicerade skrifter har metoden kommit till allmän kännedom och användning bland geokonsulter. Flygbildstolkning ingår numera som en rutinmetod vid översiktliga geotekniska undersökningar. 1981 utgav Nämnden för skoglig flygbildsteknik handboken "Flygbildsteknik och fjärranalys", (468 s), som kan betraktas som en basbok för all användning av flygbilder.

Hur flygbilder kan användas som direkt hjälpmedel i den fysiska planeringen redovisas i publikationen "Flygbilden som ett arbetsverktyg i den



Figur 1. Geobildtolkning består i princip av tre delmoment, där tolkning av flygbilder utgör huvudmomentet.

fysiska planeringen", av CEDERSTRÖM et al (1983).

Geobildtolkning

Geobildtolkning är en populärbenämning för en metod att översiktligt kartera berg- och jordartsförhållanden med hänsyn till främst geotekniska aspekter.

Geobildtolkning är en förkortning av geologisk-geoteknisk flygbildstolkning, men avser i praktiken hela karteringsprocessen. Karteringsmetoden geobildtolkning består i princip av tre delmoment, där stereoskopisk tolkning av flygbilder utgör huvudmomentet, FIGUR 1. Tolkningen föregås av inventering av befintliga informationskällor som geologiska kartor och beskrivningar, befintliga geotekniska undersökningar m m och följs av en fältkontroll. Karteringsresultatet redovisas normalt på karta.

Geobildtolkning innebär en utvärdering av de geologiska bildningarnas geotekniska egenskaper. Denna utvärdering är i princip begränsad till ytliga förhållanden, allmänt kända förhållanden samt extrapolering av mycket glest utspridda stickprov av de geotekniska egenskaperna. Någon fullständig bild av de geotekniska förhållandena fås inte från geobildtolkning, men en grov bild ges, i vilken vissa väsentliga informationer saknas. Genom ett fåtal kompletterande fält- och laboratorieundersökningar kan man emellertid få en översiktlig bild av t ex djup, kompressionsegenskaper och hållfasthet inom leområden

2. Användningsområden

Allmänt
Kommunal fysisk planering
Vägprojektering
Skredriskkartering
Inventering av grus ocg grov morän
Markenergikartering
Eldistribution
Korrosionsriskkartering
Inventering och lokalisering av deponeringsplatser
Gasledningprojektering
Rekreationsanläggningar

Allmänt

Geobildtolkning är i första hand användbar för översiktlig planering av olika typer. Med geobildtolkning kan inom stora undersökningsområden följande karteringstyper utföras:

• Heltäckande kartering, dvs hela undersökningsområdets yta karteras.

• Sökning efter viss typ av material (t ex grus, grov morän) eller lägen med vissa egenskaper (t ex deponeringsplatser).

Det är viktigt att ha i minnet att en geobildtolkningskarta är det **första steget** i den geotekniska utredningen. Geobildtolkning kan normalt endast ge en grov bild av geoförhållandena och utgör det första verktyget att beakta de geotekniska förhållandena. Geobildtolkningskartans information skall därför normalt kompletteras med geoteknisk undersökning inom viktiga avsnitt, allt eftersom planarbetet framskrider. Dels för att verifiera kartan, dels för att få fram detaljerad geotekniska information.

Återkommande samarbete mellan planerare och geotekniker är en nödvändig förutsättning för att få ett optimalt resultat.

De vanligaste användningsområdena för geobildtolkning har traditionellt varit, och är fortfarande, kommunal fysisk planering och vägprojektering. Utvecklingen på olika områden har dock medfört, att geobildtolkning använts för en rad olika speciella tillämpningar. Här ges en kortfattad beskrivning av tillämpningar där geobildtolkningsmetoden kan användas.

Kommunal fysisk planering

Samhällets krav på geoinformation vid kommunal planering regleras i den nya Plan- och byggnadslagen (PBL), där det betonas att geoförutsättningarna och deras konsekvenser för planerad markanvändning skall utredas.

Med en geobildtolkningskarta kan bl a följande planeringsfrågor bearbetas:

• **Val av utbyggnadsriktning eller -områden.** Relativa jämförelser mellan olika alternativ ur geoteknisk synpunkt är möjlig .

• **Lokalisering av huvudvägar och ledningsstråk.**

• **Disposition av markanvändning inom ett exploateringsområde.** Utkast till var bebyggelse, gator, ledningar, service, grönområden lämpligen kan förläggas med hänsyn till geoförhållandena.

• **Inventering av olika typer av jordmaterial och deras användbarhet i masshanteringen.**

Ett exempel på kommunal översiktsplanering där geobildtolkning använts är Enköpings kommun. I förberedelsearbetet till översiktsplan karterades ett stort antal delområden med hjälp av geobildtolkning. Med hjälp av geobildtolkningsresultat, nivåkartor och ett grovt schema över markbyggnadskostnader kunde ett antal delområden direkt förkastas på grund av bergterräng, storblockig mark och skredrisk. I andra fall uteslöts del av området och nya ytor tillfördes genom flyttning av områdesgränsen.

Ett annat exempel är från Åtvidabergs kommun. Som underlag för planering av industrimark inom ett område utfördes geobildtolkning, kompletterad med sondering, provtagning och provgropsgrävning. På grund av att området utgjordes av en sluttning upprättades även en digital terrängmodell. Området kunde därefter terrasseras med hjälp av terrängmodeller så att massbalans uppnåddes inom varje terrassyta. I områdets norra del förekom en gruskulle, som avschaktades till planerad terrassnivå. På detta sätt erhölls både grusmaterial och industrimark.

Vägprojektering

Geobildtolkning kan användas för följande uppgifter i vägbyggnadssammanhang:

• **Lokaliseringsskedet.** Val mellan olika alternativa vägkorridorer, där relativa kostnader för respektive korridor grovt kan uppskattas. Punktvis borrning i kostnadsavgörande avsnitt erfordras.

• **Utredningsskedet.** Grov inpassning av väglinjen, speciellt med hänsyn till uppenbara problemområden. Geobildtolkningskartan utnyttjas vid upprättande av borrningsprogram.

• **Inventering** av grus och grova moräner, som underlag för vägprojektering och för drift och underhåll av vägnätet.

Vägverket är en av huvudintressenterna vad gäller utveckling och användning av geobildtolkning.

Ett stort antal geobildtolkningsprojekt för lokaliserings- och utredningsskedena har genomförts genom åren. Det hittills största projektet genomfördes i samband med projektering av väg E6 mellan Stenungssund och Svinesund.

Skredriskkartering

Efter jordskredet i Tuve, Göteborg, 1977, har karteringar av förutsättningarna för skred inom bebyggda och detaljplanerade områden utförts inom 10 kommuner i Göteborgs- och Bohus län och Älvsborgs län. Dessutom har översiktliga länsinventeringar utförts i Älvsborgs, Östergötlands och Västmanlands län.

Sedan budgetåret 1987/88 finansierar staten via Statens räddningsverk (SRV) översiktliga undersökningar av skredrisker. Hittills har bl a Klarälvens och nedre delen av Ångermanälvens dalgångar karterats.

Skredriskkarteringen resulterar i kartor som visar var förutsättningar för spontana lerskred finns. Inom sådana områden skall stabilitetsförhållandena särskilt uppmärksammas vid belastningsförändringar.

Kartorna över stabilitetsförutsättningarna utgör ett kunskapsunderlag såväl i den kommunala planeringen som för länsstyrelsens granskningsarbete.

Inventering av grus och grov morän

Inventering av grovmaterial som grus och grov morän utförs med fördel med hjälp av flygbildstolkning. Stora arealer kan inventeras på kort tid.

Den stora tidsvinsten ligger i att enbart platser med potentiella fyndigheter behöver besökas i fält. Även relativt små fyndigheter kan upptäckas. Små fyndigheter nära förbrukningsplatserna innebär minskade transportkostnader. Betydande besparingar kan göras.

Markenergikartering

Jordlager, berggrund och grundvatten kan under vissa omständigheter användas som lager och/eller källa för energi. För att bedöma ett områdes markenergipotential krävs en s k markenergikartering. Berg- och jordförhållandena kan i sådana fall karteras med geobildtolkning. Av speciellt intresse är mäktighetsförhållandena i lerjord och organisk jord, grundvattenförande grus- och sandlager samt krosszoner i berg.

Ytjordvärme med horisontella rörslingor kan läggas i lerjord på ca 1 m djup, medan djupjordvärme med vertikala rör kräver lerdjup på minst 10 m.

Beräkningar av den potentiella markenergin kan göras med utgångspunkt från jord- och bergkartan. Markenergikartan kan användas som underlag i den kommunala energiplaneringen.

Som underlag för Linköpings kommuns energiplanering i tätorten Sturefors utfördes en markenergiutredning, som redovisar markvärmeresurser inom tätorten. Underlag för markvärmeresurskartan utgörs av karta över jordarter, jorddjup och bergsprickor, framtaget med i första hand geobildtolkning. Jorddjup i lermark hämtades ur undersökningar i kommunens Geodatabank.

Eldistribution

Vid planering och beredning av elförsörjning till abonnenter påverkas flera beslut av de geotekniska förutsättningarna. Valet av byggnadssätt - luftledning eller nedplöjning av kabel är i hög grad beroende av geoförhållandena. Kabelplöjning är ibland inte möjlig på grund av förekomst av t ex berg eller hög blockhalt. Vid kabelplöjning är det en stor fördel om man i förväg känner till sträckningens plöjbarhet. Ett speciellt problem vid kabelplöjning är risken för avslitning av täckdiken i åkermark. Vid byggande av luftledning är det viktigt att stolparna placeras på ett ur geoteknisk synvinkel förnuftigt sätt. För varje ledning krävs jordning via ett s k jordtag som lätt skall leda ned strömmen i jorden. Lera och organisk jord liksom övriga jordar med hög grundvattenyta är goda ledare på grund av hög vattenhalt. Risken för tjällyftning av stolpar och kabelskåp samt korrosionsrisken för t ex stag är andra problem direkt förknippade med de geotekniska förhållandena.

Samtliga ovannämnda geotekniska frågeställningar kan behandlas med hjälp av geobildtolkning.

Av naturvårdsskäl tillåts inte luftledning inom ett område på Mörkö, Södertälje kommun. Nedplöjning av jordkabel måste därför tillgripas. Eftersom området till större delen består av berg lät Södertälje Energiverk utföra en geobildtolkning för att undersöka om det fanns plöjbar mark mellan bergshöjderna. Av jordartskartorna framgick att plöjbara stråk - lera, organisk jord och sand - fanns. På grund av dålig bärighet i en sankmark vid plöjningstillfället kunde inte det ideala stråket följas. Trots detta behövde sprängning tillgripas på endast en kort sträcka. Geobildtolkningskartan visade var kabelplöjningen kunde ske. Den visade också var problem i form av berg fanns.

Korrosionsriskkartering

Korrosion av jordförlagda metallkonstruktioner vållar allt större kostnader. Exempel på korrosionsutsatta konstruktioner är el- och telekablar, vatten-, avlopps- samt fjärrvärmeledningar av metall, kraftverksstolpar samt stag för el- och teleledningar. Korrosionens aktivitet i jord är en kombination av många faktorer främst jordart, gränser mellan jordarter, grundvattenyta och salter i jord. Markanvändningen kan ha stor betydelse, t ex innebär åkerbruk med konstgödning, kemiska industrier och huvudtrafikleder ökad korrosionsaktivitet i närliggande jord.

Flera av dessa faktorer kan identifieras med flygbildstolkning.

Inventering och lokalisering av deponeringsplatser

Stora mängder avfall av olika slag deponeras i naturen. Deponeringsplatserna måste uppfylla vissa

villkor så att risken för spridning av föroreningar i marken blir acceptabel. Villkoren är bl a av topografisk, geologisk, geohydrologisk och geoteknisk art. Vid inventering av platser som uppfyller villkoren är geobildtolkning normalt en lämplig undersökningsmetod, eftersom stora arealer vanligtvis måste inventeras.

Gasledningprojektering

Projektering av gasledningar kan i princip liknas med vägprojektering. Alternativa sträckningar jämförs i ett lokaliseringsskede och detaljinpassning av ledningen sker i detaljskedet. De geologiska och geotekniska förhållandena har mindre betydelse för gasledningar än för vägar, men det är ändå nödvändigt att geoförhållandena beaktas. Grunt liggande berg, torvmarker, lös lera, skredrisker och blockig mark är exempel på geoförhållanden som fördyrar gasledningsprojekt och som bör inventeras redan i lokaliseringsskedet. Geobildtolkning är här en lämplig metod, på samma sätt som vid vägprojektering.

Rekreationsanläggningar

Lokalisering och projektering av rekreationsanläggningar - golfbanor, motionsspår m m - är starkt beroende av terrängens egenskaper, som topografi, jordart, grund- och ytvatten.

För **golfbanor** gäller det att passa in 18 hål inom en given areal. Flygbilden ger genom sin samtidiga översikt och detaljupplösning möjlighet för golfbaneprojektören att enkelt prova flera alternativ på ett tidigt skede. Med geobildtolkning kan redovisas faktorer som bärighet, schaktbarhet, blockhalt, eventuella sand- och grusförekomster, risk för höga grundvattenytor, det naturliga dräneringssystemet samt förekommande vegetation.

Motionsspår skall normalt ha en bestämd längd, t ex 2.5, 5 och 10 km. Bra mark för motionsspår är väldränerade jämna markytor, som inte översvämmas och som är blockfria eller normalblockiga. Mark som bör undvikas är t ex kärr och mossar, stor- och rikblockig mark samt brant bergterräng.

3. Metodbeskrivning

3.1 Begreppsbestämning
3.2 Jordartsindikatorer
3.2.1 Indikatorer indelade efter terrängens/flygbildens utseende
Vertikalformsindikatorer
Mönsterindikatorer
Lägesindikatorer
3.2.2 Indikatorer indelade efter naturligt och mänskligt betingade företeelser i terräng/flygbild
3.2.3 Egenskaper hos jordartsindikatorer
3.3 Jordartsindelning vid geobildtolkning
3.4 Tolkningsmodell
3.5 Tolknings- och karteringssäkerhet
3.5.1 Allmänt
3.5.2 Olika typer av geobildtolkning
3.5.3 Tolkningsmöjlighet - karteringskvalitet
Terräng
Flygbilder
Tolkare
3.5.4 Värdering av jordartsindikatorer
3.5.5 Klassificering av tolkningssäkerhet
3.6 Metodik
3.6.1 Allmänt
3.6.2 Moment i geobildtolkning
3.6.3 Arbetsgång vid geobildtolkningsprojekt
Projektplanering
Anskaffning av flygbilder
Inventering av befintligt informationsmaterial
Flygbildstolkning
Fältkontroll
Eftertolkning och slutjustering
Redovisning

3.1 Begreppsbestämmning

I detta avsnitt beskrivs de viktigaste principerna och förutsättningarna för flygbildstolkning av berg och jordarter.

Först och främst bör poängteras, att berg och jordart endast kan **bedömas** med varierande säkerhet med flygbildstolkning. **Bestämning** av berg och jordarter sker genom okulärgranskning av upptagna

jordprover och/eller genom laboratorieförsök av olika slag. I vissa fall kan man även tala om bestämning av berg och jordart med flygbildstolkning.

Man bör skilja mellan tolkning av geologisk bildning och tolkning av jordart. Det är i första hand de geologiska bildningarna som "syns" på flygbilder och identifieras med hjälp av jordartsindikatorer i flygbilden. Typen av jordart bedöms indirekt via jordartsindikatorer och/eller via kunskap om och erfarenhet av bildningarnas normala sammansättning.

Eftersom **terrängens utseende** utgör "arbetsmaterialet" vid flygbildstolkning skall några definitioner och beskrivningar av detta begrepp göras här:

• **Terrängyta**
En flygbildstolkare ser terrängen uppifrån. Det som syns på flygbilder är jordklotets översta yta - terrängytan. Den kan vara obevuxen, bevuxen, täckt av permanenta och tillfälliga vattenytor eller av människan åstadkomma yttäckningar, FIGUR 2. Terrängytan kan underindelas i vegetationsyta, markyta och vattenyta.

• **Vegetationsytan**
är alla ytor där de geologiska bildningarnas ytformer och markjämnhet ej kan studeras i flygbilder, på grund av skymmande vegetation. Vegetationsytan utgörs således i första hand av träd- och buskskiktens övre del. Även ett lågt markskikt av t ex ris utgör hinder vid tolkning av markjämnhet och blockhalt. På sommarbilder kan även örter, gräs och gröda hindra studier av markytan.

• **Markytan**
är den översta delen av de geologiska bildningarna och de av människan åstadkomna yttäckningarna, dvs i princip den yta man kan gå på. Markytan kan således bestå av obevuxen mark eller mark bevuxen med mycket låga växter, som lätt trampas ned, eller vegetation som vissnat och ligger platt på marken.

Markytan existerar överallt på land, men är skymd för insyn uppifrån, där busk-, träd- och högre markskikt förekommer. Det är utomordentligt viktigt att kunna studera markytan - dess ytformer och jämnhet - vid geobildtolkning och tolkaren måste därför anstränga sig att försöka se mellan buskar och träd för att åtminstone få glimtar av markytan.

• **Ytform och ytstruktur**
Terrängytans vertikala former kan delas in i ytformer och ytstrukturer, som framgår av FIGUR 3. Såväl markytan som vegetationsytan kan bilda ytformer och ytstrukturer. Här behandlas endast markytans former.

Ytform är ett landskapsbildande element t ex plan sedimentslätt, rullstensås, moränrygg eller bergyta. Ytstruktur är detsamma som ytformens jämnhet - markjämnhet - och är markytans mikroform. Ytstrukturen kan vara helt slät, t ex lermark, eller mycket ojämn (taggig), t ex rikblockig mark eller starkt uppsprucket berg. Ytstrukturen går över i ytform när ytstrukturen blir så stor att den kan uppfattas som ytform, se FIGUR 3 (högra delen).

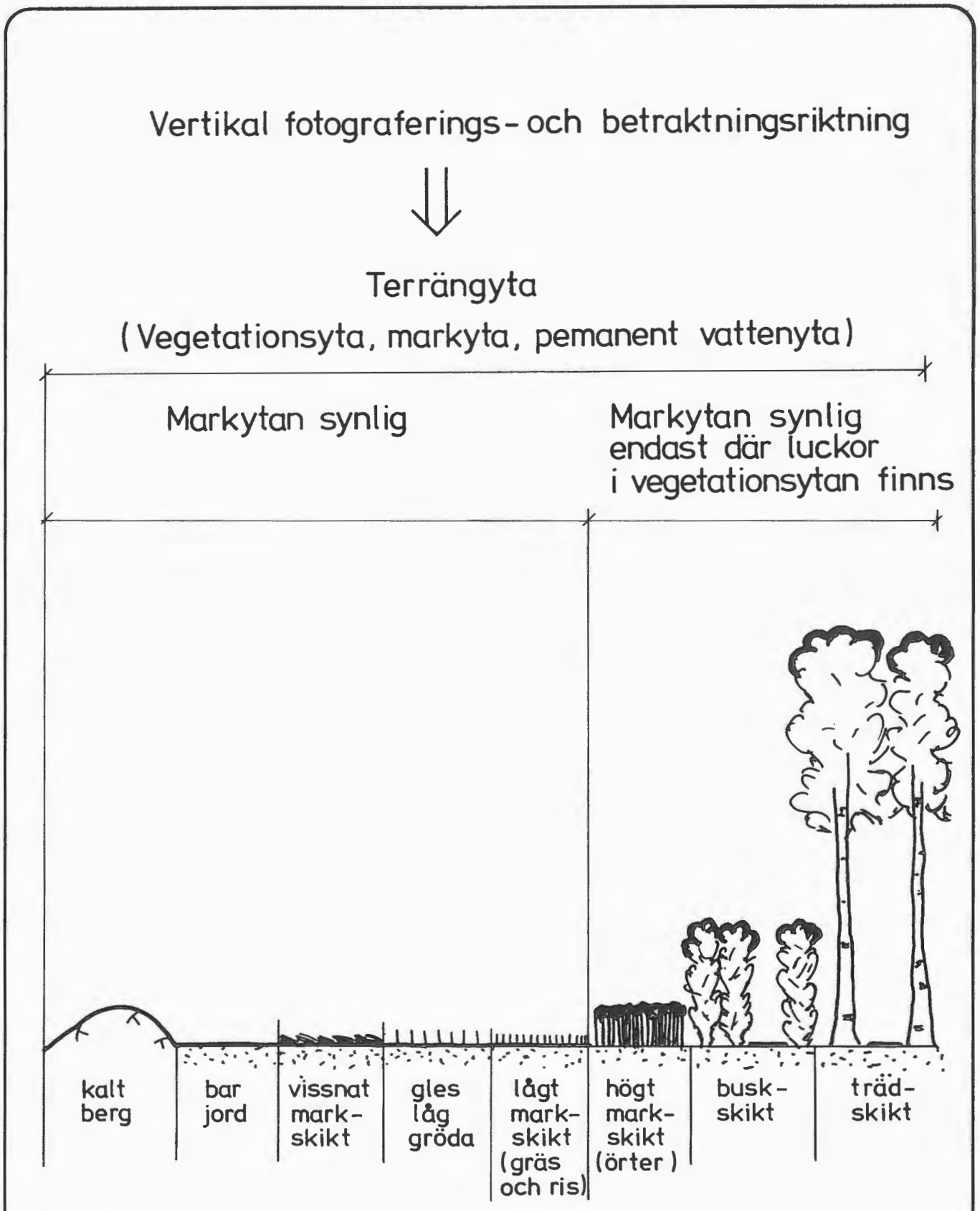
• **Form och färg**
Terrängens utseende byggs upp av former och färger. I FIGUR 4 visas en principbild över hur terrängutseendet byggs upp.

Terrängytan är sammansatt av **vertikalformer** (ytformer och ytstrukturer) och **mönster** i plan projektion. Vertikalformer och mönster är lagrade på varandra och förekommer överallt i terrängen, om man i begreppet mönster inkluderar såväl ytor med homogen färg som linjer samt enstaka punkter och fläckar. Vid betraktning av enkelflygbilder framträder enbart mönster medan det krävs stereobetraktning för att de vertikala formerna ska framträda.

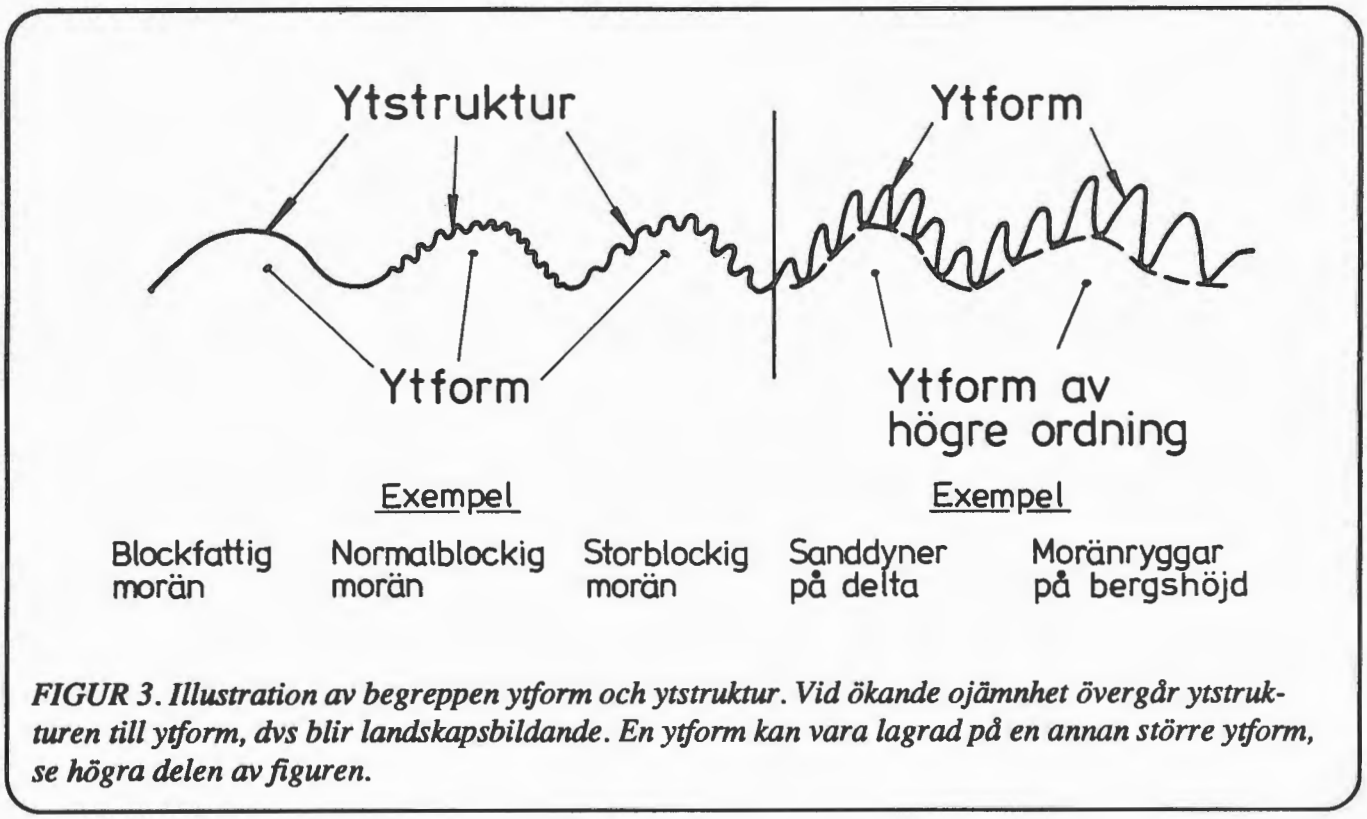
Vertikalformerna kan, som nämnts ovan, delas upp i landskapsbildande ytformer och ytstrukturer. Dessa är, med vissa undantag, betingade av den naturliga terrängytan - geologiska bildningar eller vegetation. Vid geobildtolkning är det givetvis de geologiska formerna som är av primärt intresse. Vegetationsformerna döljer markytan och är på så sätt en negativ faktor från tolkningssynpunkt. Vegetationen är emellertid i många fall starkt beroende av jordart och fuktighet och kan då användas som indikator på jordart.

Mönstren i en flygbild byggs upp av planformer och förändringar i färger/gråtoner, eller enbart förändringar i färger/gråtoner.

Formerna kan endast uppfattas genom kontrastverkan. Kontraster uppstår genom färgskillnader



FIGUR 2. Illustration av begreppen terrängyta, som bildas av markyta och vegetationsyta. Permanenta och tillfälliga vattenytor och av människan åstadkomna yttäckningar visas ej. Den del av terrängytan som framträder på flygbild är markerad med tjock linje.



FIGUR 3. Illustration av begreppen ytform och ytstruktur. Vid ökande ojämnhet övergår ytstrukturen till ytform, dvs blir landskapsbildande. En ytform kan vara lagrad på en annan större ytform, se högra delen av figuren.

och nyanser, dvs olikheter i den reflekterade strålningen. Färgskillnader och nyanser beror av egenfärg, belysnings-och skuggförhållanden. Terrängens återgivning på flygbild, som den uppfattas av tolkaren, beror dessutom på en rad faktorer, som atmosfär, kamera, framkallning, kopiering, filmtyp och stereoskop etc, se vidare WASTENSON (1980), s 204. Inom ytor som saknar kontraster, dvs ytor med homogen färg/gråton, fås ingen stereoeffekt och varken former eller andra detaljer kan urskiljas. Alla typer av färgbilder innehåller avsevärt fler färger och nyanser än svartvita flygbilder vilket innebär att stereoeffekten normalt är bättre i färgbilder.

Förutsättningarna för tolkning av flygbilder i stereo med avseende på berg och jordarter kan sammanfattas i följande punkter:

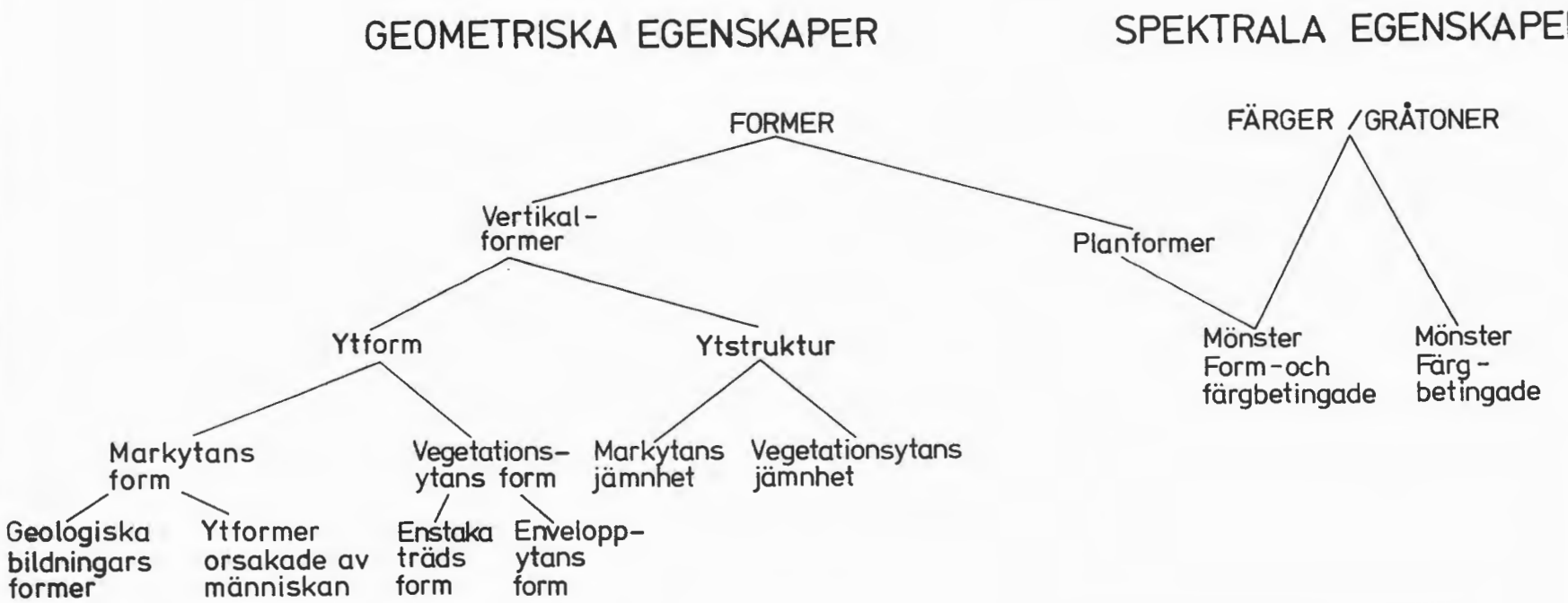
1. Det man ser på flygbilder är terrängytan, som kan indelas i följande två grupper (se även FIGUR 2):

a. Det geologiska materialet är synligt: kalt berg och bar jord.

b. Det geologiska materialet är täckt på grund av
- vegetation
  - markskikt
  - buskskikt
  - trädskikt
  - gröda
- annan typ av täckning, t ex byggnader, vägbeläggningar, fyllningar, tillfälliga vattenytor.

Täckningen kan vara:	Exempel
utbredd	sammanhängande vegetation, tillfälliga större vattenytor tätbebyggda områden fyllningar
linjär	vägar
fläckvis	enstaka buskar och träd, enstaka hus, tillfälliga mindre vattenytor

2. Terrängytans utseende ("visuella egenskaper") är mer eller mindre beroende av geologisk bildning och jordart. Den naturliga morfologin (ytformerna)



FIGUR 4. Terrängutseendet byggs upp av former (geometriska egenskaper) och färger (spektrala egenskaper) samt kombinationer därav.

är med undantag för ingrepp av människan, alltid en funktion av geologisk bildning eller geologiska processer. De delar av terrängytans utseende i flygbild som är relaterade till geologisk bildning/jordart kallas jordartsindikatorer, AVSNITT 3.2. Ett mycket viktigt faktum för geobildtolkning är att förändringar i ytform vanligen är förorsakade av förändringar i geologi/jordart.

3. Flygbildens, eller rättare stereomodellens, utseende byggs upp av former och färger/gråtoner, som bildar ytformer, ytstrukturer, och mönster, FIGUR 3. Flera av dessa bildfaktorer är relaterade till geologisk bildning/jordart och utgör då jordartsindikatorer. Det är dessa jordartsindikatorer som syns på flygbilder.

4. Med hjälp av jordartsindikatorer i flygbilderna tolkas geologiska bildningar och jordarter. (Utöver den rena flygbildsinformationen används annan tillgänglig information och fältkontroll).

Tolkningens säkerhet varierar beroende på jordartsindikatorernas styrka och antal.

3.2 Jordartsindikatorer

3.2.1 ALLMÄNT

Flygbildstolkning av jordarter baseras i princip på s k jordartsindikatorer: företeelser som kan identifieras på flygbilder och som ger information om berg eller jordart. Jordartsindikatorerna är förknippade med terrängens utseende. Det är därför viktigt att definiera och beskriva terrängens utseende på ett sätt som är anpassat till geologisk-geoteknisk flygbildstolkning, så som har gjorts i AVSNITT 3.1.

För att undvika otympligheter i texten används "jordartsindikatorer" även för berg.

I tidigare svenska publikationer om flygbildstolkning av jordarter, KIHLBLOM (1971), LARSSON (1975), LUNDÉN (1977), har jordartsindikatorer indelats i naturligt och mänskligt betingade indikatorer. I denna skrift redovisas även hur jordartsindikatorerna kan indelas med utgångspunkt från terrängens utseende, dvs hur de framträder ("syns") på flygbilder för en flygbildstolkare.

Terrängens utseende består av en kombination av vertikalformer och mönster, se FIGUR 4. Vertikalformerna och mönstren byggs i sin tur upp av en rad olika företeelser i terrängen, se TABELL 1. Flera företeelser bidrar till såväl vertikalform som mönster. Företeelserna kan vara naturligt eller mänskligt betingade.

Det är företeelserna som i många fall ger information om berg och jordarter och kallas därför jordartsindikatorer. Företeelserna identifieras genom analys i flygbilderna av vertikalformer och mönster. Denna analys görs i de flesta fall mycket snabbt och omedvetet genom att många företeelser är välkända och syns direkt för tränade bildtolkare.

Utöver de indikatorer som är förknippade med företeelser i terrängen finns s k lägesindikatorer, se TABELL 2, som ger geologisk information, men som inte bidrar till terrängens utseende.

Jordartsindikatorernas användning vid tolkning av berg, jordarter och andra geoförhållanden beskrivs i KAPITEL 4. Här ges en mer principiell beskrivning av indikatorerna och deras betydelse.

3.2.2 INDIKATORER INDELADE EFTER TERRÄNGENS/FLYGBILDENS UTSEENDE

Vertikalformsindikatorer

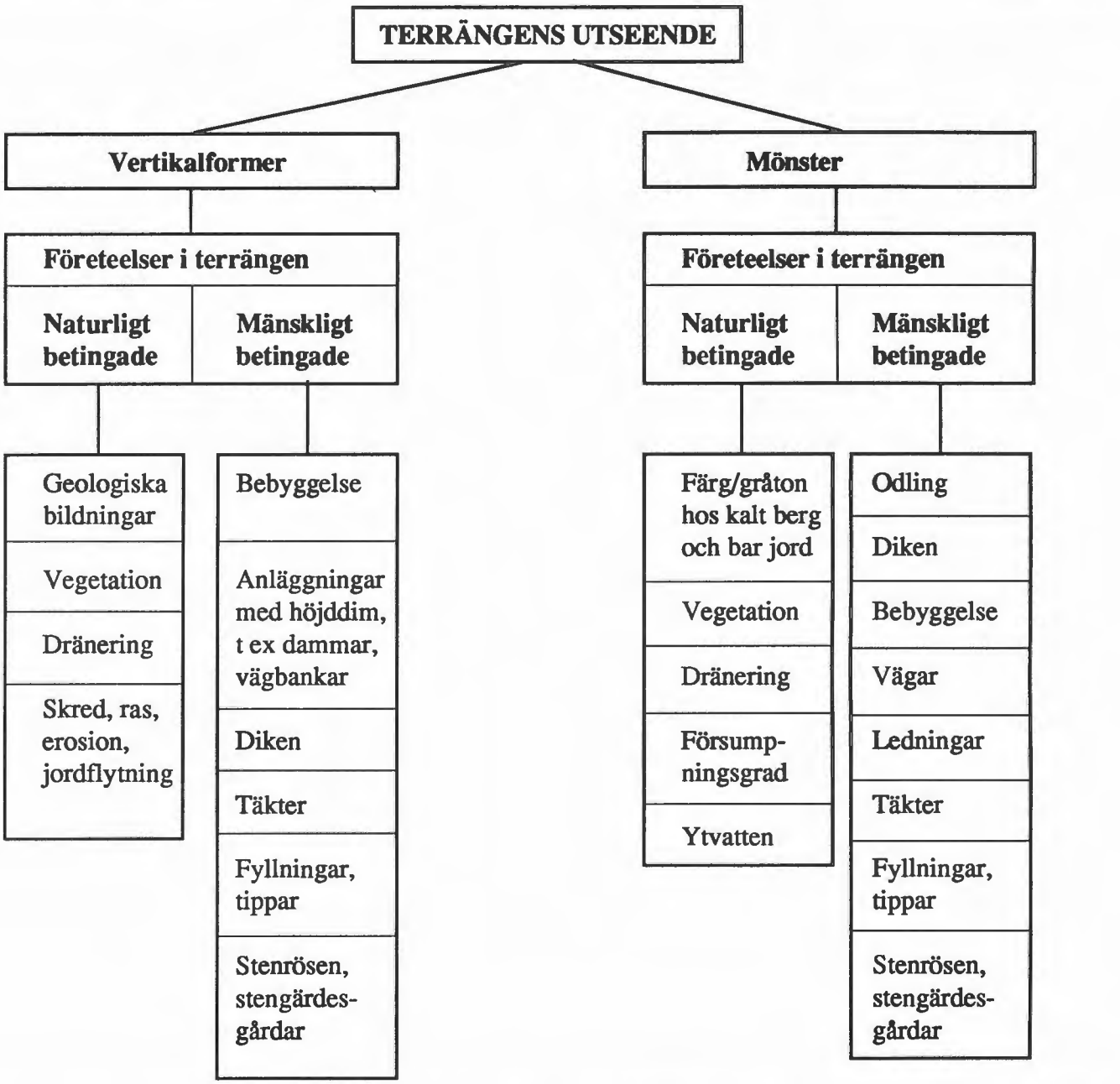
Till denna grupp hör jordartsindikatorer som är betingade av terrängens topografiska förändringar i stort och smått. För geobildtolkning kan man skilja mellan **ytformer och ytstruktur**. Ytformen är landskapsbildande, medan ytstrukturen är lagrad på ytformen och visar markytans och vegetationsytans jämnhet, se FIGUR 3 och 4.

Vid tolkning av ytform och ytstruktur är det viktigt att skilja mellan markytans och vegetationsytans ytformer och ytstruktur. Vid geobildtolkning är det primärt markytans vertikalformer som är av intresse.

Ytformer

Här behandlas endast markytans ytformer. Dessa är direkt betingade av geologiska bildningar, med undantag av mänskligt betingade ytformer, t ex fyllningar, upplag, soptippar och täkter av olika slag. Eftersom olika geologiska bildningar har mer eller mindre karaktäristiska ytformer kan olika geo-

TABELL 1. Terrängens utseende är en kombination av vertikalformer och mönster, vilka i sin tur byggs upp av naturligt och mänskligt betingade företeelser.



logiska bildningar normalt särskiljas genom olikheter i ytform. Ytformen är därför den viktigaste jordartsindikatorn.

Topografiska förändringar är ofta en följd av förändringar i geologin. En huvuduppgift vid flygbildstolkning av jordarter är sålunda att identifiera olika ytformer och topografiska förändringar som beror av jordartsförändringar.

Ytstruktur (markytans och vegetationsytans jämnhet)

Terrängens ytjämnhet framträder normalt som en struktur på flygbilder. Ytjämnheten uppfattas därför som en ytstruktur av tolkaren vid stereobetraktning. Ytstrukturen i flygbilderna är en återspegling av jämnheten hos den egentliga markytan där inblickbarheten är god och markvegetation saknas

TABELL 2. Indelning av lägesindikatorer av intresse för geobildtolkning. Alla lägesindikatorer är naturligt betingade.

LÄGESINDIKATOR	UNDERINDELNING
HÖJDLÄGE	Höjd över havet (relaterad till t ex HK) Relativt höjdläge i terrängen Högt läge Mellanläge Lågt läge
PLANLÄGE	Avstånd mellan bildningar Nära Långt ifrån Relativt läge inom bildning I ena eller andra änden Centralt - perifert
RIKTNING	Riktning hos en geologisk bildnings längdaxel Relaterat till främst isrörelseriktning

eller är mycket låg, och vegetationens ytjämnhet på övriga ställen, se FIGUR 2.

Ytstrukturens utseende på flygbilder beror inte enbart av den strukturgivande faktorn - marken eller vegetationen - utan också av flygbildsskalan.

Markytans ojämnheter är normalt för små för att ge djupverkan vid bildskalor som är mindre än 1:10 000. Storblockig mark ger dock viss stereoeffekt i relativt småskaliga flygbilder. På storskaliga flygbilder - skala >1:10 000 kan även relativt små ojämnheter ge djupverkan, t ex blockighet, bergytor, plöjningsfåror, hjulspår och enskilda buskar och träd framträder. Det normala är dock att markytans mikroformer ger ett mönster utan stereoverkan på flygbilden genom skillnader i exponeringsgrad och skuggverkan.

Ju mindre bildskalan är desto mer flyter de enskilda objekten ihop och bildar färg-/gråtonsmönster, s k texturer. Exempel på texturer är blockmark och skogsbestånd, där de enskilda blocken/träden ej framträder, men väl blockens/trädens sammanlagda mönstereffekt.

Vegetationens "störande" effekt skall sorteras bort vid analys av jordytans ytstruktur eftersom mark- och buskskikt i de flesta fall döljer jordytans former, se FIGUR 2. På flygbilder tagna tidigt på våren, före vegetationsperioden, ökar naturligtvis möjligheterna att studera markens ytstruktur.

Mönsterindikatorer

Mönstren på flygbilder är uppbyggda av olika företeelser enligt TABELL 1. Mönstren uppstår genom skillnader i färg/gråton och är i princip av två slag (se även FIGUR 4):

- Mönster som beror av en kombination av förändring hos både form och färg/gråton, t ex raviner, bergssprickor, öppna diken.

- Mönster som beror enbart av färgvarationer t ex flammighet och täckdikesmönster på leråkrar.

En förteckning över vanligt förekommande mönster ges i BILAGA 1A. Förteckningen gör inte anspråk på att vara fullständig.Mönstren har delats upp efter mönstrens form i

- raka eller svagt krökta linjära mönster
- krökta linjära mönster
- fläckmönster
- ytor med homogen gråton/färg

mänskligt och naturligt betingade

Mönster behandlas här i vid bemärkelse. Sålunda betraktas även enstaka fläckar och linjer som mönster. Med linjer avses även relativt breda objekt under förutsättning att deras längd är betydligt större än dess bredd så att objektet ger ett "linjärt" intryck. Flera av de uppräknade mönstren ger ingen information om berg/jordart, men har medtagits för fullständighetens skull och för att det är viktigt att kunna identifiera och sortera bort sådana mönster.

Lägesindikatorer

De olika lägesindikatorerna och deras underindelning redovisas i TABELL 2.

Det relativa höjdläget och läget i plan i förhållande till omgivande geologiska bildningar kan ofta användas som indikatorer eftersom många geologiska bildningar är knutna till karaktäristiska lägen i terrängen. Olika delar av en geologisk bildning kan ha olika egenskaper. Därför är det relativa läget inom en bildning många gånger av intresse. Vissa geologiska bildningar förekommer tillsammans på ett karaktäristiskt sätt.

Några exempel där läget ger viktig information redovisas här; Berg i dagen förekommer normalt i terrängens högsta lägen, medan sediment och organisk jord fyller svackor i terrängen. På stötsidan av höjder (den sida av en höjd som landisen rörde sig mot) är sannolikheten att finna berg i dagen mycket högre än på höjdernas läsidor. I läsideslägen är normalt morän avlagrad och blockhalten hög. Moränkullar med grovt material förekommer ofta i anslutning till isälvsavlagringar.

Riktning hos åsar och ryggar i förhållande till isrörelseriktningen kan användas vid identifiering av t ex rullstensåsar, de Geer-, drumlin- och radialmoräner.

3.2.3 *Indikatorer indelade efter naturligt och mänskligt betingade företeelser i terräng/flygbild*

Jordartsindikatorerna delas upp i naturligt och mänskligt betingade. I BILAGA 1B ges en beskrivning av dessa indikatorer. Med undantag av indikatorn "Vegetation" är beskrivningarna relativt kortfattade. Mer detaljerade beskrivningar ges av KIHLBLOM (1971) och LUNDÉN (1977).

3.2.4 *Egenskaper hos jordartsindikatorer*

Jordartsindikatorerna kan karaktäriseras av ett antal egenskaper, TABELL 3.

TABELL 3. Egenskaper hos jordartsindikatorer.

EGENSKAP HOS JORDARTSINDIKATOR	BESKRIVNING AV EGENSKAPEN
Typ	Indikatorerna indelas i olika typer, t ex ytform, ytstruktur,gråton, vegetation
Utvecklingsgrad	Indikatorerna är mer eller mindre utvecklade t ex mycket typisk eller diffus.
Tydlighet	Hur väl en indikator framträder och därmed hur väl den kan upptäckas och identifieras på flygbild.
Samband till jordart styrka	Indikatorernas information om jordart varierar från entydig till ingen; indikatorer kan också användas för att utesluta vissa jordarter.

Egenskapen "samband till jordart" (styrka) är starkt beroende av "typ" och "utvecklingsgrad". Styrkan kan delas upp i fem klasser, som närmare beskrivs i AVSNITT 3.5 "Karterings- och tolkningssäkerhet".

3.3 Jordartsindelning vid geobildtolkning

Indelning av jordarter och berghällar vid geobildtolkning är beroende av två huvudfaktorer:

• **Användarnas önskemål om geoinformation**
• **Möjligheterna att med geobildtolkning kartera geoinformation**

I princip kan all geoinformation karteras med önskvärd detaljeringsgrad om ekonomiska resurser finns. Det är naturligtvis önskvärt att ha kartor med detaljerad geoinformation tillhands även vid översiktlig planering. Detta är tyvärr dock inte möjligt av ekonomiska skäl. Geobildtolkning har utvecklats med syftet att försörja den "översiktliga planeringen" med geoinformation på ett praktiskt - ekonomiskt sätt. Den översiktliga information som erhålls med enbart geobildtolkning kan vid behov kompletteras med detaljerad information genom borrningsinsatser i glest utspridda borrhål.

Vid översiktlig planering önskar man veta geotekniska möjligheter och begränsningar i princip för olika typer av markanvändning. Möjligheterna att göra geotekniska bedömningar med hjälp av geobildtolkningsresultat är beroende på geologisk bildning - vissa geologiska bildningar har relativt små variationer i de geotekniska egenskaperna, medan andra har stora variationer.

Den indelning av geologiska bildningar och jordartsgrupper som normalt används vid flygbildstolkning redovisas i TABELL 4 a. Tabellen skall läsas från vänster till höger. Då framgår hur man via geologiska bildningar får fram jordarter, se även FIGUR 5. Indelningen i jordartsgrupper är inte strikt genomförd eftersom såväl berg som morän är "bildningar". Det är i praktiken endast sedimenten som en verklig jordartsindelning görs med flygbildstolkning. Beträffande organisk jord är mossar och kärr alltid uppbyggda av torv.

Flera olika typer av indelningar kan göras, allt efter behov och karteringsmöjlighet. I TABELL 4 b visas ett exempel på indelning i fast och lös mark.

Huvudindelningen är den normalt använda. Detalj- och specialindelningarna är särskilt betydelsefulla, eftersom flera viktiga geotekniska bedömningar då blir möjliga.

En viktig skillnad mellan geologiska kartor och geobildtolkningskartor är att de förstnämnda redovisar jordart på 0,5 meters djup, medan den geobildtolkade kartan i princip visar det från geoteknisk synpunkt viktigaste lagret. Exempelvis redovisas ett 1 meter tjockt sandlager på ett mäktigt lerlager som sand på den geologiska kartan, men som lera vid geobildtolkning, då leran i detta fall har större geoteknisk betydelse än sanden.

3.4 Tolkningsmodell

Jordarter kan, som tidigare nämnts, mycket sällan bestämmas direkt i flygbilderna. Bedömningen sker indirekt med hjälp av jordartsindikatorer. Det är jordartsindikatorerna som man ser på flygbilder och det är jordartsindikatorernas sammanlagda informationsvärde som avgör säkerheten i tolkningen av gränser och ytor.

För flygbildstolkning av jordarter kan en modell för tolkningsprocessen uppställas, FIGUR 5.

Tolkningsprocessen kan delas upp i två faser:

• Upptäckt:	Sökning och identifiering
• Bevisning:	Värdering och beslut

• UPPTÄCKTSFASEN består av sökning och identifiering av jordartsindikatorer. I denna fas letar man reda på (sökning) och typbestämmer (identifiering) förekommande jordartsindikatorer. Hur väl detta arbete lyckas beror i hög grad på indikatorernas utseende på flygbilderna och tolkarens förmåga att upptäcka och identifiera dessa. Indikatorernas upptäckbarhet beror på indikatorernas egenskaper, se TABELL 3.

Tolkarens förmåga att upptäcka och indentifiera förekommande indikatorer är beroende på tolkarens

- synförmåga
- tålmodighet och noggrannhet
- kunskaper om och erfarenheter av indikatorer

Dessutom inverkar flygbildernas och tolkningsinstrumentets kvalitet på upptäckts- och identifieringsmöjligheterna.

• BEVISNINGSFASEN delas upp i värdering och beslut. Bevisningen baseras på

- indikatortyp
- indikators utvecklingsgrad
- indikators samband med bildning/jordart

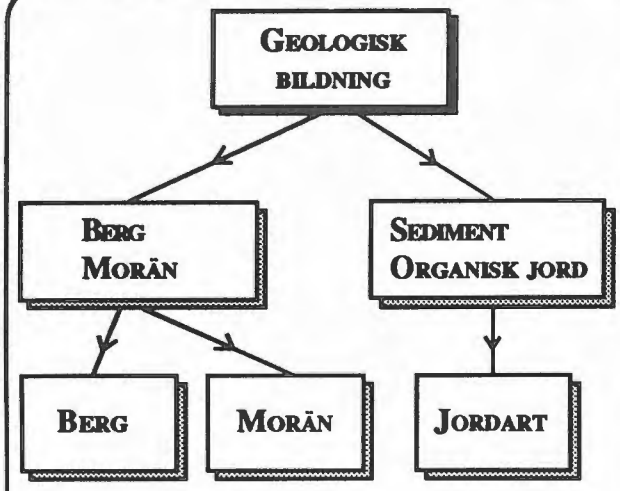
TABELL 4 a. Samband mellan geologisk bildning och jordart.

GEOLOGISK BILDNING		JORDARTSGRUPP	
Huvudgrupp	**Undergrupp**	**Huvudgrupp**	**Undergrupp**
Berg	-	Berg[1]	-
Morän	utbrett täcke	Morän[1]	grovkornig
	kullar, ryggar		
	specialformer		finkornig
Sediment	åsar, deltan	Grovsediment	grus,sten
			sand
	slätter	Finsediment	silt
	slänter		lera
	raviner		
Organisk jord	sediment	Organisk jord	gyttja,dy
	mossar		torv
	kärr		

1) egentligen geologisk bildning

TABELL 4 b. Exempel på indelning vid geobildtolkning.

GROV-INDELNING	HUVUD-INDELNING	DETALJ-INDELNING	SPECIAL INDELNING
	Berg		Sprickor
Fastmark	Morän	Grov	Storblockig
		Fin	Rikblockig
	Grovsediment	Sten, grus	
		Sand	
	Finsediment	Silt	
		Lera	Relativt grund
Lösmark			Relativt mäktig
	Organisk jord	Gyttja, dy	



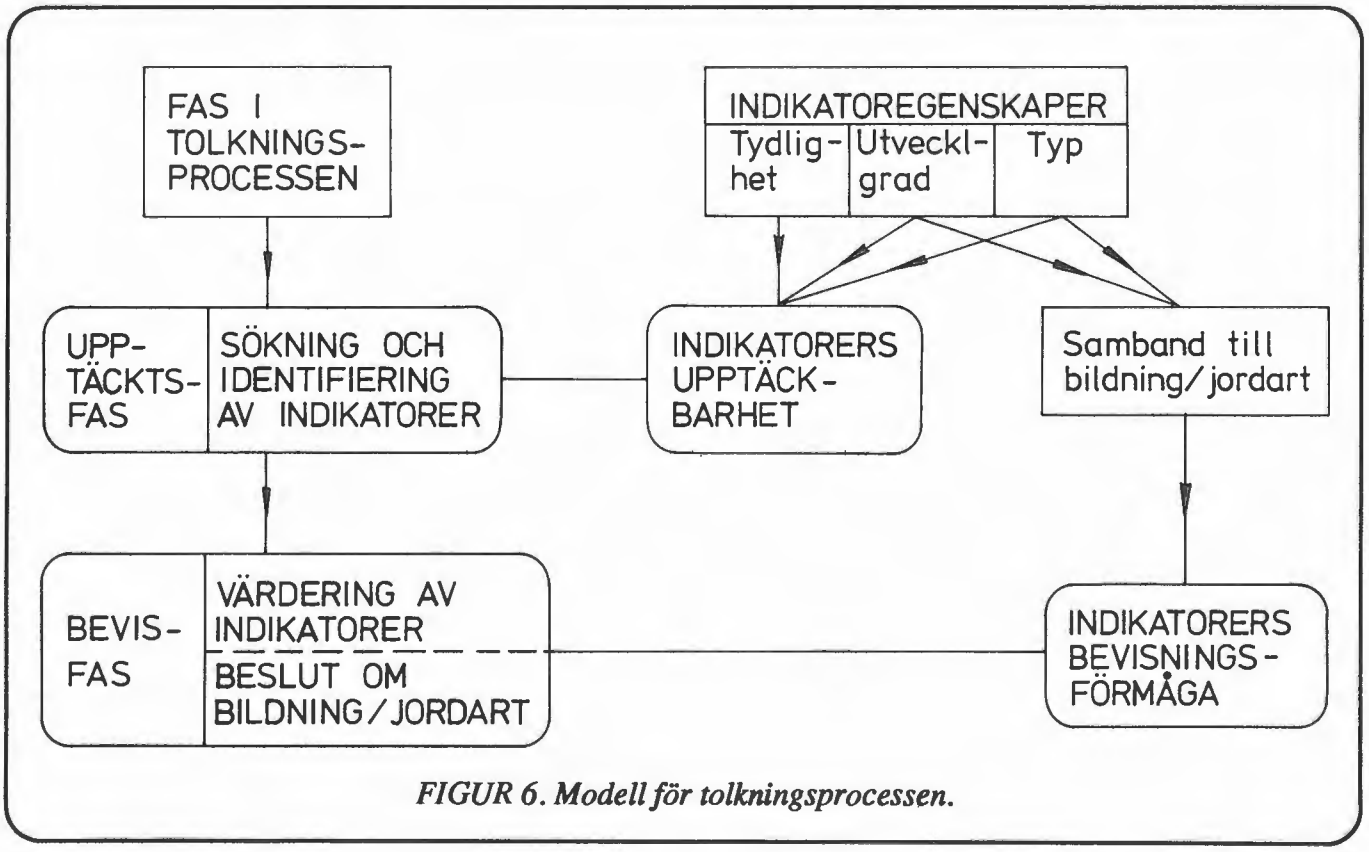
FIGUR 5. Principfigur över framtolkning av "jordarter" via geologiska bildningar. Berg och morän är geologiska bildningar i sig och någon ytterligare uppdelning är normalt inte nödvändig.

Även dessa egenskaper är beroende av varandra, se FIGUR 6. Möjligheten till korrekt tolkning är en funktion av indikatorernas egenskaper och tolkarens skicklighet att värdera dem.

• I VÄRDERINGSFASEN görs en värdering av identifierade jordartsindikatorers information om bildning/jordarter, varvid klassning av indikatorerna i entydiga, starka, svaga, oanvändbara och uteslutande indikatorer görs.

• I BESLUTSFASEN fattas beslut om bildning/jordart samt gränser. I denna fas utnyttjas inte enbart indikatorernas information, utan beslutet baseras också på kunskaper om terrängens geologiska uppbyggnad och geologiska samband samt på tolkarens erfarenhet av liknande situationer.

En fundamental princip vid tolkningen är att överföra information från ett terrängparti med kända förhållanden till terrängpartier med utseenden som liknar det kända. Denna princip utnyttjas främst efter fältkontrollen när representativa ytor och gränser bestämts och därefter kan tjänstgöra som referenser vid den efterföljande sluttolkningen. Ett korrekt beslut innebär att tolkaren identifierat väsentliga indikatorer och värderat dem rätt. Tolkaren vet



FIGUR 6. Modell för tolkningsprocessen.

då vilken säkerhet tolkningen har. Tolkningssäkerheten varierar från helt säker tolkning till omöjlig tolkning, se vidare AVSNITT 3.5 "Tolknings- och karteringssäkerhet".

Demonstration av tolkningsmodellen görs i AVSNITT 4.11 Tolkningsexempel.

3.5 Tolknings- och karteringssäkerhet

3.5.1 Allmänt

De allra flesta typer av kartor som återger naturförhållanden- inklusive geobildtolkningskartor - är mer eller mindre generaliserade och återger med varierande korrekthet de verkliga förhållandena. Det är av praktiska och ekonomiska skäl inte möjligt att framställa en helt korrekt karta med hjälp av geobildtolkning. Det är inte heller nödvändigt från användarsynpunkt att kartan är helt korrekt, eftersom karttypen i första hand skall ge underlag för lokalisering och relativa jämförelser mellan olika alternativ i tidiga planeringsskeden där även övrigt kunskapsunderlag är av översiktlig karaktär. Kartan får emellertid inte innehålla sådana fel att felaktiga slutsatser dras. Kartanvändarna måste uppmärksammas om kartans tillförlitlighet så att användarna undviker att göra grova fel.

3.5.2 Olika typer av fel vid geobildtolkning

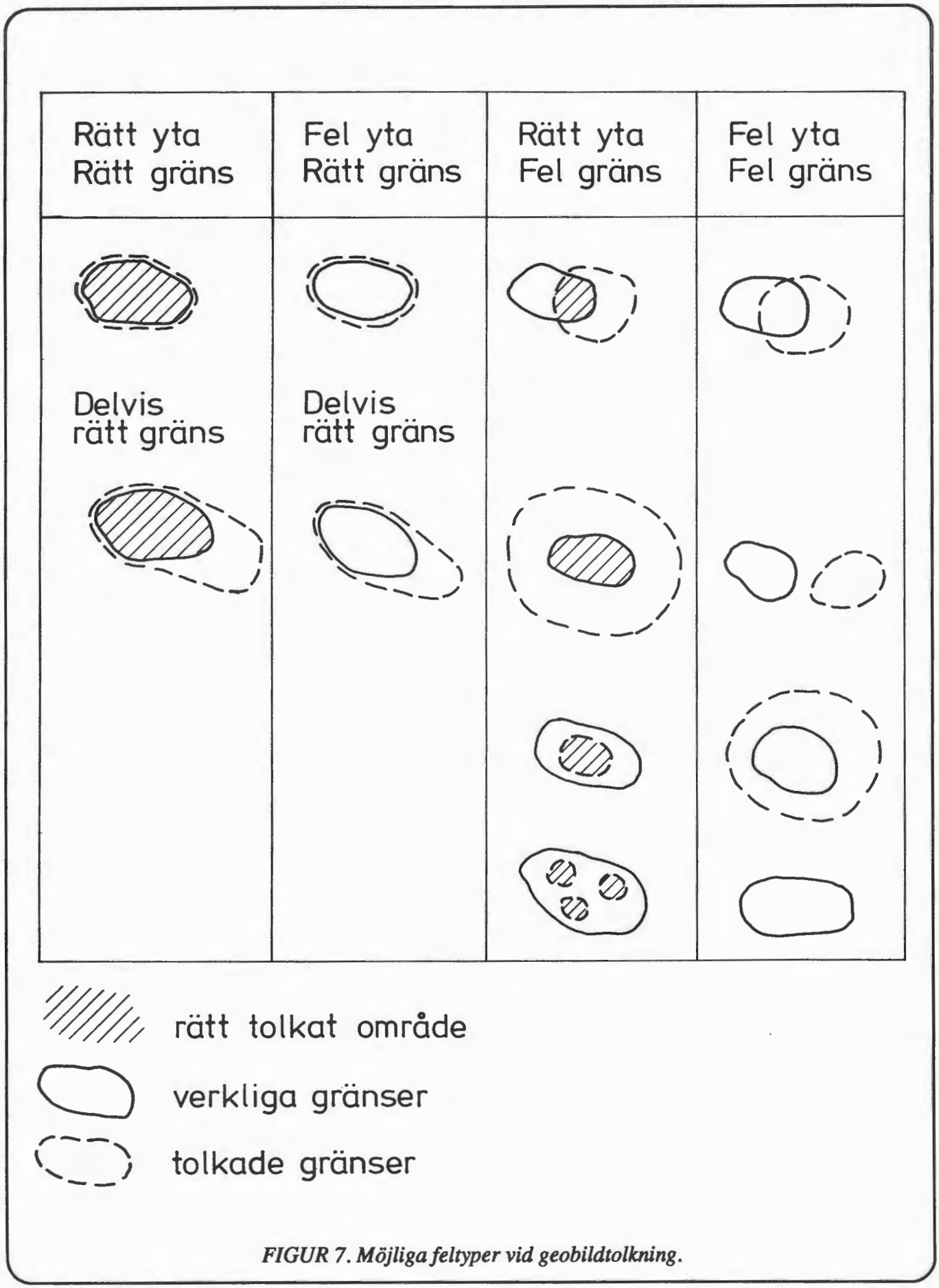
Vid geobildtolkning skall såväl gränsers lägen som jordarter inom avgränsade ytor bestämmas. De olika typer av fel som kan uppstå redovisas i FIGUR 7. Felen är mer eller mindre allvarliga beroende på konsekvenserna.

Vid bestämning av jordart inom tolkade ytor är felets allvarlighetsgrad och konsekvens beroende av hur marken skall användas. En grov bedömning av konsekvenser vid olika typer av feltolkning för grundläggning görs i TABELL 5.

TABELL 5. Grov klassificering av konsekvenser för grundläggning av felbestämd yta.

TOLKAD BILDNING/ JORDART	VERKLIG BILDNING/JORDART					
	B	Mn	Gs	Fs		O
				G	D	
Berg	-	1	1	2	3	3
Morän	1	-	1	1	3	3
Grovsediment	2	1	-	1	3	3
Grunda finsediment	2	1	1	-	2	3
Djupa finsediment	3	3	3	2	-	2
Organisk jord	3	3	3	3	2	-

Bedömd konsekvens av feltolkning för grundläggning.
1. Mindre allvarlig 2. Allvarlig 3. Mycket allvarlig



FIGUR 7. Möjliga feltyper vid geobildtolkning.

3.5.3 *TOLKNINGSMÖJLIGHET - KARTERINGSKVALITET*

Möjligheterna att tolka berg, jordart och gränser beror på ett stort antal faktorer, FIGUR 8. Tolkningsmöjligheterna påverkas av såväl terrängens utseende, flygbildskvalitet som tolkarens skicklighet.

Lättolkad terräng kan ibland tolkas tillfredsställande även med vissa brister hos flygbild och tolkare. I svårtolkad terräng är det inte säkert att det hjälper ens med den bästa flygbildskvaliteten och en mycket skicklig tolkare. Brister i flygbildskvalitet och hos tolkare liksom svårigheter att tolka kompliserad terräng kan kompenseras med utökad fältkontroll.

En kort beskrivning av inverkande faktorer på tolkningsmöjligheterna ges nedan.

Terräng

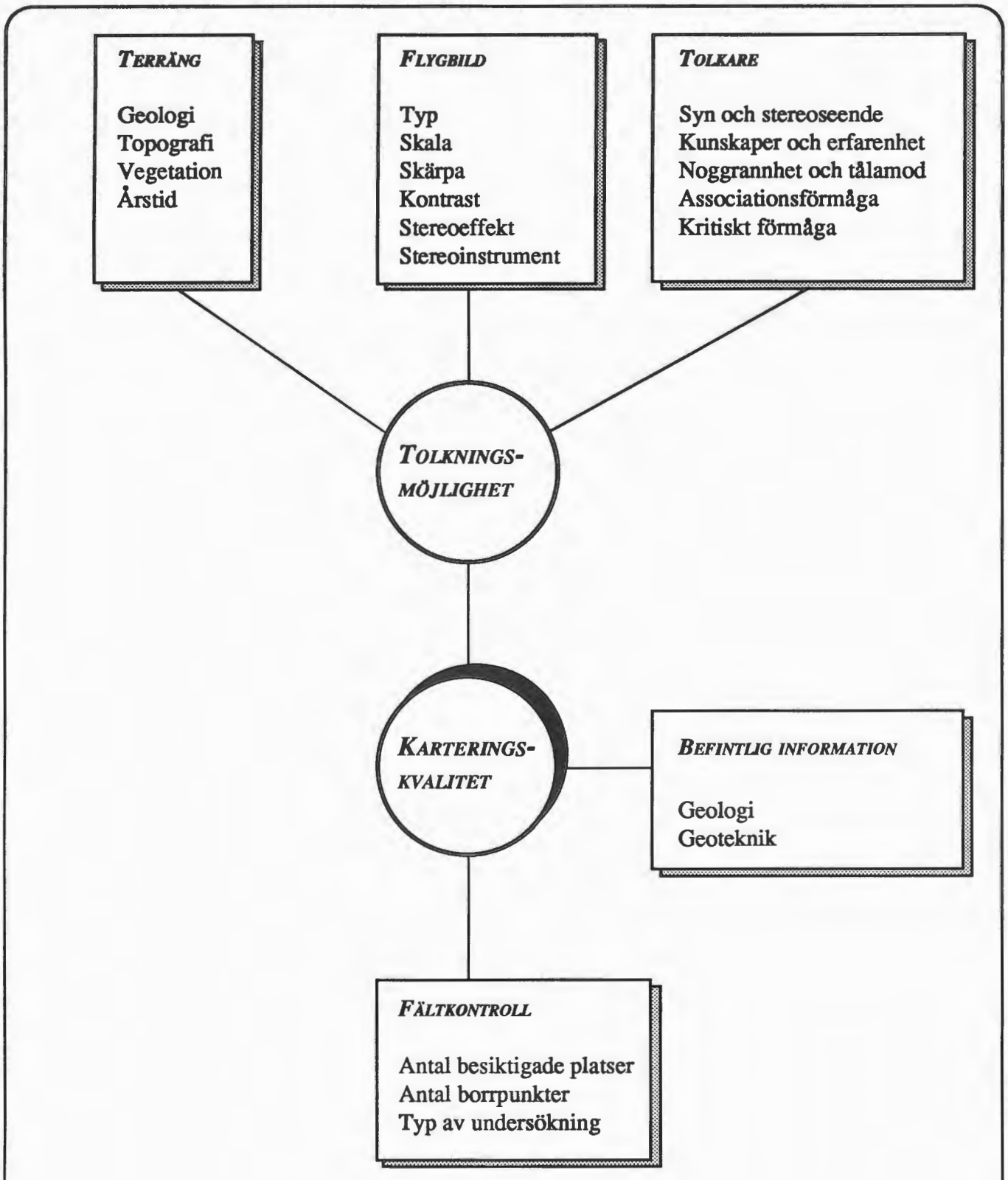
Terrängens utseende bestäms i princip av geologi, topografi, vegetation och årstid. Varje faktor kan verka underlättande eller försvårande för tolkningen, i princip enligt TABELL 6. I tabellen har uppställts ett antal motsatspar som principiellt visar hur tolkningsmöjligheterna påverkas. Undantag från dessa principer förekommer.

Flygbilder

Flygbildens kvalitet och egenskaper påverkas av en rad faktorer som filmtyp, bildskala (flyghöjd), upplösningsförmåga, skärpa, kontraster i bilden och stereoeffekt. Flera av dessa faktorer har behandlats i handboken "Flygbildsteknik och fjärranalys" av Wastenson, sid. 203-237, NÄMNDEN FÖR SKOGLIG FLYGBILDSTEKNIK (1980), varifrån TABELL 7 över olika filmtypers för- och nackdelar är hämtad.

TABELL 6.Principiellt schema över terrängförhållanden som påverkar tolkningsmöjligheterna.

TERRÄNG FAKTOR	Förhållande som underlättar tolkning	Förhållande som försvårar tolkning
Geologi	Enkel geologi Stora enheter Känd geologi	Komplex geologi Små enheter Okänd geologi
Topografi	Distinkta topografiska brytningar Brant topografi Fåtal former	Diffusa topografiska förändringar Flack topografi Många former
Vegetation	Gles vegetation eller obevuxet Naturlig vegetation Homogena skogsbestånd	Tät vegetation Planterad vegetation Inhomogena skogsbestånd
Markanvändning	Markanvändning som är baserad på geologin, t ex jordbruk, täkter, gles bebyggelse på fastmark	Markanvändning som döljer geologin, t ex fyllningar, tät bebyggelse
Årstid vid flygfotografering	Tidig vår före lövsprickning och obevuxna åkrar Normal fuktighet eller vått	Sommar med frodig grönska och gröda på åkrar Extremt torrt eller vått



FIGUR 8. Schema över faktorer som påverkar tolkningssäkerhet och karteringskvalitet.

TABELL 7. Översikt av olika filmtypers för- och nackdelar vid flyg-bildstolkning (Från NÄMNDEN FÖR SKOGLIG FLYGBILDTEKNIK, 1980, sid. 231).

Filmslag	Fördelar	Nackdelar
Pankromatisk svartvit film	- bra geometrisk upplösning - låg film- och kopiekostnad - liten kornighet tillåter stor instrumentförstoring	-dålig spektral upplösning -registrerar endas inom det synliga våglängdsområdet
Svartvit infrarödkänslig film	- bra geometrisk upplösning - genomtränger dis, god bildkvalitet även från hög höjd - låg film- och kopiekostnad - registrerar inom IR-området, vilket ger bättre kontrast vid tolkning av t ex vegetation, hydrografi och markfuktighet	- dålig spektral upplösning - hård beskuggning - dålig förmåga att registrera objekt under vatten
Konventionell färgfilm	- bättre spektral upplösning än svartvit film - ögat urskiljer fler färgtoner än gråtoner vilket generellt underlättar tolkning, särskilt i låghöjdsbilder	- något sämre geometrisk upplösning än svartvita filmer - dyrare film- och kopiekostnad - svartvita kopior för fältbruk blir kontrastfattiga - dålig färgkontrast på hög höjd, fotograferingshöjder över 3 000 m rekommenderas ej
IR-färgfilm	- god spektral upplösning - genomtränger dis, god bildkvalitet även från hög höjd - registrerar inom IR-området och hela det synliga området vilket ger goda tolkningsmöjligheter av t ex vegetation (artdifferentiering och indikering av stressymptom), hydrografi, markfuktighet, berghällar och blockfrekvens - ger god kvalitet på svartvita kopior för fotokartor	- något sämtre geometrisk upplösning än svartvita filmer - dyrare film- och kopiekostnad - hård beskuggning - variationer i emulsion mellan olika filmleveranser ger dålig reproducerbarhet av tolkningsresultat vid positivframkallning - ej naturliga färger - snäv exponeringslatitud (svårexponerad)

En viktig faktor är också typen av stereoinstrument som används vid tolkning av flygbilder, främst möjligheten att variera förstoringsgrad, synfältets storlek, objektivets kvalitet och hur lätt/svårt instrumentet är att arbeta med.

Tolkare

Bildtolkarens egenskaper är givetvis avgörande för tolkningsresultatets kvalitet. Några av de viktigaste egenskaperna beskrivs här kortfattat:

• Syn och stereoseende

God synförmåga och gott stereoseende är nödvändiga krav vid geobildtolkning.

• Kunskaper och erfarenhet

Kunskaper i främst geologi och geoteknik men också andra ämnen som botanik, skogs- och jordbruksteknik är nödvändiga. Dessutom måste tolkaren ha praktiska erfarenheter av jämförelser mellan flygbild och terräng i fält.

• **Noggrannhet och tålamod**
På grund av den stora informationsmängden i flygbilder är det viktigt att tolkaren systematiskt sveper över hela karteringsytan och vid behov flera gånger. Dessutom måste förstoringsgraden anpassas till tolkningsobjektet. Tolkningsarbetet är många gånger tålamodsprövande, men en bildtolkare får inte "tappa sugen".

• **Associationsförmåga**
Tolkaren skall kunna utnyttja sina teoretiska och praktiska kunskaper vid tolkning. Flygbildstolkning är i princip en jämförelse av de betraktade ytorna med tidigare karterade ytor.

• **Kritisk förmåga**
Det är viktigt att tolkaren har förmågan att värdera flygbildsinformationen på rätt sätt.

3.5.4 *VÄRDERING AV JORDARTSINDIKATORER*

Vid geobildtolkning gäller det inte bara att vaska fram jordartsindikatorer bland all övrig information på flygbilderna, utan även att känna till indikatorernas styrka, dvs samband till jordart. Följande indelning av indikatorernas styrka föreslås. Förslaget baseras på VIBERG (1972) och LUNDÉN (1977).

• **Entydiga indikatorer**
Indikatorer som ensamma avgör identifieringen.

• **Starka indikatorer**
Indikatorer som ger goda upplysningar, men en ensam stark indikator är normalt inte tillräcklig för tolkning, flera starka indikatorer måste kombineras för att tolkning ska bli möjlig.

• **Svaga indikatorer**
Indikatorer som ger viss information; tolkning är ej möjlig med enbart svaga indikatorer.

• **Uteslutande indikatorer**
Indikatorer som kan användas för att utesluta bildningar/jordarter.

• **Oanvändbara indikatorer**
Indikatorer som inte ger någon information om bildning/jordart.

Att känna till indikatorernas värde för tolkningen är av avgörande betydelse för säkerheten i tolkningen. Tolkaren måste kunna bedöma sannolikheten för att tolkningen är riktig. Denna bedömning påverkar fältkontrollen, som skall koncentreras till ytor och gränser där tolkningen är osäker eller omöjlig.

I följande avsnitt visas hur tolkningssäkerheten kan klassificeras och bedömas med hjälp av jordartsindikatorernas styrka och antal.

3.5.5 *KLASSIFICERING AV TOLKNINGSSÄKERHET*

En strikt indelning av tolkningssäkerheten är inte möjlig att göra eftersom tolkningssäkerheten i princip varierar kontinuerligt mellan helt säker och helt osäker. Gränserna mellan olika säkerhetsklasser blir av naturliga skäl diffusa. Nedanstående indelning av tolkningssäkerheten avser att tjäna som ett stöd för bedömningen av säkerheten, TABELL 8.

HELT SÄKER tolkning kan endast ske där entydiga indikatorer förekommer eller där den sammanlagda effekten av flera starka indikatorer medför full visshet.

SÄKER tolkning innebär att en bildning/jordart framstår som mycket mer sannolik än andra, dvs är klar "favorit". Den bör ha minst 2 starka indikatorer fler än någon annan bildning/jordart. Det kan även räcka med att den har en särskilt stark indikator som gör den till klar "favorit".

NÅGOT OSÄKER tolkning sker då två bildningar/jordarter med ungefär likvärdig sannolikhet är överlägsna andra alternativ. Sannolikheten för rätt tolkning blir minst 1/2 x 100 = 50%. Många gånger väger indikatorerna över för det ena alternativet någon övervikt, varför sannolikheten då blir högre än 50%.

TABELL 8. Grov indelning av tolkningssäkerheten.

Tolkningssäkerhet	Beslutsunderlag	Grovt uppskattad sannolikhet för rätt tolkning (%)
Helt säker	≥ 1 entydig indikator eller flera starka indikatorer	100
Säker	1 klar "favorit"	> 80 a 90
Något osäker	2 klara "favoriter"	> 50
Osäker	>2 "favoriter"	>20 a 50
Omöjlig tolkning	endast svaga eller oanvändbara indikatorer	

OSÄKER tolkning: Fler än två likvärdiga alternativ är möjliga. Sannolikheten blir minst 1/3 x 100 = 33% vid tre alternativ och 1/4 x 100 = 25% vid fyra alternativ.

OMÖJLIG tolkning: Informationen är så knapp att ingen bildning/jordart är mer trolig än någon annan. Sannolikheten för rätt tolkning är 1/5 x 100 = 20%, dvs gissning vid användning av fem jordartsgrupper.

Om de bildningar/jordarter som har ungefär lika antal starka indikatorer slås samman kan tolkningen få god säkerhet eller t o m bli helt säker för den sammanslagna gruppen. Exempel på par som ofta är svåra att skilja åt med flygbildtolkning, men där en sammanslagning väsentligen underlättar tolkningen, är

- berg/morän
- skogbevuxna finsediment/organisk jord

I TABELL 9 visas med ett **principiellt** exempel hur tolkning sker och hur tolkningsäkerheten utvärderas. Sammanställningen av indikatorer och deras styrka visar i detta fall att tolkningen av berg har god säkerhet, dvs att sannolikheten för att den tolkade ytan i verkligheten är berg är betydligt högre än för något annat alternativ. Eftersom indikatorernas styrkeskala är kontinuerlig är indikatorerna mer eller mindre starka respektive svaga. I verkligheten är det sålunda inte endast antalet indikatorer utan även indikatorernas rätta styrka, t ex mycket stark, måttligt stark, mycket svag etc som man skall ta hänsyn till.

TABELL 9. Fingerat exempel på hur tolkningssäkerhet kan bedömas vid tolkning av en yta. Fyra indikatorer har identifierats (t ex ytform, ytstruktur, gråton och vegetation) och deras bedömda samband till olika jordarter. Sammanställningen visar att berg är klar "favorit", och tolkningen bedöms i detta fall som säker.

BILDNING JORDART	INDIKATORSTYRKA Stark	Svag	Oanvändbar	Uteslutande
Berg (B)	3	1	-	-
Morän (Mn)	1	2	1	-
Grovsediment (Gs)	1	3	-	-
Finsediment (Fs)	-	1	1	2
Organisk jord (Oj)	-	1	1	2

Tolkningsarbetet underlättas om tolkaren är medveten om systematiken i tolkningsprocessen. Flygbilder innehåller en sådan stor informationsmängd, att det är lätt att drunkna i alla detaljer. Tolkningen är en integrerad process där kunskaper, erfarenheter, fysiska färdigheter som synskärpa, uthållighet samt "intellektuella" färdigheter används jämsides med varandra. Det är därför nödvändigt att känna till de tre momenten "sökning", "värdering" och "beslut" i tolkningsprocessen och vad varje moment innebär, jämför AVSNITT 3.4 "Tolkningsmodell".

- **sökning;** vad söks och hur sker sökningen
- **värdering;** vad skall värderas och hur genomförs värderingen
- **beslut;** på vilket underlag fattas beslutet och hur säkert är beslutet

Flygbildstolkningsmetodens kapacitet och tillförlitlighet är starkt beroende av tolkarens förmåga att upptäcka jordartsindikatorer samt hans/hennes kunskaper om dessa. En tolkare som har stor förmåga att upptäcka jordartsindikatorer, men inte har kunskaper om indikatorernas egenskaper får dåligt resultat. Detsamma gäller för tolkare som har goda kunskaper om jordartsindikatorer men har dålig förmåga att upptäcka indikatorerna.

3.6 Metodik

3.6.1 Allmänt

Målet för geobildtolkning är att producera kartor över geoförhållandena eller inventera platser med vissa egenskaper. Karteringen utförs på olika sätt, allt efter projektets karaktär.

I detta avsnitt redovisas vilka moment som ingår i begreppet geobildtolkning, "Moment i geobildtolkning", och hur geobildtolkningen ingår i det totala projektgenomförandet, "Arbetsgång vid geobildtolkningsprojekt".

För att minimera antalet hänvisningar beskrivs de olika geobildtolkningsmomenten i sistnämnda avsnitt.

3.6.2 Moment i geobildtolkning

Oavsett projekttyp består geobildtolkningsmetoden av följande moment:

- Inventering av befintligt informationsmaterial
- Flygbildstolkning
- Fältkontroll
- Redovisning
- Fält-och laboratorieundersökning (i vissa fall)

Den relativa betydelsen av de olika momenten beror av flera faktorer. I princip kompletterar momenten varandra. Brister i bakgrundsmaterial och flygbildstolkning kan vanligen kompenseras vid fältkontrollen.

Geobildtolkningen kompletteras ibland med fältundersökningar med konventionella borrutrustning och därtill hörande laboratorieundersökningar.

3.6.3 Arbetsgång vid geobildtolkningsprojekt

Varje geobildtolkningsprojekt är unikt beroende på förutsättningar och problemställningar. I projekten finns dock ett antal moment som skall genomföras i en viss ordning. Här presenteras en lista över arbetsmoment som kan förekomma vid normala geobildtolkningsprojekt. Alla moment förekommer inte alltid utan momenten varierar till antal och innehåll med typen av projekt.

Lista över moment vid geobildtolkningsprojekt:

1. Projektplanering
2. Flygbildsanskaffning
3. Inventering av informationsmaterial
    a. Geologiska kartor och rapporter
    b. Topografiska och ekonomiska kartorna
    c. Övriga kartor
    d. Befintliga undersökningar och olika geoarkiv
        - Geotekniska handlingar
        - Geologiska handlingar

- Brunnsarkiv
- Grusarkiv
- Torvarkiv
- Grundvattenarkiv

4. Flygbildstolkning
   a. Förberedelser
   b. Tolkning
5. Fältkontroll
   a. Planering
   b. Genomförande
6. Eftertolkning och slutjustering
7. Redovisning
   a. Överföring av tolkningsresultat
      - manuellt
      - maskinellt
   b. Rastrering och färgläggning
   c. Rapport
8. Samarbete planerare/projektör - geobildtolkare

Här följer en beskrivning av de olika momenten:

1. PROJEKTPLANERING

Överenskommelse bör träffas med beställaren om uppläggning av geobildtolkningen, bl a ändamål, undersökningsområdets avgränsning, geologisk/geoteknisk indelning, noggrannhet och typ av redovisning samt karttyp och skala för redovisningen.

• Undersökningsområdet avgränsas av beställaren ensam eller i samråd med geobildtolkaren.

• Bestämning av jordartsindelning och eventuell utvärderad information sker i samråd med beställaren. Indelningen är beroende av uppdragets art, områdets geologi och flygbildskvalitet.

2. ANSKAFFNING AV FLYGBILDER

Vid anskaffning av flygbilder finns normalt följande alternativ:

a) Beställaren har utfört flygfotografering och tillhandahåller flygbilder.

b) Inventering av befintliga flygbilder med hjälp av Lantmäteriverkets (LMV:s) stråköversikter och inköp av flygbilder från LMV.

c) Beställning av flygfotografering hos Lantmäteriverket eller företag med flygfotograferingsrätt.

Vid bestämning av vilka flygbilder som skall användas för tolkning skall årtal och årstid för flygfotograferingen samt skala och filmtyp beaktas. I många fall är flygbilderna givna i och med att flygbilderna använts för föregående fotogrammetrisk kartframställning, jfr punkt a) ovan.

Ibland kan äldre flygbilder innehålla intressant information, t ex om de återger den ursprungliga naturen, som störts vid senare tillfälle.

Äldre bilder kan även ha en lämpligare skala och/eller vara fotograferade vid en lämpligare tidpunkt på året än nytagna flygbilder. Skala och fotograferingstidpunkt är faktorer som ofta väger över årtal. En fördel med nytagna flygbilder är att vägar, bebyggelse och övrig markanvändning är aktuella och underlättar orienteringen i fält.

Flygbildsstråken och de enskilda flygbildernas lägen markeras lämpligen på topografiska kartan så att man snabbt kan lokalisera de olika flygbilderna. Detta är speciellt värdefullt när man arbetar med många flygbilder.

3. INVENTERING AV BEFINTLIGT INFORMATIONSMATERIAL

Syftet med inventeringen är att ta tillvara befintlig information för att bygga upp så mycken geologisk-geoteknisk kunskap om undersökningsområdet som möjligt. Ju mer information av intresse man kan få tag i desto mer underlättas flygbildstolkningen.

Den tillgängliga informationen har dels ett egenvärde i sig då den utgör ett direkt bidrag till karteringen och utgör dels ett mycket viktigt stöd för flygbildstolkningen genom kalibrering av flygbilderna.

Under inventeringsfasen skall tolkaren "läsa in" undersökningsområdets geologi såväl översiktligt som detaljerat. Möjligheterna till detaljstudier är naturligtvis helt beroende på tillgängliga litteraturkällor.

Även "geotekniken" skall läsas in med hjälp av befintliga undersökningar där sådana finns.

Några viktiga geologiska faktorer och deras betydelse för karteringen beskrivs i BILAGA 3.

Några geologiska faktorer som ofta är av stor betydelse för karteringen är den högsta strandnivån

för forna sjöar och hav (Högsta kustlinjen, HK) samt issjöar, isrörelseriktning, strandförskjutningskurvor, pågående landhöjning, topografin i stort och smått, markanta geologiska bildningar, t ex rullstensåsar, randmoräner, deltan av olika typer, raviner och olika moränformer.

Av särskilt stor betydelse är uppgifter om lagerföljd och djupuppgifter. Information från borrningar och grävningar är mycket värdefulla eftersom de utgör kalibreringspunkter för flygbildstolkningen.

Schematiska och detaljerade geologiska profiler utgör också nycklar för tolkaren. Schematiska profiler redovisas på de senare utgivna jordartskartorna, SGU serie Ae. Beskrivningar till de geologiska kartorna innehåller ibland detaljprofiler.

3a. Geologiska kartor och rapporter

Inventering sker via SGU:s kartkatalog. De geologiska kartor som kan vara aktuella vid geobildtolkning är

• Karta över landisens avsmältning och högsta kustlinjen i Sverige. SGU Serie Ba nr 18, 1961.

• Jordartskartor med beskrivningar. SGU Serie Aa, Ab, Ac, Ae samt länskartor för Värmlands län Ca 38, Kopparbergs län Ca 21, Gävleborgs län Ca 42, Jämtlands län Ca 45, Västernorrlands län Ca 55, Västerbottens län (nedanför odlingsgränsen) Ca 26, Norrbottens län (nedanför lappmarksgränsen) Ca 39. I områden där kartering pågår finns möjlighet att få kopior av fältkartor.

• Torvmarkskartor med beskrivning, skala 1:100.000, SGU Serie D.

• Förenklade jordartskartor, främst i Norrland, SGU.

• Geologiska specialundersökningar. SGU, universitetens kvartärgeologiska och naturgeografiska institutioner.

Serie Ae-kartorna är mycket värdefulla vid geobildtolkningen, eftersom de kan användas som grundstomme. Djupuppgifterna på kartorna och lagerföljdsbeskrivningen används som viktiga stöd vid karteringen. Kopior av fältkartor i skala 1:10 000 kan erhållas.

De moderna kartbladen i serie Ae, skala 1:50 000, täcker endast en del av södra och mellersta Sverige, varför äldre kartblad i serien Aa skala 1:50 000, serie Ab skala 1:200 000 och serie Ac skala 1:100 000 ofta måste anlitas.

Vid användning av äldre geologiska kartor måste man vara uppmärksam på att geometrin i underlagskartan är bristfällig och att möjligheterna till fältrekognoscering i speciellt skogsterräng var begränsade för de mycket gamla kartorna. Noggrannheten i de äldre kartorna återspeglas ofta i en mer detaljerad kartering längs vägar och stigar och schematisk kartbild däremellan. Värdet av äldre kartor kan därför vara begränsat, men kartorna är för den skull inte helt ointressanta. De kan användas framförallt för att man skall få en översikt av geologin men i vissa fall även för detaljinformation om t ex berghällar och grusförekomster. Använda på rätt sätt utgör även de äldre kartorna en god informationskälla.

Länskartorna är så kraftigt generaliserade att de främst ger en geologisk översikt och geologiska samband.

3b. Topografiska och ekonomiska kartor

De allmänna topografiska och ekonomiska kartorna, utgivna av Statens Lanmäteriverk (LMV), bör alltid anskaffas. Förutom rent geografisk information kan kartorna utnyttjas för följande ändamål:

Topografiska kartan, skala 1:50.000

• Översikt av landformer och strukturer

• Registerkarta för flygbilder (se punkt 2)

• Planering av fältkontroller. Fältkontrollpunkter markeras och kartan används för planering av transporterna i fält så att onödiga transporter undviks.

Ekonomiska kartan, skala 1:10.000/1:20.000

• Studier av landformer och sankmarker. Observera, att ekonomiska kartan har samma nivåkurvor som den topografiska kartan med ekvidistans 5 m.

• Alternativt underlag - fältkarta - vid fältkontrollen, se punkt 5a.

• Vanligt underlag för slutredovisningen.

3c. Övriga kartor

• Geomorfologiska kartor över fjällen samt vissa andra områden, skala 1:250.000. Statens Naturvårdsverk.

• Skogskartor. Skogsvårdsstyrelsen och skogsbolag.

• Orienteringskartor. Utges av lokala orienteringsklubbar.

• Naturvårdsinventeringar. Länsstyrelsernas naturvårdsenheter.

• Bygdebeskrivningar. Svenska Turistföreningen, hembygdsföreningar m fl.

3d. Befintliga undersökningar och olika geoarkiv

Geotekniska arkiv. Finns hos bl a kommuner, SGI, Vägverket, Banverket, Byggnadsstyrelsen, konsulter, byggherrar och entreprenörer.

• Befintliga geotekniska undersökningar är av mycket stort värde om det förekommer sådana i undersökningsområdet. Uppgifter om jordart, jordlagerföljd, jorddjup och geotekniska egenskaper innebär att flygbilderna kan kalibreras vid de befintliga borrhålen och tolkaren har ett mycket bättre utgångsläge än om befintliga undersökningar saknas.

• Grundvattennätet, SGU
• Brunnsarkivet, SGU
• Grusarkivet, SGU
• Torvarkivet, SGU

Söklista vid inventering

Inventering av informationsmaterial kan ske relativt enkelt genom kontakt med följande organisationer:

• Aktuell kommun
• SGI
• Vägverket
• Banverket
• SGU
• Naturvårdsverket. Geomorfologiska kartor, vegetationskartor, våtmarksundersökningar och övriga inventeringar
• Länsstyrelsernas naturvårdsenheter. Grus-, myr- och övriga naturinventeringar
• Skogsvårdsstyrelsen och skogsbolag. Skogskartor
• Bydgeföreningar. Bygdebeskrivningar
• Svenska Turistföreningen
• Orienteringsklubbar. Orienteringskartor

4. FLYGBILDSTOLKNING

4a. Förberedelser

• Glasklara filmer (typ overheadfilm) tejpas fast på varannan flyg bild i varje stråk. Markera passpunkter och flygbildsnummer.

• Markera undersökningsområdets gränser.

• Sammanställ geologisk information. Viktiga faktorer är
- högsta kustlinjen
- isrörelseriktning
- regressioner och transgressioner
- principiella jordlagerföljder
- dominerande bergarter
- ev karaktäristiska geologiska bildningar
- grundvattenförhållanden

• Sammanställ eventuellt förekommande geoteknisk information. Borrhålsdata kan läggas in direkt på flygbilden eller på redovisningskarta, t ex enligt SGF:s standard för planredovisning av borrhål, SGF Beteckningsblad nr 1.

4b. Tolkning

Tolkning av flygbilder ingår, som namnet antyder, som en central del i geobildtolkning. Tolkningen skall alltid utföras i stereoinstrument så att en tredimensionell bild av terrängen kan studeras. Stereoskopisk betraktning är ett nödvändigt krav eftersom ytformen är den viktigaste indikatorn vid geologisk-geoteknisk flygbildstolkning. Stereoinstrument med zoom-möjlighet rekommenderas.

Vid tolkningen - som utförs före fältkontrollen - kombineras följande informationer:

- Geologisk och övrig information från inventeringen
- Borrhålsdata
- Flygbildsinformation
- Tolkarens kunskaper och erfarenheter

Vid den efterföljande fältkontrollen, pkt 5, erhålls ytterligare information, som utnyttjas vid eftertolkningen, pkt 6.

- Tolkningen utförs enligt den tolkningsmodell som beskrivs i avsnitt 3.4 "Tolkningsmodell".

- Vid tolkningen utnyttjas all tillgänglig sidoinformation, främst geologiska kartor och borrhålsdata.

- Flygbilderna bör först snabbstuderas så att tolkaren får en översikt av undersökningsområdet.

- Därefter tolkas bildernas noggrant minst två gånger. Eftersom bilderna innehåller mycket stora mängder informationer rekommenderas att undersökningsområdet tolkas minst två gånger. Det är mycket svårt att upptäcka och behandla all information vid en genomgång. Inventerad information skall dessutom bakas in i tolkningsprocessen. Upprepad tolkning har också den positiva effekten, att tolkaren lättare lär in området före fältkontrollen.

- Varierande förstoringsgrad skall användas flitigt. Liten förstoringsgrad används för att få översikt, sammanhang och samband, medan stor förstoring används för detaljstudier.

- Spritpenna med tunn spets används vid gränsdragningen. Suddning kan göras med hjälp av ett speciellt suddgummi.

- De mest lättolkade ytorna och gränserna läggs in först. Svårare partier bearbetas därefter successivt.

- Osäkerhet i tolkningen markeras med streckade gränser och frågetecken för ytor. Tolkningssäkerheten bedöms enligt avsnitt 3.5 "Tolknings- och karteringssäkerhet".

5. FÄLTKONTROLL

5a Planering

- Fältkontrollpunkter markeras i samband med tolkningen. Principen för fältkontroll bör vara:

  - partier som är svårtolkade (**osäker tolkning**) eller omöjliga att tolka bör alltid fältkontrolleras

  - partier med **något osäker tolkning** bör fältkontrolleras i relativt hög grad

  - partier med **god tolkningssäkerhet** behöver endast stickprovkontrolleras inom ett fåtal referenspartier.

  - partier där **tolkningen är entydig** behöver i princip inte kontrolleras i fält.

- Vid planering av fältkontrollen tas även hänsyn till faktorer som

  - läge i förhållande till planerad markanvändning - fältkontrollen skall koncentreras till sådana partier som har mesta betydelse för planeringen

  - konsekvenser av olika typer av feltolkning, jfr TABELL 4.

Fältkontrollen planeras med hjälp av topografiska och ekonomiska kartor samt flygbilder.

- Den topografiska kartan används i huvudsak för transportplanering när undersökningsområdet är stort.

• Den ekonomiska kartan kan användas som underlag och fältkarta vid fältkontrollen. Tolkning och fältkontrollpunkter skall då vara överförda till kartan.

Fördelar med ekonomiska kartan som fältkarta

• Enkel hantering.

• Om ekonomiska kartan skall användas för slutredovisning skall överföring ändå göras.

• Information av intresse för fältkontrollen finns på kartan.

• Kartor med nivåkurvor ger topografisk/geologisk information.

Nackdelar

• Generaliserad bild. Viktiga detaljer kan saknas.

• Kartor utan nivåkurvor ger ingen topografisk information.

• Vissa kartor är gamla och viktig information kan saknas, t ex vägar och bebyggelse som tillkommit efter kartans publicering.

Som alternativ till den ekonomiska kartan kan flygbilderna användas vid fältkontrollen. Stereobetraktning med hjälp av fältbricka med fickstereoskop rekommenderas.

Fördelar med flygbilder som fältkarta

• Detaljinformation, underlättar orientering

• Samma underlag som tolkning utförts på - ingen information tappas bort.

Nackdelar

• Svårhanterligt och tidsödande byten vid många flygbilder

• Risk att missa kontrollpunkter vid bildgränser

5b. Genomförande

Fältkontrollen utförs med enkel bärbar utrustning med stångdiameter ø10 mm, se FIGUR 9, med vilken följande insatser kan göras:

• Sondering
Djup och relativ fasthet i lösa och halvfasta jordar som lera, silt och organisk jord

Erforderlig nedtryckningskraft*) kN (kp)	**Relativ fasthet**
<0,25 (25)	Mkt lös
0,25-0,50 (25-50)	Lös
0,50-0,75 (50-75)	Fast
>0,75 (75) eller stötning	Mkt fast

*) bedöms subjektivt

• Skruvprovtagning
• Vingsondering
• Kolvborrning (jordprov ø/22 mm)

Spade används för ytlig provgropsgrävning samt för provtagning i skärningar.

• Fältkontrollen företas med bil. Terrängen mellan kontrollpunkterna besiktigas okulärt. Av speciellt intresse är blottlagda jordytor: täkter, skärningar, diken, gropar etc.

• Observationerna noteras på flygbild/karta och i fältdagbok.
• Det är lämpligt att dagligen summera fältobservationerna genom att gå igenom kontrollerade flygbilder och komplettera tolkningen.

6. EFTERTOLKNING OCH SLUTJUSTERING

• Efter fältkontrollen görs en slutlig justering av ytor och gränser. Huvudparten av detta arbete kan ha utförts i samband med fältkontrollen. Det är dock viktigt att ytterligare en gång analysera flygbilderna med fältkontrollen som stöd. Överföring av infor-

mation från partier med kända förhållanden till okända partier med liknande utseende blir en väsentlig del av tolkningen.

7. REDOVISNING

Redovisningen omfattar följande punkter:

7a. Överföring av tolkningsresultat från flygbild till karta

- manuell överföring
- överföring med hjälp av instrument
  - kameratyp; Polyrit o likn
  - enkla överföringsinstrument; typ Stereo Facet Plotter
  - avancerade fotogrammetriska överföringsinstrument

• Den manuella överföringen är troligen den vanligaste. Överföringen underlättas om flygbilds-och kartskalorna ligger nära varandra samt om kartorna har nivåkurvor och detaljrikt innehåll.

• Överföring i instrument bör tillgripas om redovisningskartan saknar orienteringspunkter eller om hög noggrannhet eftersträvas.

7b. Rastrering och färgläggning

• De olika jordarterna betecknas med raster och färger. SGF:s beteckningsblad 5-6 bör följas.

7c. Rapport

Slutredovisningen omfattar karta och en skriftlig rapport. Rapportens innehåll ska anpassas till projektets syfte. Dock bör följande avsnitt normalt finnas med:

• Projektets syfte och omfattning

• Undersökningsmetodik, inkl beskrivning av noggrannhet och tillförlitlighet.

• Undersökningsområdets geologi.

• Beskrivning av karteringsresultat. Geologiska/ geotekniska förutsättningar och rekommendationer för planeringen/projekteringen.

• Begränsningar i användningen av karteringsresultatet.

• Eventuella rekommendationer för fortsatta geoundersökningar.

8. SAMARBETE PLANERARE/PROJEKTÖR - GEOBILDTOLKARE

För att resultatet skall utnyttjas på bästa sätt rekommendras att de som använder resultatet av geobildtolkningen samråder med geobildtolkaren under planeringens/projekteringens gång.

4. Tolkning av berg och jordarter

4.1 Allmänt
Generalisering
4.2 Berg
4.3 Morän
4.4 Grovsediment
4.5 Finsediment
4.6 Organisk jord
4.7 Jordmäktighet
Allmänt
Lera
Morän
Organisk jord
4.8 Blockhalt
Allmänt
Enskilda block
Blockmönster
4.9 Geohydrologiska förhållanden
Allmänt
Höga grundvattenytor
Låga grundvattenytor
4.10 Erosion, ras, jordflytning och skred
Allmänt
Erosion och ras
Jordflytning
Skred
Falska skredformer
Svårtolkade skred

4.1 Allmänt

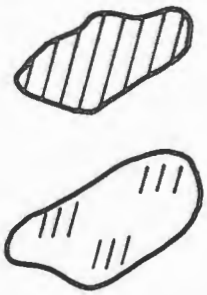
I detta kapitel beskrivs möjligheterna att kartera berg och jordarter med geobildtolkning. För varje grupp anges normalt förekommande indikatorer och deras värde för tolkningen, jfr AVSNITT 3.5 .4 "Värdering av jordartsindikatorer".

Vid kartering av berghällar och jordarter skall såväl gräns som yta karteras.

En principiell indelning av gränstyper visas i FIGUR 9 a.

Tolkning av en yta kan ske med hjälp av heltäckande indikatorer eller indikatorer som endast täcker delar av ytan, FIGUR 9 b. Exempel på heltäckande indikatorer är ytform, där markytan kan studeras

*FIGUR 9 a. Grov indelning av jordartsgränser, **distinkt gräns** (överst), **successiv gräns** (mitten) och **snabbt växlande gräns** (underst).*



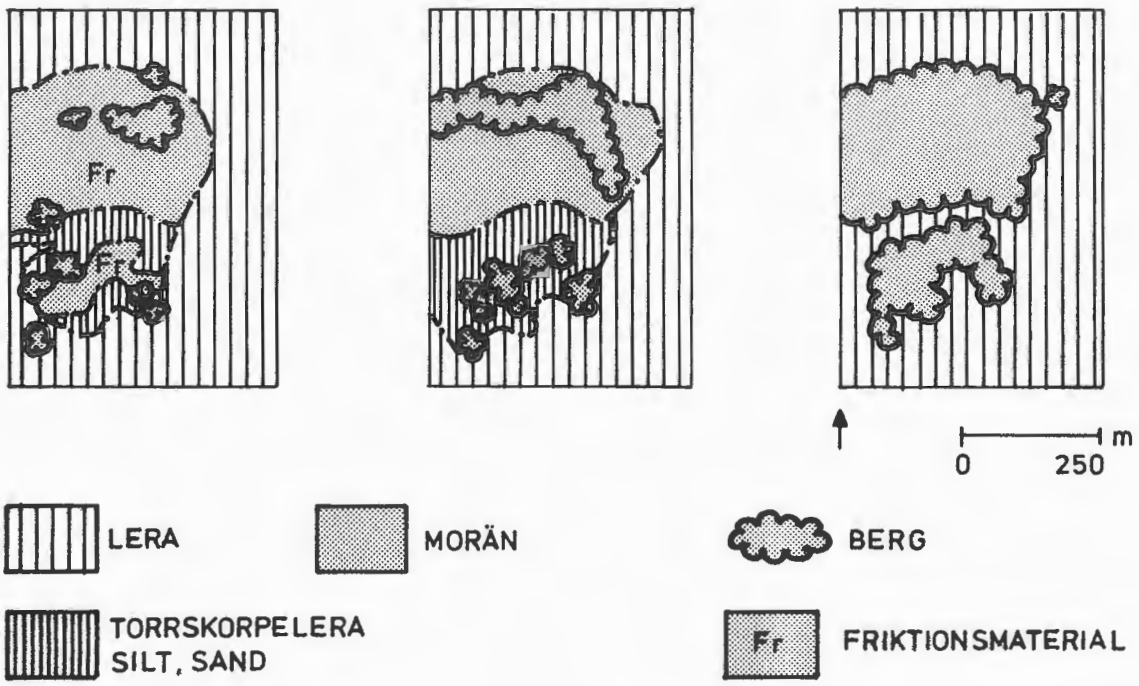
FIGUR 9 b. Tolkningsindikatorers täckning inom en jordartsyta.

över hela ytan och vegetation, där hela ytan är täckt av karaktäristisk vegetation. I många fall framträder indikatorer emellertid endast fläckvis.

GENERALISERING

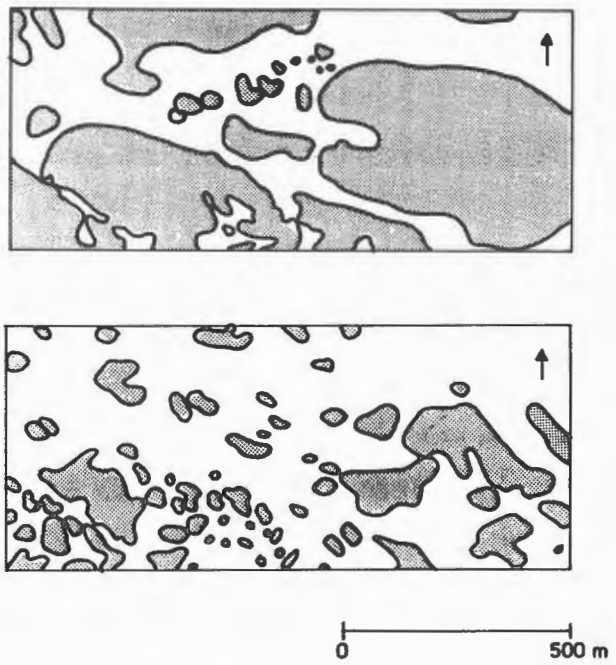
Vid jordartskartering sker alltid en generalisering av de verkliga förhållandena. Generaliseringsgraden beror på både karteringsmetod och kartskala för redovisningen. Vid geobildtolkning görs en generalisering redan vid indelningen av jordarter, se AVSNITT 3.3. I likhet med principen för den allmänna jordartskarteringen, SGU (1983), måste resultatet av geobildtolkning visa terrängens rätta karaktär med hänsyn till kartans användning. Såväl alltför grov som alltför detaljerad generalisering kan ge en missvisande bild.

Som exempel på generalisering visas tolkningsresultat från Ladviksområdet norr om Stockholm, FIGUR 10. Den vänstra bilden visar relativt ringa bergförekomst och de många små berghällarna ger intryck av att karteringen är detaljerad. Den högra bilden ger å andra sidan en grov och "onyanserad" bild av bergförekomsten. Bilden i mitten har en "medelgeneralisering" som visar områdets rätta karaktär.



FIGUR 10. Generaliseringsgrad vid tolkning av berg. Ladvik norr om Stockholm.

Ett annat exempel från samma område visas i FIGUR 11. I den övre bilden har alla på flygbilderna synliga berghällar karterats och kartan ger ett falskt intryck att vara mycket detaljerat karterad. Med hjälp av de synliga berghällarna kan emellertid kartbilden generaliseras så att den rätta karaktären framträder, undre bilden i FIGUR 11.



FIGUR 11. Generaliseringsgrad vid tolkning av berg. Ladvik norr om Stockholm.

TABELL 10. Karaktäristiska indikatorer vid flygbildstolkning av berg.

INDIKATOR	INDIKATOR EGENSKAPER
Ytform	Normalt rund ryggform, men många former förekommer
Ytstruktur	Normalt slät, men alla varianter förekommer
Topografiskt läge	Normalt högt
Struktur	Tektoniska drag, spricksystem-mönster, lager, skiffrighet
Sprickor	Enskilda sprickor, spricksystem
Vegetation	Gles skog, tallförekomst
Gråton/färgton	Bergets egenfärg, lav, mossor ger gråton/färgton. Normalt ljusa gråtoner över stora delar av eller hela bergytan, men mörka gråtoner förekommer på sina håll
Markanvändning	Impediment i åker- och skogsbruk, gles skog, bebyggelse
Bergtäkt	Vanligen raka begränsningslinjer, vertikala sidor, terrassformade pallar

4.2 Berg

Till gruppen berg räknas kalt berg och berg täckt av tunt jordlager, som normalt består av morän, vars tjocklek är mindre än en meter. Berggrundens utseende har stora variationer. Lutningen kan variera från vertikal till horisontal. Även överhäng förekommer. Ytformen kan variera från oregelbunden via runda till helt plana former och ytstrukturen från mycket ojämn till helt slät. Berghällar förekommer vanligen i terrängens högre delar, men kan också finnas i lågpunkter.

Trots denna stora variationsrikedom är berghällar normalt relativt lättolkade. Möjligheterna att tolka berg är i första hand beroende på berggrundens ytform samt moräntäckets tjocklek.

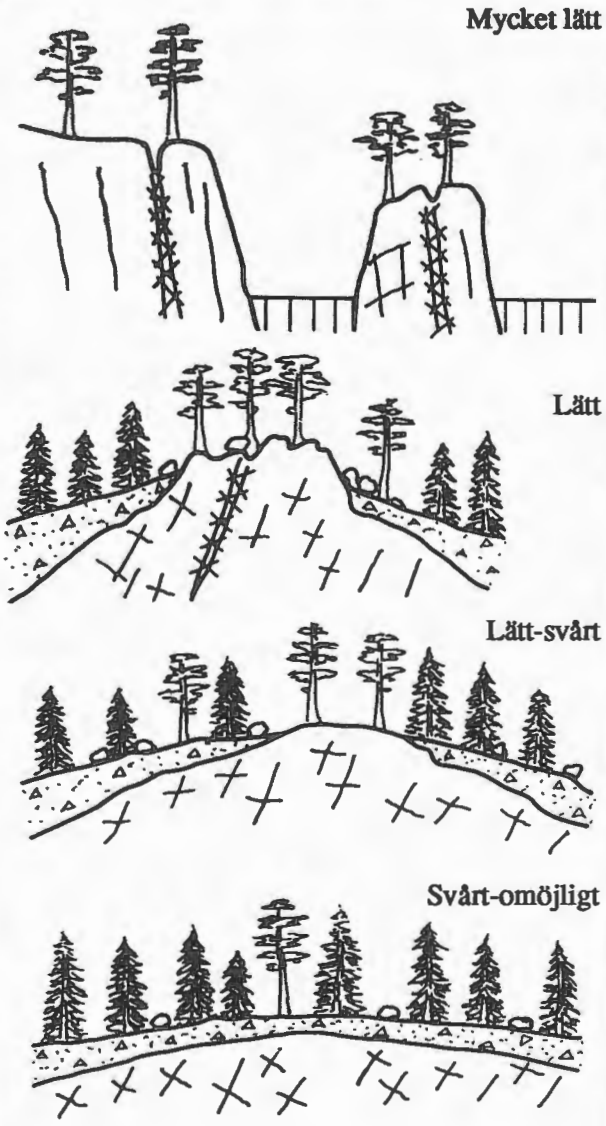
De indikatorer som förekommer vid tolkning av berg visas i TABELL 10.

Avskärmning och beskuggning har stor betydelse vid tolkning av mindre berghällar i skogsmark. Eftersom avskärmningen ökar ut mot flygbildskanterna, bör tolkningen ske så centralt i bilderna som möjligt, WASTENSON (1966). Skuggfria flygbilder ger bättre inblickbarhet än beskuggade. Trots den ökade inblickbarheten behöver nödvändigvis inte bergtolkningen underlättas eftersom sprickmönster framträder dåligt i sådana bilder, WASTENSON (1966). Skuggverkan framhäver även övriga strukturella drag i bergrunden.

I FIGUR 12 visas principiellt hur bergmorfologin och jordtäckets tjocklek påverkar tolkningsmöjligheterna i fem olika bergterrängtyper.

Indikatorernas styrka varierar med de olika bergterrängtyperna, se FIGUR 13.

Vid ökande jordtäckestjocklek kan isrörelseriktningen vara av intresse för tolkningen. Man kan



FIGUR 12. Tolkningsmöjligheter i olika bergterrängtyper.

normalt räkna med att moräntäcket är tunnare och berghällsfrekvensen är högre på stötsidor jämfört med läsidor vid stora höjder.

Berghällsstorleken har naturligtvis en avgörande betydelse för tolkningsmöjligheterna. Enligt WASTENSON (1966) uppnås helt säker tolkning med svartvita flygbilder vid de förhållanden som anges i TABELL 11.

TABELL 11. Villkor för helt säker tolkning av berg i svart-vita flygbilder, WASTENSON (1966).

Flygbilds-skala	Papper	Diaposi-tiv	Minsta hällstorlek m^2
1:20.000, 1:30.000	x		4000-5000
1:10.000	x		2500
1:30.000		x	2500

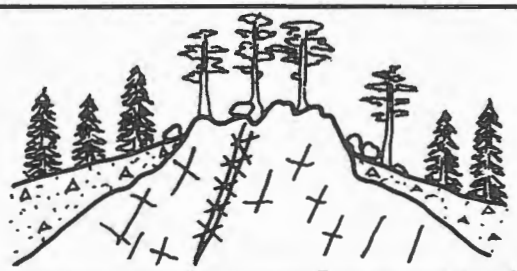
Vid mycket väl utvecklade indikatorer av typen ytform, ytstruktur och sprickor kan även mindre bergytor än de som anges i TABELL 10 tolkas helt säkert.

Kalt berg med brant topografi och framträdande bergstruktur och sprickor. Mycket gles vegetation.

INDIKA-TORER	INDIKATORSTYRKA Entydig	Stark	Svag	Oanvändbar
Ytform	x	(x)		
Markjämnhet		x		
Sprickor	x			
Struktur	x			
Topografiskt läge		x		
Vegetation		x		
Gråton			x	
Färgton		x		
Täkt	x			
Markanvänd-ning			x	

Tolkningssäkerhet: Normalt helt säker tolkning.

FIGUR 12 (forts) Bergindikatorers styrka och tolkningssäkerhet i olika bergterrängtyper.



Kalt berg med distinkt topografi gentemot omgivande jordtäcke. Enstaka struktur och spricka synlig. Gles vegetation.

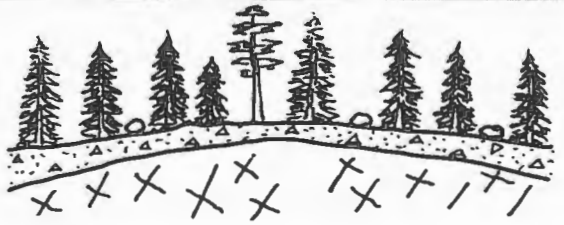
INDIKATORER	INDIKATORSTYRKA Entydig	Stark	Svag	Oanvändbar
Ytform	(x)	x		
Markjämnhet		x		
Sprickor	(x)	x		
Struktur	(x)	x	x	
Topografiskt läge		x		
Vegetation			x	
Gråton			x	
Färgton		x		
Täkt				x
Markanvändning			x	

Tolkningssäkerhet: Normalt säker tolkning.

Små berghällar med slät yta och liten relief mot omgivning. Inga synliga sprickor.

INDIKATORER	INDIKATORS STYRKA Entydig	Stark	Svag	Oanvändbar
Ytform		x		
Markjämnhet		x		
Sprickor			x	
Topografiskt läge		x		
Vegetation		(x)		
Gråton		x	x	
Färgton	x	x		
Markanvändning			x	

Tolkningssäkerhet: Normalt säker - osäker tolkning. Berghällens storlek har stor inverkan på tolkningssäkerheten.



Flack berggrund med tunt jordtäcke (<1 m). Relativt tät vegetation.

INDIKATORER	INDIKATORSTYRKA Entydig	Stark	Svag	Oanvändbar
Ytform		(x)	x	
Markjämnhet			x	
Sprickor		Framträder		
Struktur		ej		
Topografiskt läge		(x)	x	
Vegetation			(x)	x
Gråton				x
Färgton				x
Markanvändning			x	

Tolkningssäkerhet: Normalt osäker-omöjlig tolkning.

FIGUR 12 (forts) Bergindikatorers styrka och tolkningssäkerhet i olika bergterrängtyper.

Mycket små berghällar i åker- och hagmark.

INDIKA-	INDIKATORSTYRKA			
TORER	Entydig	Stark	Svag	Oanvändbar
Ytform		x		
Markjämnhet	Framträder			
Struktur	normalt inte			
Topografiskt läge			x	
Vegetation		x		
Markanvändning			x	
Gråton			x	
Färgton		(x)	x	

Tolkningssäkerhet: Normalt osäker tolkning av ytan. Det är normalt inte möjligt att skilja mellan berg och morän. Gränserna kan dock ofta tolkas helt säkert-säkert.

FIGUR 12 (forts). Bergindikatorers styrka och tolkningssäkerhet i olika bergterrängtyper.

TABELL 12. Karaktäristiska indikatorer vid flygbildstolkning av morän.

INDIKATORER	INDIKATOREGENSKAPER
Ytformer	Se FIG 13 och tillhörande text
Topografiskt läge	I princip alla lägen; under HK dock företrädesvis på sluttningar och höjder
Ytstruktur	Mycket ojämn till relativt jämn; normalt ojämn
Blockförekomst	Dels naturlig, dels som stenrösen och stengärdesgårdar
Dränering	Oregelbundna och knixiga förlopp för naturlig dränering
Odling	Normalt små, oregelbundna fält I finkorniga moräner, typ lermoräner, är de odlade fälten vanligen stora
Vegetation	Skogsmark med för respektive vegetationsregion typiska trädslag
Täkter	Normalt små med kvarlämnade block
Markanvändning	Normalt skogsmark; bebyggelse i jordbrukslandskap vanligen lokaliserad till moränmark

4.3 Morän

Morän är den vanligast förekommande jordarten i Sverige och täcker ca 75% av landarealen. Dessutom finns morän under en stor del av övriga jordar.

Moränen förekommer dels med karaktäristiska ytformer och dels som ett täcke utan karaktäristiska ytformer på berggrunden. Den senare typen är helt dominerande.

När moränen har egna ytformer är den i regel relativt lättolkad, medan vid utbredda moräntäcken i skogsterräng normalt endast enstaka starka indikatorer finns tillgängliga vid tolkningen.

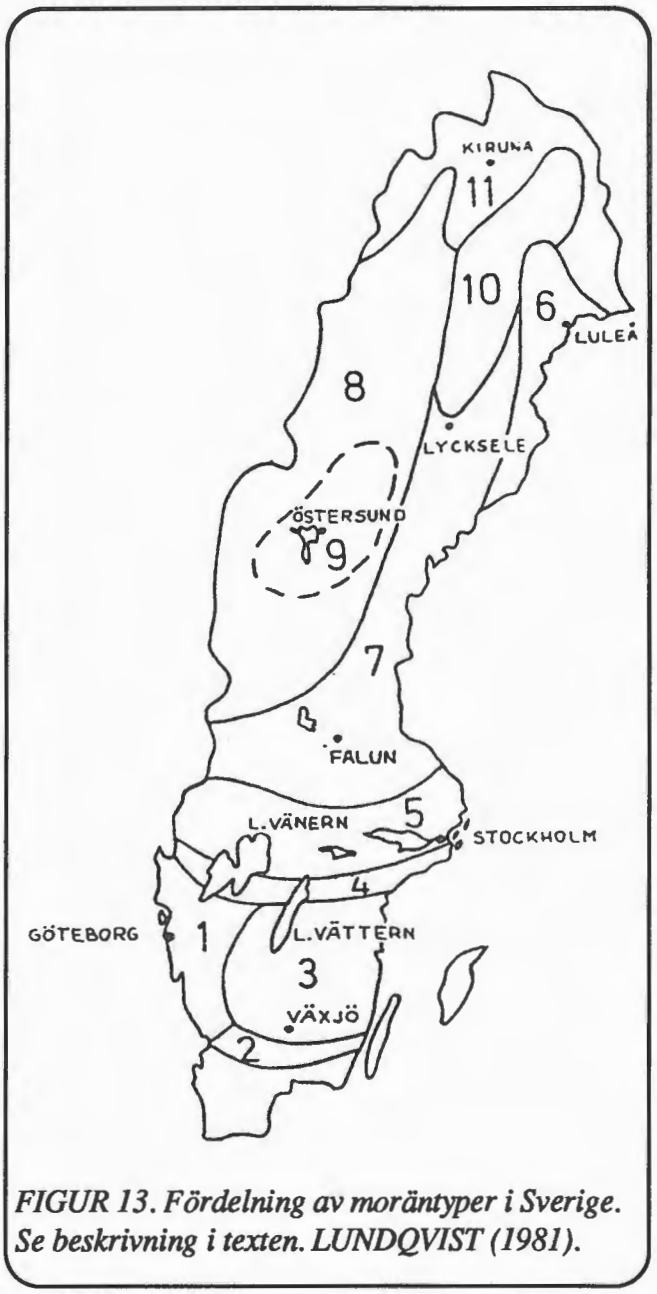
Karaktäristiska indikatorer vid tolkning av morän framgår av TABELL 12:

Det finns många typer av morän i Sverige. Även om varje moräntyp har stora formvariationer finns karaktäristiska drag i moräntypernas ytformer som kan användas vid flygbildstolkning. Exempel på moräntyper med karaktäristisk ytform är: de Geermorän (ändmorän), randmorän, drumliner, radial morän, dödismorän, Veikimorän och Kalixpinnmo.

Beroende på isförhållandena vid landisens avsmältning bildades olika moräntyper i olika regioner i Sverige, LUNDQVIST (1981), FIGUR 13. Även om vissa moräntyper karaktäriserar respektive region förekommer också andra moräntyper. Kartan kan tjäna som ett stöd vid geobildtolkning.

1. Randmoräner

2. Moränryggar av s k Åsnentyp.



FIGUR 13. Fördelning av moräntyper i Sverige. Se beskrivning i texten. LUNDQVIST (1981).

3. Kullig dödismorän, omväxlande med drumliniserade moränformer. Karta enligt Persson (1972).

4. I zonens västra del förekommer verkliga randmoräner. Österut övergår de som ryggarna i randdeltan och mindre moränryggar. I östra Sverige är zonen svagt utbildad med spridda förekomster av deltan och moräntäckta sediment.

5-6. de Geer-moräner förekommer under HK. Inom zon 6 förekommer de Geer-moräner tillsammans med Kalixpinnmo.

7. Omkring HK finns drumliniserade moränformer. Verkliga drumliner är sällsynta av topografiska skäl.

8. Rogen-morän och dess övergångsformer till drumliner.

9. Drumliniserad kullig morän, vars utbredning är ofullständigt känd f n.

10. Veikimorän.

11. Subglaciala moräntyper bildade av aktiv landis.

Tolkning av morän utan egenform är vanligen besvärlig. Under HK är det de två indikatorerna topografiskt läge och markanvändning som normalt är viktigast, se FIGUR 14. Vid raka åkergränser finns det risk för att vikar med finsediment är skogbevuxna och moränuddar är uppodlade, se FIGUR 15. När åkrarna på finsediment har oregelbundna gränser är sannolikheten stor att åkergränser följer gränsen mellan sediment och morän.

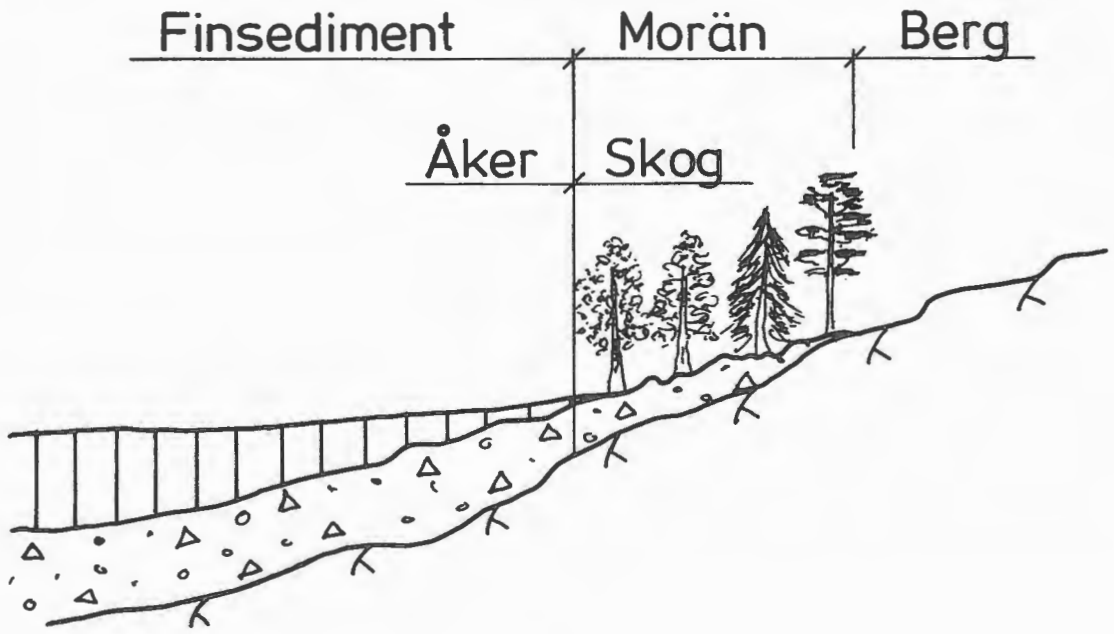
4.4 Grovsediment

Till gruppen grovsediment räknas huvudsakligen jordarterna sand och grus samt vissa typer av sten- och blockjord.

Grovsedimenten i Sverige domineras helt av vattenavlagrade sediment. I mindre omfattning förekommer vindavlagrade sanddyner, som dock lokalt kan ha stor utbredning. Till grovsedimenten räknas grova isälvssavlagringar, älvsediment, svallsediment och vindsediment.

Sorterade sten- och blockjordar har mycket liten omfattning. Till dessa jordar räknas bl a strandklapper och talusbildningar (nedfallna stenar och block vid foten av bergbranter).

Grovsediment har vanligen mer eller mindre karaktäristiska ytformer. Vegetationen utgörs normalt av homogen tallskog och lavhävdad, risbevuxen mark. Grustäkter har hög frekvens i de flesta grus- och sandområden. Entydiga indikatorer är vissa ytformer liksom stora grustäkter och flera mindre grustäkter.



FIGUR 14. Karaktäristiskt läge för morän under HK - högre än finsediment och lägre än berg.

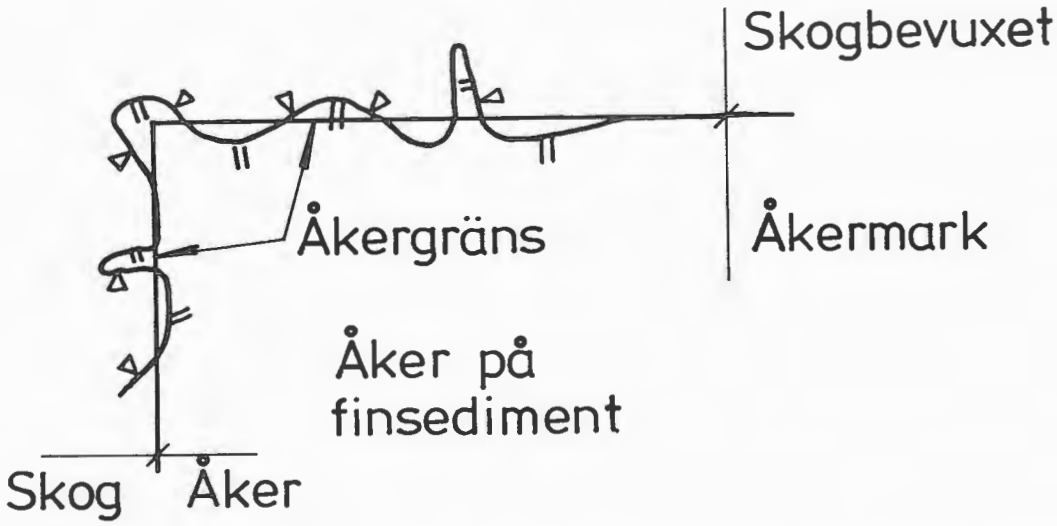


FIGURA 15. Av brukningstekniska skäl är åkrars begränsningslinjer vanligen raka eller svagt krökta. Smärre vikar av finsediment kan därför lämnas obrukade, medan mindre uddar av morän blir uppodlade.

Typiska indikatorer vid geobildtolkning av grovsediment redovisas i TAB 13.

TABELL 13. Karaktäristiska indikatorer vid flygbildstolkning av grovsediment.

INDIKATORER	INDIKATOREGENSKAPER
Ytform	Åsar, åsnät, åsgravar, dödisgropar, kullar, deltan, terrasser, dyner, vallar, svallsedimentformer, meandrande vattendrag
Ytstruktur	Vanligen slät
Topografiskt läge	Kan förekomma i alla lägen, dock företrädesvis i terrängens lägre delar, se FIGUR 16
Blockhalt	Block saknas normalt, men ytblock kan förekomma sporadiskt eller lokalt med hög frekvens.
Vegetation	Vanligen homogen tallskog med lavhävdad/risbevuxen mark
Gråton	Karaktäristiskt ljusgrå mark eller mycket ljusa gråtoner
Täkter	Vanligt förekommande; från stora "industritäkter" till små husbehovstäkter
Dikning	Saknas normalt; vid hög grundvattenyta kan även grovsediment behöva dikas
Odling	På sand och finsedimenttäckta grovsediment
Markanvändning	Framför allt äldre vägar och bebyggelse, men även begravningsplatser. Täkter används ofta som tippar för olika typer av avfall.

4.5 Finsediment

Finsediment omfattar de vattenavlagrade sedimenten lera och silt. Dessa har avlagrats i hav, sjöar och issjöar dels i samband med landisens avsmältning som glaciala sediment och dels efter isens bortdragande som postglaciala sediment. Finsedimenten förekommer huvudsakligen under HK och inom forna issjöområden.

Finsedimentens sammansättning beror på vattenhastigheten vid avlagringstillfället. Lera dominerar inom slättlandskap där stora utbredda vattenytor förekom.

Silt dominerar ofta i större dalgångar, som utgjorde fjordar efter landisens avsmältning. Silt och lera förekommer ofta i växellagring i dalgångar. I princip ökar siltinslaget successivt från dalgångsmynningen upp mot HK. I dessa dalgångar är det vanligt att finsedimenten är täckta av ett ytlager av sand. Sandlagret kan i vissa fall ha betydande mäktighet.

I närheten av isälvsavlagringar (åsar och deltan) kan silt dominera.

Finsedimenten karaktäriseras av plana eller svagt undulerade ytor med stor utbredning.

Mer kuperade former förekommer i lermark främst där lerlagren blir grundare och underliggande lagers ytformer slår igenom. Tvärare brytningar i den jämna ytformen förorsakas av nedskurna vattendrag, erosion och skred eller lertäkter.

I siltmark bryts den jämna ytformen i många områden av djupt nedskurna och starkt förgrenade raviner. Genom jordflytning kan ravinkrönen vara mjukt rundade. Även i lera med stort inslag av silt kan raviner utbildas.

Med flygbildstolkning är det ofta svårt att skilja mellan lera och silt, speciellt inom plana ytor. Där respektive jordart är "renodlad" finns emellertid relativt goda möjligheter.

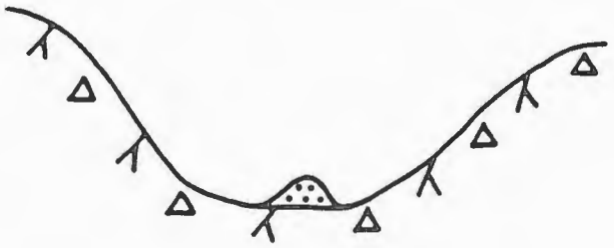
Finsedimenten är normalt lättolkade där de har stor utbredning och är uppodlade. Mindre förekomster i skogsmark är i regel svårtolkade. Generellt finns förutsättningar för finsedimentförekomst i all terräng under HK, företrädesvis dock i lågpunkter - svackor och dalgångar.

Finsediment som inte är uppodlade är ofta lövskogsbevuxna och vegetationen är frodigare än omgivande friktionsjordar. Tolkningen är dock i regel osäker eftersom torvmark och friktionsjord med hög grundvattenyta kan ge liknande indikationer. Det är viktigt att kontrollera sådana ytor i fält, eftersom finsediment- eller torvförekomst kan innebära besvärliga geotekniska förhållanden.

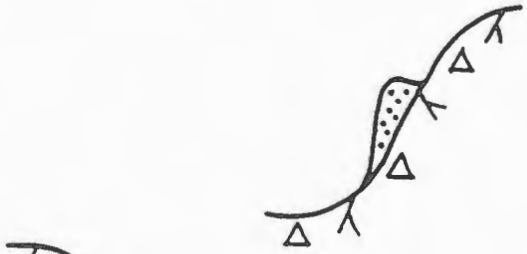
Typiska indikatorer vid flygbildstolkningen av finsediment redovisas i TABELL 14.

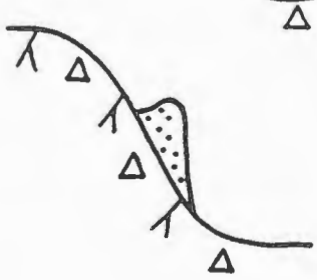
TERRÄNGLÄGE

Dalbotten
Grusavlagringar belägna i dalgångens lågpartier.



Dalsida
Grusavlagringar belägna lateralt på dalsida. Något krav på en motsatt dalsida finns inte, dvs "dalgången" kan vara "ensidig".





Slätt
Stora områden åsar och andra grusavlagringar belägna under HK (högsta kustlinjen) och huvudsakligen omgivna av finkorniga sediment, främst leror. Inga grusavlagringar över HK ingår i denna grupp.

Höjdområde
Grusavlagringar över och under HK inom högre områden av terrängen och främst omgivna av morän och berg i dagen.

FIGUR 16. Exempel på topografiska lägen för isälvssediment. Statens Naturvårdsverk (1983).

TABELL 14. Karaktäristiska indikatorer vid flygbildstolkning av finsediment samt speciella kännetecken för lera respektive silt.

INDIKATOR	INDIKATOREGENSKAPER		
	Finsediment Lera/Silt	**Lera**	**Silt**
Ytform	Plan, svagt böljande	D:o	**Ravinterräng Terrasser**
Topografiskt läge	Lågpunkter	D:o	D:o
Ytstruktur	Mycket jämn	D:o	D:o
Skred		Skredärr	
Erosion, jordflytning			Raviner och erosionssår
Gråton (för bar jord)	Homogen-starkt ojämn; beroende av årstid och väderlek	Flammig, flammig mörk Mörk-ljus	Jämn, ljus
Odling	Intensivt upp-odlad, normalt stora fält	D:o	D:o
Dränering	Kräver dräne-ring	Täckdik-ning Framträ-der ofta på flyg-bild	Öppna diken, ibland täckdiken Framträder mindre tydligt eller inte alls på flygbild
Vegetation	Ofta ren lövskog blandskog eller granskog inom skogsmark	D:o	D:o
Täkter		Lertäkter för tegeltillverkning	
		Märgelgravar	
Markanvändning	Mycket sällan äldre bostadshus på fin-sediment i jordbruksområden	D:o	D:o
	Normalt uppodlad	D:o	D:o

4.6 Organisk jord

De organiska jordarterna indelas efter sin sammansättning i gyttja, dy och torv. Vid flygbildstolkning slås dessa jordar ihop till en grupp och benämns organisk jord.

Gyttja och dy har bildats genom sedimentation i vatten av döda växt-och djurlämningar respektive kemisk utfällning av humusämnen. De förekommer främst på bottnar av sjöar och havsvikar och under torvlager, men de har relativt liten utbredning som ytjord. **Gyttjiga jordar** däremot, särskilt gyttjig lera, har betydligt större utbredning och förekommer ofta i lågt liggande partier intill sjöar och vattendrag. Gränser i plan mellan ren gyttja, gyttjig lera och lera är successiva och är ofta inte möjliga att ange exakt.

Gyttje- och dymark är horisontell och plan.

Gyttjig lera är vanligen mörkare än lera på flygbilder men det är ofta svårt att särskilja gyttjig lera och lera, då även lera ofta ger mörka gråtoner, speciellt i fuktigt tillstånd.

Gyttja krymper starkt vid torkning och stora sprickor uppstår. Sprickmönstret i markytan framträder på relativt storskaliga flygbilder.

Torv består av död vegetation och har bildats genom att vegetationens fullständiga förmultning förhindrats genom vattendränkning. Torvmarker breder sålunda ut sig över områden där det annars skulle ha funnits dagvattenytor, såsom sjöar och vikar samt källsprång och översilade marker.

Torvmarkernas utseende har stora variationer beroende på främst vatten- och näringsförhållandena, vegetationen, nederbörden och underlagets topografi, se FIGUR 17. Beroende på näringstillgången delas torvmarkerna in i mossar (näringsfattiga vitmossar dominerar, ljung, skvattram, odon och andra risväxter, glest trädbestånd, vanligen små tallar) och kärr (näringsrika, starr, ängsull, vass, fräken och andra fuktighetskrävande växter, ibland matta av brunmossa; i skogskärr dominerar al, björk och videarter).

Karaktäristiska indikatorer för organisk jord framgår av TABELL 15.

Torvmark har olika ytformer, se FIGUR 17. Högmossar har svag kupolform, medan övriga mossar och kärr i igenvuxna sjöar och vikar har i stort sett plan ytform. Torvmark som bildats i källsprång kan få uppåtvälvd form. Översilad mark följer underlagets morfologi.

Organisk jord fyller i många fall ut finsedimentområdets lägsta delar. Gränsen mellan organisk jord och finsediment kan vara distinkt, FIGUR 18, eller successiv, FIGUR 19.

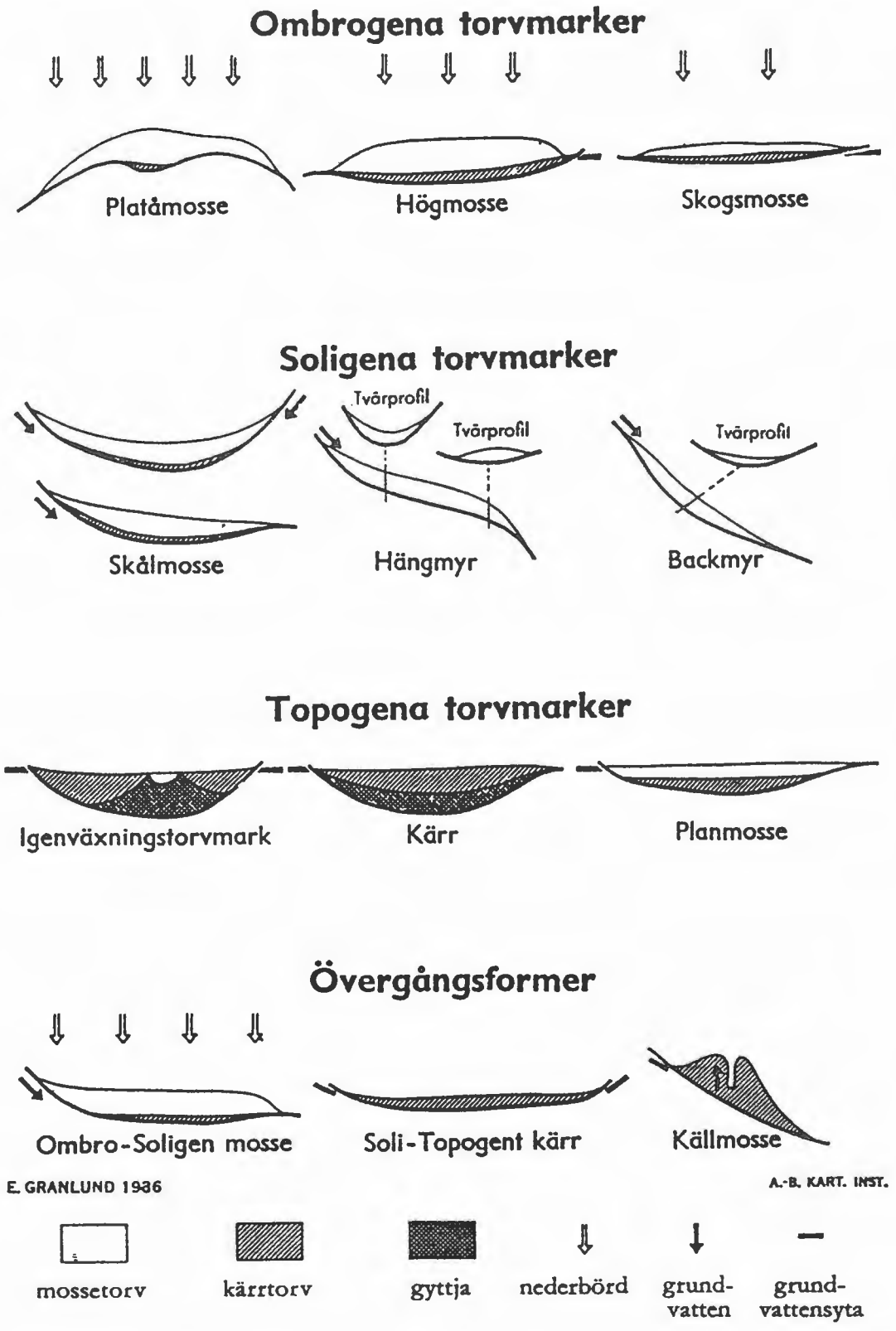
TABELL 15. Karaktäristiska indikatorer för organisk jord.

INDIKATOR	INDIKATOREGENSKAPER
Ytform	Plan (organisk jord i allmänhet.) Svagt uppåtvälvd (högmosse, källmosse) Lutande (översilningsmosse) Tuvvegetation (mosse)
Ytstruktur	Jämn (odlad mark) Ojämn (tuvor, revlar)
Topografiskt läge	Mest förekommande i lågpunkter; källmossar samt häng- och backmyrar i sluttningar
Vegetation	Glest tallbestånd (mosse) Blandskog/lövskog (kärr)
Mönster	Oregelbundet (tuvor, gölar) Koncentriskt (högmosse) Vindlande långsmalt (revelmyr)
Dikning	Tät, parallell dikning (mossar, kärr) Skogsdikning (kärr, försumpningsmark)
Färg/gråton	Mycket mörk (svart, brun-svart) i uppodlade ytor och täktytor Ljus - vit för torkade gyttjeytor
Täkt	Långsmala, rektangulära ytor
Markanvändning	Normalt impediment; dock förekommer odling, skogsmark och täktverksamhet

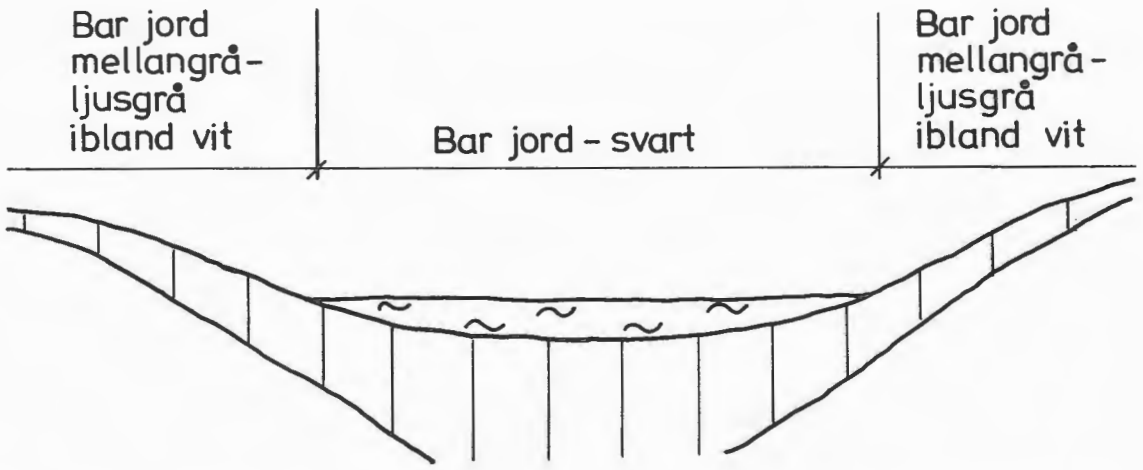
Skogsbevuxna organiska partier i åkermark kan vara svåra att skilja från skogsbevuxna moränholmar. Krontaket för skog på de senare är emellertid ofta svagt uppåtvälvt, medan motsatsen normalt gäller för krontaket på organisk jord, FIGUR 20.

I skogsmark sjunker vanligen krontaket hos trädbestånd på organisk jord jämfört med omgivande moränmark, FIGUR 21. Trädslaget är också i de flesta fall annorlunda än omgivande torrare mark. Inslaget av tall och/eller lövträd ökar på organisk mark.

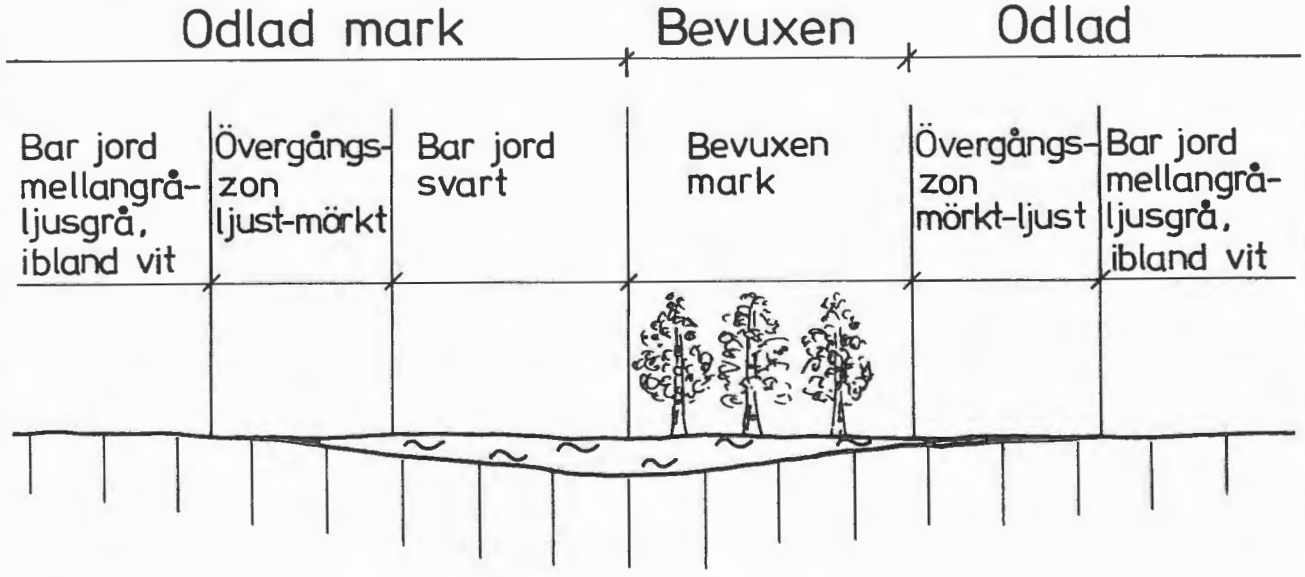
Det är viktigt att skilja mellan krontakssänkningar på grund av organisk jord och föryngringsytor på kalhyggen, jfr FIGUR 20 och 21.



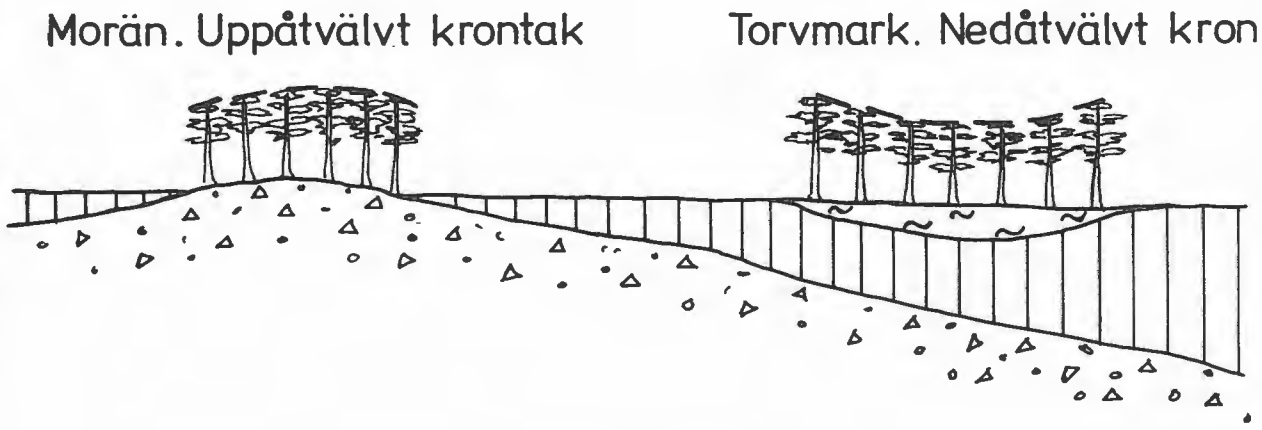
FIGUR 17. Indelning av torvmark efter uppkomstsätt och vattenförhållanden enligt L von Post. Figuren från MAGNUSSON, LUNDQVIST & REGNELL (1963).



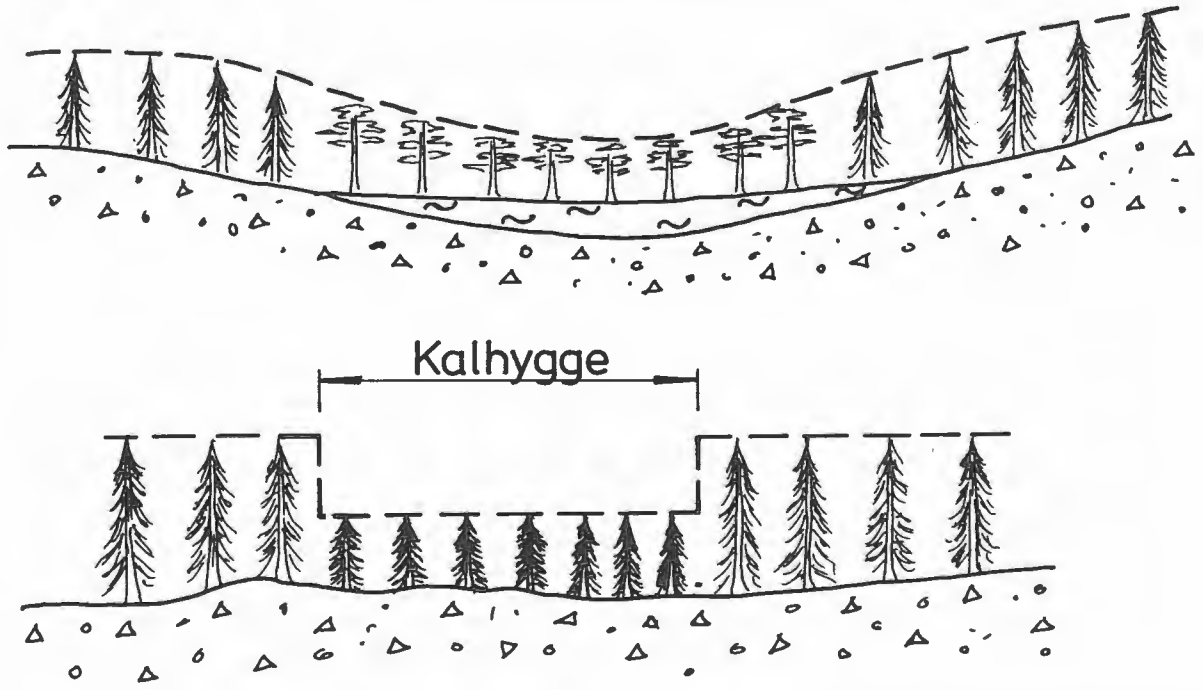
FIGUR 18. Odlad mark i distinkt gräns mellan finsediment (| | |) och organisk jord (≈).



FIGUR 19. Odlad torvmark respektive icke-odlad torvmark inom finsedimentområde med successiva gränser.



FIGUR 20. Skillnad i krontaksform för morän (till vänster) och torvmark omgiven av finsediment.



FIGUR 21. Skillnad i trädhöjdsförändring vid torvmark - mjuka övergångar - (överst) och kalhygge - tvära övergångar -(underst).

4.7 Jordmäktighet

Allmänt

Bedömning av jordmäktighet med flygbildstolkning kan utföras endast när speciella villkor är uppfyllda. Någon bedömning av absolut jordmäktighet i meter räknat är inte möjlig, utan det är fråga om relativa jorddjup -grunda och djupa jordlager.

Bästa möjligheterna till bedömning av relativ jordmäktighet finns i leromräden, där uppgrundande lera skiljer sig topografiskt och färgmässigt från djupare lerpartier.

Moräntäckens mäktighet kan endast bedömas mycket grovt baserat på topografiska och geologiska kriterier.

Möjligheten att bedöma mäktighet hos organisk jord såsom mossar och kärr är starkt begränsad. Vissa principiella samband finns dock.

Sand- och gruslagers mäktighet är - med enstaka undantag - i princip omöjliga att bedöma med geobildtolkning.

Förekomst av täkter i morän och sand/grus kan öka möjligheten till djupbedömningar av dessa jordar.

För all jorddjupsbedömning med flygbildstolkning gäller att osäkerheten kan vara stor och resultaten måste användas med stor försiktighet om inte kalibrerande bestämningar i fält utförts.

Lera

De största avlagringarna av lera har skett vid stora vattendjup och lugna strömförhållanden i anslutning till inlandsisens avsmältning, då slammängden var stor. Denna lertyp som då sedimenterade kallas glacial lera. Vid lersedimentation sker största avsättningen i de lägsta partierna, medan sedimentationen på upphöjningar och sluttande underlag är betydligt mindre. När ojämnheten är utfylld eller vid relativt plant ursprungligt underlag sker sedimentationen jämnt över hela ytan, FIGUR 22a. Genom att leran komprimerades mest i de djupa lerlagren accentuerades de topografiska förhållandena inom lerområdena, se FIGUR 22b.

Genom landhöjningen kom leran i exponerade lägen på höjder och sluttningar att svallas ut på nedanförliggande lermarks lägsta partier i form av postglacial lera som jämnade ut glaciallerans lågpunkter. Glacialleran går därför i dagen normalt endast inom de något högre liggande delarna av lermarken. Genom inblandning av organiskt material är de postglaciala leran mörkare än den glaciala.

De grundare lerlagren kan således särskiljas från djupare identifiering med både lutnings- och färgkriterier, se FIGUR 22c. Lutningskriteriet är i princip det avgörande kriteriet, eftersom lutningarna är en direkt följd av lermäktigheten. Genom att den postglaciala lerans mäktighet i många fall endast är någon eller några meter är det vanligtvis den glaciala lerans topografi som bestämmer lerområdens topografi.

Möjligheterna att med flygbildstolkning särskilja grunda och djupa lerlager har undersökts av VIBERG (1974). Brytlinjen mellan lutande och mer horisontell leryta ligger i genomsnitt vid 5 m lermäktighet. De allra flesta brytlinjer ligger vid 2-8 m mäktighet. Under vissa omständigheter förekommer brytlinjer vid stora lerdjup.

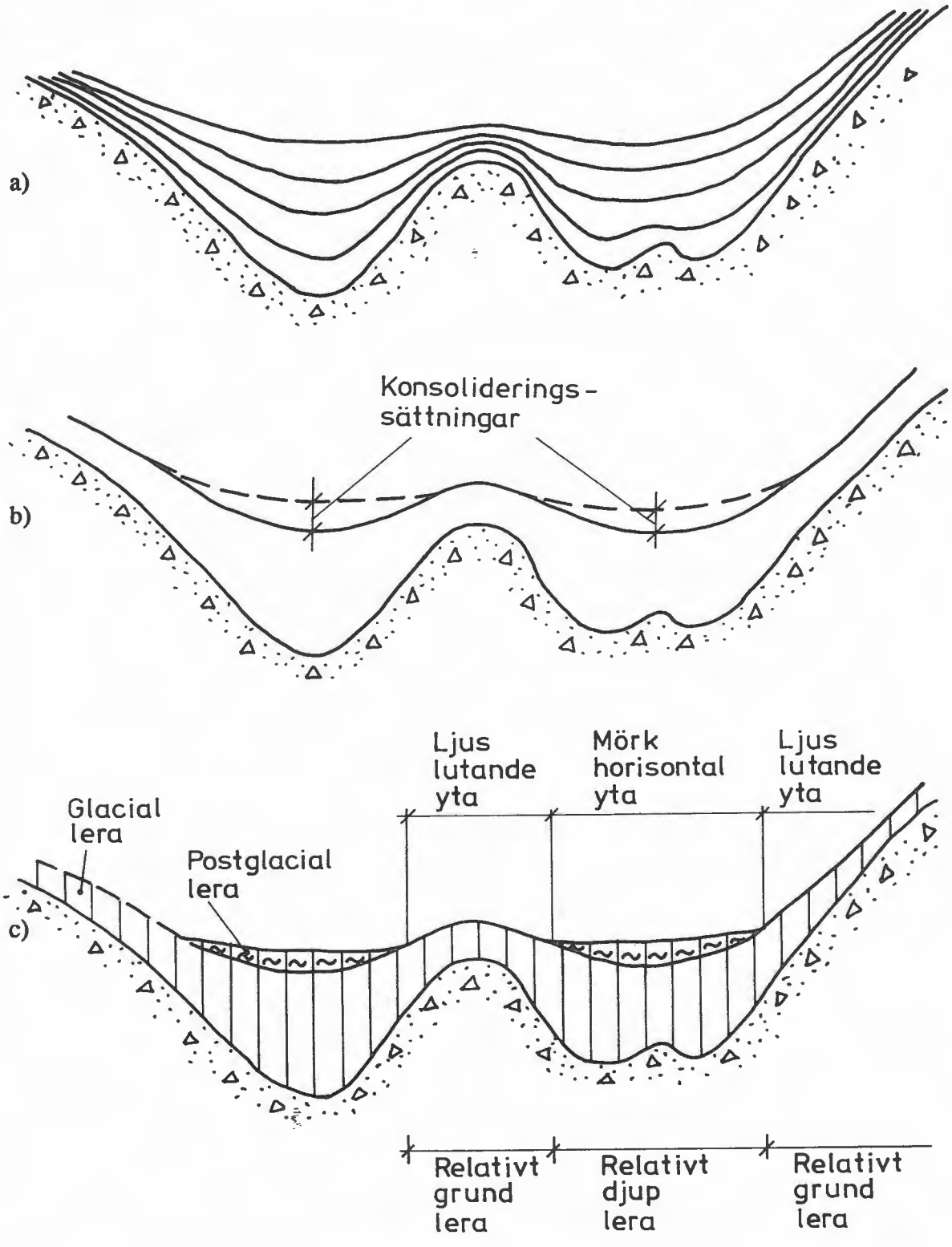
Ju brantare underlaget är desto mer markerad blir brytlinjen. Vid brant underlag förändras lerdjupet snabbt och en liten förskjutning i sidled betyder stora förändringar i lerdjup, se FIGUR 23a. Trots att tolkningslinjen i sådana fall kan ligga vid relativt stort djup är tolkningsfelet ej allvarligt eftersom det horisontala avståndet till grund lera är litet.

Ett allvarligare fel kan uppstå där underlaget har liten lutning och brytlinjen är diffus, FIGUR 23b. I sådana fall kan avståndet till grundare lera vara betydande.

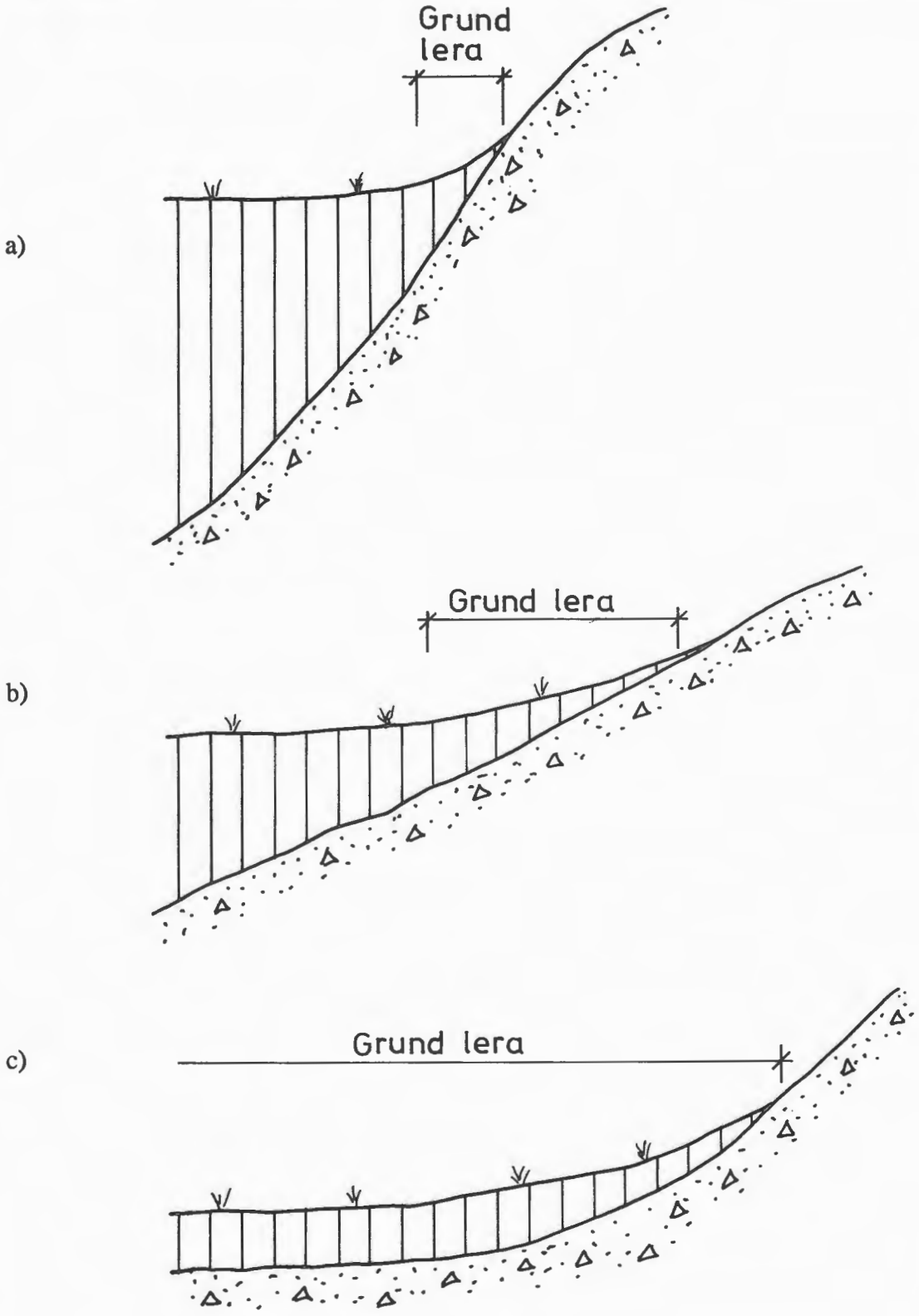
När underlaget planar ut kan grunda lerlager ha stor utsträckning, FIGUR 23c. Tolkningen av relativ lermäktighet blir då missvisande.

Av ovanstående framgår att det är nödvändigt att kalibrera tolkning av relativa lerdjup med sondering.

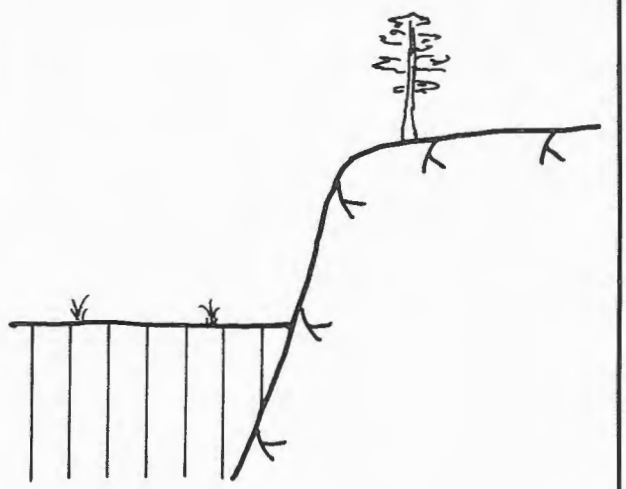
De principer som beskrivits ovan gäller där underlaget har relativt måttliga lutningar, dvs mindre än 10^0-15^0. Vid brantare underlag ligger leran normalt inte kvar på sitt underlag utan glider ned och lerytan blir flack och vid mycket branta lutningar i princip horisontal, se FIGUR 24.



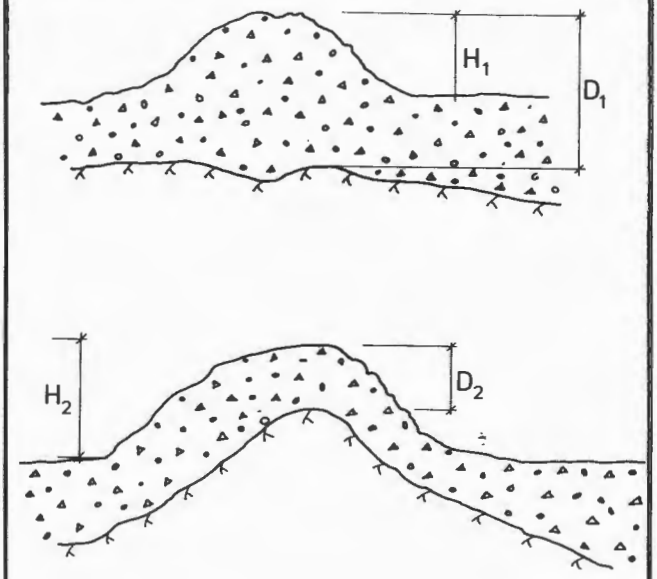
FIGUR 22. Förutsättningar för bedömning av relativt grunda och djupa lerlager med flygbildstolkning.
a. Lersedimentation. Största avlagringen sker i de djupaste delarna.
b. Sättningarna blir störst i de tjockaste lagren.
c. Postglacial lera avsätts i glaciallerans lågpunkter.
Lermarkens slutliga topografi och färger är relaterad till lerlagrens mäktighet.



FIGUR 23. Inverkan av lermäktighetens variation i horisontalled underlagets lutning.
a. Brant lutande underlag.
b. Flackt lutande underlag.
c. Underlaget flackas ut och blir horisontalt.



FIGUR 24. Vid branta bergsidor är lerytan i princip horisontal ända in till bergväggen.



FIGUR 25. Mäktighet hos morän med egen ytform.
Utan bergkärna: mäktigheten $D_1 > H_1$
Med bergkärna: -"- $D_2 < H_2$

Morän

Moränlagers mäktighet kan endast bedömas mycket grovt med hjälp av geologiska kriterier.

För **morän med egen ytform** kan två principfall förekomma:

1. Mäktigheten är minst lika stor som ytformens höjd, FIGUR 25 (överst).

2. Mäktigheten är mindre än ytformens höjd när bergkärna förekommer, FIGUR 25 (underst).

Sannolikheten för fall 1 är störst i följande moräntyper:

- dödismorän
- randmorän
- de Geer-morän
- radialmorän
- Rogen-morän

I drumlin-moräner förekommer båda fallen. I de fall där bergkärna är en förutsättning för moränbildning är vanligen moränmäktigheten störst på läsidan, medan moränlagret är tunt eller saknas på stötsidan.

För bedömning av relativa djup i **moräntäcken utan egna ytformer** är isrörelseriktning och berggrundens topografi av intresse. Följande "regler" gäller normalt för moräntäcken:

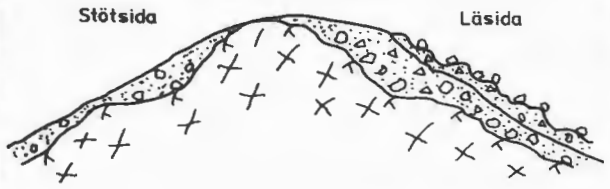
- Mäktigheten ökar nedåt i en sluttning.

- Mäktigheten är mindre på stötsidan än på läsidan, FIGUR 26.

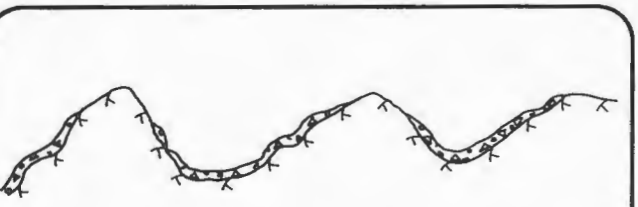
- Vid liten mäktighet återspeglar moränytans morfologi underliggande berggrundsformer, FIGUR 27.

Några siffervärden på moränmäktighet kan inte anges. Endast vid grunda moräntäcken, där berggrundens morfologi "slår igenom", kan djupet, < ca 1 m, anges i princip. Sådana områden inkluderas i gruppen "Berg" = kalt berg och berg med tunt jordtäcke. Fickor eller sprickor med mäktigare morän kan dock förekomma.

Möjligheten att avgränsa grunda moräntäcken är relativt goda i kuperad bergterräng, medan flacka, mer eller mindre plana bergytor innebär stora svårigheter att bedöma förekommande moränlagers mäktighet.



FIGUR 26. Moränens mäktighet är i princip tunnare på stötsidan än på läsidan.



FIGUR 27. Ytformen hos tunna moränlager på berg återspeglar berggrundens morfologi.

Organisk jord

Mäktighetsbedömning i organisk jord är normalt inte möjligt med nuvarande kunskaper. Trädvegetationen på kärr och mossar kan ge viss upplysning om den organiska jordens mäktighet. LINGE (1978) har undersökt samband mellan täthet/storlek hos trädvegetation och mäktighet hos organiska lager i fem sankmarker i Linköpingstrakten, se TABELL 16.

TABELL 16. Samband mellan trädbestånd och mäktighet hos organisk jord i sankmarker, LINGE (1978).

Sankmark nr	Trädbestånd täthet/höjd	Djup till * fast botten
6A	ingen	8,7
9	ingen	8,2
15	gles	4,8
16	tät/hög	3,5
6B	tät/hög	2-3

* Någon meter lera kan ingå i angivna belopp.

Som framgår av TABELL 16 kan det finnas ett samband mellan trädvegetation och organiska jordlagers mäktighet i sankmarker: Trädvegetationens täthet och trädens storlek minskar med ökande mäktighet. Sambandet är inte systematiskt undersökt, varför några säkra slutsatser inte kan dras. Förutom torvlagrets mäktighet inverkar även näringstillgång, klimat och grundvattenyta på trädbeståndet.

4.8 Blockhalt

Allmänt

Generellt kan sägas att tolkning av block sällan kan göras heltäckande eftersom tolkningsmöjligheterna är helt beroende på inblickbarheten, dvs hur stor del av markytan som kan betraktas på flygbilderna. I områden med hög blockhalt är emellertid ofta skogen relativt gles på grund av blockhalten, varför möjligheterna att identifiera sådana områden ändå är förhållandevis goda.

WASTENSON (1969) har undersökt möjligheterna att kartera block med flygbildstolkning. God korrelation mellan flygbildstolkning och fältkartering erhölls, när tolkningsresultatet korrigerades för inblickbarhet enligt formeln

$$B_{korr} = B_{id} \cdot 100/I$$

B_{korr} = korrigerat antal block
B_{id} = antal identifierade block
I = inblickbarhet (%)

Korrelationskoefficienten för antal tolkade block i relation till antal verkliga blev så hög som 0,92 för block >0,5 m (längsta axeln) tolkade med svart-vita flygbilder i skala 1:7 000. Korrigeringen förutsätter att blockhalten i icke inblickbar mark är densamma som i den inblickbara.

Normalblockig och blockfri mark är i regel bevuxen med tät skog och möjligheterna till blockanalys med flygbildstolkning i sådan terräng är i allmänhet små eller obefintliga.

Enskilda block

Identifiering av enskilda block på flygbilder kan göras under vissa förutsättningar

• Inblickbar mark, dvs blocken får ej skymmas av träd

• Tillräcklig upplösning. Med en minsta upplösning av 0,03 mm i flygbilden fås följande teoretiska samband mellan flygbildsskala och minsta identifierbara blockstorlek.

Flygbildsskala	Minsta identifierbara diameter (m)	
1:30.000	0,9	Block enligt SGF 1981
1:20.000	0,6	
1:13.000	0,4	
1:10.000	0,3	Block enligt Jordarts-
1:6.000	0,2	kommittén 1953

• Tillräcklig kontrast. Blockens färg/gråton måste skilja sig så mycket mot markens att kontrastskillnaden kan uppfattas. Alternativt kan blockens skuggor användas.

• Risken för förväxling mellan stubbar/buskar och block måste beaktas.

Blockmönster

Om förhållandet flygbildsskala/blockstorlek ej medger identifiering av enskilda block kan rikblockig mark ändå identifieras genom att de tätliggande blocken ger ett mönster - s k textur - på flygbilden.

4.9 Geohydrologiska förhållanden

Allmänt

Med hjälp av ytliga företeelser kan vissa grundvattenförhållanden bedömas med flygbildstolkning. Det är framför allt höga grundvattenytor som kan tolkas. Även områden med djupt liggande grundvatten har i viss mån kännetecken som kan studeras på flygbilder.

Med flygbilder kan översiktliga geohydrologiska samband studeras, främst ytliga vatten- och dräneringssystem samt förutsättningar för grundvattenförhållanden. Till- och frånströmning av yt- och grundvatten för ett område, liksom dämningar av grundvatten genom t ex bergtrösklar, kan grovt analyseras med flygbildstolkning.

Höga grundvattenytor

Höga grundvattenytor ger sig inte sällan tillkänna genom ytliga fenomen. I mark med små lutningar kan följande företeelser tas som indikatorer på höga grundvattennivåer:

• I lågpunkter finns förutsättningar för högt grundvattenstånd.

• Öppna vattenytor som sjöar och gölar samt vattendränkta marker visar inget annat än "grundvattenytor" som går i dagen. Hög frekvens av öppna vattenytor inom ett område är ett tecken på att grundvattenytan är allmänt hög.

• Hög torvmarksfrekvens. I vissa fall kan frekvensen av torvmark vara relativt hög även på grovsediment. Sannolikheten är då stor att tätande lager av t ex lera, gyttja eller dy finns under torvmarkerna varför dessa torvmarker endast indikerar lokalt höga grundvattennivåer. Mellan och under torvmarkerna kan det vara stort djup till sammanhängande grundvatten.

• Fuktighetskrävande vegetation, framför allt lövträd som björk, al och vide. Tall indikerar mycket fuktiga förhållanden när den växer i kärr och på mossar, och mycket torra förhållanden när den växer på berg eller grovsedimentområden. Gran är en relativt god indikator på fuktiga förhållanden i finkornig morän. Koncentrerade lövträdsområden i barrskog är en mycket god indikation på höga grundvattennivåer.

• Impediment i åkermark kan bero på vattensjuk mark och att bärigheten för jordbruksmaskiner är för låg. Dessutom blir växtligheten hämmad av

alltför blöt jord. Dessa impediment är ofta små och det är många gånger omöjligt att med flygbildstolkning avgöra om impedimentet beror på hög grundvattenyta, fastmark, block, röse el.dyl. Grundvattenbetingade impediment ligger normalt i sluttningar och företrädesvis i deras nedre delar. Djupa körspår och mörk egenfärg i anslutning till impediment på åkrar är starka indikatorer på hög grundvattenyta.

• Tuvig mark och låglänta ängar med frodig vegetation utvecklas i marker med höga grundvattentyor.

• Organiska jordar som gyttja, dy och gyttjiga/dyiga jordar är vanli gen förknippade med höga grundvattenytor. Utdikningar och sjösänkningar medför sänkta grundvattenytor.

LÅGA GRUNDVATTENYTOR

Djupt liggande grundvattenytor förekommer framförallt i mäktiga grus-och sandavlagringar - typ rullstensåsar, deltan, älvsediment - och i sprickfattigt berg. Låga grundvattenytor kan även förekomma i andra jordar om dräneringsförhållandena är gynnsamma.

Låga grundvattenytor avspeglas inte i ytliga företeelser utan tolkningen baseras på indirekta kriterier som jordart och dräneringsförhållanden. Tolkning av låga grundvattenytor kan därför endast ske med relativt stor osäkerhet.

4.10 Erosion, ras, jordflytning och skred

ALLMÄNT

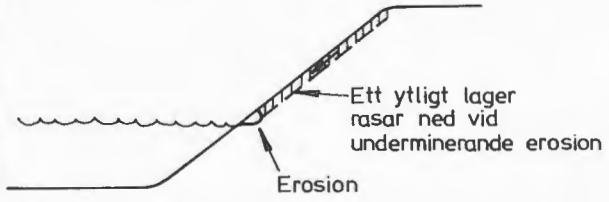
Identifiering av erosion och skred är av stort intresse vid karteringar och utredningar av jordslänters stabilitet. Med flygbildstolkning kan även förutsättningar för skredrisker studeras.

EROSION OCH RAS

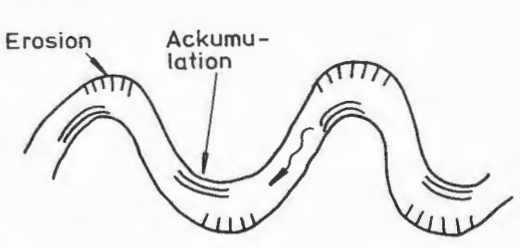
Erosion i en sänt är en följd av att strömmande vatten eller vågor rycker med sig jordpartiklar. Denna typ av erosion dominerar. Erosion kan även orsakas av grundvattenläckage i slänter och ytlig avrinning. Om erosionen är kraftig kan slänten undermineras så att ovanförliggande delar av slänten påverkas. Effekterna av underminering är olika i olika jordar, se nedan.

Vegetationen i en sänt är i de flesta fall helt avgörande för om erosion överhuvudtaget kommer till stånd och för erosionens omfattning.

Sand är lätteroderad eftersom sammanhållande krafter mellan sandkornen i princip saknas. Erosion i en sandsänts lägre del medför att sanden ovanför rasar ned längs slänten, se FIGUR 28. På grund av sandens erosionsbenägenhet blir vattendrag i sandområden ofta meandrande, se FIGUR 29.



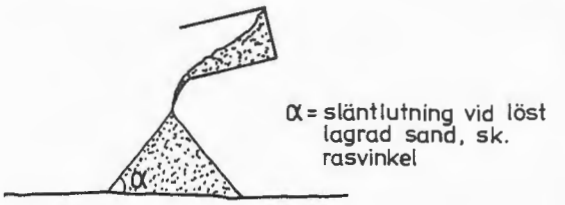
FIGUR 28. Erosion i en sandsänt.



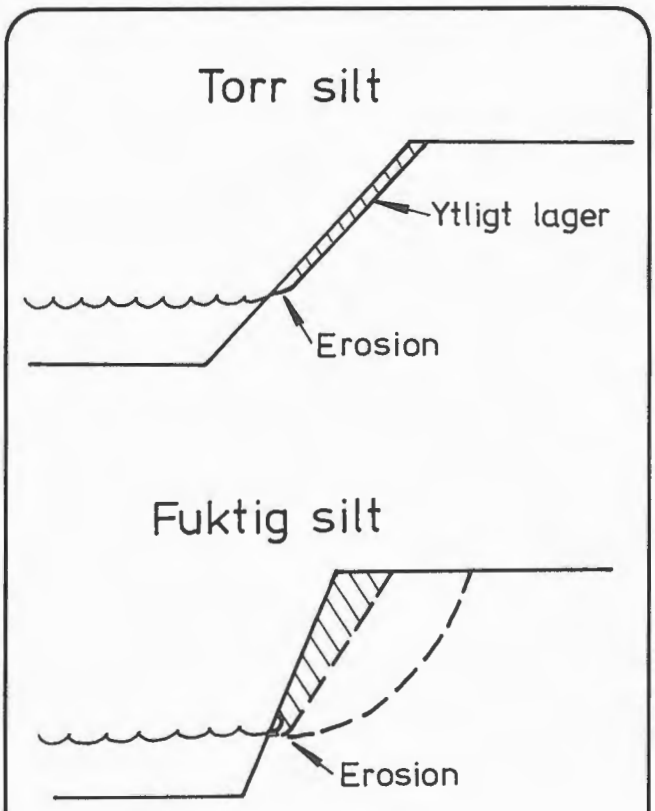
FIGUR 29. Meandrande vattendrag i sand.

Sandslänters lutning motsvarar ofta den s k rasvinkeln, dvs den sänt lutning man får om man häller ut sand på ett plant underlag, se FIGUR 30. Genom kemisk cementering, växtrötter och fastare lagring kan slänter i sand stå betydligt brantare, t o m vertikalt i vissa fall.

Även **silt** är lätteroderad, men har genom kapillärkrafter s k falsk kohesion, vilket medför att siltslänter oftare står i brantare lutning än sandslän-

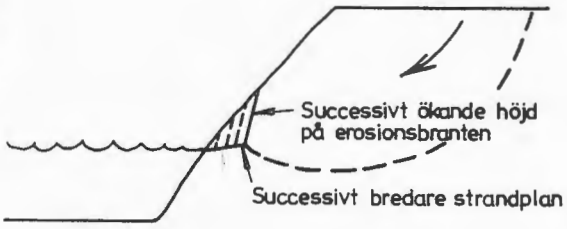


FIGUR 30. Släntlutning i sand. Definition av rasvinkel.



FIGUR 31. Konsekvenser av erosion i torr respektive fuktig silt. I torr silt uppstår ytliga ras. I fuktig silt kan höga branta slänter bildas (nipor) och större sammanhängande jordblock kan glida ut.

ter. Underminering av siltslänter leder till relativt ytliga rörelser i slänterna. I torr silt sker rörelserna som i sand, medan fuktig silt genom den falska kohesionens inverkan glider ut i mer sammanhängande sjok som kan vara mer eller mindre tjocka, se FIGUR 31.



FIGUR 32. Erosion i lerslänt. Genom lerans sammanhållande förmåga glider inte ytliga lager ned så lätt. Risken för rotationsskred ökar med ökande höjd på erosionskanten.

Lera eroderas inte partikel för partikel utan klumpar eller skikt bryts loss, företrädesvis i vattenlinjen. Upptining av tjälad lera och uttorkning som medför att sprickor bildas underlättar erosionen. Eftersom leran har god sammanhållning glider inte ytliga lager ned så lätt. Följden blir att slänten kan bli mycket brant i erosionshaket och släntskred kan på så sätt utlösas, se FIGUR 32.

I sand- och grusslänter samt slänter med torr silt inträffar ras, dvs ytliga sjok rör sig nedför slänterna - se FIGUR 28 och FIGUR 31 (vänstra delen) - varvid de enskilda kornen rör sig oberoende av varandra.

Eftersom ras normalt är en följd av vattnets eroderande verksamhet och tolkning av ras är liktydigt med tolkning av erosionssår gäller i princip samma tolkningsregler för ras som för erosion.

Då erosionssår innebär en pågående försämring av släntstabiliteten är det från geoteknisk synpunkt viktigt att lokalisera erosion. LARSSON (1975) har systematiskt analyserat möjligheterna att tolka erosionföreteelser med hjälp av flygbildstolkning. Studien genomfördes i Klarälvens meanderlopp och omfattar sand-, silt- och lerslänter. Resultaten av studien har sammanfattats av VIBERG (1982):

"Erosionsaktiviteten indelas i 5 grader

- *stor aktivitet (stora vegetationsfria områden; många starkt lutande eller nedfallna träd; grumling av vattnet utanför skada kan förekomma)*
- *måttlig aktivitet (små vegetationsfria områden; lutande träd kan förekomma)*

- *ringa aktivitet (få vegetationsfria ytor; lutande träd kan ha uppåtväxande topp)*
- *läkt skada*
- *kan ej bedömas.*

Erosionsaktiviteten indikeras av

- *färg- eller gråton (ljusa toner)*
- *grumling i vattnet nedanför släntfoten*
- *skadetyp-morfologi (t ex ursköljning i vattenlinjen; ytliga sluntskred)*
- *lutande träd*
- *lutande träd med uppåtväxande topp*
- *luckor i vegetationstäcket*
- *läget i terrängen (speciellt utsatta partier)*
- *mänsklig aktivitet (t ex bryggor; erosionsskydd; timmervältning).*

Vid stereobetraktning av flygbilder förekommer följande störande faktorer

- *avskärmning av släntkrön*
- *avskärmning av träd eller buskar*
- *solreflexer i vattenytor*
- *mörk ton (tät skugga eller underexponering)*
- *ljus ton (överstrålning eller överexponering)*
- *vegetation i slänter (svåraste störningen)*
- *mänsklig aktivitet (soptippar etc)."*

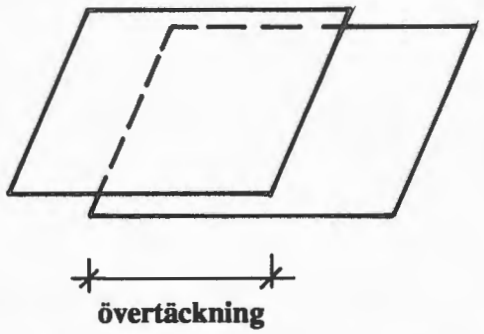
Möjligheterna till identifiering av erosionsskador är beroende av

- erosionssårets storlek
- inblickbarhet
- flygbildsskala och -typ

Inblickbarheten beror av flyghöjd och övertäckningsgrad, dvs hur mycket två successiva flygbilder överlappar varandra, se FIGUR 33. Inblickbarheten ökar med högre flyghöjd och större övertäckning, men samtidigt minskar upplösningen (detaljeringsgraden) och stereoverkan.

Papperskopior i svartvitt ger sämsta inblickbarhet, medan diapositiv i svartvitt och färg är likvärdiga, LARSSON (1977).

Följande rekommendationer kan ges beträffande flygbildstolkning av erosion:



FIGUR 33. Definition av övertäckning för två successiva flygbilder.

- Bästa bildmaterial är färg- och IR-färgfilm (diapositiv bättre än papperskopior). Speciellt IR-färg återger små erosionssår bättre än övriga filmtyper.

- Svartvita flygbilder i 1:30 000 fotograferade under vegetationsperioden ger ringa information om erosion. Endast stora erosionsskador, storleksordning >50 m kan upptäckas.

- Skalan bör vara större än 1:2 0 000 och helst större än 1:10 000.

- Fotograferingen skall utföras före lövsprickning.

- Den ljusa tonen är bästa indikator. Övriga indikatorer är svåra att se i skalor mindre än 1:15 000.

- Hänsyn måste tas till fotograferingsdatum eftersom erosionsförändringar kan ha skett efter fotograferingen om lång tid har förflutit mellan exponerings- och tolkningsdatum.

- Fältkontroller skall alltid genomföras. Kontrollen koncenteras till svårtolkade och mindre ytor, där förväxling med t ex tippar lätt kan ske. Områden med liten eller ingen inblickbarhet bör fältkontrolleras.

JORDFLYTNING

Jordflytning uppstår vid vattenmättnad i slänter med siltiga jordar och är en långsam process som pågår endast då vattenmättnad råder, såsom vid tjällossning, och avstannar vid upptorkning. Jordflytning är normalt svår att identifiera med flygbild-

stolkning eftersom träd och buskar i många fall kan hålla sig kvar i slänten, vilket minskar inblickbarheten. Vid mer omfattande jordflytning kommer markskadan att likna mindre släntskred och identifieringsproceduren blir samma som för skred, se nästa avsnitt.

SKRED

Vid skred glider jorden ut i mer eller mindre sammanhängande stycken. Skred förekommer främst i lera men även i silt - företrädesvis finsilt (mjäla) - kan mindre skred inträffa.

Erosion och skred utgör viktiga informationer vid stabilitetskartering.

Tolkning av skred har beskrivits i detalj av VIBERG (1982). Här ges en sammanfattning:

Skred identifieras i allmänhet lätt med flygbildstolkning genom de vanligen markanta yt- och planformer som skredgropar har.

Det förekommer många typer av skred beroende på de lokala förutsättningarna. Följande faktorer (=tolkningsindikatorer) påverkar utseeendet:

• **Planform**
- fritt utvecklad (symmetrisk), se FIGUR 34
- styrd av fastmark (oregelbunden), se FIGUR 35

FIGUR 34. Symmetriska skred med fritt utvecklade planformer. Skreden gränsar mot lera efter hela sina omkretsar.

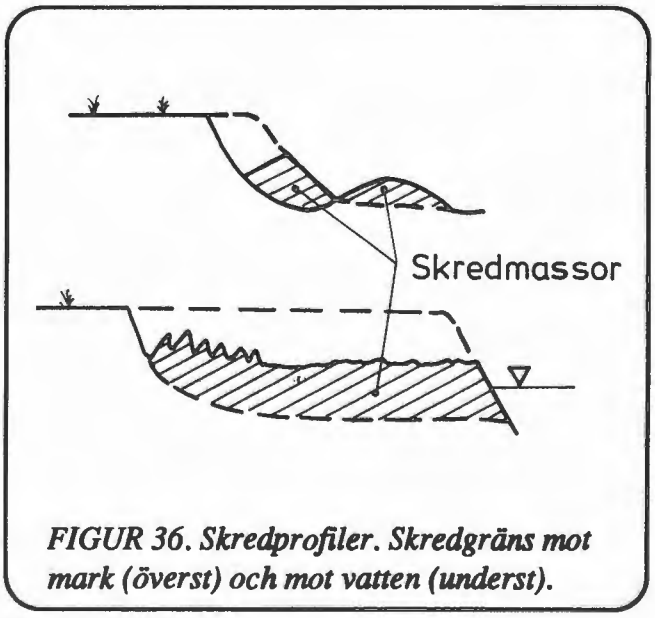
FIGUR 35. Oregelbundna skred där planformens utseende styrs av fastmark. Skredet gränsar mot fastmark utmed stora delar av sin omkrets.

• **Profil (se Fig 36)**
- skredslänt (skredärrets slänt längs skredranden)

- skredbotten (skredgropens överyta, endast i undantagsfall identisk med glidytan)

- slänt vid skredmynningen (när skreden gränsar mot vatten)

- zon med utglidna massor och/eller upptryckt mark (när skreden inte gränsar mot vatten)



FIGUR 36. Skredprofiler. Skredgräns mot mark (överst) och mot vatten (underst).

• **Skredbottnens ytform och ytstruktur samt därav betingade fuktighetsmönster**

Skredbottnars vertikalformer är beroende av om stora skredskållor bildats eller jorden brutits ned i småbitar. Stora skållor kan bli permanenta. Ett färskt skred har betydligt skarpare ojämnheter än ett gammalt, där ojämnheterna brutits ned genom klimat och åkerbruk. En mycket jämn skredbotten indikerar lättfluten, sensitiv jord, medan en ojämn botten indikerar, segare, mindre sensitiv jord, åtminstone i de övre lagren. Jämnheten kan indelas i följande klasser:

-Jämn	Fuktighetsmönster betingat av skredmorfologi saknas; mycket svag vågighet kan förekomma; lätt uppodlat
-Något ojämn	Fuktighetsmönster betingat av skredmorfologi svag vågighet förekommer; odlingsbart
-Ojämn	Mer eller mindre tydliga skållor; ofta ytvatten mellan upphöjningar och/eller svårodlad mark på grund av ojämnheter och fuktighet.

• **Vegetation**

- vegetationen återspeglar tydligt fuktighetsvariationerna och såväl "våta" som "torra" vegetationstyper förekommer i skredärr

- fuktighetskrävande vegetation i skredens lägre delar är mycket vanligt, exempel: al, sälg, vass, säv, starr- och fräkenväxter, kabbeleka, älgört

- i skredens övre delar växer ofta "torr" vegetation beroende på god dränering, exempel: nypon, hallon och slån

• **Markanvändning**

-åkermark
-betesmark
-naturlig vegetation
-bebyggelse
-vägar
-grönområden (parker, idrottsplaner o likn)

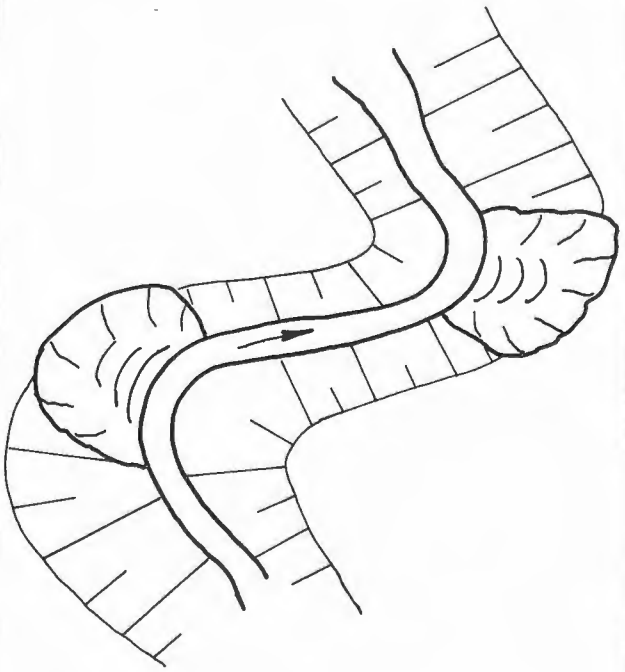
FALSKA SKREDFORMER

Det är viktigt att tolkaren förvissar sig om att skredliknande former verkligen är resultatet av skred. Exempel på kontroll är att omgivande sedimentplan, sammanhängande skredrand liksom aktiv och passiv zon skall finnas; när skred mynnar i vatten är emellertid den passiva zonen vanligen borteroderad. Exempel på falska skredformer är

a) brant lutande fastmark, som gränsar mot lerområde, kan i bland förväxlas med en skredslänt

b) lertäkter och andra schaktningsarbeten i lera; sådana former har normalt onaturligt raka begränsningar

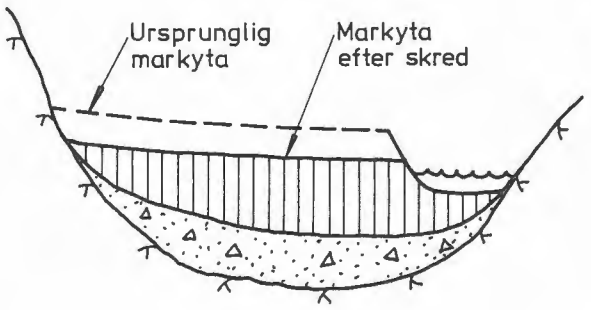
c) successiv erosion i å- och bäckkrökar som kan ge former som liknar skredärr, se FIGUR 37. Krökar i vattendrag är också de de vanligaste skredställena. I sådana lägen bör noggrann analys av formen göras. I många fall kan man inte avgöra om ärret uppkommit efter successiv erosion eller utglidning i ett stycke. Oaktat orsaken utgör förändringarna bevis på instabil mark.



FIGUR 37. Successiv erosion i å- och bäckkrökar kan ge former som starkt påminner om skred.

Svårtolkade skred

I gipar, där skred gått fram till fastmark längs hela skredranden och inget omgivande sedimentplan finns samt skredet har mynnat i vatten och skredmassorna är borteroderade, är det ofta omöjligt att fastställa om skred ägt rum, se FIGUR 38. Om närliggande sedimentplan finns kan en viss bedömning göras, men endast i undantagsfall kan existensen av skred "bevisas".



FIGUR 38. Svårtolkat skred, när skredkanten gränsar mot fastmark och skredmassorna eroderats bort. Från Viberg (1982).

4.11 Tolkningsexempel

I detta kapitel redovisas exempel på flygbildstolkning av jordarter för geoteknisk tillämpning. Exemplet är hämtat från vägprojektering där resultaten av de geotekniska undersökningarna längs väglinjen utgör en geologisk-geotekniska profil genom terrängen.

För området som täcks av stereogramblad 1 redovisas hur tolkningsmodellen, enligt AVSNITT 3.4, tillämpas och hur säkerheten i tolkningen bedöms. Det är enbart flygbildernas informationer som jämförs med borrningsresultaten. I verkliga geobildtolkningar tillkommer förhandsinformation och fältkontroll. I tolkningsexemplet har indikatorernas styrka för respektive jordart/bildning angivits i tabell. Tolkningssäkerheten har bedömts med hjälp av antalet starka indikatorer i enlighet med AVSNITT 3.5, delavsnitt "Tolknings- och karteringssäkerhet".

Observera att denna indikatoranalys är svår att göra helt objektivt. Kunskaperna om de olika indikatorerna varierar mellan olika tolkare. En indikator påverkar i vissa fall bedömningen av styrkan hos andra indikatorer. Tolkningssäkerheten för berg har skett utanför väglinjen, eftersom inget berg förekommer i väglinjen.

Möjligheten till tolkning såväl i som utanför väglinjen redovisas för stereogrambladet med hjälp av kommenterade markfoton 1-33.

Beteckningar

Teckenförklaring till använda beteckningar och förklaringar i FIGUR 40 och TABELL 17 redovisas i FIGUR 39.

Torrskorpelera

Mycket lös till lös lera

Friktionsjord, främst siltig sandig morän

Berg

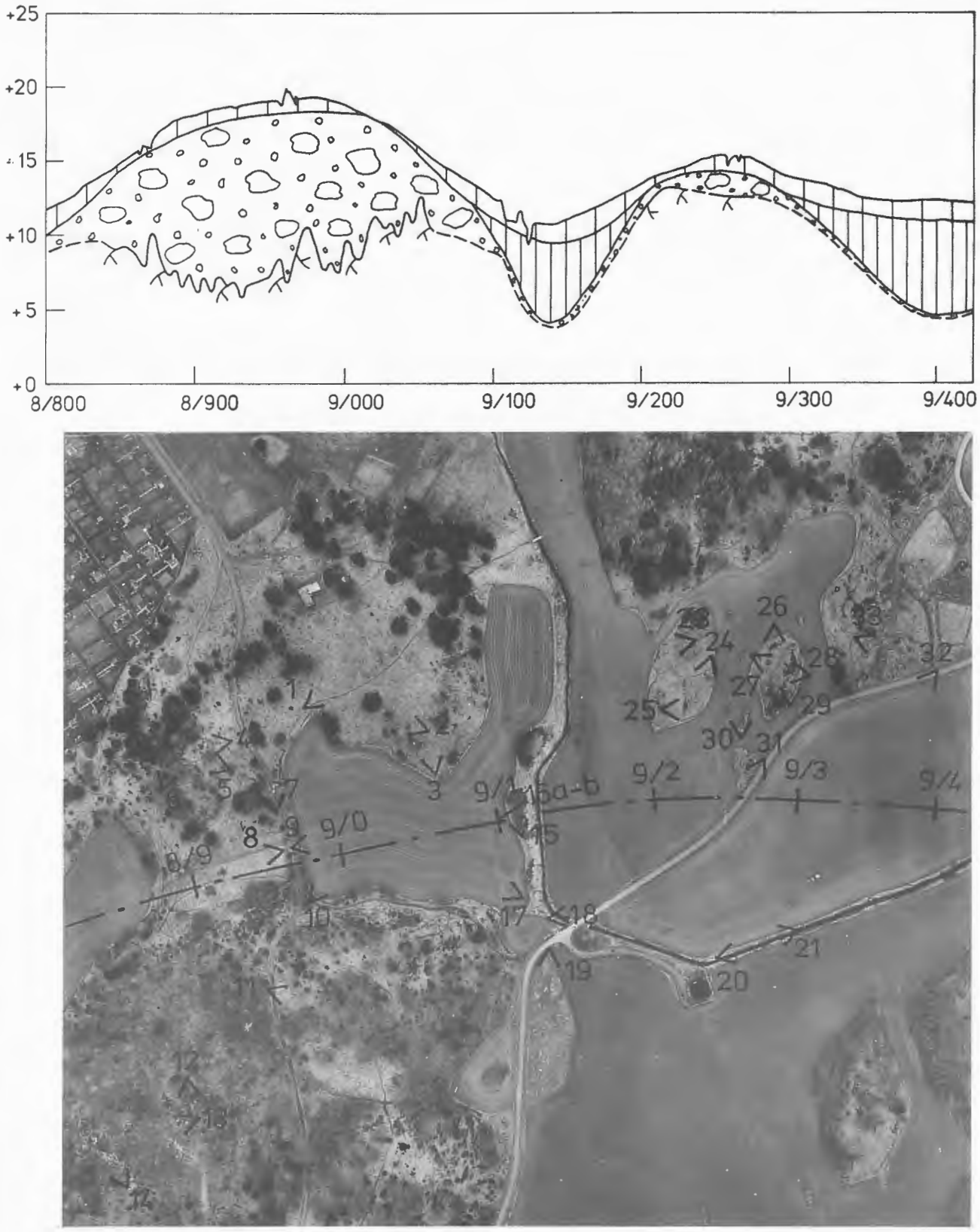
Jordartsförkortningar

B	Berg
Mn	Morän
Gs	Grovsediment (sten, grus)
Fs	Finsediment (silt, lera)
G	Grund
D	Djup
O	Organisk jord (gyttja, torv, dy)

Förkortning av indikatorstyrka

ENT	Entydig
STA	Stark
SVA	Svag
UT	Uteslutande

FIGUR 39. Beteckningar i FIGUR 40 och TABELL 17.



FIGUR 40. Tolkningsexempel. Väg 276 Rosenkälla - Roslagskulla, Stockholms län, km 8/800-9/400. Schematisk jordlagerprofil (överst) och flygbild med väglinje och fotopunkter inlagda (underst). Flygbilden del av stereogrammet. Foto 1-33. Flygbildsbeteckning: 82 801 01 09/82.05.04/skala 1:5300. Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriverket 1991-10-16.

STEREOGRAM

Väg 276 Rosenkälla-Roslagskulla, km 8/800-9/400, Stockholms län.

Bildnr: 82 301 01 06-08

Skala: 1:5300

Datum: 82-05-04

TABELL 17. Värdering av indikatorer och bedömning av tolkningssäkerhet. Väg 276 Rosenkälla - Roslagskulla, km 8/800-9/400, Stockholms län. Jfr FIGUR 40 OCH STEREOGRAM .

Km 8/800-9/300 BERG (utanför väglinjen)

INDIKATOR	BESKRIVNING	INDIKATORSTYRKA					
		B	Mn	Gs	Fs G	Fs D	O
Ytform	o Små, plana och brant lutande ytor ("slag")	ENT					
	o Taggiga höjdpartier	ENT					
	o Mjukt rundade krön	STA	SVA	STA		UT	UT
	o Svagt lutande sluttningar	SVA	STA	SVA	SVA	UT	UT
	o Mycket flacka lågpunkter	SVA	SVA	SVA	SVA	STA	STA
Ytstruktur	o Enstaka sprickytor	ENT					
	o Taggighet	ENT					
	o Släta och runda ytor	STA	SVA	STA		UT	UT
Topografiskt läge	På alla nivåer inom höjdområdena						
	o Högt läge (krön och sluttningars övre del)	STA	SVA	SVA	-	UT	UT
	o Mellanläge (sluttningars mellandel)	SVA	STA	SVA	-	UT	UT
	o Lågt läge (sluttningars lägre del)	SVA	STA	SVA	STA	UT	UT
Vegetation	o Mycket glest tallbestånd	STA	SVA	SVA			
	o Fläckighet av lav, mossa och kalt berg	ENT					
Gråton	o Mörk-svart (mossa)	ENT					
	o Ljusgrå-vita (lav, kalt berg)	STA	SVA	SVA			
Markanvändning	Impediment i åkermark	STA					

SUMMERING AV INDIKATORER

INDIKATORSTYRKA	RELATIVT HÖJDLÄGE	SUMMA INDIKATORER					
		B	Mn	Gs	Fs G	Fs D	O
STARKA		5-6	2	2	-	-	-
SVAGA	Högt	-	5	3	-	-	-
UTESLUT ANDE		-	-	-	-	2	2
STARKA		4-5	1	2	1	-	-
SVAGA	Lågt	1	4	3	2	-	-
UTESLUTANDE							

Tolkningssäkerhet:
Helt säker för ytor med identifierbara bergstrukturer (sprickor och slag) och taggiga höjder.

Säker för ytor med karaktäristiskt gråtonsmönster.

Observera att endast lättolkade bergytor medtagits i tabellen.

TABELL 17. (forts.) Värdering av indikatorer och bedömning av tolkningssäkerhet. Väg 276 Rosenkälla - Roslagskulla, km 8/800-9/400, Stockholms län. Jfr FIGUR 40 OCH STEREOGRAM .

Km 8/800-8/860 RELATIVT GRUNDA FINSEDIMENT
(Grund fast torrskorpelera)

INDIKATOR	BESKRIVNING	INDIKATORSTYRKA					
		B	Mn	Gs	Fs		O
					G	D	
Marklutning	ca 1:15 (4°)						
Ytform	Svagt positiva former och plana, svagt lutande ytor	-	SVA	STA	STA	SVA	UT
Ytstruktur	Jämn	-	-	STA	STA	STA	-
Topografiskt läge	I övergången mellan kuperad höjd och plan slätt	-	STA	-	STA	-	-
Odling/ Markanvändning	Uppodlad mark	UT	-	SVA	STA	STA	-
Geologiskt samband	Lutande uppodlad mark gränsande mot höjdområde. Långt under HK	-	-	SVA	STA	SVA	-

SUMMERING AV INDIKATORER

	INDIKATORSYRKA	SUMMA INDIKATORER					
		B	Mn	Gs	Fs		O
					G	D	
Summa indikatorer	STARK	-	1	2	5	2	
	SVAG	-	1	-	2	-	2
	UTESLUT	1	-	-	-	-	1

Tolkningssäkerhet:
Säker tolkning av grunda finsediment

Något osäker tolkning av grund lera på grund av "konkurrens" av silt.

Km 8/860-9/050 RELATIVT GRUNDA FINSEDIMENT
(Grund, ca 1 m, fast lera på morän)

INDIKATOR	BESKRIVNING	INDIKATORSTYRKA					
		B	Mn	Gs	Fs		O
					G	D	
Ytform	Svagt positiv sadelyta. Mellan 8/900 och 9/000 är markytan horisontal		STA	SVA	STA	SVA	SVA
Ytstruktur	Jämn		SVA	STA	STA	STA	STA
Topografiskt läge	Botten av "dalgång" mellan två höjdområden		SVA	SVA	STA	STA	STA
Gråton				SVA	SVA	SVA	SVA
Odling/ Markanvändning	Uppodlad mark	UT		SVA	STA	STA	SVA
Geologiskt samband	Lokal lågpunkt långt under HK samt närhet til höjder (fastmark)		SVA		STA	SVA	SVA

SUMMERING AV INDIKATORER

	INDIKATORSTYRKA	SUMMA INDIKATORER					
		B	Mn	Gs	Fs		O
					G	D	
Summa indikatorer	STARK	-	1	1	5	3	2
	SVAG	-	3	4	1	3	4
	UTESLUT	1	-	-	-	-	-

Tolkningssäkerhet:
Säker- något osäker tolkning av grunda finsediment på grund av konkurrens av djupa finsediment i första hand.

• **Km 9/050 - 9/100** RELATIVT GRUNDA FINSEDIMENT (Grund, fast torrskorpelera).
Successivt ökande mäktighet av torrskorpan. From 9/090 även lös lera under torrskorpeleran. Avsnittet tolkas på liknande sätt som avsnitt 8/800-8/860.

TABELL 17. (forts.) Värdering av indikatorer och bedömning av tolkningssäkerhet. Väg 276 Rosenkälla - Roslagskulla, km 8/800-9/400, Stockholms län. Jfr FIGUR 40 OCH STEREOGRAM .

Km 9/100 - 9/200 RELATIVT DJUPA FINSEDIMENT

INDIKATOR	BESKRIVNING	INDIKATORSTYRKA					
		B	Mn	Gs	Fs		O
					G	D	
Ytform	Plan horisontell - mycket svagt lutande	-	-	SVA	-	STA	STA
Ytstruktur	Jämn	-	-	STA	STA	STA	STA
Topografiskt	Terrängens lägre del	-	-	SVA	-	STA	STA
Gråton	Homogen mellangrå-ljusgrå	-	-	SVA	SVA	SVA	-
Odling/ Markanvändning	Uppodlad mark	UT	-	SVA	STA	STA	SVA
Geologiskt samband	Långt under HK	-	-	SVA	STA	STA	-

SUMMERING AV INDIKATORER

INDIKATORSTYRKA	SUMMA INDIKATORER					
	B	Mn	Gs	Fs		O
				G	D	
STARK	-	-	1	3	5	3
SVAG	-	-	5	1	1	1
UTESLUT	1	-	-	-	-	-

Tolkningssäkerhet:
Säker tolkning av relativt djupa finsediment.

• **Km 9/200 - 9/300** RELATIVT GRUNDA FINSEDIMENT. (Grund fast lera).
Uppgrundning av leran runt fastmarksöarna. Lerytan är svagt positiv inom denna sträcka. Lerdjupet är ca 1 m och leran ligger på relativt grund morän.
Tolkningssäkerhet, se km 8/800-8/860.

• **Km 9/300 - 9/400** RELATIVT DJUPA FINSEDIMENT. (Djup lös lera).
Lerdjupet ökar successivt från fastmarkspartiet.
Tolkningssäkerhet, se km 9/100-9/200

FOTO 1. Hagmark. Gräs i förgrunden, rosensnår och tallar i bakgrunden. I högra delen av bildens syns en stig, som framträder mycket väl på flygbild.

Flack morän med uppstickande block. Dessa block med längd ca 0,5 m och höjd ca 0,25 m är svåra att se på flygbild (1:5300) pga svag kontrast och liten stereoeffekt. De framträder som små prickar ibland mörkare än omgivningen och ibland ljusa med en mörk bård. Bästa förstoringsgrad ca 8 ggr.

FOTO 2. Samma terrängtyp som i FOTO 1. Block med längd ca 1 m och höjd ca 0,5 m delvis omgivet av rosensnår till vänster på bilden. Block av denna storleksordning syns tydligt på flygbild (1:5300). De mindre blocken i bildens högra del framträder relativt tydligt på flygbild.

FOTO 3. Samma terrängtyp som i FOTO 1. Beträffande blockidentifiering, se text FOTO 1-2.

FOTO 4. Hagmark. Berg i dagen. Bergytan framträder tydligt i flygbild pga stor kontrast men också genom den flacka ytformen och släta markjämnheten.

FOTO 5. Hagmark med enar och björkar. Troligen tunn morän på berg. Jämn markyta i förgrunden betingad av grund lera med block i ytan.

FOTO 6. Skogsmark. Berg i dagen med sprickplan parallellt med bildplanet.

FOTO 7. Cykel- och gångväg med berg i dagen. Bergytan som är helt ren från växtlighet går jämns med markytan och framträder på flygbild pga mycket stor kontrast.

FOTO 8. Svagt sluttande hagmark, km 8/800-8/890. Tunt lager torrskorpelera på morän.

FOTO 9. Svagt sluttande åkermark fram till buskraden, km 8/960-9/100. Samma jordlagerföljd som i FOTO 8. Observera inslaget av sten i markytan som beror på närheten till morän.

FOTO 10. Samma område som FOTO 9.

FOTO 11. Plant leområde i skogsmark.

FOTO 12. Berg i dagen i skogsmark. Helt obevuxna och lavbevuxna ytor är mycket ljusa medan mossbebuvxna ytor är mörka på flygbild.

FOTO 13. Berg i dagen i skogsmark. Helt obevuxna och lavbevuxna ytor är mycket ljusa medan mossbebuvxna ytor är mörka på flygbild.

FOTO 14. Berg i dagen i skogsmark. Helt obevuxna och lavbevuxna ytor är mycket ljusa medan mossbebuvxna ytor är mörka på flygbild.

FOTO 15. Tuvig mark med öppet vatten, km 9/110. Grundvattenläckage i sluttningens nedre del.

FOTO 16a. Tuvig mark med öppet vatten, km 9/110. Grundvattenläckage i sluttningens nedre del.

FOTO 16b. Tuvig mark med öppet vatten, km 9/110. Grundvattenläckage i sluttningens nedre del.

FOTO 17. Vy mot åkersluttningen, km 9/000-9/100. Mörkare färg i nedre delen pga utströmmande grundvatten.

FOTO 18. Vy mot km 9/150-9/250 i bildens vänstra del. Den mörkare åkermarken ligger på maximalt 7 m lera. Den ljusare delen börjar vid ca 9/180, där lerdjupet är ca 4 m. Dessa färgtonsskillnader framträder inte på 1982 års flygbilder.

FOTO 19. På 1982 års flygbilder fanns på denna plats ett stort antal rektangulära oidentifierade föremål av storleken ca 0,5 x 0,5 m (möjligen halmbalar).

FOTO 20a. Flera ytliga skred i dikesslänterna. Fler skred har tillkommit efter 1982.

FOTO 20b. Flera ytliga skred i dikesslänterna. Fler skred har tillkommit efter 1982.

FOTO 21. Flera ytliga skred i dikesslänterna. Fler skred har tillkommit efter 1982.

FOTO 22. Flera ytliga skred i dikesslänterna. Fler skred har tillkommit efter 1982.

FOTO 23. I bakgrunden till höger morän med ytblock (ej synliga på bilden) och till vänster uppodlad tunn torrskorpelera på morän. Längs buskraden i bildens centrala del läcker grundvatten ut från den bortre sluttningen.

FOTO 24. Block med storleken ca 1,5 x 1,5 m syns mycket bra på flygbild pga kontrast och stereoverkan. Bergytan till höger syns mycket bra pga kontrast.

FOTO 25. Bergytan där mossa och torkad lav ger mycket mörk färg på flygbild och stark kontrast mot omgivande vissna gräs.

FOTO 26. Se FOTO 25.

FOTO 27 Mörk moss- och lavbevuxen bergyta i förgrunden, och upplagda block i bakgrunden.

FOTO 28. Bergyta bevuxen av i huvudsak mossa.

FOTO 29. Gräns mellan gammal åker (nu gräsbevuxen) och berg i dagen.

FOTO 30. Bergyta med både mossbevuxna mörka partier och obevuxna ljusa partier. Blocket i bakgrunden är ca 1 x 1 m stort och framträder mycket bra i flygbild.

FOTO 31. Låg utsprängd bergsländ. Framträder som ljus rand på flygbild.

FOTO 32 Vy över djupt, plant, lerområde (vänstra delen av bilden) som avlöses av grundare svagt sluttande lerområde (vid ca km 9/350).

FOTO 33. Gammalt jordupplag övervuxet med gräs.

5. Litteratur

Bergquist, E. (1986). Svenska nip- och ravinlandskap. Processer och former, översikter och förslag till naturreservat. Uppsala universitet, Naturgeografiska insttitutionen,UNGI Rapport Nr 63.

Cederström, O., Larsson, E., Oveland, S. & Österberg, T. (1983). Flygbilden - ett arbetsverktyg i fysisk planering. Byggforskningsrådet, T 11:1983.

Eriksson, B. (1977). Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. SGU Rapport och Meddelanden nr 7.

Halden, B. (1961). Allmän geologi. Tekniska högskolans studentkår. Kompendieförsäljningen Nr 83.

Hellman-Lutti, K. (1974). Flygbild - vegetation - jordart. Vegetation som indikator på jordartsförhållanden vid geobildtolkning. Forskningsrapport till TVg, Statens vägverk, SGI-projekt 20241.

Ihse, M. & Wastenson, L. (1975). Flygbildstolkning av fjällvegetation. En metodstudie för översiktlig kartering. Statens naturvårdsverk, SNV PM 596.

Johansson, H.G. & Enkell, K. (1980). Geologiska kriterier av betydelse vid sökande av grovkorniga moräner. Statens väg- och trafikinstitut, VTI Rapport Nr 194.

Karlsson, R. & Hansbo, S. (1982). Jordarternas indelning och benämning. Byggforskningsrådet T21:1982, 2:a rev upplagan.

Kihlblom, U. (1970). Flygbildstolkning för jordartsbestämning. Utbildningsförlaget, Stockholm.

Kihlblom, U. (1975). Färg- och svartvita flygbilder. En undersökning av noggrannheten vid geobildtolkning. Forskningsrapport till TVg, Statens vägverk. VBB-projekt.

Kihlblom, U., Viberg, L., Heiner, A. & Hellman-Lutti, K. (1972). Geobildtolkning vid vägprojektering. Rapport från försöksverksamhet 1969-71. SGI Särtryck och preliminära rapporter Nr 48. Även i Statens vägverk, Rapport TV 115.

Larsson, R-Å. (1975). Flygbildsstudier av fluvial erosion. En metodstudie inom Klarälvens övre meanderlopp. Uppsala universitet, Naturgeografiska insttitutionen, UNGI Rapport Nr 37.

Linge- K-A. (1978). Flygbild-vegetation-våtmark. Vegetationen som indikator på markförhållandena i försumpad skog. Universitetet i Linköping, Avd för biologi och SGI.

Lundén, B. (1977). Jordartskartering med flygbildsteknik. En metodundersökning i olika bildmaterial, SGU Serie C Nr 738.

Lundqvist, J. (1981). Moraine morphology. Terminological remarks and regional aspects, Geografiska annaler 63A (1981):3-4, s. 127-138.

Magnusson, N.H., Lundqvist, G. & Regnéll, G. (1963). Sveriges geologi.

Nämnden för skoglig flygbildsteknik. (1980). Flygbildsteknik och fjärranalys. LF/ALLF.

Persson, T. (1972). Geomorphological studies in the South-Swedish highlands. With special reference to the glacial forms. Medd. Lunds universitet, Geografiska institutionen, Avhandlingg 66.

SGU (1979). Metoder för inventering av grusförekomster. Delrapport 2. SGU, Kvartär- och hydrogeologiska byrån.

SGU (1983). Metodik för jordartsindelning tillämpad vid geologisk kartläggning i skala 1:50 000. Särtryck ur SGU Serie Ae.

Statens Naturvårdsverk (1975). Översiktlig naturinventering och naturvårdsplanering. Råd och anvisningar.

Statens Naturvårdsverk (1983). Inventering av naturgrus och alternativa material - allmänna råd. Råd och riktlinjer. SNV RR 1983:5.

Wastenson, L. (1966). Kartering av berghällar med hjälp av flygbildstolkning. En metodstudie. SGU Serie C, Nr 606.

Wastenson, L. (1969). Blockstudier i flygbilder. En metodundersökning av möjligheten att kartera markytans blockhalt från flygbilder. SGU Serie C, Nr 638.

Viberg, L. (1972). Geoteknisk flygbildstolkning. En undersökning av metodens tillförlitlighet. Byggforskningsrådet, Rapport R6:1972.

Viberg, L. (1974). Geobildtolkning av mäktighetsförhållanden inom leromräden. Byggforskningsrådet, Rapport R9:1974.

Viberg, L. (1975). Geobildtolkning i Sverige. Uppföljning av metodens användning. SGI Särtryck och preliminära rapporter, Nr 59.

Viberg, L. (1976). Geoteknisk terränganalys för fysisk planering. Byggforskningsrådet, Rapport B29:1976.

Viberg, L. (1977). (Red). Fjärranalys för fysisk planering. Symposium i Linköping, 12-13 okt 1976. Byggforskningsrådet, skrift T13:1977.

Viberg, L. (1982). Kartering och klassificering av stabilitetsförutsättningar. SGI Rapport No 15.

Viberg, L. (1983). Geobildtolkning av grova moräner. SGI Rapport No 23.

Viberg, L. (1984). Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering. SGI Rapport No 25.

Viberg, L. & Hellman-Lutti, K. (1975). Geobildtolkning. Undersökning av IR-färgfilm. Forskningsrapport till Statens vägverk. SGI-projekt nr 20508.

Yrgård, A. (1980). Geomorfologisk kartläggning för naturvärdesbedömning och planering. En flygbildsmetodisk studie i syd- och mellansvensk terräng. Naturvårdsverket, SNV PM 1339.

BILAGA 1A

Jordartsindikatorer

EXEMPEL PÅ MÖNSTER I FLYGBILD

RAKA ELLER SVAGT KRÖKTA LINJER

	MÖNSTRET BERO R AV		FREKVENS	
	Vertikalform	Färg	En	Flera
Naturligt betingade	& färg		linje	linjer
• förkastningar och sprickor i berg	o		(x)	x
• drumlin-morän	o		(x)	x
• radialmorän	o		-	x
• ändmorän	o		(x)	x
• sanddyner	o		(x)	x
• skredskållor	o		(x)	x
• strandvall	o		(x)	x
• strandlinjer	o		(x)	x
• skuggor av stammar och grenar för lövfria träd, tallar och enar		o	(x)	x
Mänskligt betingade				
• öppna diken	o		x	(x)
• täckdiken		o	(x)	x
• plogfåror	o		-	x
• harvlinjer	o		-	x
• hjulspår på åkrar	o			x
• vägar	o	o	x	(x)
• järnvägar	o		x	
• ledningsgator i skogsmark	o		x	
• el- och teleledningar	o		x	-
• ledningsstolpar och deras skuggor	o	o	-	x
• stengärdesgård	o		x	
• ägogränser	o		x	x
• gränser mellan åkrar		o	-	x
• kalhyggesgränser	o		x	(x)
• kanaler	o			x
• täktgräns (berg, lera, torv)	o		x	(x)
• skogsplöjningsfåror	o		-	x
• alléer	o		-	x
• hösträngar på åkerfält	o			x

x - ofta förekommande
(x) - sällan förekommande
\- - aldrig/mycket sällan förekommande

EXEMPEL PÅ MÖNSTER I FLYGBILD

KRÖKTA LINJER

	MÖNSTRET BEROR AV		FREKVENS	
	Vertikalform & färg	Färg	En linje	Flera linjer
Naturligt betingade				
• rullstensåsar	o		x	(x)
• jordartsgränser mellan jordarter som ger urskiljbara kontraster		o	x	-
• svallinjer	o	o	(x)	x
• vattendrag	o		x	-
• raviner	o		(x)	x
• skredkanter	o		x	(x)
• skredskållor	o		(x)	x
• revlar på myrar				
flarkmyrar	o	o	-	x
högmossar	o	o	-	x
• strömfåror	o		-	x
• deltaarmar	o		-	x
• sanddyner	o		(x)	x
• älvvallar	o		(x)	x
• meanderbågar	o		(x)	x
• nuvarande strandlinjer	o	o	-	x
Mänskligt betingade				
• vägar	o	o	x	-
• åkergräns mot obrukad mark	o		x	-
• stengärdesgård	o		x	
• grustäktsgräns	o		x	-
• väg- och ledningsschakter	o		x	-
• bäck- och dikesrensmassor	o	o	x	-
• gränser mellan olika typer av markanvändning	o	o	x	x
• alléer	o			x
• hjulspår	o			x

EXEMPEL PÅ MÖNSTER I FLYGBILD

FLÄCKMÖNSTER

	MÖNSTRET BEROR AV		FREKVENS	
	Vertikalform	Färg	En	Flera
Naturligt betingade	& färg		fläck	fläckar
o dödismorän	o		-	x
o fuktighetsvariationer på åkrar		o	-	x
o impediment på åkrar	o	o	x	x
o dödisgropar	o		(x)	x
o åsgravar	o		(x)	x
o torv-/sedimentförekomster i berg- och moränterräng	o		(x)	x
o skredbottnar (odlade)		o	-	x
o blocksänkor	o		x	x
o blockig mark	o		-	x
o enstaka block	o		x	-
o tuvor	o		-	x
o vegetation olika bestånd/ ålder, obevuxet/bevuxet	o	o	(x)	x
o skuggor av barrträd, träd med löv, buskar, hög örtvegetation, stora block etc.		o	x	x
Mänskligt betingade				
o fyllningar, upplag, avfallstippar	o		x	(x)
o mindre täkter	o		x	(x)
o skogsplantering (enskilda plantor)	o		-	x
o vänd-, mötes-, last- och hållplatser utmed vägar	o	o	x	
o hässjor, vålmar, halmbalar	o			x
o byggnader	o		x	x
Ytor med homogen gråton/färgton (specialfall av fläckmönster)				
o uppodlad mark (bar jord, gröda)		o	x	
o homogen skogsmark		o	x	
o kalhyggen på sediment och morän		o	x	

EXEMPEL PÅ MÖNSTER I FLYGBILD

SLUTNA LINJER (REDOVISAS ENDAST FÖR KARAKTÄRISTISKA PLANFORMER)

PLANFORMER	EXEMPEL PÅ FÖRETEELSE
runda, cirkulära	dödisgrop, åskulle, högmosse
elliptiska	moränkulle, åsgrav, åskulle, bergrygg
oregelbundet runda	dödismorän, stora block, morän-/ bergholmar i sedimentmark
avlånga svagt krökta	Rogenmorän
rektangulära	odlade fält i sedimentmark kalhyggen torvtäkter
oregelbundna	moränkullar, torvmarker, kalhyggen, odlade fält i moränmark

BILAGA 1B

Indikatorer indelade efter naturligt och mänskligt betingade företeelser i terräng/flygbild

Naturligt betingade indikatorer
- FÄRGER/GRÅTONER
- VEGETATION
  - *Vegetationstyper*
  - *Vegetationstypernas utseende i flygbild*
  - *Vegetationsindelning vid geobildtolkning*
  - *Samband mellan vegetationstyper och jordarter*
  - *Samband mellan vegetations- och jordartsgränser*
- DRÄNERING
- FÖRSUMPNINGSGRAD
- EROSION, RAS, JORDFLYTNING OCH SKRED

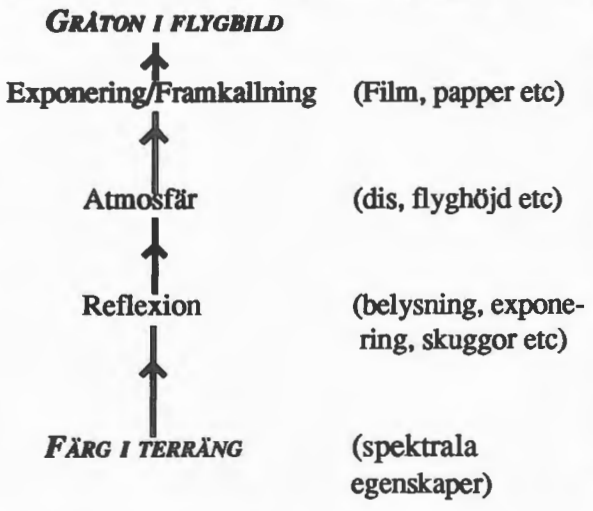
Av mänsklig aktivitet betingade indikatorer
- ODLING
- DIKNING
- TÄKTER
- BEBYGGELSE, VÄGAR
- STENRÖSEN OCH STENGÄRDESGÅRDAR
- FYLLNINGAR OCH TIPPAR

Naturligt betingade indikatorer

FÄRGER/GRÅTONER (Mönsterbildande)
Svart-vita flygbilder är uppbyggda av gråtonsvariationer. Gråtonerna i flygbilder är slutresultatet av en process där den egentliga terrängfärgen genomgått flera "behandlingar". Inverkan av markens spektrala egenskaper, skuggor, ljusfördelning och atmosfär har behandlats av Wastenson i NÄMNDEN FÖR SKOGLIG FLYGBILDSTEKNIK (1980), s 209- 213. Här ges en sammanfattning av vilka faktorer som påverkar gråtonen, FIGUR 41.

Faktorerna färg i terrängen och reflexion kan underindelas enligt FIGUR 42. Vegetation, öppna jordytor, kalt berg och vattenytor är de naturliga färggivande faktorerna i terrängen. En schematisk beskrivning av jordarternas egenfärg lämnas nedan. Marklutning och ytstruktur påverkar exponeringen för ljuset och skuggverkan. Kamerans läge i förhållande till solljuset - med- eller motljusposition - påverkar belysningsgraden. I medljusposition dominerar belysta delar, medan beskuggade partier dominerar i motljus.

Färgtonen i flygbilder påverkas sålunda av ett stort antal faktorer och måste därför användas med stor försiktighet vid tolkning av jordarter. Endast de färger/gråtoner som är direkt kopplade till jordarts-



FIGUR 41. Terrängfärgen påverkas av flera faktorer innan den kommer på flygbilden. Wastenson NÄMNDEN FÖR SKOGLIG FLYGBILDSTEKNIK (1980) sid. 209-213.

förhållanden kan användas vid tolkning. Det kan många gånger vara svårt att bedöma om markytan är bevuxen eller inte. På tidiga vårbilder är emellertid relativt stor del av åkermarken obevuxen - plöjd, harvad, vältad eller nysådd. Att ge en tolkningsnyckel för berg och jordarter baserad på färg/gråton är vanskligt med hänsyn till alla inverkande faktorer.

Jordarternas egenfärg är en av flera faktorer som bidrar till flygbildens färg/gråton, se FIGUR 42.

Jordartsfärgen påverkar färgen/gråtonen i flygbilden självfallet endast där markytan är vegetationsfri. Den påverkas primärt av mineral, organisk halt och vattenhalt. Ljusa mineral som kvarts och fältspat dominerar i svenska jordar varför mineraljordarter normalt är ljusa i torrt tillstånd. Med ökande organiskt material eller vattenhalt blir jordarna allt mörkare. Organiska jordarter är mycket mörka i bruna och svarta nyanser i fuktigt tillstånd. De flesta organiska jordar är mörka även i torrt tillstånd. Gyttjiga jordar ljusnar emellertid vid torkning, vilket är viktigt att känna till vid analys av uppschaktade massor vid dikning och rensning i vattendrag.

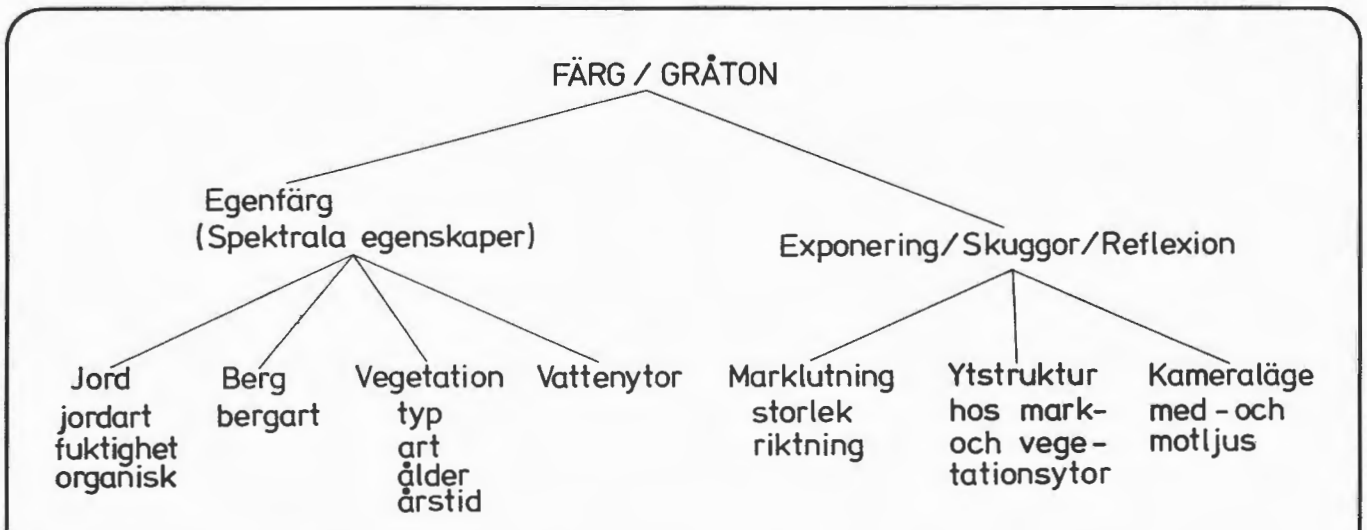
Jordarterna indelas efter organisk halt i tre olika jordartsgrupper enligt SGF:s LABORATORIEKOMMITTÉ. (1982), TABELL 18.

Mineraljordar har mindre än 2 viktprocent organisk halt av torrsubstansen. Vid ökande vattenhalt mörknar även mineraljordar. En viktig uppgift vid tolkning av mörka jordar är att försöka analysera orsaken till den mörka tonen, eftersom såväl organisk halt som hög vattenhalt ger upphov till mörka jordar på flygbilder.

I TABELL 19 visas ett enkelt schema över typiska gråtoner för berg-och jordarter.

Färger/gråtoner kan användas för direkt identifiering av jordart endast under förutsättning att jordytan är obevuxen eller glest bevuxen. Här ges några exempel på sådana fall:

• Torvmark som är uppodlad ger mycket mörk, oftast brun eller svart ton. Speciellt om ett fält (brukningsenhet) innehåller gräns mot omgivande mineraljord uppstår ofta en markant gråtonsskill-



FIGUR 42. Markfaktorer som inverkar på gråtonen/färgen i flygbilder.

TABELL 18. Riktvärden för indelning av jordarterna efter halten av organisk substans samt exempel på benämningar och jordartsfärg. Efter SGF:s LABORATORIEKOMMITTE (1982).

JORDARTSGRUPP	HALT AV ORGANISK JORD I VIKTPROCENT AV TORRSUBSTANSEN	EXEMPEL PÅ BENÄMNINGAR	FÄRG (EXEMPEL)	
			FUKTIG	TORR
Organiska mineraljordarter	2-6	Gyttjig lera	Matt gröngrå	Grå
		Dyig silt Mullhaltig, lerig sand		
Mineraliska organiska jordarter	6-20	Lerig gyttja Siltig dy Sandig mulljord	Gröngrå	Grå
Organiska jordarter	>20	Gyttja	Grön, brun, röd	Grå
		Dy	Svart, mörkbrun	Svart, mörkbrun
		Torv	Brun-brun-svart	Brun-brun-svart

nad mellan den bruna/svarta torvjorden och den gråa mineraljorden.

• Uppodlad lermark ger många gånger typiskt gråtonsmönster genom fuktvariationer och/eller framträdande täckdikningsystem.

• Sanddyner med erosionssår avbildas med oregelbundna vita fläckar.

• I sand- och grusmark där fordon kört sönder vegetationstäcket och friktionsjorden lyser igenom i hjulspåren är ljusgrå - vita hjulspår vanligen en stark indikator på grovsediment.

Färgen/gråtonen används emellertid oftast som hjälpindikator. Den ingår dessutom i olika mönster, se nedan.

VEGETATION

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Vegetationen är normalt en god indikator på jordartsförhållanden. Även naturligt orsakad brist på eller utglesning av trädvegetation ger information om jordförhållanden.

För att kunna utnyttja vegetationen som jordartsindikator måste tolkaren känna till vissa grundläggande fakta om vegetationens förekomst i terrängen. Här ges en kort beskrivning av några elementära egenskaper hos vegetationen, samt något om tolkning av olika vegetationstyper. Framställningen bygger i hög grad på en utredning av HELLMAN-LUTTI (1974) angående möjligheterna att använda vegetationen som jordartsindikator.

Indikatorn "vegetation" har givits relativt stort utrymme beroende på att Hellman-Luthis rapport endast kopierats i ett fåtal exemplar tidigare.

TABELL 19. Typiska gråtoner för berg- och jordarter.

BERG/ JORDARTER	GRÅTON PÅ FLYGBILD
Berg	
Gnejs, granit	Ljusgrå
Skiffer, basiska bergarter	Mörkgrå
Jordarter	
Morän	Ljusgrå-vit
Block	Ljusgrå-vit + skugga
Sten (klapper)	Ljusgrå-vit, svagt något ojämn ton
Grus, sand	*Torr*: Oftast vit - jämn ton *Fuktig*: Mörkgrå - (svart)
Silt	*Torr*: Oftast vit - jämn ton *Fuktig*: Mörkgrå - (svart)
Lera	*Torr*: Ljusgrå-vit - oftast flammig *Fuktig*: Mörkgrå - (svart)-oftast jämn ton
Torv	Svart
Gyttja	*Torr*: Mörkgrå-ljusgrå *Fuktig*: Mörkgrå-svart jämn ton

För inlärning av flygbildstolkning av vegetation hänvisas till kap 8 Skoglig flygbildstolkning och kap 9 Flygbildstolkning vid vegetationskartering i NÄMNDEN FÖR SKOGLIG FLYGBILDSTEKNIK (1980).

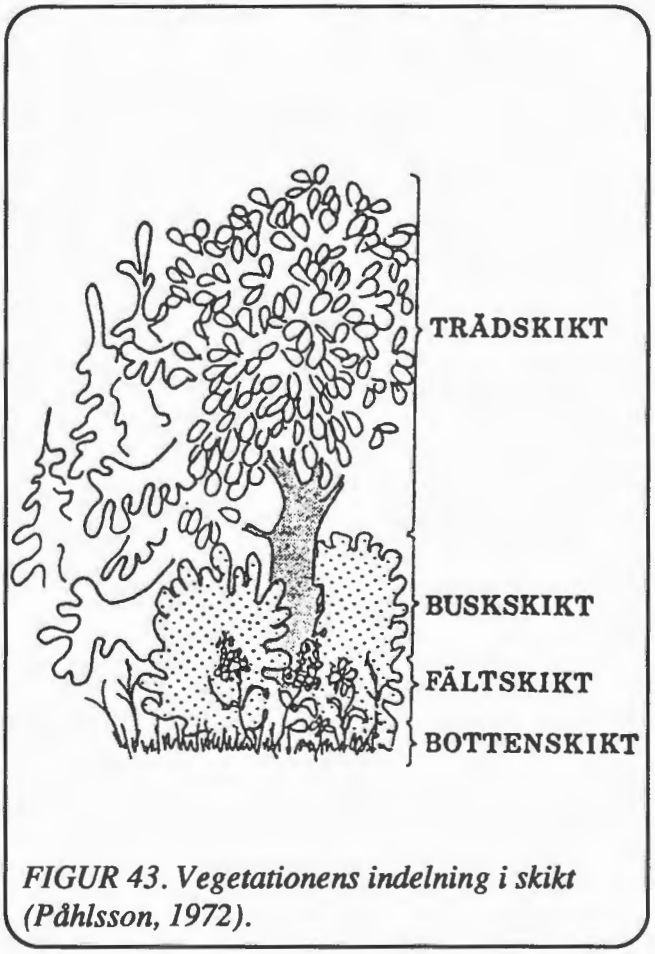
Vid utnyttjande av vegetation i geobildtolkning har följande faktorer betydelse:

- Vegetationstyp (träd-, busk-, fält-, bottenskikt)
- Vegetationsart (t ex olika trädslag)
- Vegetationens täthet
  - Helt sammanhängande
  - Flockvis -"-
  - Glest utspridda
  - Enstaka exemplar
- Homogenitet (gäller träd)
  - Helt homogent bestånd (endast en art)
  - Inslag av annat trädslag, t ex lövträd i barrskog
  - Blandat bestånd
- Ålder (gäller träd)
  - Planta <1 m
  - Buske 1-2 m
  - Ungt träd 2-20 m *
  - Gammalt träd >20 m *

* Trädhöjden varierar med geografiska läget

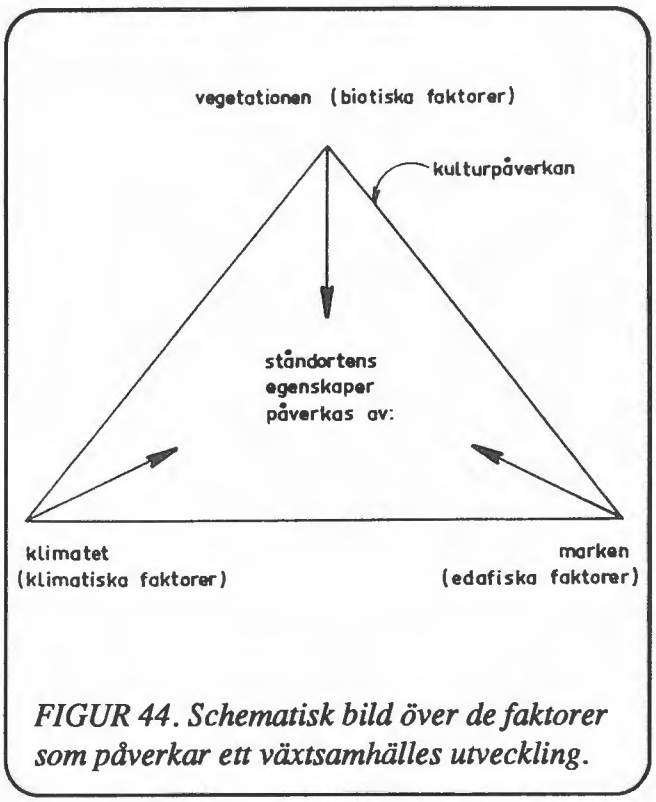
Vegetationstyper

Vegetationen kan indelas efter vegetationstyper i träd, busk-, fält-och bottenskikt enligt PÅHLSSON, (1972), FIGUR 43.



FIGUR 43. Vegetationens indelning i skikt (Påhlsson, 1972).

Vegetationen påverkas av ett antal faktorer, varav jordart, fuktighet, klimat och omgivande vegetation är de s k ståndortsfaktorerna, FIGUR 44.



FIGUR 44. Schematisk bild över de faktorer som påverkar ett växtsamhälles utveckling.

Klimat (Klimatiska faktorer)

- Geografiskt läge
- Latitud
- Höjd över havet **påverkar**
- Marklutning
- Expositionsriktning
- Nederbörd
- Ljus- och vindförhållanden
- Växtperiodens längd
- Relativ luftfuktighet
- Snötäckningning m m
- Tjäle m m

Människan påverkar klimatfaktorerna genom t ex bevattning, dränering och vindskydd.

Marken (Edafiska faktorer)

- Kornfördelning
- Mineral
- Porvolym
- Permeabilitet
- Jordmånsstruktur
- Grundvattennivå
- m m

Människan påverkar jordens struktur och näringshalt genom mekanisk bearbetning och gödsling.

Vegetation (Biotiska faktorer)

- Konkurrens mellan växter om ljus, rum och näring genom t ex beskuggning, kvarhållande av nederbörd i trädkronor och växttäcke samt rotavsöndring
- Förnamaterial
- Humifiering

Människan påverkar dessa faktorer genom odling, bete, slåtter, avverkning, brand, växtbekämpning och växtskydd

På platser med samma ståndortsfaktorer finns förutsättningar att i princip likartad vegetation skall utvecklas.

Sverige kan delas upp i naturliga skogs- eller vegetationsregioner, där olika skogstyper har karaktäristisk utbredning. Gränserna mellan de olika regionerna är i verkligheten diffus. Flera växter förekommer inom två eller alla tre regionerna. Här ges en kortfattad beskrivning av de olika regionerna, citerat från HELLMAN-LUTTI (1972).

*"**Södra lövskogsregionen** domineras av bokskog och ekblandskog. Gran-och tallskog förekommer sporadiskt och är ofta planterad.*

Bokskog växer huvudsakligen i kuperad terräng på morän, lokalt även på sand och grus, men skulle om den fick växa fritt täcka större delen av den bördiga arealen. På de mest näringsrika och fuktiga jordarna konkurreras boken ut av alm- och askskogar.

Klibbalskog växer på näringsrika, fuktiga och våta marker. I vår tid är alskogens utredningsområde ofta inskränkt till smala bälten utmed stränder på grund av att den försvunnit från andra lämpliga marker genom bete, dränering eller uppodling. På näringsfattiga, sandiga, siltiga jordar förekommer björk, ek, bok och tall. Bokskog kräver emellertid en viss halt av silt och ler (10-14%) för att konkurrera med ekskogen. Boken växer därför inte på berg med liten tillgång på lösa jordarter. För eken är 6-8% silt- och lerhalt optimalt och vid ökande finjordshalt minskar dess förekomst (Køie 1951).

*Gränsen mellan södra lövskogsregionen och **södra barrskogsregionen** sammanfaller i stort sett med granens syd- och sydvästgräns. Gränsen i norr mot norra barrskogsregionen utgör ekens nordgräns. I stort sett kan denna region betraktas som en övergångszon mellan lövskogsområdet i söder och barrskogsområdet i norr.*

Området domineras av barrskog, men samtidigt förekommer praktiskt taget alla lövträd som förekommer i den södra lövskogsregionen. Dessa trädslag bildar mer sällan skog på grund av kulturinflytande (odling) och konkurrens från granen. På mycket näringsrik jord kan emellertid ask och alm konkurrera ut granen. Lind förekommer i blockig terräng, där dess vegetativa skott är skyddade från betande djur. Betydligt vanligare än de ädla lövträden är björk och asp, men i regel utgör de endast en tillfällig skog, som så småningom kommer att konkurreras ut av barrskog.

I barrskog kan gran och tall förekomma i blandning men ofta dominerar endera på grund av deras olika ståndortskrav. Tall dominerar på den torraste och mest näringsfattiga marken, t ex på berg, grovsediment (sand och grus) och på morän med låg halt av finjord. Gran växer på silt, lera och morän med relativt hög finjordshalt. Alskog upptar fuktiga och våta, relativt näringsrika marker, ofta utmed sjö- och havsstränder.

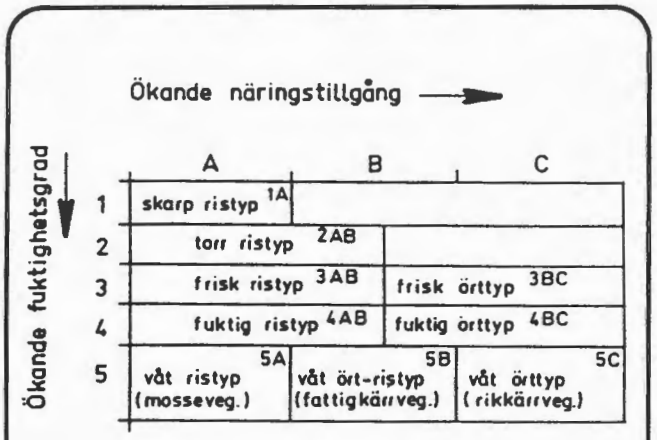
Norra barrskogsregionen saknar ekskog och de övriga ädla lövträdens förekomst är obetydlig. Tall och gran är de mest dominerande skogsträden. Av Granlund och Wennerholms undersökning av moräntyper och skogstyper i Västerbottens lappmarker (1935) framkommer att granen har ett visst krav på lerhalt. Jordprover från moränområden med granskog hade i medeltal 9,8% ler medan motsvarande prover från tallskog hade 3,8%.

I de sydligare delarna av landet är masurbjörken, Betula verrucosa, den vanligaste björkarten, i norra Sverige är däremot glasbjörken, Betula pubescens, vanligare men de båda björkarterna förekommer ofta tillsammans.

Längs kuster och floder ersätts klibbalen, Alnus glutinosa, norrut och inåt landet av gråal, Alnus incana. Gråal förekommer på silt till skillnad från klibbal, som återfinns på mer lerhaltig mark."

Vegetationsindelning vid geobildtolkning

De svenska skogstyperna kan indelas efter näringstillgång och fuktighetsgrad i olika ris- och örttyper. För flygbildstolkning av jordarter har HELLMAN-LUTTI (1974) tillämpat en förenklad vegetationsindelning, FIGUR 45, som bygger på ett schema enligt



FIGUR 45. Tillämpad vegetationsindelning vid karteringarna i Ladvik och Länna (Hellman-Lutti, 1972).

ARNBORG (1964) och är i princip lika med ett schema enligt PÅHLSSON (1972). Det bör observeras, att indelningen anpassats till försöksområden i Södermanlands och Stockholms län och den är sålunda inte fullständig eller generellt tillämpbar.

Endast de vegetationstyper som förekommer inom de karterade områdena har medtagits. Växtsamhällen, som tillhör stäppserien och de rika örttyperna, har därför uteslutits. Fuktighetsgraden är indelad i en femgradig skala (1-5) och näringstillgången i en tregradig skala (A-C) med utgångspunkt från myrserien.

En kort beskrivning av de viktigaste egenskaperna hos de i det använda schemat ingående vegetationstyperna lämnas nedan:

Ristyperna (1 A och 2-4 AB) tillhör *hedserien*, vars växtsamhällen förekommer på näringsfattig och ofta torr mark. I fältskiktet förekommer ris, smalbladiga, hårda gräs och enstaka lågvuxna örter. Bottenskiktet består av lavar och mossor.

Örttyperna (3-4 BC) tillhör *ängsserien* och dess växtsamhällen förekommer på fuktigare och mer näringsrik mark. Humustäcket är ofta utbildat som mull. Till skillnad från hedserien saknas i regel ris och lavar i ängsseriens växtsamhällen. Bredbladiga och saftiga örter och gräs är vanliga.

Vegetationen på *våta marker* (5 A-C) bildar en väl avgränsad grupp - *myrserien*. Till myrväxterna hör många ris och örter, gräs och halvgräs. Underlaget är i regel torv. Beroende på bl a näringstillgång och myrvattnets pH kan myrserien indelas i ett

flertal olika växtsamhällen. I Hellman-Luthis undersökning har tre olika våta vegetationstyper medtagits: mosse-, fattigkärr- och rikkärrvegetation.

Vegetationstypernas utseende i flygbild

De olika vegetationstypernas utseende i flygbild beskrivs i det följande med hjälp av mönster- och färgnyanstermer. Beskrivningen baseras på analys av flygbilder i färg i Strängnäs och Waxholm, HELLMAN - LUTTI (1974).

1 A Skarp ristyp

Lavskog förekommer inom större delen av det område där berget går i dagen. Trädskiktet är i regel glest och ger möjlighet att studera markytan, fältskikt och bottenskikt, direkt. Lavvegetationen har stark reflektion och återges i flygbilder i en mycket ljus färgton. Ljung och andra ris får i flygbilden en något mörkare nyans med gråaktig ton. Totalintrycket i flygbilden blir därför: strödda mörka fläckar av enstaka eller mindre grupper av träd mot en mycket ljus bottenfärg.

2 AB Torr ristyp

Inom de bergområden som täcks av ett tunt lager friktionsjord (<0,5 m) är trädskiktet i regel tätare och högre. En viss insyn är dock möjlig. Markvegetationen återges i en ljus färgton som den ovan beskrivna.

Tallskogen har brun-grå-grön ton. Till skillnad från den ovan beskrivna skarpa ristypen blir mönstret det rakt motsatta: större eller mindre ljusa fläckar mot ett övervägande grågrönt mönster av trädkronor.

3 AB Frisk ristyp

I svackor i den höglänta bergterrängen och på sluttningarna förekommer den friska ristypen, vilken karaktäriseras av mossor och blåbärsris. I trädskiktet dominerar gran, som ofta bildar täta, höga bestånd. De höga träden har större skuggverkan och därför blir dessa partier ofta mörka och blågröna.

4 AB Fuktig ristyp

De partier av sluttningarna, som har ett genomsläppligt ytlager, genom vilket vatten sipprar, har en rikare vegetation av örter och ormbunkar. Den nedersta delen av sluttningen med ännu rikligare vattengenomströmning och relativt hög grundvattennivå karaktäriseras framför allt av skogsfräken. Dessa partier är i regel mycket fuktiga men har inget eller endast ett obetydligt torvlager. På grund av det relativt rika inslaget av lövträd kan dessa partier i flygbilden särskiljas från föregående typ. Lövträden har en friskare och ljusare grön färg än barrträden.

4 BC Fuktig örttyp

De relativt fuktiga och näringsrika partierna med högvuxna örter, främst älgört, starr och gräs, har en intensiv grön ton i färgbilderna.

5 A Våt ristyp (mossevegetation)

Bottenvegetationen på mossepartierna får brunaktig ton i flygbilden på grund av vitmossan och risvegetationen. Trädvegetationen är relativt gles och består av tall, som har en grågrön ton.

5 B Våt örtristyp (fattigkärrvegetation)

Inom Ladvik finns endast ett mycket litet parti som kan benämnas fattigkärr. Det är ett öppet parti med i huvudsak starrvegetation, endast enstaka lågvuxna tallar förekommer. Lövträd och buskar saknas.

5 C Våt örttyp (rikkärrvegetation)

Rikkärret har delvis mycket tätt träd- och buskskikt av framför allt lövträd, som får en frisk grön färg i flygbilden. Bottenvegetationen är ungefär densamma som i fuktig örttyp och eventuella gläntor får motsvarande intensiva gröna ton som ovan beskrivits.

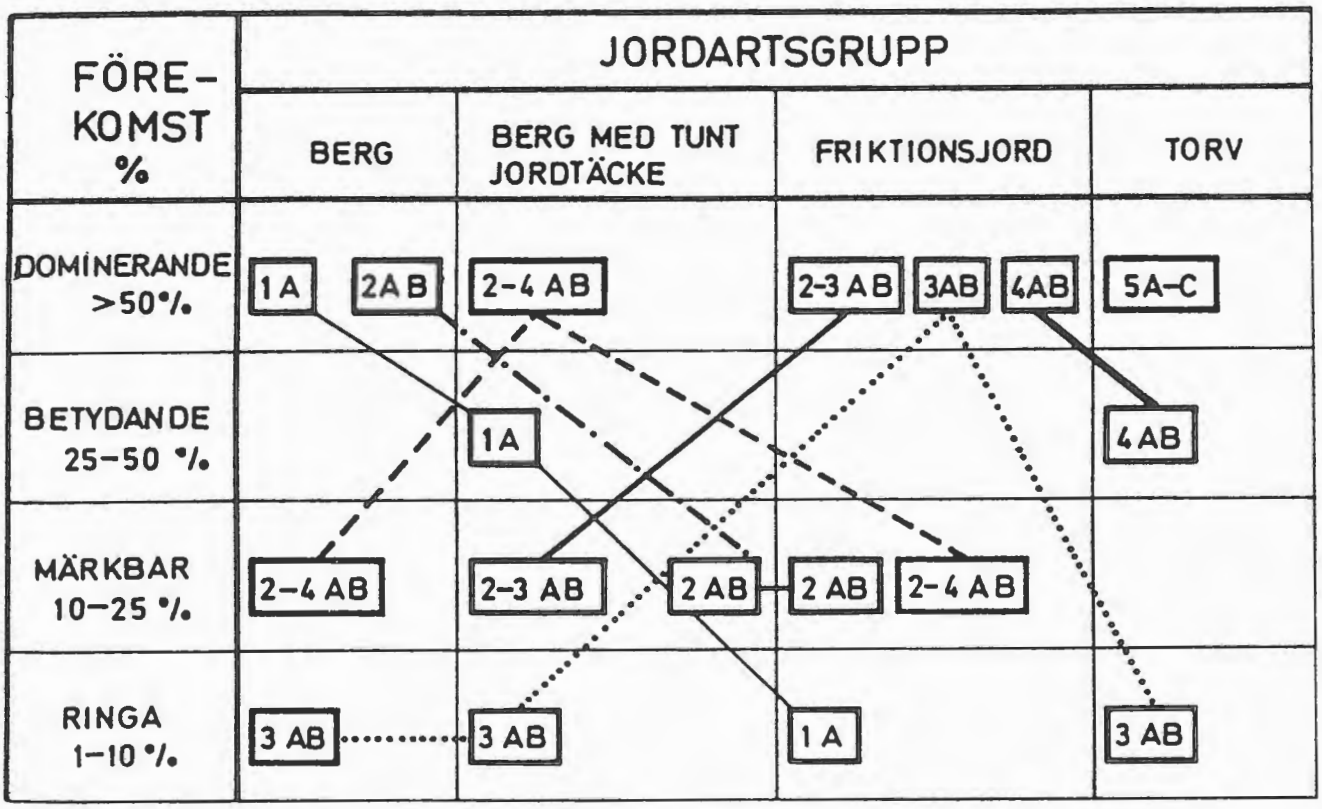
Samband mellan vegetationstyper och jordarter

Jämförelser mellan vegetations- och jordartskarteringarna har utförts utmed fyra fältkontrollerade linjer.

Med utgångspunkt från mätningar i dessa profiler har i TABELL 20 gjorts en sammanställning av vilka jordarter de olika vegetationstyperna motsvaras av.

Friktionsjord har den bredaste vegetationsfördelningen. Sex av de nio vegetationstyperna före-

TABELL 20. Vegetationstypernas beroende av jordartsgrupp inom Ladviksområdet (Från HELLMAN-LUTTI, 1974).



kommer på friktionsjord. Mest dominerande är typ 3 AB.

Torv har den mest profilerade vegetationsfördelningen. Typ 5 A-C indikerar organisk jord. På organisk jord förekommer även typ 4 AB och 3 AB, dock i försumbar utsträckning.

På grundval av resultaten från Ladvik har ett schema uppställts, där vegetationstypens förekomst inom respektive jordartsgrupp indelats i fyra klasser: DOMINERANDE (>50%), BETYDANDE (25-50%), MÄRKBAR (10-25%) och RINGA (1-10%), se TABELL 20.

Vegetationstyperna har sammanbundits så att man kan se hur varje vegetationstyps förekomst varierar med jordartsförhållandena. Av schemat framgår klart att vegetationstypen varierar med jordartsförhållandena. I vilken utsträckning denna variation är stabil och kan användas som jordartsindikator kan inte bedömas enbart med hjälp av detta försök. Härtill erfordras upprepade liknande försök i likartad terräng och under liknande klimatiska betingelser. För att utröna regionala skillnader i sambandet mellan vegetation och jordart måste även terräng- och klimatförhållanden varieras. Av schemat kan dock några slutsatser för Ladviksområdet dras:

- Vegetationstyperna 1 A och 2 AB följs åt och deras förekomst är dominerande på berg. Deras betydelse sjunker successivt med tilltagande jordtäcke och ökande fuktighet.

TABELL 21. Jämförelse mellan jordartsgränser och vegetationsgränser inom Ladviksområdet. (Från HELLMAN-LUTTI, 1974.)

Jordartsgräns	Vegetationsgränser	Antal gränser	Procent	Kvot
B/Fr	1A/2AB	1	5,5	
	1A/3AB	5	28,5	
	1A/4AB	2	11,0	
	1A/2-3AB	1	5,5	
	1A/2-4AB	1	5,5	
	2-4AB/3AB	1	5,5	
	3AB/4AB	1	5,5	
	Saknas	6	33,5	
	Summa	18	100	12/18 =67%
Bt/Fr	1A/3AB	3	60	
	2-3AB/3AB	1	20	
	Saknas	1	20	
	Summa	5	100	4/5 =80%
B/Bt	1A/2-3AB	1	9	
	1A/2-4AB	1	9	
	Saknas	9	82	
	Summa	11	100	2/11 =18%
Fr/T	3AB/4AB	3	30	
	3AB/5C	1	10	
	4AB/5C	2	20	
	1A/3AB	2	20	
	1A/5A-B	2	20	
	Summa	10	100	10/10 =100%

Anm. med kvot avses kvoten mellan antalet vegetationsgränser och antalet jordartsgränser i varje grupp.

• Typ 2-4 AB har stor förekomst på berg/berg med tunt jordtäcke, men ringa eller ingen på övriga grupper.

• Typ 2-3 AB och 3 AB dominerar på friktionssjord och har i övrigt ringa förekomst.

• Typ 4 AB konkurrerar starkt med 2-3 AB och 3 AB på friktionsjord och är relativt betydande på torv.

• Typ 5 A-C är entydiga indikatorer på torv och förekommer inte på andra jordarter.

Jordartsförhållanden som kan tolkas med hjälp av vegetation, där vegetationen är entydigt avgörande eller utgör en stark indikator:

- Organisk jord (mossar, kärr, försumpningar)
- Sand- och grussediment
- Berg i dagen

Samband mellan vegetations- och jordartsgränser

I TABELL 21 har gjorts en sammanställning av vilka vegetationsgränser varje jordartsgräns motsvaras av.

Som framgår av tabellen är alla gränser mellan *friktionsjord* och torv (Fr/T) markerade av gränser mellan vegetationstyper. Vegetationsgränserna utgörs av fem olika typer med jämn fördelning. Man kan dock med hög grad av visshet påstå att Fr/T-gränsen kan bestämmas med hjälp av aktuella vegetationsgränser.

Gränsen mellan *berg med tunt jordtäcke* och *friktionsjord* (Bt/Fr) motsvaras till 80% av vegetationstypsgränser. Dessa är endast av två typer. Det ringa antalet Bt/Fr- gränser (5 st) medför emellertid att resultatet är relativt osäkert och att några säkra slutsatser inte kan dras.

Gränsen mellan *berg* och *friktionsjord* (B/Fr) är mest frekvent (18 st) och motsvaras till 67% av vegetationstypgränser. Dessa är spridda på sju olika typer. Den oftast förekommande vegetationstypgränsen är 1 A/3 AB (28%), medan övriga är jämnt fördelade. Det bör sålunda i de flesta fall vara möjligt att identifiera B/Fr-gränsen, med hänsyn till skillnader i vegetationstyperna.

Gränsen mellan *berg* och *berg med tunt jordtäcke* (B/Bt) är i de flesta fall ej markerad genom vegetationstypgräns. Endast 18% av B/Bt-gränserna inom Ladviksområdet motsvaras av vegetationstypgränser. Antalet gränser är dock relativt ringa (11 st). Man bör dock reservera sig något för dessa resultat, eftersom B/Bt-gränsen i de flesta fall är svårbestämbar och därför kan de markerade jordartsgränserna i en del fall avvika från de verkliga.

Dränering

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Till naturlig dränering räknas alla naturliga vattendrag, från de minsta bäckar till de största älvarna samt raviner och ravinsystem.

Alla nutida och forna vattenfåror har ytformer i och med att vattnet skurit sig ned i underlaget. De minsta vattendragens fåror kan emellertid vara grunda och fördjupningen svår att se i flygbilder. Det krävs därför relativt storskaliga flygbilder för att de minsta vattendragens ytformer skall framträda i stereomodeller.

Den naturliga dräneringen bildar olika mönster i olika geologiska bildningar. I homogena, relativt lätteroderade material där dräneringssystemet får utvecklas fritt bildas vanligen trädgrensliknande dräneringsmönster, t ex ravinsystem i siltsediment. Meandrande vattendrag uppträder i sand- och siltsediment.

I material med stora skillnader i eroderbarhet blir dräneringssystemet styrt av materialets erosionsbenägenhet. I bergterräng är dräneringssystemet styrt av spricksystemet.

Dräneringsmönstren är ofta så stora att de ofta inte framträder i en enda stereomodell. Den topografiska kartan måste därför vanligen användas för analys av dräneringsmönster. De naturliga dräneringsmönstren ger för svensk terräng sällan information utöver vad som är allmänt känt, t ex från jordartskartor. I områden med småskaliga eller mycket gamla geologiska kartor kan dräneringsmönster ge väsentliga bidrag om terrängens allmänna geologiska karaktär. Följande information av allmän karaktär kan fås med hjälp av dräneringsmönstrets utseende.

DRÄNERINGSMÖNSTRETS UTSEENDE	TYP AV INFORMATION
Strukturbetingat med räta linjer, tvära knyckar	Berggrundsdominerad terräng
I princip trädgrensliknande	Jordtäckt terräng med likartad eroderbarhet
Trädgrensliknande med "fingrar"	Lätteroderade sediment, vanligen silt, men även sand och lera

Information kan även fås av den enskilda dräneringslinjens utseende i plan enligt nedan:

DRÄNERINGSLINJENS FORM	TYP AV INFORMATION
Oregelbunden, knyckig	Morän, torv, berg eller berg med tunt jordtäcke
Raka eller svagt vindlande	Sediment av olika slag grus, sand, silt, lera
Harmoniskt vindlande, "sinuskurvor"	Lätteroderade sediment vanligen sand, men även silt

FÖRSUMPNINGSGRAD

(Mönsterbildande)

Frekvensen av torvmossar eller försumpningar, s k försumpningsgrad, ger upplysning om underliggande materials täthet i lägen där underliggande lagers permeabilitet är en avgörande förutsättning för torvbildningen. Där torvbildning och försumpning beror på hög grundvattennivå förorsakad av dämmande trösklar eller riklig vattentillförsel är försumpningsgraden ej användbar som jordartsindikator.

Avsaknad av eller få torvbildningar, ringa försumpningsgrad, i plan terräng är ofta en indikation på permeabel jord som sand- och grussediment. Hög försumpningsgrad i plan eller svagt sluttande terräng tyder ofta på relativt finkornig jord.

EROSION, RAS, JORDFLYTNING OCH SKRED

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

En utförlig redogörelse för tolkning av erosion, ras, jordflytning och skred ges i avsnitt 4.10.

Strömmande vattens eroderande förmåga i olika jordarter beror främst på

- jordart
- bottengradienten
- vattenflödets storlek och hastighet
- förekomst av vegetation

Jords erosionsmotstånd beror i första hand på kornfördelningen. Silt och mellansand är de mest erosionskänsliga kornfraktionerna. I siltsediment utbildas lätt ravinsystem. Sands eroderbarhet visar sig genom meandrande vattendrag som successivt flyttar sanden.

Lera är trots sin stora sammanhållningsförmåga utsatt för viss erosion genom att sprickor bildas i ytan vid såväl upptorkning som tjälning. Erosionen sker genom att små lerkakor faller ut vid vattnets bearbetning. Vid tjällossning kan ytliga lager i en lerslänt lossna.

I grovsand- och grussediment liksom morän är nuvarande erosion vanligen obetydlig. Stora ravinер har emellertid på sina håll eroderats ut i dessa jordarter liksom i övriga jordarter i samband med landisens avsmältning, då stora smältvattenströmmar och plötsliga tappningar av issjöar förekom och i samband med torrläggningen av landet genom landhöjningen. Sådana erosionsdalar är kraftigt överdimensionerade för nuvarande flöden och brukar benämnas torrdalar.

Av mänsklig aktivitet betingade indikatorer

ODLING

(Mönsterbildande)

Åkerbruk förekommer främst på jord som är sten- och blockfattig och ej alltför grovkornig. Den övre kornstorleksgränsen för odlingar utgörs normalt av mellansand. De allra flesta åkrar ligger på ler- och siltsediment. Odling på sandsediment har lokalt stor

TABELL 22. Typiska egenskaper för jordbruksmark på olika jordarter.

JORD	ÅKRARNAS GEOMETRI	STORLEK	DIKNING	STENGÄRDESGÅRDAR, RÖSEN
Lersediment	Rektangulära	Stora	Täckdikning	Saknas Endast impediment
Siltsediment	-"-	-"-	Ibland täck-dikning	-"-
Sandsediment	Vanligen rektangulära	Vanligen stora	Saknas normalt. Endast vid hög grundvattenyta	Saknas
Morän	Oregelbundna	Vanligen små	Ibland täckdikning Saknas vanligen	Förekommer mycket ofta
Lermorän	Vanligen rektangulära	Vanligen stora	Ibland täck-dikning	Förekommer relativt ofta
Torv	Rektangulära	Både stora och små	Öppen	Saknas

urbredning, t ex i vissa större dalgångar utmed vissa kuststräckor. I viss mån förekommer odling även på moränmark och torvmark. Några typiska drag för olika åkerjordar av intresse vid flygbildstolkning sammanfattas i TABELL 22.

DIKNING

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Den *mänskligt betingade dräneringen, dikning,* utförs för att bli av med överskottsvatten på åkrar eller i skogsmark. KIHLBLOM (1971) har utförligt redogjort för förutsättningen för dikning i åker- och skogsmark.

Åkerdikning utförs numera vanligen som täckdikning i framför allt lerjordar men i viss mån även i siltjordar. Täckdikning medger rationell drift.

Vattensjuk skogsmark som kärr och försumpad skogsmark dikas för att förbättra växtbetingelserna för skogsproduktion.

Dikningen är vanligen en indikation på tät, finkornig jordart. Men även permeabel jord, som sand, kan behöva dikas om grundvattennivån är hög. Detta är viktigt att komma ihåg.

TÄKTER

Exempel på olika typer av täkter och deras särdrag visas i TABELL 23.

Alla typer av täkter är normalt lättidentifierade genom de onaturliga fördjupningar som bildats i terrängen. Genom täkternas tredimensionella utbredning underlättas identifieringen avsevärt genom stereoverkan.

Små igenvuxna grustäkter och igenvuxna lertäkter kan vara svåra att identifiera. På äldre kartor är nedlagda tegelbruk utsatta vilket underlättar identifieringen. För att kunna identifiera små grus- och moräntäkter krävs mycket noggrann tolkning, med hög förstoringsgrad. Tolkningsmöjligheterna är i dessa fall starkt beroende av flygbildsskalan och inblickbarhet.

TABELL 23. Exempel på olika typer av täkter och deras karaktäristiska egenskaper.

TYP	ÄNDAMÅL	UTSEENDE
Bergtäkter	Grustillverkning Naturstensindustri	Vertikala slänter Relativt djupa Materialhögar
Kalkbrott	Kalkbrytning	Vertikala slänter Raka begränsningslinjer Pallar
Daggruvor	Mineralutvinning	Varierar, vanligen djupa med stor utbredning
Grustäkter	Grusutvinning	Ca 30° släntlutning. Delvis vertikala slänter Materialhögar
Lertäkter	Råmaterial för tegel, lättklinker, porslinstillverkning	Stor utbredning Relativt grunda Lutande, raka begränsningsslänter Ofta vattenfyllda
Torvtäkter	Torvströ, energi	Stor utbredning Relativt grunda Långsträckta raka begränsningslinjer
Moräntäkter	Material till mindre vägar	Små Vanligen grunda Blockhögar

Bebyggelse, vägar

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Lokalisering av äldre bebyggelse och vägar skedde med hänsyn till faktorer som odlingsbar mark, markjämnhet, fuktighet och grävbarhet. Gårdsbebyggelse och framför allt kyrkor är i de allra flesta fall förlagda till fastmark - berg, morän, sand och grus. Gamla vägar följer ofta isälsavlagringar. Såväl äldre som nuvarande begravningsplatser är ofta förlagda till lättgrävd sandmark på flacka delar av åsar eller på deltan.

Stenrösen och stengärdesgårdar

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Åkrar på moränmark har rensats på sten och block som lagts upp i rösen ute på åkrarna eller som stengärdesgårdar i åkergränserna. Stenrösen och stengärdesgårdar är en mycket stark indikator på morän. Vissa undantag finns: Block och sten kan även förekomma på isälvsavlagringar och i sällsynta fall även i lermark.

Där stengärdesgårdar slutar inom uppodlad mark slutar i de flesta fall även moränmarken.

Stenrösens antal och storlek, och bredden på stengärdesgården återspeglar jordens blockhalt. Stenrösen utgör impediment inom uppodlad mark och är ofta bevuxna med buskar eller träd. Helt säker tolkning av stenrösen kan sällan göras eftersom de enskilda stenarna och blocken normalt är för små för att kunna ses på flygbild. Dessutom är de vanligen dolda av vegetation.

Impediment inom plan eller svagt lutande åkermark utgörs dock vanligen av stenrösen. I mer lutande mark ökar sannolikheten att impedimentytor även kan bestå av berg, morän eller källsprång.

Stengärdesgårdar tolkas främst genom skuggverkan. Även här gäller att vegetationen och stengärdesgårdarnas vanligen ringa bredd och höjd försvårar tolkningen.

FYLLNINGAR OCH TIPPAR

(Vertikalforms- och mönsterbildande)

Det finns många typer av fyllningar och tippar. Det är därför svårt att ge generella råd som täcker alla typer. Här redovisas några allmänna principer för tolkning.

Fyllningar och tippar är lättidentifierade när aktivitet pågår eller nyligen har avslutats. Äldre fyllningar och tippar kan vara svåridentifierade på grund av igenväxning eller annan döljande markanvändning.

Fyllningar och tippar som höjer sig över naturlig mark och som har markerade fyllningsslänter eller tippfronter är normalt lättidentifierade genom sina onaturliga ytformer.

Fyllningar och tippar som fyller ut gamla täkter eller naturliga sänkor kan vara svåra eller omöjliga att identifiera om inga fyllningsslänter och tippfronter syns. Jämförelse mellan äldre och yngre flygbilder kan många gånger avslöja var fyllning och tippning ägt rum.

Några vanliga indikatorer vid tolkning av fyllning och tippar visas i TABELL 24.

Tabell 24. Indikatorer vid utfylld mark och tippar.

INDIKATOR	BESKRIVNING
Ytform	Plan med branta, ojämna slänter Kulle eller kullar (tippar)
Ytstruktur	Relativt jämn, ofta med körspår radiellt ut mot fyllnings- och tippfronten Outbredda tippade lass ger ojämn markyta i form av små högar.
Gråton	Vanligen något ojämn - orolig - gråton. Även jämna ljusa grånoter är relativt vanliga. Gråtonsmönstret ger ofta ett onaturligt intryck.
Markanvändning	Byggnader ligger många gånger på uppfylld mark. Tippar är vanligen bevuxna med träd- och buskvegetation.

BILAGA 2

Jordartsindelningssystem

Befintliga system

Jordarter kan indelas efter flera grunder. Här behandlas enbart indelning av mineraljord efter kornstorlek. Vid denna indelning används begreppet fraktioner, varmed avses jordmaterial inom givna kornstorleksintervall.

I Sverige förekommer två system för klassificering av jordarter efter kornstorlek, dvs fraktionsindelning. Dels enligt Jordartskommittén, 1953, och dels enligt Svenska geotekniska föreningen (SGF), Laboratoriekommittén, 1981. De olika systemen visas i TABELL 25. Det förstnämnda systemet används främst av Sveriges geologiska undersökning, SGU, vid den allmänna geologiska kartläggningen. Det senare systemet används i byggbranschen och angränsande verksamhetsområden. Det kom till allmän användning i och med att det infördes i Mark AMA 1983.

Vid geobildtolkning tillämpas fraktionsindelning enligt 1981 års system. Förekomsten av två olika jordartssystem vållar vissa komplikationer, och det är viktigt att hålla skillnaderna mellan systemen i minnet. De geologiska kartorna som alltid används vid geobildtolkning bygger sålunda på 1953 års indelning, medan geobildtolkningsresultaten redovisas i 1981 års system.

I praktiken är skillnaderna mellan de två systemen normalt relativt lätta att överbrygga, eftersom jordartsindelningen vid geobildtolkning är grov och flera fraktionsgrupper slås samman, se avsnitt 3.3.

De viktigaste skillnaderna mellan systemen från geobildtolkningssynpunkt är att i 1981 års system har blockgränsen höjts från 200 mm till 600 mm samt siltfraktionen införts och därmed har undre sandfraktionsgränsen sänkts från 0,2 mm till 0,06 mm.

Blockgränsen

Den högre fraktionsgränsen för block enligt 1981 års system, ø 600 mm, kan ses som en fördel för flygbildstolkning eftersom möjligheten att tolka block är starkt beroende på blockstorlek.

Vid användning av de moderna geologiska kartorna, SGU Serie Ae, är det viktigt att komma ihåg att undre fraktionsgränsen för block enligt 1953 års system, ø 200 mm, motsvarar undre gränsen för grovsten enligt 1981 års system.

De geotekniskt besvärligaste områdena ur blocksynpunkt är de storblockiga och rikblockiga markerna. Sådana områden redovisas på Serie Ae-kartorna, varvid storblockiga ytor har minst ca 5 block med en diameter större än 1 m per 100 m^2 och rikblockiga ytor har minst 35 á 40 block med en diameter större än 0,5 m per 100 m^2 (Sveriges geologiska undersökning, 1983).

De stor- och rikblockiga områdena kan sålunda ur praktisk synvinkel transformeras till 1981 års system. Skillnaden mellan blockdiametern 0,5 m, som gäller för rikblockiga ytor, och diametern 0,6 m enligt 1981 års system betraktas som försumbar ur praktisk synvinkel.

Silt- och sandfraktionsgränserna

På Serie Ae-kartorna särredovisas normalt grovmo och finmo samt mjäla, vilket möjliggör direkt transformering till 1981 års system. Grovmo motsvarar finsand i 1981 års system och finmo-mjäla motsvarar silt.

På äldre kartor Serie Aa, Ab och Ac redovisas

jordarterna sand och mo, vilket medför att direktöversättning till 1981 års system inte är möjlig.

Karteringsdjup

Det är pricipiellt viktigt att komma ihåg, att de geologiska kartorna redovisar jordarterna på ca 0,5 m djup. Vid geobildtolkning eftersträvas att de från geoteknisk synvinkel mest betydande lagren redovisas. Detta innebär att en annan jordart kan redovisas vid geobildtolkning än vad som redovisas på geologiska kartan. Exempelvis ska lera redovisas vid geobildtolkning där tunna sandlager, säg ca 1 m mäktiga, täcker djupa lerlager. Ett annat viktigt exempel är att berg redovisas där moränlager bedöms vara mindre än 1 m.

TABELL 25. Jämförelse mellan de två gällande jordartsindelningssystemen i Sverige.

JORDARTS-KOMMITTÉN, 1953		EKVIVALENT KORNDIAMETER mm	SGFs LABORATORIE-KOMMITTÉ, 1981	
BLOCK		> 2000	Grov	BLOCK
		600 - 2000		
		200 - 600	Grov	STEN
STEN		60 - 200	Mellan	
		20 - 60	Grov	
	Grov	6 - 20	Mellan	GRUS
GRUS	Fin	2 - 6	Fin	
	Grov	0,6 - 2	Grov	
SAND	Mellan	0,2 - 0,6	Mellan	SAND
	Grov	0,06 - 0,02	Fin	
MO	Fin	0,02 - 0,06	Grov	
	Grov	0,006 - 0,02	Mellan	SILT
MJÄLA	Fin	0,002 - 0,006	Fin	
		0,0006 - 0,002		LER
LER		< 0,0006	Fin	

BILAGA 3

Geologiska faktorer

Allmänt

Geobildtolkning bygger i hög grad på kunskaper om kvartärgeologiska bildningsprocesser, hur olika kvartärgeologiska bildningar är uppbyggda och hur de förekommer i terrängen. Goda geologiska kunskaper hos tolkaren är en förutsättning för effektiv flygbildstolkning.

I denna bilaga beskrivs några viktiga geologiska faktorer och deras betydelse för flygbildstolkningen.

Berggrund

Berggrundens egenskaper som morfologi, bergart och sprickor har betydelse för jordlagren på olika sätt. Inom urbergsområden präglar normalt berggrundens morfologi landskapets topografi i stort med undantag för platser där mäktiga jordlager döljer berggrundens morfologi. Berggrunden förekommer oftast i dagen eller på måttligt djup i de flesta större höjder.

Inom områden med sedimentär berggrund uppstår normalt slättlandskap på grund av berggrundens horisontella lagring.

Bergarten påverkar framför allt moränens sammansättning. Bergarten, materialets transportsträcka i landisen, topografi och moränens bildningssätt är avgörande faktorer för moränens sammansättning.

Sprickfrekvensen och spricktyp i berg påverkar framför allt berggrundens morfologi. Svaghetszoner, som krosszoner, är lätteroderade och dalgångar har ofta bildats i sådana zoner. Större dragsprickor bildar också dalgångar.

Bergart och sprickfrekvens har tillsammans stor inverkan på moränens blockhalt och blockens storlek.

Isrörelseriktning

Landisens rörelseriktning har betydelse för flera geologiska egenskaper. På stötsidan är berggrunden jämnt avrundad genom isens slipning, medan läsidan ofta är mycket ojämn genom isens uppbrytning av berget.

Morän på stötsidan är i princip hårt packad och ofta finkornig med relativt jämn markyta, medan betydligt luckrare och relativt grovkornig morän med ojämn ytform förekommer på läsidan. Moränmäktigheten är normalt mindre på stötsidan än på läsidan.

Riktningen hos en rad olika geologiska bildningar är bestämda av landisens rörelseriktning vid bildningens avlagring. I princip parallella med isrörelseriktningen är t ex rullstensåsar, drumlins och radialmoräner. I princip vinkelräta mot isrörelseriktningen - eller hellre parallella med isfronten - är t ex randmoräner och de Geermoräner samt tvåråsar.

Högsta kustlinjen (HK) och issjöar

En mycket viktig gräns från såväl geologisk som geoteknisk synpunkt är högsta kustlinjen, (HK). Eftersom HK markerar gränsen för högsta havs- eller sjöyta efter landisens avsmältning markerar den också gräns för följande förhållanden:

Under HK	Över HK
Svallade jordar förekommer allmänt. Kraftig svallning förekommer inom isälvsavlagringar samt moränsluttningar i exponerade lägen. Jordlagerföljd påverkad av svallning.	Svallade jordar kommer förekommer endast inom issjöområden.
Lera förekommer allmänt.	Lera förekommer endast inom issjöområden. I övrigt saknas lera i princip.

Strandförskjutningskurvor

Vissa delar av kustområdena har varit utsatt för upprepade översvämningar (transgressioner) och torrläggningar (regressioner), vilket påverkat jordlagerföljden i hög grad. Bl a är det vanligt inom sådana områden att ett eller flera lager med organisk jord förekommer i jordlagerföljden. Lagerföljden kan på sina håll bli mycket växlande.

SGI Information

1. **Jords egenskaper** (48 sid) 1982/1986/1990
   Rolf Larsson

2. **Geotekniska undersökningar i fält** (72 sid) 1984
   Ulf Bergdahl

3. **Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord** (28 sid) 1985
   Rolf Larsson, Ulf Bergdahl & Leif Eriksson

3. **Evaluation of shear strength in cohesive soils with special reference to Swedish practice and experience** (32 sid) 1985
   Rolf Larsson, Ulf Bergdahl & Leif Eriksson

4. **Geotekniska utredningar för stabilitetsanalyser - allmänna råd för omfattning och kvalitet** (20 sid) 1988
   Per Ahlberg, Ulf Bergdahl, Bo Berggren, Lars Johansson & Jan Schälin

5. **Nyare in-situmetoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord** (64 sid) 1988
   Rolf Larsson & Göran Sällfors

6. **Torv - geotekniska egenskaper och byggmetoder** (34 sid) 1988
   Peter Carlsten

7. **Report on the ISSMFE technical committee on penetration testing of soils - TC16 with reference test procedures CPT - SPT - DP - WST** 1989
   (50 sid, på engelska och franska)

8. **Hållfasthet i friktionsjord** (50 sid) 1989
   Rolf Larsson

9. **Olje- och kemikalieutsläpp i jord** (40 sid) 1989
   Lisa Ledskog & Tom Lundgren

10. **Dilatometerförsök - en in-situmetod för bestämning av lagerföljd och egenskaper i jord. Utförande och utvärdering** (50 sid) 1990
    Rolf Larsson

11. **Mätning av grundvattennivå och portryck** (116 sid) 1990
    Marius Tremblay

12. **Termiska egenskaper i jord och berg** 1991
    Jan Sundberg

13. **Beräkning av sättningar för vägbankar på lera** 1992
    Rolf Larsson, Leif Eriksson & Per-Evert Bengtsson

Geoteknik är bl a grundläggningsteknik, jordförstärkning, markvärme och miljövård.
SGI bedriver forskning, information och konsultation inom geoteknikområdet.

• **Forskningen**
har stark praktisk anknytning, t ex att utveckla undersökningsmetoder och förbättra kontrollen av skredfarliga områden.

• **Informationen**
innebär att SGI bl a förmedlar kunskap till olika målgrupper. Föredrag, symposier, kursverksamhet, forskningsrapporter, handböcker och informationsblad är exempel på olika kanaler.
Världens geotekniska litteratur bevakas av SGI litteraturtjänst och omfattar mer än 80 000 geotekniska dokument. Den egna databasen SGILINE refererar till de senaste 35 000 dokumenten.

• **Konsultationen**
omfattar bl a rådgivning, geotekniska undersökningar, grundläggningskontroll och mättekniska uppdrag. Vi arbetar åt såväl offentliga som privata beställare.

Statens geotekniska institut

Besöksadress: Olaus Magnus Väg 35
Postadress: 581 01 Linköping
Telefon: 013-11 51 00
Telex: 50125 (VTISGI S) Telefax: 013-13 16 96