

# JORDEN FORSVANDT UNDER OS

af Åke Hillefors.

Gulvet begyndte at gynge og boghylden faldt på gulvet. Jorden rystede. Siden faldt huset sammen.

Således har nogle af dem, der oplevede lerskredet i Tuve den 30. november, beskrevet deres oplevelser.

Øjenvidneberetningerne fra Surte-skredet 1950 beskriver på samme dramatiske måde, hvorledes husene gyngede som skibe i ujævn sø og hvorledes en hæk passerede forbi køkkenvinduet.

Var disse lerskred ikke forbundet med den dybeste tragedie, med tab af kostbare ejendele og aller værst af kære slægtninge, venner og naboer, kunne en del af disse skildringer virke en smule komiske, hvilket beror på, at oplevelserne forekommer så uvirkelige. Lerskred er ret sjældne i Vestsverige og måske heller ikke så frygtede som i Norge, hvor der forekommer betydeligt stejlere dalskrænter af ler end i for eksempel Göta-elvdalen, Viskadalen og i Tuve. Efter skredet i Tuve har dog selvsagt stor ængstelse grebet om sig.

Endnu savner man fra Tuve en sammenstilling af øjenvidneskildringer og resultaterne fra de geotekniske-geologiske undersøgelser, som sikkert ikke afsluttes før end om flere måneder. Forstærkning af skredskrænterne blev påbegyndt allerede de første døgn efter katastrofen. Her kan derfor blot nævnes nogle foreløbige resultater og nogle almindelige erfaringer diskuteres.

Skredet indtraf altså den 30. november. Et el-kabel gennem midterdelen af skredområdet blev revet over kl. 16.04.30 ifølge registrering på Göteborgs elværk, et andet kabel indenfor de øverste dele af skredområdet blev klippet over kl. 16.09.00. Hele skredet udspillede sig altså på cirka 5 minutter. I disse minutter gled huse en strækning på over 150 meter på leret. Gennemsnitshastigheden midt i skredet var således knap 2 meter i sekundet - omtrent som langsomt spadseretempo.

Skredområdet på den østlige side af Kvillebäcksdalen på Hisingen, ligger omgivet af større og mindre "øer" af fast fjeld. Det faste fjeld består af gnejs, som netop indenfor skredet gennemskæres af en dybt nedforvitret øst-vest-gående diabasgang langs hvilken en dyb rende er eroderet ud i fjeldet.

Flybillederne i denne artikel er optaget af brandmand Rolf Alexandersson, Hönö og publiceres med tilladelse fra den Svenske Forsvarsstab. Jordoptagelserne skyldes artiklens forfatter, hvis privatbolig ikke ligger langt fra skredområdet.



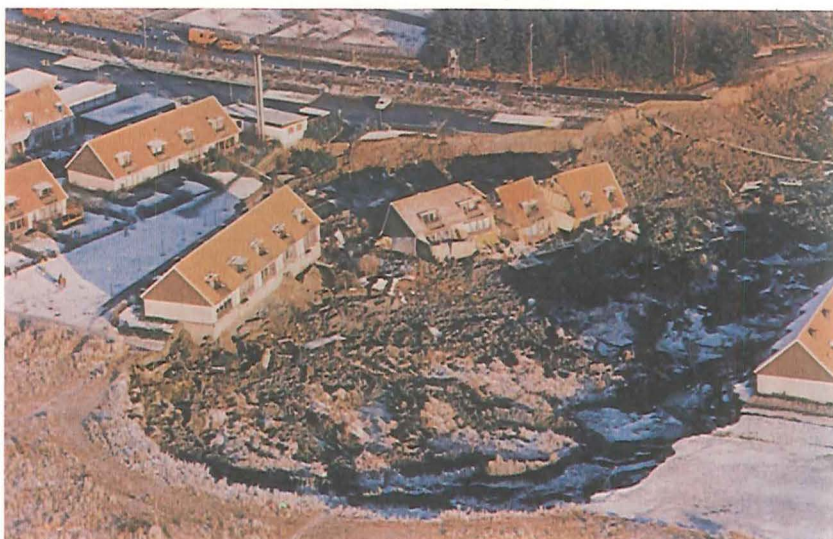
Skredet set fra vest mod øst. I venstre kant skimtes Snareberget og i nedre højre hjørne Tängenklacken med bebyggelsen nedenfor denne. Det antages, at skredet begyndte her og siden voksede bagud. Længst borte ses skredtungen i Kvillebäcksdalen.



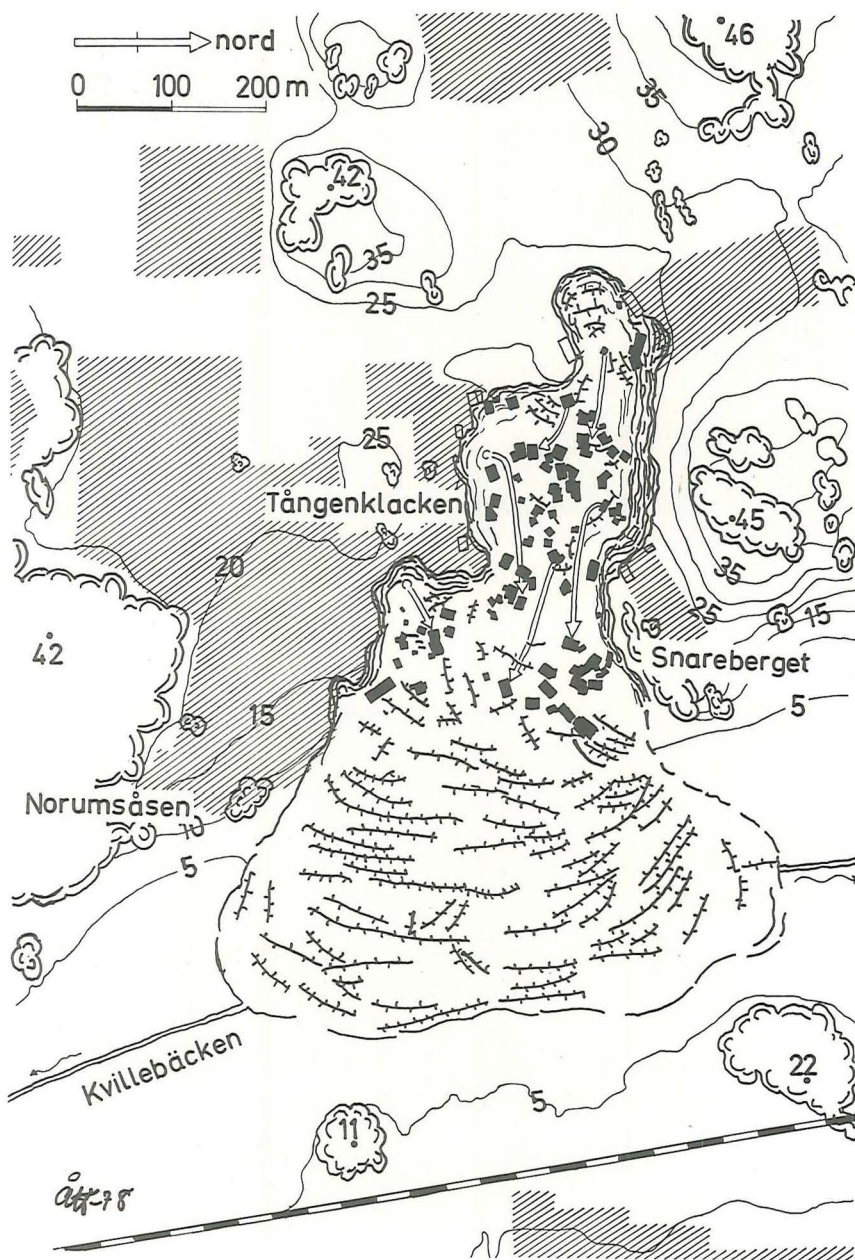
Nedskredne og delvis svært ødelagte huse nede i skredskålens bund. Snareberg-bebyggelsen ses i øverste højre hjørne.



Del af skredtungen omkring Kvillebäcken med oppressede og kippede lerflager. Bemærk de forsatte markskel.



Den vestligste og øverste del af skredskålen.



Jordarten består af blå marint ler, som afsattes på havbunden, efter at indlandsisen forlod området - således ud fra et geologisk synspunkt unge sedimenter, som med tiden forandres fysisk-kemisk. Lermægtigheden varierer mellem cirka 10 meter i de øverste og over 30 meter i de nederste dele af skredområdet. Under det blå marine ler ligger sand og grus i et lag, der mange steder ikke er mere end nogle decimeter mægtigt. På "øerne", der består af fast fjeld ligger moræneaflejringer, som kan overlægges af varvigt glacialt ler, der også kan underlægge det blå marine ler ind mod fjeldsiderne.

En mindre bæk havde skåret en cirka 4-5 meter dyb kløft gennem leret på sin vej ned mod den store lerslette, hvor Kvillebäcken løber. Kvillebäcken har selv gravet en rende, der ikke er særlig dyb, fordi lersletten, som den gennemstrømmer, kun ligger nogle få meter over havniveau. For blot cirka et årtusinde siden hævedes denne slette op over havet.

Endnu ved vi ikke sikkert, hvor skredet startede. Ud fra erfaringer kan vi dog slutte os til, at det indledtes med at en lermasse "løsnede sig", hvor skrænten var stejlest og bevægede sig nedad. Sandsynligvis indtraf dette netop der, hvor Snareberget og Tångenklacken danner en port, og hvor leret savner støtte nedefra og fra siderne af fjeldet. Siden er lerparti efter lerparti gledet nedad, indtil de udgledne lermasser lidt efter lidt har bremset op for glidebevægelserne.

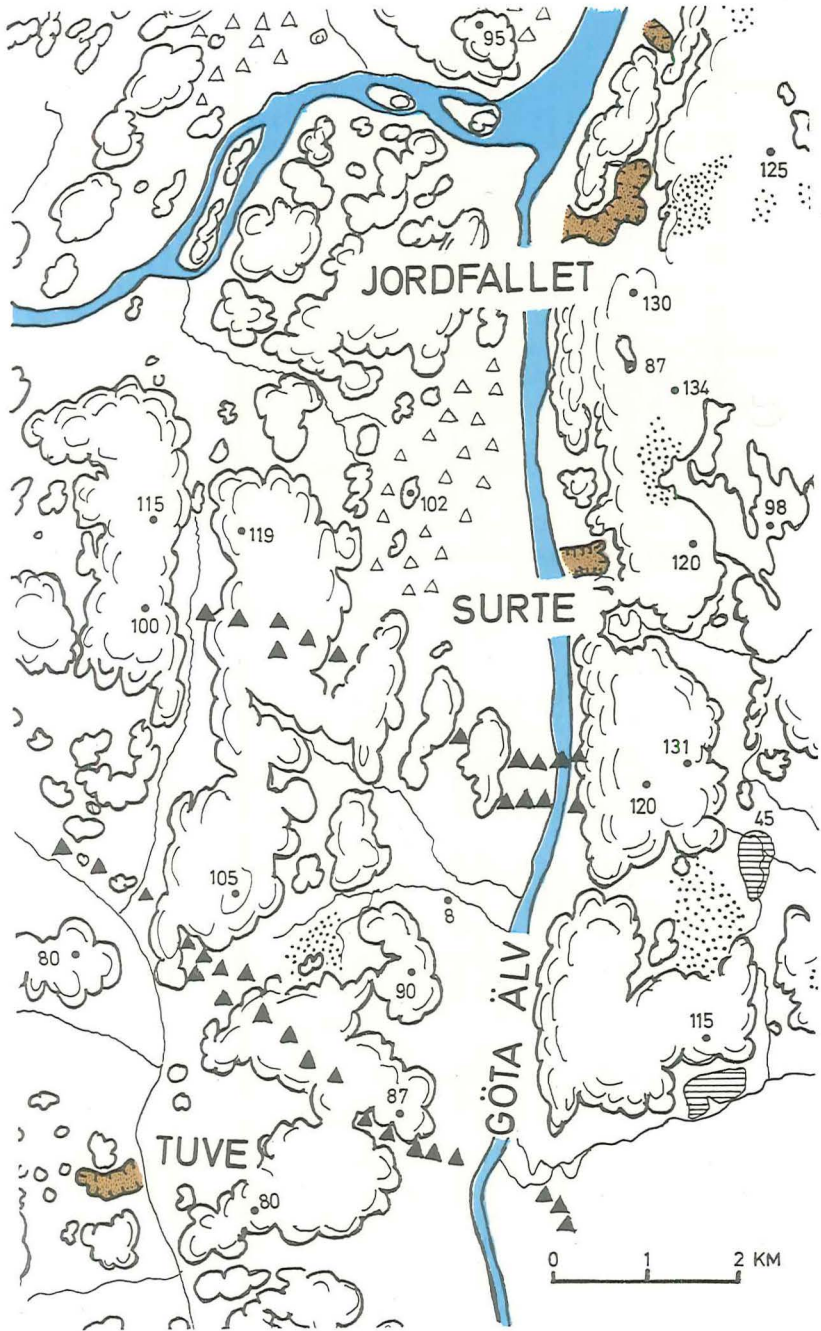
Skredet danner nu en stor central skål med to senere dannede udglidningskanaler i den øverste del. Nederst er leret skubbet op på den gamle jordoverflade, som delvis blev revet med på grund af den vældige kraftpåvirkning, og leret blev foldet og sammenæltet. Skredet kan således opdeles i en aktiv, indsunket del, og en passivt oppresset del.

Tuve-skredet er bedømt til at være den største naturkatastrofe, som har ramt Sverige i moderne tid. Tabene opgøres til 9 menneskeliv og mellem 65 og 70 villaer og rækkehuse. De materielle tab beregnes til cirka 120 millioner svenske kroner.

Vestsverige har som sagt været ramt af sådanne naturkatastrofer tidligere. Surte-skredet i 1950 kostede 1 menneskeliv, ved Göta-skredet 1957 mistede 4 mennesker livet, og ved det store skred i Intagan 1648 omkom 85 mennesker. Skredet i Norge den 19. maj 1893 i Vaerdalen nord for Trondheim er imidlertid den måske største naturkatastrofe, som er indtruffet i Norden i moderne tid - 111 mennesker omkom og 22 gårde ødelagdes.

---

Tuve-skredet. Skredet synes at være startet i et område mellem Snareberget og Tångenklacken. De ødelagte huse er markeret med sort. Skråskravering angiver bebyggelse udenfor skredet. De punkterede linier markerer lerrygge. Indenfor skredskålens øverste del er jordoverfladen sunket 8-10 meter, mens skredtunge-delen er hævet 5-8 meter. "Glidebanerne" som bestemte huse har fulgt, er markeret med pile. Nord er mod højre.





Vue fra de øverste og vestligste dele af skredområdet set mod øst. Til venstre skimtes Snareberget, hvor leret delvis understøttedes af fjeldet. I horisonten den østlige side af Kvillebäcksdalen.

Hvad er da grunden til, at leret kommer i skred, og hvorfor sker det så pludseligt?

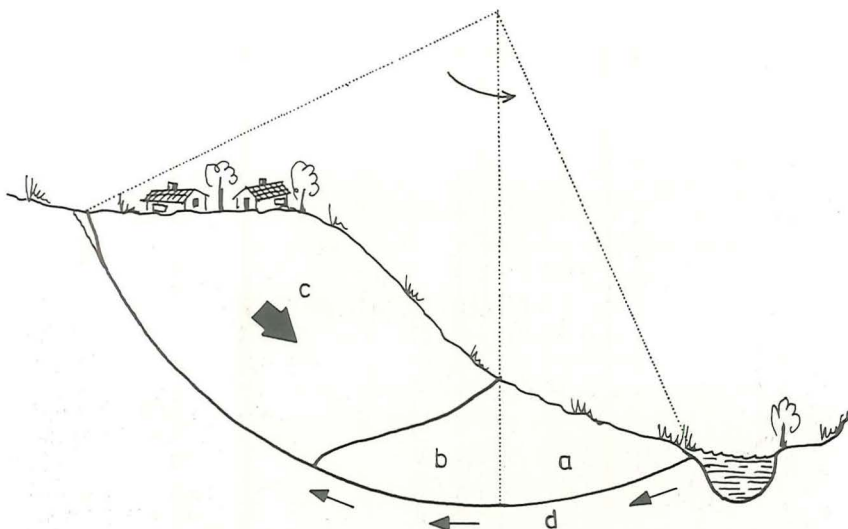
Årsagerne er dels langsomtvirkende processer i leret selv og i hele dalskrånningens udvikling, dels ydre fænomener, som udløser selve skredet.

Der kan skelnes mellem to principielt forskellige typer af lerskred: dybtgående lerskred (bloklerskred) og kviklerskred.

Ved de dybtgående lerskred bevæger leret sig i sammenhængende skredterrasser, den ene efter den anden. Leret har altså en vis stabilitet og sejhed, som det bibeholder trods det, at det masseres og æltes. Glidefladen ligger ofte på 15 meters dybde eller dybere.



Kort over den sydlige del af Götäelvdalen med de store skred ved Jordfallet (cirka år 1150) og Surte 1950. Tuve-skredet ligger på vestre side af Kvillebäcksdalen, en vestlig beliggende parallel til Götäelvdalen og ligesom denne uderoderet i en forkastnings- og forskydningszone i det faste fjeld. 1: fjeld i dagen, 2: iselvsmateriale, 3: endemoræne, 4: drumlin, 5: skred, 6: område i Lärjedalen (øst for Götäelv) med en lermægtighed, der overstiger 40 meter.



Skematisk snit gennem en lerskrænt. Cirkelbuen viser den glideflade, som normalt opstår ved et lerskred. Ved skredbevægelsen "roterer" lermasserne omkring cirkelens centrum. Massen a modvirker skredet, men denne kraft ophæves af massen b. Massen c presser dog på (fed pil) og denne kraft kan forøges ved for eksempel belastning i form af bebyggelse. Skredet indtræffer dog ikke førend gnidningsmodstanden og sammenhængskraften (pilene markeret med d) overskrides af den pressende kraft (c).

Kviklerskred udvikler sig på en helt anden måde. I naturlig, ikke omrørt tilstand er kvikleret ret fast. Men udsættes det for æltning eller vibrationer kan det blive flydende, ja det kan blive som en letflydende vælling - det er som geoteknikerne siger højsensitivt (= højfølsomt). Glibeoverfladerne for denne skredtype ligger sædvanligvis på 5-8 meters dybde. Kendetegnende for dem er at de kan omfatte store arealer - de spreder sig så let.

I Surte - ligesom i Vaerdalen (Norge) - drejede det sig om kviklerskred. Leret omdannedes her til en vælling på hvilken den tørre skorpe i løsevne flager flød ned ad dalskråningen. I Tuve er forholdene mere uklare, i hvert fald indtil analyseresultaterne fra de igangværende undersøgelser er udredet. Leret i skredskålen har stort set karakter af størrer og og mindre skredterrasser og flager med fast konsistens og åbenbart med normal styrke, i hvert fald ingen særskilt høj sensitivitet ("følsomhed"). Men der findes typisk nok en ganske høj sensitivitet (30-40) hos et cirka 10 m mægtigt lerlag under indtørringsskorpen mellem Snareberget og Tångenklacken, netop der, hvor man aner, at skredet begyndte.

Hvad er der da sket med leret, siden det er blevet så "kvikt", for ler, der blev aflejret i havet for geologisk kort tid siden, er ellers ikke "kvikt"? Vi må lægge vægt på dette spørgsmål, eftersom vi for øjeblikket ikke kan udelukke, at kvikler har været årsag til katastrofen eller bidraget til dens store omfang i Tuve.



Ler består af bladformede lerminerale, som er positivt elektrisk ladede langs bladkanterne og negativt på bladfladerne. Foruden lerminerale findes i sen- og postglaciale havaflejringer også bjergartsmel eller silt, det vil sige det fine mel, som gnejserne og graniterne er blevet omdannet til ved knusning i "indlandsisens kugleværn". Jo mere grovkornet materiale der findes i leret, og især hvis det ligger i lag, desto lettere kan vandet trænge ind og ud af leret. Disse forhold har, som vi skal se, stor betydning for visse omdannelsesforløb i leret og stabiliteten hos lersedimenter.

Gennem de elektriske ladninger er lerkornene sammenkoblede til hinanden og danner på denne måde et aggregat, som ganske enkelt kan sammenlignes med et korthus.

I mellemrummene, mellem kornene af ler og silt, findes vand - såkaldt porevand. Da leret blev afsat på havbunden, blev det salte havvand, indsluttet i porerne mellem kornene. Saltet kom derved til at indgå i leres indre struktur og bidrog til, at leret blev meget modstandsdygtigt overfor forskydninger eller belastninger.

Adskillige tusind år er imidlertid forløbet siden leret afsattes - i Tuve blev således de højst beliggende lerområder land for 9000-10.000 år siden, og det lavereliggende skredområde blev det et par årtusinder før Kristi fødsel. Ved landhævningen, der geologisk set forløb ret hurtigt, blev lersedimenterne hævet over havniveau og efterhånden dækket af plantevækst. Der hvor havet sendte vige længst ind i dalbundene løber nu bække og elve, for eksempel Götäelv, Viskan og i Tuve Kvillebäcken.

Det rindende vand i disse vandløb fjerner (eroderer) ler, silt og sand fra bunden. Det uddyber derved bækkene til kløfter med stejle vægge. I Lärjedalen er disse kløfter på sine steder 15-20 meter dybe. Ved denne proces, også i vor opfattelse langsomtvirkende, påvirkes stabiliteten hos lerskrænterne i negativ retning. Ved en vårflod eller ved kraftig efterårsregn kan en bæk grave sig ind under stejlbreen og forårsage, at skrænten skrider ned - måske en tilstrækkelig forstyrrelse til at sætte et kviklerskred i gang.

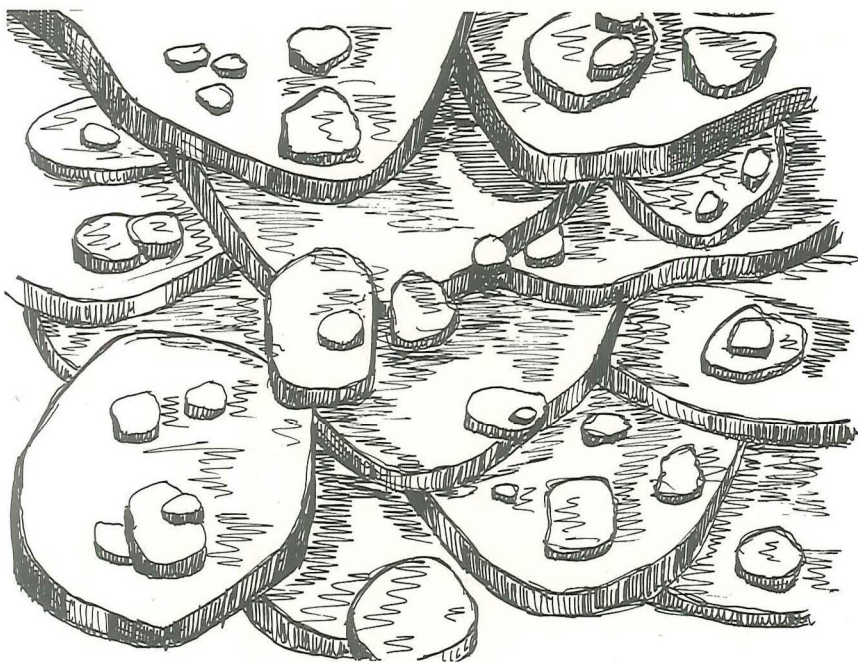
Da lersedimenterne blev land og blev dækket med vegetation udsattes overfladen for forvitningsprocesser og den hårde solide indtøringskorpe dannedes. Samtidig sivede regn- og smeltevand oppefra ned gennem de øverste lerlag. De dybere sedimentpakker blev efterhånden i højere og højere grad gennemstrømmet af grundvandet. Her har eventuelle mellem-liggende sand- og siltlag selvfølgelig spillet en stor rolle. Saltet i leret blev derved gradvist udvasket.

Udsættes således udvasket ler for stigende belastninger bryder dets indre struktur til sidst sammen som et korthus. Saltjoner, først og fremmest natrium-, kalium-, calcium-, magnesium-, klor- og sulfatjoner, skulle i kraft af deres elektriske ladninger egentlig kunne reetablere nye strukturer. Men i det udvaskede ler kom kornene ved forskydninger, som følge

af sætningen, gradvist til at vende deres negativt-ladede overflader mere og mere mod hinanden. Derved fremkommer frastødningskræfter mellem lerkornene, og leret mister praktisk talt al sin styrke. Det forvandles til kvikler, som ved et skred vil blive omrørt kraftigt og overgå til en vællingagtig substans, der kan løbe ned ad selv temmelig svagt-hældende skråninger. Leret kaldes kvik fra gammel tid i Sverige og Norge, fordi det opfører sig som om det lever (er levende), og kvik betyder netop på ældre nordisk sprog levende - jævnfør kviksølv.

Selvfølgelig kan en lerskråning blive så stejl på grund af længere varende floderosion, at lerets indre sammenhængskraft ikke længere kan modstå den tyngdebetingede belastning af skrånningen. Da indtræffer der et skred.

Udvaskningen som følge af grundvandsgennemstrømning og bækerosion er sket trin for trin. Lerskråninger kan, indtil et vist kritisk tidspunkt nås, modstå ydre forstyrrelser. Til sidst udløses der imidlertid et skred. Ydre forstyrrelser kan komme i form af en lille ekstra belastning på leret



Omrørt kvikler. Den oprindelige indre kornstruktur er helt brudt i stykker, og kornene vender de negativt ladede pladesider mod hinanden, så de frastøder hinanden. En sådan lertype har overhovedet ikke nogen styrke, den opfører sig som en tyndflydende vælling.



De sidst udgledne skredterrasser mod vest. Hajfinnerlignende skarpe lerrygge er presset op mellem de enkelte lerblokke.



Indenfor de østlige nederste dele af skredområdet pressedes lermasserne op og dannede en skredtunge. Her blev leret delt op i flager, der vippedes og som nu danner bueformede rygge.

som følge af for eksempel en brændeopstabling. Kvikler er også særlig følsom over for rystelser, for eksempel fra tung trafik. Sandsynligvis udløstes Surte-skredet således, dels af vibrationer som følge af jordarbejder i dagene op til skredet, og dels af rystelserne fra et tog der passerede området umiddelbart før skredet satte i gang. Passagererne i sidste vogn fortalte, at de så, hvorledes leret begyndte at glide.

I nogle tilfælde kan store regnmængder (i efteråret 1977 var nedbøren tre gange det normale) hæve porevandstrykket i leret, så de sammenholdende kræfter i dette formindskes. Ved skredet i Surte rapporteres leret at have stået under så højt grundvandstryk, at en mindre artesiske fontæne sprøjtede ud af et borehul i den øvre del af skrænten dagene inden katastrofen indtraf.

Efter skredet i Tuve har man også målt meget høje porevandstryk nede i skredmasserne i den del af katastrofeområdet, hvor initialskredet antages at være opstået. Ja, porevandstrykket var så højt, at leret ganske enkelt kan være blevet løftet løs fra dets sand- og gnejsunderlag og bogstavelig talt være flydt ovenpå grundvandsstrømmene.

Dagene efter skredet besøgte jeg området i Tuve og talte med flere villaejere, som forsøgte at redde nogle ejendele fra deres ødelagte ejendomme. En af dem fortalte, at de havde mærket kloaklugt i kælderen en tid før naturkatastrofen indtraf. Dette aktualiserer spørgsmålet, om kloakvand fra utætte ledninger kan være sivet ud i leret. Området blev først bebygget for en halv snes år siden og dengang lagde man kloakledningerne nede i leret. Ved deformationer i jorden - som set fra vort synspunkt er langsomme og derfor udgør et umærkeligt forspil til skredet - kan disse ledninger være begyndt at lække. Man har gjort gældende, at Göta-skredet i Götaelvdalen og skredet ved Norselven i det sydvestlige Värmland 1969 var forårsaget af, at kloakvand var sivet ud i leret og havde gjort dette ustabil. I den henseende har laboratorieanalyser vist, at fosfater, som findes rigeligt i afløbsvand, og visse aminosyrer, som findes i humusrigt vand, kan formindske lerets styrke i løbet af kort tid, måske nogle år.

Man kan under sig over grunden til, at ofrene blev så mange som 9 i Tuve og kun 1 i Surte. Det kan hænge sammen med huskonstruktionerne. I Surte ramte det en mindre bebyggelse med træhuse af høvlrede brædder, mens villærne i Tuve havde vægge af betonelementer eller enkle trækonstruktioner og etageadskillelser af beton. Træhusene i Surte blev stillet på kant og væltede i nogle tilfælde. Et langt hus gik itu, men ellers hang husene sammen. Villærne af "sten" i Tuve blev derimod i de fleste tilfælde helt ødelagt. Fugerne mellem væggene og etageadskillelserne blev trukket i stykker ved de voldsomme forskydninger. Flere af ofrene dræbtes derfor af nedstyrtende betonlofter.

Redningsarbejdet i Tuve var også overordentligt svært. Mens Surte-skredet indtraf kl. 8.09 om morgenen, faldt vintermørket på netop som skredet i Tuve var sket. Ingen kunne derfor rigtig få nogen fornemmelse

af katastrofens omfang før end om morgenen - cirka 14 timer senere. Redningsmandskabet måtte om natten gå ud i skredområdet og med lommelamper lede efter indespærrede og nødstedte.

I en del tilfælde var husene i Tuve blevet så ødelagte, at det næsten var umuligt at lokalisere stueetagerne, hvor mennesker kunne tænkes at have opholdt sig. Endvidere var det svært at finde ud af, hvad det var for et hus, man stod overfor, for mange var jo gledet op til 150 meter - og hvilke og hvor mange personer, der savnedes.

Kan sådanne naturkatastrofer forebygges?

Geoteknikerne har udviklet metoder til at måle lerets styrke og beregne skrænters stabilitet. Mange områder i Vestsverige har da også siden Surte-skredet været under overvågning. Men betegnende er, at et nyt skred indtraf helt uventet ved Bärfendal i det nordlige Bohuslen nogle uger efter Tuve-skredet. Her drejer det sig åbenbart om et kviklerskred, dog af temmelig ringe omfang. Yderligere områder er derfor nu sat under speciel observation. Kommunerne har fået et nyt problem at kæmpe med - er jordbunden til at stole på?

Hvor leret findes i stejle skrænter, som savner støtte af fjeld, hvor vandet kan sive ned i, og ned under leret fra højereliggende områder, og hvor elve og bække nedenfor sådanne skrænter uddyber deres lejer, der kan man frygte lerskred. Her må man forhindre, at de kræfter, der virker på skråningerne forøges og overskrider lerets friktions- og sammenhængskræfter. De øverste skræntpartier bør graves bort og støttestrukturkonstruktioner bør bygges op ved foden af skrænten. Er en lerskrænt i risikozonen, må man også forhindre, at den udsættes for rystelser fra for eksempel tung trafik. Endvidere kan man stenbeklæde elvbrinkene eller føre bækkene i rør for at standse den erosion, der vil kunne forårsage initialskred. For at mindske porevandstrykket kan leret dræneres.

Er leret kvikt, kan det få sin styrke igen ved at kalkstænger presses ned i det. Derved dræneres leret, og kalkjoner kan sive med vandet ned i det og stabilisere kornaggregaterne, som havvandets salt engang gjorde det. I Norge har man forsøgsvis injiceret saltopløsninger (KCl) for at erstatte det bortvaskede havsalt og resultaterne blev gode. Men metoden er kostbar og måske ikke den mest enkle og effektive.

Selv om vi - ikke mindst gennem norsk lerforskning - har lært meget om det marine lers geoteknik og geologi, er vore kundskaber dog endnu ikke tilstrækkelige til helt at forebygge lerskred. Vore ressourcer til undersøgelser er også utilstrækkelige. Under disse forhold må indsatsen i første omgang koncentreres om, at de kraftigt trafikerede og tætbebyggede lerfyldte dale i Vestsverige bliver kortlagt og undersøgt af både geologer og geoteknikere.

Selv om vi ikke i fremtiden helt vil kunne forhindre, at nye skredkatastrofer indtræffer, vil vi dog kunne mindske risikoen, for at de vil indtræffe og derved også begrænse tabet af menneskeliv og ejendom.



Glidespor i leret på skredskråningen. Øst for Tången.



Leret er ved bevægelserne delt op i store brokker. De øverste lag udgøres derfor ikke af kvikler, men dette kan alligevel have forekommet på større dybde.



Vue over den mellemste del af skredområdet, fra syd mod nord. Længst borte ses Kyrkberget. Til højre for dette (mod øst) ligger Snareberget.



Nødstedte har reddet sig ud fra 2. etage i dette hus ved at fire sig ned på jorden ved hjælp af sammenbundne lagner, som endnu hænger ud af vinduet.