

SKB

10 pp + map

ARBETSRAPPORT 94-56

FORSKNING OCH UTVECKLING

NACKA TINGSRÄTT
Avdelning 4

INKOM: 2017-09-12
MÅLNR: M 1333-11
AKTBIL: 669

NACKA TINGSRÄTT

Ink 2017-09-12

Akt..... M 1333-11

Aktbil..... 669

FÖRSTA ORDNINGENS BRANTA SKJUVZONER I SVERIGE

Herbert Henkel, Maria Roslund

KTH, Inst. för geodesi och fotogrammetri, Stockholm

December 1994

1:a ORDNINGENS BRANTA SKJUVZONER I SVERIGE

På uppdrag av S K B har en karta i skalan 1:2 M framställts som visar förekomsten av 1:a ordningens skjuvzoner i Sverige. Tolkningen är baserad på olika analoga och digitala dataset som i kombination tillåter att områden med relativt större ackumulerad deformation kan bli identifierade. Med en skjuvzon av 1:a ordningen menas ett område med rörelsezoner som avgränsar block med litosfär-dimensioner - i Fennoscandia ca 250 km, vilket svarar mot litosfärens nuvarande ungefärliga mäktighet i centrala urbergsskölden. Frågan om dessa rörelsezoner är aktiva i dag kan inte avgöras enbart med de dataset som använts i denna studie. För detta krävs geodetiska observationsnät i vilka upprepade lägesmätningar av x , y , z - koordinaterna kan företas under ett längre tidsintervall. För lokaliseringen av sådana nät behövs kännedom om var diskreta skjuvszons-segment förekommer.

DEFINITION

En 1:a ordningens brant skjuvzon är ett område i översta jordskorpan som karakteriseras av deformations-koncentration på grund av horisontell-differentiell rörelse av litosfäriska block. (Henkel 1994) och figur 2.

Dessa områden stupar brant genom jordskorpan och kan exemplifieras med Protoginzonen i Värmland (Henkel 1992). De har längdutsträckningar på många 100-tals km och består av flera enskilda zoner med högre ordningstal över en bredd på flera 10-tals km. De förekommer med avstånd som ligger nära litosfärens regionala mäktighet - i urbergsskölden ca 250 km (En redovisning av litosfärens mäktighet utmed Europaen Geotraverse finns i Blundell et al. 1993). Detta avstånd ligger till grund för bestämningen av ordningstalet. (se även Henkel 1994).

Linsformiga berggrundsfragment och begränsande bågformiga förgrenade lineament är typiska strukturdrag utvecklade genom duktil deformationsöverprägling, som efter erosion ärvt av stela deformationszoner bildade närmare den fria ytan. De linsformiga fragmenten skiljer dessa områden från andra typer av deformationszoner, se figur 1 och 3 och det är detta mönster som är basen för identifieringen av 1:a ordningens branta skjuvzoner i olika dataset.

1:a ordningens branta skjuvzoner fungerar som deformationsupptagande och -utjämnande områden inuti de litosfäriska plattorna och de är mer eller mindre aktiva under alla faser av plattornas utveckling. De har således kunnat ackumulera avsevärda relativa blockrörelser. Detta är det andra viktiga kriteriet för deras identifikation i vissa dataset. Skillnaden mellan 3 grundtyper av lineament nämligen skjuvzoner, blockförkastningar och meteoritimpakt relaterade spricksystem illustreras i figur 1.

DATAUNDERLAG

För kartläggningen av 1:a ordningens skjuvzoner i Sverige har följande dataset använts:

1 - Flygmagnetiska data i form av kartor, digitala dataset med 200 x 200 m spatiell upplösning och 10 nT dynamisk upplösning, samt karta i skalan 1:1 M.

2 - Digitala höjddata med 500 x 500 m spatiell upplösning och 3 m dynamisk upplösning. I vissa områden med tidigare studier har 100 x 100 m spatiell upplösning använts.

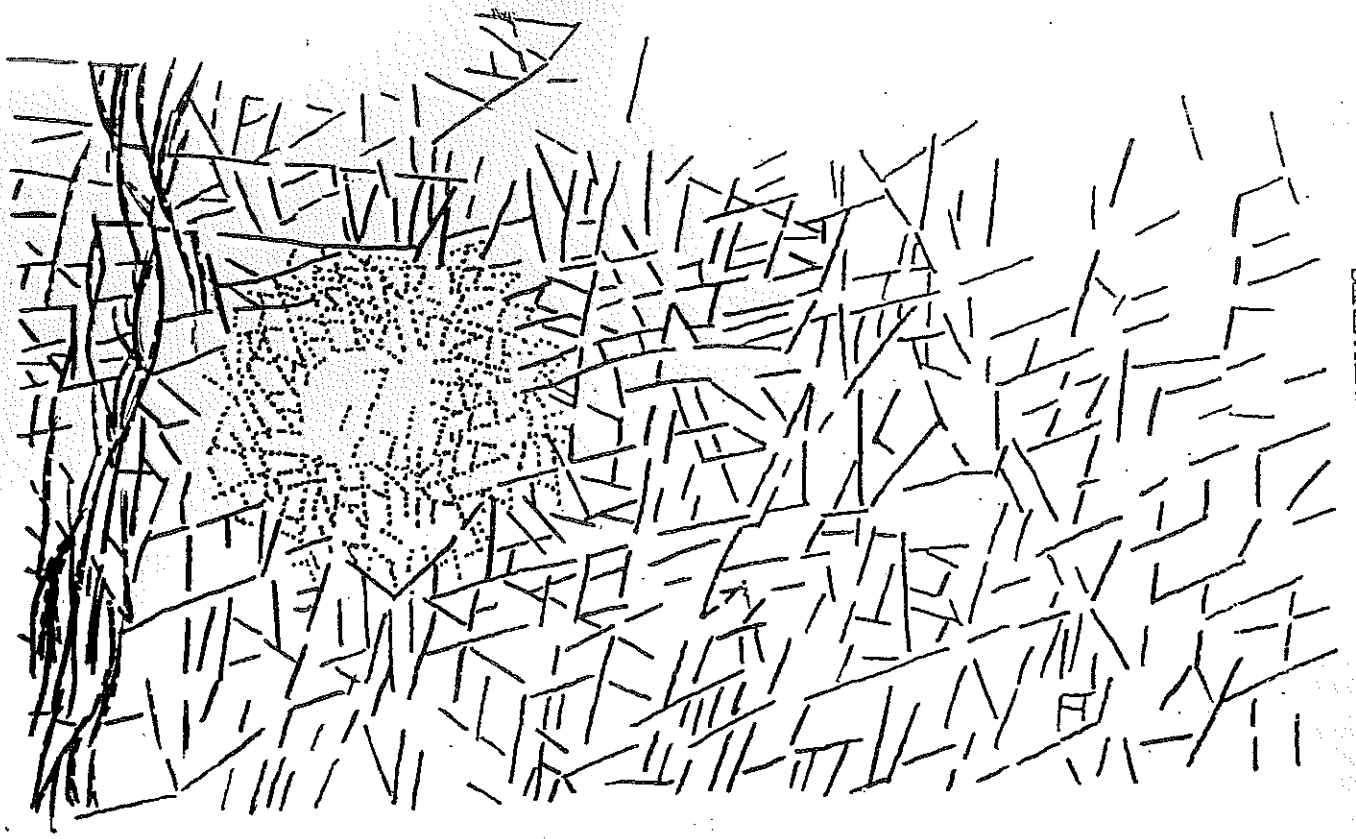
3 - Tyngdkraftsdata i form av en karta med 5 mgal ekvidistans i skalan 1:2.5 M.

TIDIGARE STUDIER

Med digital bildbehandlingsteknik har tektonisk analys av magnet- och höjddata tidigare utförts i områdena 25-27 K-N, Lansjärvområdet i Norrbotten (Henkel 1988). En lineamentstudie baserad på digitala flygmagnetiska data är utförd i området 23-32 H-N, Västerbotten och Norrbotten (Henkel 1989) samt i området 8-12 E-G, västra Bergslagen (Henkel 1990). En kombinerad batymetri- och höjddatabas med 200 x 200 m spatiell upplösning har byggts upp i området 7-11 B-F, Vänerområdet (Isaac 1992). En analys av lineament och den 3-dimensionella strukturen hos Protoginzonen är publicerad i Henkel (1992). I norra Fennoskandien föreligger studier av regionala skjuvzoner baserade på geofysikdata i Olesen et al. (1990 och 1992).

TOLKNINGSMETOD

Tolkningsmetodiken finns utförligt beskriven i Henkel (1988, 1989 och 1990). Den är baserad på digital bildanalys där regional överblick kan kombineras med hög spatiell upplösning. Genom interaktiv kontraststräckning och genom snedbelysning i olika riktningar kan läget och arten av lineament bestämmas. Lineamenten digitaliseras visuellt direkt på skärmen



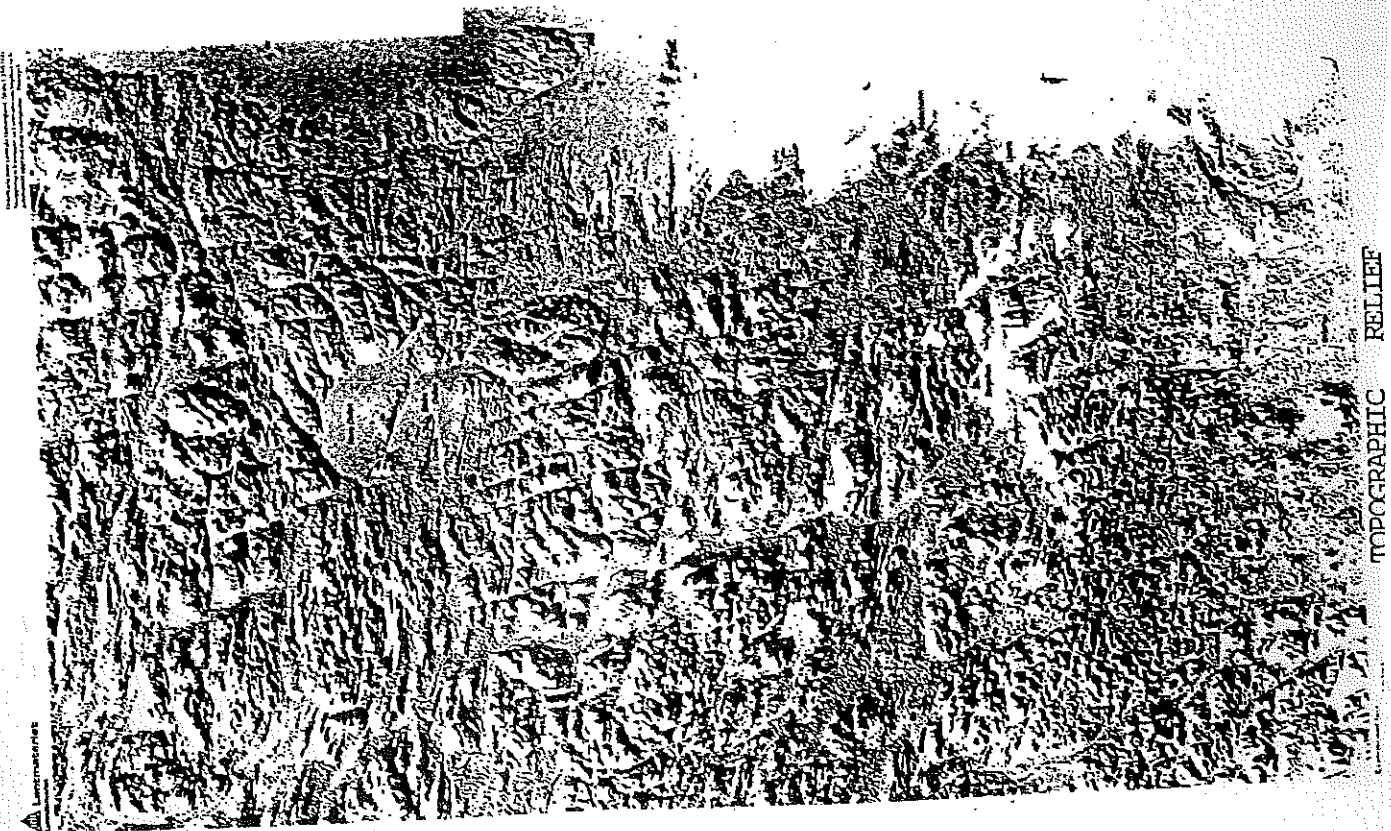
SHEAR ZONE

METEORITE IMPACT

BLOCK FAULTING

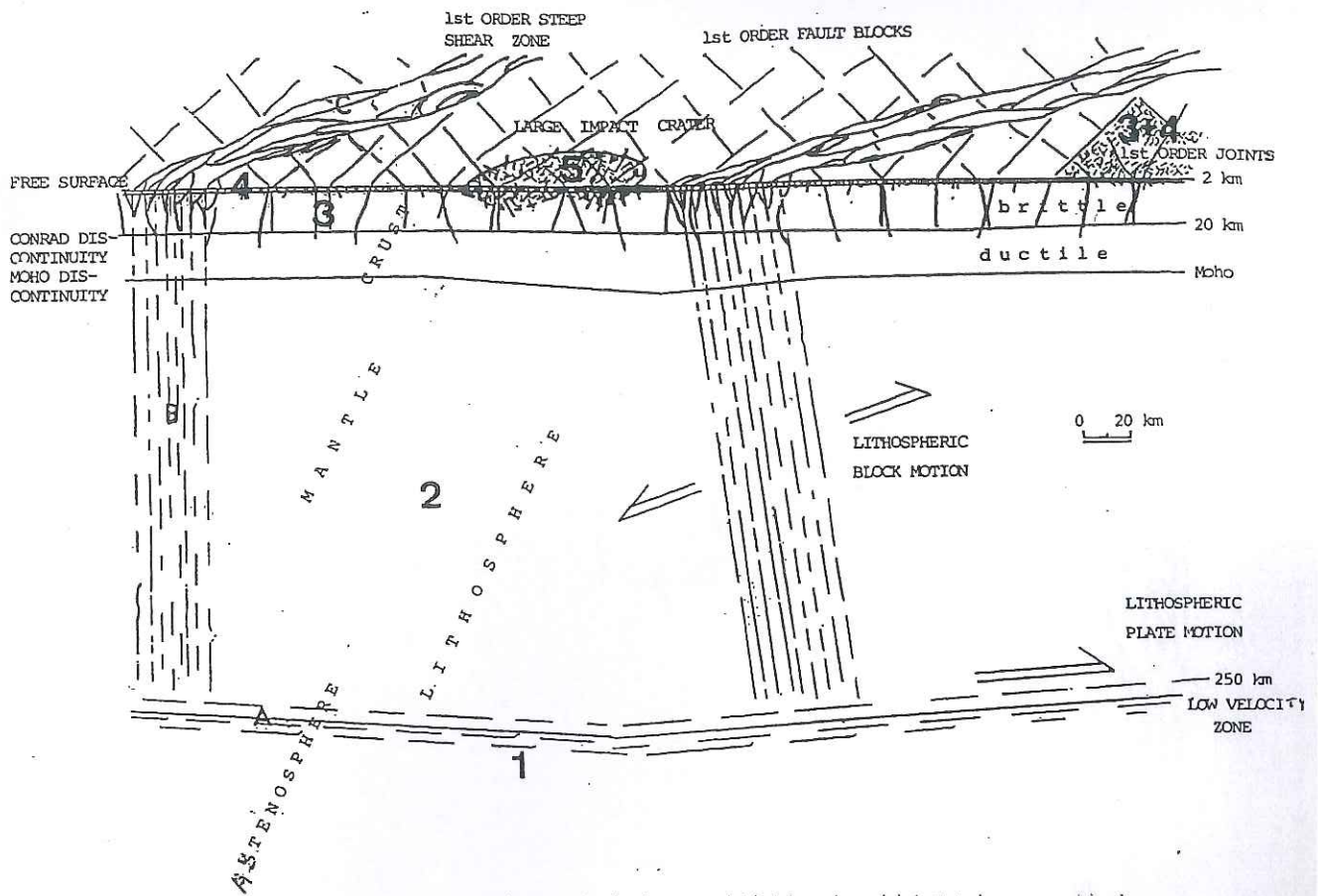
INTERPRETED LINEAMENTS

TYPICAL PATTERNS

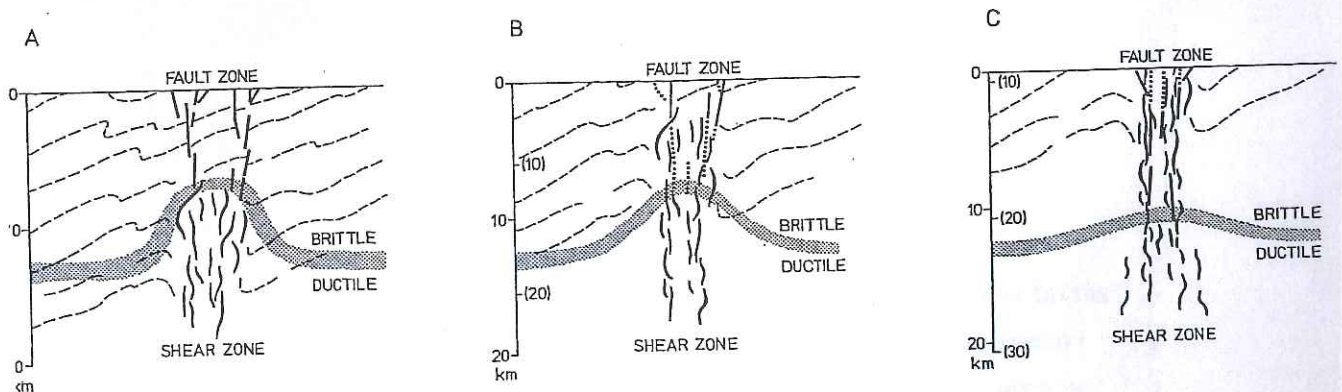


TOPOGRAPHIC RELIEF

Figur 1. De tre huvudtyperna av lineamentmönster med olika bildningsmekanismer. Från Henkel 1994.



Figur 2. Skjuvzonslineament som uttryck för litosfäriska rörelsezoner. Ordningstalet är en funktion av tjockleken hos det involverade skiktet i litosfären. Tektoniska områden: 1 astenosfären, 2 litosfären, 3 övre skorpan och 4 den översta delen av skorpan intill den fria ytan. 5 stora nedslagskratrar utgör egna tektoniska områden. Rörelsezoner: A astenosfär-litosfärgränsen, B branta litosfäriska skjuvzoner som tar upp interna plattdeformationer. C dessa zoner i kartplanet (=1:a ordningens skjuvzoner) med typisk linsformig fragmentering av den översta skorpan.



Figur 3. Hur duktila skjuvzoner och stela förkastningszoner är kopplade genom tiden. Situation C visar hur det ser ut i erosionssnittet där stela deformationszoner delvis följer duktila, tidigare och djupare anlagda rörelsezoner. Från Henkel 1994.

med ledning av olika bakgrundsbilder och resulterar i vektordataset. Dessa kan reproduceras i önskad skala. I den föreliggande studien har tidigare tolkningsresultat överförts manuellt till skalan 1:2 M och sedan kompletterats med tolkningar från den landsomfattande höjddatabasen och från tyngdkraftskartan.

Vid tolkningen har tyngdpunkten lagts på det flygmagnetiska datasetet eftersom man där kan upptäcka både de typiska bågformiga lineamentmönstren och den ackumulerade förskjutningen av strukturer. Därefter har höjddatasetet använts för komplettering i områden där magnetiska data saknas eller där berggrunden inte har några magnetiska strukturer. I detta dataset har de bågformiga lineamenten utnyttjats som indikatorer på skjuvrörelse. Slutligen har det gravimetriska datasetet använts för komplettering av 1:a ordningens zoner i områden där de båda andra dataseten saknas och för att kontrollera att stora ackumulerade blockrörelser kan ha skett.

Tolkningen av digitala höjddata har gjorts på institutionens GOP system som tillåter hantering av en mycket stor databas (i detta fall hela Sverige). För lineamentdragningen har en speciell vektoreditor utvecklats (Henkel et al.1993).

LÄGESNOGGRANNHET

Magnetiska lineament har en lokaliseringssnoggrannhet på ca 0.1 km. Lineament som tolkats från digitala höjddata har ca 0.5 km precision medan indikationer från tyngdkraftskartan har ca 5 km. De med raster markerade zonernas ytterkanter följer oftast ett lineament. Utanför dessa kan det fortfarande finnas associerade mindre zoner som inte har kunnat upptäckas i de olika dataseten (framförallt på grund av den ganska grova spatiella upplösningen). Det är oklart hur stort detta osäkerhetsområde kan vara - det uppskattas preliminärt till ca 5 - 10 km. Läget av ytterkanten har markerats schematiskt där lineament saknas i tolkningen. **På grund av den analoga överföringstekniken och efterföljande digitalisering är det sammanlagda lägesfelet för olika typer av lineament ca 1.5 km.** Kartan skall därför betraktas som en illustration till var i Sverige områden förekommer där branta skjuvzoner dominerar och där stor ackumulerad blockrörelse kan ha inträffat.

KOMMENTARER

I följande tabell sammanfattas en del geometriska egenskaper hos de 1:a ordningens branta skjuvzoner som tolkats fram. Numreringen av zonerna följer dem som använts på kartan i figur 4 (från Henkel 1993). Sörmlandszonen, figur 5, skiljer sig från alla övriga skjuvzoner genom den morfologiskt välutbildade horsten. Detta tyder på en recent aktivitet - dvs att deformationen har inträffat senare än för ca 10 Ma sedan. Dimensionerna är ganska lika de regionala skjuvzonerna och detta är orsaken att denna struktur har tagits med här. Flera

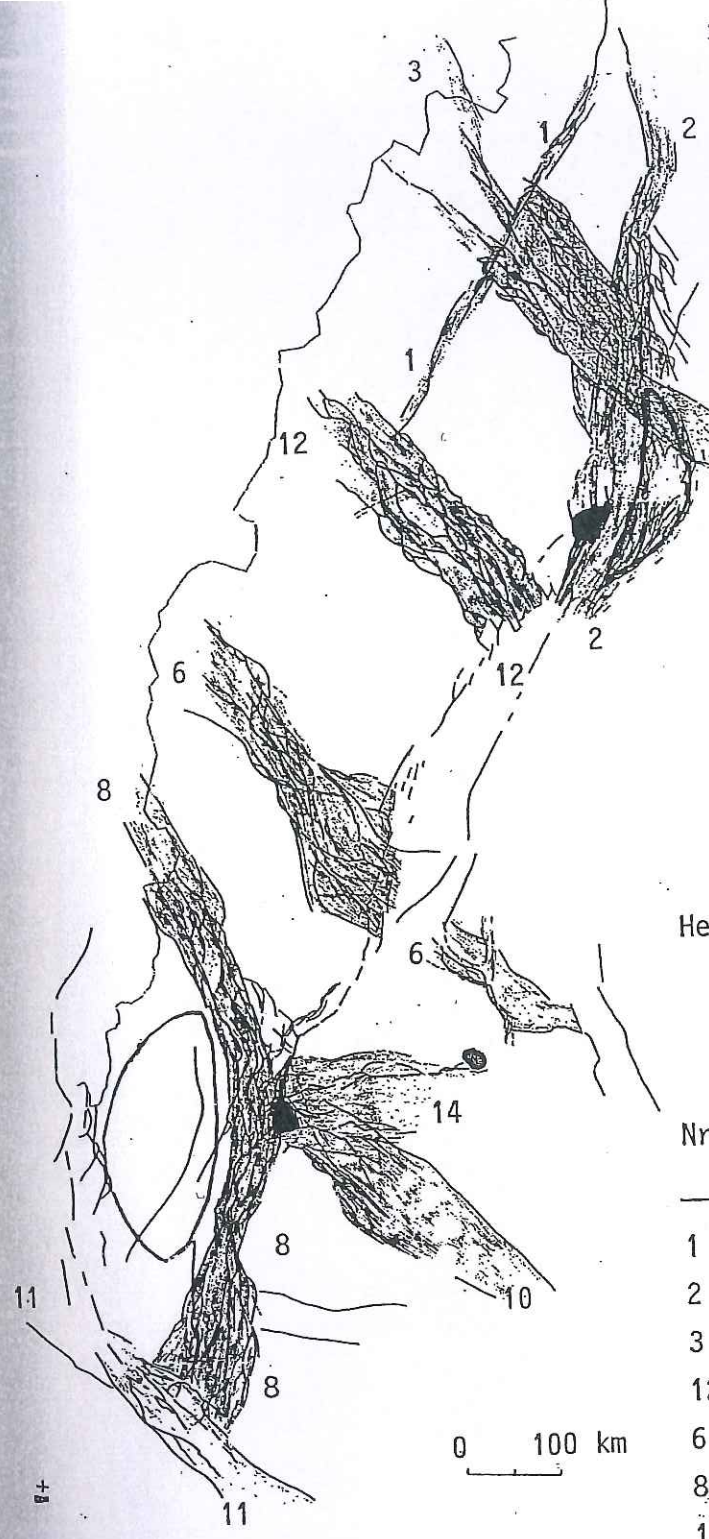
försök har gjorts att stupningsbestämma 1:a ordningens skjuvzoner. Det hittills mest omfattande avser Protoginzonen i Värmland. Men en kombinerad modellering av magnetdata (för de översta ca 2 km i skorpan) och tyngdkraftsdata (för hela jordskorpan, ca 40 km), Henkel (1992), samt anisotropi i teleseismiska s-vågor (övre manteln), Plomerova et al. (1993), föreligger klara indikationer på en brant stupande zon som berör hela litosfären. Med hjälp av modellering av lämpliga magnetiska anomalier har stupningen i den allra översta jordskorpan kunnat bestämmas för zonerna 2, 3 (Henkel 1988), och 6 (Roslund och Lutander (1994). I samtliga fall är stupningen brant.

Tabellsammanställning över 1:a ordningens branta skjuvzoner i Sverige, från norr mot söder.

nr	namn	approx. längd km	bredd km	antal huvud-zoner	indikerad genom	kommentarer
1	Storavan-Svaerholt	800	15	1-3	M, T	Olesen et al.1992
2	Bottenviken-Seiland	750	40	3	M, T, G	Berthelsen and Marker 1986. Tillsammans med följande zon utgör dessa
3	Bottenviken-Senja	400	100	2-7	M, T	fortsättningen på den tidigare transform utmed vilken den Atlantiska riften övergår i den Arktiska
12	Bottenhavet-Rana	500	80	3	T, G	se utförligare kommentarer nedan
6	Ålands Hav-Storsjö	500	40-50	3	M, T, G	
8	Protoginzonen	800	20-40	2	M, T, G	G har lett till uppkomsten av Jan Mayen fracture zone, Torske and Prestvik 1991
10	Västervikszonen	200	80	5	M, T, G	
11	Tornquistzonen	1500	60	5	M, T, G	magnetiskt indikerad framförallt genom en mycket utbredd diabasgångsvärm. Utgör den zon som mot SV begränsar urbergsskölden
14	Sörmlandshorsten	220	110	5	T	den morfologiskt mest markanta strukturen i Sverige, se även fig.5

Numreringen av zonerna följer den som används i kartskissen figur 4, (Henkel 1993). Nr som saknas berör zoner utanför Sverige.
M magnetiskt indikerad, T topografiskt indikerad, G gravimetriskt indikerad.

Henkel
+ 1975

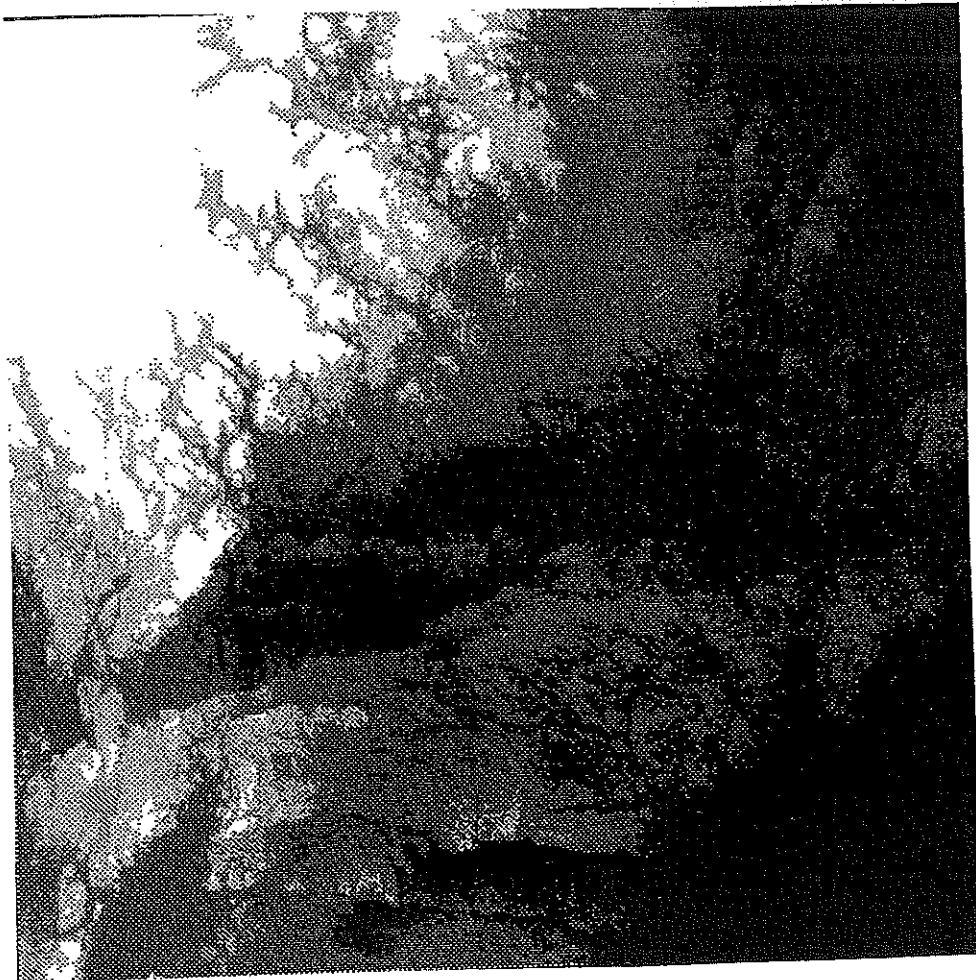


1 st ORDER STEEP LITHOSPHERIC SHEAR ZONES IN SWEDEN

Herbert Henkel and Maria Roslund 1993

Nr	Length km	Width km.	Nr of zones	Indicated with	Dip
1	800	15	1-3	M T	
2	750	40	3	M T G	80 E
3	400	100	2-7	M T	70 SW
12	500	80	3	T G	
6	500	50	3	M T G	85 NE
8	800	20-40	2	M T G	70 NE
10	200	80	5	M T G	
11	1500	60	5	M T G	
14	220	110	5	T	

Figur 4. Branta 1:a ordningens skjuvzoner i Sverige, enligt föreliggande studie. Numreringen följer den som använts i Henkel (1994) - nummer som saknas avser zoner utanför Sverige.



F I G U R 5.

Sörmlandshorsten sett i höjddata med 500 x 500 m spatiell upplösning. Horsten domineras av väst-östliga förkastningszoner som avgränsar tydligt lutande block. Genom att strukturen framträder så tydligt i morfologien, bedöms den vara relativt ung. I sydväst ser man Vätterns norra del och i den östra kanten ligger Roslagen.

Särskilda kommentarer

Zon 12 Bottenhavet - Rana zonen ligger i ett område med övervägande lågmagnetisk berggrund. Det finns därför praktiskt taget inga lämpliga referensstrukturer som kan indikera ackumulerad rörelse. Zonen har tolkats enligt följande kriterier:

- I **höjddata** förekommer en tydlig linsformig horst utsträckt i NV-SO-lig riktning. Topografiska lineament i och omkring denna horst är nätformigt anordnade. Detta indikerar existensen av en regional skjuvzon med strykning NV-SO. Vid kusten förekommer en tydlig stegvis förskjutning mot SO (dvs dextralt) av den SSV-NNO-orienterade kustgradienten som är synlig i morfologien.
- I **magnetdata** förekommer endast några få spridda lineament parallella med zonen. Man kan också se att en bred svärm med SV-NO-strykande diabasgångar avbryts i sin nordöstra del utmed zonen. Mot NO återfinns inte en enda av gångarna.
- I **tyngdkraftsdata** förekommer en tydlig dextral förskjutning av en SV-NO-strykande gradient som utgör kontakten till en djupt liggande struktur med högre densitet.

Samtliga dessa indikationer ligger på ca 250 km avstånd från de närmaste parallella NV-SO-strykande 1:a ordningens skjuvzoner. Den sammanlagda bedömningen leder till slutsatsen att zonen kan vara en 1.a ordningens brant skjuvzon. Eftersom magnetiska lineament saknas (på grund den lågmagnetiska berggrunden i området), får existensen av denna zon tillsvidare betraktas som osäker. Den ackumulerade deformationen på denna zon är dock betydligt mindre än på någon av de andra zonerna. Zonens bredd är också svår att fastställa - den minsta bredden återspeglas troligen av det tyngdminimum som är knutet till den förskjutning som kan ses i den ovan omtalade tyngdkraftsanomalien. Detta avstånd är ca 20 km. En referensstruktur som bör undersökas närmare utgörs av fjällrandens flacka överskjutningsstrukturer och fördelningen av olika litostratigrafiska enheter i skollorna. Tillgång till digitala batymetriska data skulle avsevärt förbättra tolkningsmöjligheterna i de kustnära områdena.

LITTERATUR

Berthelsen, A., and Marker, M., 1986: 1.9 - 1.8 Ga old strike-slip megashears in the Baltic shield, and their plate tectonic implications. In: D.A. Galson and S. Mueller (eds), *The European Geotraverse 2. Tectonophysics* 128:163-181.

Blundell, D., Freeman, R., and Mueller, S., (eds): *A Continent Revealed - The European Geotraverse*. European Science Foundation. Cambridge university Press. ISBN 0 521 41923 9.

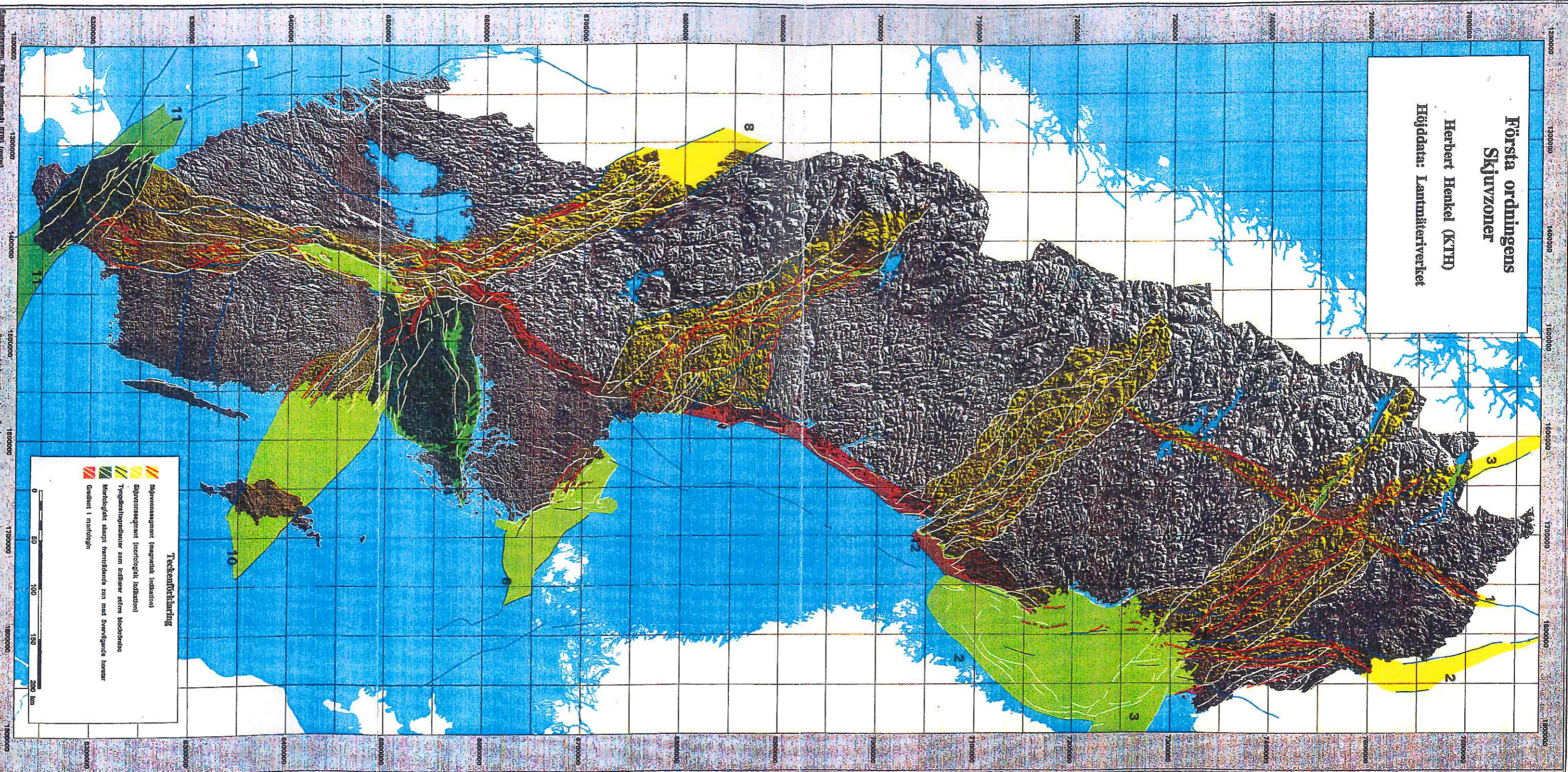
Henkel, H., 1988: *Tectonic studies in the Lansjärv region*. S K B TR 88-07.

- Henkel,H.,1989: Användning av bildbehandlingssystemet EBBA II / EASI för magnetisk lineamentolkning och tektonisk analys. S G U FRAP 89 402.
- Henkel,H.,1990: Digital analys av magnet-, höjd- och tyngdkraftsdata i området 8-12 E-G. S G U FRAP 90 402.
- Henkel,H.,1992: Aeromagnetic and gravity interpretation of three traverses across the Protogine zone, southern Sweden. G F F 114:344-349.
- Henkel,H.,1994: Shear lenses and steep shear zones in the Baltic shield. In preparation.
- Henkel,H.,Stokes,J.,and Roslund,M.,1993:A vector editor for the GOP system suitable for lineament studies. K T H Inst f geodesi o fotogrammetri Rapport. TRITA-FMI Report 1993:11, 13pp.
- Isaac,E.,1992: An integrated study of the lake Vänern lens using a GIS. Thesis, University of Washington, Seattle USA.
- Olesen,O.,Roberts,D.,Henkel,H.,Lile O-B.,and Torsvik,T.H.1990: Aeromagnetic and gravimetric interpretation of regional structural features in the Caledonides of west Finnmark and north Troms, northern Norway. N G U Bull 419.
- Olesen,O.,Henkel,H.,Lile,O-B.,Maurind,E.,and Rønning,J.S.,1992: Geophysical investigations of the Stuoragurra postglacial fault, Finnmark, northern Norway. Journal of Applied Geophysics 29:95-118.
- Plomerova, J., Sileny, J., Babuska, V., and Horalek, J., 1992: A small array study of s-wave anisotropy of the deep lithosphere across the Protogine zone in southern Sweden. EGS XXIII General Assembly Proceedings, Prague.
- Roslund, M., and Åutander, Y., 1994: Dip estimation of a major fault zone segment within the Voxnan-Kårböle shear zone. In preparation.
- Torske,T.,and Prestvik,T.,1991: Mesozoic detachment faulting between Greenland and Norway: Inferences from Jan Mayen Fracture system and associated alkalic volcanic activity. Geology 19:481-484.






Första ordningens Skivzoner

Herbert Henkel (KTH)

Höjddata: Lantmäteriverket



Teckenförklaring

-  Skavsensigant (småskalig indaktion)
-  Skavsensigant (storskalig indaktion)
-  Trygghetsindikator som indikerar stora blockstereo
-  Morfologiskt starkt framträdande zoner med övervägande horisont
-  Gradient i markslagen

