

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

GEOLOGY FOR SOCIETY



Rapport nr.: 2013.040		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysisk logging av borehull ved Geologisk Museum, Tøyen, Oslo			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Oslo		Kommune: Oslo	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1914 IV Oslo	
Forekomstens navn og koordinater: Tøyen WGS-84, 6643793N 599126Ø sone 32 W		Sidetall: 63 Kartbilag:	Pris: kr 235.-
Feltarbeid utført: 8.01. - 9.01. 2013 og 5.06.2014	Rapportdato: 10.08.2013	Prosjektnr.: 358000	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag: NGU har logget et 200 m dypt borehull ved Geologisk Museum på Tøyen i Oslo. Hullet ble boret i 2011. Bakgrunnen for boringen er at UiO ønsker å bygge et nytt veksthus der det vurderes å bruke geovarme for oppvarming. NGU har utredet denne muligheten. Hullet er boret i Alunskiferformasjonen i Røykengruppen.</p> <p>Hensikten med loggingen var å få en bedre forståelse av geologien ved å kartlegge tykkelsen av alunskiferen. NGU har logget temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling, gammaspektrometri, seismisk hastighet og resistivitet i fjell. Det ble også gjort opptak med optisk og akustisk televiwer. Borehullsavvik ble målt som en integrert del med televiwer.</p> <p>Litologisk logg er laget ved hjelp av optisk televiwer, total gammastråling og borekaksbeskrivelse. Under alunskiferen (96 m dyp) er det vekslende lag med syenitt, mænaitt og alunskifer. Gammastrålingen indikerer tydelig bergartsgrensene. Et 2 m tykt lag med alunskifer ligger like under løsmassene som går ned til ca 14 m dyp. Fra 22 – 96 m dyp er det sammenhengende alunskifer/leirskifer. Gammastrålingen varierer, men er spesielt høy mellom 22 og 32 m dyp. En topp ved 24 m viser ca 4000 cps. Måling av U, Th og K med gammaspektrometri viser at uran er det dominerende radioaktive elementet i alunskiferen med et gjennomsnittsinhold på 163 ppm og en maksimumsverdi på 350 ppm. I syenittgangene er det thorium som er det dominerende radioaktive elementet, 20 – 26 ppm Th.</p> <p>Resistiviteten indikerer bergartsgrensene tydelig. Alunskifer har lav resistivitet, 0.1 – 300 ohmm, mens syenitt og mænaitt har hhv. 3000 - 4000 og 600 – 900 ohmm. Seismisk P-bølgehastighet indikerer også tydelig bergartene der alunskiferen har lavest hastighet med 3500 – 3700 m/s, syenitt 4800 – 5400 m/s og mænaitt 5500 – 6000 m/s. Sann tykkelse på syenittgangene er 10 – 13 m.</p> <p>Skiferens hovedfallretning er NNV. Mellom 60 og 140 m dyp dreier den stedvis mot NNØ. Fallvinkelen varierer mye grunnere enn 95 m dyp, 15 - 80°. Under 95 m dyp er det liten variasjon i fallvinkel, 5 – 20°.</p> <p>Logging med optisk og akustisk televiwer viser at berggrunnen er lite oppsprukket. De fleste observerte sprekker er foliasjonsparallele med fall mot NNV.</p> <p>Borehullsavviket er stort. Hullet går mot sør med en svak østlig komponent. I bunnen er avviket 61 m fra vertikalen mot sør og 11 m mot øst.</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Optisk televiwer	
Elektrisk måling	Naturlig radioaktivitet	Akustisk televiwer	
Temperaturmåling	Gammaspektrometri	Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	9
2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL	9
3. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	11
3.1 Målemetoder og målte parametere	12
4. RESULTATER	13
4.1 Optisk televiever	13
4.1.1 Beregnet foliasjon i Tøyen borehull	14
4.1.2 Sprekkekartlegging med optisk televiever i Tøyen borehull	17
4.2 Akustisk televiever med ovalisasjonslogg	23
4.3 Temperatur og temperaturgradient	31
4.4 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet, seismisk hastighet og gammaspektrometri	32
4.5 Gammaspektrometri og korrelasjon mellom total gamma, U, Th og K	40
4.6 Borehullsforløp	44
5. KONKLUSJON	46
6. REFERANSER	47

FIGURER

Figur 1. Oversiktskart over Oslo som viser plassering av Tøyen borehull	10
Figur 2. Kart som viser Tøyen borehull ved Geologisk Museum.	10
Figur 3. Logging ved Geologisk Museum på Tøyen	11
Figur 4. Overgang leiskifer-mænaitt (a) og syenittgang (b). Bilder fra optisk televiever	14
Figur 5. Tøyen. Diagram som viser foliasjonens fallretning og fallvinkel	15
Figur 6. Geologisk museum Tøyen, Foliasjonens fallretning (venstre) og fallvinkel (høyre)	16
Figur 7. Eksempler på knadd syenitt (venstre) og sprekker i overgang mellom syenitt og mænaitt (høyre).	17
Figur 8. Sprekkestereogram, Tøyen. Øverst 26 – 120 m dyp, i midten 121 – 140 m dyp og nederst 141 – 195 m dyp	18
Figur 9. Rosediagram for observerte sprekker i Tøyen Bh, fallretning (v) og fallvinkel (h). Data fra optisk televiever	19
Figur 10. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 27 - 84 m hull dyp	20
Figur 11. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 84 - 139 m hull dyp	21
Figur 12. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 141 - 195 m hull dyp	22
Figur 13. Tøyen. Sprekkestereogram over observerte sprekker med akustisk televiever	23
Figur 14. Rosediagram for observerte sprekker i Tøyen Bh, fallretning (venstre) og fallvinkel (høyre). Data fra akustisk televiever	23
Figur 15. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiever, 35 – 92 m. Borehullsforløp til høyre ..	24
Figur 16. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiever, 95 – 147 m. Borehullsforløp til høyre.	25
Figur 17. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiever, 148 – 199 m. Borehullsforløp til høyre.	26
Figur 18. Tøyen. Ovalisasjonslogg med azimuth til største diameter (alpha)	29
Figur 19. Tverrsnitt som viser formen på borehullet, øverst sirkulært snitt ved 191 m (syenitt) og nederst ovalt snitt med breakout mot NV, 83 m dyp (alunskifer)	30
Figur 20. Tøyen borehull. Temperatur og temperaturgradient	31
Figur 21. Tøyen borehull. Plott av temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling, resistivitet, og litologisk logg	34
Figur 22. Tøyen borehull. Plott av temperatur, total naturlig gammastråling, resistivitet, seismisk hastighet, P-bølge, S-bølge og litologisk logg	35
Figur 23. Tøyen borehull. Gammaspektrometri, kontinuerlig logg, som viser total gamma, U, Th og K. .	37
Figur 24. Tøyen borehull. Gammaspektrometri som viser total gamma, U, Th og K. Svarte og røde punkter viser data fra punktmålinger, energispekter	39
Figur 25. Utvalgte dybdeintervaller som viser forholdet mellom U og Th i alunskifer og i syenitt	40
Figur 26. Korrelasjon mellom total gamma og U rådata (v) og U løpende gjennomsnitt 21 punkter (h) ..	41

Figur 27. Korrelasjon mellom total gamma og Th (v) og U (h), løpende gjennomsnitt 21 punkter.	41
Figur 28. Korrelasjon mellom total gamma og U, Th, K (a,b,c) og U-K, U-Th og K-Th (d,e,f).....	43
Figur 29. Tøyen. Borehullsforløp. Nord og østkomponent (venstre). Skiferens fallvinkel (høyre).....	44
Figur 30. Tøyen. Borehullsforløp. Horisontalprojeksjon som viser hullets retning mot sør.....	45

TABELLER

Tabell 1. Data for Tøyen borehull.....	9
Tabell 2. Målte parametere i Tøyen borehull, med loggehastighet og samplingstetthet.....	11
Tabell 3. Resistivitet, seismisk hastighet og total gamma i alunskifer, syenitt og mænaitt.....	33
Tabell 4. Middel og maksimum total gamma, U, Th og K.....	36
Tabell 5. Total gamma, K, U og Th beregnet ved punktmålinger av energispektra.....	38

DATABILAG

Databilag 1: Forklaring til databilag 2,3,4 og 5.....	48
Databilag 2: Tabell målt foliasjon.....	49
Databilag 3: Data over alle digitaliserte sprekker.....	50
Databilag 4: Data for borehullsforløp.....	51
Databilag 5: Energispektra for Tøyen borehull.....	54

1. INNLEDNING

NGU har logget et 200 m dyp borehull ved Geologisk museum på Tøyen i Oslo. Hullet ble boret i 2011. Bakgrunnen for boringen er at UiO ønsker å bygge et nytt veksthus der det vurderes å bruke geovarme for oppvarming. NGI har utredet denne muligheten (NGI 2011).

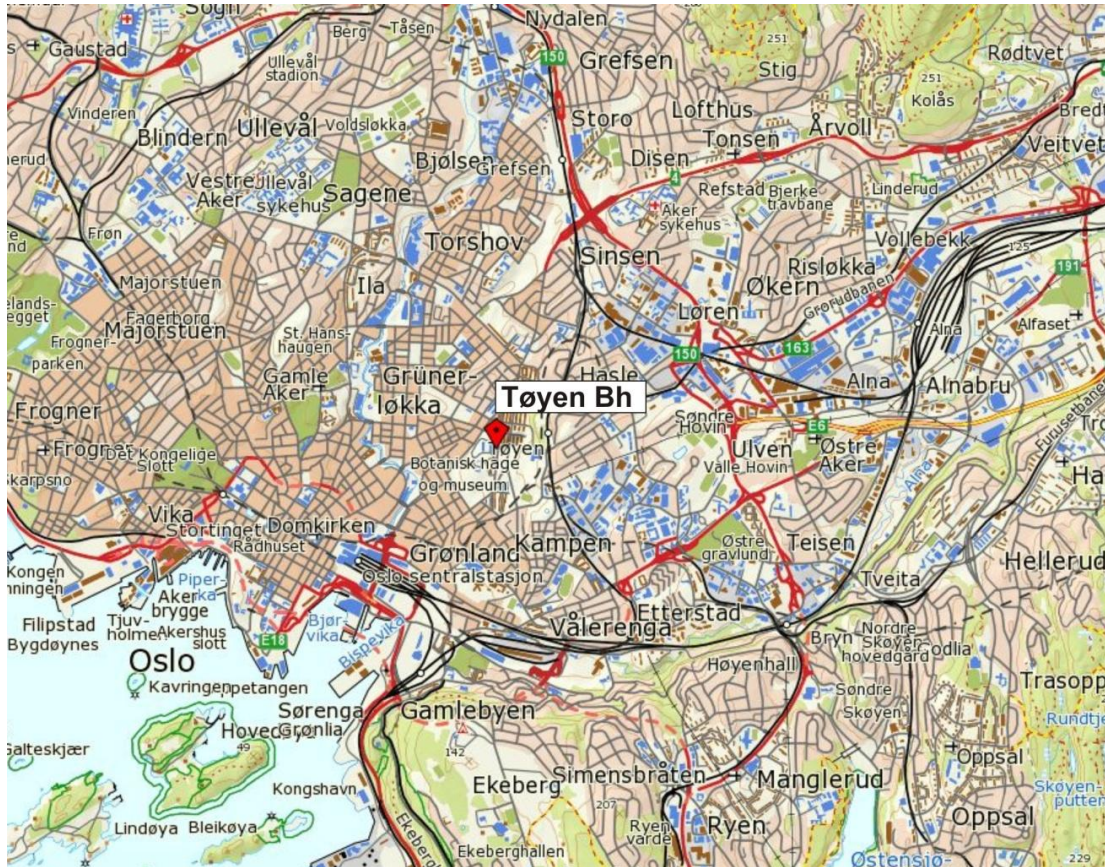
NGU logget temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling, gammaspektrometri, resistivitet i fjell og seismisk hastighet. Gammaspektrometri er gjort både som kontinuerlig logg og punktmålinger av energispekter der U, Th og K er beregnet. Det ble også gjort opptak med optisk og akustisk televiwer. Borehullsavvik måles som en integrert del med televiwer. Målingene ble utført av Harald Elvebakk 8.01. - 9.01. 2013 og 5.06. 2014. Berggrunnsgeolog Ole Lutro bidro til å lage en litologisk logg av borehullet.

2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL

Borehullet ligger like ved Geologisk museum på Tøyen i Oslo, se figur 1 og 2. Kollektorslanger var satt ned i borehullet. Disse ble fjernet like før logging. Dette reduserte sikten i vannet noe i nedre del av borehullet ved at slam ble virvlet opp. Borehullet ligger i Tøyen- og Alunskiferformasjonen i Røykengruppen innenfor Oslofeltets kambrosilurbergarter (Owen et al 1990). Bergarten i området er alunskifer/leirskifer/svartskifer gjennomsett av intermediære ganger, mænaitt og syenitt. Tabell 1 viser data for Tøyen borehull.

Tabell 1. Data for Tøyen borehull.

Lokalitet	Nord wgs 84	Øst wgs 84	Sone	Høyde m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (cm)	Dyp (m)	Boring
Tøyen	6643763	599126	32W	30	08.01.2013 09.01.2013 05.06.2014	90 °	14	200	4. – 6.07. 2011



Figur 1. Oversiktskart over Oslo som viser plassering av Tøyen borehull.



Figur 2. Kart som viser Tøyen borehull ved Geologisk Museum.

3. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Det er benyttet loggeutstyr produsert av Robertson Geologging ltd.
(<http://www.geologging.com>).

Metodebeskrivelse for NGU's målesonder ligger på NGU's hjemmesider på følgende link:
<http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Borehullsgeofysikk/>

Tabell 2 viser loggehastighet og samplingstetthet for de ulike målesondene. Figur 3 viser logging utenfor Geologisk museum på Tøyen.

Tabell 2. Målte parametere med loggehastighet og samplingstetthet.

Målt parameter	Loggehastighet	Samplingstetthet
Temperatur	3 m/min	1 cm
Ledningsevne i vann	3 m/min	1 cm
Resistivitet i fjell, porøsitet	5 m/min	1 cm
Seismisk hastighet	4 m/min	1 cm
Gammaspektrometri, U, Th, K	1 m/min	1 cm
Naturlig gammastråling	5 m/min	1 cm
OPTV	1 m/min	1 mm
Akustisk televiewer (HIRAT)	3 m/min	1 mm
Borehullsavvik (OPTV, HIRAT)	1 – 3 m/min	1 cm



Figur 3. Logging ved Geologisk Museum på Tøyen.

3.1 Målemetoder og målte parametere.

Temperatur, elektrisk ledningsevne i vann og total naturlig gammastråling måles med samme sonde. Gammastråling måles i cps er tilpasset API-standard, og data kan sammenlignes med data målt med andre sensorer med samme standard.

Gammaspektrometri. Sonden måler innholdet av Kalium (%), Uran (ppm) og Thorium (ppm). Total naturlig gammastråling (API standard) måles også (cps). Det kan gjøres en kontinuerlig logg med loggehastighet 1 m/min, eller det kan tas punktmålinger i 5 – 6 minutter for å kartlegge hele energispekteret for mer nøyaktig konsentrasjonsbestemmelse. Innholdet av K, U og Th i dette punktet beregnes.

Resistivitet i berget måles med to forskjellige elektrodekonfigurasjoner, Long Normal (LN) og Short Normal (SN). Dette er to pol-pol konfigurasjoner med elektrodeavstand henholdsvis 1.6 og 0.4 m. Fjern potensialelektrode plasseres på bakken mens loggewire 10 m over sonde utgjør fjern strømelektrode. Resistiviteten er korrigert for vannets ledningsevne i borehullet, borehulldiameter og sondens størrelse (diameter) (Thunhead & Olsson 2004). Sonden måler også total gammastråling.

Ut fra vannets ledningsevne og resistiviteten i berget kan tilsynelatende porøsitet beregnes. Til dette benyttes en modifisert versjon av Archie's lov (Archie 1942). Tilsynelatende porøsitet Φ kan finnes ut fra følgende sammenheng:

$$\sigma = a \cdot \sigma_w \cdot \Phi^m + \sigma_s$$

σ = ledningsevne i bergarten

σ_w = ledningsevne i porevannet

σ_s = ledningsevne på kornoverflate

Faktorene a og m (kornform, sementeringsfaktor) er avhengig av bergartstype og bestemmes ved laboratoriemålinger. Ved beregningen av porøsiteten brukes $a=1.928$ etter Thunehed og Olsson som fant dette for krystalline bergarter (Thunehed & Olsson 2004). Verdien på m er satt lik 2.0 (personlig meddelelse Hans Thunehed). σ_s er satt lik 10^{-5} og er så godt som neglisjerbar.

Archie's lov er egentlig tilpasset homogene sedimentære bergarter (sandstein) men ved å tilpasse (måle) faktorene kan en tilsynelatende porøsitet også beregnes for andre bergarter. En stor feilkilde ved denne tilpassningen vil være tilstedeværelsen av elektronisk ledende mineraler (grafitt, sulfider, oksider, leire).

Lydhastigheten beregnes ved å måle gangtiden til P-bølgen. Sonden har tre mottakere med 20 cm avstand. Det blir gjort en måling for hver cm. Prosessering er gjort med programvaren WellCad fra det nederlandske firmaet Advanced Logic Tecnology (ALT 2006). En nedgang i lydhastighet kan bety oppsprukket/forvitret fjell.

Optisk televiewer filmer innvendig borehullsvegg kontinuerlig nedover med en pixelstørrelse på ca.1 x 1 mm. Fra opptaket kan en digitalisere sprekker og geologiske strukturer. Data presenteres som sprekkestereogram, frekvenshistogram og rosedigram.

Akustisk televiwer gir et bilde av innvendig borehullsvegg ved å prosessere gangtid og amplitude til en reflektert lydimpuls. Ved å digitalisere bildet kan en identifisere og beregne sprekkefall og retning. Sprekkefrekvens kan ut fra dette beregnes fortløpende langs hullet. Fra akustisk televiwer-data beregnes en ovalisasjonslogg og en caliper4 logg. Disse logger er basert på endringer i borehulldiameter som skyldes sprekker og breakouts i borehullet. Ovalisasjonslogg kan også si noe om bergspenninger i hullet med retning til største hovedspenning, se senere kapittel 4.2, akustisk televiwer og ovalisasjonslogg.

Foliasjonen (fallretning og fallvinkel) er presentert i tabell og i grafisk plott som viser variasjon av fallretning og fallvinkel nedover hullet. Alle sprekker og sprekkesoner er digitalisert med beregning av strøk og fall. Der det er mulig er det beregnet tykkelse (åpning) av sprekke. Prosesserte data er presentert som sprekkestereogram og sprekkefrekvens-histogram.

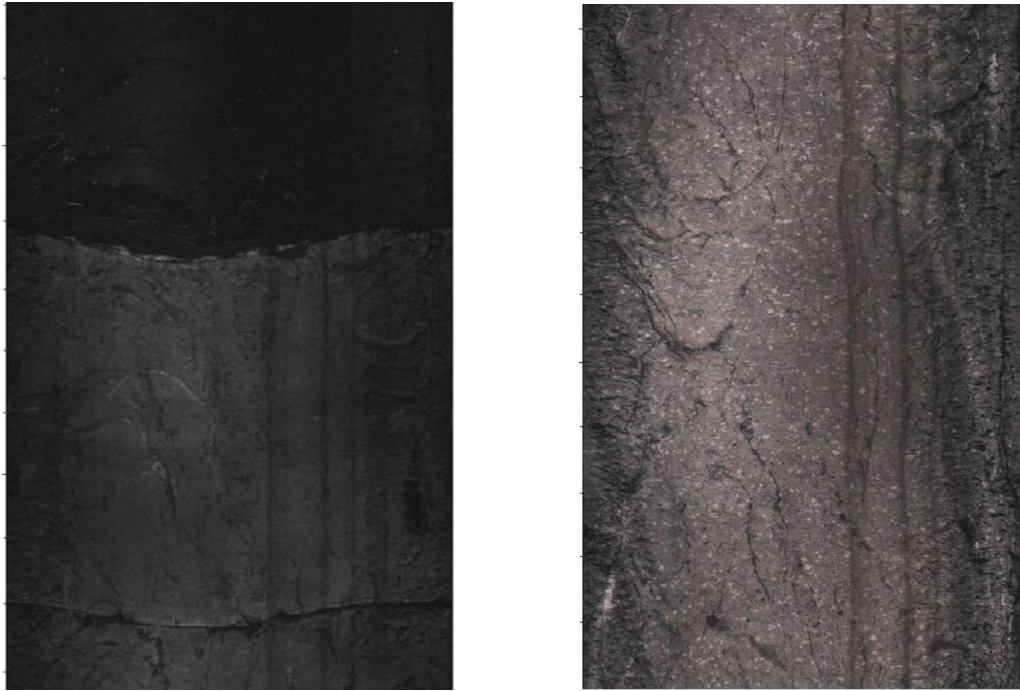
4. RESULTATER

4.1 Optisk televiwer

Optisk televiwer ble logget dagen etter at kollektorslangene var dratt ut av hullet for at vannet skulle klarne. En antok at slam ble virvlet opp når slangene ble dratt ut av hullet og med den mørke bergarten (alunskifer/leirskifer) kunne sikten bli redusert. Sikten ble likevel dårlig i nedre del av hullet, noe av årsaken kan tilskrives det store borehullsavviket og utflatingen av hullet, se senere. I et skråhull vil partikler legge seg på bunnveggen av hullet og blir lett virvlet opp ved omrøring av vannet.

Hele hullet ble logget, men på grunn av tekniske problemer er det gjort flere opptak. Sprekkefrekvenshistogram lages fra første registrering (digitalisering) av en sprekke. Dersom det ikke er sprekker i starten av hullet vil denne delen ikke komme med i histogrammene.

Ut fra optisk televiwer, gammalogg, resistivitet og borekaksbeskrivelse (NGI 2011) har NGU utarbeidet en detaljert litologisk logg av borehullet, se figur 6. Figur 4a viser overgang mellom skifer og mænaitt mens figur 4b viser syenittgang.



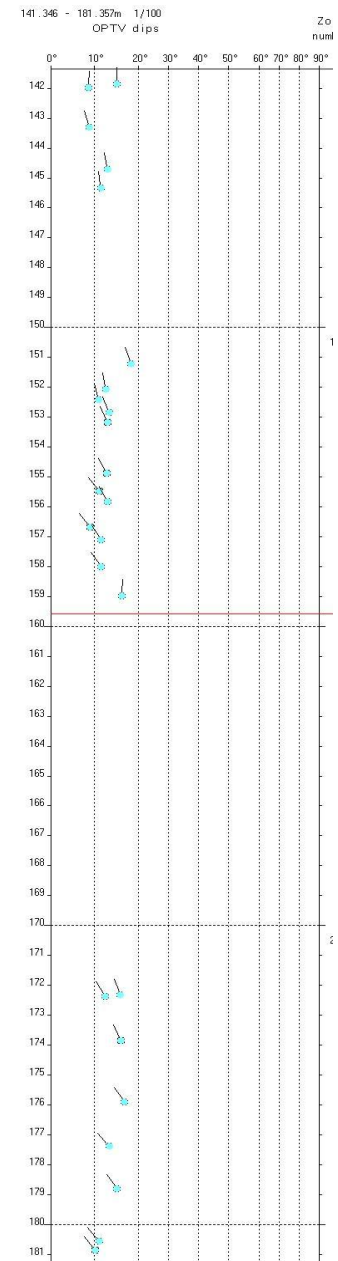
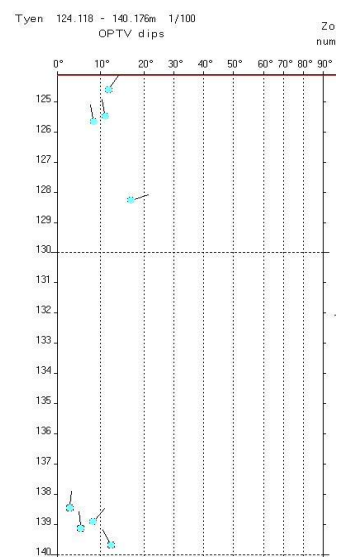
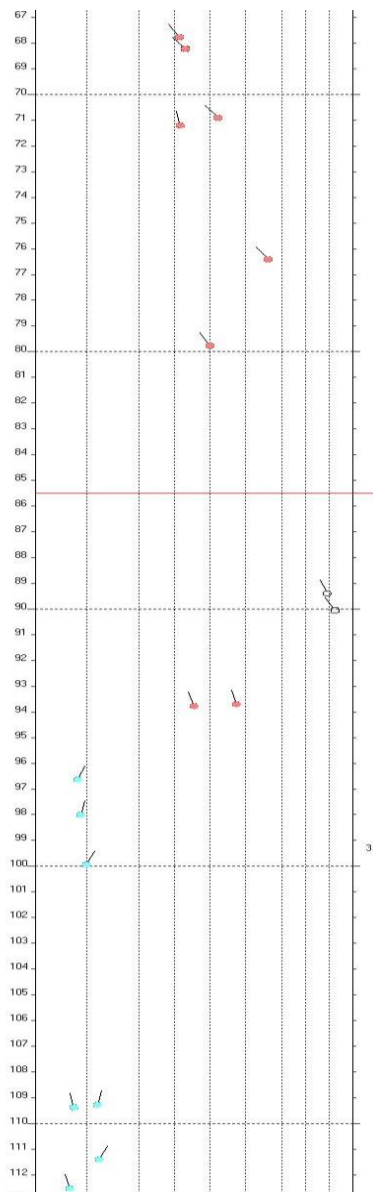
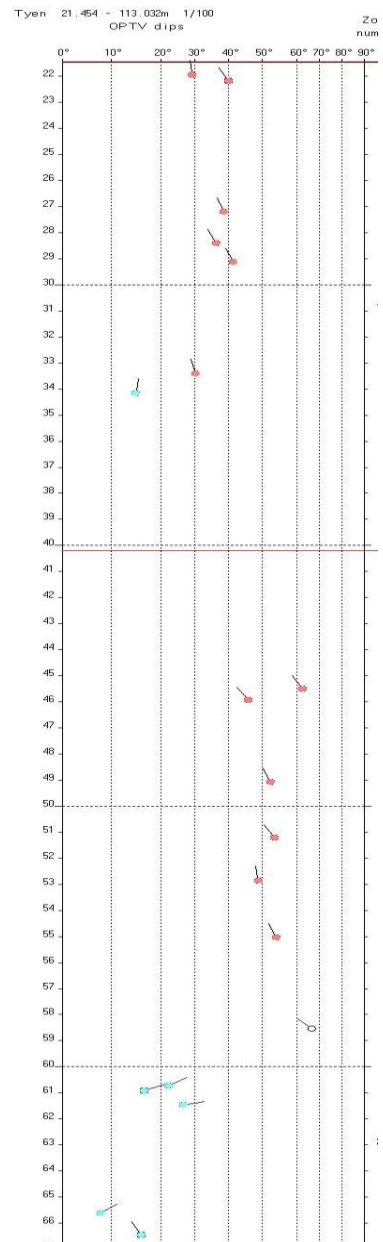
Figur 4. Overgang leiskifer-mænaitt (a) og syenittgang (b). Bilder fra optisk televiewer

4.1.1 Beregnet foliasjon i Tøyen borehull

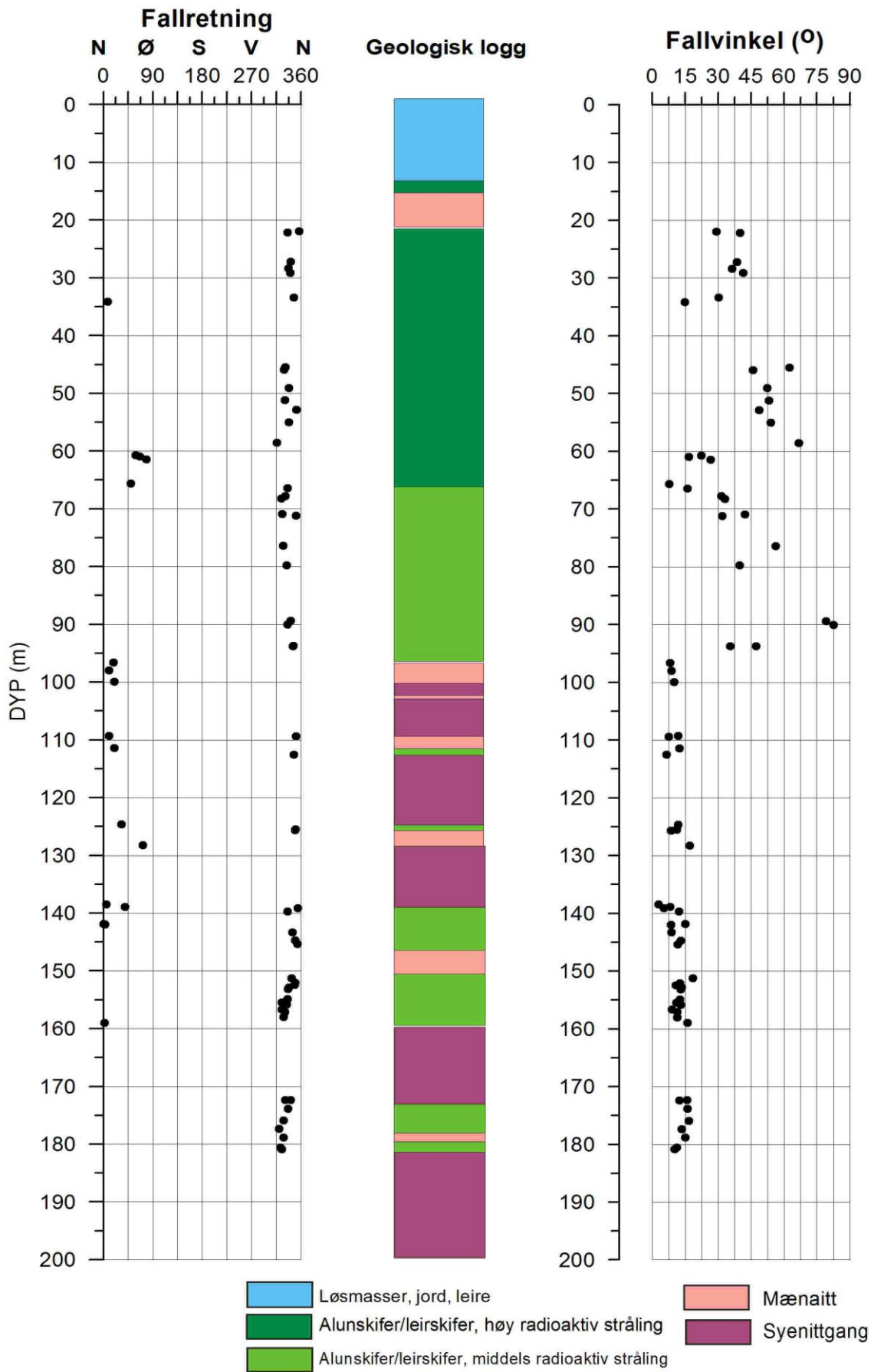
Foliasjonens fallretning (strøk + 90°) og fallvinkel er beregnet langs hullet der det er tydelig foliasjon å se. Foliasjonen er bare målt på skiferen, det er ikke mulig å se foliasjon i de intermediære gangene. Til dette er prosesseringsprogrammet til OPTV benyttet. Resultatet er vist i figur 5 som viser nålplott av alle digitaliserte foliasjonsretninger, der ”nålene” peker i fallretning (vest til venstre) og nålens hode angir fall. De ulike fargene på pilene fremkommer ved inndeling av beregnet foliasjon i hovedgrupper med noenlunde samme fall og fallretning. Hver gruppe får sin farge. Dette brukes mest i sprekkekartlegging for å fremstille sprekkeretninger i sprekkestereogram. Databilag 2 viser foliasjonsdata i tabellform. Databilag 1 viser forklaring på databilagene.

Figur 6 viser de samme data plottet i XY-plott med hhv. fallretning og fallvinkel plottet mot hulldyp. I tillegg er geologisk logg presentert.

Både figur 5 og 6 viser at hovedfallretning er NNV. Mellom 60 og 140 m dyp dreier den stedvis mot NNØ. Fallvinkelen varierer mye over 95 m dyp, 15 - 80° . Under 95 m dyp er det liten variasjon i fallvinkel, 5 - 20° .



Figur 5. Tøyen. Diagram som viser foliasjonens fallretning og fallvinkel. Ingen observasjoner mellom 113 og 124 meters dyp.



Figur 6. Geologisk museum Tøyen, Foliasjonens fallretning (venstre) og fallvinkel (høyre).

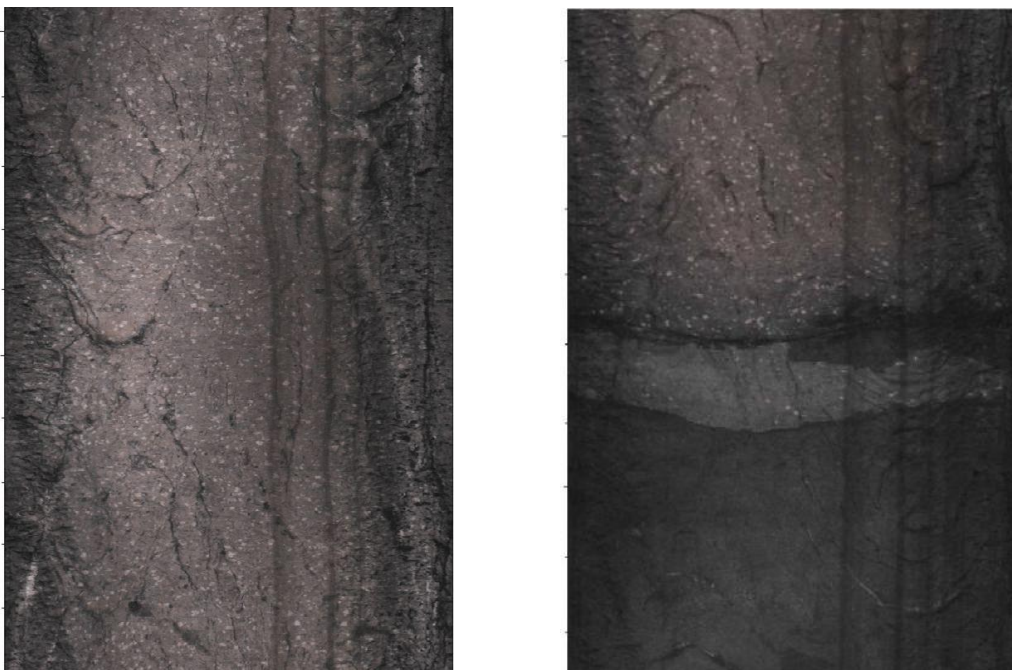
4.1.2 Sprekkekartlegging med optisk televiewer i Tøyen borehull

Alle observerte sprekker på OPTV opptakene er digitalisert der strøk og fall er beregnet. Borehullet er generelt svært lite oppsprukket. På grunn av svært mørk bergart (absorberer mye lys) og uklart vann fikk en ikke kartlagt eventuelle sprekker i den nederste delen av hullet. Det ble derfor også logget med akustisk televiewer. Den er avhengig av vann i hullet men det trenger ikke å være klart. Resultater fra denne vises senere.

Figur 7 viser eksempler på sprekker i Tøyen borehull. De fleste sprekkene opptrer under skiferen, fra 96 m, i forbindelse med syenitt- eller mænaittganger. En ser også at syenitten er knadd/strekt som gir steile strukturer.

På grunn av tekniske problemer ble loggingen utført i tre seksjoner. Figur 8 viser sprekkestereogram av observerte sprekker for seksjonene 26 – 120 m, 121 – 140 m og 141 – 195 m. Figur 9 viser rosedigram for fallretning og fallvinkel for hele hullet. Den største sprekkegruppen (blå) har en fallretning mot NNV og slak fallvinkel. Disse sprekkene er foliasjonsparelle. En del av disse sprekkene er tynne mineraliserte sprekker. Det observeres også en del steile sprekker i syenittgangene som har både østlig og vestlig fall. En ser ingen klare åpne sprekker. Borerapporten (NGI 2011) rapporterer om vanninnslag ved 165 m dyp, men det indikeres ingen sprekker i dette område på noen av loggene. Vanninnslaget er rapportert i en i syenittgang.

Sprekkefrekvenshistogrammer er vist i figurene 10, 11 og 12. Her er alle digitaliserte sprekker plottet i et nålplott der nålen peker i sprekkens fallretning med vest til venstre og nord opp, mens hodet angir vinkel i henhold til plasseringen i plottet. Som nevnt foran er oppsprekningen størst under skiferen, fra ca 97 m dyp. Sprekkefrekvensen er størst mellom 97 og 110 m. Databilag 3 viser sprekkedata i tabellform.



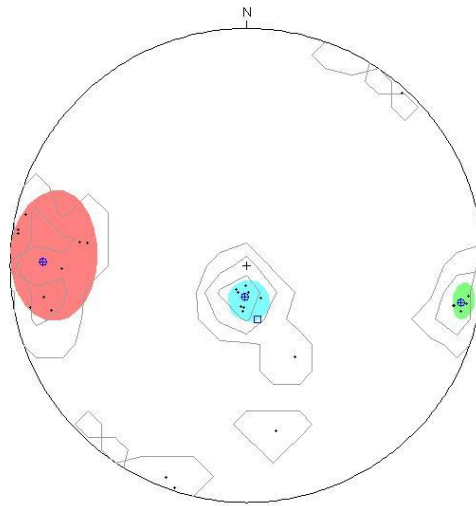
Figur 7. Eksempler på knadd syenitt (venstre) og sprekker i overgang mellom syenitt og mænaitt (høyre).

Zone 0, 26.000 - 120.000m
 Deviation 19.2 N168.8
 Mean dip format: strike and dip
 dip data sets
 OPTV dips

	mean dip	n	f
N274 11	N274 11	8	(0.09)
N001 75	N001 75	9	(0.55)
N190 81	N190 81	5	(0.20)

intersections

	N274 11	N001 75	N190 81
N274 11		11 N004	11 N008
N001 75	11 N004		20 N007
N190 81	11 N008	20 N007	



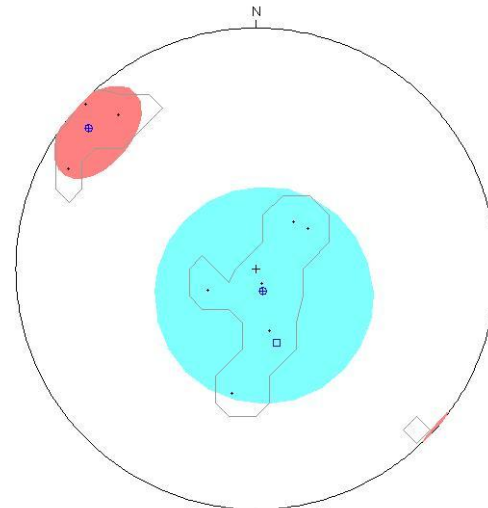
equal-area lower-hemisphere 0-90
 contour-levels 1,3,6. □ well axis
 ⊕ mean dip

Tøyen
 Zone 0, 121.142 - 139.612m
 Deviation 26.2 N164.9
 Mean dip format: strike and dip
 dip data sets
 OPTV dips

	mean dip	n	f
N253 8	N253 8	7	(0.40)
N040 80	N040 80	3	0.80

intersections

	N253 8	N040 80
N253 8		4 N041
N040 80	4 N041	



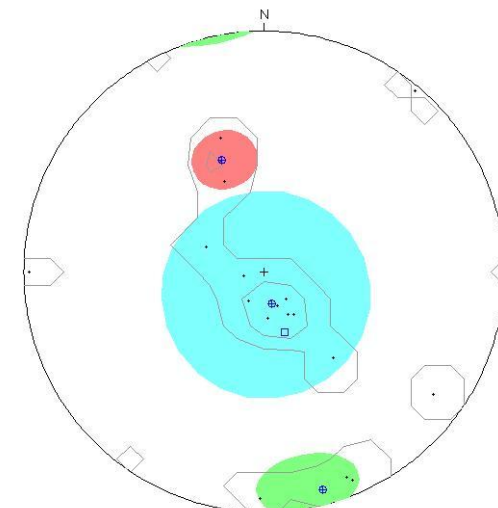
equal-area lower-hemisphere 0-90
 contour-levels 1. □ well axis
 ⊕ mean dip

Tøyen
 Zone 0, 141.147 - 194.614m
 Deviation 21.8 N161.3
 Mean dip format: strike and dip
 dip data sets
 OPTV dips

	mean dip	n	f
N257 11	N257 11	9	(0.17)
N069 41	N069 41	3	(0.12)
N255 83	N255 83	3	(0.11)

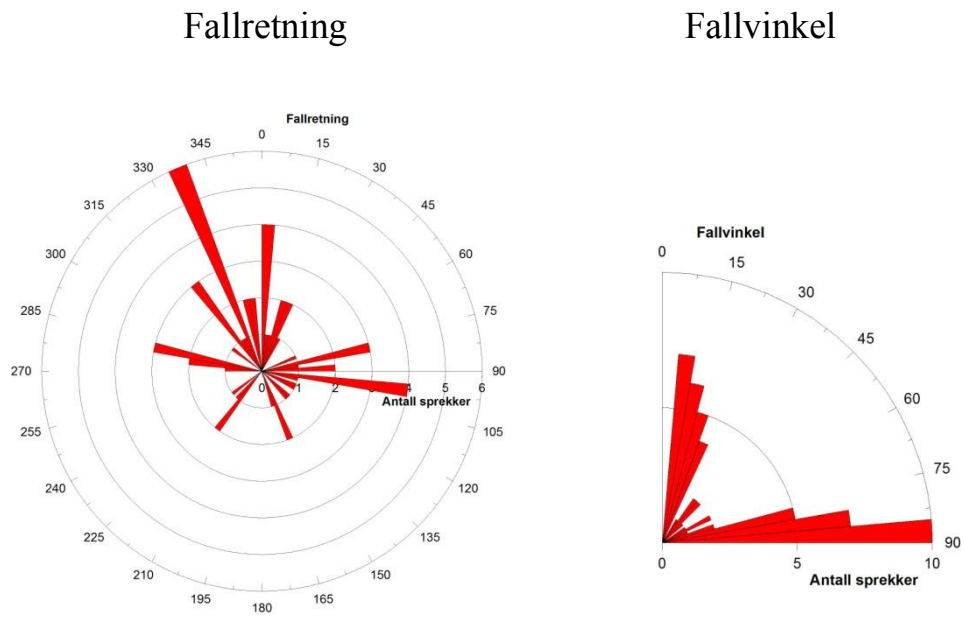
intersections

	N257 11	N069 41	N255 83
N257 11		1 N070	0 N075
N069 41	1 N070		5 N074
N255 83	0 N075	5 N074	

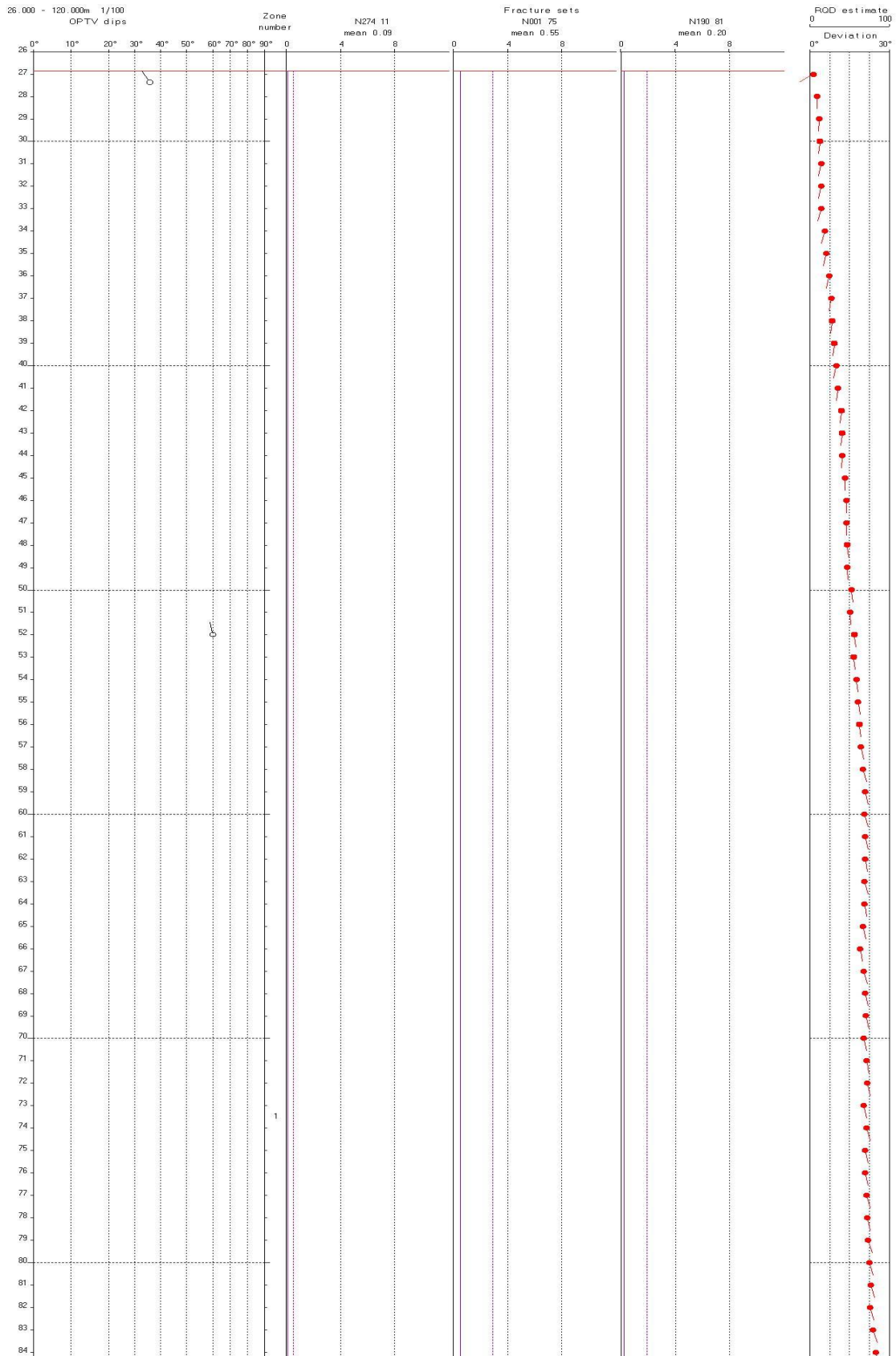


equal-area lower-hemisphere 0-90
 contour-levels 1,3. □ well axis
 ⊕ mean dip

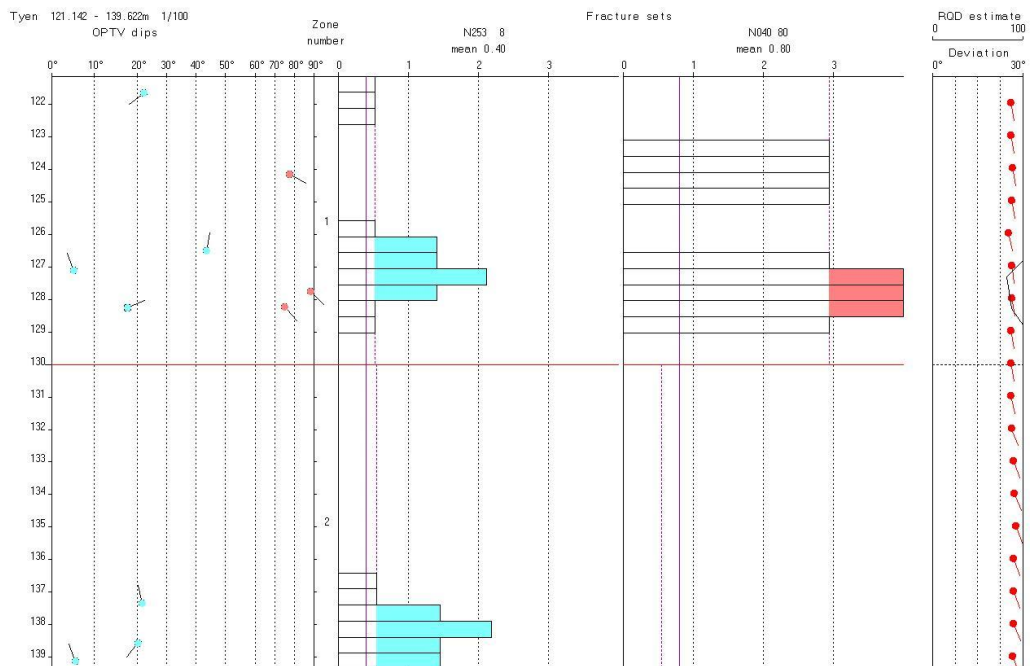
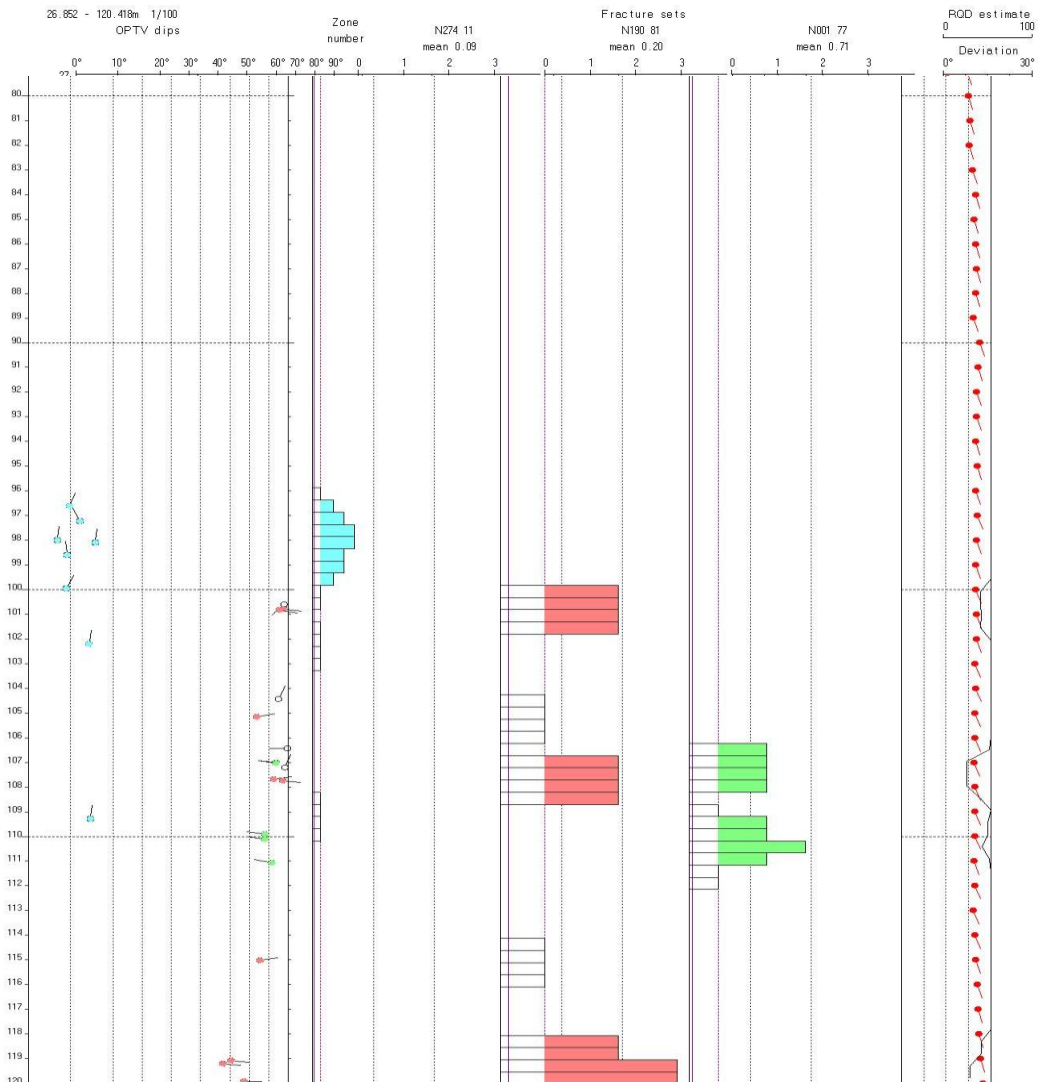
Figur 8. Sprekkestereogram, Tøyen. Øverst 26 – 120 m dyp, i midten 121 – 140 m dyp og nederst 141 – 195 m dyp.



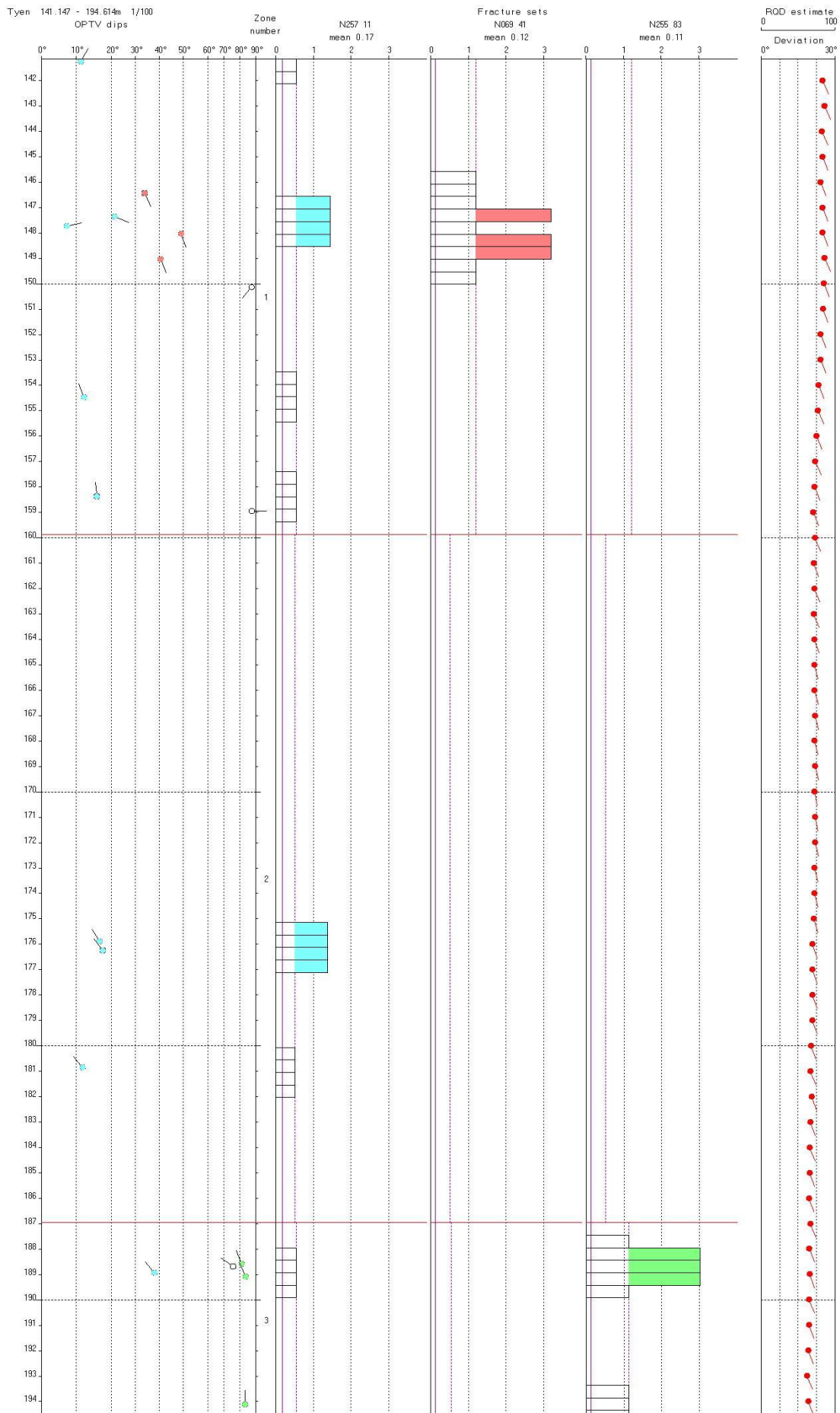
Figur 9. Rosediagram for observerte sprekker i Tøyen Bh, fallretning (v) og fallvinkel (h). Data fra optisk televiewer.



Figur 10. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 27 - 84 m hulldyp.



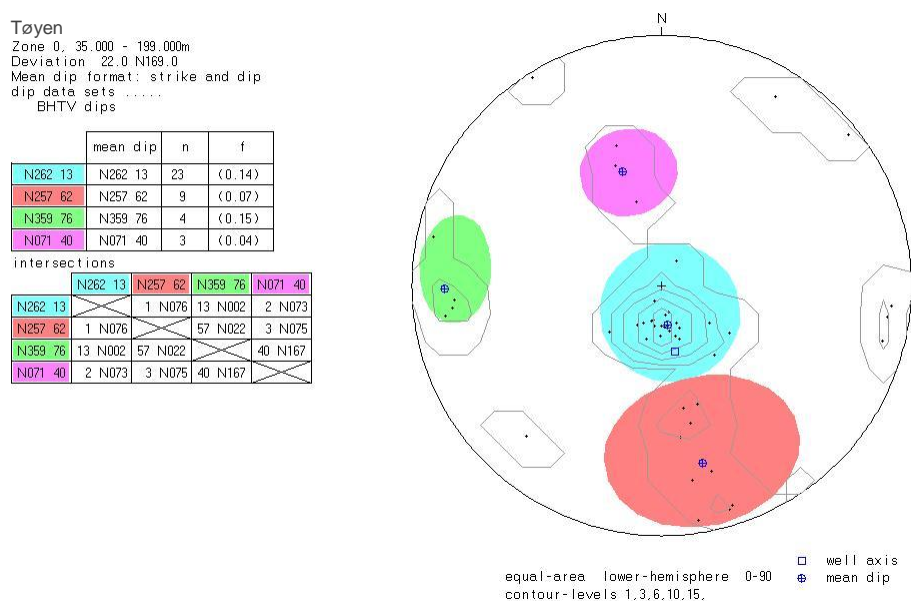
Figur 11. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 84 - 139 m hulldyb.



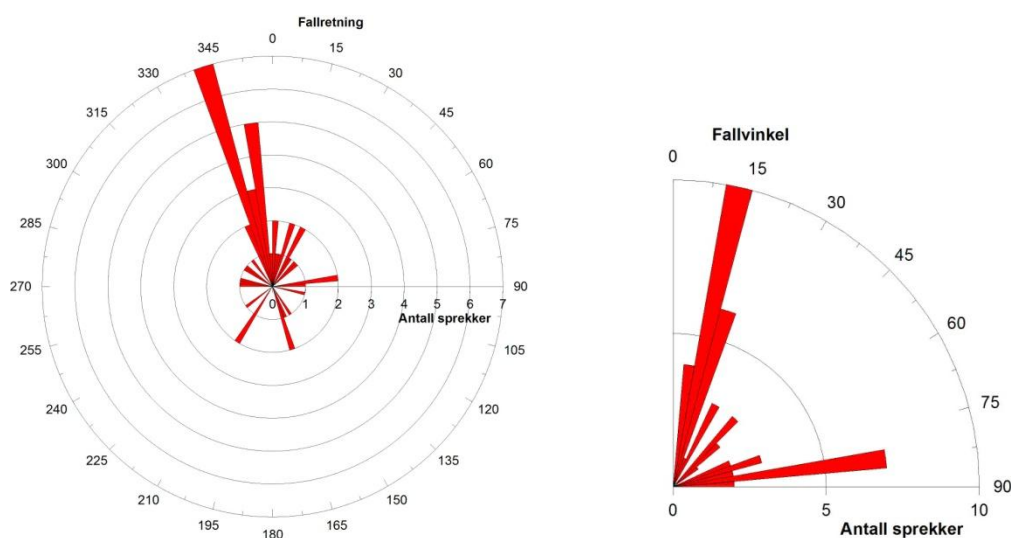
Figur 12. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram av observerte sprekker, 141 - 195 m hulldyp.

4.2 Akustisk televiever med ovalisasjonslogg.

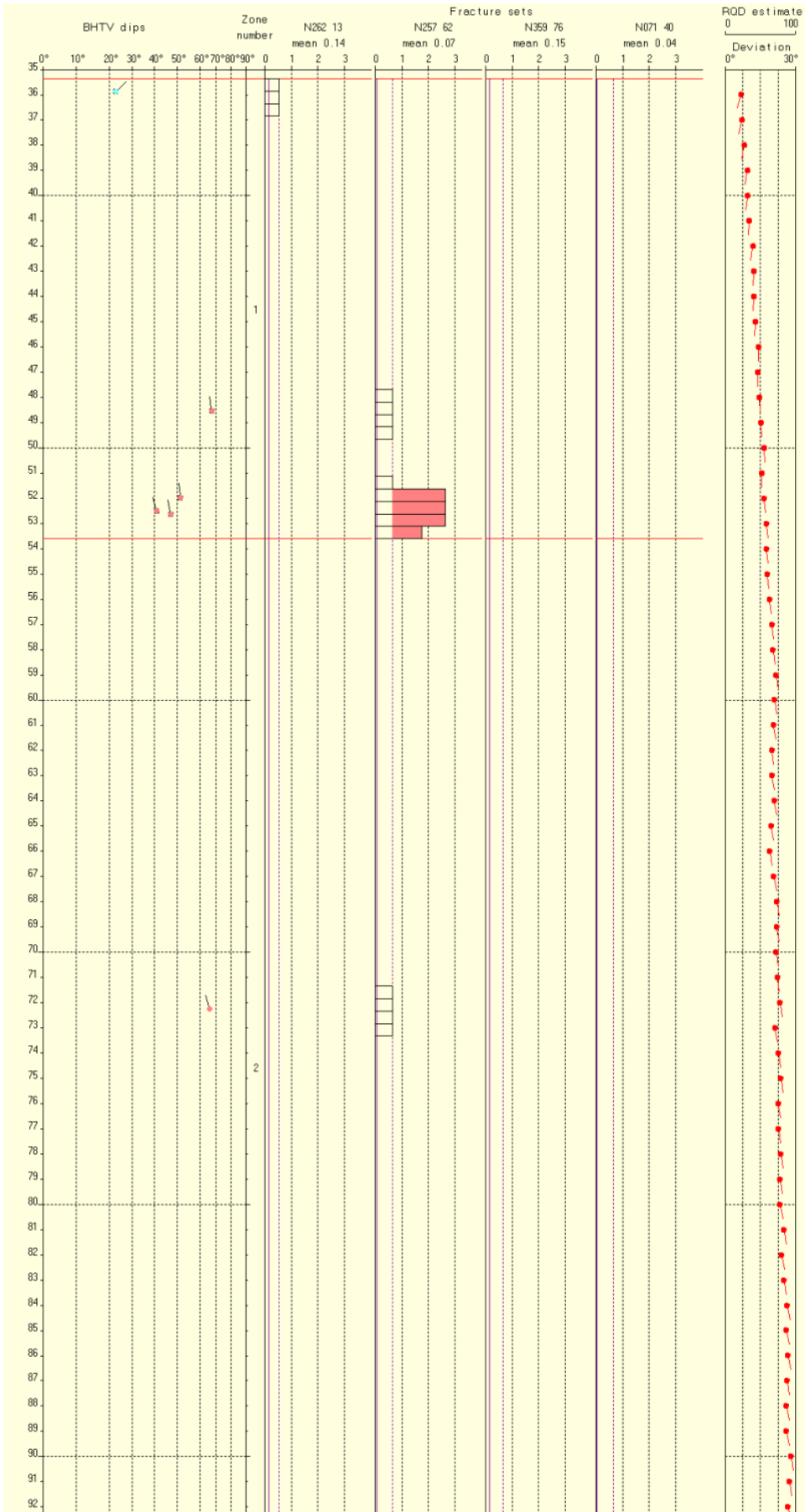
Akustisk televiever kan bare brukes i vannfylte hull og det ble logget fra 24 – 200 m dyp. På grunn av dårlig sikt fikk en ikke kartlagt de nederste 25 – 30 m av borehullet med optisk televiever. Noen sprekker i de nederste 25 m av borehullet ble indikert med akustisk televiever. På samme måte som for optisk televiever er det laget sprekkestereogram, rosediagram og sprekkefrekvenshistogram som er vist i hhv. figur 13, 14, 15, 16 og 17, og viser en hovedsprekkeretning med fall mot NNV. Forskjell i antall indikerte sprekker ved akustisk og optisk televiever kan skyldes svært mørkt opptaksforhold (ulempe for optisk) eller mineraliserte sprekker som kan være vanskelige å skille fra ikke mineraliserte sprekker (ved akustisk).



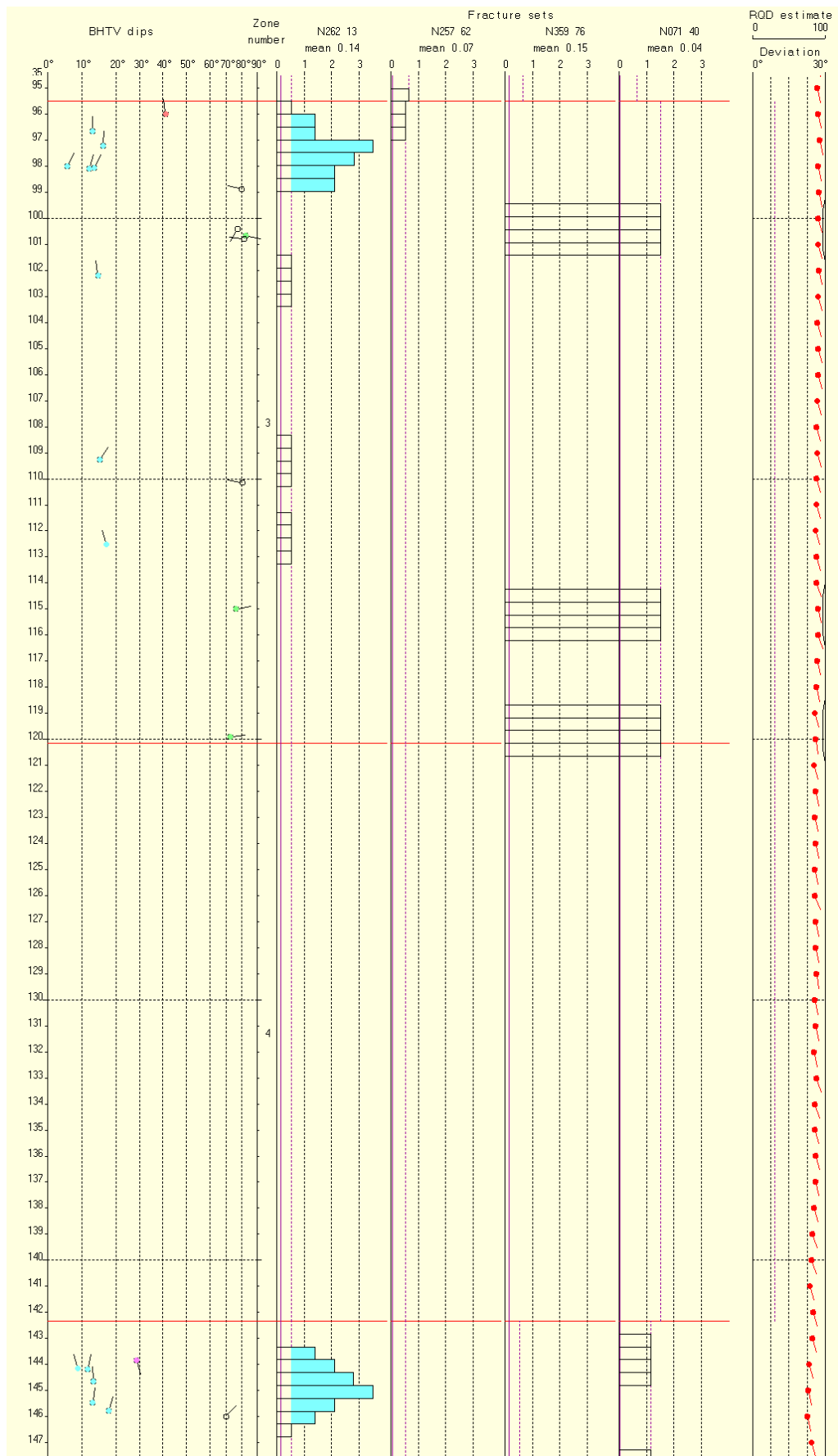
Figur 13. Tøyen. Sprekkestereogram over observerte sprekker med akustisk televiever.



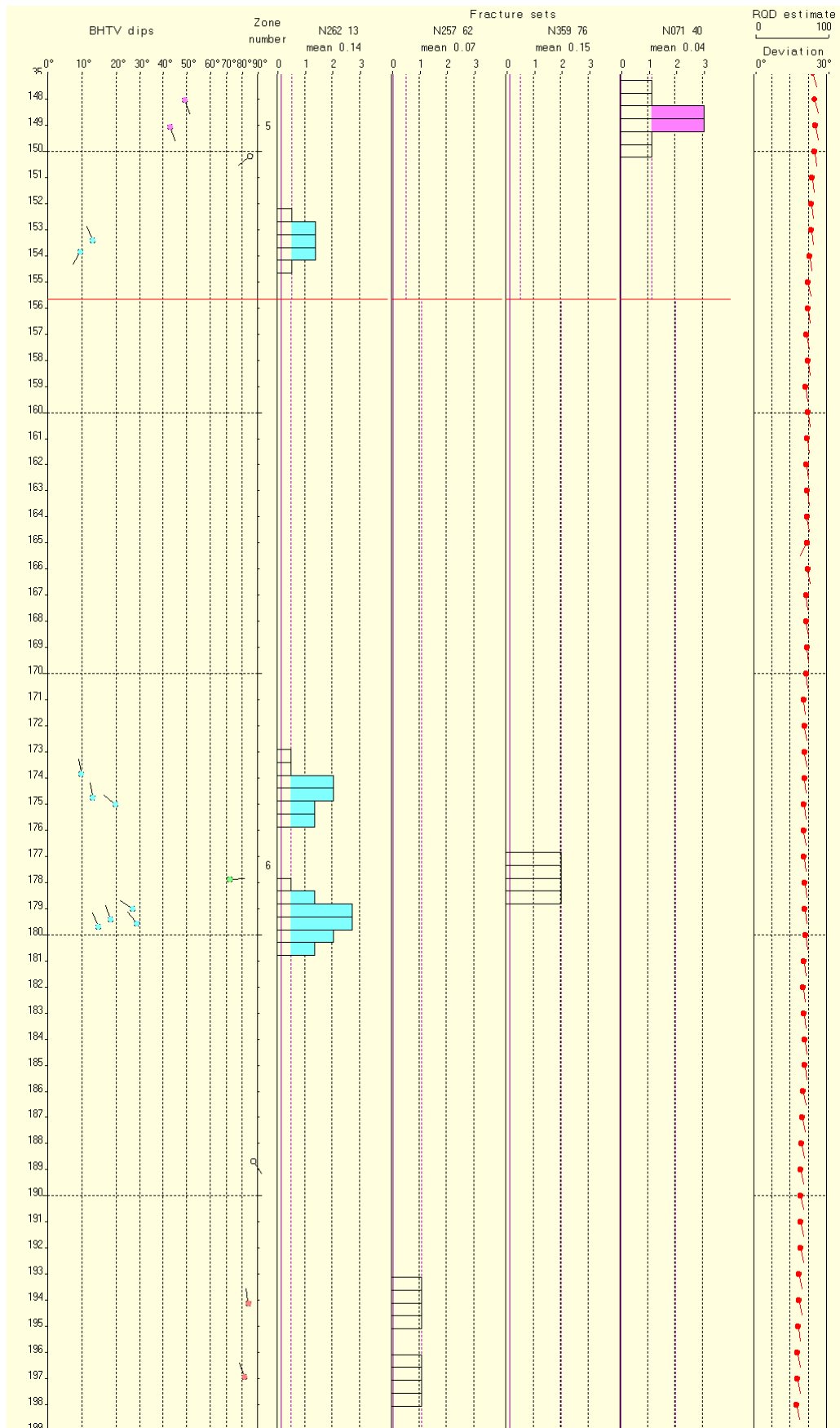
Figur 14. Rosediagram for observerte sprekker i Tøyen Bh, fallretning (venstre) og fallvinkel (høyre). Data fra akustisk televiever.



Figur 15. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiwer, 35 – 92 m. Borehullsforløp til høyre.



Figur 16. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiewer, 95 – 147 m. Borehullsforløp til høyre.



Figur 17. Tøyen. Sprekkefrekvenshistogram, akustisk televiewer, 148 – 199 m. Borehullsforløp til høyre.

Figur 18 viser ovalisasjonslogg fra Tøyen borehull sammen med liologisk logg. Ovalisasjonsloggen viser eventuell deformering av borehullet. Loggen viser forholdet mellom maksimum (alpha) og minimum (beta) borehullsdiameter (normalisert mot gjennomsnittlig diameter). Dersom horisontalspenninger deformerer borehullet kan det føre til oppsprekking (breakouts) vinkelrett på største hovedspenning. Retningen til alpha (største diameter eller breakouts) kan bestemmes og dermed retningen til største hovedspenning. Azimuth (retning) til alpha varierer noe langs hele hullet, men hovedtendensen er ca N135 eller NV – SØ. Den angis med tallverdier 0 -180 °. Ut fra dette blir største hovedspenningsretning NØ – SV. Noen grunnprinsipper for spenningsberegninger ut fra ovalisasjon og breakouts er beskrevet av Reinecker (Reinecker et al 2003), se under.

Borehole Breakouts

Borehole breakouts are stress-induced enlargements of the wellbore cross-section (Bell and Gough, 1979). When a borehole is drilled the material removed from the subsurface is no longer supporting the surrounding rock. As a result, the stresses become concentrated in the surrounding rock (i.e. the wellbore wall). Borehole breakout occurs when the stresses around the borehole exceed that required to cause compressive failure of the borehole wall (Zoback et al., 1985; Bell, 1990). The enlargement of the wellbore is caused by the development of intersecting conjugate shear planes, that cause pieces of the borehole wall to spall off (Figure 1).

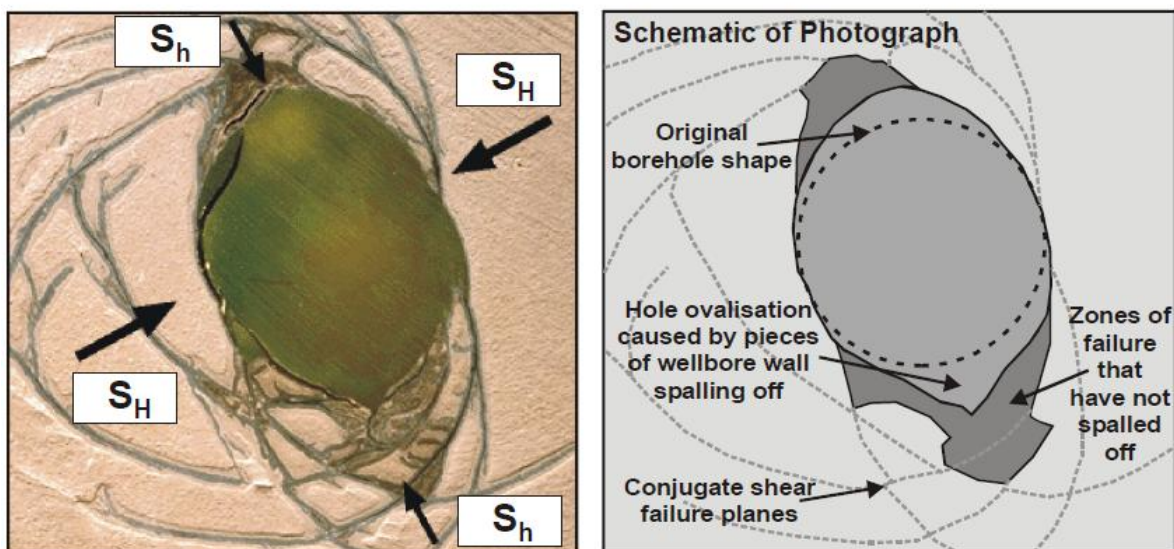


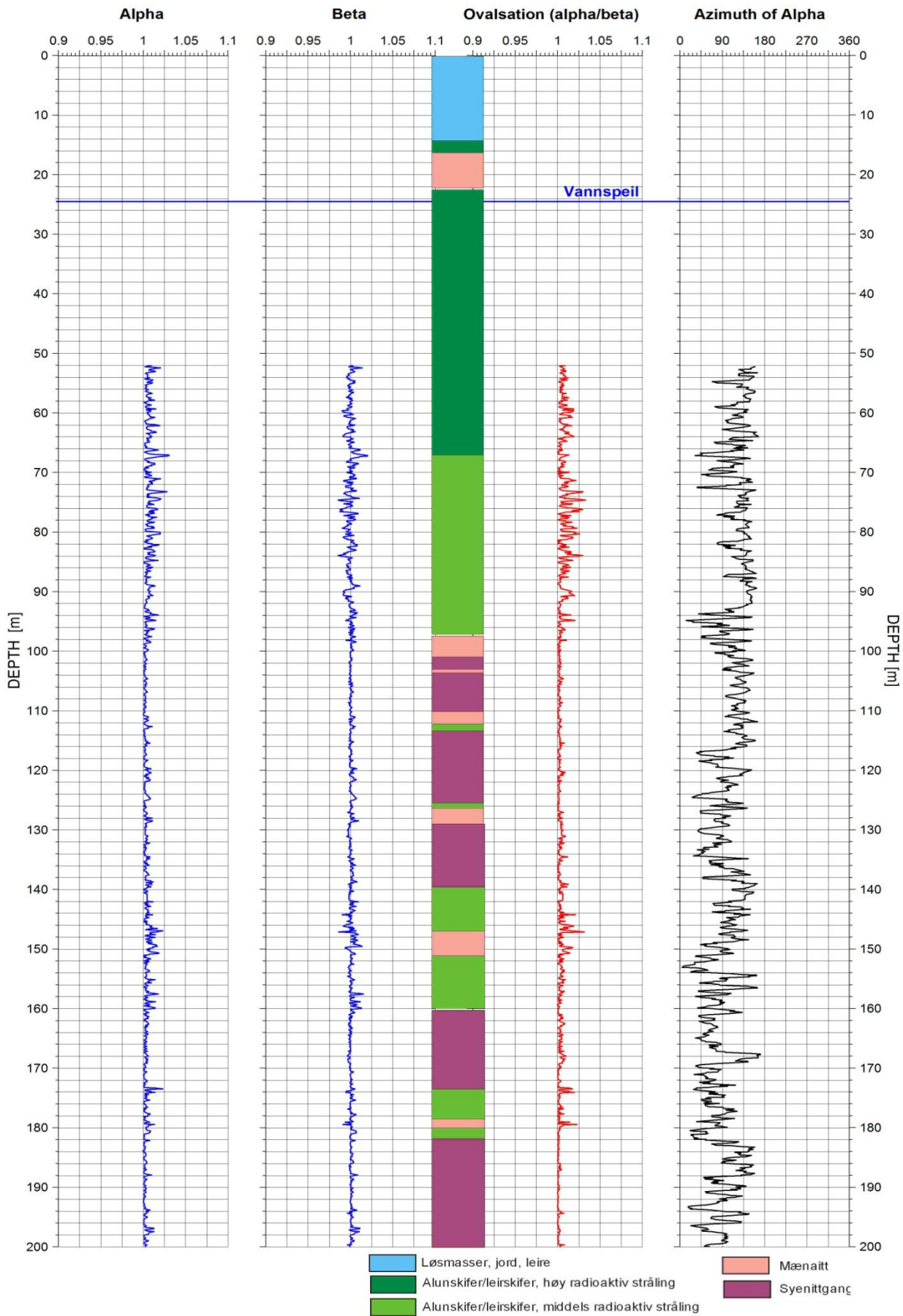
Figure 1: Results of a hollow cylinder lab test simulating borehole breakout (performed by the CSIRO Division of Geomechanics). Intersection of conjugate shear failure planes results in enlargement of the cross-sectional shape of the wellbore. S_H and S_h refer to the orientations of maximum and minimum horizontal stress respectively.

Around a vertical borehole stress concentration is greatest in the direction of the minimum horizontal stress S_h . Hence, the long axes of borehole breakouts are oriented approximately perpendicular to the maximum horizontal stress orientation S_H (Plumb and Hickman, 1985).

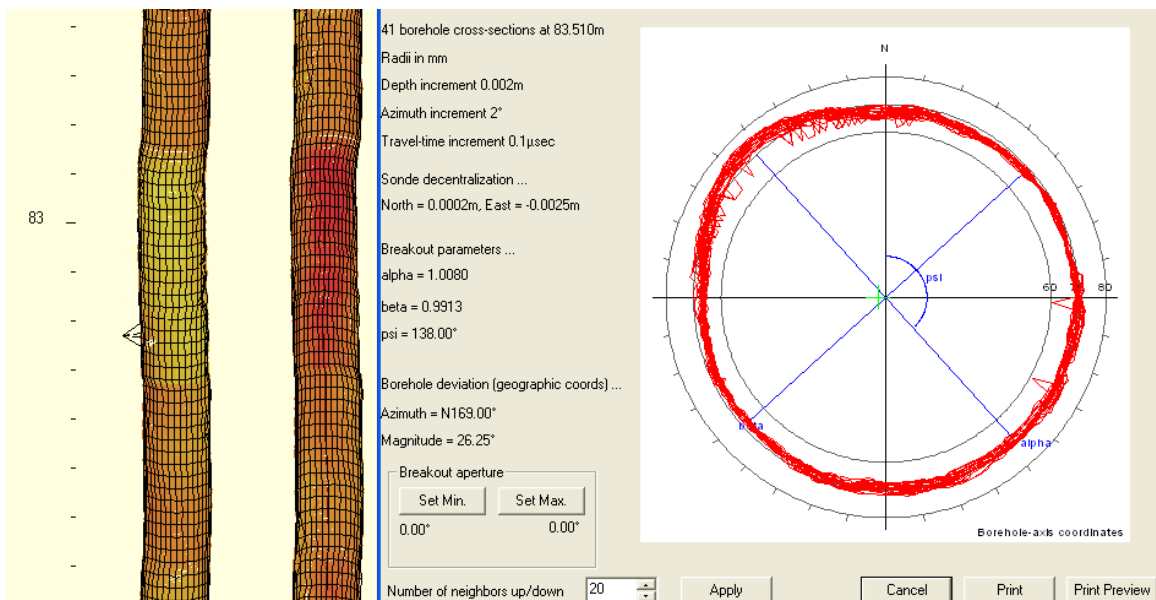
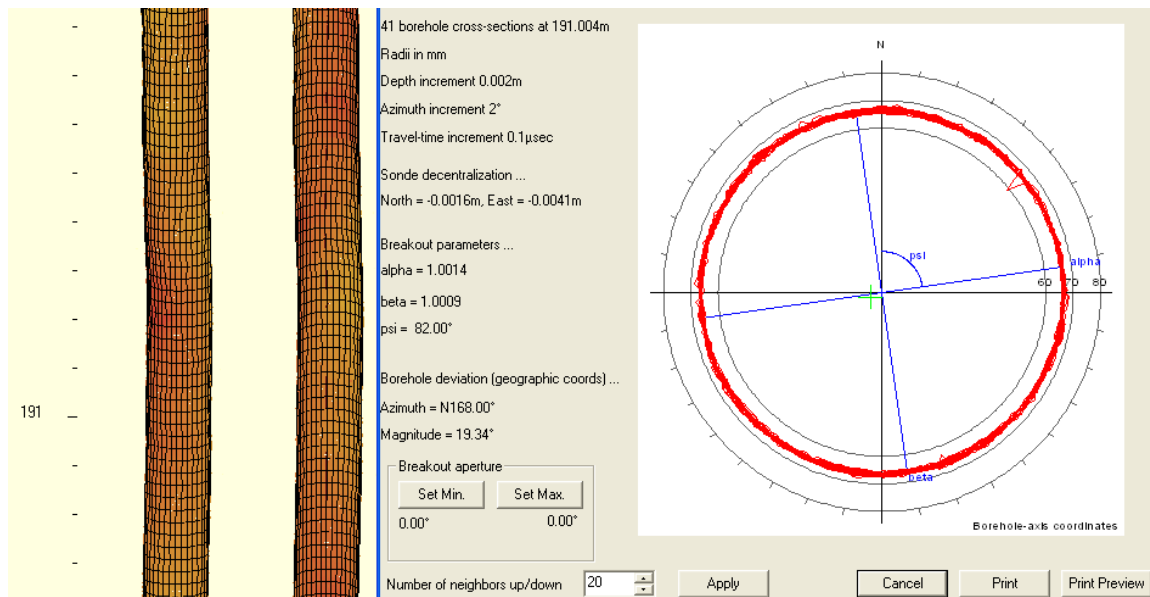
En ser tydelig fra ovalisasjonsloggen at det er tydelige variasjoner i borehulldiameteren (alpha og beta). Data ned til ca 50 m var av dårlig kvalitet og er fjernet. En ser at diameteren varierer mest i skiferbergartene og minst i syenitten. Dette har trolig med skifrighet og en mykere bergart (leirskiferen) å gjøre og at det er brukt slagboring. Økt ovalisasjon ved 146, 174 og 179 m finnes igjen som sprekker på frekvenshistogrammene (særlig akustisk).

På figur 19 er det vist tverrsnitt av borehullet fra to forskjellige dyp som viser diameter og ovalisasjon. 40 tverrsnitt er summert (2 mm avstand) over en lengde på 8 cm. Øverst er vist tverrsnitt fra 191 m dyp som viser et sirkulært hull ($R=70$ mm). Nederst er vist et tverrsnitt fra 83 m dyp summert på samme måte. Her ser en tydelig breakout mot NV, og azimuth (psi) er $N138^\circ$. Tendensen er at retningen til hovedspenninger i Sør-Norge er orientert parallell/normalt til hovedstrøketretning til den Kaledonske fjellkjede, dvs NØ-SV eller NV-SØ (Myrvang 1993). Data fra Tøyen viser som nevnt antatt retning NØ-SV.

Geologisk muesum, Tøyen



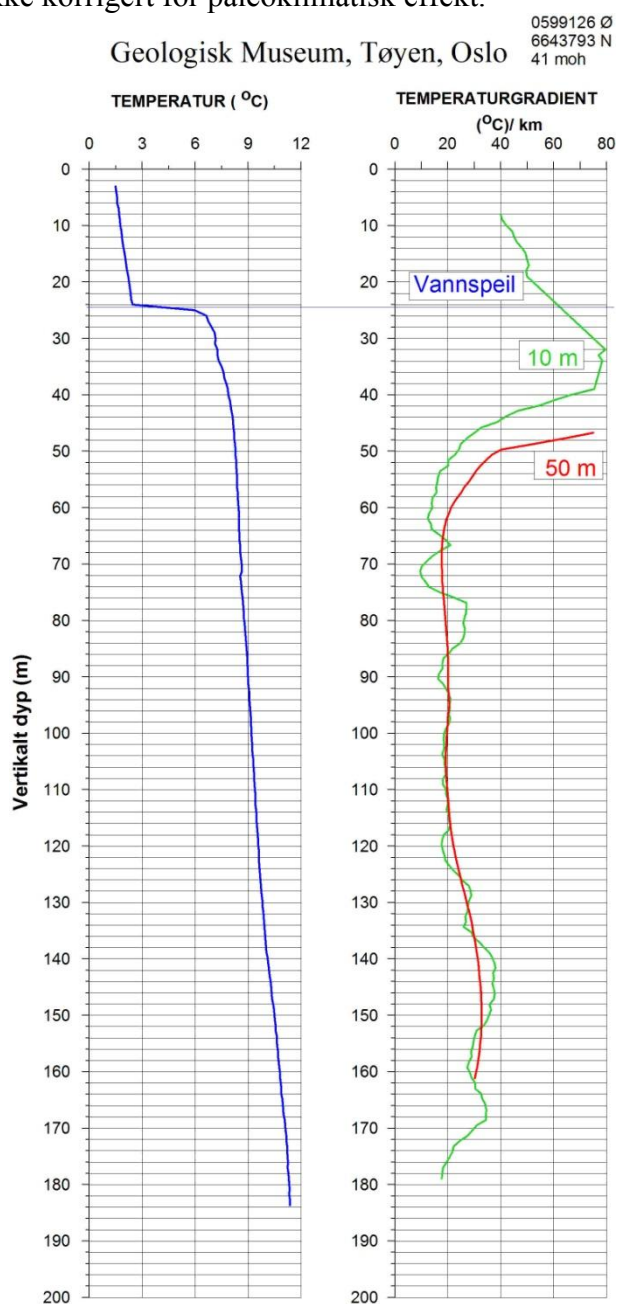
Figur 18. Tøyen. Ovalisasjonslogg med azimuth til største diameter (alpha).



Figur 19. Tverrsnitt som viser formen på borehullet, øverst sirkulært snitt ved 191 m (syenitt) og nederst ovalt snitt med breakout mot NV, 83 m dyp (alunskifer).

4.3 Temperatur og temperaturgradient

Figur 20 viser temperatur og temperaturgradient i Tøyen borehull. Gradienten er beregnet med et løpende intervall på 10 og 50 m for hver cm. Vannspeilet vises som økning i temperaturen ved 24 m. Gjennomsnittlig temperaturgradient fra 75 – 197 m dyp er 25.1 °C/km. Den avtar svakt mot bunnen av hullet. Dette kan skyldes endring i varmeledningsevnen til bergarten. En mulighet er at en nærmer seg grunnfjellet som har større innhold av kvarts enn skiferen. Kvarts har høy varmeledningsevne. Temperaturen i bunnen er 11.4 °C. Det er korrigert for borehullsavviket (som er betydelig) slik at det er benyttet vertikalt dyp ved beregning av gradienten. Den tydelige økningen ved 140 – 160 m skyldes trolig skiferen som har en dårligere varmeledningsevne enn syenitten. Generelt er dette en høy gradient både for Oslofeltet og for resten av landet. Hullet er forholdsvis grunt og data er ikke korrigert for paleoklimatisk effekt.



Figur 20. Tøyen borehull. Temperatur og temperaturgradient

4.4 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet, seismisk hastighet og gammaspektrometri

Figur 21 viser logger for temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling og resistivitet i fjell. Fra resistivitetsdata kan en ved hjelp av Archie's lov beregne en tilsynelatende porøsitet, se kapittel 3.1. På grunn av den svært lave resistiviteten i alunskiferen, noe som trolig skyldes elektronledende mineraler, blir den beregnede porøsiteten helt feil, og utelates her.

Temperaturen er omtalt foran i kapittel 4.3. Endringer i temperaturen kan indikere sprekker hvor vann strømmer inn eller ut av et borehull. Det er ikke observert slike endringer i Tøyen borehull bortsett fra en meget svak endring ved ca 72 m dyp som også vises på gradienten, figur 20.

Elektrisk ledningsevne i vann er middels høy, 300 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ned til ca 72 m. En tydelig økning ved dette dyp kan tyde på vanninnstrømning i hullet (også svak økning i temperaturen). Det er imidlertid ikke observert åpne sprekker på televiwer-opptak ved dette dyp. Ledningsevnen øker gradvis til 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i bunnen av hullet. En mulig årsak er fine partikler av grafitt i suspensjon i vannet. Sikten ble gradvis dårligere mot bunnen, jfr. optisk televiwer.

Naturlig total gammastråling er avhengig av bergartenes mineralinnhold og kan nyttes til bl.a. å bestemme bergartsgrenser. Strålingen skyldes innhold av uran, thorium og kalium der kalium er det vanligste elementet og finnes bl.a. i feltspat. På Tøyen er det kjent at det er mye uranholdig alunskifer i berggrunnen noe som også vises på gammaloggen. Et 2 m tykt lag opptrer fra ca 14 m. Fra 22 – 66 m kommer en seksjon med høy stråling som skyldes alunskiferen. Det er spesielt høy stråling fra 22 – 32 m dyp med verdier opp mot 4000 cps. Dette ligger på ca samme nivå som ved Arnestad skole i Asker (Elvebakk 2011a) men noe lavere enn ved Hamar Flyplass (Elvebakk 2008). Under 66 m er det også skifer men med noe lavere stråling, 400 – 700 cps. Dette er også forhøyede verdier som skyldes uran, se eget avsnitt som beskriver gammaspektrometri. For øvrig skiller gammastrålingen meget tydelig skifer og mænaitt/syenitt. Mænaitten har lavest stråling, 100 -150 cps, men syenitten er noe høyere, 250 – 500 cps. At det er syenitt stemmer godt med målinger i borehull på Gaustad, Oslo (Elvebakk 2011b).

Resistiviteten er lav i Alunskiferen, 1 - 300 ohmm. Den er lavest i den delen av skiferen som har lavest stråling. Alunskifer inneholder mye karbon (amorft grafitt) som vil gi lav resistivitet. Skiferen kan også inneholde sulfider som også vil gi lav resistivitet, men det er uvisst om dette er tilfelle på Tøyen. NGU har tidligere målt resistivitetsverdier ned mot 1 ohmm i grafitt av god kvalitet (Dalsegg 1994, Rønning et al 2012). Syenitten har vanligvis høy resistivitet. SN elektrodekonfigurasjon viser 3000 – 4000 ohmm, noe lavere ved LN. I syenittgang på Ciens, Gaustad ble det målt tilsvarende resistivitet (Elvebakk 2011b). Bergartsgrensene vises meget tydelig og stemmer eksakt med OPTV-loggen. Det samme kan sies om mænaitten som har litt lavere resistivitet, 600 – 900 ohmm. I bergarter med generell lav resistivitet er det vanskelig å se oppsprekking med resistivitetsmålinger da kontrasten mellom oppsprukket og massiv bergart blir for liten. I Tøyen Bh opptrer ofte sprekker på laggrensene mellom alunskifer/mænaitt/syenitt, se resultatene fra optisk og akustisk televiwer.

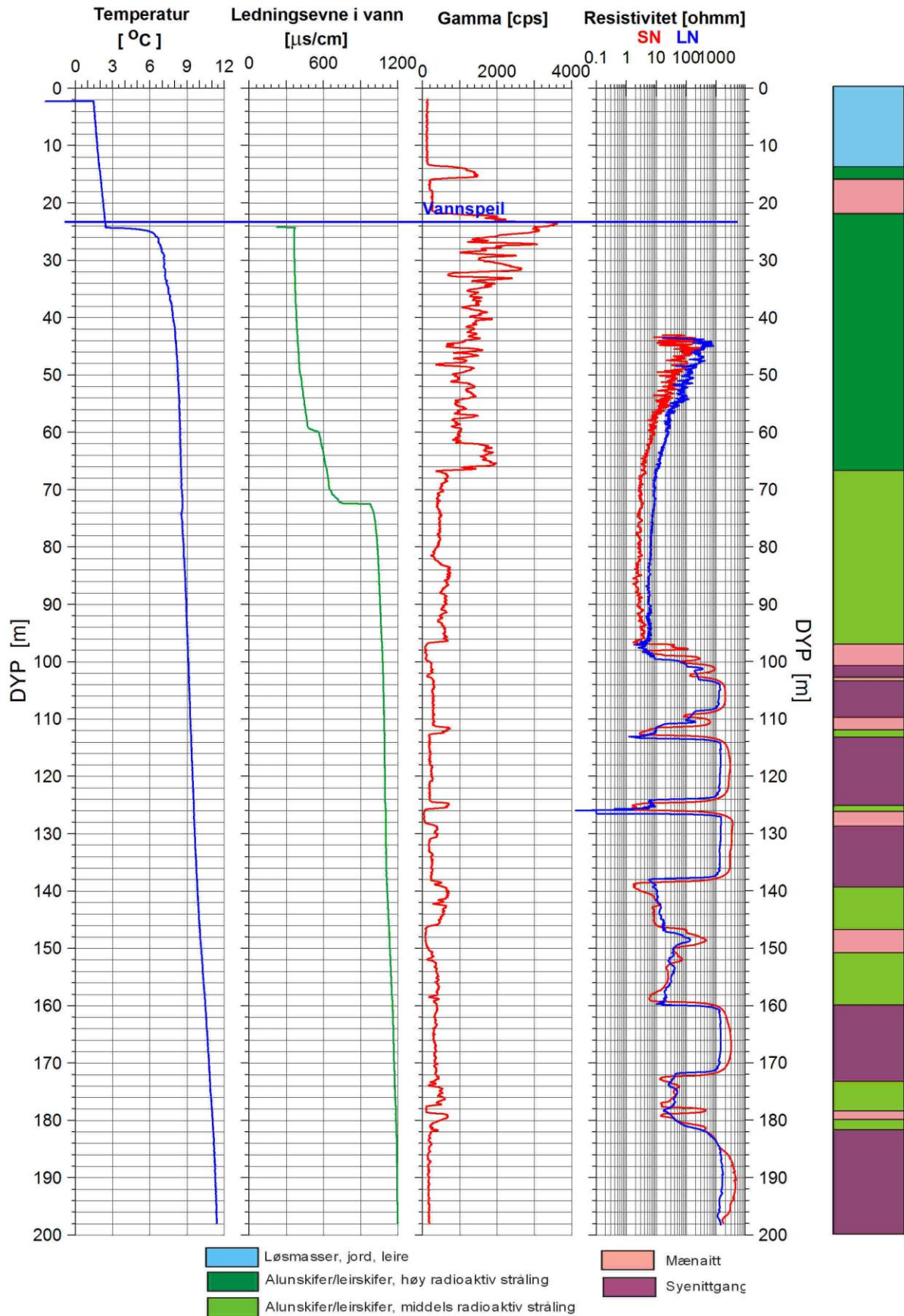
Som nevnt foran blir beregnet porøsitet helt feil i alunskiferen pga av den lave resistiviteten, se foran. I syenitten ble tilsynelatende porøsitet beregnet til 1.3 – 1.6 %.

I figur 22 vises også seismisk hastighet (P-bølge og S-bølge) som ble målt i juni 2014. Det er tydelig forskjell på hastigheten i alunskifer og syenitt/mænaitt. Lavest er hastigheten i alunskiferen, 3400 – 3700 m/s. I syenitt er hastigheten 4800 – 5400 m/s og i mænaitt 5500 – 6000 m/s. Tabell 3 viser en oversikt over verdier for resistivitet, seismisk hastighet og total gammastråling i bergartene alunskifer (høy og lav gamma), syenitt og mænaitt. Mænaitt er en finkornig syenittisk gangbergart som opptrer sammen med alunskifer i Oslofeltet.

Tabell 3. Resistivitet, seismisk hastighet og total gamma i alunskifer, syenitt og mænaitt.

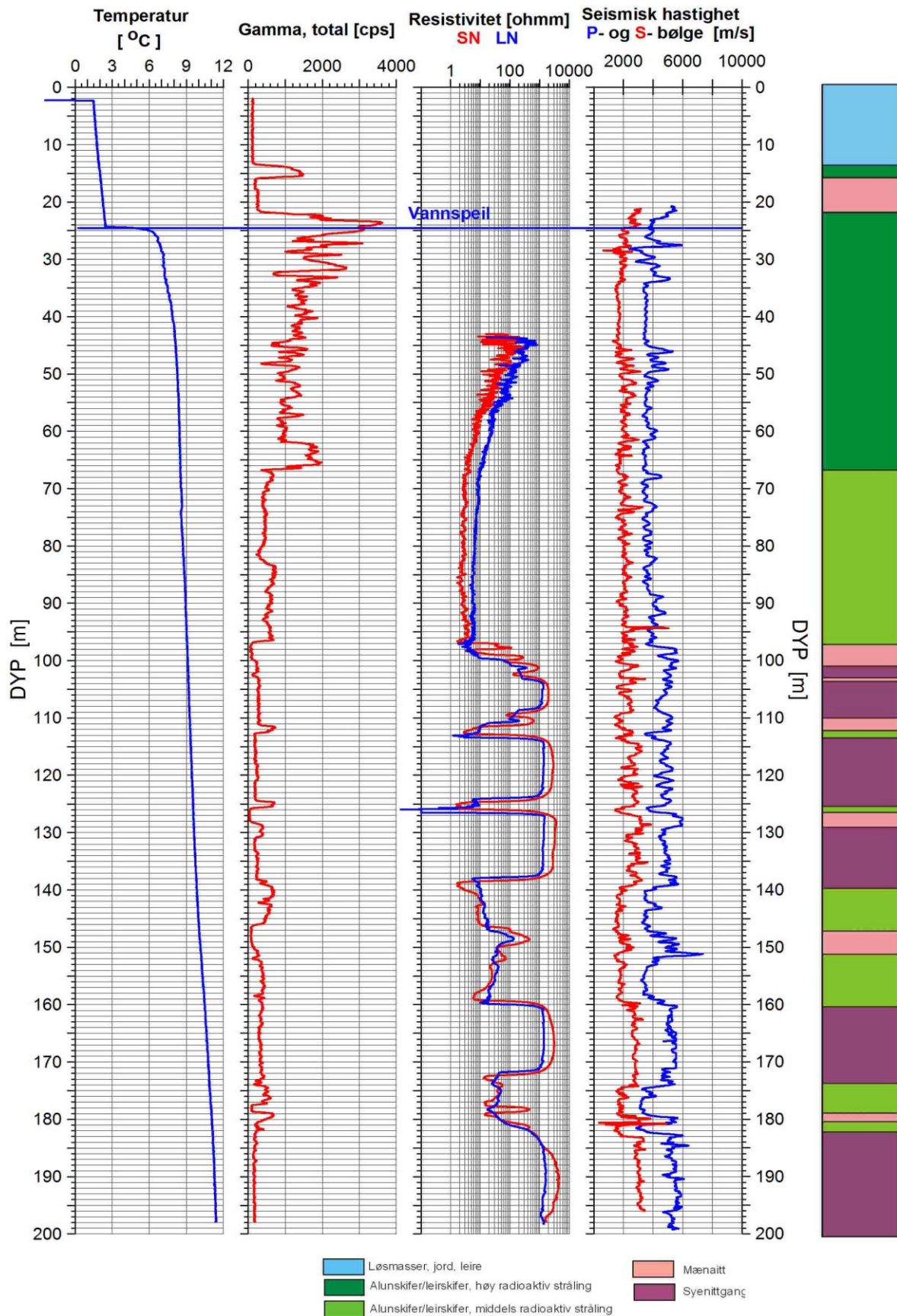
Bergart	Resistivitet (ohmm)	Seismisk hastighet P-bølge (m/s)	Naturlig total gamma (cps, API)
Alunskifer (høy)	10 – 300	3500 – 3700	1000 - 4000
Alunskifer (lav)	0.1 – 10	3500 – 3700	400 - 700
Syenittgang	3000 – 4000	4800 – 5400	330 - 600
Mænaitt	600 – 900	5500 – 6000	70 - 200

Geologisk Museum, Tøyen



Figur 21. Tøyen borehull. Plott av temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling, resistivitet, og litologisk logg.

Geologisk Museum, Tøyen



Figur 22. Tøyen borehull. Plott av temperatur, total naturlig gammastråling, resistivitet, seismisk hastighet, P-bølge, S-bølge og litologisk logg.

Gammaspektrometri, kontinuerlig logg. Ny sonde som måler innholdet av U, Th og K direkte i borehull ble testet ut i Tøyen borehull. Hullet som skjærer gjennom alunskiferen og flere syenittganger var et utmerket testhull for denne sonden. Det er målt kontinuerlig logg med en hastighet på 1 m/min. Det samples for hver cm. Data er filtrert med et løpende gjennomsnitt på 21 punkter (20 cm).

Resultatet er vist i figur 23. En ser tydelig at uraninnholdet korrelerer meget bra med total naturlig gamma i alunskiferen. Uraninnholdet (og gammastrålingen) er høyest øverst i alunskiferen og avtar gradvis nedover. Uranloggen i figur 23 viser et uraninnhold opp mot 260 ppm. Filtringen har fjernet enkelte toppverdier og rådata viste en verdi på 353 ppm U. Det er uten tvil uran som styrer gammastrålingen i alunskiferen med et gjennomsnittsinhold på 163 ppm U (22 – 32 m dyp). Gjennomsnittlig Th-innhold i alunskiferen (22 -32 m dyp) er 15.0 ppm og 4.6 % K. Det er altså noe forhøyet Th og K i alunskiferen.

I syenittgangene er det derimot thorium som er det dominerende radioaktive element. Dette vises spesielt i syenittgangen ved 160 – 173 m dyp. Her er det gjennomsnittlig 26 ppm Th, 8.2 ppm U og 4.7 % K.

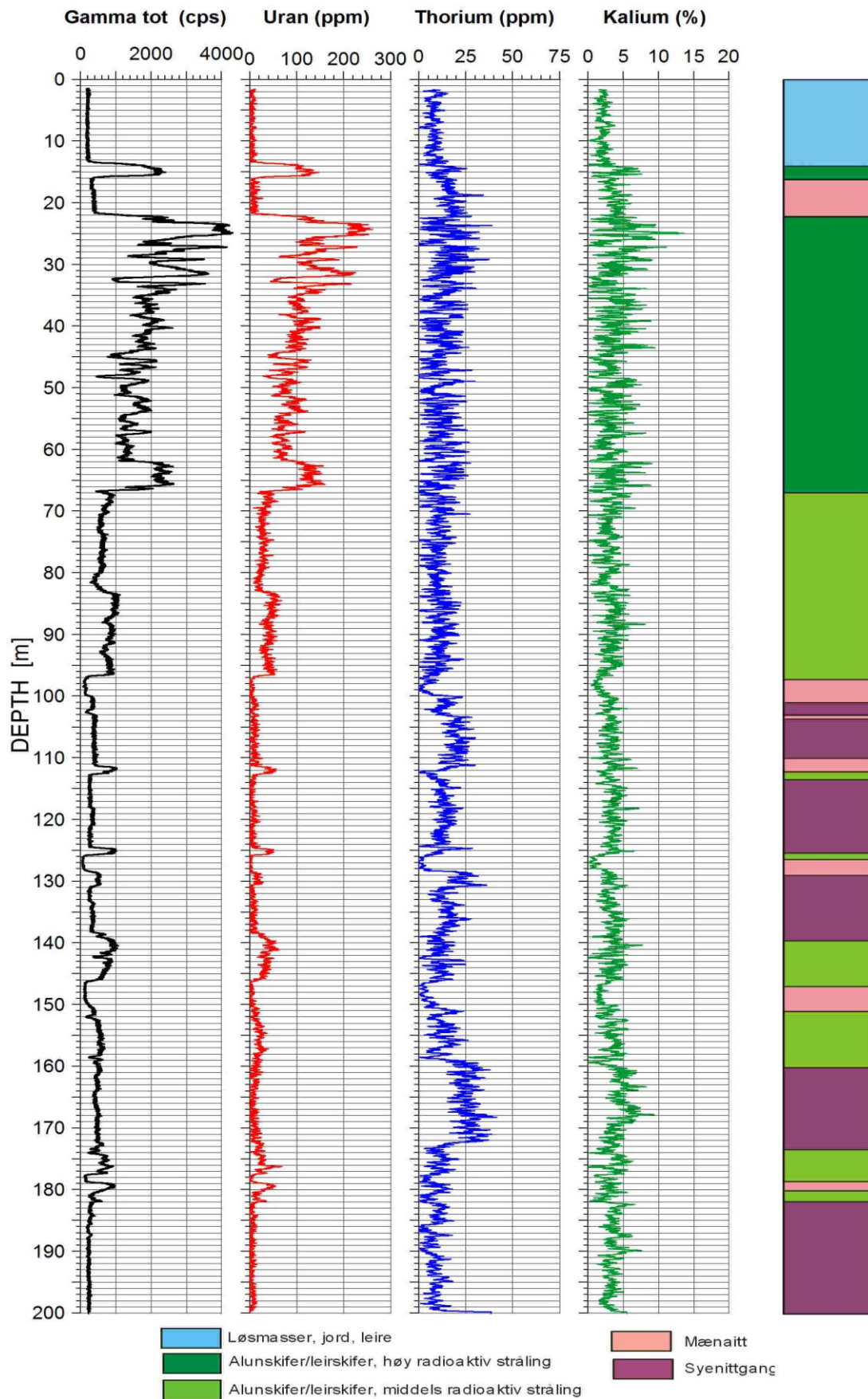
Mænaitten, som har lavest stråling, har 2.4 ppm U, 1.4 ppm Th og 0,8 % K, ved 126 -128 m dyp.

Tabell 4 viser middel og maksimum totalstråling, U (ppm), Th (ppm) og K (%) i bergartene alunskifer, syenitt og mænaitt. Dette er data fra kontinuerlig logg, og på grunn av kort måletid kan det være stor usikkerhet i enkeltmålinger. Dette kommer klart frem på maksimumsverdier for K-konsentrasjon.

Tabell 4. Middel og maksimum total gamma, U, Th og K, kontinuerlig logg.

Bergart	dyp	Total gamma (cps)		Uran (ppm)		Thorium (ppm)		Kalium (%)	
		middel	maks	middel	maks	middel	maks	middel	maks
Alunskifer	22.5 - 32 m	2878	4323	163	353	15.0	151	4.6	42
Alunskifer	34 - 60 m	1613	2719	88.8	256	11.4	131	3.4	29
Alunskifer	67 – 96 m	712	1120	34.2	137	10.4	106	3.2	24
Syenitt	113 - 124 m	282	404	5.2	50	13.0	72	3.5	18
Syenitt	160 – 173 m	463	608	8.3	61	26.0	122	4.7	21
Mænaitt	126 – 128 m	67	102	2.4	20	1.4	26	0.8	6

Geologisk museum, Tøyen



Figur 23. Tøyen borehull. Gammaspktrometri, kontinuerlig logg, som viser total gamma, U, Th og K.

Gammaspektrometri, energispekter. Det ble gjort 20 punktmålinger av hele energispekter på forskjellige dyp. Det ble målt 5 – 6 minutt i hvert punkt. I hvert punkt blir innholdet av U (ppm), Th (ppm) og K (%) beregnet. Slike målinger over tid vil gi et mer korrekt bilde av innholdet av U, Th og K enn kontinuerlig logg. Tabell 5 viser U, Th og K- innhold på 20 forskjellige dyp i de ulike bergartene. En ser tydelig at det er uran som er det dominerende radioaktive element i alunskiferen, mens thorium dominerer i syenitten.

Figur 24 viser gammaspektrometri kontinuerlig logg plottet sammen med punktmålingene, energispekter. Røde og svarte punkter viser resultatene fra energispektra.

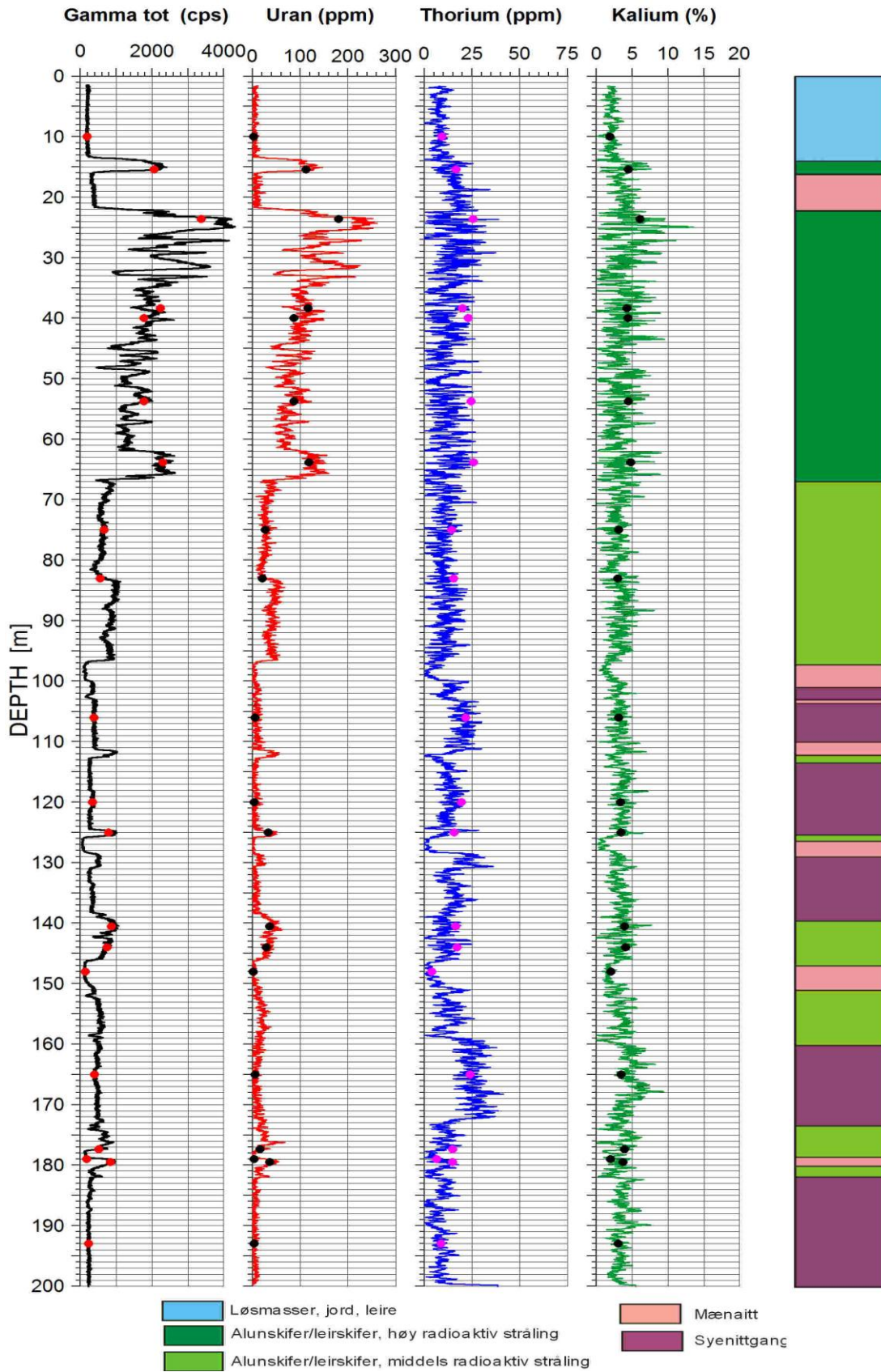
Figur 25 viser utvalgte dybdeintervaller i alunskiferen og syenitten som viser forholdet mellom uran og thorium i disse bergartene.

Databilag 5 viser utskrift av alle energispektra som ble tatt opp i borehullet på Tøyen. På hver utskrift er konsentrasjonen av K, U, Th og total gamma angitt.

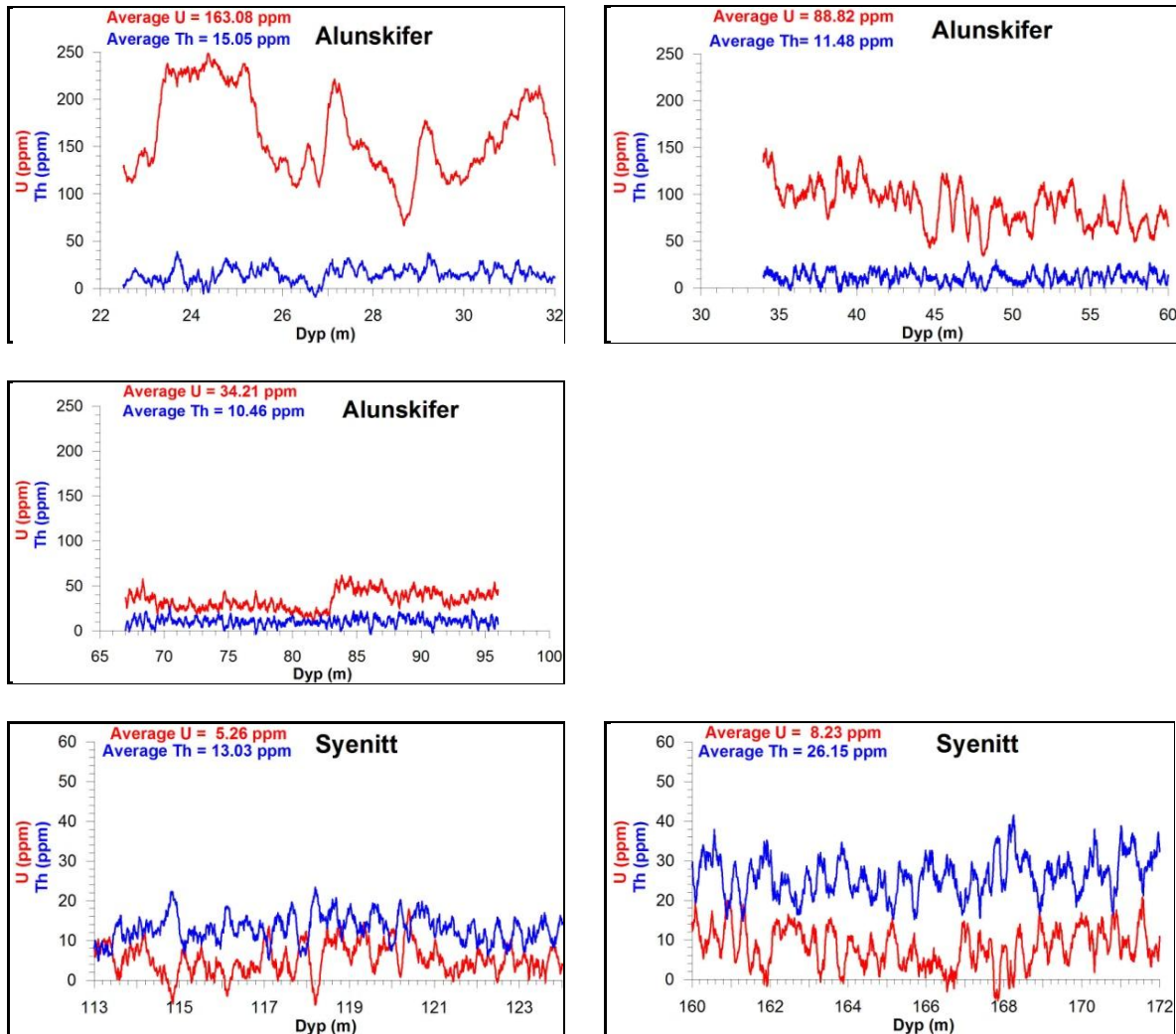
Tabell 5. Total gamma, K, U og Th beregnet ved punktmålinger av energispektra.

Dyp (m)	Total (cps)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Bergart
10	185.7	1.90	2.43	9.15	Løsmasser
15.4	2051	4.44	112.17	16.6	Alunskifer
23.59	3368	6.08	180.34	25.54	Alunskifer
38.35	2230	4.29	116.74	19.91	Alunskifer
40	1766	4.37	86.84	23.03	Alunskifer
53.7	1775	4.43	86.85	24.51	Alunskifer
63.8	2296	4.77	118.29	25.79	Alunskifer
75	661	3.10	26.48	14.31	Alunskifer
83	558	2.99	20.37	15.32	Alunskifer
106	370	3.13	5.93	21.62	Syenitt
120	339	3.35	3.87	19.42	Syenitt
125	784	3.46	32.86	15.5	Alunskifer
140.5	859	3.92	36.14	16.41	Alunskifer
144	745	4.08	28.68	17.16	Alunskifer
148	133	2.01	1.46	3.99	Mænaitt
165	387	3.47	5.45	23.85	Syenitt
177.38	513	3.93	16.18	14.68	Alunskifer
179	175	1.94	3.1	6.4	Mænaitt
179.51	836	3.71	36.18	14.88	Alunskifer
193	223	3.03	3.2	8.6	Syenitt

Geologisk museum, Tøyen



Figur 24. Tøyen borehull. Gammaspespektrometri som viser total gamma, U, Th og K. Svarte og røde punkter viser data fra punktmålinger, energispekter.

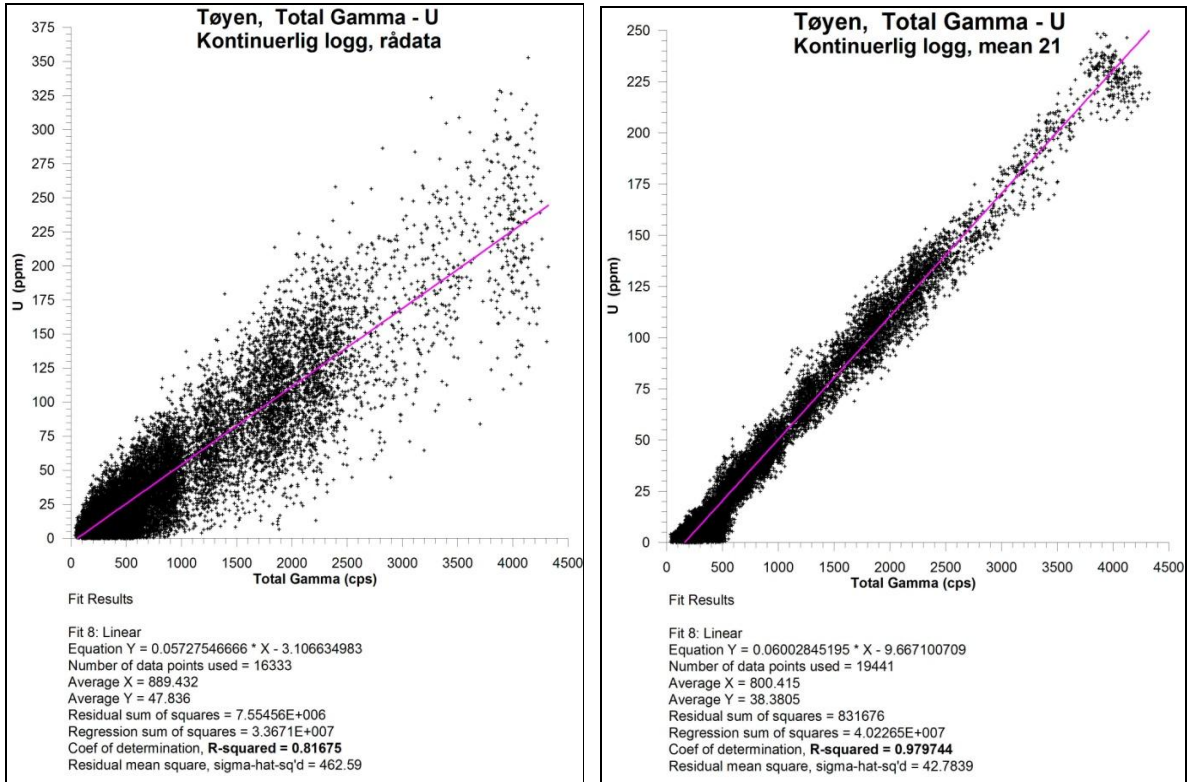


Figur 25. Utvalgte dybdeintervaller som viser forholdet mellom U og Th i alunskifer og i syenitt.

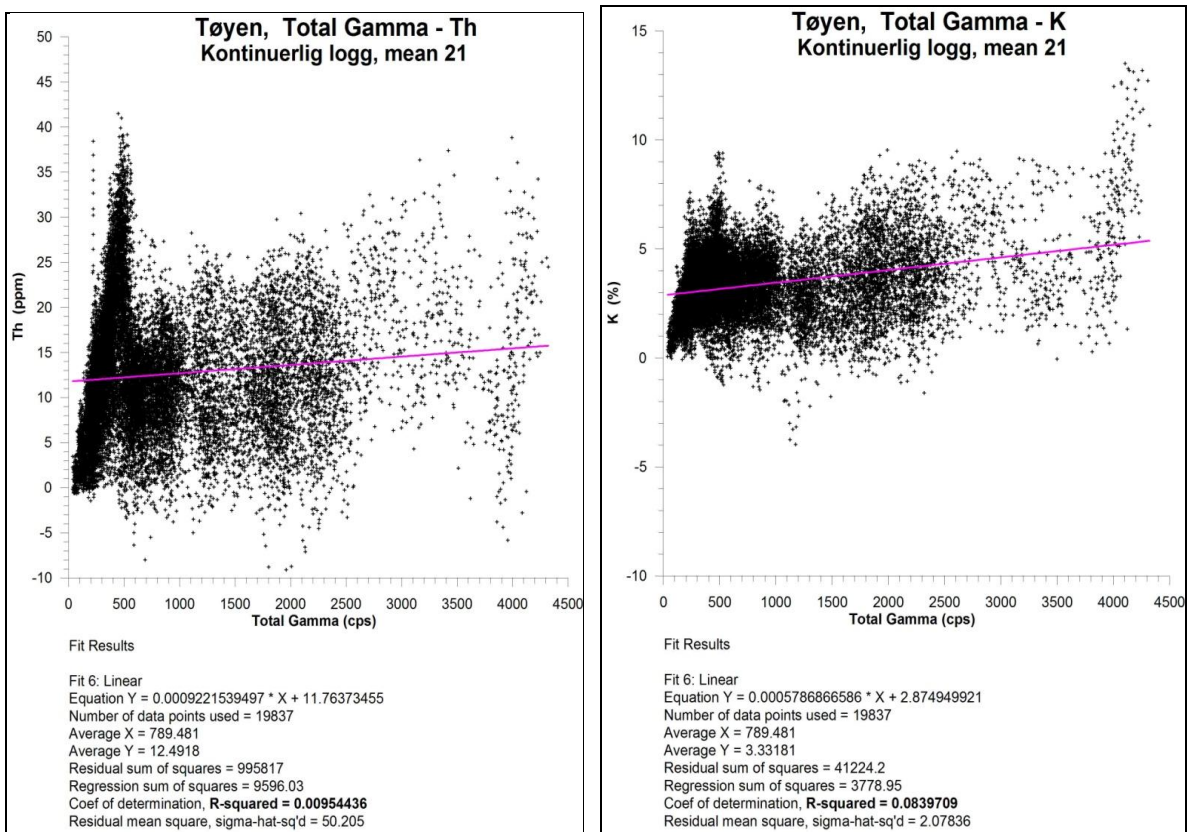
4.5 Gammaskpektrometri og korrelasjon mellom total gamma, U, Th og K

Det er gjort regresjonsanalyse for å se nærmere på forholdet mellom total gamma og elementene U, Th og K. Dette er gjort både for kontinuerlig logg og for punktmåling av energispekter. Figur 26 viser korrelasjon mellom total gamma og U, kontinuerlig logg. Til venstre er vist rådata mens figuren til høyre viser U filtret med løpende gjennomsnitt, 21 punkter (=20 cm). Som ventet er korrelasjonen best ved gjennomsnittsdata med $R^2 = 0.979$, rådata gir $R^2 = 0.816$. Figur 27 viser korrelasjon mellom total gamma og Th (venstre) og K (høyre), løpende gjennomsnitt 21 punkter. Her er det svært dårlig korrelasjon med hhv. $R^2 = 0.009$ og 0.08 for Th og K. Konklusjonen blir som nevnt tidligere at det er U som styrer gammastrålingen i borehullet på Tøyen.

Korrelasjon, kontinuerlig logg



Figur 26. Korrelasjon mellom total gamma og U rådata (v) og U løpende gjennomsnitt 21 punkter (h).



Figur 27. Korrelasjon mellom total gamma og Th (v) og U (h), løpende gjennomsnitt 21 punkter.

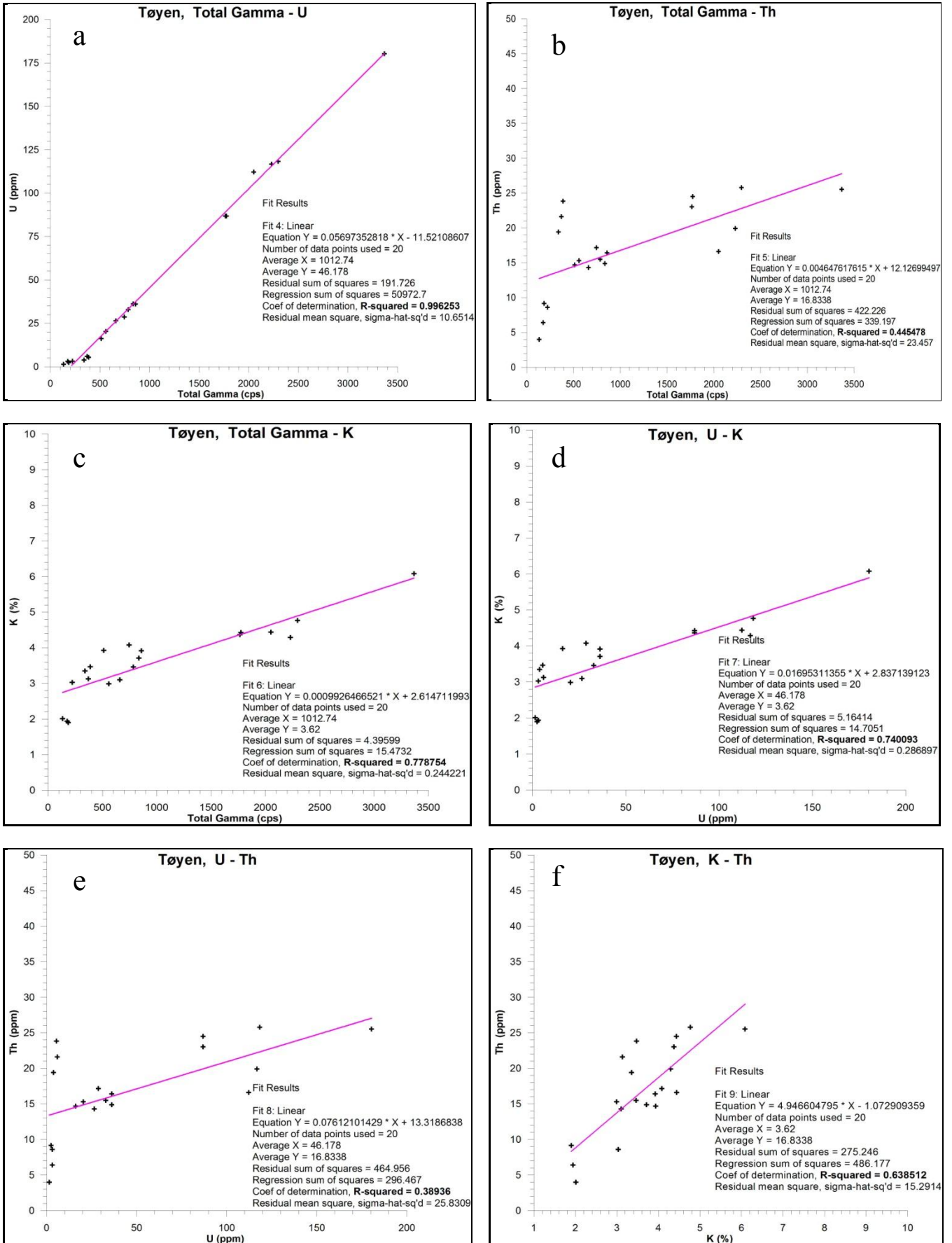
Ved punktmålinger av energispekter måles total gamma og innholdet av U, Th og K. Det ble målt 20 spektra og det er gjort regresjonsanalyse mellom total gamma og de radioaktive elementene U, Th og K. Det er også gjort analyse mellom U - Th, U - K samt Th - K. Resultatet er vist i figur 28 der a, b og c viser analysen for total gamma og U, Th, K, mens d, e og f viser hhv. U - K, U - Th og K - Th.

Det er svært god korrelasjon mellom total gamma og U med en beregnet regresjonskoeffisient, $R^2 = 0.99$. Mellom total gamma og Th er $R^2 = 0.44$ og til K er $R^2 = 0.77$. Det er rimelig bra korrelasjon mellom total gamma og K med punktmålinger, mens kontinuerlig logg ga svært dårlig korrelasjon.

Mellom U og K er det også bra korrelasjon, $R^2 = 0.74$, det er en naturlig følge av at total gamma korrelerer bra med K. Mellom U og Th er $R^2 = 0.38$ og mellom K og Th er $R^2 = 0.63$.

Radiometriske målinger er generelt svært nøyaktige og repeterbare. For eksempel brukes total gammalogg ofte til å posisjonere seg i borehull med en nøyaktighet på cm-nivå på grunn av repeterbarheten og at en måler med internasjonal API-standard. Det er grunn til å tro at de korrelasjoner som er gjort i Tøyen borehull er representative for den mineralisering som opptrer. NGU har ikke funnet kjemiske analyser fra området og en kjenner heller ikke mineralsammesetningen.

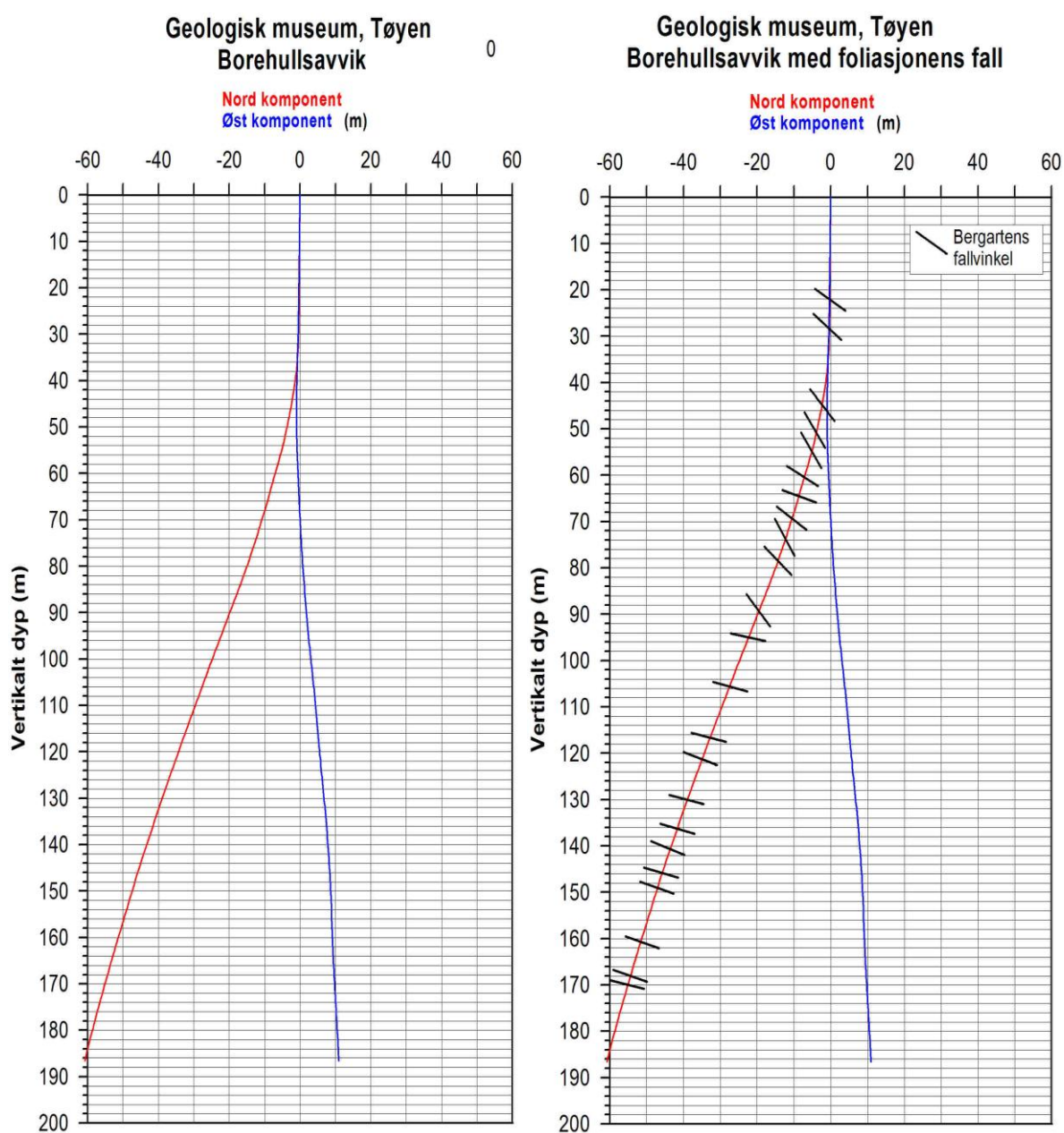
Korrelasjon, punktmålinger, energispekter



Figur 28. Korrelasjon mellom total gamma og U, Th, K (a,b,c) og U-K, U-Th og K-Th (d,e,f).

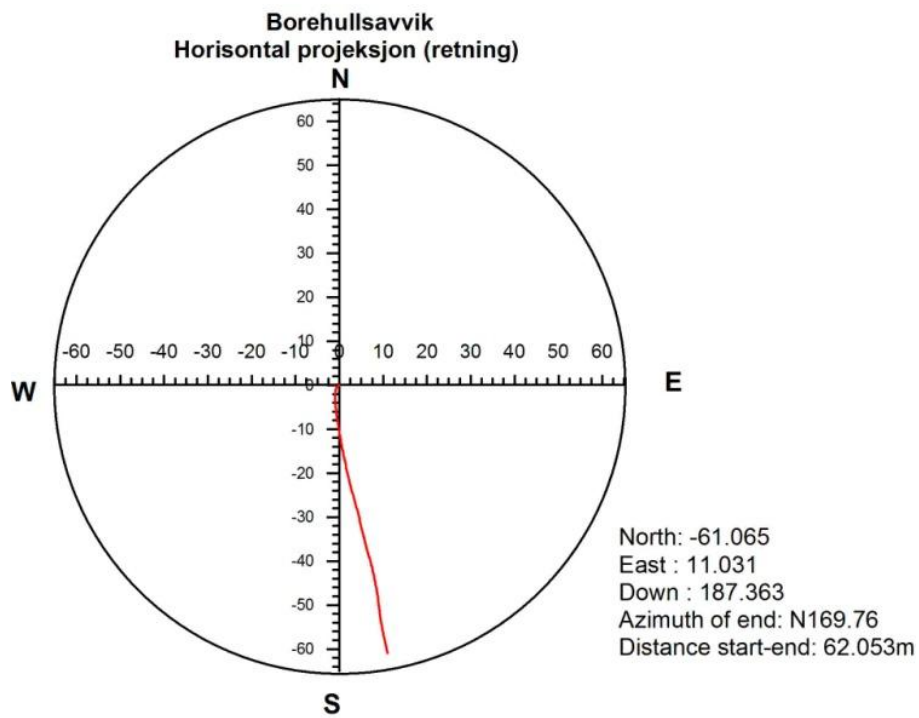
4.6 Borehullsforløp

Borehullsforløp måles som en integrert del med både optisk og akustisk televiewer. Det beregnes nord- og østkomponent i forhold til vertikalen, se figur 29. Avviket er stort, 61 m mot sør og 11 m mot øst. Det er antatt at det store avviket skyldes bergartens foliasjon som vises tydelig i alunskiferen/svartskiferen. Et borehull har en tendens til å stille seg vinkelrett foliasjonen og særlig hvis bergarten er skifrig (spaltbar). Dette er illustrert på figur 24 (til høyre) hvor fallvinkelen er angitt. Figur 30 viser horisontalprojeksjon (retning) og viser at hullet går mot sør med en østlig komponent på 11 m i bunnen.



Figur 29. Tøyen. Borehullsforløp. Nord og østkomponent (venstre). Skiferens fallvinkel (høyre).

Geologisk museum, Tøyen



Figur 30. Tøyen. Borehullsforløp. Horizontalprojeksjon som viser hullets retning mot sør.

5. KONKLUSJON

NGU har logget et 200 m dyp borehull som ble boret i 2011 ved Geologisk museum på Tøyen i Oslo. Bakgrunnen for boringen er at UiO ønsker å bygge et nytt veksthus der det vurderes å bruke geovarme for oppvarming. NGI har utredet denne muligheten.

Hensikten med loggingen var å få en bedre forståelse av geologien ved å kartlegge tykkelsen av alunskiferen. NGU logget temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, total naturlig gammastråling, gammasppektrometri, seismisk hastighet og resistivitet i fjell. Det ble også gjort opptak med optisk og akustisk televiwer. Borehullsavvik ble målt som en integrert del av televiwer.

Litologisk logg er laget ved hjelp av optisk televiwer og total gammastråling. Under alunskiferen (96 m dyp) er det vekslende lag med syenitt, mænaitt og skifer. Gammastrålingen indikerer tydelig bergartsgrensene. Et 2 m tykt lag med alunskifer ligger like under løsmassene som går ned til ca 14 m dyp. Fra 22 – 96 m dyp er det alunskifer/leirskifer sammenhengende. Gammastrålingen varierer men er spesielt høy mellom 22 og 32 m dyp. En topp ved 24 m viser ca 4000 cps. Måling av U, Th og K med gammasppektrometri viser at uran er det dominerende radioaktive elementet i alunskiferen med et gjennomsnittsinhold på 151 ppm og en maksimumsverdi på 350 ppm. I syenittgangene er det thorium som er det dominerende radioaktive elementet.

Resistiviteten indikerer bergartsgrensene tydelig. Alunskifer har lav resistivitet, 0.1 – 300 ohmm, mens syenitt og mænaitt har hhv. 3000 - 4000 og 600 – 900 ohmm. Seismisk P-bølgehastighet indikerer også tydelig bergartene der alunskiferen har lavest hastighet med 3500 – 3700 m/s, syenitt 4800 – 5400 m/s og mænaitt 5500 – 6000 m/s. Syenittgangenes tykkelse er 8 – 13 m.

Skiferens hovedfallretning er mot NNV. Mellom 60 og 140 m dyp dreier den stedvis mot NNØ. Fallvinkelen varierer mye over 95 m dyp, 15 - 80°. Under 95 m dyp er det liten variasjon i fallvinkel, 5 – 20°.

Logging med optisk og akustisk televiwer viser at berggrunnen er lite oppsprukket. De fleste observerte sprekker er foliasjonsparallelle med fall mot NNV. Ovalisasjonslogg fra akustisk televiwer størst utbrudd (breakout) mot NV, noe som indikerer største hovedspenning i retning NØ-SV.

Borehullsavviket er stort. Hullet går mot sør med en svak østlig komponent. I bunnen er avviket 61 m fra vertikalen mot sør og 11 m mot øst.

6. REFERANSER

Advanced Logic Technology, 2006: WellCAD, FWS processing, version 4.1.

Archie, G.E., 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Petroleum Technology*, 5, 1422 – 1430.

Dalsegg, E., 1994: CP-, SP- og ledningsevne målinger ved grafittundersøkelser ved Hornvatnet, Sortland, Nordland. *NGU Rapport 94.003*.

Elvebakk, H. 2008: Geofysisk logging av borehull ved Hamar Flyplass. *NGU Rapport 2008.079*.

Elvebakk, H. 2011a: Geofysisk logging av borehull ved Arnestad skole, Asker. *NGU Rapport 2011.011*.

Elvebakk, H. 2011b: Geofysisk logging av borehull ved Ciens Forskningspark, Gaustad, Oslo. *NGU Rapport 2011.012*.

Myrvang, A.M., 1993: Rock Stress and Rock Problems in Norway. *Comprehensive Rock Engineering. Volume 3, Rock Testing and Site Characterization*.

NGI, 2011: Geologisk vurdering og termisk responstest av testbrønn. Dokumentnr. 20110539-00-10R.

Owen, A.W., Bruton, D. L., Bockelie, J. F. & Bockelie, T., G. 1990: The Ordovician succession of the Oslo Region, Norway., *Special publication 4, 1-54*.

Plumb, R.A., and Hickman, S.H. 1985: Stress-induced borehole enlargement: a comparison between the four-arm dipmeter and the borehole televiewer in the Auburn geothermal well. - *J. Geophys. Res.*, 90, 5513-5521.

Reinecker, J., Tingay, M. & Müller, B. 2003: Borehole breakout analysis from four-arm caliper logs. University of Karlsruhe, Geophysical Institute. *World Stress Map Project*.

Robertson Geologging Ltd. 2004. Interpretation manual. RGLDIP version 6.2.

Rønning, J. S., Rodionov A., Ofstad, F. & Lynum, R.: Elektromagnetiske, magnetiske, og radiometriske målinger fra helikopter i området Skaland - Trælen på Senja. *NGU Rapport 2012.061*.

Thunehead, H. & Olsson, O. 2005: Borehole Corrections for a Thick Resistivity Probe. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, Vol. 9, Issue 4, pp. 217- 224.

Zoback, M.D., D. Moos, L.G. Mastin & Anderson, R.N. 1985: Well bore breakouts and in situ stress. - *J. Geophys. Res.*, 90, 5523-5530.

Forklaring Databilag 2 og Databilag 3.

Depth	-hulldyp
Azimuth	-fallretning
Dip	-fallvinkel
Upper Depth	-øvre grense for målt foliasjon
Lower Depth	- nedre grense for målt foliasjon
Well Diam	-hulldiameter (m)
Well Azimuth	-hullets fallretning
deviation Dev	-hullets fallvinkel

Forklaring Databilag 4, borehullsforløp

Depth	-hulldyp
North	-nordkomponent
East	-østkomponent
Down	-vertikalt dyp
Devaz	-retning
Dev	-fallvinkel (målt fra vertikalt)
Elevation	-høyde over havet
North(UTM)	- nord-koordinat
East(UTM)	- øst-koordinat

Forklaring Databilag 5, energispektra

Dypet som hvert spektrum er målt på er angitt øverst på plottet (i mm)
Eks. SP2359-tøy.SPC er målt på dyp 23.59 m
TimeAC = Opptakstid (loggetid) i sekunder.

Depth	Azimuth	Dip	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well Dev
21.954	N356	29.3	21.913	21.995	0.14	168.67	0.7
22.168	N335	40.1	22.105	22.23	0.14	205.05	0.76
27.192	N341	38.5	27.135	27.249	0.14	204.67	1.75
28.396	N337	36.4	28.348	28.445	0.14	178.99	3.65
29.138	N340	41.4	29.079	29.197	0.14	181	3.31
33.397	N347	30.3	33.361	33.434	0.14	188	4.83
34.153	N8	14.9	34.141	34.165	0.14	196	5.76
45.503	N331	62.6	45.407	45.599	0.14	182.87	12.89
45.913	N329	45.8	45.861	45.965	0.14	181	13.44
49.083	N338	52.4	49.023	49.144	0.14	177.72	14.63
51.195	N330	53.3	51.131	51.259	0.14	178.96	15.45
52.855	N352	48.7	52.807	52.903	0.14	174	16.24
55.035	N338	54	54.979	55.091	0.14	172	18.02
58.545	N316	66.7	58.455	58.635	0.14	169.03	20.51
60.715	N59	22.4	60.682	60.749	0.14	169	20.41
60.929	N66	16.6	60.897	60.961	0.14	169.36	20.82
61.462	N78	26.7	61.415	61.509	0.14	172	20.83
65.614	N50	7.8	65.591	65.636	0.14	170.33	19.31
66.446	N335	16	66.439	66.454	0.14	170.99	19.05
67.772	N331	31.5	67.753	67.791	0.14	171	20.27
68.215	N324	33	68.192	68.238	0.14	171	21
70.896	N326	42.2	70.862	70.93	0.14	171.02	21.35
71.209	N351	31.8	71.195	71.223	0.14	171.47	21.04
76.41	N327	56.3	76.353	76.466	0.14	168.74	21.28
79.759	N334	39.9	79.734	79.784	0.14	166	22.37
89.401	N341	79.1	89.297	89.506	0.14	165	24.85
90.054	N335	82.5	89.939	90.169	0.14	166	26.22
93.71	N346	47.4	93.678	93.742	0.14	166	24.43
93.775	N345	35.5	93.76	93.789	0.14	166	24.44
96.631	N18	8.2	96.605	96.657	0.14	163	25.26
98.001	N10	8.7	97.977	98.026	0.14	164	25.28
99.947	N20	9.9	99.923	99.971	0.14	163	24.84
109.274	N10	11.9	109.254	109.294	0.14	163	24.61
109.388	N351	7.5	109.365	109.411	0.14	163	24.46
111.417	N20	12.4	111.395	111.439	0.14	162.59	24.62
112.532	N347	6.6	112.509	112.556	0.14	163	23.78
124.618	N33	11.9	124.592	124.644	0.14	170.86	26.38
125.491	N350	11.1	125.471	125.51	0.14	168.82	25.62
125.647	N349	8.5	125.624	125.67	0.14	169.14	25.43
128.26	N72	17.1	128.219	128.3	0.14	172.97	26.26
138.454	N5	2.8	138.42	138.488	0.14	157	26.82
138.896	N39	8.2	138.863	138.929	0.14	158.7	26.87
139.122	N354	5.4	139.093	139.151	0.14	157.22	26.19
139.676	N335	12.3	139.658	139.695	0.14	157	26.16
141.846	N0	15	141.83	141.862	0.14	159.9	25
141.971	N3	8.6	141.948	141.995	0.14	157.43	24.96
143.304	N344	8.8	143.282	143.327	0.14	158	25.55
144.711	N349	13	144.695	144.727	0.14	159.36	24.55
145.345	N353	11.6	145.327	145.363	0.14	157.04	24.25
151.232	N343	18.4	151.223	151.24	0.14	160	24.78
152.058	N349	12.6	152.043	152.074	0.14	158	23.99
152.41	N348	10.8	152.393	152.428	0.14	160	23.9
152.837	N338	13.4	152.823	152.851	0.14	159	23.91
153.167	N336	13	153.153	153.182	0.14	158.49	24.01
154.869	N335	12.7	154.855	154.882	0.14	157.49	22.95
155.464	N325	11	155.449	155.48	0.14	156	22.48
155.83	N334	13	155.818	155.843	0.14	157.75	22.41
156.674	N325	9	156.656	156.691	0.14	157.61	21.8
157.106	N330	11.4	157.092	157.12	0.14	157	21.8
157.991	N328	11.5	157.977	158.005	0.14	159	21.73
158.974	N2	16.2	158.962	158.985	0.14	159	21.17
172.329	N341	15.9	172.321	172.337	0.14	168.28	21.59
172.376	N331	12.5	172.363	172.39	0.14	168	21.64
173.84	N336	16.1	173.831	173.848	0.14	166	21.54
175.898	N328	16.8	175.89	175.906	0.14	162.89	20.82
177.373	N320	13.4	177.361	177.386	0.14	162	20.79
178.812	N328	15.1	178.803	178.822	0.14	163.61	20.86
180.567	N322	11.1	180.553	180.58	0.14	160.53	20.16
180.857	N325	10.1	180.843	180.871	0.14	160	20.1

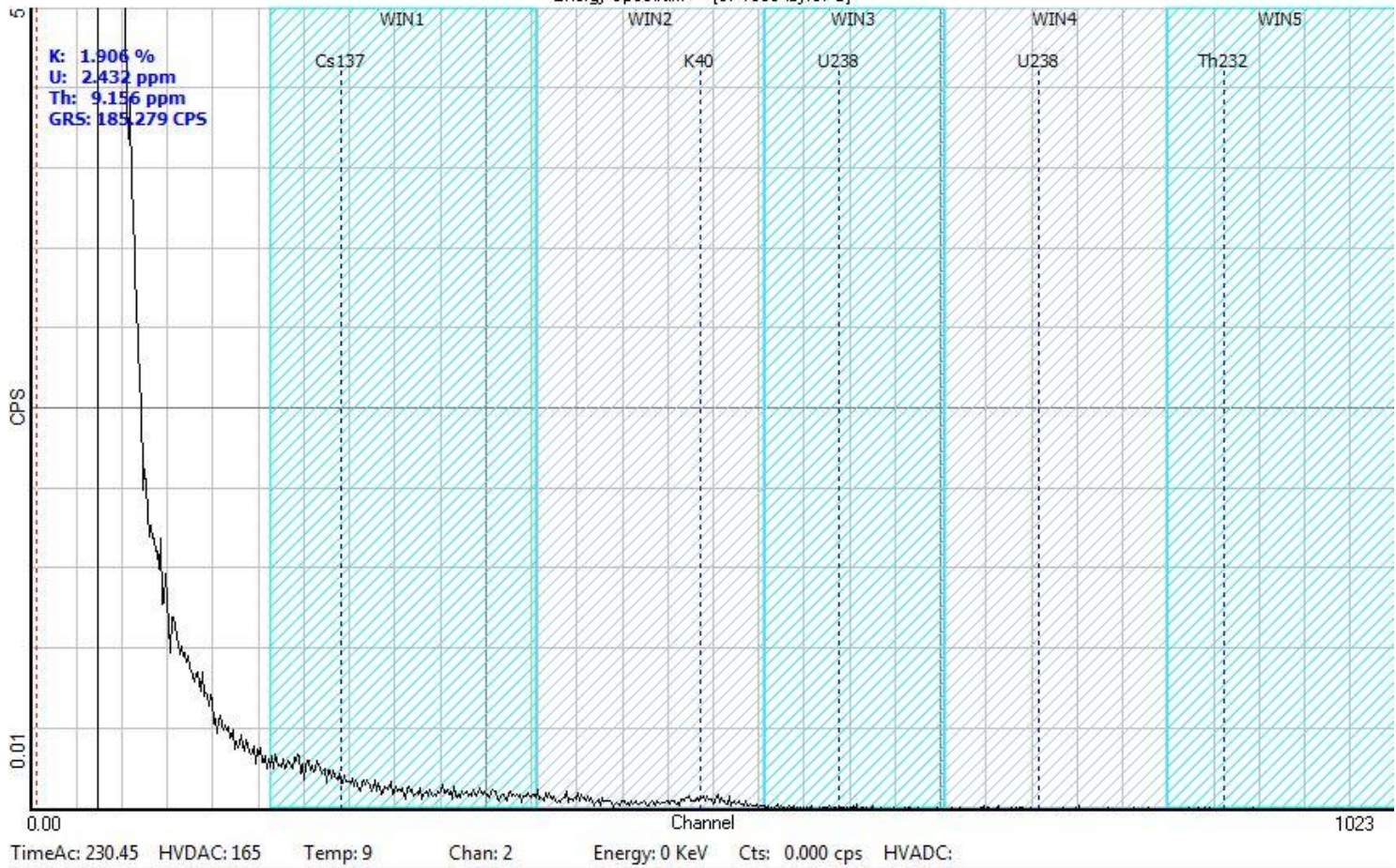
Depth	Azimuth	Dip	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Dev	Thickness			
27.352	N332	35.9	27.3	27.404	0.14	193	1.53	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
52.001	N350	60.1	51.93	52.072	0.14	173.91	16.62	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
96.629	N019	9.7	96.604	96.654	0.14	163	25.25	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
97.215	N336	12.2	97.197	97.233	0.14	163	25.39	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
98.001	N005	6.9	97.975	98.027	0.14	164	25.28	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
98.104	N005	15.8	98.088	98.12	0.14	163	25.2	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
98.599	N355	9.2	98.578	98.62	0.14	164.04	24.57	0	Fracture Planar	Fresh	Open-fracture
99.948	N024	9	99.923	99.974	0.14	163	24.84	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
100.606	N222	88	100.24	100.972	0.14	164.82	25.26	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
100.785	N099	87.4	101.132	101.33	0.14	164	25.21	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
100.83	N103	85.4	100.278	100.687	0.14	164	25.21	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
102.196	N008	14.4	102.179	102.214	0.14	164	25.17	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
104.438	N021	85.1	104.267	104.609	0.14	162.19	24.7	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
105.147	N077	73.8	105.191	105.483	0.14	162	24.86	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
106.441	N271	89.7	105.895	106.144	0.14	163	24.71	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
107.02	N278	83.8	106.754	106.885	0.14	163	24.29	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
107.023	N280	83.8	107.023	107.275	0.14	163	24.3	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
107.214	N018	88.5	107.023	107.405	0.14	163.34	24.46	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
107.687	N079	82.4	107.953	108.625	0.14	163.2	24.73	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
107.737	N098	87.1	107.163	107.618	0.14	163.81	24.82	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
109.275	N005	14.7	109.259	109.291	0.14	163	24.61	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
109.905	N281	78	109.717	110.093	0.14	163.83	24.42	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
110.107	N281	78.1	109.925	110.091	0.14	163	24.3	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
111.06	N282	81.7	110.843	111.278	0.14	163.73	24.42	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
115.011	N081	75.6	114.606	115.417	0.14	165	24.93	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
119.079	N098	60.7	118.841	119.316	0.14	167.63	26.6	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
119.189	N098	57.6	118.981	119.397	0.14	166.33	26.84	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
119.918	N089	67	119.636	120.201	0.14	167.16	27.29	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
121.642	N232	22.3	121.576	121.707	0.14	170.61	26.05	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
124.151	N118	77.4	124.514	125.188	0.14	170.2	26.23	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
126.498	N011	43.7	126.469	126.526	0.14	171.73	25.75	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
127.104	N339	5.2	127.075	127.132	0.14	171	26.07	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
127.758	N134	88.4	127.545	127.97	0.14	170	26.15	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
128.237	N138	74.9	128.121	128.869	0.14	172.51	26.18	0	Fracture Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
128.26	N066	17.9	128.223	128.298	0.14	172.99	26.26	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
137.336	N348	21.6	137.327	137.345	0.14	159.5	27.15	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
138.576	N219	20.4	138.513	138.64	0.14	157.61	26.69	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
139.122	N338	5.5	139.094	139.15	0.14	157.22	26.19	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
141.241	N029	11.2	141.214	141.268	0.14	159.95	25.36	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
146.426	N156	33.8	146.307	146.545	0.14	159	24.04	0	Fracture Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
147.36	N113	21.6	147.291	147.429	0.14	157.34	24.76	0	Fracture Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
147.742	N077	7.2	147.704	147.78	0.14	158	24.88	0	Fracture Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
148.021	N162	48.9	147.765	148.277	0.14	156.89	24.85	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
149.038	N158	40.6	148.868	149.207	0.14	157	25.53	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
150.13	N220	87.6	149.7	150.56	0.14	159	25.26	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
154.466	N339	12.3	154.452	154.48	0.14	158	22.95	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
158.37	N355	15.8	158.36	158.38	0.14	160	21.8	0	Fracture Planar	Mineralized	
158.938	N090	87.4	158.081	158.688	0.14	159	21.18	0	Fracture Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
175.9	N330	16.5	175.892	175.907	0.14	162.87	20.82	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
176.233	N325	17.5	176.224	176.243	0.14	163.81	20.66	0	Fracture Planar	Mineralized	Hairline-fracture
180.859	N321	11.9	180.846	180.872	0.14	160	20.1	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
188.591	N338	81.1	188.455	188.727	0.14	160.04	19.95	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
188.677	N306	76	188.547	188.807	0.14	161	20.01	0	Fracture Planar	Fresh	Hairline-fracture
188.926	N321	37.9	188.898	188.954	0.14	161.69	19.97	0	Fracture Irregular	Fresh	Hairline-fracture
189.089	N337	83.6	188.936	189.13	0.14	161.07	19.67	0	Fracture Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
194.114	N001	83.4	193.946	194.282	0.14	160	18.77	0	Fracture Planar	Fresh	Open-fracture

Depth	North	East	Down	Devaz	Dev	North (UTM)	East (UTM)	Elevation
0.000	0.000	0.000	0.000	234.00	1.07	6643793.000	599126.000	30.000
1.000	-0.011	-0.015	0.998	234.00	1.07	6643792.989	599125.985	29.002
2.000	-0.022	-0.030	1.998	234.00	1.07	6643792.978	599125.970	28.002
3.000	-0.033	-0.045	2.997	234.00	1.07	6643792.967	599125.955	27.003
4.000	-0.044	-0.060	3.997	234.00	1.07	6643792.956	599125.940	26.003
5.000	-0.055	-0.076	4.997	234.00	1.07	6643792.945	599125.924	25.003
6.000	-0.066	-0.091	5.997	234.00	1.07	6643792.934	599125.909	24.003
7.000	-0.077	-0.106	6.997	234.00	1.07	6643792.923	599125.894	23.003
8.000	-0.088	-0.121	7.997	234.00	1.07	6643792.912	599125.879	22.003
9.000	-0.099	-0.136	8.996	234.00	1.07	6643792.901	599125.864	21.004
10.000	-0.110	-0.141	9.996	234.00	1.07	6643792.890	599125.849	20.004
11.000	-0.121	-0.166	10.996	234.00	1.07	6643792.879	599125.834	19.004
12.000	-0.132	-0.181	11.996	234.00	1.07	6643792.868	599125.819	18.004
13.000	-0.143	-0.196	12.996	234.00	1.07	6643792.857	599125.804	17.004
14.000	-0.144	-0.211	13.996	234.00	1.07	6643792.846	599125.789	16.004
15.000	-0.165	-0.227	14.995	234.00	1.07	6643792.835	599125.773	15.005
16.000	-0.176	-0.242	15.995	234.00	1.07	6643792.824	599125.758	14.005
17.000	-0.187	-0.257	16.995	234.00	1.07	6643792.813	599125.743	13.005
18.000	-0.198	-0.272	17.995	234.00	1.07	6643792.802	599125.728	12.005
19.000	-0.209	-0.287	18.995	234.00	1.07	6643792.791	599125.713	11.005
20.000	-0.220	-0.302	19.995	234.00	1.07	6643792.780	599125.698	10.005
21.000	-0.230	-0.317	20.994	234.00	1.07	6643792.770	599125.683	9.006
22.000	-0.241	-0.332	21.994	234.00	1.07	6643792.759	599125.668	8.006
23.000	-0.252	-0.347	22.994	234.00	1.07	6643792.748	599125.653	7.006
24.000	-0.263	-0.363	23.994	234.00	1.07	6643792.737	599125.637	6.006
25.000	-0.267	-0.376	24.994	284.00	1.03	6643792.733	599125.624	5.006
26.000	-0.280	-0.399	25.993	244.00	1.47	6643792.720	599125.601	4.007
27.000	-0.281	-0.437	26.992	208.00	2.18	6643792.719	599125.563	3.008
28.000	-0.314	-0.455	27.992	204.00	2.00	6643792.686	599125.545	2.008
29.000	-0.344	-0.477	28.991	206.00	2.37	6643792.656	599125.523	1.009
30.000	-0.383	-0.506	29.990	209.00	3.44	6643792.617	599125.494	0.010
31.000	-0.438	-0.536	30.988	227.00	2.94	6643792.562	599125.464	-0.988
32.000	-0.479	-0.582	31.986	227.00	3.89	6643792.521	599125.418	-1.986
33.000	-0.526	-0.628	32.984	213.00	4.03	6643792.474	599125.372	-2.984
34.000	-0.599	-0.674	33.980	210.00	5.71	6643792.401	599125.326	-3.980
35.000	-0.693	-0.717	34.974	200.00	6.21	6643792.307	599125.283	-4.974
36.000	-0.804	-0.755	35.968	196.00	6.64	6643792.196	599125.245	-5.968
37.000	-0.926	-0.790	36.959	192.00	7.13	6643792.074	599125.210	-6.959
38.000	-1.061	-0.819	37.950	190.00	8.23	6643791.939	599125.181	-7.950
39.000	-1.212	-0.845	38.938	190.00	9.54	6643791.788	599125.155	-8.938
40.000	-1.379	-0.877	39.923	187.00	9.36	6643791.621	599125.123	-9.923
41.000	-1.552	-0.900	40.908	183.00	10.17	6643791.448	599125.100	-10.908
42.000	-1.743	-0.921	41.889	189.00	11.72	6643791.257	599125.079	-11.889
43.000	-1.951	-0.944	42.867	183.00	12.12	6643791.049	599125.056	-12.867
44.000	-2.163	-0.952	43.844	184.00	12.01	6643790.837	599125.048	-13.844
45.000	-2.376	-0.955	44.821	184.00	12.76	6643790.624	599125.045	-14.821
46.000	-2.605	-0.966	45.795	181.00	14.23	6643790.395	599125.034	-15.795
47.000	-2.841	-0.971	46.766	181.00	13.66	6643790.149	599125.029	-16.766
48.000	-3.086	-0.961	47.736	177.00	14.60	6643789.914	599125.039	-17.736
49.000	-3.333	-0.954	48.705	178.00	15.31	6643789.667	599125.046	-18.705
50.000	-3.603	-0.943	49.667	177.00	16.40	6643789.397	599125.057	-19.667
51.000	-3.871	-0.937	50.631	179.00	15.39	6643789.129	599125.063	-20.631
52.000	-4.152	-0.916	51.590	175.00	16.52	6643788.848	599125.084	-21.590
53.000	-4.429	-0.892	52.551	174.00	17.41	6643788.571	599125.108	-22.551
54.000	-4.730	-0.871	53.504	174.00	17.54	6643788.270	599125.129	-23.504
55.000	-5.031	-0.836	54.457	175.00	17.92	6643787.969	599125.164	-24.457
56.000	-5.349	-0.813	55.405	174.00	18.74	6643787.651	599125.187	-25.405
57.000	-5.676	-0.774	56.349	173.00	19.77	6643787.324	599125.226	-26.349
58.000	-6.013	-0.720	57.289	170.00	20.36	6643786.987	599125.280	-27.289
59.000	-6.366	-0.662	58.223	170.00	21.67	6643786.634	599125.338	-28.223
60.000	-6.719	-0.600	59.156	170.00	20.98	6643786.281	599125.400	-29.156
61.000	-7.069	-0.545	60.092	172.00	20.72	6643785.931	599125.455	-30.092
62.000	-7.423	-0.505	61.026	174.00	20.02	6643785.577	599125.495	-31.026
63.000	-7.766	-0.452	61.964	172.00	20.03	6643785.234	599125.548	-31.964
64.000	-8.111	-0.408	62.901	172.00	20.83	6643784.889	599125.592	-32.901
65.000	-8.453	-0.362	63.840	172.00	19.41	6643784.547	599125.638	-33.840
66.000	-8.774	-0.309	64.784	171.00	18.71	6643784.226	599125.691	-34.784
67.000	-9.110	-0.252	65.723	168.00	20.57	6643783.890	599125.748	-35.723
68.000	-9.463	-0.198	66.657	171.00	21.81	6643783.537	599125.802	-36.657
69.000	-9.823	-0.132	67.588	172.00	21.98	6643783.177	599125.868	-37.588
70.000	-10.186	-0.080	68.518	171.00	21.67	6643782.814	599125.920	-38.518
71.000	-10.558	-0.025	69.445	174.00	22.13	6643782.442	599125.975	-39.445
72.000	-10.943	0.036	70.366	171.00	23.18	6643782.057	599126.036	-40.366
73.000	-11.315	0.086	71.293	172.00	21.27	6643781.685	599126.086	-41.293
74.000	-11.688	0.140	72.218	170.00	22.63	6643781.312	599126.150	-42.218
75.000	-12.066	0.213	73.142	170.00	23.50	6643780.934	599126.213	-43.142
76.000	-12.444	0.276	74.065	172.00	22.46	6643780.556	599126.276	-44.065
77.000	-12.823	0.345	74.988	170.00	22.70	6643780.177	599126.345	-44.988
78.000	-13.209	0.406	75.908	171.00	23.58	6643779.791	599126.406	-45.908
79.000	-13.597	0.483	76.827	169.00	23.24	6643779.403	599126.483	-46.827
80.000	-13.991	0.560	77.743	168.00	23.39	6643779.009	599126.560	-47.743
81.000	-14.394	0.642	78.654	170.00	24.90	6643778.606	599126.642	-48.654
82.000	-14.798	0.723	79.565	168.00	23.78	6643778.202	599126.723	-49.565
83.000	-15.210	0.812	80.472	169.00	25.05	6643777.790	599126.812	-50.472
84.000	-15.637	0.898	81.372	168.00	26.15	6643777.363	599126.898	-51.372
85.000	-16.064	0.988	82.271	168.00	26.02	6643776.936	599126.988	-52.271
86.000	-16.498	1.079	83.168	167.00	26.65	6643776.502	599127.079	-53.168
87.000	-16.936	1.169	84.062	169.00	26.35	6643776.064	599127.169	-54.062
88.000	-17.371	1.261	84.958	167.00	26.09	6643775.629	599127.261	-54.958

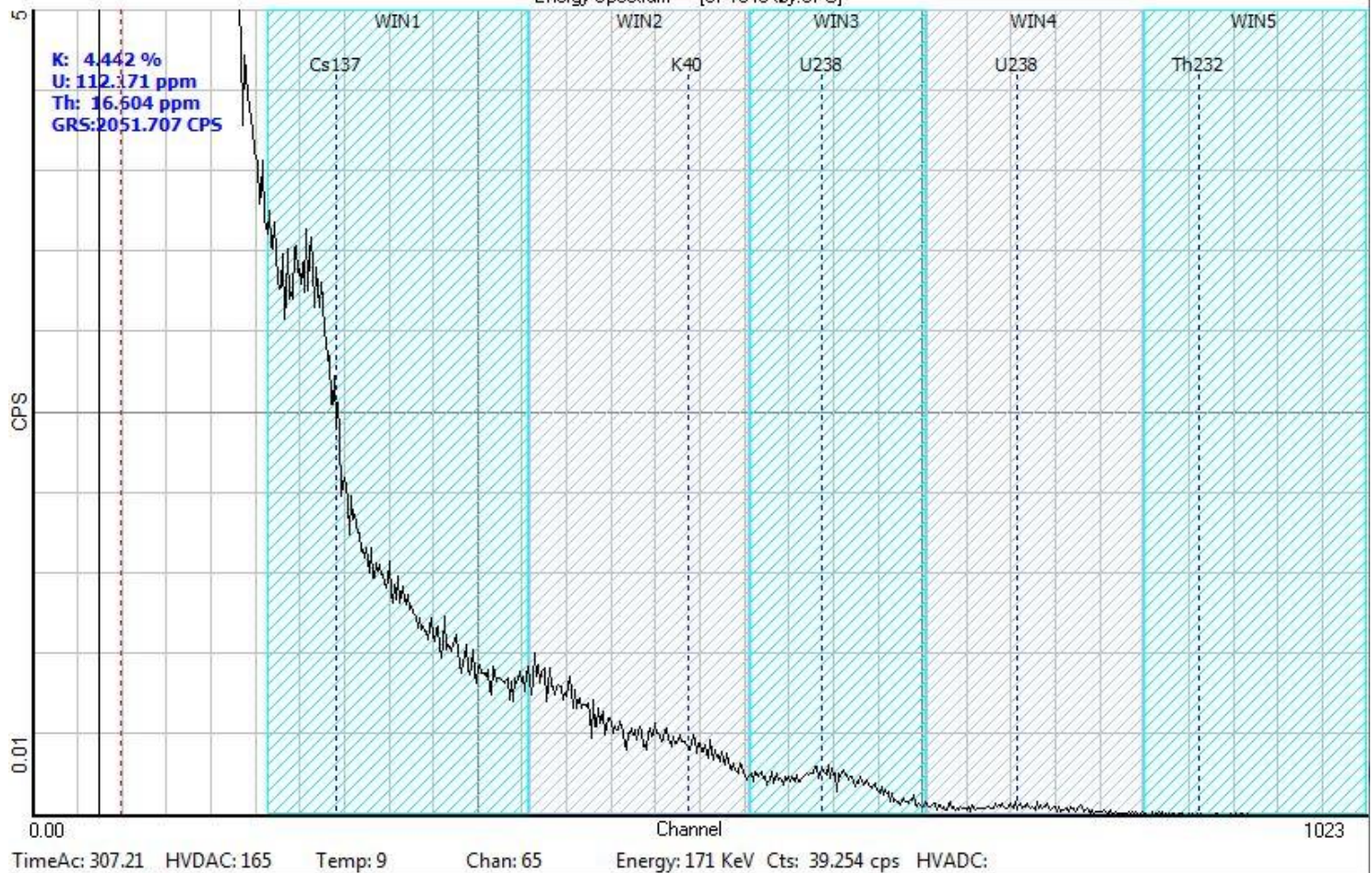
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev	North (UTM)	East (UTM)	Elevation
89.000	-17.795	1.362	85.858	167.00	26.12	6643775.205	599127.362	-55.858
90.000	-18.247	1.460	86.744	169.00	27.87	6643774.753	599127.460	-56.744
91.000	-18.701	1.551	87.630	169.00	27.40	6643774.299	599127.551	-57.630
92.000	-19.142	1.644	88.523	168.00	26.59	6643773.858	599127.644	-58.523
93.000	-19.578	1.737	89.418	168.00	26.27	6643773.422	599127.737	-59.418
94.000	-20.011	1.827	90.315	168.00	26.75	6643772.989	599127.827	-60.315
95.000	-20.458	1.919	91.205	167.00	26.71	6643772.542	599127.919	-61.205
96.000	-20.899	2.020	92.097	166.00	26.88	6643772.101	599128.020	-62.097
97.000	-21.347	2.132	92.984	168.00	27.64	6643771.653	599128.132	-62.984
98.000	-21.791	2.245	93.873	167.00	26.87	6643771.209	599128.245	-63.873
99.000	-22.231	2.351	94.764	167.00	27.28	6643770.769	599128.351	-64.764
100.000	-22.673	2.467	95.654	164.00	27.03	6643770.327	599128.467	-65.654
101.000	-23.118	2.581	96.542	165.00	26.93	6643769.882	599128.581	-66.542
102.000	-23.558	2.699	97.432	166.00	27.18	6643769.442	599128.699	-67.432
103.000	-23.997	2.816	98.323	165.00	26.99	6643769.003	599128.816	-68.323
104.000	-24.434	2.941	99.214	164.00	26.79	6643768.566	599128.941	-69.214
105.000	-24.870	3.063	100.105	164.00	26.92	6643768.130	599129.063	-70.105
106.000	-25.303	3.188	100.998	164.00	26.95	6643767.697	599129.188	-70.998
107.000	-25.735	3.309	101.892	165.00	26.59	6643767.265	599129.309	-71.892
108.000	-26.169	3.428	102.784	164.00	26.44	6643766.831	599129.428	-72.784
109.000	-26.599	3.554	103.679	165.00	26.74	6643766.401	599129.554	-73.679
110.000	-27.028	3.677	104.573	163.00	26.22	6643765.972	599129.677	-74.573
111.000	-27.454	3.800	105.469	165.00	26.22	6643765.546	599129.800	-75.469
112.000	-27.882	3.925	106.365	165.00	25.81	6643765.118	599129.925	-76.365
113.000	-28.302	4.039	107.265	164.00	26.42	6643764.698	599130.039	-77.265
114.000	-28.733	4.158	108.159	162.00	26.41	6643764.267	599130.148	-78.159
115.000	-29.166	4.275	109.053	166.00	27.03	6643763.834	599130.275	-79.053
116.000	-29.603	4.384	109.946	162.00	26.98	6643763.397	599130.384	-79.946
117.000	-30.041	4.487	110.839	166.00	26.73	6643762.959	599130.487	-80.839
118.000	-30.478	4.582	111.733	167.00	26.43	6643762.522	599130.582	-81.733
119.000	-30.906	4.682	112.631	165.00	25.61	6643762.094	599130.682	-82.631
120.000	-31.328	4.782	113.532	169.00	26.06	6643761.672	599130.782	-83.532
121.000	-31.748	4.881	114.434	165.00	25.28	6643761.252	599130.881	-84.434
122.000	-32.170	4.987	115.335	168.00	25.80	6643760.830	599130.987	-85.335
123.000	-32.593	5.081	116.236	166.00	25.78	6643760.407	599131.081	-86.236
124.000	-33.018	5.180	117.136	167.00	25.80	6643759.982	599131.180	-87.136
125.000	-33.445	5.275	118.035	168.00	25.67	6643759.555	599131.275	-88.035
126.000	-33.848	5.407	118.940	158.00	25.62	6643759.152	599131.407	-88.940
127.000	-34.261	5.543	119.840	167.00	26.08	6643758.739	599131.543	-89.840
128.000	-34.689	5.635	120.739	168.00	26.04	6643758.311	599131.635	-90.739
129.000	-35.112	5.735	121.640	169.00	26.33	6643757.888	599131.735	-91.640
130.000	-35.538	5.829	122.540	167.00	25.65	6643757.462	599131.829	-92.540
131.000	-35.960	5.923	123.442	168.00	26.09	6643757.040	599131.923	-93.442
132.000	-36.385	6.020	124.341	168.00	25.39	6643756.615	599132.020	-94.341
133.000	-36.802	6.135	125.243	161.00	26.20	6643756.198	599132.135	-95.243
134.000	-37.218	6.260	126.143	162.00	25.53	6643755.782	599132.260	-96.143
135.000	-37.638	6.383	127.043	163.00	25.55	6643755.362	599132.383	-97.043
136.000	-38.053	6.500	127.945	164.00	25.98	6643754.947	599132.500	-97.945
137.000	-38.470	6.616	128.846	166.00	26.01	6643754.530	599132.616	-98.846
138.000	-38.884	6.729	129.749	164.00	25.20	6643754.116	599132.729	-99.749
139.000	-39.297	6.846	130.652	161.00	24.75	6643753.703	599132.846	-100.652
140.000	-39.699	6.973	131.559	162.00	24.31	6643753.301	599132.973	-101.559
141.000	-40.090	7.087	132.473	165.00	23.73	6643752.910	599133.087	-102.473
142.000	-40.480	7.192	133.387	164.00	24.95	6643752.520	599133.192	-103.387
143.000	-40.883	7.292	134.297	164.00	24.73	6643752.117	599133.292	-104.297
144.000	-41.273	7.399	135.212	165.00	23.40	6643751.727	599133.399	-105.212
145.000	-41.662	7.493	136.128	167.00	23.07	6643751.338	599133.493	-106.128
146.000	-42.044	7.581	137.048	167.00	22.70	6643750.956	599133.581	-107.048
147.000	-42.431	7.673	137.965	165.00	24.28	6643750.569	599133.673	-107.965
148.000	-42.823	7.769	138.880	165.00	24.94	6643750.177	599133.769	-108.880
149.000	-43.230	7.859	139.789	167.00	25.29	6643749.770	599133.859	-109.789
150.000	-43.638	7.947	140.698	169.00	24.95	6643749.362	599133.947	-110.698
151.000	-44.053	8.020	141.605	169.00	24.02	6643748.947	599134.020	-111.605
152.000	-44.447	8.101	142.520	171.00	23.50	6643748.553	599134.101	-112.520
153.000	-44.843	8.174	143.435	170.00	23.64	6643748.157	599134.174	-113.435
154.000	-45.229	8.250	144.355	169.00	22.89	6643747.771	599134.250	-114.355
155.000	-45.605	8.329	145.278	166.00	22.25	6643747.395	599134.329	-115.278
156.000	-45.975	8.404	146.204	170.00	22.27	6643747.025	599134.404	-116.204
157.000	-46.338	8.476	147.133	168.00	21.63	6643746.662	599134.476	-117.133
158.000	-46.697	8.542	148.064	170.00	22.24	6643746.303	599134.542	-118.064
159.000	-47.059	8.604	148.994	171.00	21.35	6643745.941	599134.604	-118.994
160.000	-47.425	8.669	149.921	169.00	22.26	6643745.575	599134.669	-119.921
161.000	-47.792	8.724	150.850	170.00	22.04	6643745.208	599134.724	-120.850
162.000	-48.161	8.791	151.777	171.00	21.69	6643744.839	599134.791	-121.777
163.000	-48.525	8.850	152.706	171.00	21.87	6643744.475	599134.850	-122.706
164.000	-48.890	8.905	153.636	172.00	21.95	6643744.110	599134.905	-123.636
165.000	-49.244	8.874	154.564	206.00	21.77	6643743.756	599134.874	-124.564
166.000	-49.610	8.916	155.492	172.00	22.24	6643743.390	599134.916	-125.492
167.000	-49.978	8.967	156.421	173.00	21.54	6643743.022	599134.967	-126.421
168.000	-50.346	9.015	157.349	172.00	21.51	6643742.654	599135.015	-127.349
169.000	-50.715	9.066	158.277	173.00	21.90	6643742.285	599135.066	-128.277
170.000	-51.084	9.110	159.205	173.00	21.70	6643741.916	599135.110	-129.205
171.000	-51.442	9.155	160.138	173.00	20.71	6643741.558	599135.155	-130.138
172.000	-51.797	9.208	161.072	172.00	20.98	6643741.203	599135.208	-131.072
173.000	-52.153	9.258	162.005	172.00	20.99	6643740.847	599135.258	-132.005
174.000	-52.509	9.309	162.938	174.00	20.99	6643740.491	599135.309	-132.938
175.000	-52.865	9.353	163.871	170.00	20.52	6643740.135	599135.353	-133.871
176.000	-53.213	9.416	164.806	172.00	20.45	6643739.787	599135.416	-134.806
177.000	-53.560	9.478	165.742	171.00	20.54	6643739.440	599135.478	-135.742

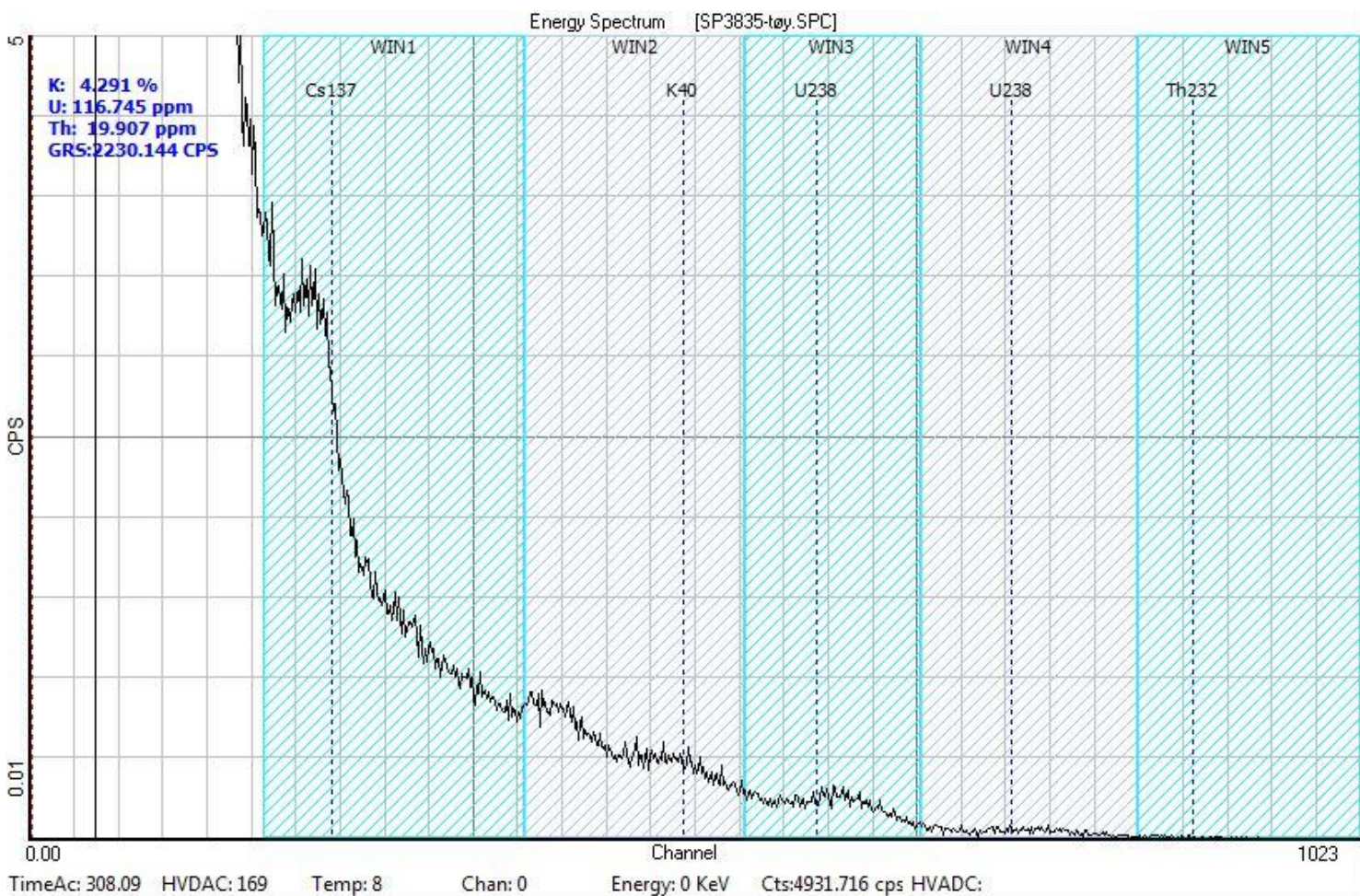
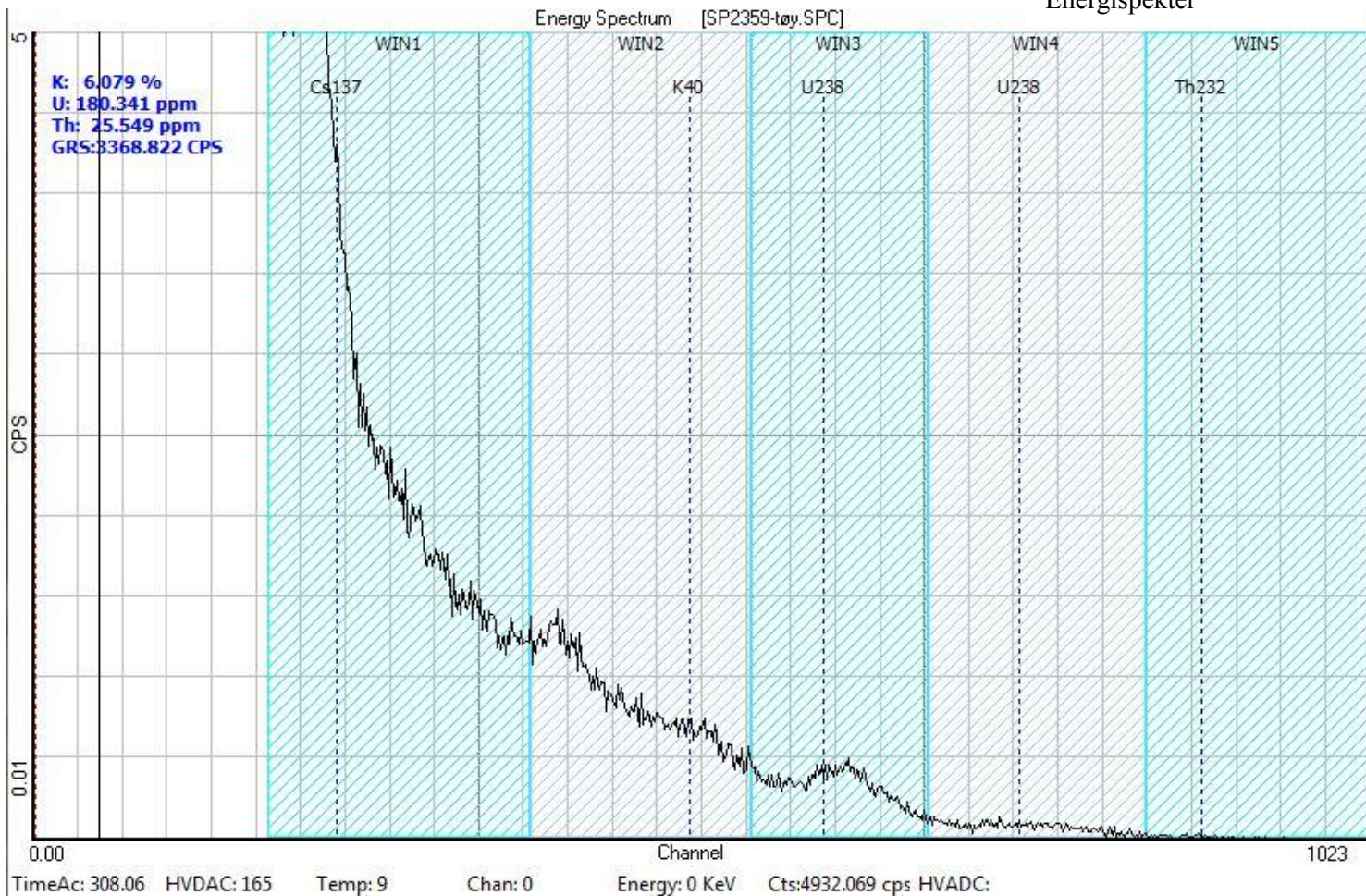
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev	North (UTM)	East (UTM)	Elevation
178.000	-53.906	9.548	166.678	169.00	20.96	6643739.094	599135.548	-136.678
179.000	-54.258	9.609	167.612	169.00	20.92	6643738.742	599135.609	-137.612
180.000	-54.604	9.672	168.548	169.00	21.10	6643738.396	599135.672	-138.548
181.000	-54.947	9.743	169.484	170.00	20.51	6643738.053	599135.743	-139.484
182.000	-55.299	9.808	170.418	169.00	20.26	6643737.701	599135.808	-140.418
183.000	-55.646	9.872	171.354	169.00	20.55	6643737.354	599135.872	-141.354
184.000	-55.990	9.936	172.291	169.00	20.74	6643737.010	599135.936	-142.291
185.000	-56.333	10.003	173.228	169.00	20.92	6643736.667	599136.003	-143.228
186.000	-56.672	10.072	174.166	166.00	20.32	6643736.328	599136.072	-144.166
187.000	-57.009	10.141	175.104	167.00	19.83	6643735.991	599136.151	-145.104
188.000	-57.338	10.229	176.045	168.00	19.71	6643735.662	599136.229	-146.045
189.000	-57.672	10.299	176.985	168.00	19.37	6643735.328	599136.299	-146.985
190.000	-57.994	10.375	177.929	166.00	19.29	6643735.006	599136.375	-147.929
191.000	-58.318	10.443	178.872	168.00	19.25	6643734.682	599136.443	-148.872
192.000	-58.636	10.515	179.817	168.00	19.08	6643734.364	599136.515	-149.817
193.000	-58.951	10.583	180.764	168.00	18.47	6643734.049	599136.583	-150.764
194.000	-59.263	10.651	181.712	167.00	18.62	6643733.737	599136.651	-151.712
195.000	-59.572	10.720	182.660	169.00	18.16	6643733.428	599136.720	-152.660
196.000	-59.876	10.786	183.611	168.00	17.88	6643733.124	599136.786	-153.611
197.000	-60.176	10.851	184.562	168.00	17.72	6643732.824	599136.851	-154.562
198.000	-60.482	10.911	185.513	167.00	17.49	6643732.518	599136.911	-155.513
199.000	-60.781	10.974	186.465	170.00	17.48	6643732.219	599136.974	-156.465

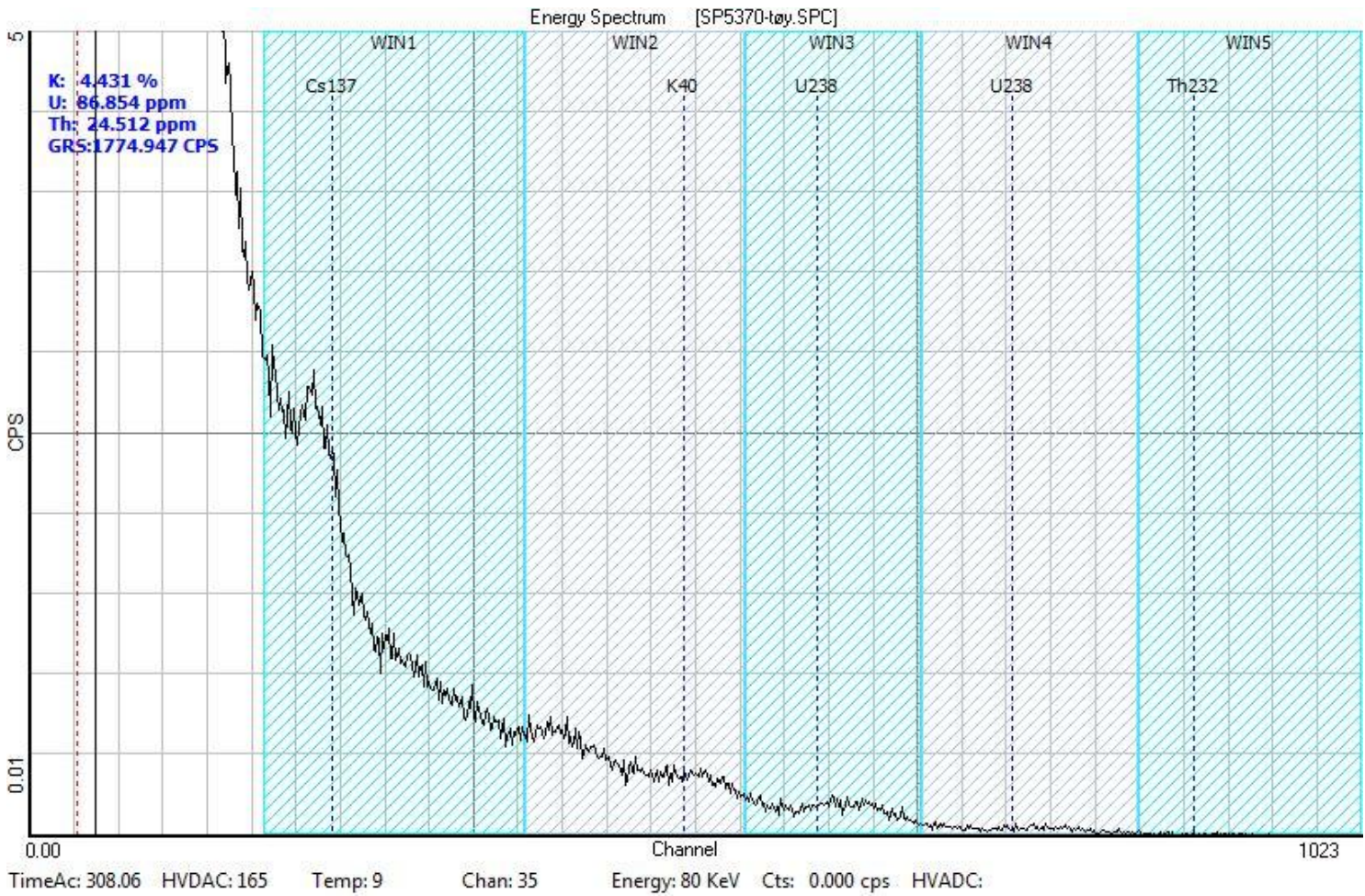
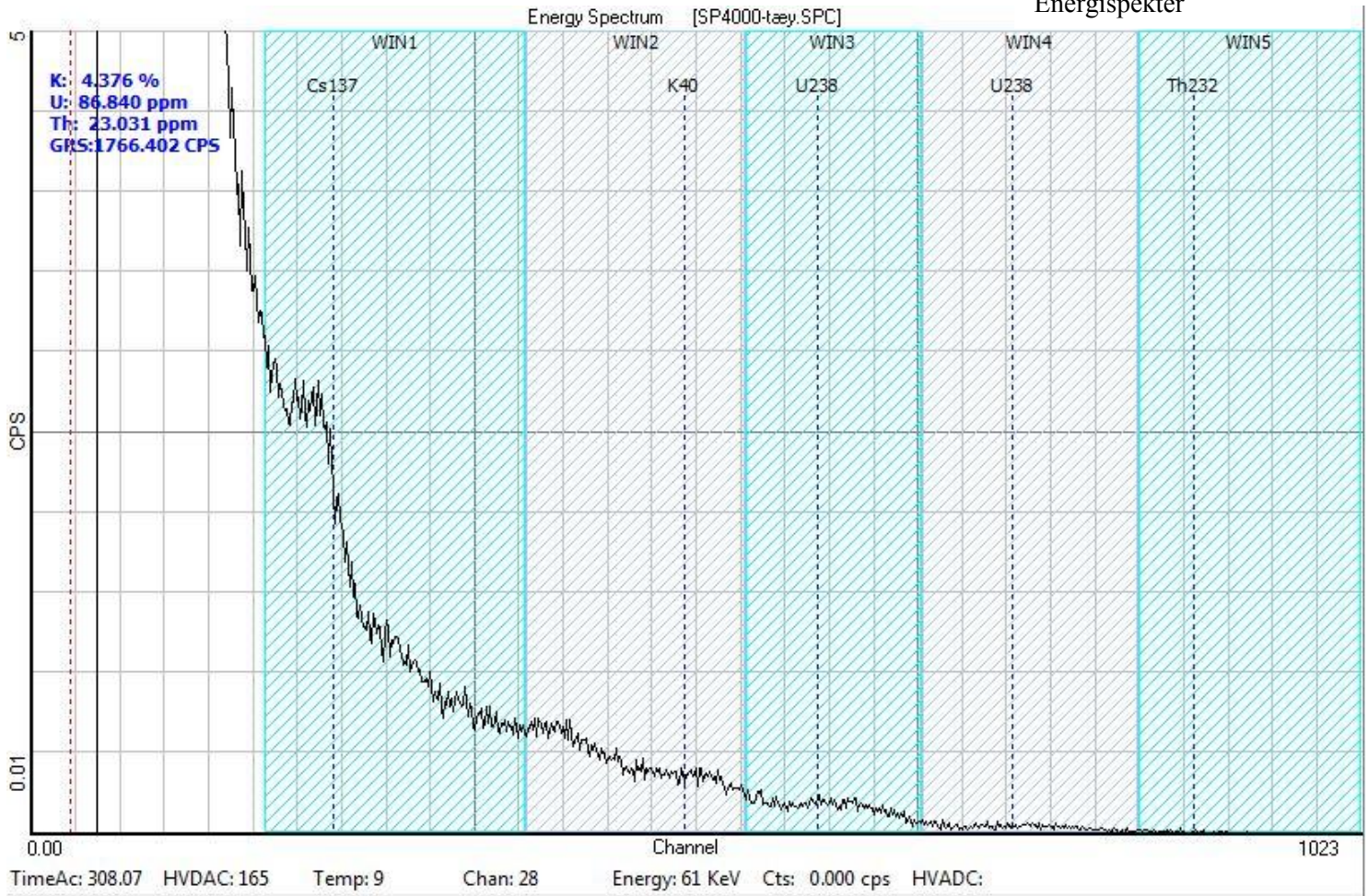
Energy Spectrum [SP1000-tøy.SPC]



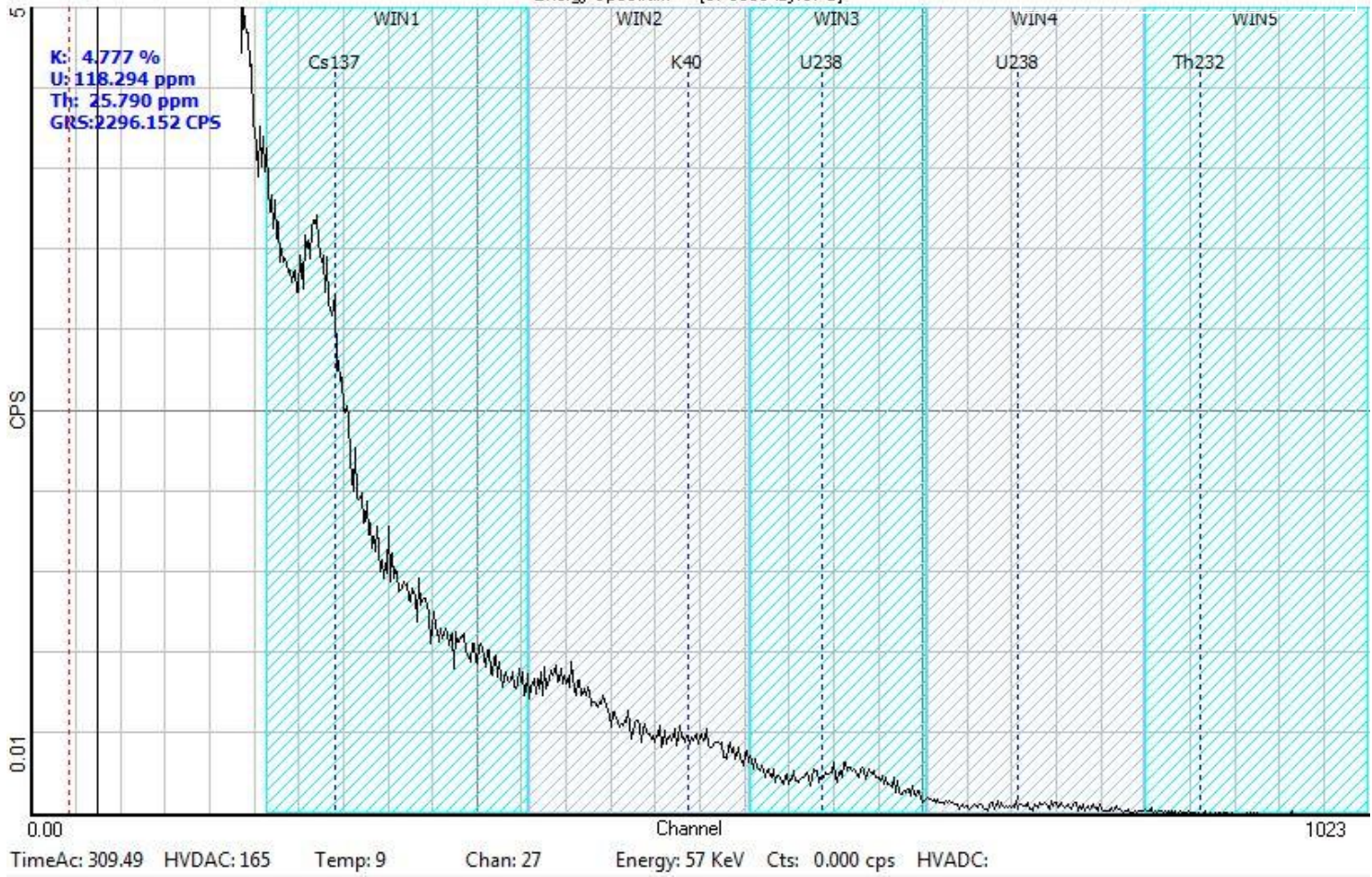
Energy Spectrum [SP1540-tøy.SPC]



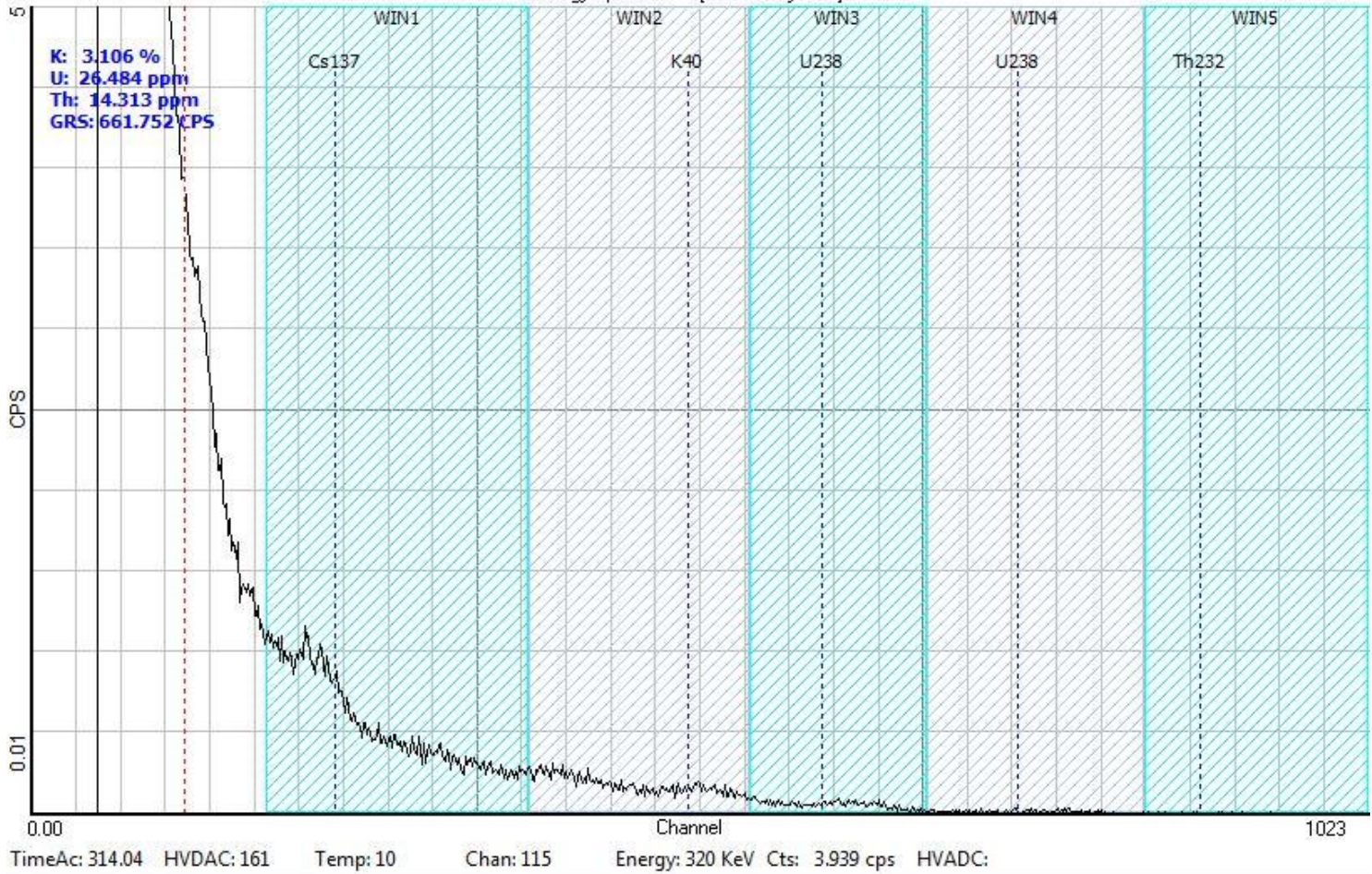


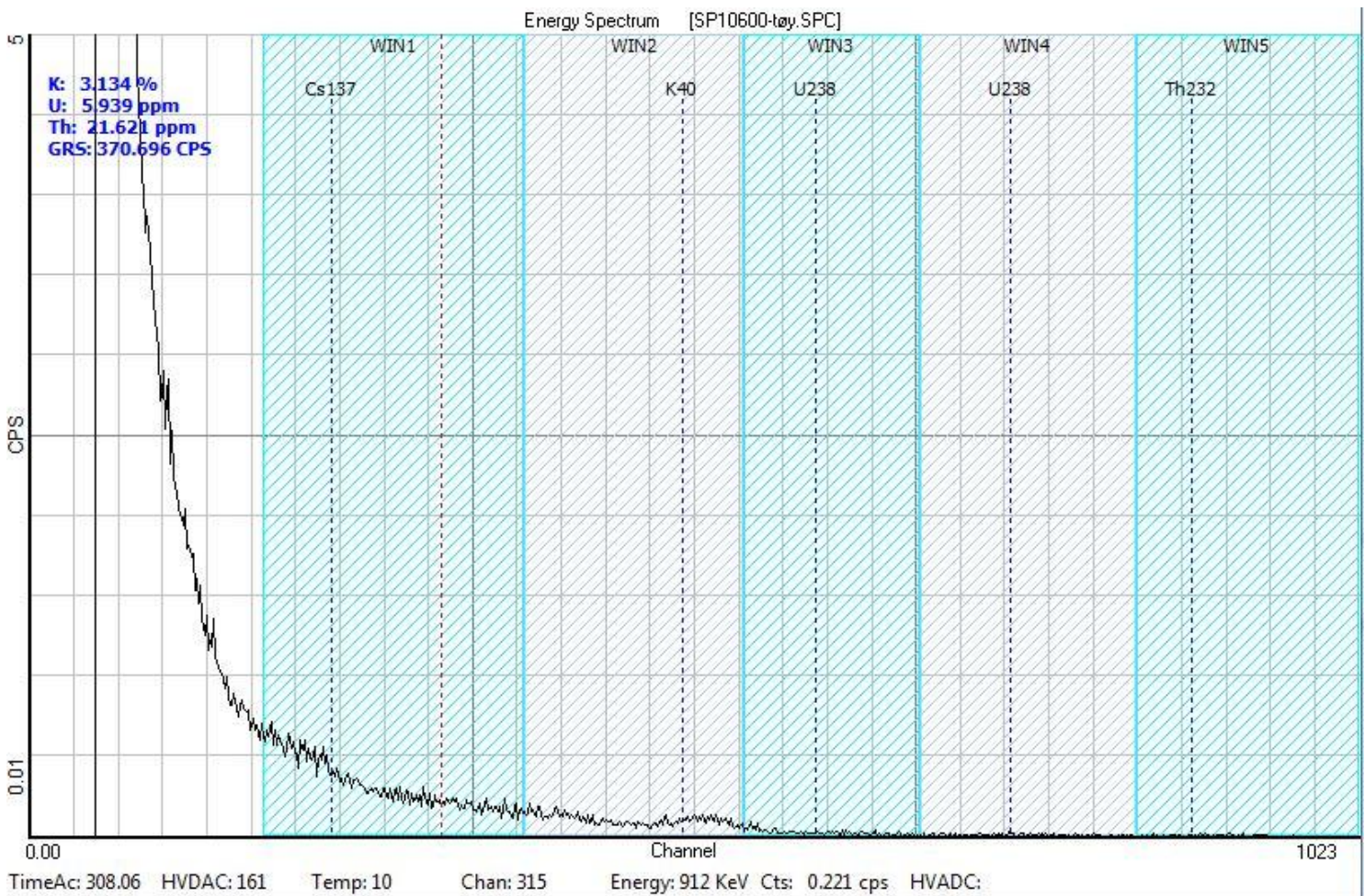
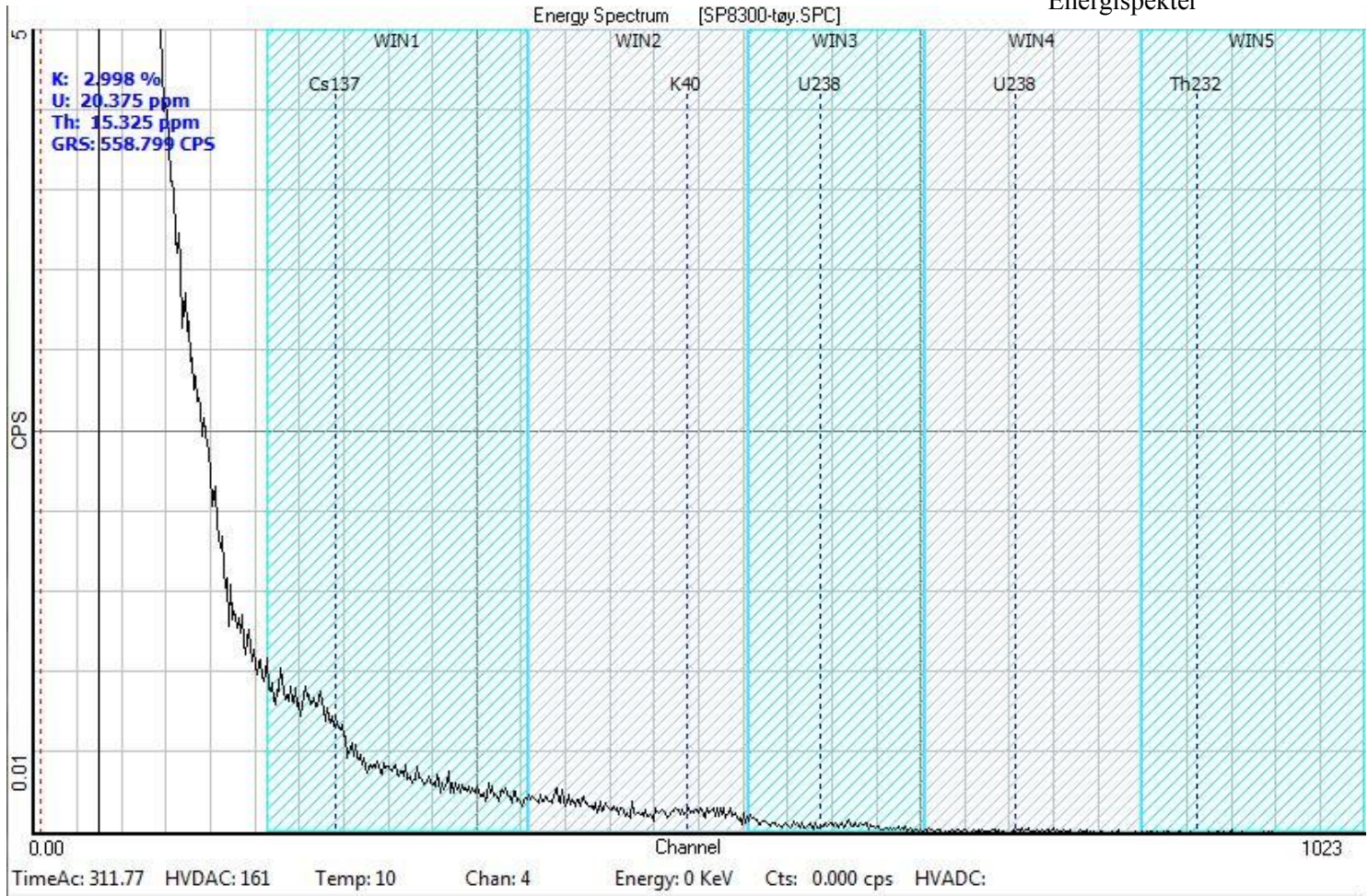


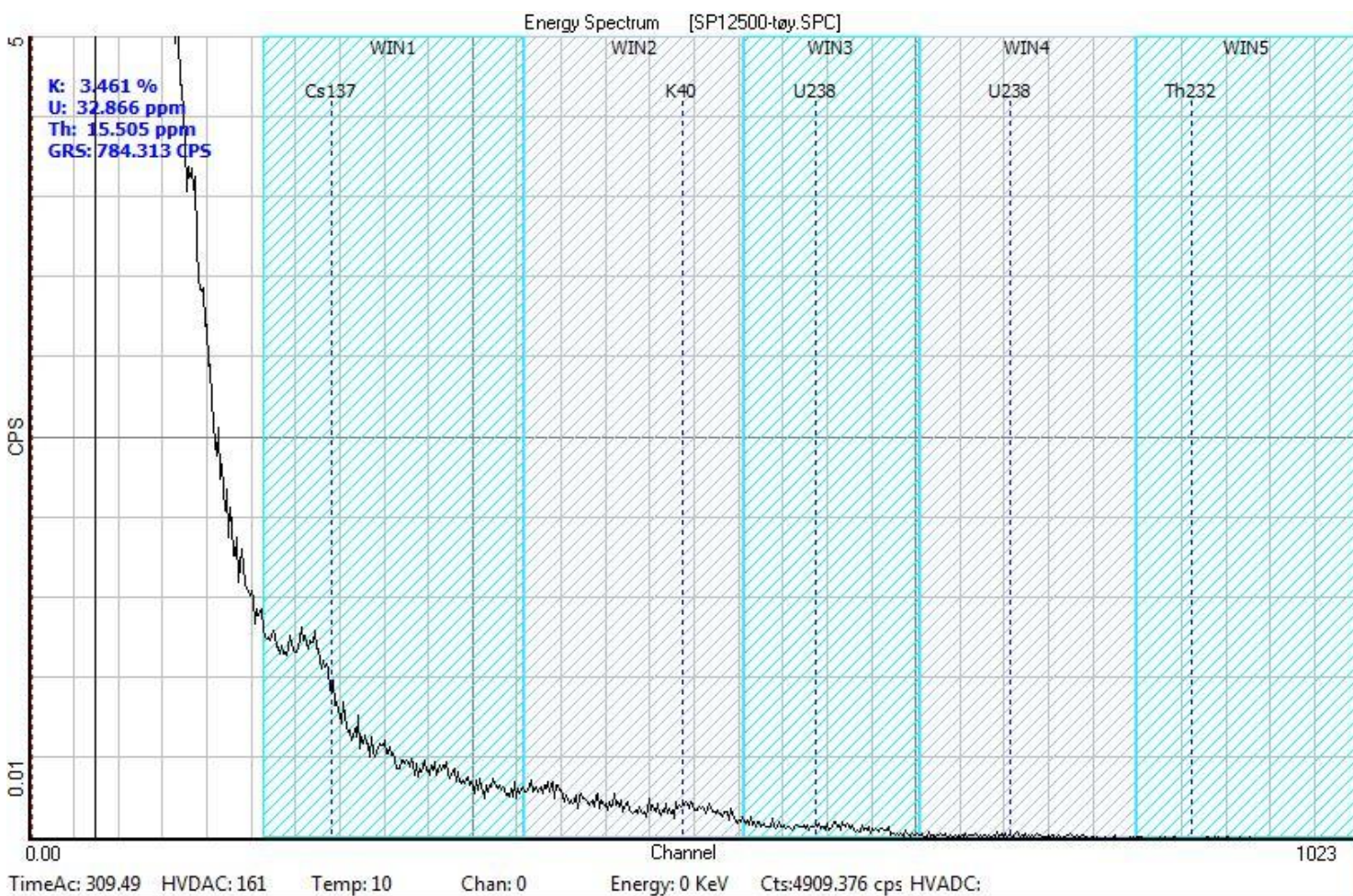
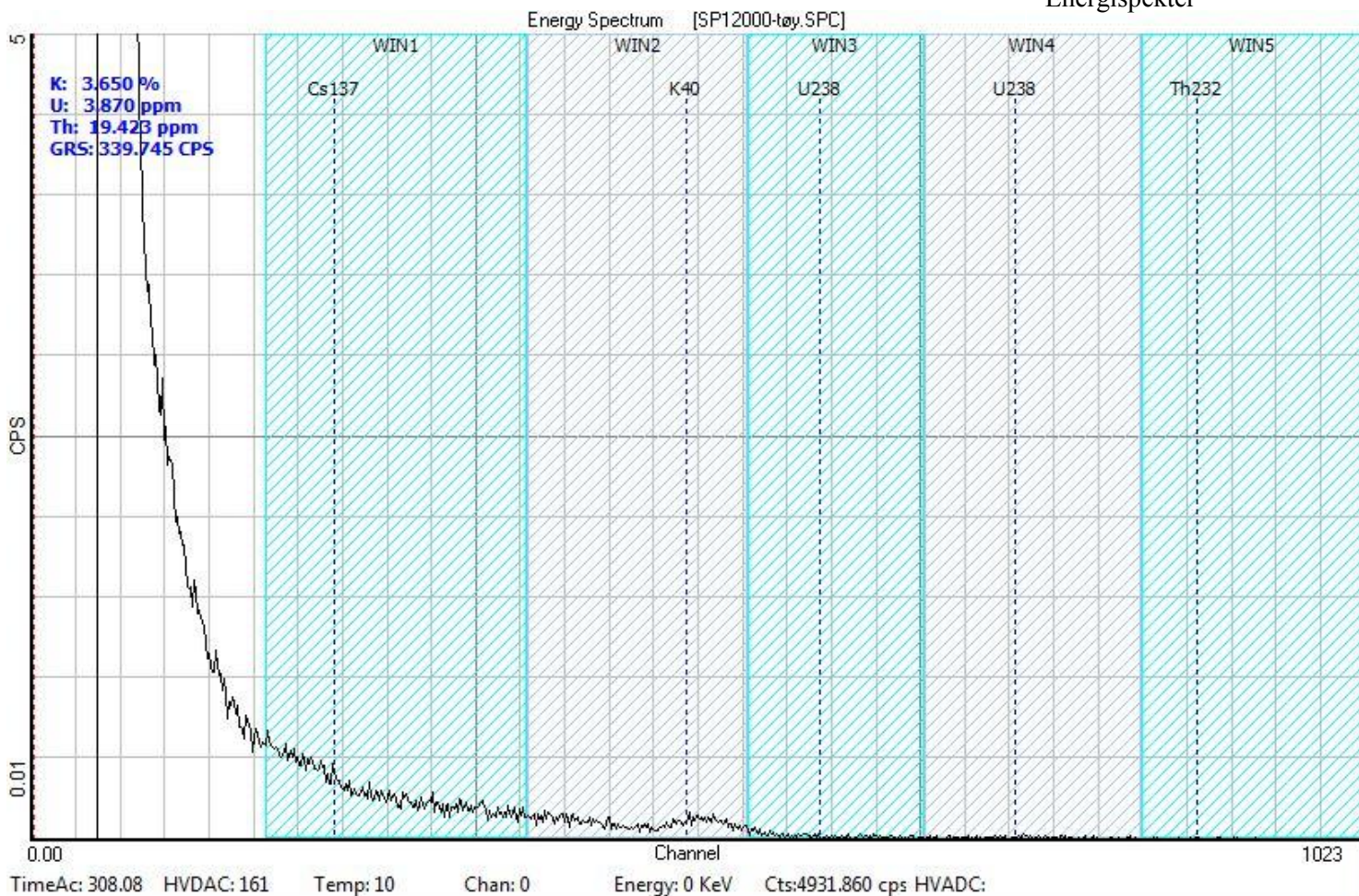
Energy Spectrum [SP6380-tøy.SPC]

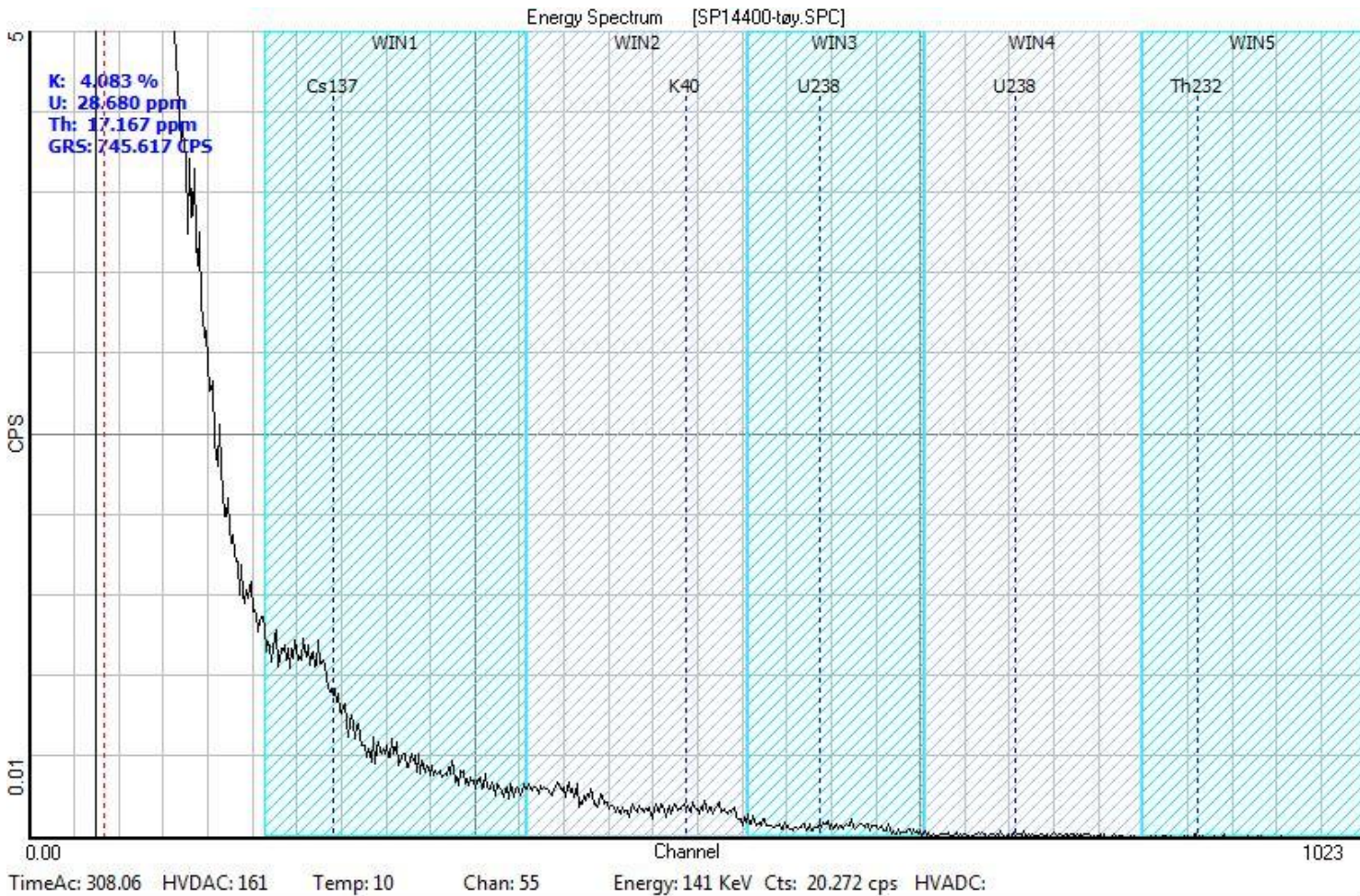
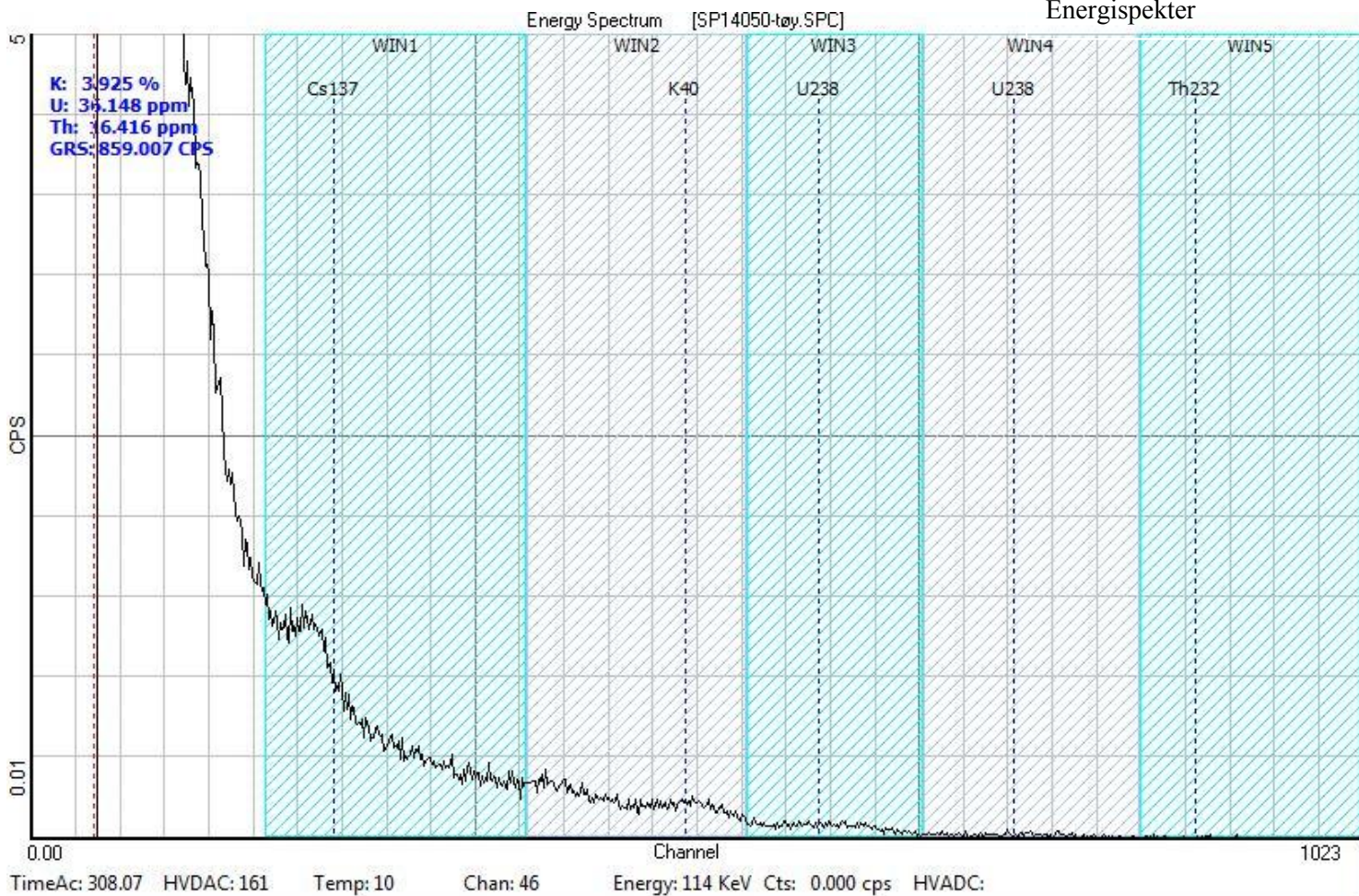


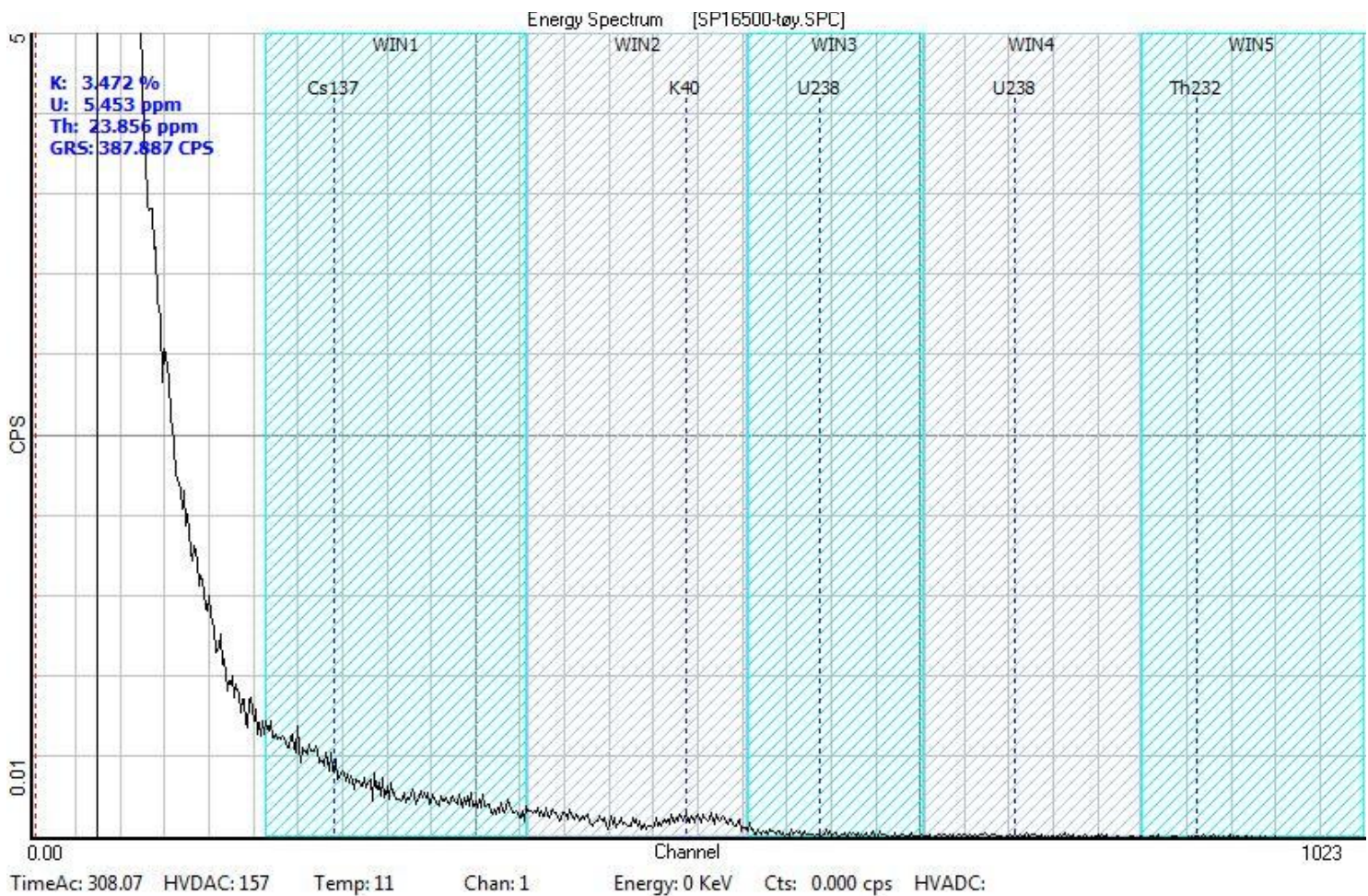
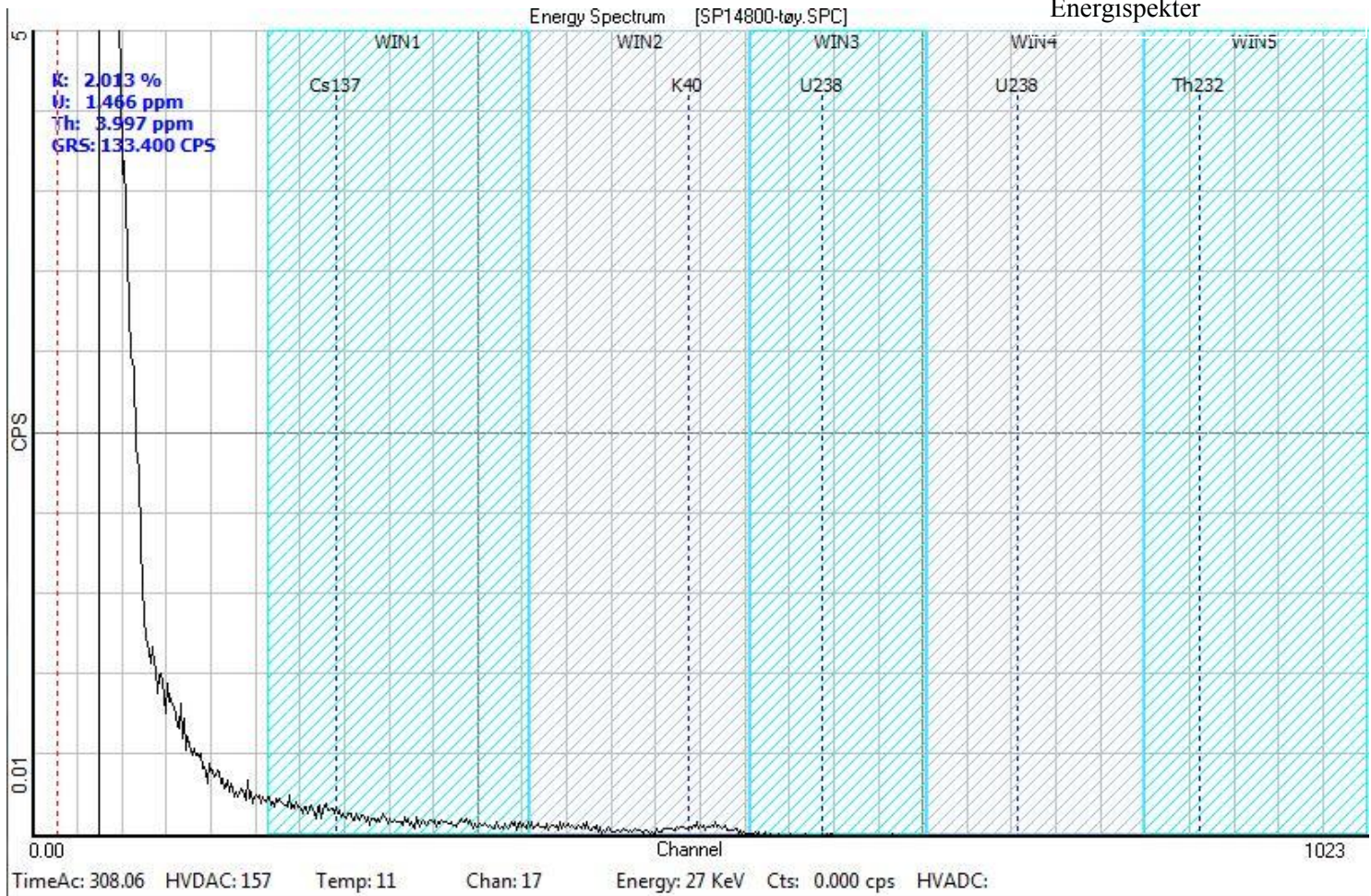
Energy Spectrum [SP7500-tøy.SPC]

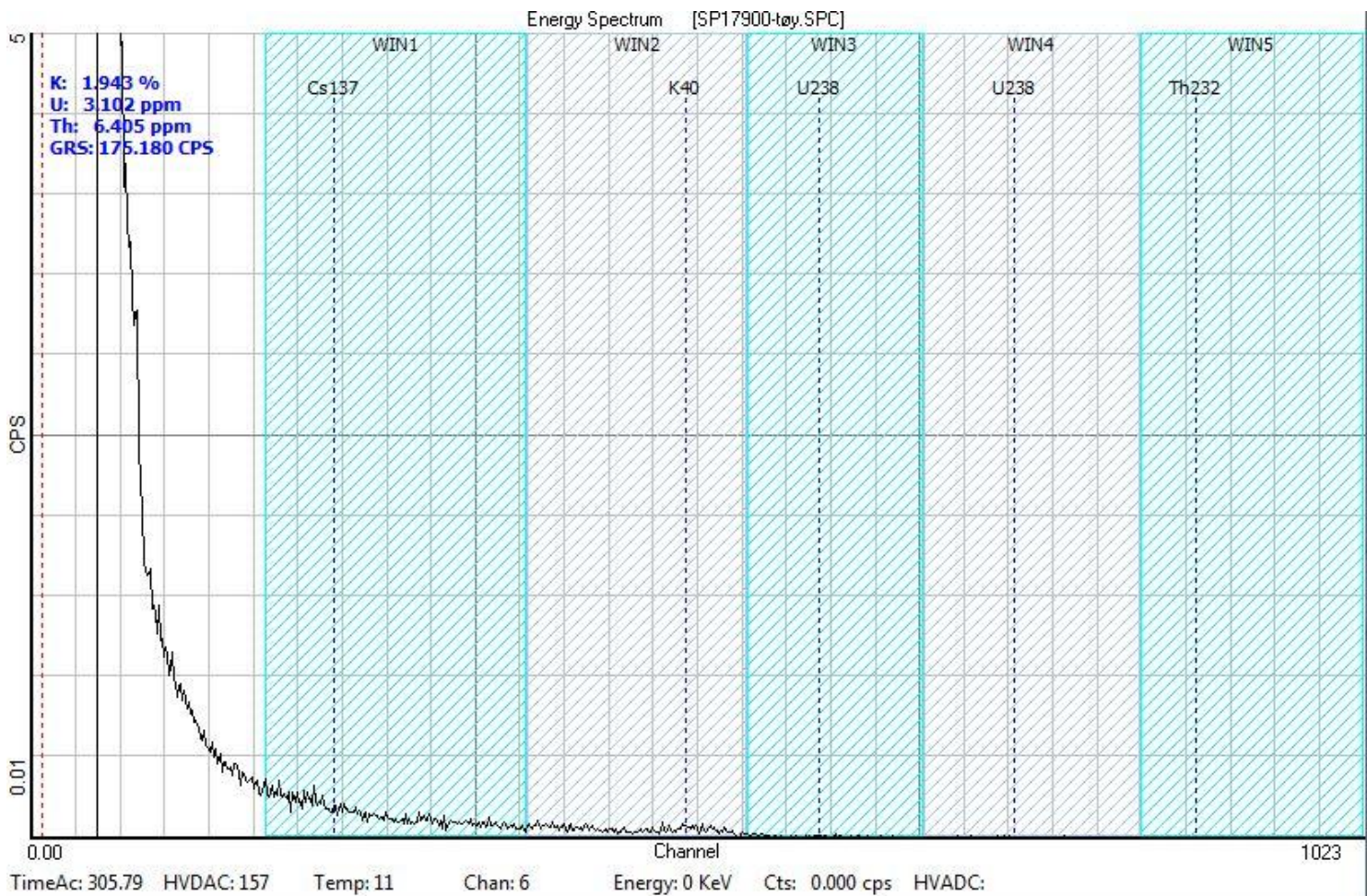
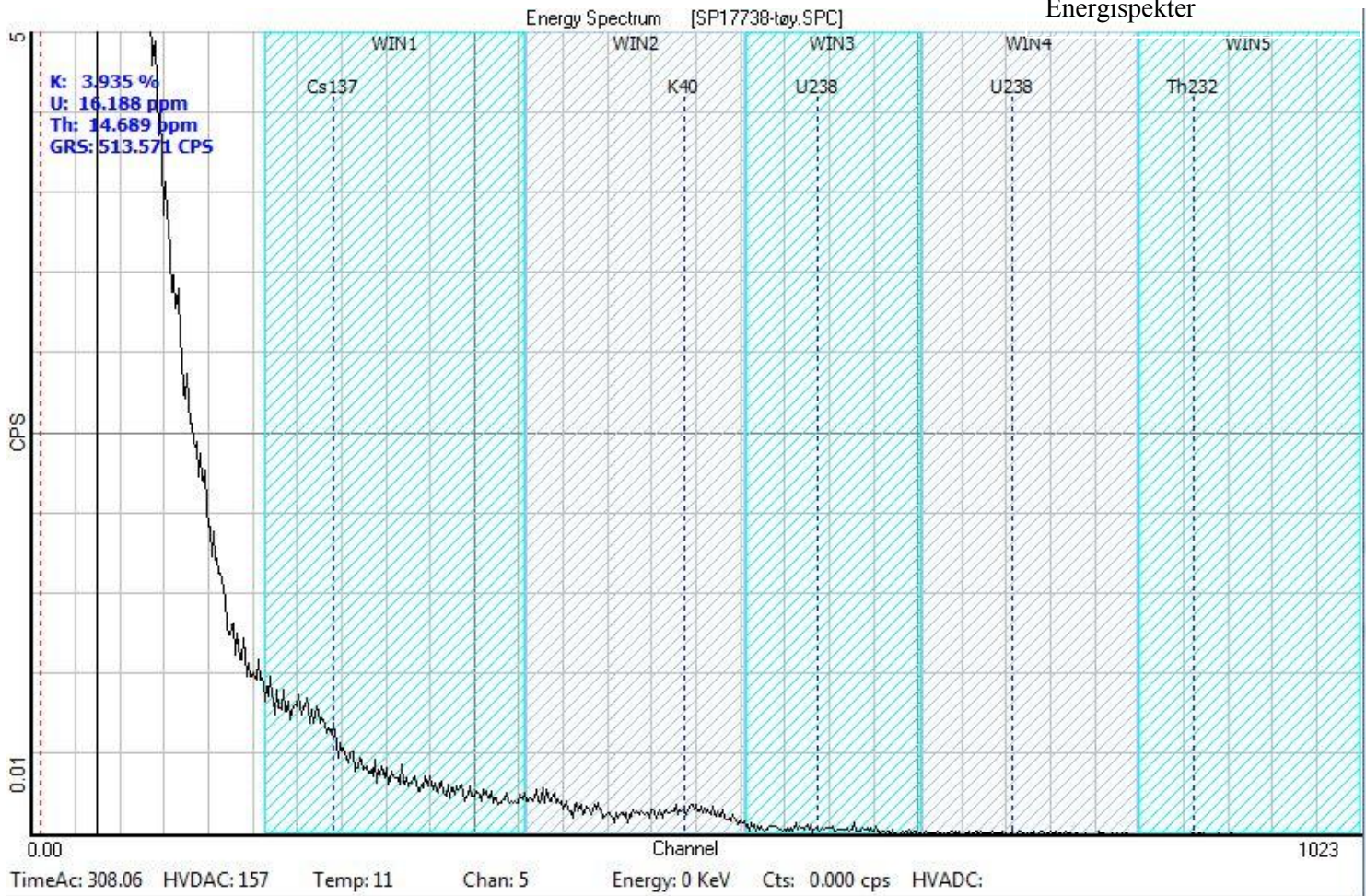


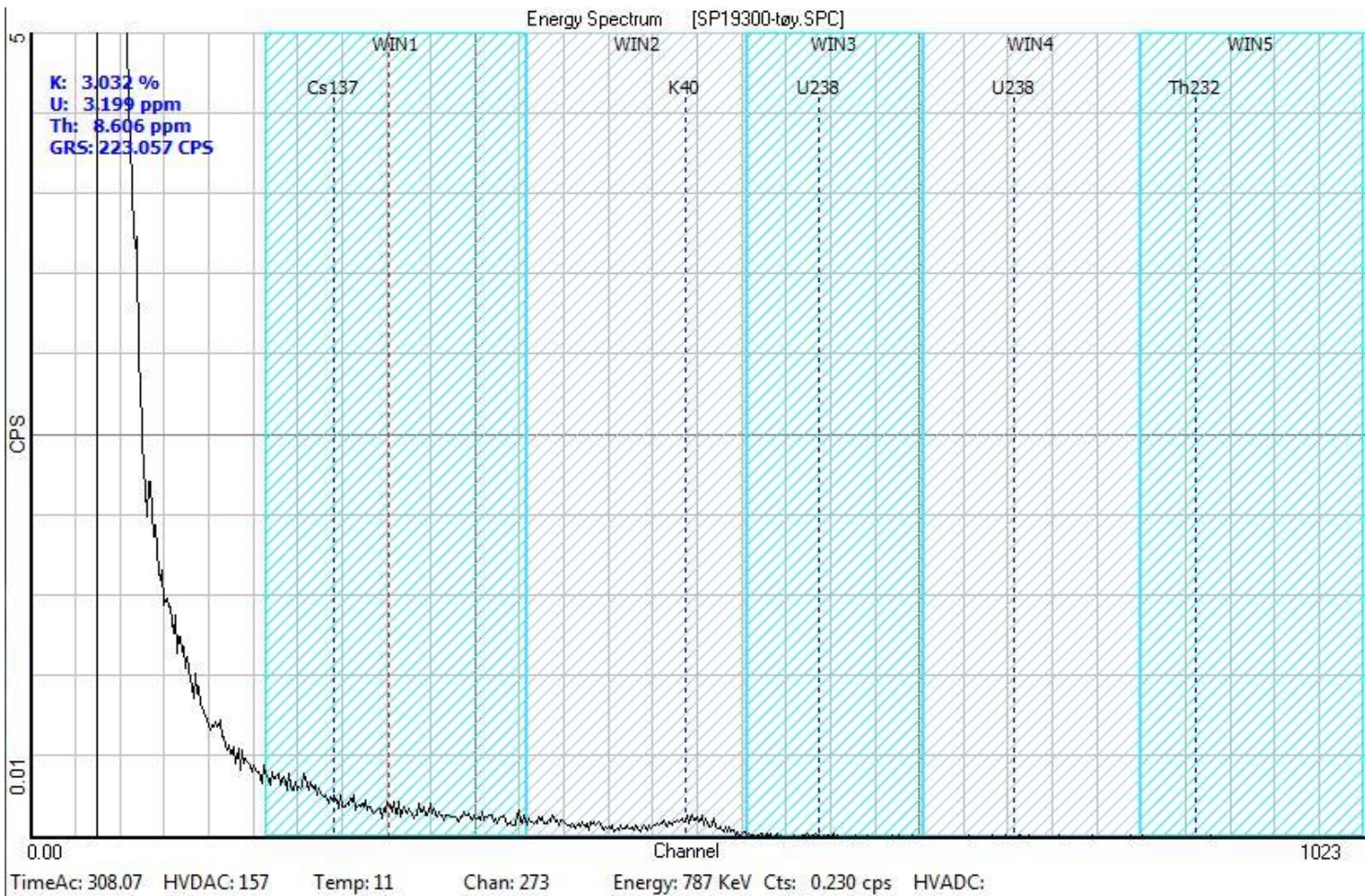
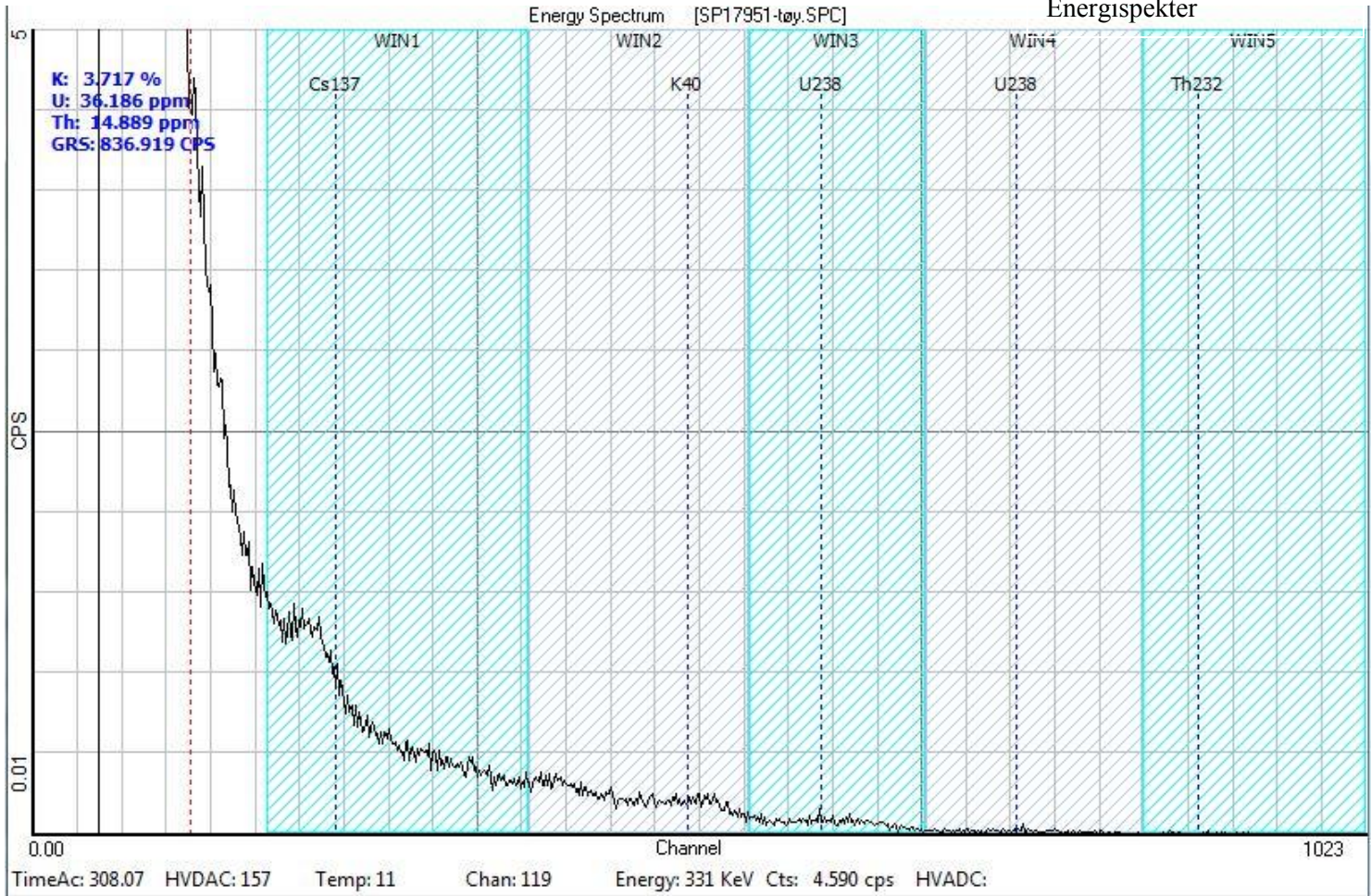














Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
Telefax 73 92 16 20
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no

*Geological Survey of Norway
PO Box 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00
Fax (+ 47) 73 92 16 20
E-mail ngu@ngu.no
Web www.ngu.no/en-gb/*