

Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk)

Forundersøgelse: EMI kortlægning

Ingelise Møller & Birgitte Hansen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
ENERGI-, FORSYNINGS- OG KLIMAMINISTERIET



Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk)

Forundersøgelse: EMI kortlægning

Ingelise Møller & Birgitte Hansen

Indhold

1.	Indledning	4
2.	EMI Forundersøgelse	5
2.1	Metode	5
2.2	Dataindsamling og -bearbejdning	5
3.	Resultater	8
3.1.1	Station 3.02	8
3.1.2	Station 3.03	9
4.	Vurdering	12
4.1	Station 3.02	12
4.2	Station 3.03	13
	Litteraturliste	14
	Bilag 1	15
	Station 3.02	15
	Station 3.03	20

1. Indledning

Denne rapport og bagvedliggende kortlægning er foranlediget af Naturstyrelsen, Kronjylland. I forbindelse med det nationale overvågningsprogram for vand og natur (NOVANA) har Naturstyrelsen til opgave bl.a. at indsamle jordvand under landbrugsarealer i såkaldte landovervågningsoplande (LOOP). Det sker fra marker med sugecellefelter. I LOOP 3, Horndrup bæk oplandet, ligger sugecellefelterne i station 3.02 og 3.03 med en placering, så der med den nuværende dyrkningspraksis sker en dobbeltgødsning fra to sider hen over en del af sugecellerne (gødskningsoverlap).

Naturstyrelsen har derfor iværksat en forundersøgelse af om to stationer med sugecellefelter kan flyttes længere inde på markerne, så gødningsoverlap undgås, samtidig med at der opsamles tilstrækkelig vand fra sugecellerne (Naturstyrelsen 2015).

Forundersøgelsen består af to dele:

- 1) Ved hver af stationerne udføres en EMI kortlægning af et 10.000 m² område. Formålet med målingerne er dels at få en kortlægning af området omkring de eksisterende sugecellefelter, så det giver mulighed for at sammenligne de geologiske forhold i områderne med forholdene ved de eksisterende felter, og dels om muligt at foreslå placeringer af to nye sugecellefelter i overensstemmelse med anbefalingerne i "Notat: Koncept for etablering af ny station i LOOP" (Blicher-Mathiesen & Hansen, 2013).
- 2) Der skal laves test med sugecelle, slangelængder, vakuum og flaskestørrelse, så det godtgøres, at alle celler i et nyt felt kan levere tilstrækkeligt vand.

Formålet er at vurdere om der kan etableres nye sugecellefelter på baggrund af de geofysiske forundersøgelser og test af sugeceller.

Denne rapport omhandler forundersøgelseens del 1, EMI kortlægningen. Resultaterne af EMI kortlægningen præsenteres. Der foretages en vurdering af om sugecellefelterne kan flyttes til et andet område med tilsvarende jordbundsforhold og geologiske forhold inden for det angivne kortlægningsområde, og forslag til placering af nye felter beskrives.

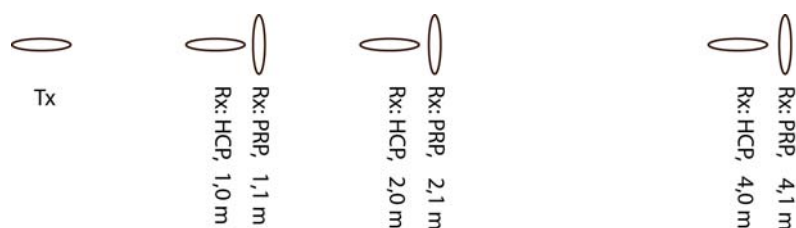
2. EMI Forundersøgelse

2.1 Metode

EMI data er indsamlet ved brug af en DUALEM421S sensor, monteret på en slæde, som er trukket 5 m efter en firhjulet motorcykel (ATV efter engelsk All Terrain Veichle) (Figur 1). DUALEM421S sensoren er et lille frekvensdomæne elektromagnetisk instrument med seks spolekonfigurationer. Der udsendes en elektromagnetisk bølge med en frekvens på 9 kHz i en horisontal orienteret senderspole og det resulterende signal (både primær og sekunder felt) optages samtidig i seks modtagerspoler placeret i tre afstande og to orienteringer (Figur 2). Det sekundære felt, som afspejler jordens elektriske modstandsforhold, uddrages og omregnes til tilsyneladende resistivitet.



Figur 1: DUALEM421S sensor monteret på slæde og trukket af en ATV. (Foto: Jesper Pedersen).



Figur 2: Skitse af spolekonfigurationerne for DUALEM421S sensoren. Tx står for senderspole, Rx for modtagerspole, HCP for horisontal koplunar og PRP for perpendikulær. Tallene angiver afstanden til modtagerspolen.

2.2 Dataindsamling og -bearbejdning

EMI kortlægningen er udført d. 27. oktober 2015 så den dækker områder på en hektar ved hhv. station 2 og 3 i LOOP område 3, Horndrup bæk, afgrænset af Naturstyrelsen (Naturstyrelsen 2015).

Data er indsamlet med en linjeafstand på ca. 5 m og med 2-3 punkter per meter langs linjen, hvilket sikrer en tæt datadækning af området. Ved station 3.02 er der ikke opnået en helt så ensartet datadækning som ved station 3.03, da måleinstrumenterne blev forstyrret af en højspændingsledning, som skærer gennem det nordvestlige hjørne af området (Figur 3). I den vestligste del af området kunne der måles under højspændingsledningen, mens det ikke var muligt i den midterste del af området, og derfor kunne der ikke vendes uden for kortlægningsområdet for alle linjer.



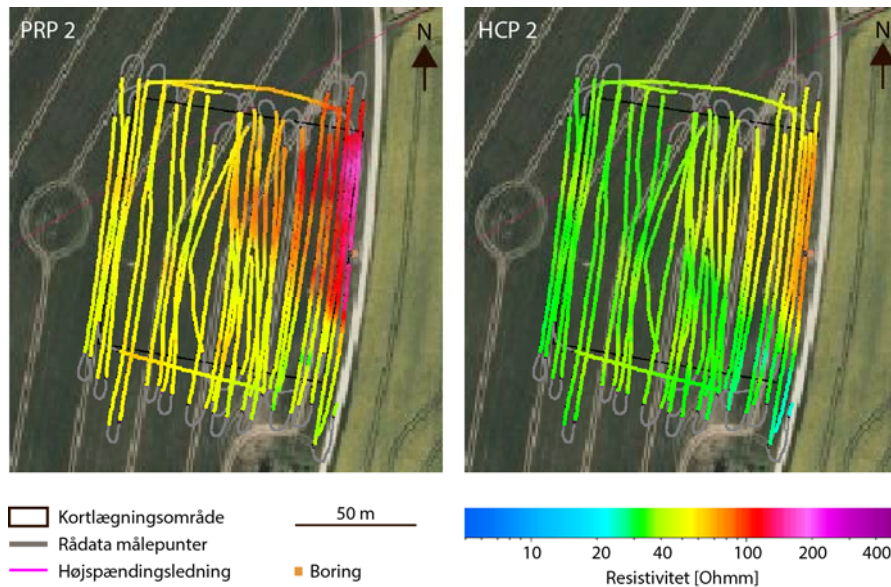
Figur 3: Kortlægningsområderne ved LOOP stationerne 3.02 og 3.03 med rådata og processe-rede data vist.

Dataprocesseringen indebærer at

1. Data fjernes i alle vendinger, da instrumentet i vendingerne kan komme for tæt på ATV'en, som derfor vil forstyrre målingerne.
2. Negative data fjernes automatisk. Disse kan skyldes tilfældig støj, installationer i marken eller højspændingsledninger.
3. Et fåtal af spikes er fjernet. Spikes består af en enkelt eller få dataværdier i en eller flere af spolekonfigurationerne med en amplitude, der enten har en meget mindre eller meget større værdi end de omliggende punkter. Disse kan være forårsaget af tilfældig støj, installationer i marken eller højspændingsledninger.
4. Data er midlet med et 2 m filter og resulterer i et processeret datapunkt pr. 1 m.

Figur 3 viser kortlægningsområderne med placering af rådata og processerede data.

Plot af rådata, præsenteret som tilsyneladende resistivitet, viser at der ikke har været drift i instrumentet under opmålingen, da data målt vinkelret på hinanden på samme sted i starten og slutningen af opmålingen ligger i samme niveau (Figur 4 og Bilag 1: Figur 11 og Figur 16).



Figur 4: LOOP station 3.02 med dataværdier, præsenteret som tilsyneladende resistivitet, for spolekonfigurationerne PRP 2 og HCP 2 (se Figur 2).

De processerede data er tolket ved brug af en inversionsprocedure, hvor hvert datapunkt er tolket som en 1D lagmodel med 12 lag med rumlige bånd mellem resistivitetsparametrene i nabomodeller, hvorved der opnås en pseudo-3D resistivetsmodel for området (Auken et al. 2014, GeofysikSamarbejdet 2008, Viezzoli et al. 2008). Resistivetsmodellerne har faste laggrænser og lagtykkelserne stiger med dybden fra 0,3 m i det første lag til 2 m i elvte lag og med det tolvte lags øvre laggrænse i 10 m's dybde.

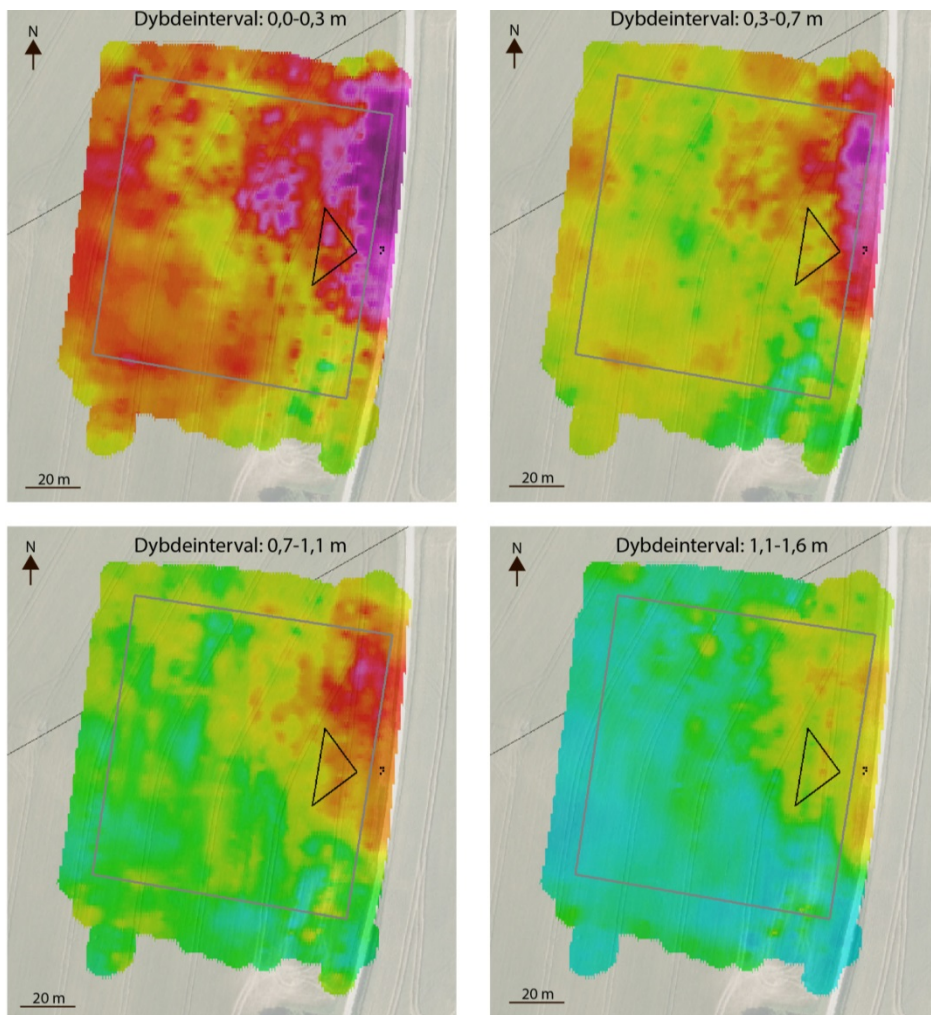
Indtrængningsdybden estimeres som en del af inversionsproceduren (Christensen & Auken 2012). Ved begge stationer er indtrængningsdybden beliggende i 4-6 m dybde.

3. Resultater

I dette afsnit præsenteres resultaterne af EMI kortlægningen med udgangspunkt i figurer som afbilder udvalgte dele af resistivetsmodellerne. I Bilag 1 vises en række uddybende plot af resistivetsmodellerne.

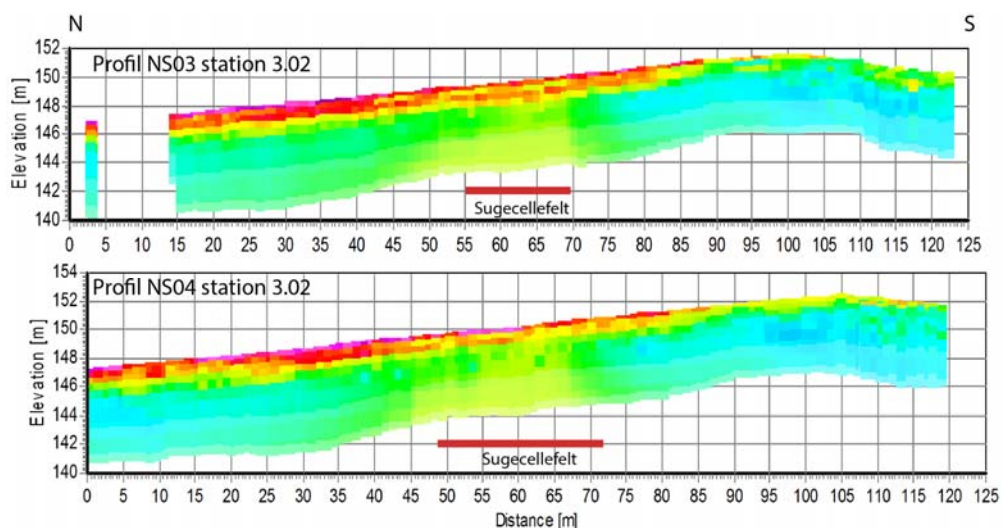
3.1.1 Station 3.02

Figur 5 viser lagresistiviteten i de øverste fire lag af resistivetsmodellen. Yderligere plot af resistivetsmodellen kan ses i Bilag 1, Figur 12 - Figur 15.



Figur 5: Station 3.02. Lagresistivitet for resistivetsmodellens fire øverste lag. Resistivets-skala, som i Figur 4. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er boreren ved den eksisterende målebønd.

Det kortlagte område ved station 3.02 kan resistivitetsmæssigt deles op i to delområder; et mod syd, sydvest, vest og nordvest, hvor resistivitetsniveauet i alle de øvre lag inden for hvert lag generelt er lavere end i området mod øst og nordøst, hvor sugecellefeltet også er beliggende. Generelt for begge delområder, ses faldende resistivitet med dybden og der er relativt lave resistivitetsværdier under 2–3 m dybde. Det øst- og nordøstlige område er sammenfaldende med at terrænet i det område hælder mod nordøst. Det kan tolkes som et tyndt lag med en højere resistivitet, der draperer ud over bakkeskråningen og udjævner skråningens oprindelige konkave form (Figur 6). Det generelt højere resistivitetsniveau i området mod øst og nordøst indikerer at denne del er mere sandet end resten af området. Dog kan det ikke udelukkes at det forhøjede resistivitetsniveau også kan være forårsaget af et forøget pløjelag, som er dannet ved at jordbearbejdning og andre erosionsprocesser har flyttet jord ned af skråningen fra bakkekronen. Pløjelaget vil have en højere porøsitet og evt. også lavere vandindhold. Begge faktorer vil give en forøget resistivitet i forhold til et område med et tyndt pløjelag over et leret udgangsmateriale. I stationens dybe pejleboring DGU nr. 98. 944 er der øverst beskrevet et en-meter tykt muldrag over moræneler. Laget med de relativt lave resistiviteter, som overlejres af laget med relativt høje modstande, antages at være moræneler med et varierende lerindhold; jo lavere resistivitet, jo højere lerindhold.



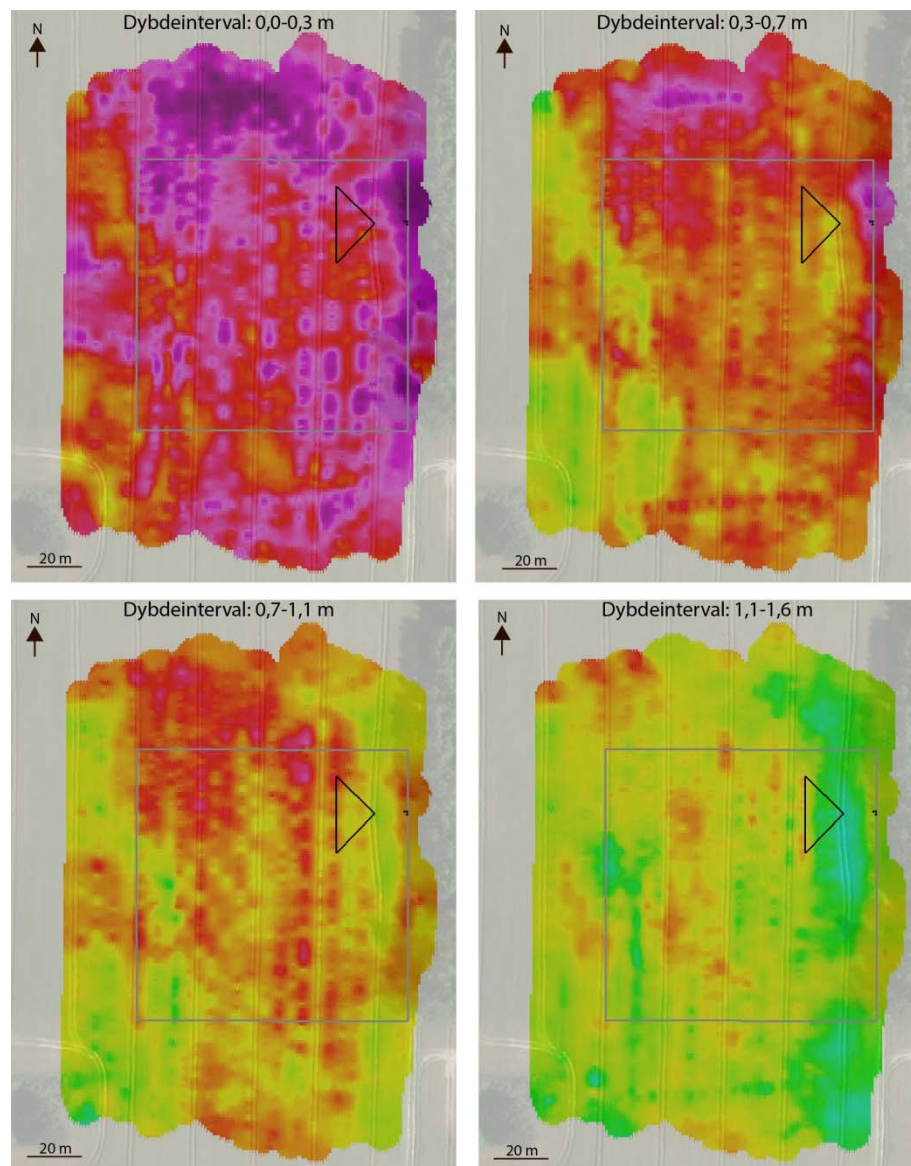
Figur 6: Station 3.02. N-S-orienterede vertikale snit gennem resistivitsmodellen ved sugecellefeltet. Placeringen af profilerne er vist i Figur 14 og resistivitskala er vist i Figur 4.

3.1.2 Station 3.03

De øverste fire lag af resistivitsmodellen for kortlægningsområdet ved station 3.03 er præsenteret i Figur 7. Yderligere plot af resistivitsmodellen kan ses i Bilag 1, Figur 16–Figur 20.

Det kortlagte område ved station 3.03 har overordnet set et relativt højt resistivitsniveau i de øvre lag og modstandsniveauet falder generelt med dybden til relativt lave resistiviteter i under 2–3 m dybde. Der er dog en klar tendens til at der i et bredt strøg gennem området fra NNV til SSØ ses de højeste resistivitsværdier i lagene, som dækker dybde intervallet

0,3 m – 1,6 m (Figur 7). Dette strøg af højere resistivitsværdier ligger stort set parallelt med højdekurverne på bakkeskråningen som hælder mod NNØ.

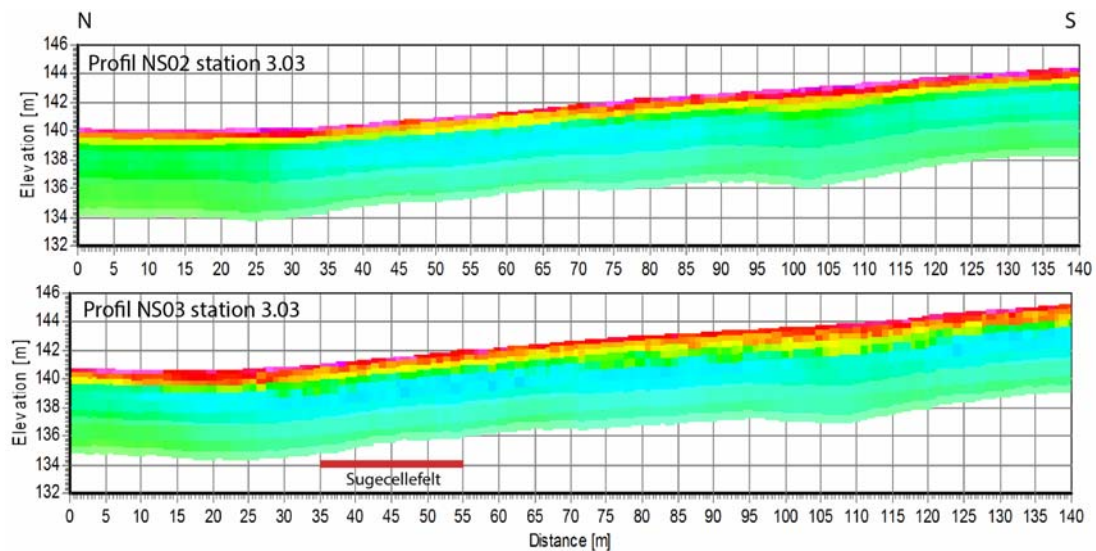


Figur 7: Station 3.03. Lagresistivitet for resistivitsmodellens fire øverste lag. Resistivitskala, som i Figur 4. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er borerne ved målebrønden.

Vertikale snit gennem resistivitsmodellen indikerer at tykkelsen af højmodstandslaget, som draperer et lag af relativ lav modstand, i store træk kan forklares ud fra bakkeskråningens form og indikerer at der er sket udjævning af bakkeskråningen. Hvor bakkeskråningen er eller var konkav eller ligefrem havde lokale lavninger er højmodstandslaget tykkere end hvor bakkeskråningen er konveks. Figur 8 illustrerer dette, i det man omkring profil-koodinaterne 100–110 m på begge profiler ser en lille lavning i lavmodstandslaget, som er fyldt op med et materiale af højere modstand og udjævner skråningen. Sugecellefeltet

ligger på den nederste del af en svagt konveks del af bakkeskåningen (profil-kordinaterne 35-100 m) lige inden bakken flader ud meget lokalt og har et relativt tyndt højmodstandslag.

I stationens dybe pejleboring DGU nr. 98. 945 er der øverst truffet 1,3 m muld og nedskyldsjord, som overlejrer en meget inhomogen moræneler, hvilket indikerer at højmodstandslaget består af muld og nedskyldsjord, sandsynligvis af sandet karakter, mens det underliggende lavmodstandslag er moræneler.



Figur 8: Station 3.03. N-S-orienterede vertikale snit gennem resistivetsmodellen ved sugecellefeltet. Placeringen af profilerne er vist i Figur 19 og resistivetskala er vist i Figur 4.

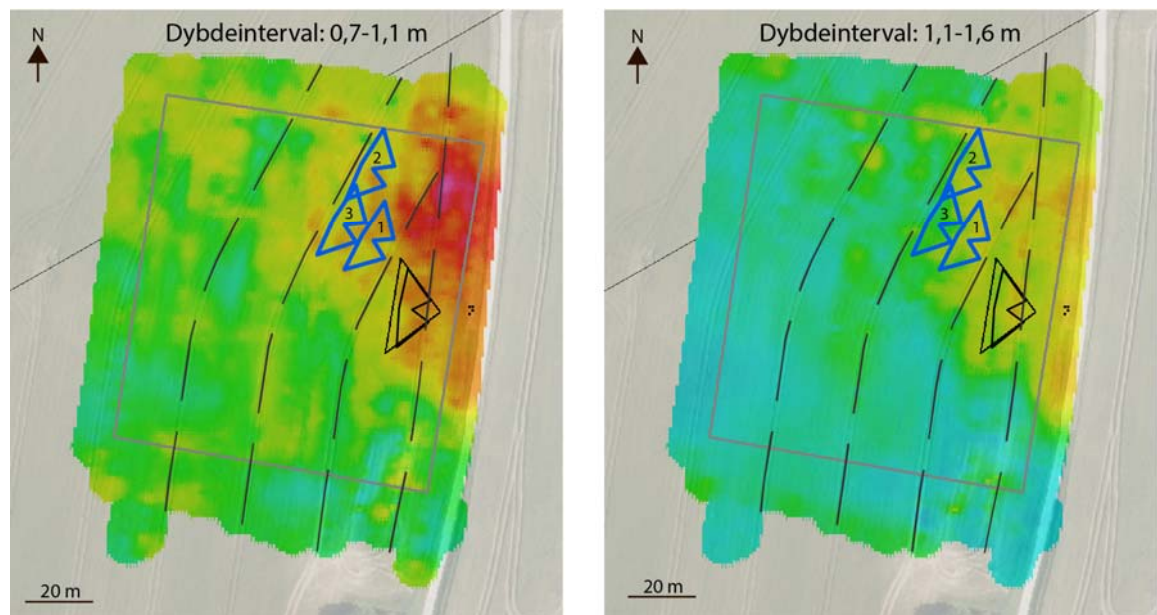
4. Vurdering

Men udgangspunkt i resistivitetsmodellen laves en vurdering af om man kan flytte sugecellefeltet på station 3.02 og station 3.03 et andet sted hen med sammenlignelige jordbunds- og geologiske forhold inden for det kortlagte område. Forslag til nye placeringer af sugecellefelterne beskrives.

4.1 Station 3.02

Ved station 3.02 ligger sugecellefeltet inden for det mindre område med relativt høje modstandsværdier i det øst- og nordøstlige område. Det betyder, at der kun er et mindre areal med sammenlignelige geologiske forhold. Det er samtidig i et område af marken, hvor køresporene i marken både drejer og kiler sammen med køresporet langs vejen mod øst.

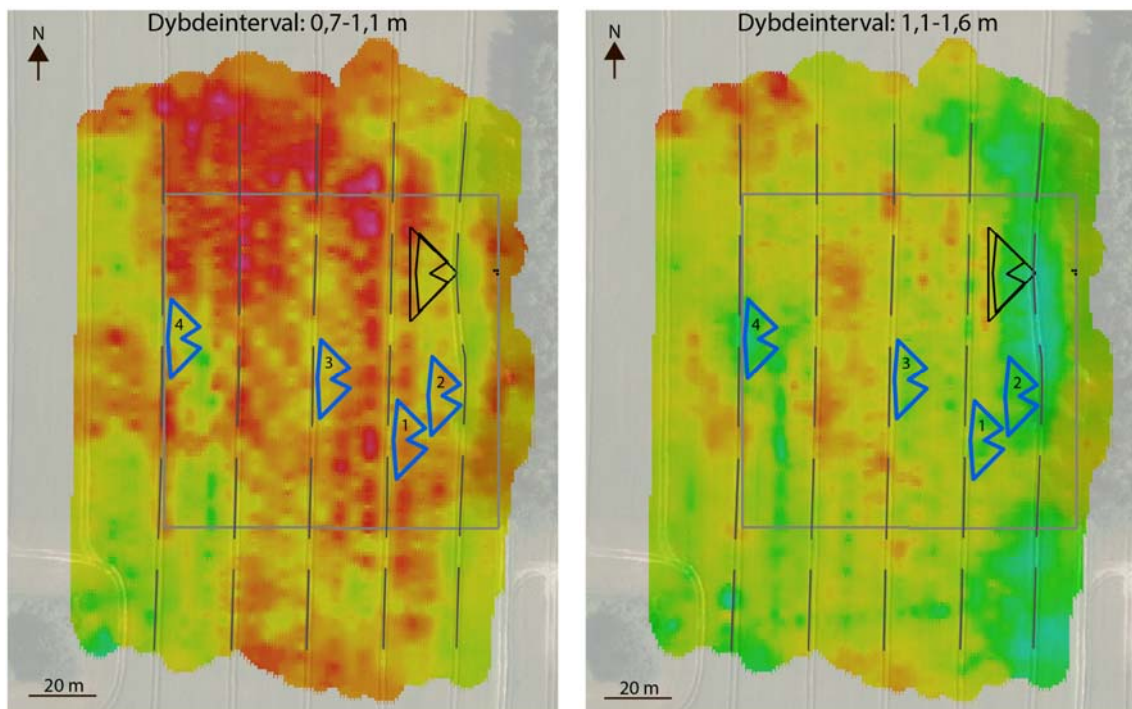
Ud fra resistivitetsmodellen vurderes det at sugecellefeltet kan flyttes 35-40 m mod nord-nordvest, som markeret på Figur 9. I dette område findes sammenlignelige resistivitetsværdier, dog er disse generelt lidt lavere, hvilket indikerer at der er lidt mindre sandede og lidt mindre permeable forhold. Desuden har køresporene på begge sider af de foreslåede sugecelleplaceringer et parallelt og lige forløb.



Figur 9: Station 3.02. Resistivitetsmodellens lag 3 og 4 med forslag til nye sugecellefeltplaceringer markeret med blå nummererede polygoner. Den sorte trekant og mere præcise sorte polygon viser placeringen af det eksisterende sugecellefelt. Midten af køresporene er markeret med mørkegrå stiplede linje.

4.2 Station 3.03

Ved station 3.03 er det eksisterende sugecellefelt beliggende i et område med relativt lave resistivitetsværdier sammenlignet med det meste af kortlægningsområdet. Der er flere muligheder for at flytte sugecellefeltet ved station 3.03 end station 3.02 på baggrund af resultaterne fra de geofysiske målinger. De mest sammenlignelige resistivetsforhold opnås ved at rykke sugecellefeltet den kortest mulige afstand mod syd (ca. 40 m), hvor der er lige og parallelle kørespor på begge sider af sugecellefeltet (Figur 10). Alternativt kan man flytte sugecellefeltet et kørespor længere ind på marken og samtidig rykke det ca. 30 m mod syd, dog til et område med generelt lidt højere resistivetsforhold og dermed lidt mere sandede og permeable forhold. Et tredje alternativ er at rykke sugecellefeltet over i modsatte side af kortlægningsområdet.



Figur 10: Station 3.03. Resistivetsmodellens lag 3 og 4 med forslag til nye sugecellefeltplaceringer markeret med blå nummererede polygoner. Den sorte trekant og mere præcise sorte polygon viser placeringen af det eksisterende sugecellefelt. Midten af køresporerne er markeret med mørkegrå stiplede linje.

Litteraturliste

- Auken, E., Christiansen, A. V., Kirkegaard, C., Fiandaca, G., Schamper, C., Behroozmand, A. A., Binley, A., Nielsen, E., Effersø, F., Christensen, N. B., Sørensen, K., Foged, N., and Vignoli, G., 2014: An overview of a highly versatile forward and stable inverse algorithm for airborne, ground-based and borehole electromagnetic and electric data: Exploration Geophysics, p. 1-13.
- Blicher-Mathiesen, G. & Hansen, B.G. 2013. Notat: Koncept for etablering af ny station i LOOP. AU & GEUS 23. maj 2013.
- Christiansen, A.V., & Auken, E. 2012: A global measure for depth of investigation. Geophysics 77, WB171-WB177.
- GeofysikSamarbejdet 2008: Spatially constrained inversion of SkyTEMdata. Concept and examples. <http://gfs.au.dk/publikationer/rapporter/>.
- Naturstyrelsen 2015. Kravspecifikation. Forundersøgelser og evt. etablering af nye sugecellefelter ved station 2 og 3 i LOOP 3 (Horndrup Bæk). 10-9-2015. Miljø- og Fødevarerministeriet.
- Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E. & Sørensen, K., 2008: Quasi-3D modeling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. Geophysics , 73 (3), F105-F113.doi: 10.1190/1.2895521.

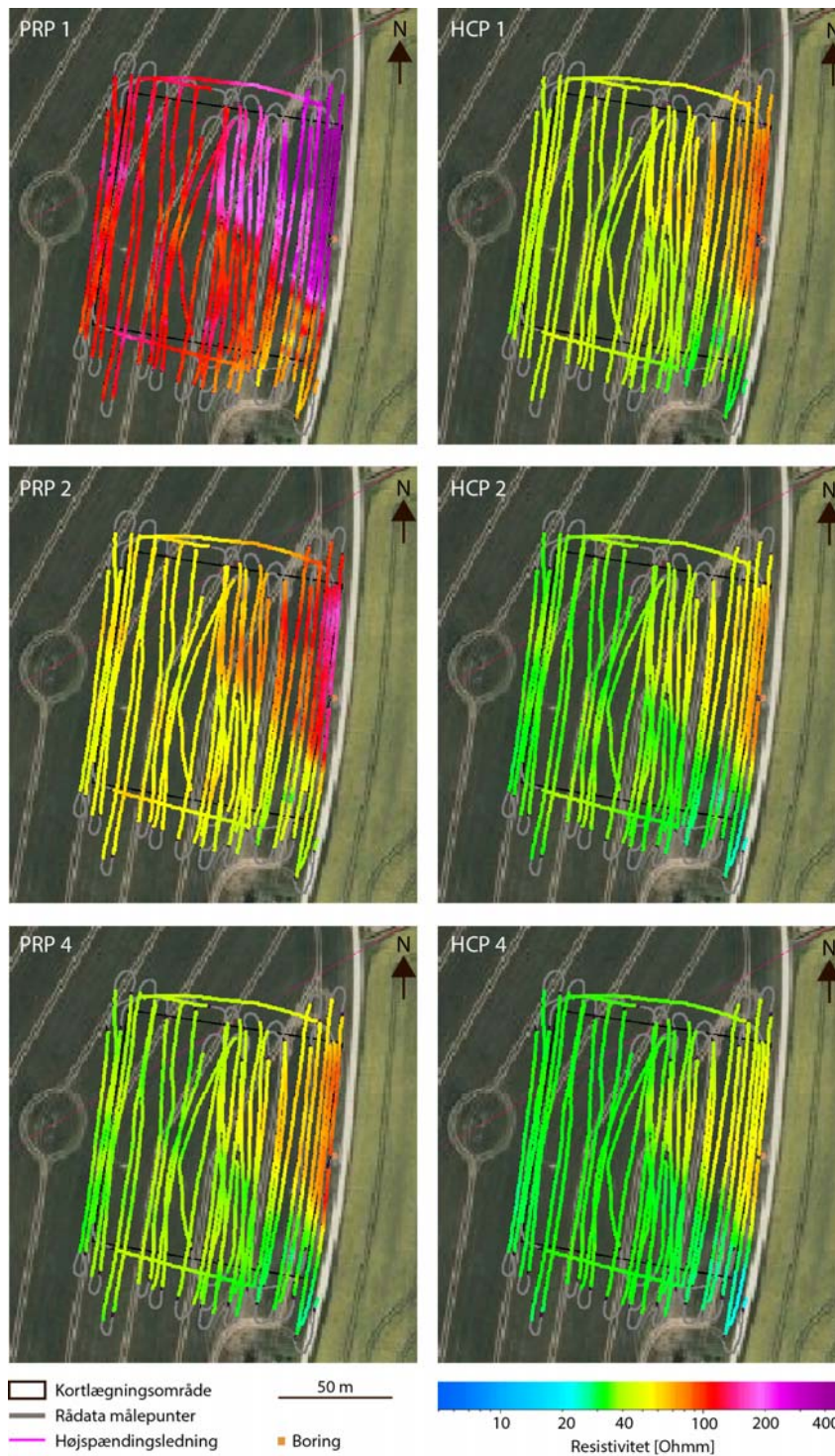
Bilag 1

Station 3.02

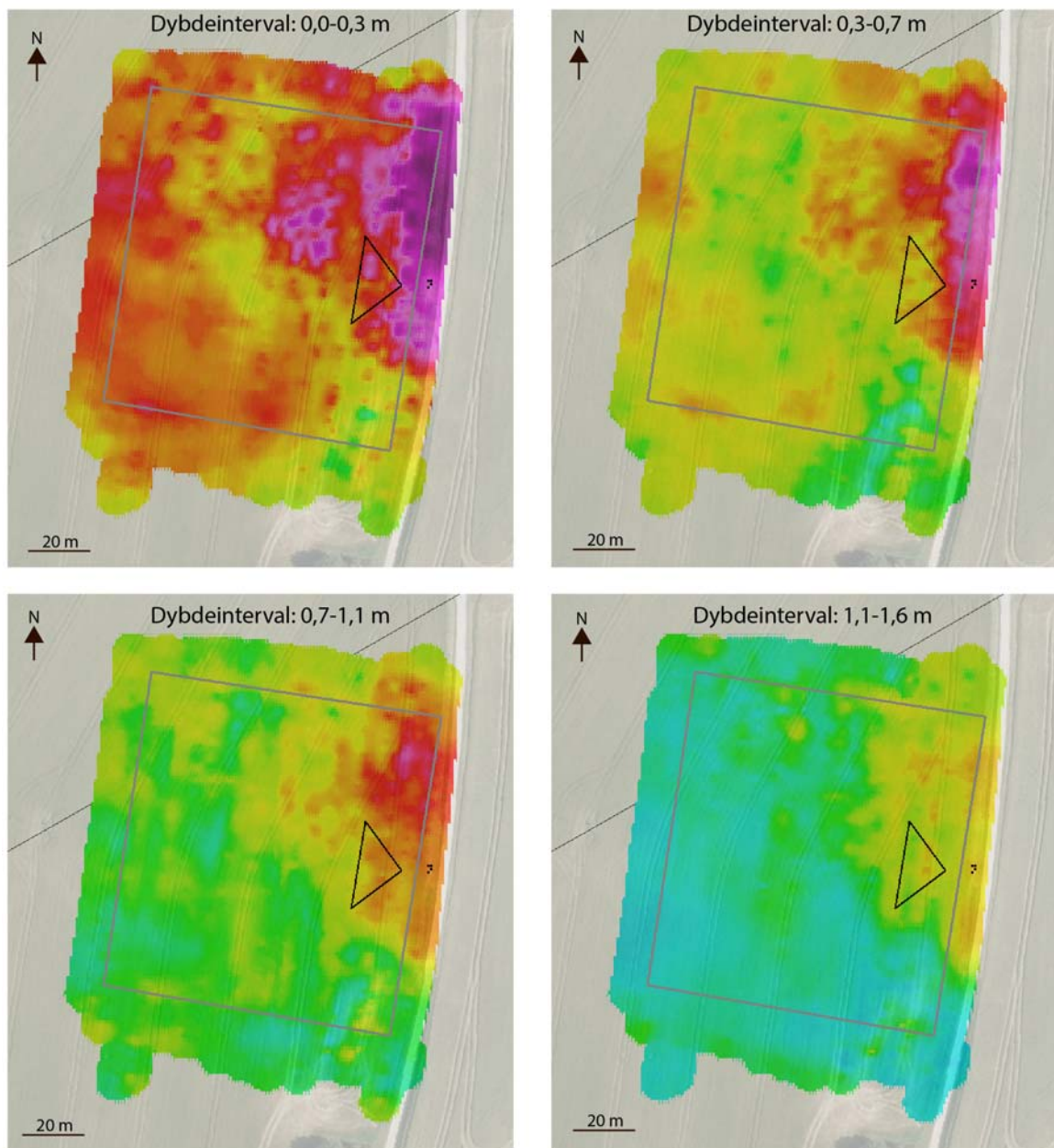
Figur 11 viser plot af dataværdierne i form af resistivitet for de seks spolekonfigurationer, som dokumentation af datakvaliteten.

Figur 12 og Figur 13 præsenterer de øverste seks lag af resistivitetsmodellen.

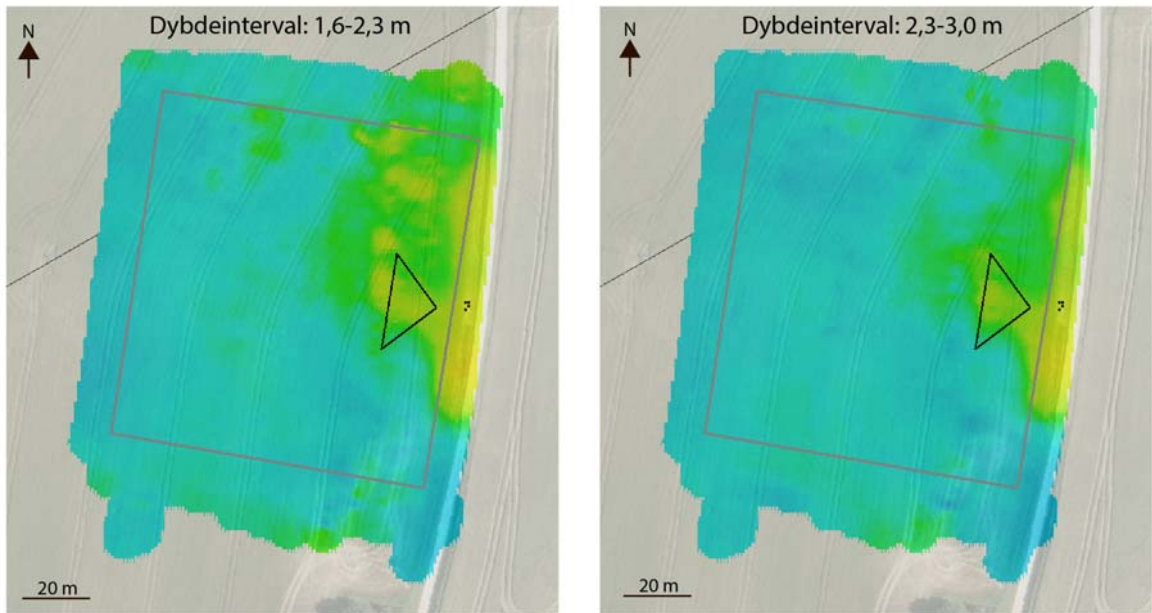
På Figur 14 angives placering af en række N-S orienterede vertikale snit gennem resistivitetsmodellen. Disse vertikale snit er vist i Figur 15.



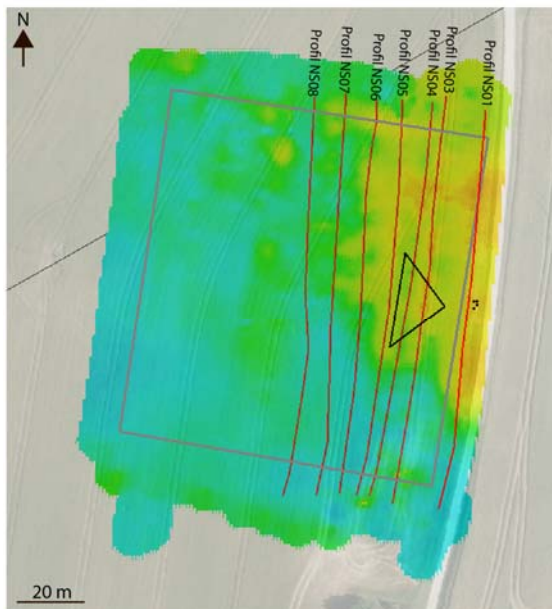
Figur 11: Station 3.02. Plot af dataværdier, præsenteret som tilsyneladende resistivitet, for de seks spolekonfigurationer (se Figur 2).



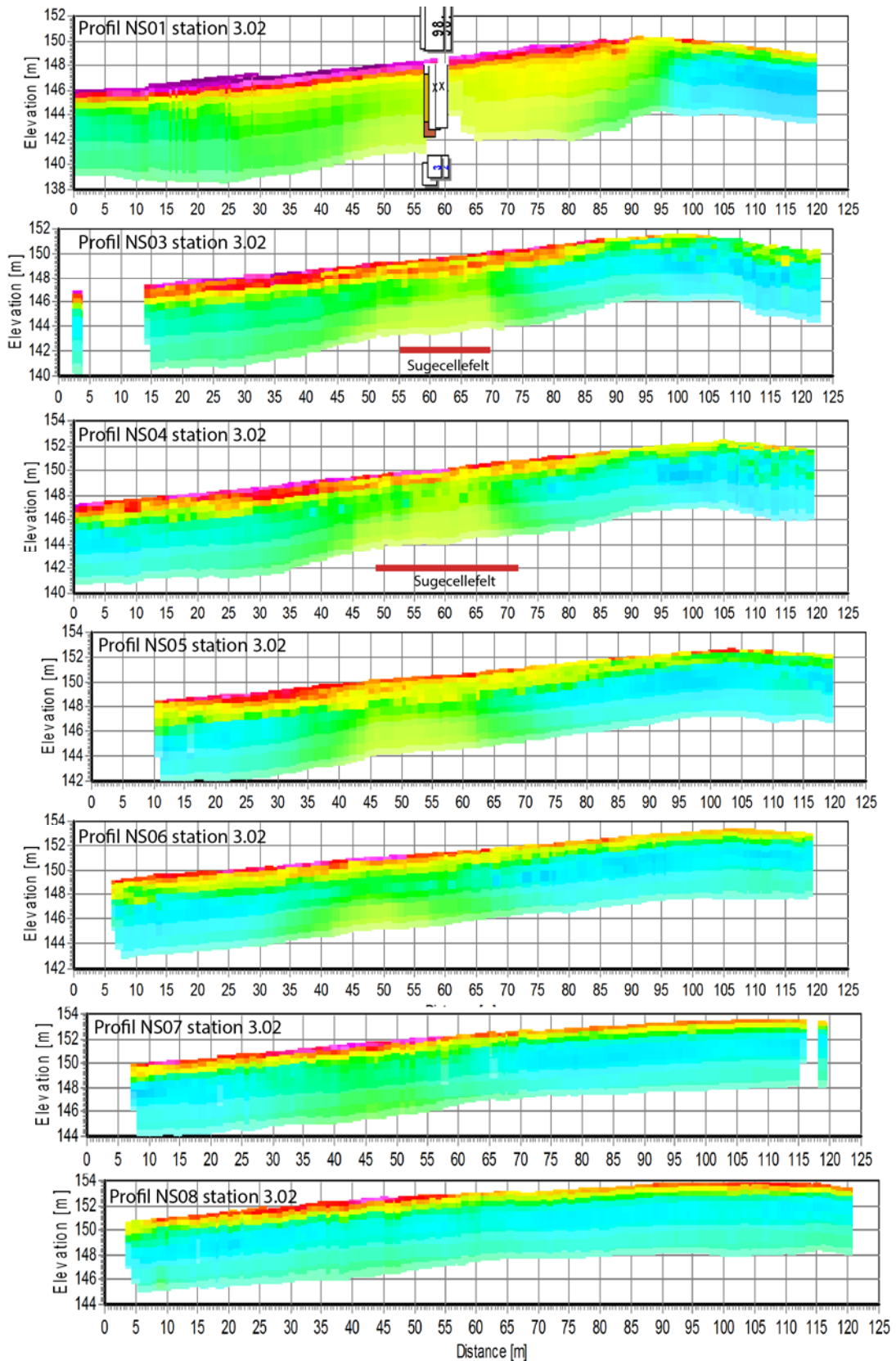
Figur 12: Station 3.02. Lagresistivitet for resistivetsmodellens fire øverste lag. Resistivets-skala, som i Figur 11. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er boringer ved den eksisterende målebrønd.



Figur 13: Station 3.02. Lagresistivitet for resistivetsmodellens femte og sjette lag. Resistivets-skala, som i Figur 11. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er boringer ved den eksisterende målebrønd.



Figur 14: Station 3.02. Placering af N-S orienterede vertikale snit i resistivetsmodellen (Figur 15), vist på resistivetsmodellens fjerde lag. Profilerne NS01, NS03-NS08 er placeret fra øst mod vest.



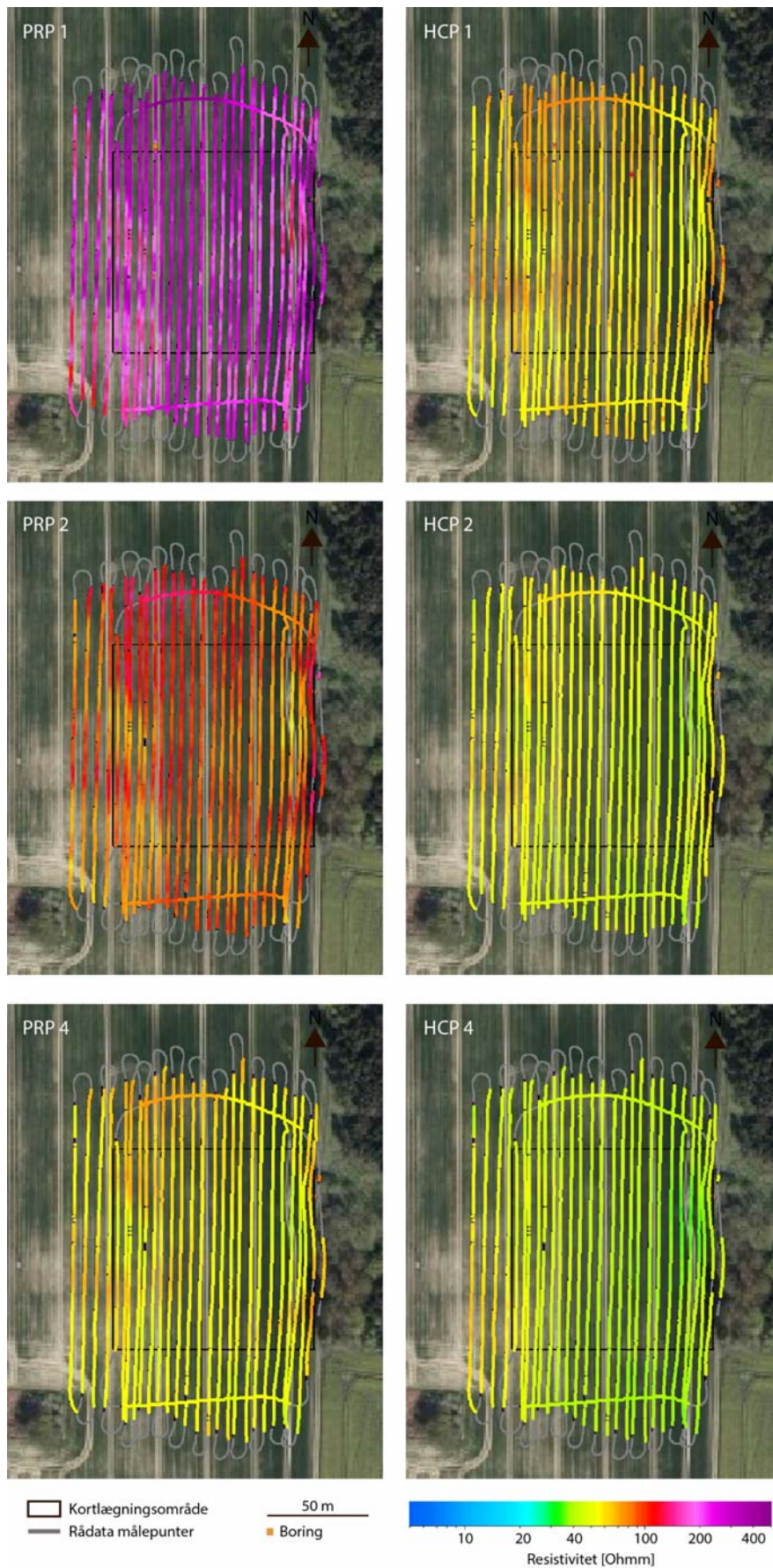
Figur 15: Station 3.02. Vertikale N-S orienterede snit i resistivitetsmodellen. Placeringen af profilerne er vist i Figur 14. Orientering af profilerne er således at N er til venstre og S er til højre på figuren. Hvor sugecellefeltet skæres af et profil er sugecellefeltets omtrentlige laterale udstrækning markeret på profilet.

Station 3.03

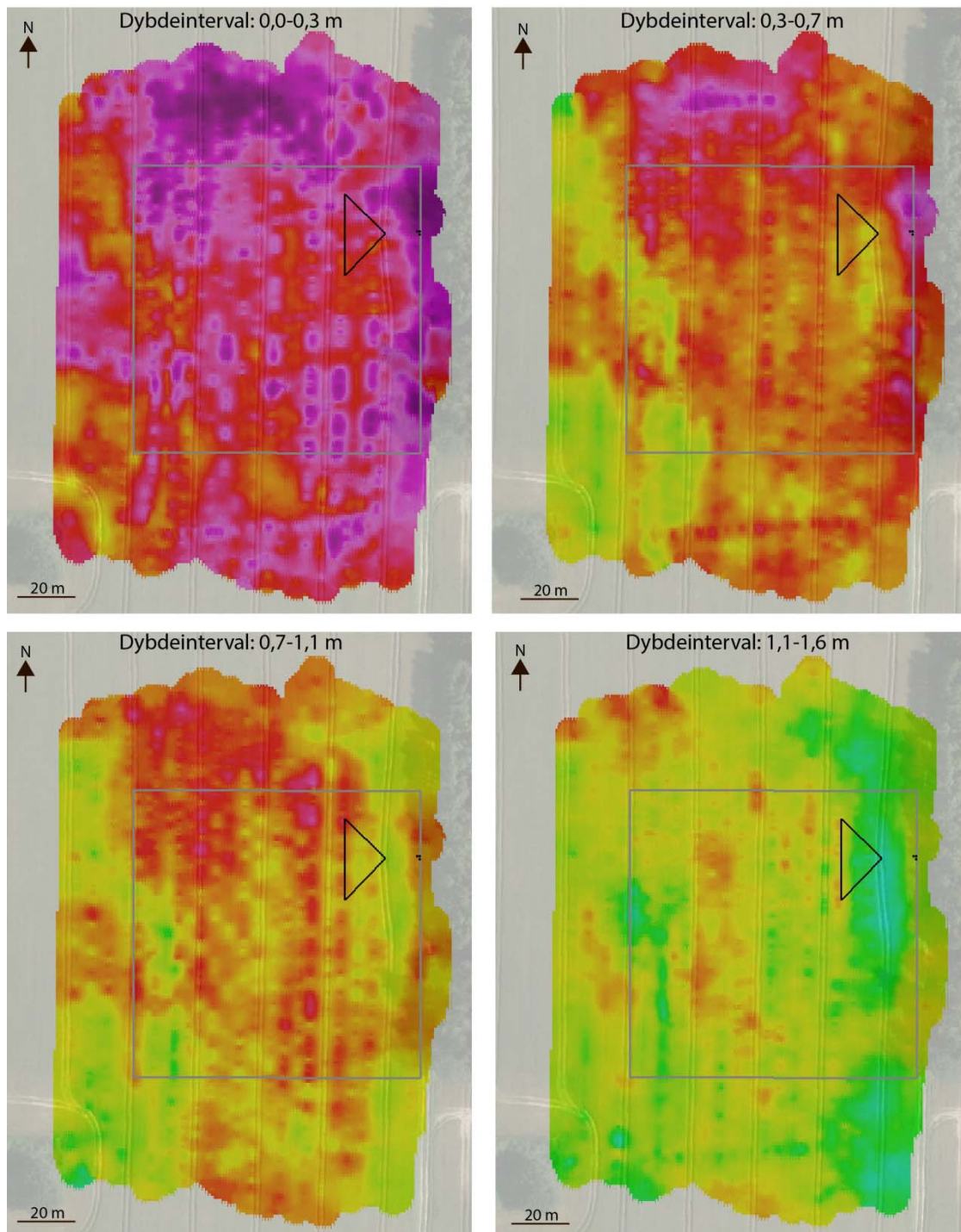
Figur 16 viser plot af dataværdierne i form af resistivitet for de seks spolekonfigurationer, som dokumentation af datakvaliteten.

Figur 17 og Figur 18 præsenterer de øverste seks lag af resistivitetsmodellen.

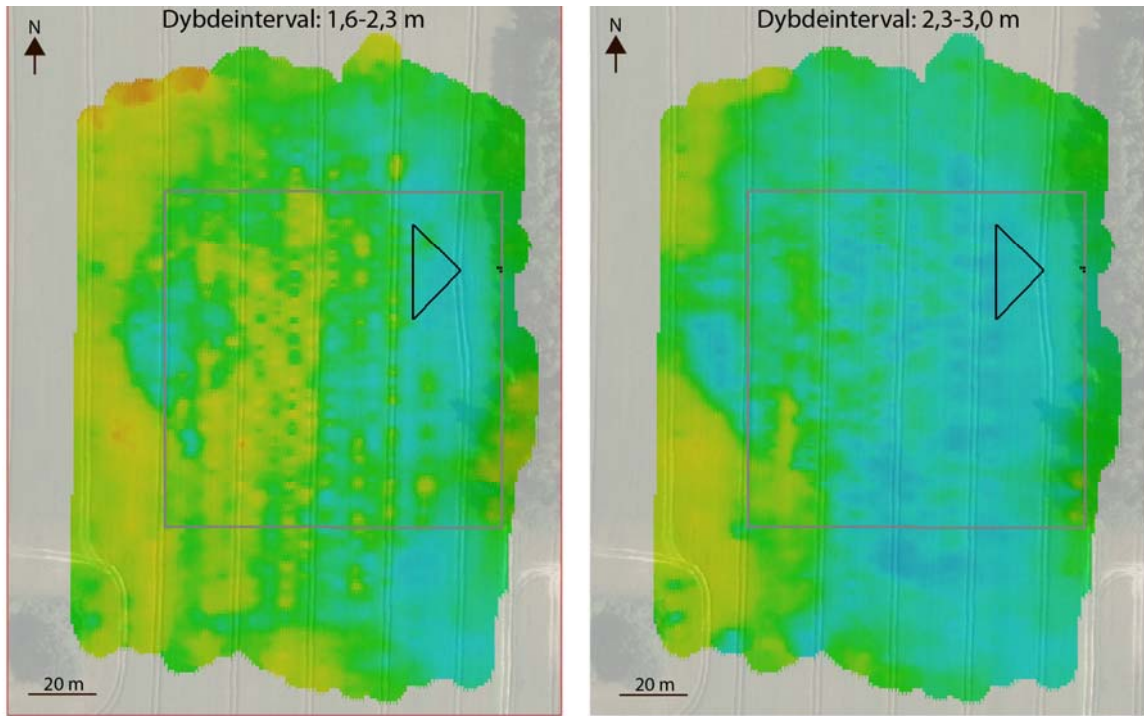
På Figur 19 angives placering af en række N-S orienterede vertikale snit gennem resistivitetsmodellen. Disse vertikale snit er vist i Figur 20.



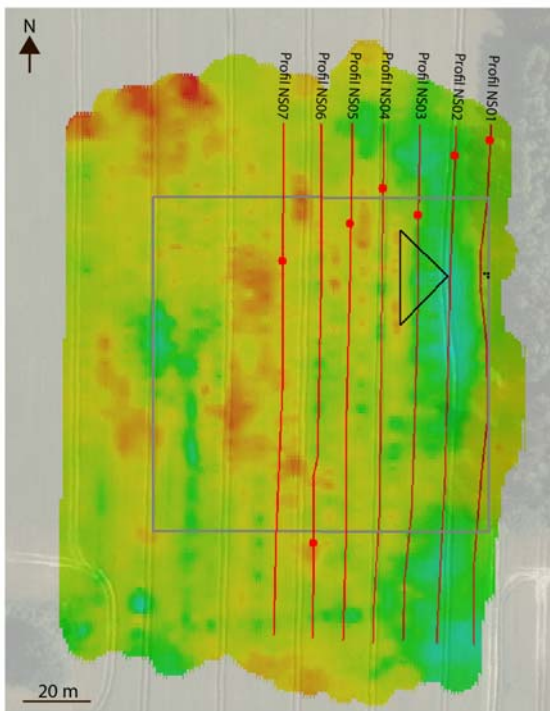
Figur 16: Station 3.03. Dataværdier, tilsyneladende resistivitet, for de seks spolekonfigurationer.



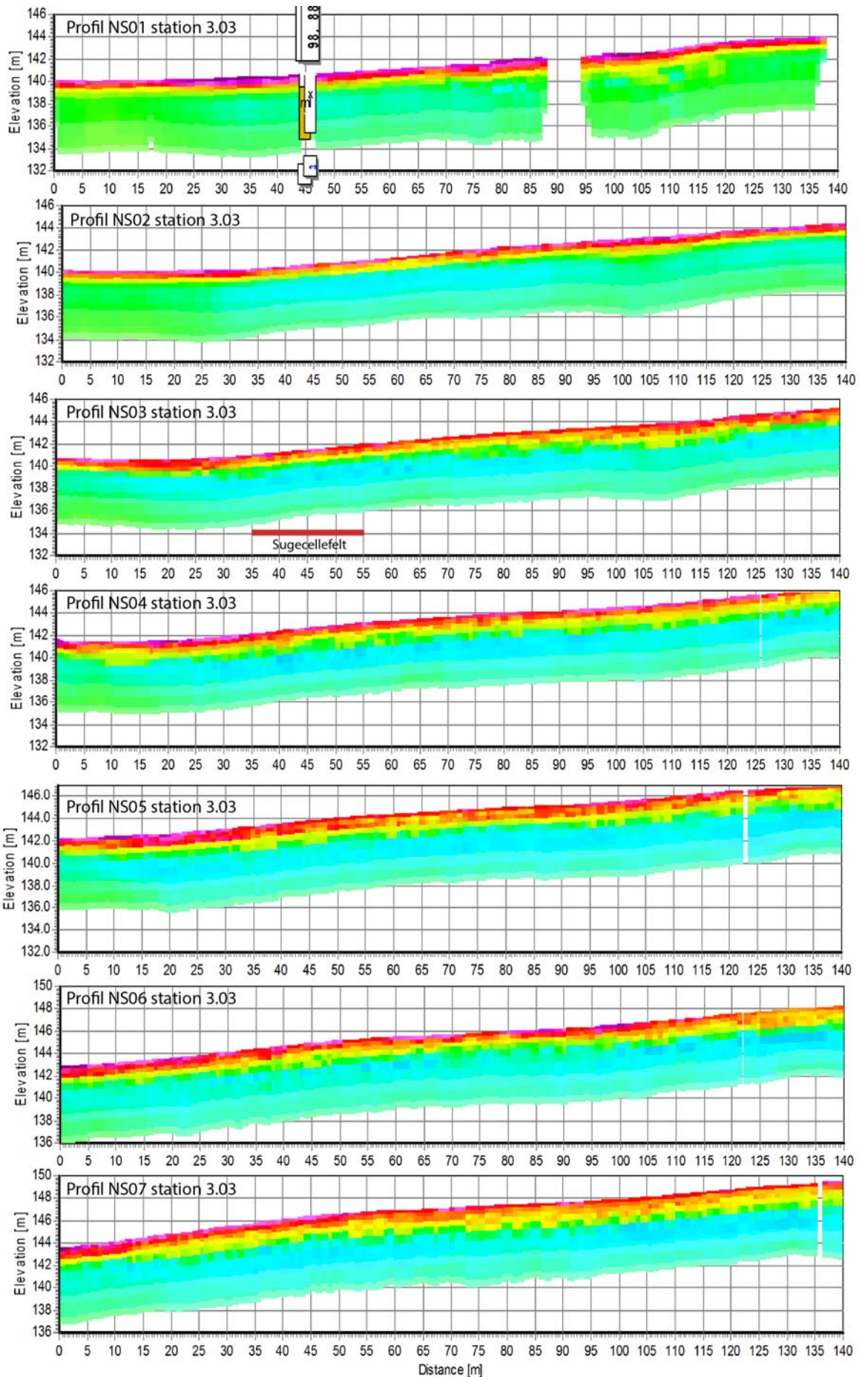
Figur 17: Station 3.03. Lagresistivitet for resistivetsmodellens fire øverste lag. Resistivetskala, som i Figur 16. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er boringer ved den eksisterende målebrønd.



Figur 18: Station 3.03. Lagresistivitet for resistivetsmodellens femte og sjette lag. Resistivets-skala, som i Figur 16. Grå boks afgrænser kortlægningsområdet, sort trekant afgrænser omtrentligt eksisterende sugecellefelt og sorte prikker ud for østlige spids af sugecellemarkeringen er borerig ved den eksisterende målebrønd.



Figur 19: Station 3.03. Placering af N-S orienterede vertikale snit i resistivetsmodellen (Figur 20), vist på resistivetsmodellens fjerde lag.



Figur 20: Figur på forgående side. Station 3.03. Vertikale N-S orienterede snit i resistivitetsmodellen. Placeringen af profilerne er vist i Figur 19. Orientering af profilerne er således at N er til venstre og S er til højre på figuren. Hvor sugecellefeltet skæres af et profil er sugecellefeltets omtrentlige laterale udstrækning markeret på profilet.