

R-01-15

Metodik för geometrisk modellering

Presentation och administration av platsbeskrivande modeller

Raymond Munier
Svensk Kärnbränslehantering AB

Jan Hermanson
Golder Associates

Mars 2001

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-01-15

Metodik för geometrisk modellering

Presentation och administration av platsbeskrivande modeller

Raymond Munier
Svensk Kärnbränslehantering AB

Jan Hermanson
Golder Associates

Mars 2001

Nyckelord: platsbeskrivande modell, geometrisk modell, RVS, platsbeskrivning, platsundersökning, nomenklatur.

Förord

Denna rapport redovisar ett förslag på metodik för geometrisk modellering att använda vid utvärdering av den information som kommer fram under en platsundersökning. Metodiken är anpassad för det datorverktyg (RVS) som nu används inom ramen för SKB:s arbeten samt ger även underlag för fortsatt utveckling av detta verktyg. Metodiken har förankrats hos de som primärt ska nyttja den under en platsundersökning.

Arbetet initierades under 1999 och denna rapport utgör huvudredovisningen från projektet. Arbetet är en del av SKB:s förberedelser inför genomförande av platsundersökningarna.

Projektet har genomförts under knappt två år av en grupp bestående av:

- Raymond Munier
- Jan Hermansson
- Anders Ström.
- Karl-Erik Almén
- Rolf Christiansson
- Leif Stenberg
- Björn Gylling

Till projektet hörde även en referensgrupp som gett värdefulla bidrag till slutrapporten. Gruppen bestod av: Johan Andersson, Lars O Ericsson, Mats Ohlsson, Pauli Saksa och Roy Stanfors.

Vidare har ämnesföreträdare inom geologi, bergmekanik, hydrogeologi, hydrogeokemi, termiska egenskaper samt bergets transportegenskaper gett värdefulla bidrag vid avstämning mot program för platsundersökningarna samt mot metodbeskrivningar.

Anders Ström
Projektledare
Enhet Djupförvarsteknik SKB

Abstract

This report presents a methodology to construct, visualise and present geoscientific descriptive models based on data from the site investigations, which the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) currently performs, to build an underground nuclear waste disposal facility in Sweden.

The methodology completely integrates with the overall workflow of the site investigations as proposed in (SKB, 2000). Further, it is designed for interaction with SICADA (SKB:s site characterisation database) and RVS (SKB:s Rock Visualisation System). However, the concepts of the methodology are general and can be used with other tools capable of handling 3D geometries and parameters.

The descriptive model is intended to be an instrument where site investigation data from all disciplines are put together to form a comprehensive visual interpretation of the studied rock mass.

The methodology has four main components:

1. Construction of a geometrical model of the interpreted main structures at the site.
2. Description of the geoscientific characteristics of the structures.
3. Description and geometrical implementation of the geometric uncertainties in the interpreted model structures.
4. Quality system for the handling of the geometrical model, its associated database and some aspects of the technical auditing.

The geometrical model forms a basis for understanding the main elements and structures of the investigated site. Once the interpreted geometries are in place in the model, the system allows for adding descriptive and quantitative data to each modelled object through a system of intuitive menus. The associated database allows each geometrical object a complete quantitative description of all geoscientific disciplines, variabilities, uncertainties in interpretation and full version history.

The complete geometrical model and its associated database of object descriptions are to be recorded in a central quality system. Official, new and old versions of the model are administered centrally in order to have complete quality assurance of each step in the interpretation process.

The descriptive model is a cornerstone in the understanding of the investigated site and forms a basis for subsequent planning of the repository layout as well as for safety assessment studies.

Sammanfattning

Föreliggande rapport redovisar en metodik för att geometriskt presentera och administrera tolkade strukturer och mellanliggande bergmassa i en platsbeskrivande modell och är tänkt att användas av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) i de förestående platsundersökningarna. Arbetet är kopplat till de ämnesspecifika platsundersökningsprogrammen och syftar till att underlätta förståelsen av samtliga geovetenskapliga egenskaper på undersökningsplatsen.

Metodiken är specialanpassad för SICADA (SKB:s platsundersökningsdatabas) och RVS (SKB:s geometriska modellverktyg). De presenterade koncepten är dock så allmänna att metodiken lätt kan anpassas till andra likvärdiga system.

Den platsbeskrivande geovetenskapliga modellen är avsedd att fungera som ett förståelseverktyg där data från samtliga geovetenskapliga discipliner sammanvägs, presenteras och visualiseras på ett överskådligt sätt.

Metodiken har fyra huvudmoment:

1. Konstruktion av en geometrisk modell baserat på tolkade strukturer på den undersökta platsen.
2. Beskrivning av de geovetenskapliga egenskaperna för dessa strukturer och mellanliggande bergmassa.
3. Beskrivning och geometrisk visualisering av osäkerheter i de tolkade strukturerna.
4. Kvalitetssystem för hanteringen av den geometriska modellen och den vidhängande geovetenskapliga modelldatabasen.

Den geometriska modellen utgör basen för förståelsen av platsens huvudelement och strukturer. Varje geometriskt objekt beskrivs kvantitativt och kvalitativt med geovetenskapliga egenskaper genom ett intuitivt system av menyer. Det geometriska objektets egenskaper sparas i en vidhängande databas där även tolkningsosäkerheter, variabilitet och versionshistoria ingår.

Den geometriska modellen tillsammans med den vidhängande databasen med egenskaper kontrolleras och kvalitetsgranskas centralt av SKB under platsundersökningens genomförande. Kvalitetsgranskningen och den centrala modellhanteringen säkerställer en spårbarhet i modellens utveckling och användning.

Den platsbeskrivande geovetenskapliga modellen utgör en hörnsten i förståelsen av den undersökta platsen och utgör en bas för förvarsutformning och säkerhetsanalys.

För att metodiken som presenteras i föreliggande arbete skall kunna implementeras, erfordras en anpassning av det verktyg som SKB använder för 3D modelleringar, RVS. Arbetet med kodutveckling i enlighet med den metodik som redovisas här har nyligen initierats. Som en följd därav kan detaljer i funktionalitet och användargränssnitt i RVS komma att skilja sig från det som föreslås i föreliggande arbete.

Innehåll

1	Inledning	11
2	Syfte	13
3	Definitioner	15
3.1	Allmänna definitioner	15
4	Metodik för geometrisk modellering	23
4.1	Inledning	23
4.2	Data som används för byggande av platsbeskrivande modeller	25
4.3	Den geometriska modellens innehåll	26
4.3.1	Allmänt	26
4.3.2	Modellkomponenter och principer	26
4.4	Konstruktion av den geometriska modellen	27
4.4.1	En överblick	27
4.4.2	Visualisering av primärdata och tolkning av geometrier	28
4.4.3	Ansättande av objekttyper	29
4.4.4	Dubblering av objekttyper	31
4.4.5	Objekttypernas parametrar	32
4.5	Implementering i RVS	33
4.5.1	Koppling till SICADA	34
4.5.2	Modellering av geometriska objekt i RVS	36
4.5.3	Ansättande av objekttyper och parametrar i RVS	37
4.6	Revisioner och kontroll	39
4.6.1	Revisioner	39
4.6.2	Kontroll av den geometriska tolkningen	45
5	Hantering av osäkerheter	47
5.1	Osäkerhet vid tolkning av primärdata	48
5.2	Osäkerhet i geometrisk tolkning	50
5.3	Otillräcklig datamängd	51
6	Modellbeskrivningen	53
7	Illustrativt exempel	55
7.1	Visualisering av bakgrundsdata och primärdata	55
7.2	Visualisering av borrarparametrar från SICADA	56
7.3	Skapande av ett yobjekt	56
7.4	Ansättande av objekttyp till yobjekt	56
7.5	Ansättande av parametrar	58
8	Referenser	61
Appendix A1	Exempel på parametertabeller	63

1 Inledning

SKB:s verksamhet för att lokalisera djupförvaret för det högaktiva och långlivade radioaktiva avfallet omfattar översiktstudier, förstudier och platsundersökningar. Ett generellt platsundersökningsprogram har tagits fram (SKB, 2000) där metod och teknik för att undersöka och utvärdera berget presenteras. Detta program är icke platsspecifikt och kompletteras med detaljerade ämnesspecifika program samt platsspecifika program (SKB, 2001) när undersökningsplatserna är valda. Ämnesspecifika undersökningsprogram har tagits fram för ämnesområdena geologi, hydrogeologi, bergmekanik, hydrogeokemi, termiska egenskaper, transportegenskaper och ytnära ekosystem. Dessa program beskriver i detalj de olika metoder som kommer att användas vid en platsundersökning och vilka geovetenskapliga egenskaper som skall beskrivas. Till exempel så anger geologi-programmet metoder för hur man undersöker bergmassan och dess sprickzoner med hjälp av olika former av yt- och borrhålsbaserade undersökningar. Metoderna som anges är i huvudsak mätmetoder av skilda slag där data som samlas in oftast representerar enskilda mätpunkter och parametrar. Det övergripande syftet är att utgående från dessa data tolka och beskriva platsen i form av volymsrepresenterade egenskaper, t ex bergmassans hållfasthet, sprickfrekvens etc. Programmet belyser även hur platsbeskrivande modeller skall upprättas och att dessa skall bygga på en gemensam geometrisk beskrivning av platsens dominerande geovetenskapliga enheter.

I FUD 98 (SKB, 1998) identifieras ytterligare behov att *utarbета en enhetlig och definierad tolkningsmetodik för strukturelement i berggrunden*. En enhetlig tolkningsmetodik av en plats ger goda förutsättningar för att skapa en trovärdig modellbeskrivning samtidigt som jämförelser mellan flera platser är möjliga. En enhetlig metodik för att skapa och administrera en modellbeskrivning ger vidare goda förutsättningar för att systematiskt kunna presentera tolkade undersökningsresultat. Denna platsbeskrivande modell skall så väl som möjligt uppfylla de önskemål som ställs av programmen för säkerhetsanalys och projektering. Det pågår för närvarande (mars 2001) arbeten för att redovisa metodbeskrivningar för upprättandet av geologiska modeller inom ramen för platsundersökningarna. Metodbeskrivningarna syftar till att redovisa den stegvisa och iterativa tolkningsprocessen av en plats.

Föreliggande rapport är ett komplement till metodbeskrivningarna. Rapporten redovisar en metodik för att geometriskt presentera och administrera tolkade strukturer och mellanliggande bergmassa i en platsbeskrivande modell att användas vid en framtida platsutvärdering. Arbetet är kopplat till de ämnesspecifika platsundersökningsprogrammen och syftar till att underlätta förståelsen av samtliga geovetenskapliga egenskaper på undersökningsplatsen.

2 Syfte

Huvudsyften med detta arbete är att presentera en användbar och tydlig metodik att etablera en geometrisk representation av identifierade strukturer och mellanliggande bergmassa på en undersökningsplats. Vidare presenteras hur de geovetenskapliga egenskaperna för dessa strukturer dokumenteras inom ramen för den geometriska modellen. Den geometriska modellen avses att användas vid platsundersökningarnas genomförande i regional och lokal skala.

- Metodiken ska leda till att platsens geovetenskapliga strukturer modelleras och presenteras på ett systematiskt vis. Syftet är att skapa en användbar presentation av den samlade geovetenskapliga informationen.
- Metodiken skall anpassas till de verktyg som nu används inom ramen för SKB:s arbete och vara så detaljerad att den går att använda vid en platsundersökning.
- Metodiken omfattar även osäkerheter vid modellering, versionshantering, fullständig spårbarhet och dokumentation av samtliga steg i modelleringsarbetet. Syftet är att undvika de problem som uppstår i samband med flera samexisterande modeller samt ge möjlighet att på ett systematiskt vis spåra felkällor.

3 Definitioner

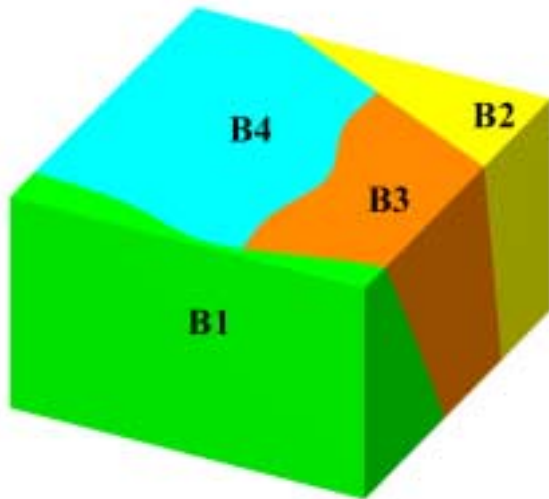
Inom geovetenskaperna förekommer olika definitioner och begrepp. I en multidisciplinär vetenskap är det av väsentlig betydelse att det råder stringens i användandet av definitionerna och att dessa är tydliga så att betydelsen är klar för samtliga grupper av användare. Sprickor, lineament, bergenheter m m används ibland på skilda vis i de olika geovetenskapliga disciplinerna. För att undvika begreppsförvirring sammanfattas här de termer som används inom ramen för detta projekt och som rekommenderas komma att gälla vid SKB:s förestående platsundersökningar.

3.1 Allmänna definitioner

Bortsett från ett antal encyklopedier och uppslagsverk har spricknomenklatur endast i ett fåtal fall varit föremål för särskild analys och presenterats som separata publikationer. De flesta nomenklaturförslag har publicerats som en del av andra publikationer. De tidigaste fristående förslagen till spricknomenklatur, (t ex Ransome, 1906; Reid, 1913; Stevens, 1914) har uppdaterats eller modifierats ungefär vart tionde år (Murray, 1937; Gill, 1941; Crowell, 1959). Under sjuttio-talet fördes en debatt i Sverige inom GFF om spricknomenklatur (Larsson, 1970; Liljequist, 1970; Larsson, 1971; Liljequist, 1971). ISRM har under 80- och 90-talet utkommit med en rad förslag på nomenklatur att användas vid bergtekniska undersökningar och provtagningar (ISRM, 1978; ISRM, 1981) av vilka flera definitioner är tillämpliga även inom detta projekt. Nedan följer en listning av vanligen förekommande tekniska termer som används inom ramen för geovetenskaplig modellering.

Bergartsmodell
Lithological model

En vanligen använd benämning av en geovetenskaplig modell vilken endast redovisar bergarternas geometrier samt de för bergarterna karakteristiska egenskaperna. Utveckling och bildningssätt kan kopplas till modellen.



Figur 3-1. Uppdelning av ett bergblock i mindre bergenheter B1 till B4.

Bergenhhet

Rock unit

En del av den betraktade bergvolymen med liknande egenskaper. Avgränsningen kan endera baseras på någon enskild parameter eller på en grupp reologiska, hydrauliska, kemiska, termiska eller mekaniska parametrar som bedöms kunna karakterisera bergenheten. Indelningen kan därmed ha olika betydelser för de olika geovetenskapliga disciplinerna. Begreppet används företrädesvis vid 3-dimensionell modellering.

Bergkvalitet

Rock mass quality

Med bergkvalitet avses resultatet av en klassning enligt någon indexbaserad metod. Bergkvaliteten anger bergmassans byggnadstekniska egenskaper. De vanligaste metoderna är RMR och Q vilka, var för sig eller efter sambedömning, företrädesvis används för att bedöma behov av bergförstärkning.

Bergmassa

Rock mass

Med "bergmassa" avses berggrunden med alla dess sprickor inom en definierad volym (ISRM, 1981).

Deformationszon

Deformation zone

En generell term som beskriver en väsentligen 2-dimensionell struktur (huvudsakligen plan struktur med begränsad tjocklek) i vilken spröd och/eller plastisk deformation sker eller har skett. Ibland används begreppet svaghetszon som synonym. Den vanligt förekommande termen sprickzon är således en speciell typ av deformationszon.

Diskontinuitet

Discontinuity

Med diskontinuitet avses en väsentligen tvådimensionell yta med följande egenskaper:

- ytan skiljer sig från den omgivande bergmassan
- ytan utgör en gräns mellan olika geologiska domäner (ISRM, 1978; ISRM, 1981), (Bell, 1993), (Allaby och Allaby, 1990).

Med denna definition kan begreppen sprickzon, spricka, bergartskontakt och bergartsgång omfattas. Inom SKB används begreppet "diskontinuitet" även för geologiska strukturer som bedöms vara av funktionell betydelse för förvarets långsiktiga funktion (se även (Almén m fl, 1996)).

Förkastning

Fault

En spricka eller sprickzon längs vilka skjuvrörelser har skett (Bates och Jackson, 1987; Price och Cosgrove, 1990). Termen är oberoende av skala.

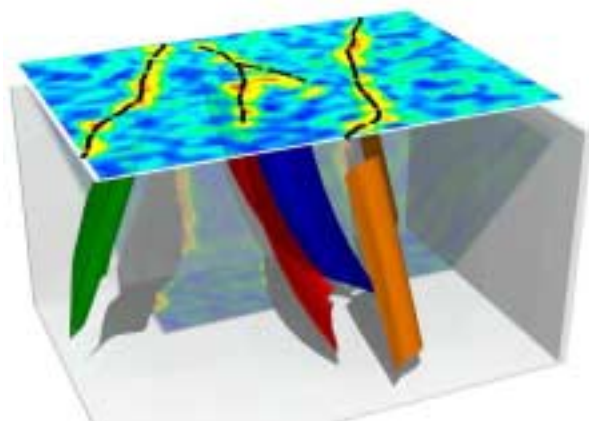
Geologisk modell

Geological model

En vanligen använd benämning av en geovetenskaplig modell vilken redovisar geometrierna för jordarter, bergarter och deformationszoner samt de för dessa karakteristiska parametrarna (egenskaperna). En geologisk modell utgör därmed en sammanslagning av bergartsmodellen och strukturmodellen för ett område till vilken geometrier för topografi och jordarter tillfogats.



Figur 3-2. Med hjälp av plana markörer av olika riktning (t ex de ljusa kvartsgångarna i figuren) kan en förkastnings rörelsevektor beräknas.



Figur 3-3. Exempel på 1D geometriska element (lineament tolkade från geofysiska data) och 3D element (vindlande sprickzoner).

Geometrisk modell
Geometric model

En 3-dimensionell, strikt geometrisk representation av de identifierade geologiska, hydrogeologiska och geofysiska element som identifieras, tolkas och definieras under platsundersökningen. Den geometriska modellen innehåller i huvudsak geometrier för deformationszoner, förkastningar, sprickor och bergenheter. Modellen tillåter även geometrier som beskriver andra egenskaper efter användarens önskemål.

Geovetenskaplig modell
Geoscientific model

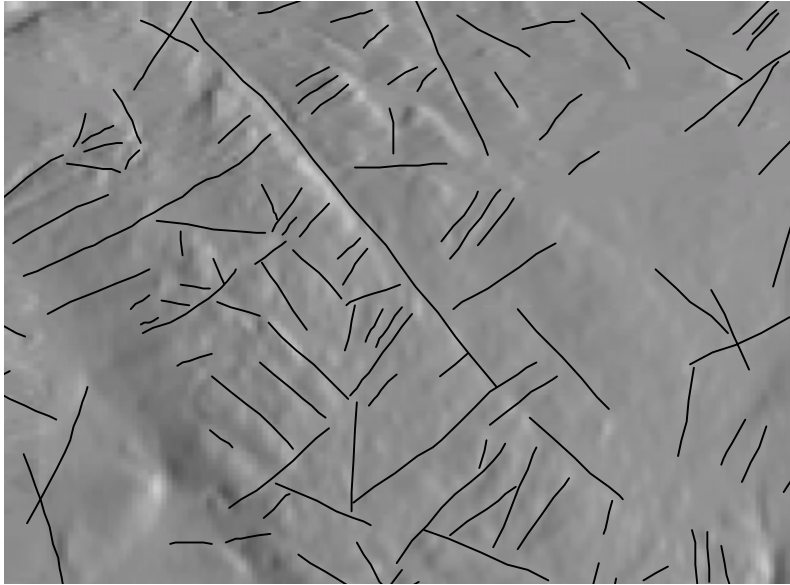
En geometrisk modell där geometrierna har givits geovetenskaplig innebörd. Den geovetenskapliga tolkningen kan innehålla egenskaper från disciplinerna kvartärgeologi, berggrundsgeologi, hydrogeologi, bergmekanik, geokemi samt termiska data. Ett område kan beskrivas med ett flertal samexisterande geovetenskapliga modeller beroende på vilka aspekter av området som valts att belysas. För att särskilja dessa används vanligen begrepp som bergartsmodell, strukturmodell, geologisk modell, etc.

Intakt berg
Intact rock

Begreppet ”intakt berg” används inom bergmekaniken för att beteckna den del av bergmassan som ej innehåller några synliga sprickor. Termen är skalberoende.

Lineament
Lineament

En tolkad, linjär struktur som i huvudsak baseras på topografi eller geofysik. Ett lineament kan, men behöver ej, indikera en geologisk struktur som exempelvis en sprickzon, gångbergart, eller rullstensås.



Figur 3-4. Topografiska lineament baserade på en höjddatabas.

Modellskala

Model scale

Inom SKB används begreppen "Regional skala", för modeller i storleksordningen >10 km², "Lokal skala", för modeller i storleksordningen 5–10 km² samt "Detaljsskala" för modeller i storleksordningen <5 km² (SKB, 2000).

Parameter

Parameter

Fysikalisk eller kemisk storhet. Avser en egenskap, ett förhållande eller ett tillstånd i berget (se t ex Andersson (2000)).

Plastiska strukturer

Ductile structures

Strukturer skapade av deformation som sker under höga temperaturer, låga deformationshastigheter och utan framkallande av brott (Bates och Jackson, 1987; Ramsay och Huber, 1987; Allaby och Allaby, 1990). Till plastiska strukturer hör bland annat plastiska skjuvzoner och veckbildningar. I svensk berggrund är emellertid många plastiska skjuvzoner reaktiverade och uppträder som spröda sprickzoner.

Spricka

Fracture

En term som avser varje mekaniskt brott i en bergmassa (ISRM, 1981).

Sprickavstånd

Fracture spacing

Sprickavståndet beskrivs generellt som avståndet mellan sprickor längs en linje (Priest och Hudson, 1981; Allaby och Allaby, 1990). Sprickavståndet är omvänt proportionellt mot sprickfrekvensen.

Sprickdensitet
Fracture intensity,
Fracture density

Sprickdensitet är ett mått på bergmassans uppsprickning och kan anges som sprickyta per volymenhet, m^2/m^3 , (3D), spricklängd per ytenhet, m/m^2 , (2D) eller sprickantal per ytenhet, m^{-2} (2D). Sprickdensitet används bland annat vid ytkartering och simulering av 3-dimensionella spricknätverk.

Sprickfrekvens
Fracture frequency

prickfrekvens är ett mått på bergmassans uppsprickning och Sanges som sprickantal per längdenhet, m^{-1} (t ex Priest och Hudson, 1981). Det finns en direkt relation mellan sprickfrekvens och sprickdensitet. Termen sprickfrekvens används företrädesvis vid kartering av borrhärlor och vid linjekartering.

Sprickgrupp
Fracture set

Sprickor som bedöms utgöra geometriska, genetiska, hydrauliska eller mekaniska enheter kan klassas i sprickgrupper. Termen används dock vanligen för att beteckna sprickor med en viss riktning (ISRM, 1978).



Figur 3-5. Häll med tre sprickgrupper. Två är branta och stryker N respektive O, en tredje grupp är flack.

Sprickmatrix
Fracture array,
Fracture network

En sprickmatrix avser samtliga sprickor med sina egenskaper i en bergenhets eller deformationszon.

Sprickzon
Fracture zone

En deformationszon av spröd karaktär (Andersson m fl, 2000). Inom SKB benämns sprickzoner som understiger 10 cm bredd av praktiska skäl istället spricka. Sprickzoner delas in regionala-, lokala större- och lokala mindre sprickzoner enligt tabell 3-1.



Figur 3-6. Sprickzon med minst tre olika sprickgrupper.

Tabell 3-1. Indelning och benämning av berggrundens spröda strukturer samt ambitionsnivå för geometrisk beskrivning vid platsundersökning. Angivna längd- och breddmått är ungefärliga (från Andersson m fl, 2000, tabell 4-1).

Benämning	Längd	Bredd	Ambition för geometrisk beskrivning
Regionala sprickzoner	> 10 km	> 100 m	Deterministisk
Lokala större sprickzoner	1 km – 10 km	5 m – 100 m	Deterministisk (med skalberoende osäkerheter)
Lokala mindre sprickzoner	10 m – 1 km	0,1 m – 5 m	Statistisk (alla som är möjliga deterministiskt)
Sprickor	< 10 m	< 0,1 m	Statistisk

Spröda strukturer
Brittle structures

Sprickor och sprickzoner i bergmassan där deformation har skett på ett sådant vis att brott har uppstått, vilket vanligen sker vid låga temperaturer och höga deformationshastigheter (Bates och Jackson, 1987; Ramsay och Huber, 1987; Allaby och Allaby, 1990).

Strukturmodell
Structural model

En vanligen använd benämning av en geovetenskaplig modell vilken endast redovisar deformationszoners geometrier samt de för zonerna karakteristiska egenskaperna.

4 Metodik för geometrisk modellering

4.1 Inledning

Den generella metodiken för hur platsundersökningarna skall genomföras är sammanfattad i ett särskilt platsundersökningsprogram (SKB, 2000). Detta program beskriver bland annat vilka geovetenskapliga egenskaper som är viktiga och med vilka metoder dessa egenskaper kan bestämmas. Programmet har presenterats i ämnesspecifika program för områdena geologi, bergmekanik, hydrogeokemi, hydrogeologi, termiska egenskaper, transportegenskaper samt ytnära ekosystem (SKB, 2001).

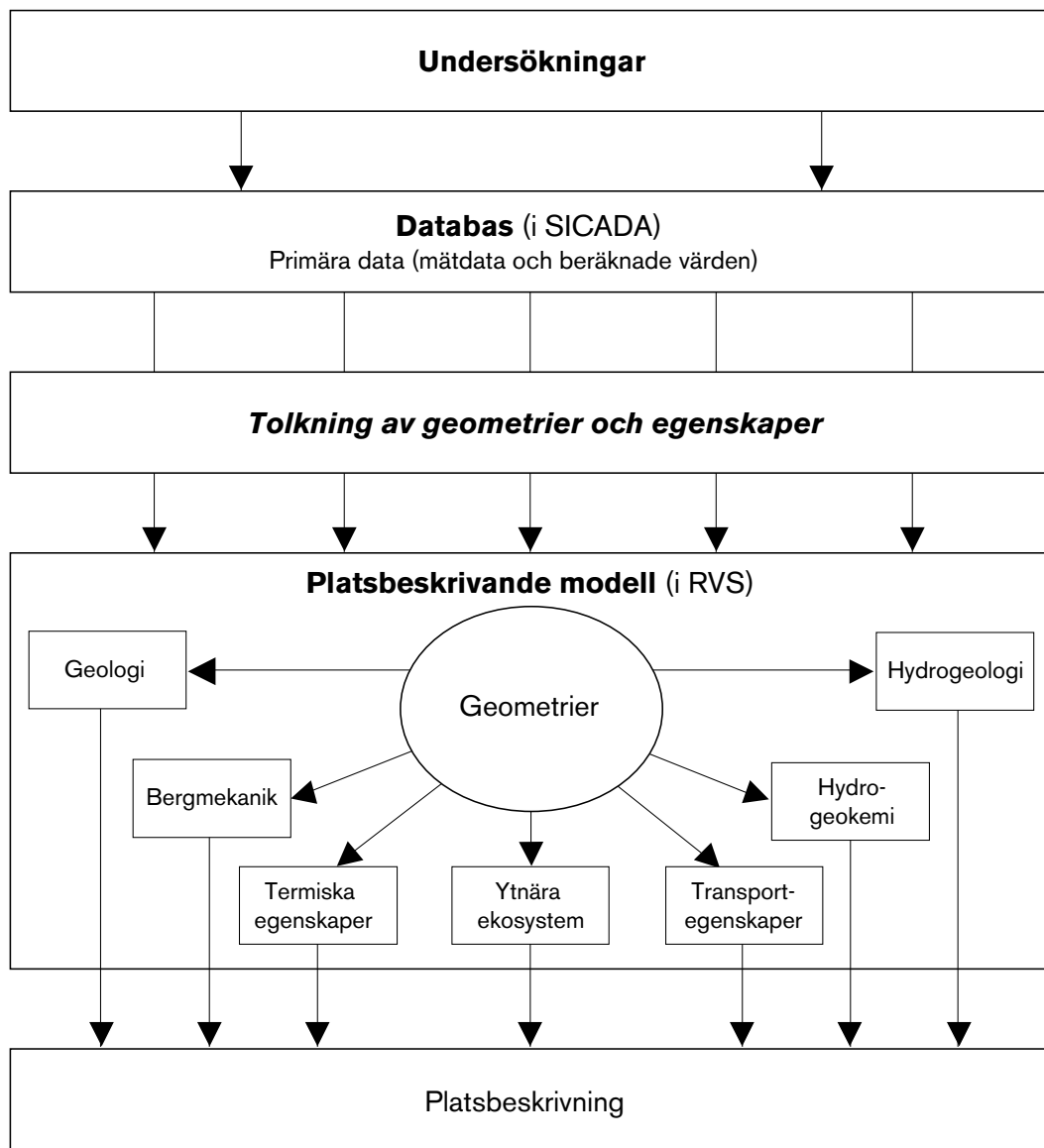
I en platsbeskrivning sammanfattar varje ämnesområde resultaten i en ämnesspecifikt anpassad modell för att beskriva de geovetenskapliga egenskaperna. Modellerna består av två delar: ett beskrivande dokument och en digital, geometrisk representation av platsen med kopplade databaser.

Den geologiska modellen utgör basen för den geovetenskapliga förståelsen av platsen. De bergmekaniska, hydrogeologiska, hydrogeokemiska och termiska modellerna använder delar eller hela den geologiska modellen som bas för de specifika frågeställningar som berör dessa ämnesområden.

I föreliggande rapport redogörs för en metodik att presentera platsundersökningsdata i en multidisciplinär platsbeskrivande modell. De grundläggande principerna för den geovetenskapliga modelleringen är att:

- Konstruera en geometrisk modell i 3D vilken kan innehålla både 2D- och 3D-objekt beroende på tillgänglig information.
- Beskriva de identifierade geometrierna med tillämpliga geovetenskapliga data, dvs data som kan beskriva objektet.
- Samla dessa geometriska objekt tillsammans med objektsdata i en modelldatabas. Den digitala modellen och dess databas utgör sedan en av hörnstenarna i platsbeskrivningen och platsutvärderingen där den används som bas för projektering och för säkerhetsanalys.
- Genom en strikt versionshantering och ansvarsfördelning styra förfarandet vid distribution av de olika modellerna och deras revideringar.

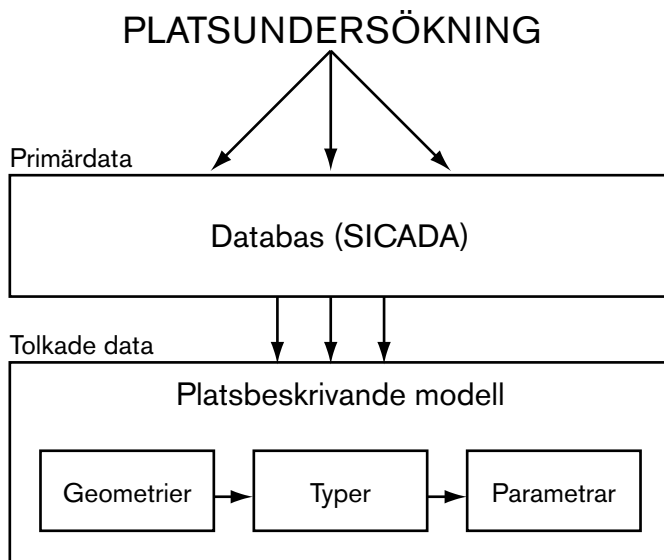
Beskrivningen av den geologiska barriärens funktion i ett slutförvar av använt kärnbränsle baseras på en modellkedja (Andersson m fl, 2000) som inleds med en begreppsmodell (jmf konceptuell modell (Olsson m fl, 1994)) och en preliminär geovetenskaplig modell som ger underlag till att bestämma den geometriska utsträckningen inom vilket problemet skall lösas, volymens storlek samt dess yttre randvillkor och de egenskaper modellen är tänkt att representera. Numeriska metoder används ibland för att simulera pågående processer eller för att bestämma värden för specifika egenskaper (Olsson m fl, 1994). För att skapa en begreppsmodell av en undersökningsplats som är användbar i denna kedja krävs en systematisk metodik som leder till spårbarhet i data och tolkning, kvantifiering av geometrier och anpassat format för de modellverktyg som skall använda sig av resultatet. I praktiken utgör tolkningen av geologiska data grunden för att upprätta den geometriska modellen. Under den iterativa samutvärderingen kan den geometriska



Figur 4-1. Undersökningarnas primärdata (mätdata och rutinmässigt beräknade värden) samlas i en databas, som tolkas och presenteras i en platsbeskrivande modell, vilken består av en beskrivning av platsens geometri och olika egenskaper.

tolkningen modifieras. Figur 4-1 illustrerar hur platsundersökningsdata är tänkt att behandlas i en rad geovetenskapliga modeller som utgör en sådan bas för studier av förvarslayout och säkerhetsanalys.

Figur 4-2 visar hur en platsbeskrivande modell i princip byggs upp genom att utgående från databasens primärdata, vilka representerar enskilda mätpunkter i den komplexa, naturligt varierande berggrunden, upprätta en förenklad representation i geometriska enheter med volymsrepresenterade egenskaper. Den huvudsakliga basen för dessa objekt kommer från den geologiska undersökningen av platsen. Ytterligare information kan tillföras från de övriga ämnesområdena. Slutprodukten används för att placera in ett slutförvar på platsen. Utifrån dessa modeller kan sedan platsens lämplighet utvärderas (platsutvärdering och säkerhetsanalys).



Figur 4-2. Schema för hur den platsbeskrivande modellen byggs upp med hjälp av diskreta geometrier (se 4.5.2) baserat på platsundersökningsdata. Objekttypen (se 4.5.3 för definition) är den struktur som geometrin bedöms kunna representera, exempelvis "deformationszon", "bergartskontakt", etc.

4.2 Data som används för byggande av platsbeskrivande modeller

Platsundersökningar planeras att genomföras huvudsakligen i två steg, inledande platsundersökningar och kompletta platsundersökningar. Dessa steg har föregåtts av förstudier och följs av detaljundersökningar. Huvudsyftet med den stegvisa platsundersökningen är att gradvis öka kunskapen om platsen genom att etablera en preliminär förståelsemodell under de inledande platsundersökningarna och en mer detaljerad modell under de kompletta platsundersökningarna. Under de inledande platsundersökningarna genomförs en omfattande undersökning av de geologiska förhållandena på undersökningsplatsen i enlighet med platsundersökningsprogrammet (SKB, 2001).

I genomförandet av dessa undersökningar kommer ett stort antal mät- och undersökningsmetoder att användas. Dessa kan översiktligt indelas i geofysiska- och ytgeologiska observationer, borrhålsundersökningar och geodetiska mätningar. Ytterligare metoder kommer att användas för att mäta den hydrogeologiska-, termiska-, bergmekaniska- och hydrogeokemiska beskaffenheten hos platsens strukturelement och bergenheter.

Målet är att genomförda platsundersökningar ger ett så komplett faktaunderlag att platspecifika säkerhetsanalyser kan göras och att platsen för slutförvaret kan väljas. För att systematiskt administrera och bearbeta den stora mängd undersökningsdata som erhålls under platsundersökningens olika skeden lagras data i en platsundersökningsdatabas, SICADA (SIte ChAracterisation DAtabase).

Den information som används för byggande av platsbeskrivande modeller utgörs företrädesvis av data som lagrats i SICADA eller som finns tillgängligt i annan form, exempelvis GIS. Information som ej kan lagras i SICADA, exempelvis deformationshistoria, redovisas som rapporter.

4.3 Den geometriska modellens innehåll

4.3.1 Allmänt

Den platsbeskrivande modellen baseras på att den geometriska utsträckningen definieras av dominerande enheter samt att modellens volym och randvillkor fastställs. Modellen ska ge en förenklad representation av de fördelningar av egenskaper som finns i verkligheten. Andersson med flera (2000) har angivit vilka geovetenskapliga krav och önskemål som djupförvaret ställer på berget och hur man i samband med platsundersökningen kommer att utnyttja tillgänglig platsbeskrivande information för utvärdering av platsens betydelse. Den geovetenskapliga informationen (data och parametrar) som erfordras för denna utvärdering och för den geovetenskapliga förståelsen är sammanställd av Andersson m fl (1996) samt kompletterad i SKB (2000).

4.3.2 Modellkomponenter och principer

En geometrisk modell innehåller i huvudsak geometrier för deformationszoner, förkastningar, sprickor och bergenheter men även geometrier för t ex jordarter, markyta, grundvattenytor. Modellen kan dessutom innehålla geometrier för borrhål, schakt och tunnlar vilka i kombination med geometrierna för geologin kan användas för planering av borrning, projekteringen av djupförvaret eller som underlag för olika typer av riskanalyser och simuleringar.

Under platsundersökningen samlas stegvis alltmer detaljerade data från platsen i SKB:s platsundersökningsdatabas, SICADA, vilken utgör den övergripande platsbeskrivande primärdatabasen innehållande information från alla geovetenskapliga discipliner. Samtliga data i SICADA har en geografisk referens, dvs data är kopplat till en observationspunkt på ytan, längs en tunnel eller ett borrhål. Data som går in i SICADA är dels renodlade primärdata, t ex temperaturvariationen i grundvattnet längs ett borrhål, eller primärt tolkade (rutinmässigt beräknade) data som t ex hydraulisk konduktivitet sektionvis längs samma borrhål. I SICADA finns dock ej någon tolkning av utsträckning, variation eller orientering av sprickzoner, bergenheter eller andra strukturer i undersökningsområdet. Denna tolkning utförs vid den geometriska modelleringen. Tolkningsförfarandet är ett samarbete mellan alla tillämpliga ämnesområden, även om den till största delen bygger på geologiska data, och är en fortlevande process under hela platsundersökningen. Tolkade geometrier kan förändras, förflyttas eller tas bort efter behov när mer information finns tillgänglig. Dessa förändringar omhändertas och kan spåras med hjälp av versionshantering av modeller.

Metodikerna för att bygga geometriska modeller bygger på att primärdata hämtas från SICADA och visualiseras i RVS. Visualiseringen av primärdata sker genom en direkt koppling mellan RVS och utvalda delar av SICADA. Baserat på visualiserade yt- och underjordsdata (primärdata) identifieras möjliga korrelationer och strukturer vilka sedan tolkas med avseende på läge och utbredning. RVS används för att visualisera uppmätta punktvärden i borrhål och på markytan eller utmed plan som representerar geofysiska, geologiska, kemiska, bergmekaniska eller termiska mätvärden, reflektorer, profiler eller kartor. Utifrån dessa primärdata kan tolkningsalternativ prövas i en iterativ process som leder till att platsens geometriska element kan skapas i RVS.

En geometrisk modell kan rymma samtliga klasser av objekt som omfattas av den klassiska (euklidiska) geometrin, det vill säga punkter (dimension, $D=0$), kurvor ($D=1$), ytor ($D=2$) och volymer ($D=3$).

Metodiken att etablera en geometrisk modell över en plats är systematiskt iterativ men samtidigt flexibel så att modellen kan modifieras efter varje avnämares önskemål. För att säkerställa korrekt versionshantering, kompatibilitet och logik i modelluppbyggnaden måste emellertid följande principer följas:

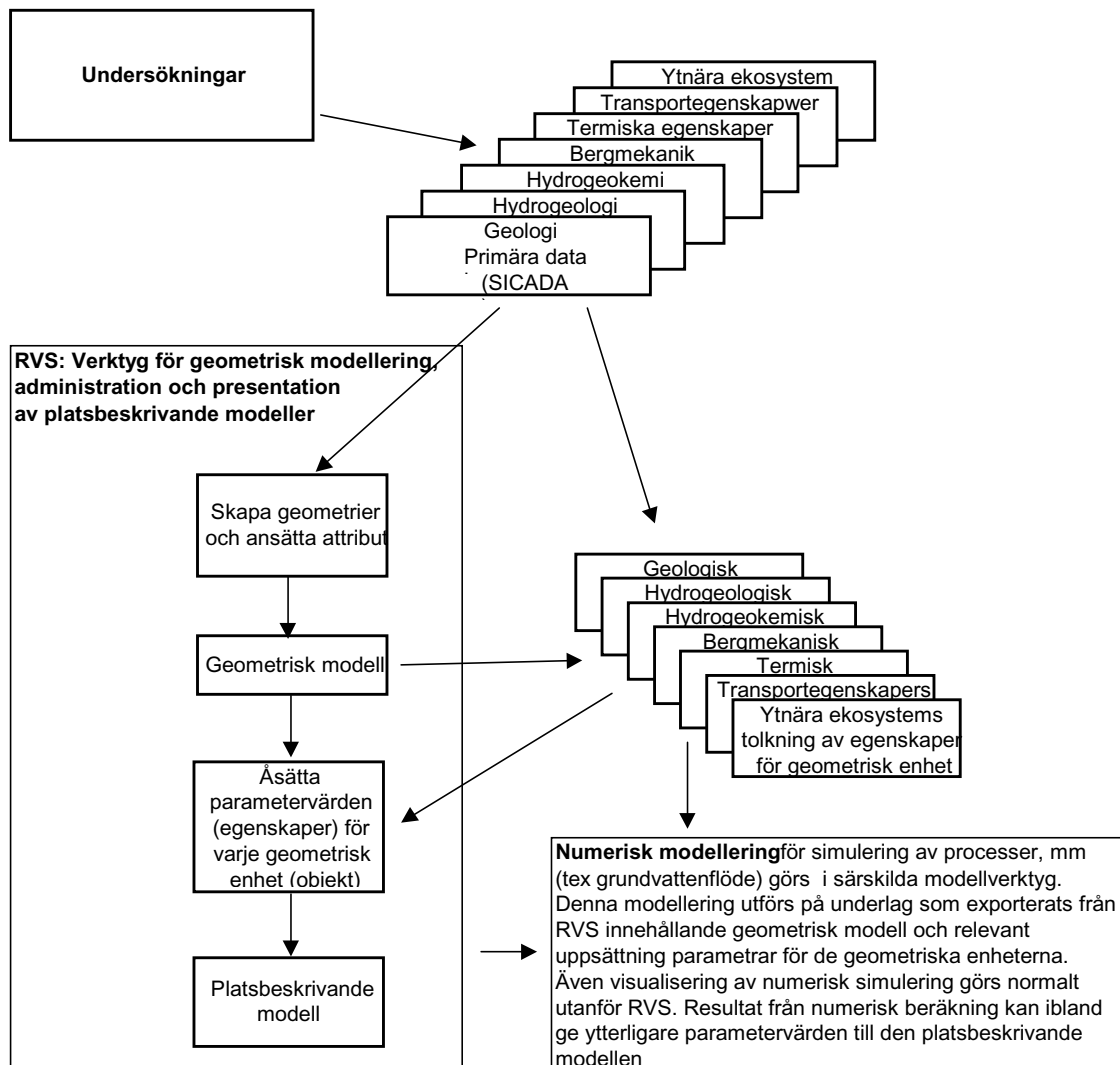
- Modeller i olika skalor inom samma område skall ligga i samma koordinatsystem. Det innebär att modeller med olika skalor kan samexistera i ett skälställt system.
- Den geometriska modellen skall vara beskriven i alla punkter, så kallat "space filling". Detta innebär att modellen fylls av geometriska objekt på ett sådant vis att ingen del lämnas obeskuren.
- Utsträckning och form av varje enskilt objekt skall kunna ändras när som helst under modelleringsarbetet. Objekten skall även kunna avlägsnas men samtliga skeenden måste vara spårbara.
- Primärdata eller tolkningsursprunget till varje objekt skall kunna spåras direkt från modellen.
- Användarrättigheter styr möjligheten att modifiera objekttyper (se avsnitt 4.6).
- Den geometriska modellen skall gå att exportera till andra modellverktyg. För maximal kompatibilitet skapas ytor som polygoner (triangulerade ytor).
- Leveranser till olika avnämare skall styras centralt.

4.4 Konstruktion av den geometriska modellen

4.4.1 En överblick

En systematisk uppbyggnad av den geometriska modellen säkerställer spårbarhet bakåt i tiden och ger möjligheter till jämförelser mellan olika platser. Modellen övergår successivt från att vara strikt geometrisk till geovetenskaplig genom definition av objekttyper och angivande av tolkade geovetenskapliga egenskaper. Följande stegvisa och iterativa (figur 4-3) modelleringsmetodik föreslås för byggandet av geometriska modeller i olika skalor:

1. Modellvolymen definieras i samråd med samtliga avnämare (platsundersökning, projektering, säkerhetsanalys) för att säkerställa erforderlig areell utbredning och djup.
2. Relevanta, kvalitetskontrollerade primärdata ur SICADA visualiseras.
3. Korrelationer och strukturer identifieras varvid tolkningsalternativ prövas i en iterativ process.
4. De i modellvolymen identifierade strukturerna tolkas geometriskt med hjälp av därför utvecklade verktyg (RVS).
5. Objekttyper definieras för de tolkade geometrierna (se 4.5.3 för definition). Därvid skall hänsyn tas till information som ej föreligger i SICADA (exempelvis rapporter).
6. Egenskaper för de tolkade geometrierna anges (metodiken för hur egenskaperna framtolkas ingår ej i denna rapport).
7. I samråd med berörda avnämare godkänns modellen och görs tillgänglig för export till extern användning (för t ex numerisk modellering).



Figur 4-3. Figuren redovisar en principiell flödesplan för upprättandet av platsbeskrivande modeller. Bilden visar den iterativa processen som omfattar geometrisk konstruktion i RVS och tolkning/analys. Båda dessa moment är baserade på databasens information.

4.4.2 Visualisering av primärdata och tolkning av geometrier

Modelleringen inleds med att fastslå modellens läge och storlek. Undersökningsdata visualiseras i angivet koordinatsystem och används som utgångspunkt för tolkningen av geometrier. Tolkningsarbetet för att fastslå utbredningen av olika geometriska objekt är en process där samarbete sker över de enskilda geovetenskapliga disciplinerna och berörs ej vidare i detta arbete. Metodiken som redogörs här förutsätter att en tolkning av primärdata genomförs och ett antal geometriska objekt fyller modellvolymen. En mer detaljerad beskrivning av hur detta tekniskt går till i modellverktyget RVS beskrivs under avsnitt 4.5.

4.4.3 Ansättande av objekttyper

Geometrierna i den geometriska modellen innehåller ingen som helst information, koordinater undantagna, förrän de definierats som en s k objekttyp. Objekttypen kan betraktas som en grupp geovetenskapliga parametrar vilka tillsammans beskriver exempelvis en geologisk struktur. Utan objekttyper är det inte möjligt att veta vad ett geometriskt objekt representerar. Förutom att tala om vad objektet representerar, tillhandahåller objekttypen en koppling till de geovetenskapliga egenskaperna för objektet.

För att, exempelvis, definiera en sprickzon skapas först en yta (2D) eller volym (3D), tolkat från de primärdata som finns tillgängliga. Objektet ansätts objekttypen "Deformationszon" och erhåller därmed en koppling till ett datablad med egenskaper relevanta för att beskriva en deformationszon, t ex strykning, stupning, RMR, antal sprickgrupper, vattenföring, m m. Om, exempelvis, objektet istället skall representera en bergartsgång ansätts typen "Bergenhet" vilket medför att bergartsspecifika parametrar kopplas till objektet exempelvis, kornstorlek, foliation, porositet, m m.

Principerna för kopplingen av geometrier till en lämplig uppsättning parametrar är följande:

- Till varje objekt skall en objekttyp definieras. Objekttypen anger vad objektet representerar och därmed vilka egenskaper som kan tillskrivas objektet.
- Endast en objekttyp kan definieras för varje geometriskt objekt.
- Egenskaperna ansätts. Dessa skall vara representativa för hela det modellerade objektet. Om så inte är fallet kan objektet delas upp i mindre enheter. Egenskaper kan anges antingen som enskilda värden för varje geometri eller som statistiska fördelningar.
- Objektens typer och egenskaper skall kunna ändras och uppdateras när som helst under modelleringsarbetet. Dock styrs användarens rätt att modifiera objekttypen av en på förhand fastställd struktur av rättigheter. Normalt skall dessa rättigheter vara kopplade till specifika ämnesområden.
- Versionshistoria för varje objekt och dess förändringar i egenskaper skall bibehållas för kvalitetssäkring.
- Objekttyper skall gå att exportera till andra modellverktyg tillsammans med det berörda geometriska objektet.

I tabell 4-1 redovisas de olika klasserna av geometrier och de objekttyper som är tillgängliga för varje.

Tabell 4-1. Tabellen redovisar sambandet mellan geometrier och de olika typer med vilka de kan märkas. De generella typerna (se 4.5.3 för definition) i tabellen används för att ge modellören flexibilitet i arbetet. Arbetet med att framta detaljerade parameterlistor för de olika typerna pågår.

Geometri	Typ	Kommentar
Punkt	Punkt	Punkter visualiseras vanligen direkt från SICADA.
Kurva	Lineament	
	Vattendrag	Bäckar, mindre åar.
Yta	Generell kurva	
	Markyta	Topografin kan även omfatta vattendragens och havsbottens topografi.
	Bergyta	Bergyta.
	Deformationszon	Lokala mindre sprickzoner och enstaka större sprickor representeras lämpligen som ytor.
	Bergenhetsgräns	Delar två eller fler bergenheter.
	Jordenhetsgräns	Delar två eller fler jordenheter.
	Vattengräns	Gränser i t ex sjöar, vattendrag, hav och grundvattenyta.
	Vattendrag	Sjö, hav i planvy (Import från GIS).
Volym	Generell yta	Kan exempelvis vara isoyta mellan olika enheter.
	Deformationszon	Regionala-, lokala större- och vissa lokala mindre zoner modelleras som volymer.
	Bergenhetsgräns	
	Jordenhet	
	Vattenenhet	Sjö, hav, grundvatten.
	Tunnel	
	Schakt	
	Utrustning	T ex manschetter i borrhål.
	Generell volym	

Lineament av olika slag är de vanligast förekommande endimensionella objekttyperna och representeras av kurvor i modellen. Lineament kommer troligen att representeras i en egen, väsentligen 2-dimensionell, modell vilken kommer att användas som bakgrundsmodell för fortlöpande uppdateringar och 3-dimensionella modeller.

För att säkerställa flexibilitet i modelleringen skall användaren kunna modellera ”generella kurvor”. Dessa har parametrar, namn etc. som fastställs av användaren. Exempelvis skulle dessa kunna vara karteringslinjer (scanlines) för sprickartering, profiler m m.

Borrhål kan representeras som linjer eller kurvor baserat på koordinater företrädesvis genom visualisering av data från SICADA. För att säkerställa flexibilitet och oförutsedda framtida behov skall borrhål kunna skapas direkt i modellen.

Tvådimensionella ytor används för att helt eller delvis dela modellen. Sådana ytor kan utgöra gränser mellan olika domäner, t ex isoytor, eller utgöra enskilda strukturer såsom deformationszoner, gångar eller bergartskontakter. Dock tillskrivs vanligen deformationszoner av signifikant storlek en tjocklek i modellen och dessa modelleras därför företrädesvis som volymer.

Tvådimensionella ytor kan också härstamma från GIS eller skapas direkt i RVS. Sådana ytor kommer dock troligen endast utgöra ett mellansteg i modelleringsarbetet. Exempelvis skall berg- och jordartskartering kunna importeras från GIS för modellering av 3-dimensionella objekt. De tvådimensionella objekten fyller emellertid en viktig funktion i modellen då spårbarheten till ursprungliga tolkningar ej annars kan säkerställas. I likhet med lineament kommer särskilda 2-dimensionella modeller att skapas vilka kommer att användas som bakgrund till de 3-dimensionella modellerna.

Bergenheter används för att särskilja delar av bergblock inom vilken en särskild egenskap (parameter) bedöms vara konstant eller kan representeras av en statistisk fördelning. I ett första steg delas blocken in i bergenheter på basis av bergart. I takt med att informationsmängden ökar kommer det att finnas erforderligt underlag för ytterligare indelning efter andra egenskaper, exempelvis bergkvalitet.

Tunnel, Schakt och Borrhål är de objekttyper som används för att inkludera konstruktioner i modellen. Utrustning är en generell objekttyp som ger användaren möjlighet att lägga in objekt för exempelvis manschetter i borrhål, pumpanläggningar längs med tunneln m m.

4.4.4 Dubblering av objekttyper

Ett objekt kan endast beskrivas med en objekttyp, dvs det kan endast tolkas som en sak. En volym kan alltså endast beskrivas med ett givet antal parametrar. Denna till synes snäva princip medför dock stora fördelar vad gäller datahanteringen av objekt och kvalitetssäkringen av de egenskaper som knyts till denna objekttyp. Exempelvis skulle en diabasgång kunna reaktiveras som sprickzon och det skulle då skenbart föreligga ett behov att märka objektet med både "Bergenheter" och "Deformationszon". Men stora delar av parametrarna hörande till objekttypen "Bergenheter" finns representerade, om än i annan form, i objekttypen "Deformationszon" exempelvis parametern "Bergart". En starkt uppsprucken diabasgång skulle därmed kunna tillskrivas objekttypen "Deformationszon", med dess specifika sprickparametrar, och bergarten "Diabas". Sökverktyg i RVS planeras så att användaren ges möjlighet att visualisera olika aspekter av objekten. Modellören kommer att kunna välja att antingen betrakta objektet som en zon, som en bergartsgång eller som båda beroende på kriterier för sökning.

En annan situation som kan uppstå är att en deformationszon skär två (eller flera) olika bergarter. Objektet kommer i modellen ansättas objekttypen "Deformationszon" och det kommer att finnas två möjligheter vid modelleringen. Antingen modelleras zonen som ett enda objekt där den dominerande bergarten anges, eller så modelleras zonen som flera objekt med objekttypen "Deformationszon" och egna uppsättningar parametrar för bergart. Av dessa metoder förordas den senare. Visserligen kommer antalet objekt att öka, och därmed komplexiteten i modellen, men med hjälp av grupperingsfunktioner i RVS, baserade på sökkriterier, kan användaren avlastas genom att deformationszonen visualiseras som ett enda objekt.

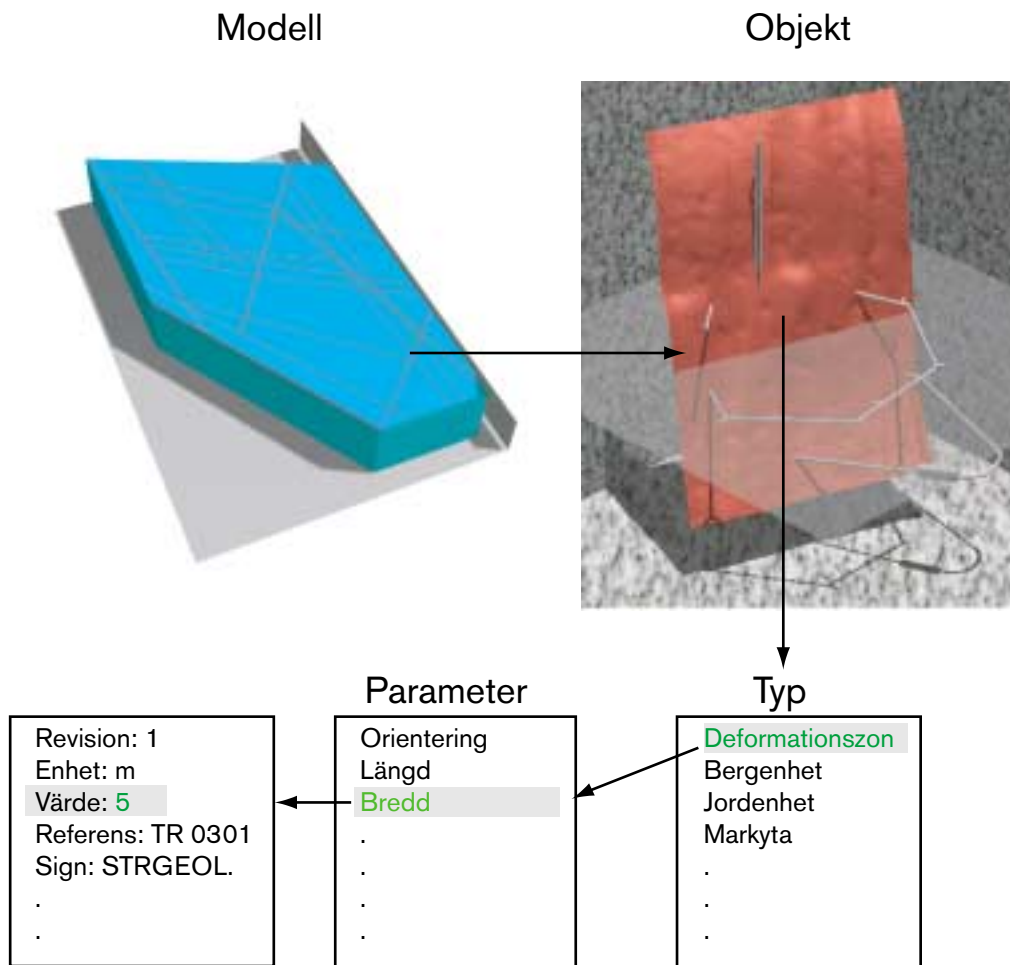
4.4.5 Objekttypernas parametrar

De egenskaper som kan bestämmas vid en platsundersökning redovisas i Andersson med flera (1996), SKB (2000) och (SKB, 2001). Utformningen av olika objekttyper och de egenskaper med vilka dessa beskrivs är bestämd av de parametrar som redogörs i dessa rapporter. Utöver dessa parametrar tillkommer ett antal parametrar som beskriver modellspecifika egenskaper främst användbara vid modellering av volymer och ytor samt tillämpbara på förvarslayout. Till skillnad från primärdata från SICADA utgör samtliga parametrar i en geometrisk modell tolkningar vilka lagras tillsammans med de geometriska objekten i modellen. Tolkningen av egenskaperna hos objekten kan baseras på data från SICADA men kan även härstamma från annat håll exempelvis en beskrivande rapport. Skillnaden kan exemplifieras enligt följande: En sprickzon genomskärs av ett antal borrhål. Sprickfrekvensen längs borrhärnan beräknas från karteringen av kärnan och ligger i SICADA. Från denna sprickfrekvens *tolkas* bredden av sprickzonen. Troligen kommer den tolkade bredden att vara olika i de olika borrhålen. I den geometriska modellen anges därför för varje sprickzon en representativ bredd som kan anges som konstant eller som fördelning. Det är således endast tolkningen som representeras av parametern "bredd" hörande till objekttypen "deformationszon".

Varje objekttyp styr vilka parametrar med vilka objektet kan beskrivas. Många objekttyper har delvis samma parametrar för att beskriva generella egenskaper. I Appendix A1 redovisas ett exempel på parametertabell och tillhörande dialogboxar i RVS. Arbetet med identifiering av lämpliga parametrar pågår (mars 2001).

Till samtliga typer finns parametrarna "Referens" och "Signatur". I "Referens" skall en hänvisning till tolkningsförfarandet anges. Detta kan vara en objekts- eller en modellbeskrivning. I "Signatur" anges en referens till den ansvarige för tolkningen. För ett stort antal parametrar skall dessutom "Kunskapsnivå" kunna anges. Denna skall uttrycka expertens kunskapsnivå om tolkningen eller härledningen av en viss parameter.

Sambandet mellan modell, objekt, typ och parametrar redovisas schematiskt i figur 4-4.



Figur 4-4. Schematisk illustration av sambandet mellan modell, objekt (se avsnitt 4.5.2), typ (se avsnitt 4.5.3) och parametrar (se Appendix A1) för varje geometriskt objekt.

4.5 Implementering i RVS

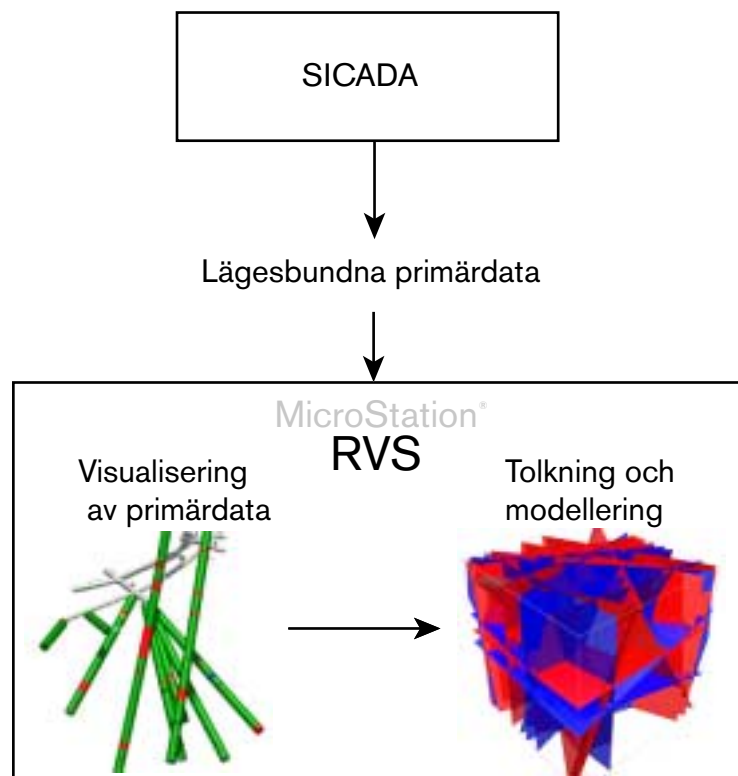
SKB har utvecklat ett speciellt verktyg, RVS (Rock Visualisation System), för modellering och visualisering av geologiska strukturer. RVS är en applikation som använder CAD-systemet MicroStation® (1998) som kärna. Microstation har omfattande funktioner för att skapa och omforma geometriska objekt i 3D och kan dessutom hantera kopplad information mellan objekt och databas likt ett 3D GIS system.

Den modelleringsmetodik som beskrivits i avsnitt 4 är anpassad för RVS. Metodiken är dock skriven på ett så allmänt sätt att det skall gå att använda andra liknande programvaror i framtiden. Den befintliga funktionaliteten i RVS är mer omfattande än vad som framgår av denna rapport. Dessutom pågår vidareutveckling av RVS för fullständig anpassning till föreliggande metodik. RVS beskrivs i detalj i Markström m fl (2000). Nedan följer en sammanfattning av existerande eller planerad funktionalitet i RVS som möjliggör modellering enligt angiven metodik. I de fall funktionaliteten är planerad anges detta särskilt.

4.5.1 Koppling till SICADA

RVS är intimt sammankopplat med SICADA och klarar att ta emot och hantera stora mängder undersökningsdata. Själva grundstenen i RVS består av att kunna hämta geografiskt relaterade data från SICADA och snabbt visualisera dessa utifrån användarens önskemål. RVS styrka är friheten att behandla primärdata för att belysa anomalier och kombinationer i stora datamängder. Figur 4-5 illustrerar schematiskt hur platsundersökningsdata från SICADA används i RVS.

För att få underlag för konstruktionen och tolkningen av en modell i RVS visualiseras primärdata på olika sätt. RVS har ett stort antal valmöjligheter för hur yt-, borrhåls- och tunneldata presenteras. Tabell 4-2 visar olika former av primärdata som kan visas i RVS.



Figur 4-5. Illustration av arbetsflödet att hämta data och använda sig av visualisering i RVS.

Tabell 4-2. Visualisering av primärdata från SICADA i RVS.

Typ av primärdata	Visualiseringsmetod	Kommentar
Ytdata	Linjer, ytor	Lineamentsdata visualiseras som linjer. Ytelement från kartor och lagras normalt inte i SICADA. Kartdata tas in till RVS via import av ASCII eller DGN. Funktionalitet att importera GIS data är planerad.
Borrhålsdata	Cylinder, plan eller kurva	Samtliga data kopplas till en längdkoordinat som följer borrhålets utsträckning.
Tunneldata (undersökningsdata från tunnelkartering)	Linjer, ytor	Tunneldata tas normalt in via ASCII eller DGN.

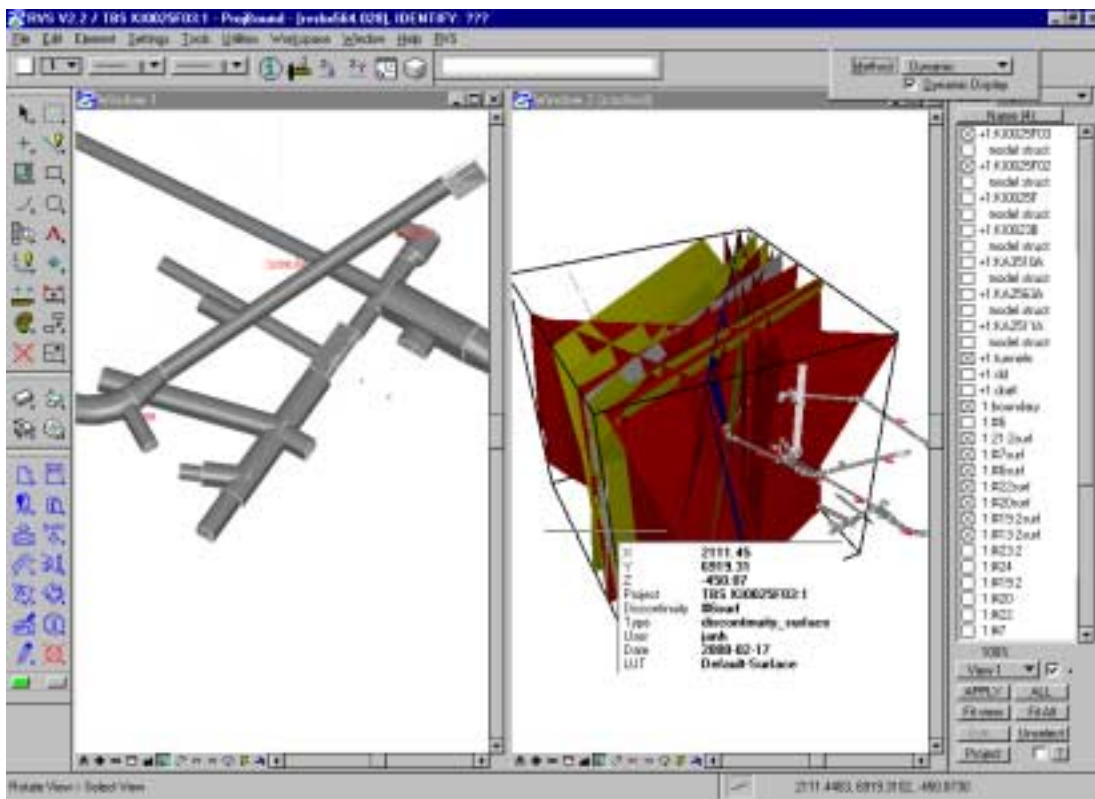
Färg, typ, skalfaktor och namn styrs av användaren. Varje visualisering är spårbar och går att återskapa i efterhand. Förändringar av genomförda visualiseringar är begränsade för spårbarhetens skull.

Visualiseringen sker genom att användaren väljer en av de parametrar som laddats ned från SICADA samt anger visualiseringsform. RVS läser ur den lokala databasen och ritar grafiken automatiskt.

Samtliga primärdata-visualiseringar och importer av andra grafiska filer lagras i ett av RVS definierat projekt. Modellvolym, namn, koordinatläge m m anges av användaren. Projektet är låst för obehöriga och kan endast editeras av administratör eller angiven användare. Projektet är helt objektsstyrt och innehåller normalt ett okänt antal krypterade filer.

För att skapa nästlade modeller eller utnyttja tidigare arbeten kan andra RVS projekt visas i det aktiva projektet som bakgrundsinformation.

Figur 4-6 visar RVS modelleringsmiljö. Visualiseringar av primärdata, importerade grafiska filer och modellerade objekt samlas alla i en objektstabelle i RVS, synlig i högra delen av figur 4-6. Tabellen utgör kärnan i RVS och används för att skapa vyer för tolkning eller modellering. Vyerna i den centrala delen visar valfritt antal objekt som är aktiva i projektet. Modelleringsmiljön är helt i 3D och har kraftfulla verktyg bland annat för tunnelloid, volyms- och ytmodellering samt produktion av plankartor. RVS utvecklades för närvarande (mars 2001) så att verktyg för att koppla egenskaper till de modellerade objekten implementeras.



Figur 4-6. Samtliga visualiseringar, importerade grafiska filer eller modellerade objekt i RVS listas i objektstabellen (till höger i figuren). Objekt och primärdata kan visas i olika vyer för att underlätta byggandet av modellen. De visualiserade objekten är direkt kopplade till modelldatabasen och information kan fås direkt i vyn (nedre högra fönstret) eller via ett menysystem.

4.5.2 Modellering av geometriska objekt i RVS

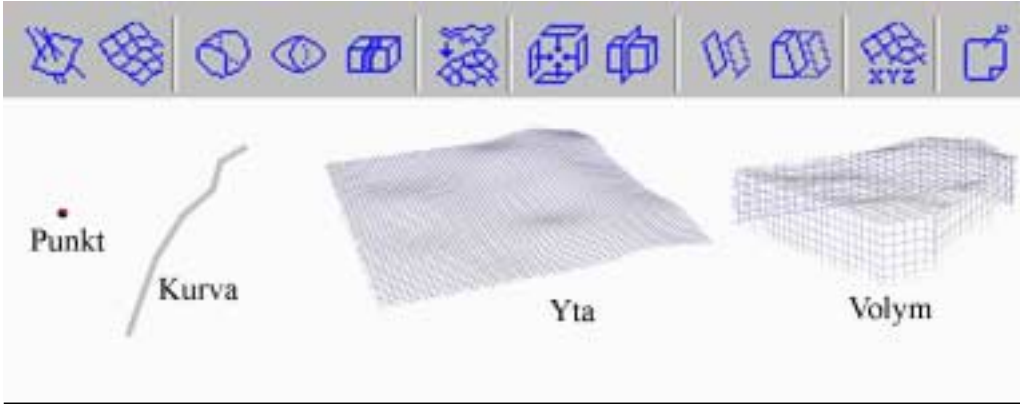
I RVS ges möjligheten att, baserat på de visualiserade undersökningsdata, skapa fyra geometriska basobjekt: punkter, kurvor, ytor och volymer. Metodiken för hur man utifrån olika former av primärdata avgör (tolkar) hur dessa geometrier sträcker sig i modellen ingår ej i detta arbete. Här beskrivs endast den metodik som krävs för att konstruera, ändra eller ta bort varje typ av geometriskt objekt.

En platsbeskrivande modell skall i möjligaste mån vara beskriven i alla punkter. För att uppnå detta ansätts en modellvolym inom vilken alla modellerade objekt skall rymmas. Visualiserade primärdata kan ligga utanför denna volym men ändå utgöra underlag för tolkningen. Modellvolymens storlek ansätts i samråd med de som skall använda sig av resultatet. En rad modeller med olika modellvolym skapas i olika skalor inom samma koordinatsystem (se avsnitt 4.6). Modellerna har olika detaljeringsgrad beroende på skala. Metodiken för att skapa geometrier är dock densamma i alla skalor.

Geometrier kan skapas med hjälp av ett flertal olika verktyg i RVS (se avsnitt 7 för exempel). Gemensamt för samtliga dessa verktyg är att objektets geometri inte bara sparas som grafik utan även i den lokala modelldatabasen. Objekten är möjliga att ändra i läge, form och utsträckning. Varje förändring registreras i den lokala objektsdatabasen.

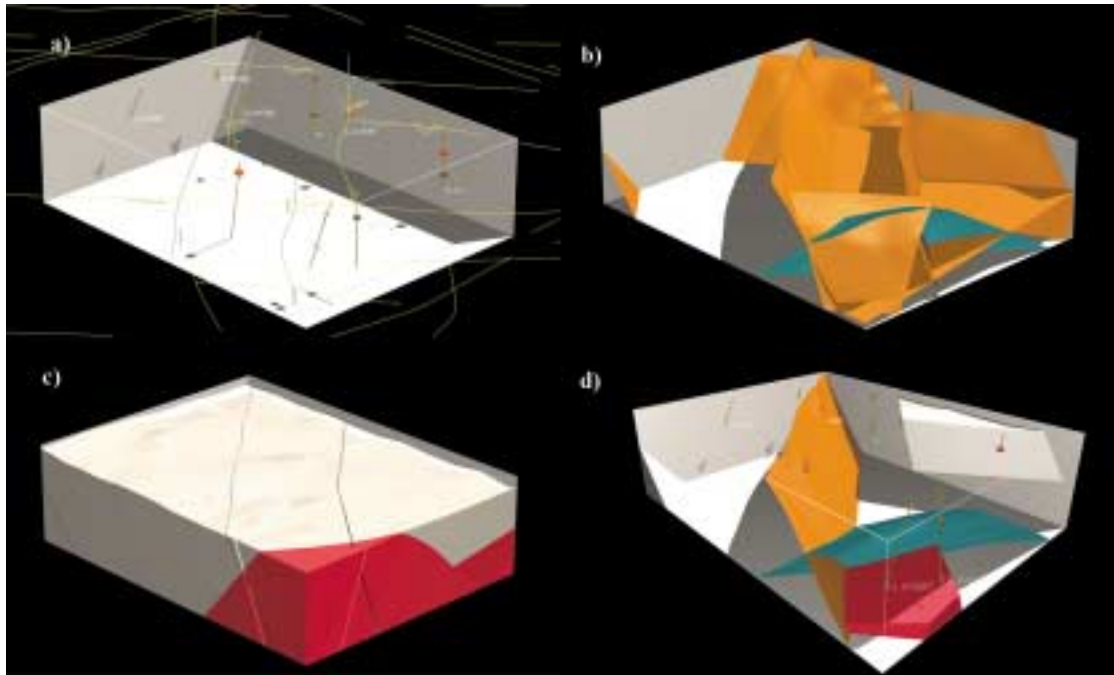
Figur 4-7 visar modelleringsalternativ för att skapa de fyra basgeometrierna. Alla typer av geometrier kan skapas med hjälp av koordinater, antingen i RVS eller som importerade ASCII data. Användaren kan även med hjälp av pekdon placera varje enskilt objekt. Kurvor, ytor och volymer kan begränsas av andra ytor och volymer vilket underlättar modelleringsmetodiken. Ytterligare verktyg för avancerad trunkering är planerad.

Modelleringsmenyn överst i figur 4-7 visar ett antal befintliga verktyg för att på enkelt sätt skapa dessa geometrier.



Typ av geometri	Koordinater	Grafiskt val	Begränsnings- ytor	Begränsnings- volymer
Punkt	●	●		
Kurva	●	●	●	●
Yta	●	●	●	●
Volym	●	●	●	●

Figur 4-7. Geometriska modelleringsalternativ i RVS. Varje typ av geometri kan definieras med hjälp av upp till fyra alternativ.

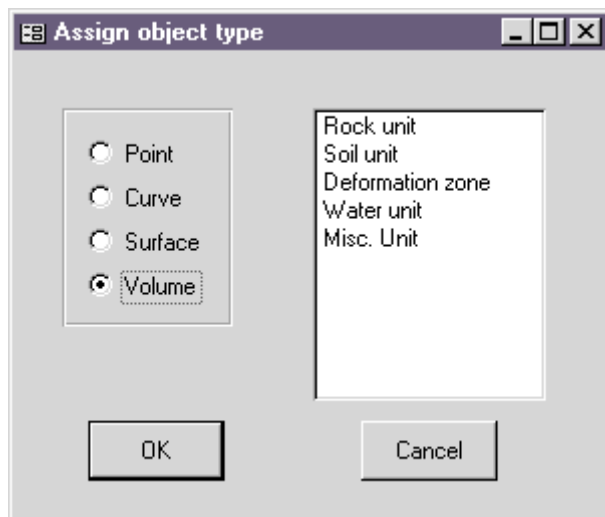


Figur 4-8. Exemplet visar modellens alternativa representationer. a) I visualiseringsmodellen redovisas primärdata, SICADA data och andra s k visualiseringar. b) I trådmodellen definieras ytobjekt. Dessa kan endera vara renodlade ytobjekt såsom sprickor eller utgöra gränsytor för volymer (t ex bergartsgränser). I c) redovisas en blockmodell som automatiskt genereras från trådmodellen (planerad funktionalitet). d) De olika representationerna kan visas samtidigt för användaren för att underlätta vid modellering (planerad funktionalitet).

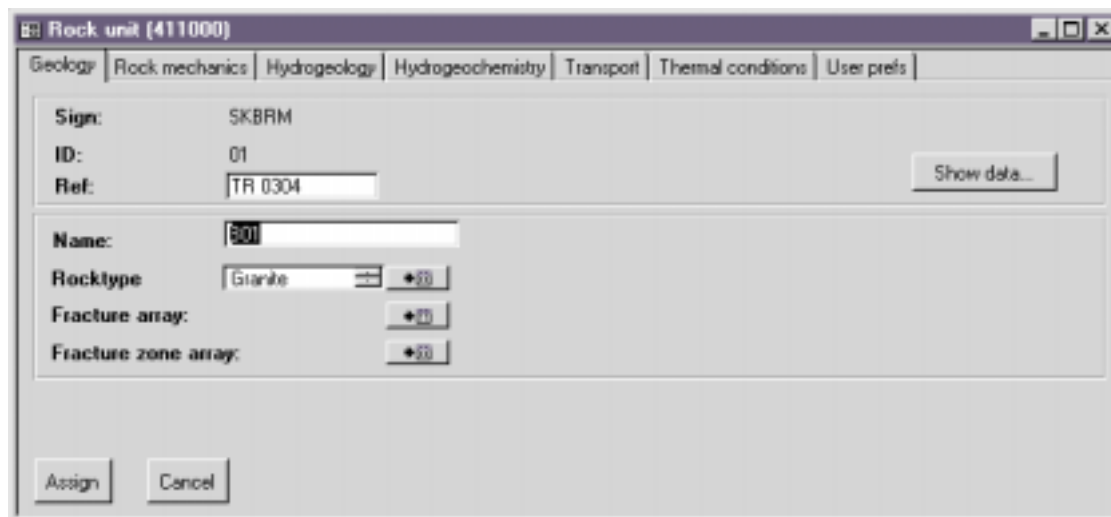
Varje modell skall bestå av tre representationer eller submodeller: trådmodell, blockmodell och visualiseringsmodell. I trådmodellen skall de geometriska objekten punkt, kurva och yta skapas. I blockmodellen skall volymer från ytor som definierats i trådmodellen skapas (planerad funktionalitet). I visualiseringsmodellen skall objekt som är kopplade till SICADA och andra s k primärdata skapas. Objekttyper för punkter, kurvor och ytor skall ansättas i trådmodellen medan objekttyper för volymer skall ansättas i blockmodellen (planerad funktionalitet). Submodellerna skall kunna redovisas samtidigt men editering skall bara vara möjlig i en modell åt gången (planerad funktionalitet). Med ett speciellt "switch" verktyg skall användaren snabbt kunna växla mellan de olika submodellerna (figur 4-8).

4.5.3 Ansättande av objekttyper och parametrar i RVS

När ett geometriskt objekt skapats är utvecklingen av RVS planerad så att användaren skall ansätta en objekttyp via en typpdialog, se figur 4-9. Dialogen bör anpassas efter vilket geometriskt objekt som är aktivt. Dialogen skall lista de objekttyper som är angivna i tabell 4-1 (viss modifikation förväntas då utveckling pågår). När valet av typ är gjort skall användaren via parametertabeller fylla i de egenskaper som objektet representerar i enlighet med användarens redigeringsrättigheter och med hänsyn till tillgänglig information. Figur 4-10 visar den meny med egenskaper som skall möta användaren för objekttypen bergenhets.



Figur 4-9. Huvuddialog för objekttyper (planerad funktionalitet).



Figur 4-10. Exempel på huvuddialog för att ansätta egenskaper till ett objekt av typen bergenhät (planerad funktionalitet). Dialogen innehåller subdialoger för att i detalj kunna beskriva bergarten samt dialoger för att kunna definiera sprickmatriser för stokastisk modellering.

För varje geometriskt objekt skall således en objekttyp väljas vilket i sin tur ger ett urval av parametrar som gäller för detta objekt. Egenskaperna som tillskrivs objektet skall vara representativa för hela objektet. Skulle någon parameter av väsentlig betydelse variera signifikant inom ett objekt skall objektet delas upp i mindre subobjekt (se 4.4.5). Detta innebär att egenskaper med stor variation i rummet är mindre lämpliga att modellera då detta kan generera ett ohanterligt stort antal objekt. Detta bör emellertid i viss mån kunna hanteras med den planerade implementeringen av isoytor i RVS.

4.6 Revisioner och kontroll

RVS är utformat för att kunna ta emot en utvald del av SICADA och lagra denna lokalt hos klienten. Varje modellör kan i dagsläget fritt välja vilka primärdata som skall beställas av SICADA genom en rad valmöjligheter i RVS. Beställningen exekveras automatiskt av SICADA och levereras till RVS via email eller över ett nätverk.

Den lokala RVS-databasen är låst på så sätt att användaren inte kan ändra på innehållet efter att en databeställning från SICADA lagrats i systemet. Ett kontrollsystem säkerställer att den lokala databasen är en perfekt kopia av aktuella data i SICADA. Vid varje ny databeställning kontrolleras och uppdateras den befintliga lokala databasen mot eventuella förändringar och nyheter i SICADA. Användaren ges möjlighet att uppdatera existerande visualiseringar om berörda primärdata har ändrats.

En planerad funktionalitet är att användaren skall kunna prenumerera på data som är särskilt viktiga genom att den lokala databasen automatisk kontrolleras mot SICADA i enlighet med användardefinierade tidsintervall. Uppdaterade, förändrade eller nytillkomna data av prenumererad typ, exempelvis borrhål med data, skall flaggas för användaren som interaktivt kan uppdatera eller den lokala databasen.

För att öka säkerheten i hanteringen av modellerna föreslås att varje skapat objekt och varje ny objekttyp måste förses dels med ett unikt ID och dels med användarens eller ämnesområdets signatur. Rättigheten att modifiera ett objekt föreslås vidare vara förbehållet objektets skapare och rättigheten att modifiera parametrar föreslås vara förbehållet aktuellt ämnesområde. Dessa rättigheter bör vara centralt administrerade i modelldatabasen och kunna uppdateras vid varje start av RVS.

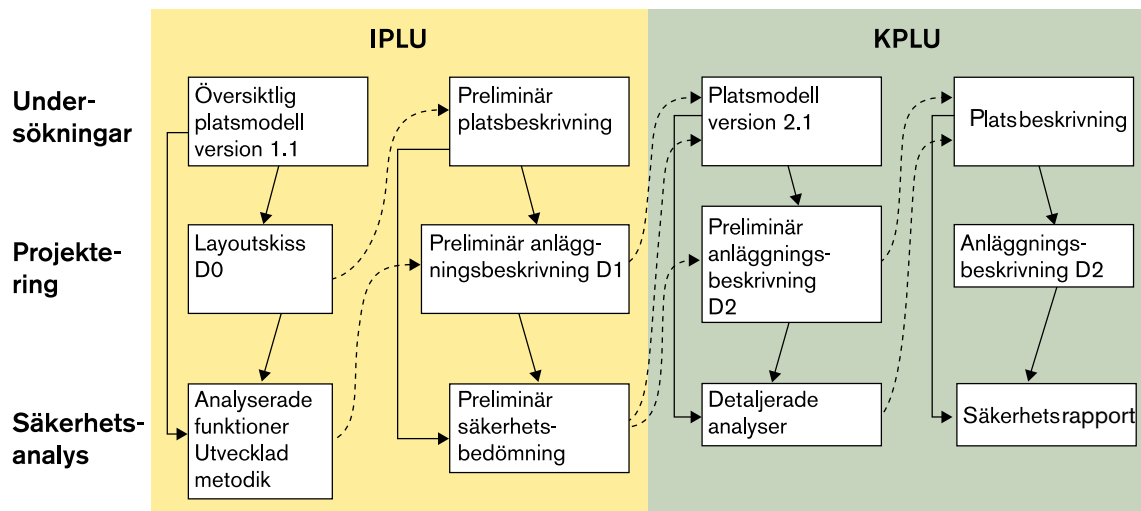
4.6.1 Revisioner

Allmänt

Skapandet av platsbeskrivande modeller är en process som omfattar ett antal geovetenskapliga discipliner och som involverar ett stort antal personer. Modellskapandet utförs som en stegvis utveckling av en i begynnelsen primitiv modell. Samtliga modeller utgör delar i en modellkedja i vilken delmodellerna är mer eller mindre beroende av andra modeller (se t ex figur 4-11). För att inte fel skall överföras till andra avnämare är det av yttersta vikt att modellrevisionerna utförs på ett systematiskt vis och att stabila informationskanaler skapas till de olika avnämarna.

De geometriska modellerna kommer att få en stor exponering. Därmed minskar risken för att inkompatibla modeller samexisterar och felaktigheter kan lättare uppdagas. Risken är dock att ansvaret för parametrarna är oklart när användarantalet är stort; en modell kan vara geometriskt korrekt men innehållsmässigt defekt. De flesta objekttyper omfattar ett mycket stort antal parametrar av vilka en del kan vara felaktiga. Denna typen av fel kan vara mycket svår att upptäcka.

En strikt versionshantering motverkar dock ej möjligheten till alternativa modeller, dvs modeller i vilka geometrierna eller egenskaperna på ett avgörande sätt skiljer sig från basmodellen (se nedan). Med modellrevision avses den kvalitetssäkrade uppdateringen av en viss modell. Generellt gäller att modellalternativ kan samexistera i modelldatabasen medan endast senaste revisionen av en viss modell finns tillgänglig som en numrerad modellversion. Modelldatabasens administratör har emellertid möjlighet att koppla olika revisioner för att kunna spåra fel, m m.



Figur 4-11. Produkter som tas fram inom en huvudaktivitet används i sin tur som underlag för att ta fram nya delprodukter inom de andra huvudaktiviteterna.

I föreliggande avsnitt föreslås ett arbetssätt som kan kombinera den iterativa tolkningsprocessen med traditionell dokumenthantering.

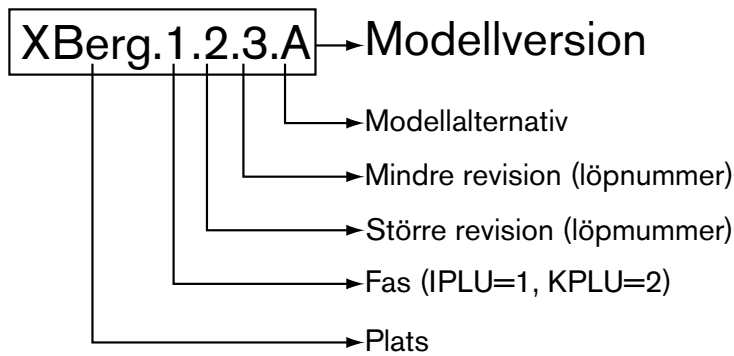
Modelldatabas

För att kunna överblicka och kontrollera samtliga steg i modelleringsarbetet bör en modelldatabas upprättas vilken bör förvaltas av SKB. Denna bör vara separerad från SICADA och omfatta enbart den geometriska modellen inklusive geovetenskapliga egenskaper, dvs dess objekttyper och parametrar. Modelldatabasen bör innehålla samtliga modeller, geometrier, och parametrar som offentliggjorts och samtliga revideringar och skall utgöra kärnan i det kvalitetssystem som kontrollerar modelleringen. Endast den senaste revideringen bör göras tillgänglig (publiceras) för modifiering och efterbearbetning av andra numeriska verktyg. Övriga revideringar bör sparas för att möjliggöra och underlätta felsökning men låses för modifieringar.

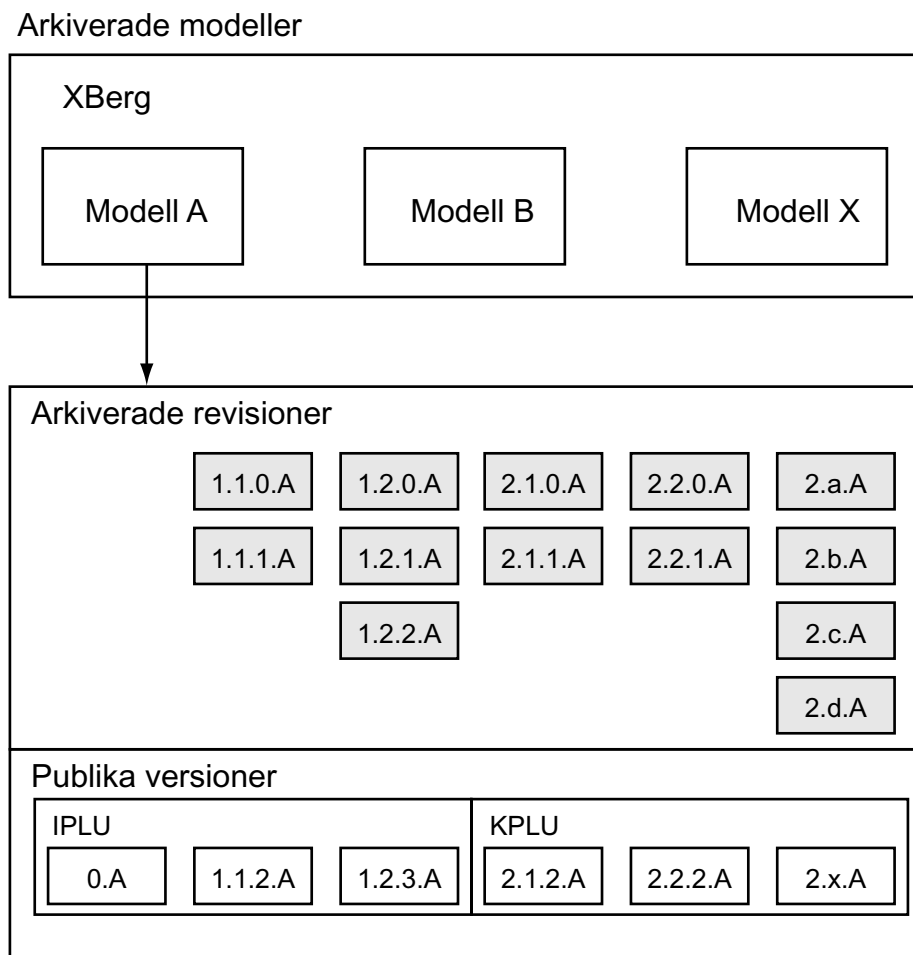
Vidare föreslås att det för varje objekt, i varje modell, sparas en evolutionshistoria med en hantering som i stort påminner om en dokumenthanterare. Detta är möjligt genom att samtliga objekt som skapas ges en unik identifikation. Evolutionshistorien lagrar tidpunkter, användarinformation och versionsnummer, för såväl objekt, objekttyper och parametrar.

Modelldatabasen bör företrädesvis användas för att strukturera befintliga modellversioner och för att hämta aktuella modeller. Genom att hålla en strikt versionshantering kan externa modellgrupper som använder den geovetenskapliga modellen, exempelvis hydrogeologi- eller bergmekanik, dels få spårbarhet tillbaka i tiden men även föreslå förändringar eller tillägg till den befintliga modellen. Databasen bör därför också kunna ta emot nya eller förändrade geometriska objekt som tolkats utanför det primära geovetenskapliga modellverktyget (RVS).

Figur 4-13 redogör schematiskt den planerade strukturen för hantering av modellrevisioner vilken föreslås vara identisk för samtliga modellalternativ. Revisionsnumren anger modellalternativ, vilken fas av undersökningarna modellen representerar samt ett löpande revisionsnummer för smärre revisioner (figur 4-12, se även SKB (2000) för detaljer).



Figur 4-12. Figuren illustrerar nomenklaturen vid modellrevisioner (IPLU = Inledande platsundersökningar, KPLU = Kompletta platsundersökningar).

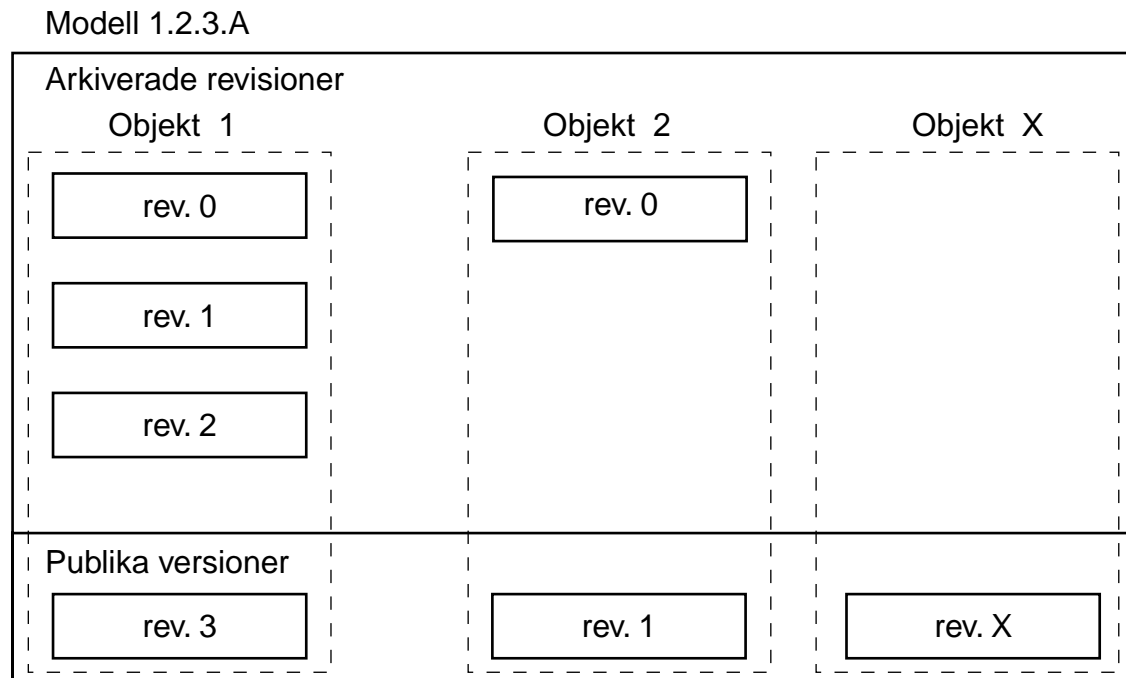


Figur 4-13. Schematisk struktur för hantering av modellrevisioner. För varje modellalternativ (tolkningsalternativ) A, B, etc finns ett antal revisioner. Förfarandet är identiskt för samtliga modellalternativ. Revisionsnumren anger vilken fas i undersökningsskedet modellen representerar enligt följande schema: 1 motsvarar undersökningsskede, A motsvarar modellalternativ och decimal anger versionsnummer (IPLU = Inledande platsundersökningar, KPLU = Kompletta platsundersökningar).

Enskilda objekt i en modell föreslås hanteras på motsvarande sätt. Varje objekt som skapas skall ha ett vidhängande händelsetråd. Med hjälp av detta skall samtliga geometriska varianter i objektets historia kunna bokföras liksom förändringar i dess objekttyper och parametrar. Användandet av händelsetråd möjliggör för den modellansvarige att stegvis, objekt för objekt, kunna följa modellens utveckling. I nuläget avses denna funktionalitet endast kunna göras tillgänglig för systemadministratören att användas vid felsökning m m. Om behov föreligger skulle även användaren av systemet kunna tillgodogöra sig denna funktionalitet som ett explorativt verktyg i modellbyggandet. En schematiskt illustration av systemet för objektrevisioner redovisas i figur 4-14.

Revisioner av en modell är en kontinuerlig process vilken omfattar många steg. Antalet revisioner av objekt förväntas vara mycket stort. Det är emellertid av yttersta vikt att begränsa antalet modellrevisioner till ett minimum för att minska datamängden och bibehålla överblick av modelldatabasen. Därvidlag är det viktigt att särskilja större revisioner, som kan påverka ett stort antal avnämare från mindre revisioner som kanske endast påverkar en enda avnämare. Större revisioner förslås endast kunna publiceras efter samråd mellan de ämnesansvariga. Smärre revisioner förslås kunna publiceras av enskilda ämnesansvariga utan samråd.

I praktiken torde större revisioner vara sådana att de väsentligen påverkar objektens geometrier, exempelvis tillfogandet eller avlägsnandet av deformationszoner, medan smärre revisioner omfattar justeringar av geometriernas typer och vidhängande parametrar. Även dessa kan dock under vissa omständigheter vara kritiska för vissa avnämare. Bedömningen av huruvida en revision skall betraktas som "större" eller "mindre" är, och måste vara, subjektiv och kan ej regleras.



Figur 4-14. System för hantering av objektrevisioner. Samtliga modifieringar av objektets geometri och typ bokförs i ett system som övervakas av systemadministratören.

Revisionsbeskrivning

Användarna av den geovetenskapliga modellen förslås, med vissa undantag, endast ha tillgång till den senaste modellversionen. Vid publicering av större modellrevisioner föreslås samtliga behöriga användare av modellerna informeras med hjälp av en modellrevisionsbeskrivning. Detta är ett dokument i vilken samtliga förändringar från tidigare, större revisioner redovisas med vederbörliga referenser. De modellansvariga bedömer när det finns skäl att publicera en reviderad modell. Bedömningen baseras på om revisioner väsentligen påverkar användningen av den geovetenskapliga modellen.

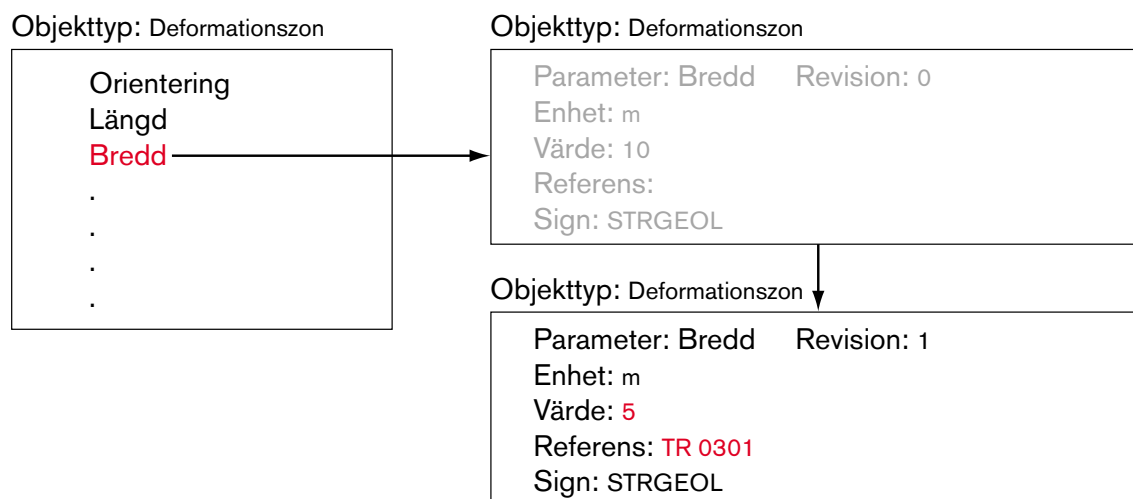
Parameterkontroll

Vid publicering av smärre revisioner torde modellbeskrivningen ej vara erforderlig. Användaren måste själv göra bedömningen om huruvida revisionen påverkar arbetet. Naturligtvis medför mångfalden av parametrar att smärre förändringar är svåra att detektera. Ett särskilt verktyg föreslås vilket skall tillåta användaren att prenumerera på revision av enskilda objekt, enskilda objekttyper eller enskilda parametrar. Genom detta förfarande säkerställs att information som är kritisk för användaren når fram. Genom att användaren aktivt endera inkluderar eller förkastar en prenumererad förändring har vederbörande också fattat ett beslut rörande relevansen för sitt projekt och därmed också ansvaret för eventuella följder.

En strikt hantering av modell- och objektrevisioner säkerställer att den mest aktuella versionen av en viss modell används för olika typer av följsimuleringar och analyser. Genom att samtliga avnämare har tillgång till samma modell- och objektsdatabas förbättras möjligheten att finna inkompatibla modell- eller objektversioner och felaktigheter i objektens geometrier. Då geometrierna i en modell måste samverka och är intimt sammanlänkade i ett geovetenskapligt sammanhang, är risken för att felaktiga objekt skall bli långlivade i praktiken ganska liten. Däremot kan felaktigheter i objektens parametrar bli långlivade vilket kan medföra allvarliga konsekvenser för de olika följdanalyserna. Därför krävs det ett system för att kontrollera objektens parametrar.

Objektens typer är definierade så att de är allmängiltiga och tillämpbara inom samtliga geovetenskapliga discipliner. Varje objekttyp hyser ett antal parametrar som däremot kan vara av varierande betydelse för olika ämnesområden. Exempelvis torde "Grundvattnets viskositet" i en bergenhetsområde vara av mindre betydelse för ämnesområdet bergmekanik än för ämnesområdet hydrogeologi medan motsatt förhållande torde råda för exempelvis parametern "Poissons tal". Parametern "Sprickintensitet" däremot har stor betydelse för båda ämnesområdena. Det föreligger således ett behov av att fastställa vilken instans som skall ansvara för att en viss parameter är ansatt och att denna korrekt beräknad.

Varje parameter bör göras tillgänglig för modifieringar endast för den som har behörighet, normalt den ämnesansvarige. Detta ger övriga användare en trygghet i att parametern i fråga har sanktionerats av den ämnesansvarige och att den, tills vidare, kan användas för beräkningarna. Detta möjliggör även för användarna att spåra källan till parametern för det fall problem skulle uppstå i efterbearbetningen eller fel skulle uppdagas. I likhet med modeller och dess olika objekt bör samtliga parameterrevisioner sparas för att underlätta felsökning och säkerställa spårbarheten i modelleringens olika steg.



Figur 4-15. Hypotetiskt exempel på hur en revision av en parameter hanteras (se text för ytterligare förklaring).

Figur 4-15 visar med ett hypotetiskt exempel principen för hur en parameter kan modifieras i en modelldatabas. Parametern "Bredd" har i exemplet modifierats med avseende på "Värde" och "Referens". Dessa markeras för användaren i en avvikande färg för lättare identifiering. Parametern ansvaras av ämnesområdet Geologi, här förkortat som STRGEOL. Ämnesområdet har ensamrätt på modifieringar för just denna parameter. Förfarandet vid beräkningen av parametern skall framgå av "Referens", i detta fall en rapport. Endast den senaste revisionen, revision 1, finns tillgänglig i modelldatabasen men tidigare revisioner kan nås av systemansvarig för exempelvis felsökning.

Nya objekt till modelldatabasen

Modellbyggandet är en iterativ process som kräver interaktion mellan de olika vetenskapliga disciplinerna. Den metodik som föreslagits innebär i praktiken att ett tomt geometriskt ramverk skapas i vilket olika typer av objekt successivt tillfogas och modifieras. Merparten av modellernas geometriska objekt torde dock ansvaras av ämnesområdet geologi, dvs läget, utbredningen, riktningen av sprickzoner samt fördelningen av bergarter. Merparten av objektens egenskaper (parametrar) torde emellertid ansvaras av andra ämnesområden vilket innebär att data, baserat på beräkningar eller professionella bedömningar, skall tillfogas befintliga objekt i enlighet med de riktlinjer som anges i föregående avsnitt.

Det finns dessutom ett behov att för samtliga ämnesområden kunna infoga nya geometriska objekt till den gemensamma modelldatabasen. Eftersom ansvaret för olika typer av objekt och typer är styrt innebär detta i sig en kontroll av återföringen. Det bör exempelvis ej vara möjligt för ämnesområdet bergmekanik att infoga ett nytt geologiskt objekt, t ex en sprickzon, utan samråd med ämnesområdet geologi vilket bör ha ansvaret för modifieringar av denna typ av objekt. På motsvarande sätt bör sprickzonens hydrogeologiska parametrar ansvaras av ämnesområdet hydrogeologi vars godkännande krävs för modifiering. Kontrollsystemet medför att konsensus framtingas kring de gemensamma, geologiska objekten. Detta kan till synes vara en omständigt process men i praktiken krävs att samarbetet mellan de olika disciplinerna är intimt. Skulle konsensus inte kunna erhållas, exempelvis på grund av brist på eller motstridig information, hanteras detta lämpligast med alternativa modeller.

Förutom de gemensamma, geologiska objekten finns det antal objekttyper som endast används i speciella sammanhang eller som blir gemensamma först i senare skeden av modellbyggandet. Exempel därpå är isoytor, tunnlar, utrustning, m m. Införandet av nya objekt följer samma principer som modifieringen av objekttyperna. Ämnesspecifika objekt hanteras av respektive ämnesområde. Skulle förändringen bedömas vara av betydelse hanteras modellen som en större revision, i andra fall som en mindre revision.

Det finns dock ett antal "generiska" objekt vilka implementerats i metodiken och planeras i verktyget RVS för att säkerställa flexibilitet i modelleringen och erbjuda handlingsfrihet för de fall de fördefinierade objekttyperna inte är tillämpliga för en viss situation eller beskrivning. Dessa objekttyper, "Generell gränssyta" och "Generell volym", ansvaras av det ämnesområde som skapar objekten och modifieringen av sådana objekt skall följa samma principer som för övriga objekt, dvs modifiering är förbehållen skaparen och publicering skall ske efter samråd.

Alternativa modeller

Alternativa modeller kan skapas antingen då särskilda modellegenskaper behöver belysas eller när osäkerheten i modellen, eller enskilda tolkningar i modellen, är så stor att flera alternativ är möjliga. Det förstnämnda torde normalt ske inom särskilda ämnesområden där själva alternativ tolkningen endast har användning för en mindre publik. Exempelvis kan man tänka sig att de bergmekaniska enheterna kan behöva representeras i en alternativ modell för att täcka de behov denna geovetenskapliga disciplin kräver. Detsamma gäller även för samtliga andra ämnesområden. Endast i undantagsfall torde dock denna alternativmodell skilja sig mycket från den gemensamma modell som baserar sig på hela mängden undersökningsdata. En alternativmodell skapas av den grupp som ansvarar för detta ämnesområde och ges erforderligt alternativnummer i enlighet med figur 4-12. Modellen följer samma händelsesträddstyrd revisionshistoria som övriga modeller. Nya objekt införs i den officiella huvudmodellen endast efter samråd med huvudansvarig samt ämnesområdesansvariga. Flera parallella alternativ modeller kan existera samtidigt, men endast en huvudmodell.

Osäkerheter i tolkning kan leda fram till flera alternativa representationer av ett objekt. Dessa alternativmodeller hanteras på samma vis som ovan och lagras enligt givna riktlinjer i modelldatabasen. De olika alternativen kan även hanteras som osäkerheter enligt de riktlinjer som ges i avsnitt 5.

Kontinuerliga samråd mellan olika ämnesansvariga skall leda fram till en huvudmodell som tar erforderlig hänsyn till alla sammanvägda aspekter för förståelse av platsen. Om man ej kan enas om en enskild slutlig modell kan flera alternativa modeller redovisas.

4.6.2 Kontroll av den geometriska tolkningen

Antalet geometriska objekt i en modell kommer att bli stort och det kommer att bli svårt att överblicka ursprunget. Av kvalitetsskäl måste det vara möjligt att härleda objektets ursprung och härledningen till ursprunget måste vara enkel.

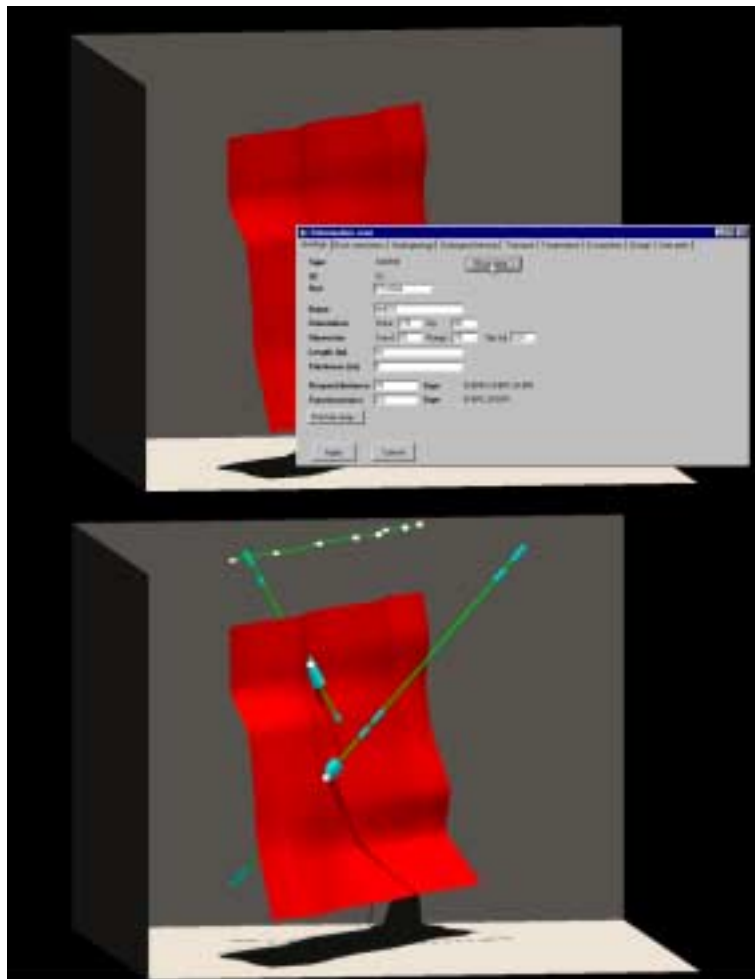
Ursprunget till ett tolkat objekt föreslås kunna anges på följande sätt:

- referens,
- signatur,
- visuell källidentifiering.

Referensen anger företrädesvis en rapport, simulering eller logg. Användaren måste för att förstå objektets ursprung ha tillgång till dokumentet och naturligtvis ta del av dess innehåll vilket kan vara en tidskrävande process.

Signaturen anger ämnesområde och handläggare (ansvarig modellör) vilket ger användaren möjlighet att föra en dialog med objektets skapare.

Visuell källidentifiering är en föreslagen funktionalitet vilken innebär att det för varje objekt skall vara möjligt att visa de data som ligger till grund för objektets utformning (funktionaliteten finns i en begränsad form i nuvarande RVS). För exempelvis en sprickzon föreslås att användaren skall kunna se den kombination av lineament och borrhål som använts för att definiera zonens geometri. Den visuella identifieringen kan förutom SICADA data även omfatta andra geometriska objekt. Exempelvis kan en sprickzons utbredning vara begränsad av en annan sprickzon i modellen. Ansvar för kopplingen mellan objekt och ursprung styrs av samma principer som för skapandet av objekten. Det vill säga, endast den handläggare som skapat objektet har rättighet att ändra, lägga till eller avlägsna källor. I figur 4-16 redovisas schematiskt hur användaren av en modell kan kontrollera objektets ursprung.



Figur 4-16. Schematisk illustration av konceptet ”visuell källidentifiering”. Dels visas koordinaterna och dels de visualiseringar och objekt (ej i detta exempel) som använts för objektets skapande.

5 Hantering av osäkerheter

Behovet av en strukturerad metodik för geometrisk modellering är delvis föranledd av behovet att kunna identifiera och analysera osäkerheter för att därmed kunna värdera publicerade modeller och prognoser. Osäkerheter i modeller har tidigare beskrivits i detalj i Saksa (1998) och SKB (1999).

Osäkerheterna i en modell kan ha olika orsaker vilka bland annat kan uttryckas i termerna "känslighet", "noggrannhet", "variabilitet" och "konceptuella" osäkerheter. Metoderna att analysera och redovisa osäkerheter kan skilja sig mellan de olika ämnesområdena och begreppet "Osäkerhet" kan vidare ha olika betydelse för olika avnämare. Problematiken kring osäkerheter är emellertid adresserad inom de olika ämnesområdena och rutiner för hur dessa skall kvantifieras och redovisas utarbetas för närvarande.

Hanteringen av osäkerheten eller noggrannheten för olika undersökningsmetoder skall för varje metod beskrivas i en metodbeskrivning. De undersökningar som utförs skall redovisa noggrannheten i enlighet med fastställda rutiner. Noggrannheten eller osäkerheten kan uttryckas som ett intervall, en fördelning eller som ett antal alternativa tolkningar. Sådana osäkerheter vidarebefordras till den geometriska modellen endera som osäkerheter i den geometriska tolkningen eller som osäkerheter i objektens parametrar.

Osäkerheter i tolkningen av geologiska strukturer kan uttryckas i termer som "sannolik", "trolig" och "möjlig", dvs som en expertbedömning om strukturernas existens givet en viss datamängd som underlag för bedömningen.

En helt annan typ av osäkerhet orsakas av att data saknas eller förekommer i liten mängd. På grund av naturlig variabilitet påverkas predikterbarheten, dvs extrapolering av objektens geometri eller egenskaper är behäftad med en osäkerhet som ökar med avståndet från observationspunkterna.

Osäkerhet kan också orsakas av att modellen föreligger i en skala som ej deterministiskt kan representera objekten. I exempelvis en lokal modell kommer sprickor och lokala mindre sprickzoner i en bergenhett att representeras stokastiskt. I en detaljmodell, av exempelvis ett kapselhål med omnejd, kommer däremot även de minsta sprickorna kunna modelleras deterministiskt, om så erfordras. I nedanstående avsnitt redovisas, med illustrativa exempel, för ett antal olika typer av osäkerheter och hur dessa planeras kunna omhändertas av RVS.

5.1 Osäkerhet vid tolkning av primärdata

Antag följande exempel:

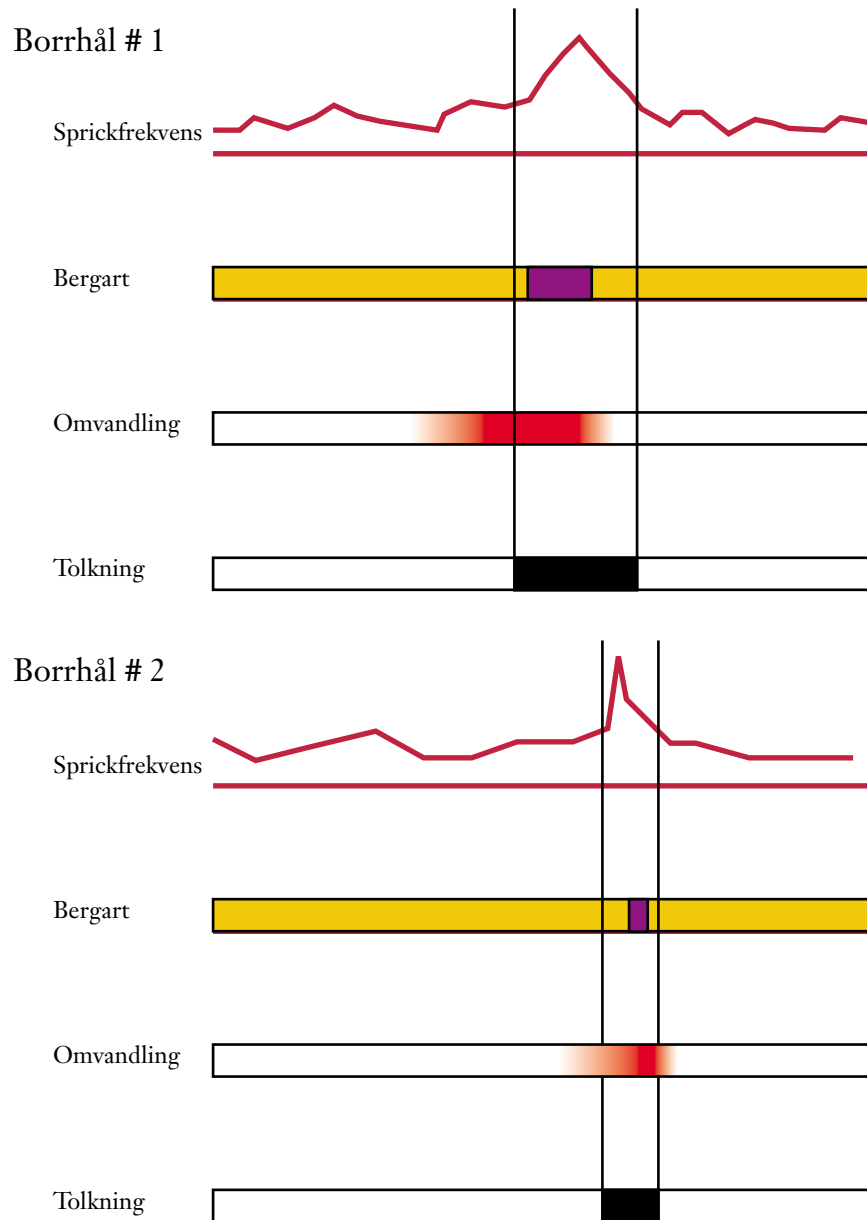
Genom en sprickzon har det borrats två kärnborrhål vilka karterats och loggats. Uppgiften består i att fastställa zonens bredd. Följande parametrar används för tolkningen i detta förenklade exempel:

1. Sprickfrekvens.
2. Bergart.
3. Omvandling.

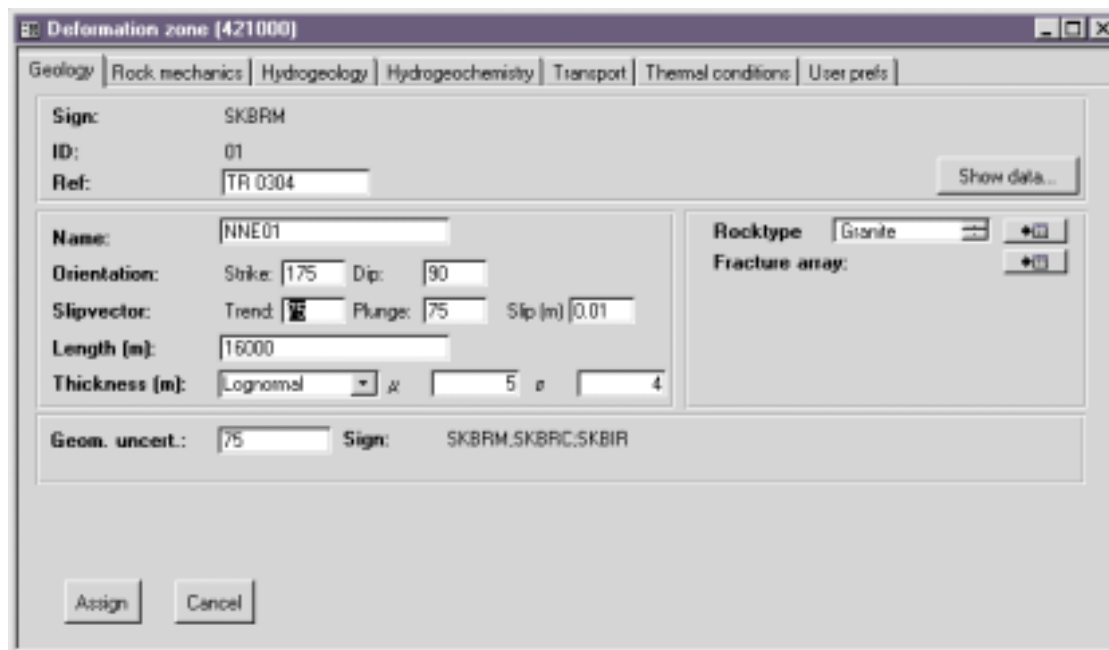
Noggrannheten i fastställande av en sprickas position i ett borrhål, särskilt då kartering av kärna kombineras med BIPS, är mycket stor vilket medför att parametern "Sprickfrekvens" har stor noggrannhet. Bergartsgränser och omvandlingar kan dock, naturligt, ha mycket diffusa övergångar vilket medför att tolkningen av sådana gränser kan vara osäker. I exemplet i figur 5-1 föreligger således två olika sorters osäkerhet. Dels en osäkerhet i tolkningen av bredd i det enskilda borrhålet och dels en osäkerhet i samtolkningen av de två, inbördes motstridiga borrhålen.

De olika typerna av osäkerhet redovisas på följande sätt:

1. **Noggrannhet:** Metoden för samtolkningen av informationen i borrhålet skall framgå av metodbeskrivningen. I denna skall också redovisas för de osäkerheter som kan uppstå för varje metod. Detta redovisas ej i modellen.
2. **Tolkningsosäkerhet:** Förfarandet vid tolkningen av de enskilda hålen och i samtolkningen av de två hålen skall redovisas i modellbeskrivningen, ett dokument som beskriver varje objekt i modellen och hur dessa tolkats fram. Objektet som modellerats som en "Deformationszon" har en parameter "Referens" som anger referens till modellbeskrivningen eller annat dokument i vilket tolkningsförfarandet redovisas (figur 5-2).
3. **Variabilitet:** Parametern "Thickness" kan anges som endera ett intervall eller som en fördelning. Valet av intervall eller fördelning, och grunderna därför, skall framgå av modellbeskrivningen vilken anges i "Ref" (figur 5-2).



Figur 5-1. Figuren illustrerar schematiskt osäkerhet som kan uppstå i samband med tolkning av en deformationszon baserat på primärdata.



Figur 5-2. Figuren visar en (tentativ) meny i RVS där olika typer av osäkerheter kan anges. Referens till modellbeskrivning anges i "Ref". Den bedömda variabiliteten i bredden anges i "Thickness (m)". Den geometriska osäkerheten anges i "Geometric uncertainty".

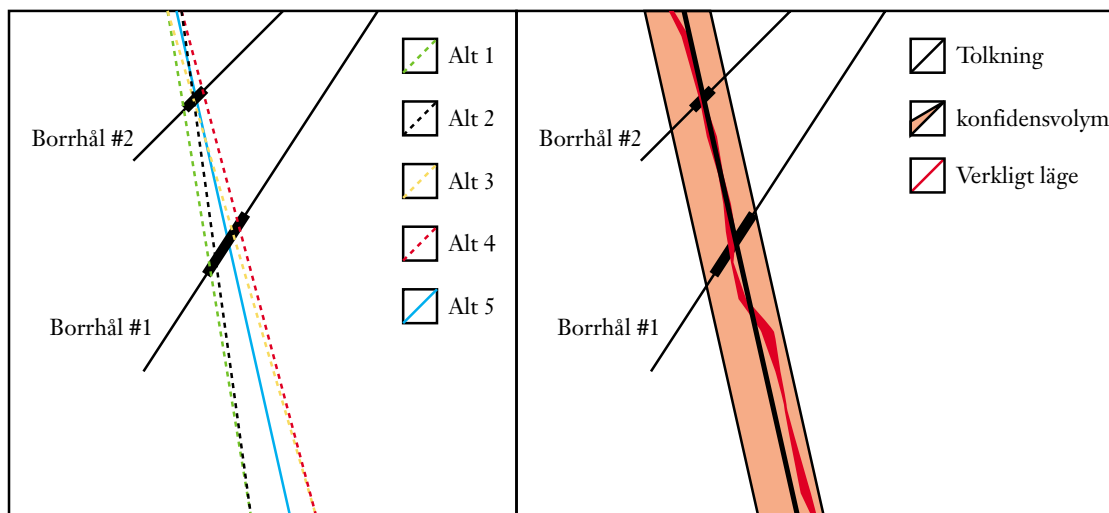
5.2 Osäkerhet i geometrisk tolkning

För att belysa denna typ av osäkerhet används samma exempel som i 5.1.

Antag följande:

Borrhålen i 5.1 används tillsammans med ett lineament för att tolka fram geometrin för en deformationszon. Eftersom bredden av zonen anges som ett intervall, baserat på tolkning av primärdata, föreligger det flera alternativa, lika trovärdiga, tolkningsmöjligheter av zonen stupning (exemplet i figur 5-3 förenklat till 2D för att tydliggöra problematiken). Denna osäkerhet hanteras på följande sätt:

1. Om skillnaden mellan möjliga tolkningsalternativ av den ämnesansvarige bedöms vara signifikant skapas två (eller fler) alternativa modeller i enlighet med revisionshanteringen i 4.6.1. Förfarandet redovisas i modellbeskrivningen som framgår av parametern "Ref".
2. Om skillnaden bedöms vara mindre signifikant väljs det alternativ som av den ämnesansvarige bedöms mest trovärdigt varefter parametrarna "Stupning" och "Strykning" anges som intervall eller fördelning. Notera att osäkerheten i strykning kan vara väsentligen lägre än för stupning. Förfarandet redovisas i modellbeskrivningen som framgår av parametern "Ref".
3. Baserat på huvudalternativet i 2) ovan skapas en "konfidensvolym" inom vilken zonen förväntas påträffas med en viss bedömd eller beräknad sannolikhet. Denna volym utgör en alternativ representation av huvudalternativet i 2) och beräknas automatiskt av RVS på basis av parametern "Geometrisk osäkerhet" som anges av den som ansvarar för tolkningen. Förfarandet vid ansättandet av den geometriska osäkerheten redovisas i modellbeskrivningen som framgår av parametern "Ref".



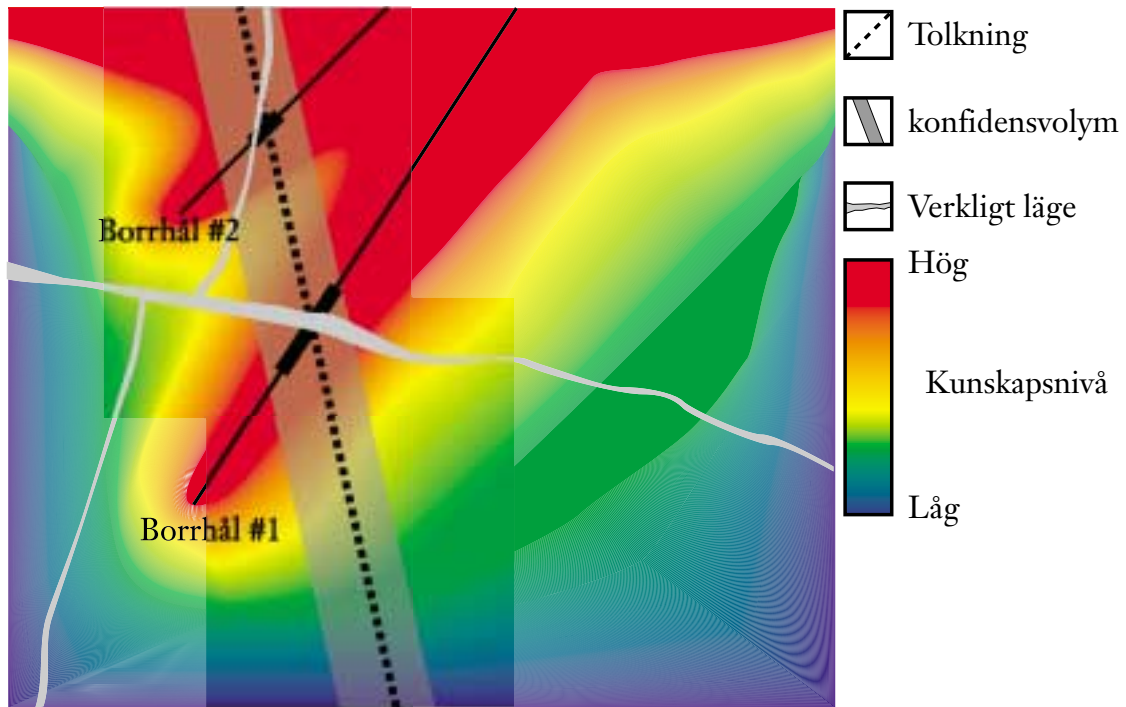
Figur 5-3. Alternativa tolkningar av ett objekt.

5.3 Otillräcklig datamängd

Osäkerheten i en modell kan vara orsakad av att datamängden är otillräcklig i sin omfattning, dvs informationsdensiteten är för låg för entydiga tolkningar. Om detta gäller området mellan observationspunkter kan tekniken i 5.2 användas. Det vill säga modellen kan redovisa att en deformationszon förväntas uppträda på ett visst ställe i modellen med en viss bedömd sannolikhet. I många fall är detta dock inte tillräckligt. Osäkerheten ökar generellt mot djupet och det kanske inte finns möjlighet att veta om alternativa tolkningar är möjliga. Med andra ord föreligger det ett behov att uttrycka "Kunskapsnivån" i en modell. I exemplet i figur 5-4 föreligger det uppenbart en feltolkning av zonen (zonernas) verkliga läge. Den tolkade konfidensvolymen omfattar relativt väl närvaron av deformationszoner i det område som karaktäriseras av "hög kunskapsnivå" medan diskrepansen mellan tolkning och verkligt läge är betydligt större utanför detta område.

Det finns i dagsläget ingen möjlighet att redovisa denna typ av osäkerhet i RVS då detta kräver en helt annorlunda teknik att representera geometriska objekt (voxlar). Det finns emellertid metoder (se t ex Saksa och Numela, 1998) och programvaror (Wingle m fl, 1997) att analysera denna typ av osäkerheter. Då denna typ av "osäkerhetsanalyser" är tämligen komplicerade och i allmänhet kräver speciell kompetens är det lämpligt att de utförs som en särskild process. Utfallet av sådana analyser kan då vara att alternativa tolkningar är möjliga. Dessa tolkningar kan dock hanteras av RVS.

Det enda sätt som i dagsläget finns att redogöra kunskapsnivån inom RVS är att för varje parameter av geometrisk betydelse ange en kunskapsnivå, exempelvis "låg" till "hög" som baseras på den modellansvariges subjektiva bedömning. Det finns sofistikerade metoder att hantera även sådan s k "expert judgement" men ej heller dessa omfattas av metodiken för geometrisk modellering som redovisas i föreliggande rapport.



Figur 5-4. Figuren visar hur kunskapsnivån kan variera i en modell.

6 Modellbeskrivningen

Modellbeskrivningen är ett dokument som utgör den platsbeskrivande modellens kvalitativa del och är ett komplement till den i digital form redovisade modellen. Modellbeskrivningen uppdateras för varje modellversion (se avsnitt 4.6.1) och omfattar bedömningar, diskussioner och annat som ej med lätthet kan uttryckas i termer av geometrier eller specifika parametrar.

I modellbeskrivningen skall tolkningsförfarandet för varje objekt i modellen redovisas. Lämpligen delas modellbeskrivningen i en faktadel och en beskrivande/förklarande del. Faktadelen delas lämpligen in så att varje objekt i modellen beskrivs i detalj. Detaljbeskrivningen innehåller dels de tolkningar som ligger till grund för objektets utsträckning, dvs de primärdata som har använts vid tolkningen samt egenskaperna för detta objekt.

Den beskrivande delen skall även omfatta en redogörelse för de osäkerheter som föreligger i modellen, eller delar därav, samt en samtolkning av det kompletta kunskapsläget. Den sammanvägda geovetenskapliga förståelsen för den tolkning som återfinns i modellen skall här tydligt framgå. Eventuella alternativa tolkningar av antingen enskilda objekt eller hela modellen skall redovisas. Om alternativa modeller existerar skall referens göras till dessa i enlighet med anvisningar i avsnitt 4.6.1.

Modellbeskrivningen som är ett dokument använder sig lämpligen av illustrationer av den geometriska modellen för att tydliggöra för läsaren hur verkligheten har beskrivits i modellen. Presentationsformatet görs lämpligen på ett sådant vis att det enkelt går att distribuera över internet. Redovisningen vid varje större modellrevision används för att presentera resultat och används i huvudsak för det interna arbetet under platsundersökningsskedet. Med internt menas här SKB och de personer som på SKB:s uppdrag bidrar i platsundersökningarnas genomförande. Extern redovisning av modeller för allmänhet eller myndigheter görs för att publicera resultat som är så bearbetade och kvalitets-säkrade att de kan utsättas för extern granskning. Tidpunkten för när platsbeskrivning och modell planeras redovisas externt, föreslås i SKB (2000).

7 Illustrativt exempel

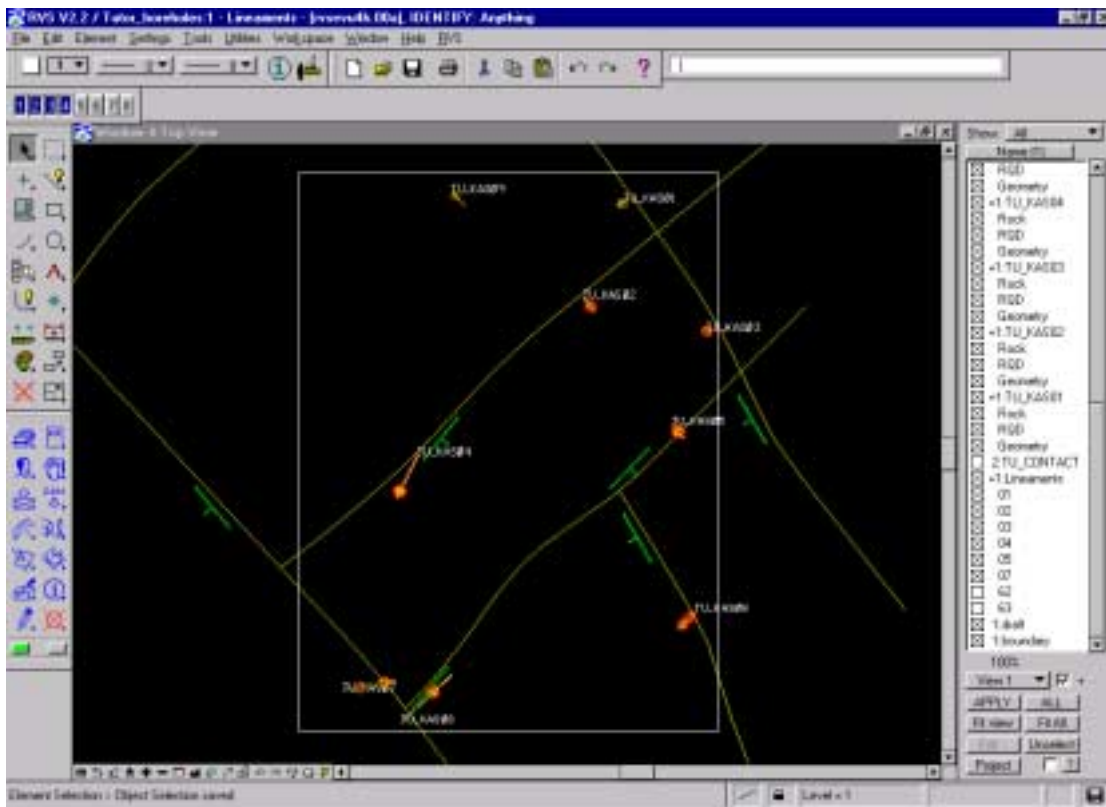
I föreliggande avsnitt redovisas med ett hypotetiskt exempel hur en modell kan byggas upp med föreslagen metodik. Den funktionalitet som krävs för metodiken är ännu (mars 2001) ej implementerad i RVS. För att läsaren skall kunna skilja på befintlig och planerad funktionalitet har planerade dialoger markerats med en röd ram.

Det hypotetiska exemplet avser ej att på ett realistiskt sätt skildra hur en plats tolkas. Huvudsyftet är att visa vilka steg och verktyg som krävs vid modelluppbyggnaden. Exemplet är förenklat, av utrymmesskäl, så att det endast innehåller deformationszoner. För en detaljerad beskrivning av RVS hänvisas till Markström (2000).

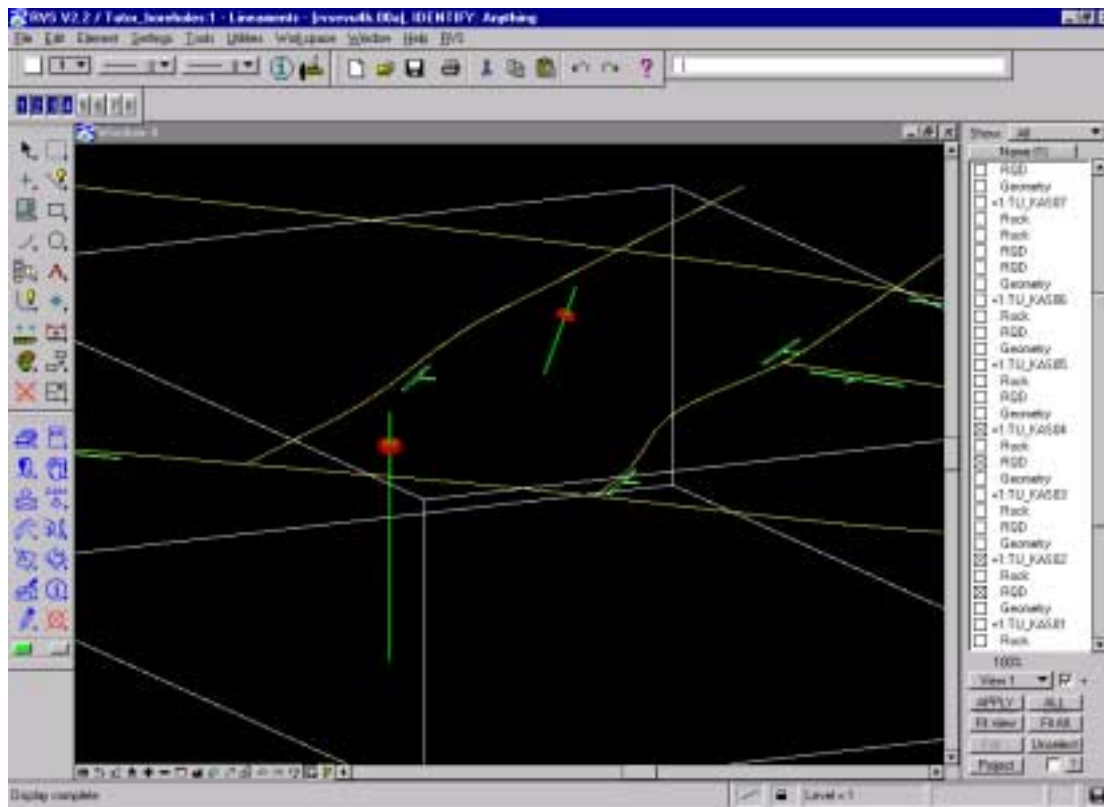
I exemplet antas följande: Geofysiska och topografiska lineament har tolkats vara deformationszoner bland annat genom att hållar karterats på markytan. Borrhål har borrats för att skära zonerna och fastställa zonernas egenskaper.

7.1 Visualisering av bakgrundsdata och primärdata

I RVS finns möjligheten att visualisera bakgrundsdata. I detta fall har en extern fil (projekt i RVS terminologi), innehållande tolkade lineament, kopplats till modellen (figur 7-1). Borrhål utgör primärdata och visualiseras genom direkt koppling till SICADA.



Figur 7-1. Lineament som bakgrundsdata. Borrhål från SICADA.



Figur 7-2. Lineament och borrhål som skall användas för modellering av zon.

7.2 Visualisering av borrarparametrar från SICADA

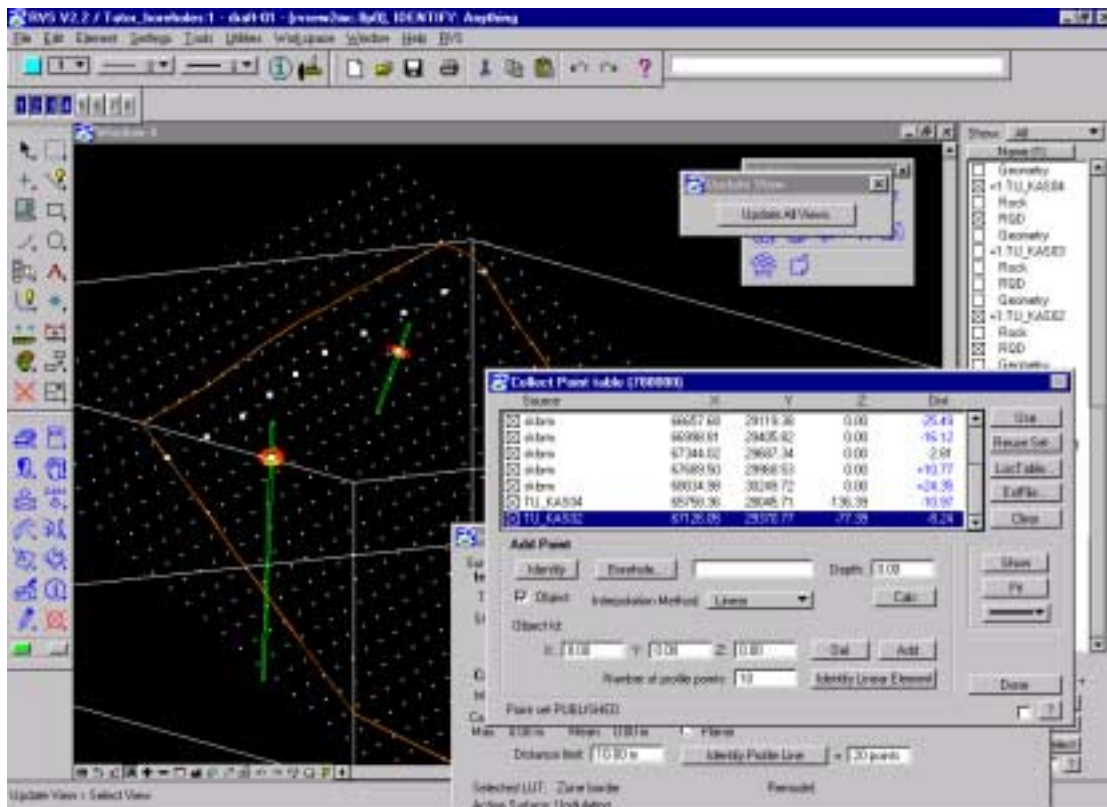
För att tolka zonen läge i ett borrhål krävs en visualisering av en lämplig parameter. Då det finns anledning att anta att sprickfrekvensen är högre i zonen än i omgivande berg kan parametern RQD, ett mått på sprickfrekvensen i borrhärnan, visualiseras och användas för tolkning av zonen geometri. I exemplet används de hypotetiska borrhålen TU_KAS02 och TU_KAS04 för att definiera en zon som stryker mot NO och stupar mot SO (figur 7-2).

7.3 Skapande av ett ytoobjekt

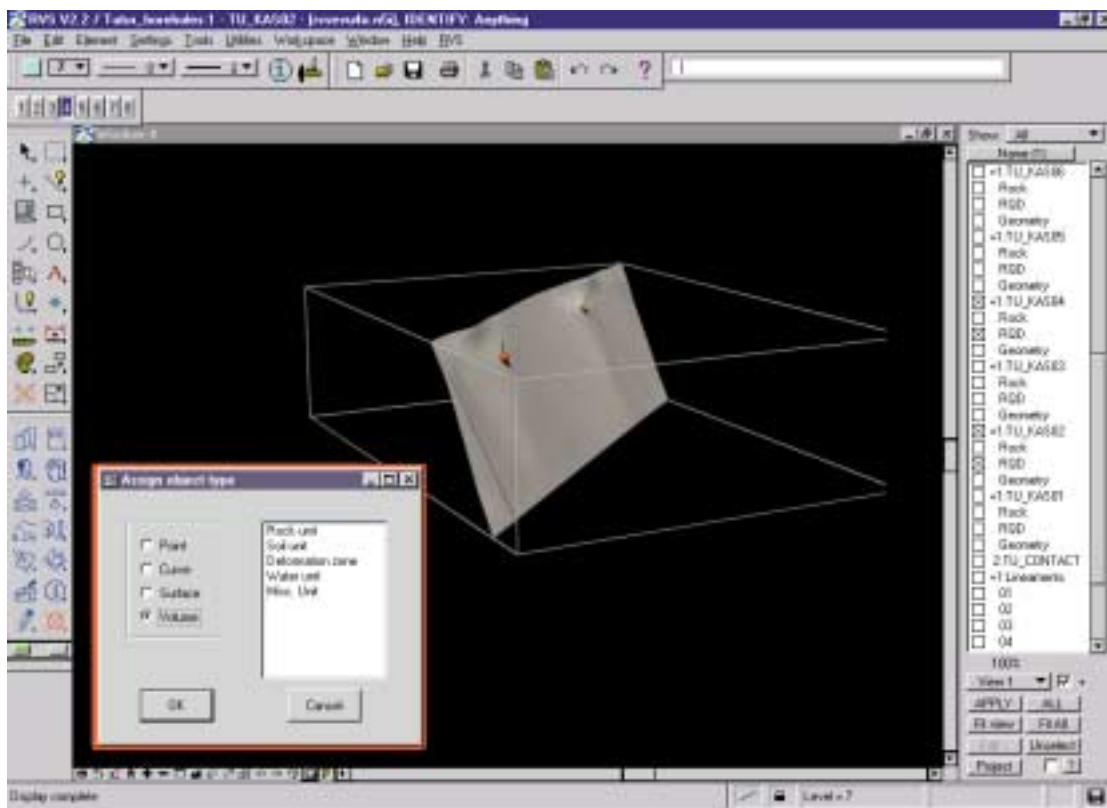
Borrhålsvisualiseringarna visar låga RQD-värden (stor sprickfrekvens) som tolkas höra till deformationszonen. Genom att koppla mätningarna i borrhålen till lineamentets geometri definieras ett antal koordinatpunkter som används för skapandet av ett ytoobjekt. Efter triangulering, som kan finjusteras av användaren, skapas ytan (figur 7-3).

7.4 Ansättande av objekttyp till ytoobjekt

När användaren accepterat geometrin för ytan tillfrågas denne om vilken objekttyp som avses (figur 7-4). Detta moment är obligatoriskt för att undvika att modellen hyser objekt utan specificerad typ. Skulle ingen objekttyp väljas återgår modelleringen till föregående moment (7.3).



Figur 7-3. Koordinater för skärning med borrhålet och lineamentet beräknas av RVS genom visuell identifiering. Triangulering justeras av användaren.



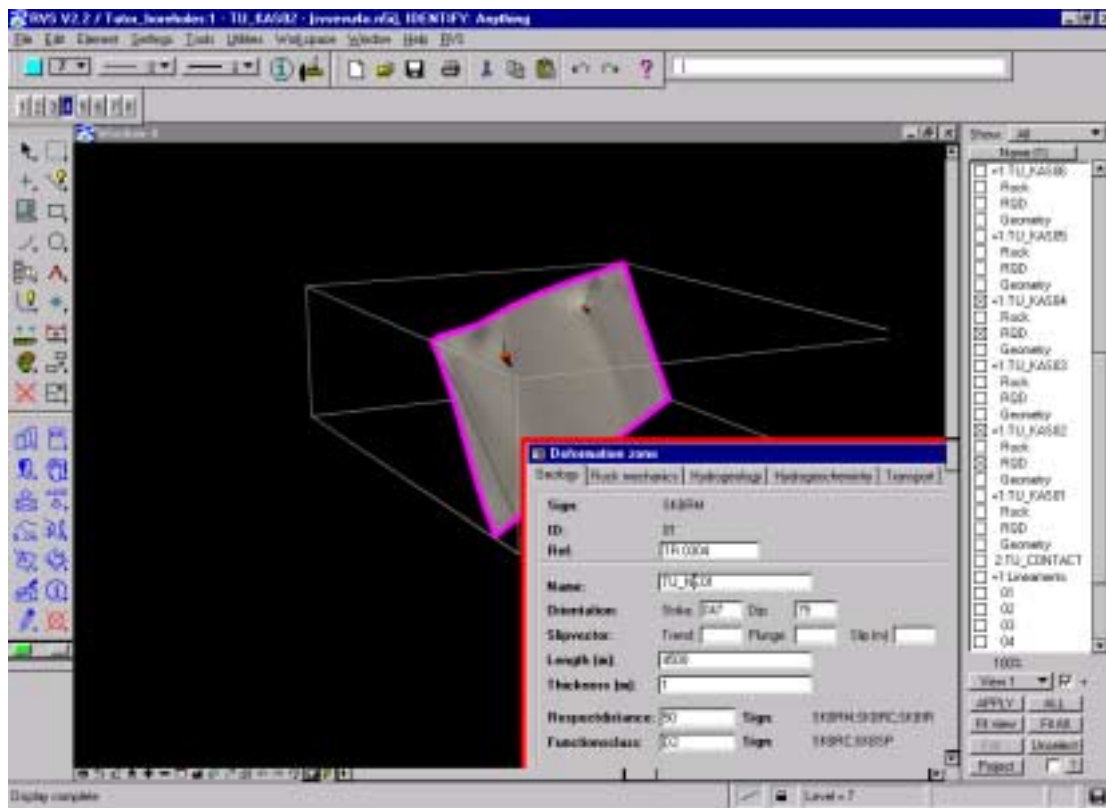
Figur 7-4. Definition av objekttyp i RVS (tentativa dialoger).

7.5 Ansättande av parametrar

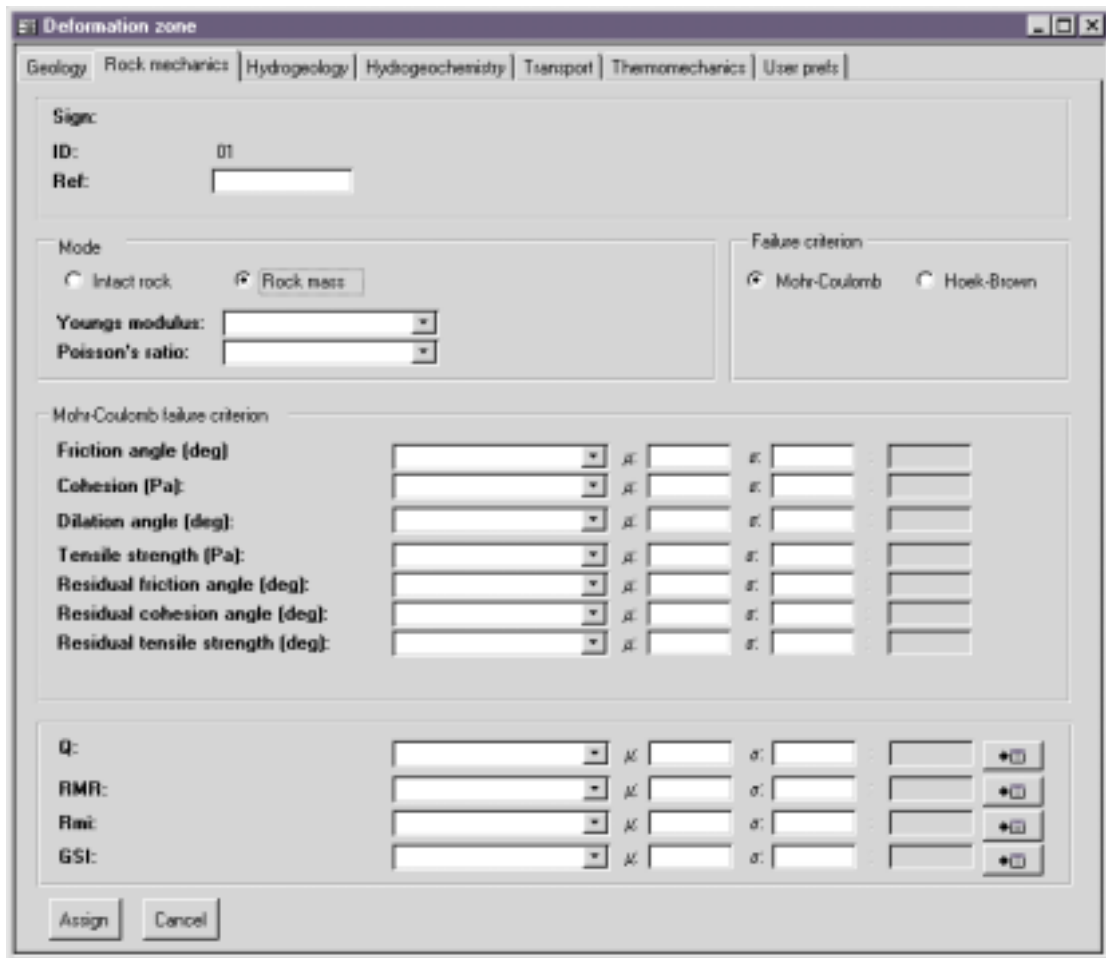
Slutligen tillfrågas användaren om parametrar för objekttypen. Detta moment kan utföras när som helst under modelleringsarbetet, i takt med att informationen (tolkningar) blir tillgänglig. Objektet markeras med visuell identifiering och datablad för parametrar blir tillgängliga (figur 7-5).

Dialogen för ansättande av parametrar för en deformationszon redovisas i detalj i figur 7-6.

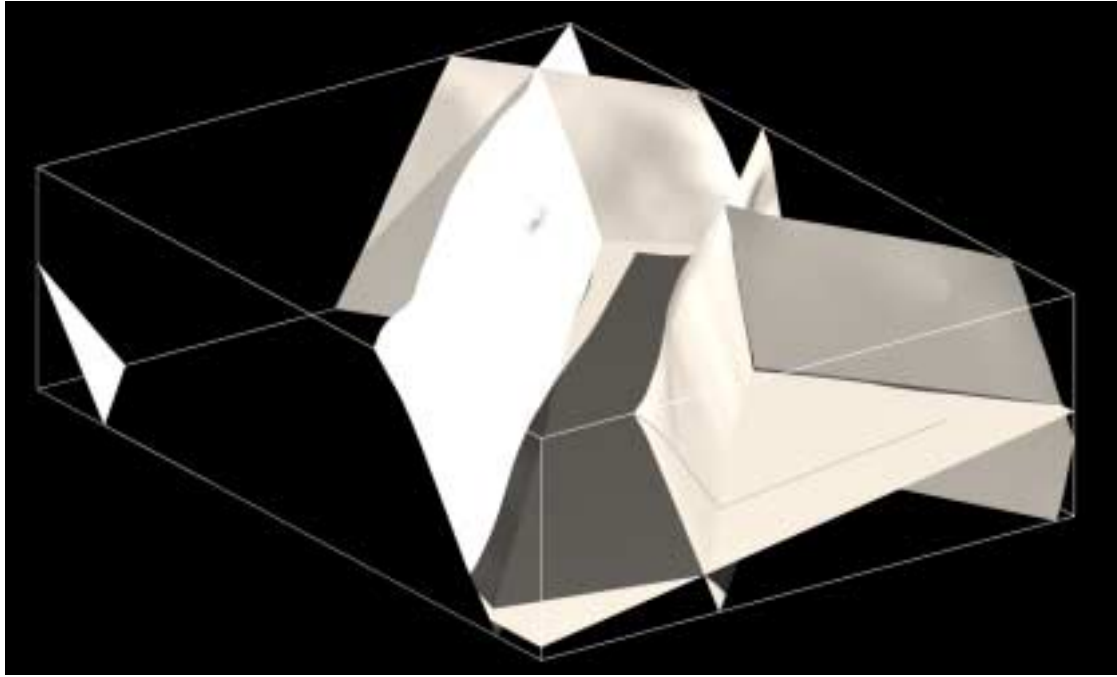
I takt med att nya borrhål borrar och samtolkas växer modellen till att omfatta ett relativt stort antal zoner figur 7-7. Notera att ytobjekt kan modelleras så att de terminerar mot varandra, mot modellvolymens gräns, tomma intet eller en kombination av dessa alternativ.



Figur 7-5. Parametrar som hör till objekttypen fylls i.



Figur 7-6. Figuren visar dialogen för ansättande av geologiska parametrar för objekttypen deformationszon.



Figur 7-7. Hypotetisk modell innehållande deformationszoner. Vid skapandet av objekt i modellen finns samtliga standardverktyg för CAD-modellering i 3D tillgängliga vilket exempelvis inkluderar booleska operatorer som trunkering, stansning, etc. Ytor kan skapas genom intercept med borrhål, genom inläsning av ASCII data, etc. Ytor kan vidare sluta blint eller trunkeras mot endera ett annat objekt eller modellkuben.

8 Referenser

Allaby A och Allaby M, 1990, ed. The concise Oxford dictionary of Earth Sciences. Oxford Reference. 1990, Oxford University Press: Oxford.

Almén K, Stanfors R och Svemar C, 1996. Nomenklatur och klassificering av geologiska strukturer vid platsundersökningar för SKB:s djupförvar. SKB PR-D-96-029. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Andersson J, Almén K-E, Ericsson L O, Fredriksson A, Karlsson F, m fl, 1996. Parametrar av betydelse att bestämma vid geovetenskaplig platsundersökning. SKB R-97-03. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Andersson J, Ström A, Svemar C, Almén K-E och Ericsson L O, 2000. Vilka krav ställer djupförvaret på berget? Geovetenskapliga lämplighetsindikatorer och kriterier för lokalisering och platsutvärdering. SKB R-00-15. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Bates R och Jackson J, 1987. Glossary of geology. 3 ed. 1987, Alexandria: American Geological Institute, Virginia, USA.

Bell F, 1993. Engineering Geology. 1 ed. 1993, Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Crowell J C, 1959. Problems of fault nomenclature. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 43(11): p. 2653–2674.

Gill J E, 1941. Fault nomenclature. Transactions of the Royal Society of Canada = Memoires de la Societe Royale du Canada, 35(34): p. 71–85.

ISRM, 1978. Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15: p. 319–368.

ISRM, 1981. Commission on classification of rocks and rock masses. Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 18: p. 85–110.

Larsson I, 1970. Angående spricknomenklatur. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 92(Part 3): p. 419–420.

Larsson I, 1971. Slutreplik angående spricknomenklatur. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 93(Part 4): p. 788–789.

Liljequist R, 1970. Angående spricknomenklatur. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 92(Part 1): p. 107.

Liljequist R, 1971. Ytterligare angående spricknomenklatur. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 93(Part 1): p. 239.

Markström I, Munier R och Zakrewsky C, 2000. Manual for RVS v. 2.3, In prep. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Microstation, 1998. Vers. J, PC, Bentley Systems Incorporated, <http://www.bentley.com>.

Murray G E , Jr, 1937. On the nomenclature of fractures. The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, 53(2): p. 232–233.

Olsson O, Bäckblom G, Gustafson G, Rhén I, Stanfors R, m fl, 1994.
The structure of conceptual models with application to the Äspö HRL project.
SKB TR 94-08. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Price N J och Cosgrove J W, 1990. Analysis of geological structures. 1990,
Cambridge: Cambridge University Press.

Priest S D och Hudson J A, 1981. Estimation of discontinuity spacings and trace length using scanline surveys. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 18.

Ramsay J G och Huber M I, 1987. The techniques of modern structural geology;
Volume 2; Folds and fractures. 1987, London, United Kingdom: Acad. Press. 462.

Ransome F L, 1906. The directions of movement and the nomenclature of faults,
Economic Geology: p. 777–787.

Reid H F, 1913. Report of the committee, of the Geological Society of America,
on the nomenclature of faults, Geological Society of America Bulletin: p. 163–186.

Saksa P och Numela J, 1998. Geological-structural models used in SR-97.
Uncertainty analysis. SKB TR-98-12. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 1998. FUD 98. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning samt utveckling och demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 1999. Djupförvar för använt kärnbränsle. SR 97 – Säkerheten efter förslutning. Huvudrapport Del I, Del II och Sammanfattning. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2000. Geovetenskapligt inriktat program för undersökning och utvärdering av platser för djupförvaret. SKB R-00-30. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2001. Platsundersökningar – undersökningsmetoder och generellt genomförande-program. SKB R-01-10. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Stevens B, 1914. Nomenclature of faults, Mining Magazine, London: p. 272–274.

Wingle W L, Poeter E P och McKenna S A, 1997. UNCERT – A geostatistical Uncertainty Analysis Package Applied to Groundwater Flow and Contaminant Transport Modeling. 1997: Department of Geology, Colorado School of Mines.

Exempel på parametertabeller

Arbetet med att framta dialoger och parameteruppsättningar för RVS pågår för närvarande (mars 2001). I föreliggande appendix redovisas generella riktlinjer för hur dessa dialoger är tänkta att utformas och exempel ges på parameterlistor vilka tills vidare måste betraktas som preliminära.

Antalet parametrar som omfattas av RVS uppgår i dagsläget (mars 2001) till ca 225 fördelat på ca 20 dialoger. Då ett stort antal parametrar förekommer i flera dialoger, exempelvis förekommer DFN parametrar både i dialogen för deformationszon och bergenheter, uppgår det totala antalet parametrar till ca 1 280. Orsaken till det stora antalet parametrar är följande:

1. I Andersson med flera (1996) som användes som grund för parameterdefinitionerna anges parametrar som i sig består av ett flertal andra parametrar. Exempelvis består parametern Q av 4–6 parametrar, sprickriktning av 2 parametrar, hydraulisk anisotropi av 9 parametrar, etc.
2. Parametrarna för diskreta spricknätverk omfattar förutom parametrarna som styr intensitet och geometrier även parametrar för bergmekanik och hydrogeologi.
3. Bergenheter kan även omfatta parametrar för att stokastiskt generera deformationszoner. Dessa i sin tur innehåller samma parametrar som de deterministiskt modellerade deformationszonerna.

I detta appendix redovisas därför av utrymmesskäl endast ett utdrag ur kravspecifikationen för RVS. Arbetet med att färdigställa parametermängden pågår för närvarande (mars 2001).

Parametrarna som valts som illustrativt exempel hör till objekttypen ”Deformationszon”. Detta är den mest komplexa objekttypen och omfattar ett relativt stort antal subdialoger. Av utrymmesskäl redovisas här emellertid endast de parametrar som omfattas av ämnesområdet geologi.

Varje ämnesområde förfogar över flikar som innehåller ämnesspecifika parametrar. Exemplet i tabell A-1 och figur A-1 redovisar de allmänna parametrarna som omfattas av ämnesområdet geologi. Notera dock att det i vissa dialoger finns enstaka parametrar som skall signeras av andra ämnesområden

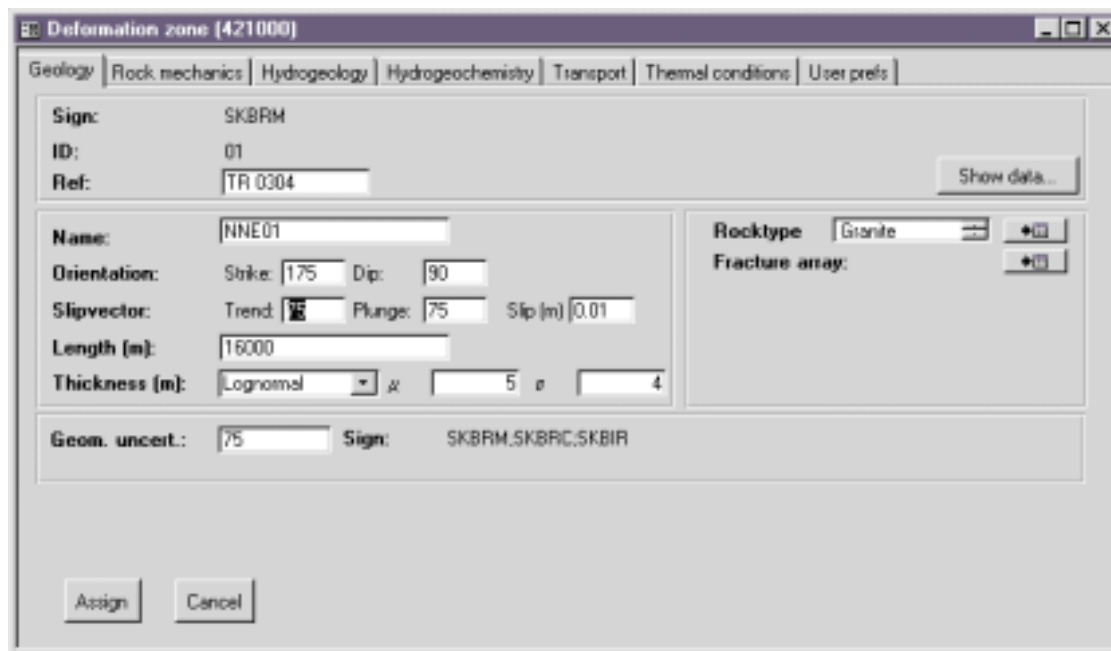
För att det stora antalet parametrar skall vara praktiskt hanterbara i RVS-miljön är det nödvändigt att inom varje flik kunna definiera parametervärden i olika nivåer eller subdialoger (*Rocktype* respektive *Fracture array* i figur A-1).

Förutom de parametrarna som styr en deformationszons geometri kan för varje deformationszon dess bergart (figur A-2, tabell A-2) och sprickmatris (figur A-3, tabell A-3) specificeras i detalj. Sprickmatrisens parametrar är avsedda att användas för generering av stokastiska spricknätverk och omfattar sprickornas geometriska-, bergmekaniska- och hydrogeologiska egenskaper.

I tabellerna nedan anger ”PARAMID” ett unikt id nummer för varje parameter. Detta ID är kopplat till den dialog på vilken parametern förekommer.

Tabell A-1. Tabellen redovisar allmänna parametrar för objekttypen "Deformationszon".

PARAMID	Parameter
421000-1	ID
421000-2	Signature
421000-3	Reference
421000-4	Name
421000-5	Orientation (°): Strike
421000-6	Orientation (°): Dip
421000-7	Slipvector (°): Trend
421000-8	Slipvector (°): Plunge
421000-9	Slipvector (m): Length
421000-10	Length (m)
421000-11	Thickness (m)
421000-12	Geometric Uncertainty (m)
421100-1	Rocktype (subdialog)



Figur A-1. Dialog för objekttypen "Deformationszon".

Tabell A-2. Tabellen redovisar bergartsbeskrivningen för objekttypen "Deformationszon".

PARAMID	Parameter
421100-1	Rocktype
421100-2	Grainsize
421100-3	Structure
421100-4	Fabric: Type
421100-5	Fabric: Strike
421100-6	Fabric: Dip
421100-7	Porosity
421100-8	Susceptibility
421100-9	Density (kg/m ³)
421100-10	Gamma
421100-11	Alteration
421100-12	Axial plane: Strike
421100-13	Axial plane: Dip
421100-14	Axis: Trend
421100-15	Axis: Plunge
421100-16	Age (My)
421100-17	Mineral composition

Figur A-2. Dialog för bergartsbeskrivningen avseende objekttypen "Deformationszon".

Tabell A-3. Tabellen redovisar beskrivningen av sprickmatrisen för objekttypen "Deformationszon".

PARAMID	Parameter
421200-1	Intensity (p32)
421200-2	Clustering
421200-3	Size
421200-4	Width
421200-5	Filling
421200-6	Roughness: A
421200-7	Roughness: B
421200-8	Weathering
421200-9	Set number
421210-1	Set number
421210-2	Aspect ratio
421210-3	Number of sides
421210-4	Direction of elongation: Trend
421210-5	Direction of elongation: Plunge
421210-6	Fracture termination
421220-1	Set number
421220-2	Fracture orientation: Strike
421220-3	Fracture orientation: Dip
421230-1	Signature
421230-2	Reference
421230-3	Set number
421231-1	Transmissivity
421231-2	Anisotropy: L1: Trend (°)
421231-3	Anisotropy: L1: Plunge (°)
421231-4	Anisotropy: L1: Relative size (-)
421231-5	Anisotropy: L2: Trend (°)
421231-6	Anisotropy: L2: Plunge (°)
421231-7	Anisotropy: L2: Relative size (-)
421231-8	Anisotropy: L3: Trend (°)
421231-9	Anisotropy: L3: Plunge (°)
421231-10	Anisotropy: L3: Relative size (-)
421240-1	Signature
421240-2	Reference
421240-3	Base friction angle (°)
421240-4	Residual friction angle (°)
421240-5	JRC
421240-6	JCS
421240-7	Peak normal stiffness (Pa/m)
421240-8	Residual normal stiffness (Pa/m)
421240-9	Tensile strength (Pa)
421240-10	Maximum joint closure (m)
421240-11	Curve constant
421240-12	Shear stiffness (Pa/m)

Fracture array (421200)

Sign: ABCDEF
 ID: 01
 Ref: TR 0304

Geology

Intensity (P32): 2.7
 Clustering: Nearest neighbour
 Size: Lognormal μ 1.095 σ 0.98
 Width: Exponential λ 3.00E-04
 Filling: DHL,CA,CY
 Roughness:
 Weathering:
 Number of sets: 4
 Shape: ...
 Orientations: ...

Hydrogeology

Transmissivity: ... Sign: ABCDEF

Rock mechanics

DFN-parameters: ... Sign: ABCDEF

Accept Cancel

Figur A-3. Dialog för bergartsbeskrivningen avseende objekttypen "Deformationszon". Subdialog: sprickmatris: allmänt.

Fracture array:Shape (421210)

Set #:
 Shape

Aspect ratio: Lognormal μ σ
 Number of sides: 50

Direction of elongation

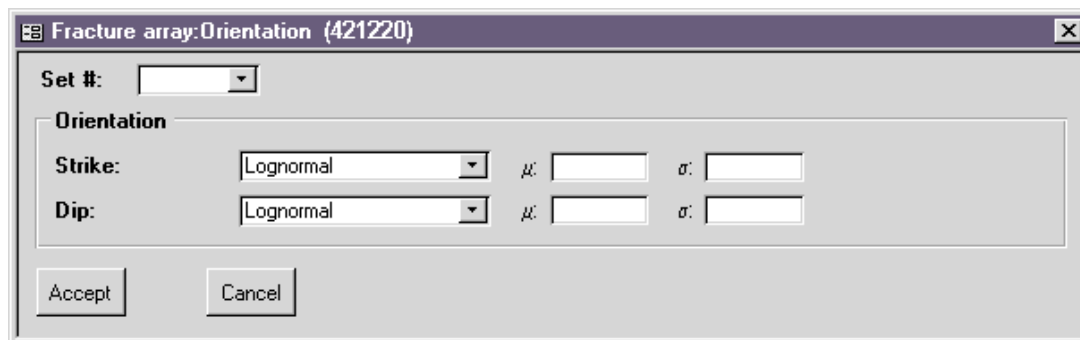
Trend: Lognormal μ σ
 Plunge: Lognormal μ σ

Fracture termination

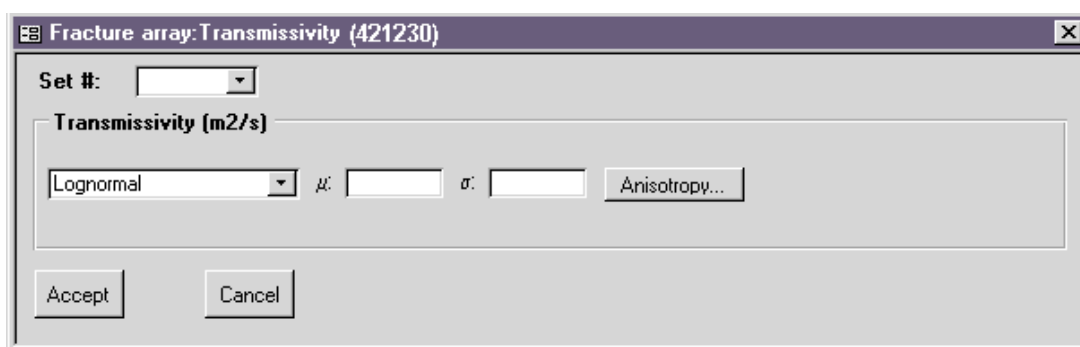
Termination (%): 50 Use termination matrix Edit matrix

Assign Cancel

Figur A-4. Dialog för bergartsbeskrivningen avseende objekttypen "Deformationszon". Subdialog: sprickmatris: sprickform.



Figur A-5. Dialog för bergartsbeskrivningen avseende objekttypen "Deformationszon". Subdialog: sprickmatris: sprickriktning.



Figur A-6. Dialog för bergartsbeskrivningen avseende objekttypen "Deformationszon". Subdialog: sprickmatris: hydrogeologiska egenskaper.