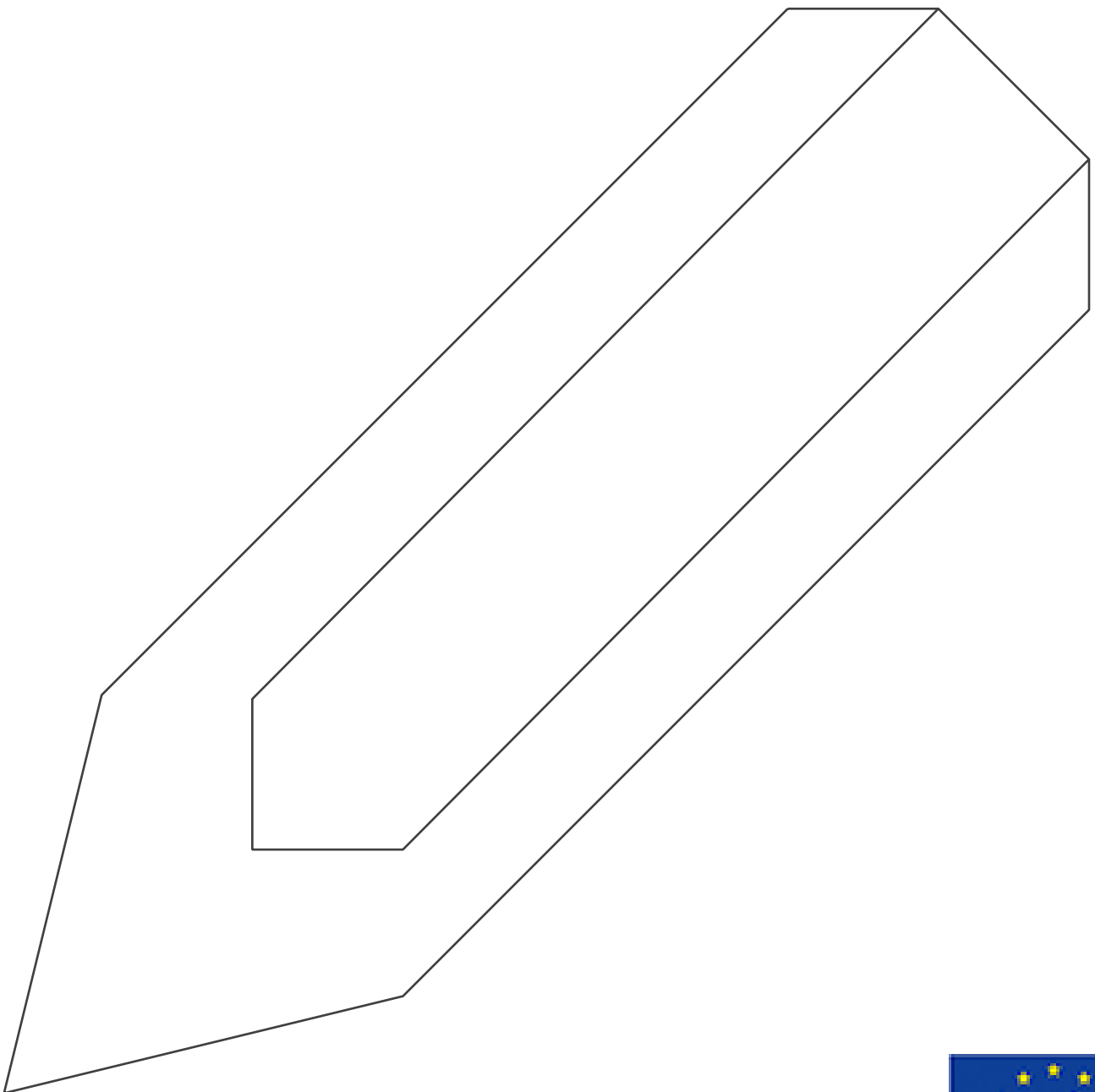


C2C-CC: Potentialer for øget infiltra- tion i nye byområder - Provstlund



Projektgruppe:

FoU Center for byggeri, energi, vand & klima, VIA University College:

Theis Raaschou Andersen

Julie Dam Larsen

Horsens Kommune:

Helle Jusjong Blæsbjerg

Rasmus Rønde Møller

Ansvarsfraskrivelse:

Nærværende notat offentliggør resultater vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af EU Life IP programmet og udført af VIA University College i samarbejde med Horsens Kommune. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for partnernes synspunkter. Det skal endvidere bemærkes, at det udelukkende er modtagers ansvar, hvis data bruges fremadrettet. VIA University College og Horsens Kommune har ikke ansvar for datakvalitet og brugen af data. VIA University College har uindskrænket ret til at offentliggøre egne forskningsresultater i videnskabelige værker og tidsskrifter i henhold til det pågældende forskningsområdes traditioner. Såfremt data skal bruges af tredjepart skal VIA University College give tilladelse til dette.

INDHOLD

1	Forord	4
2	Opsummering	4
3	Summary	5
4	Indledning	6
5	Beskrivelse af kortlægningsområdet	6
6	Geofysisk kortlægning	7
7	Boringer	10
8	Terrænnært grundvand og umættet zone	14
9	Infiltrationstest	15
10	Sammenstilling med eksisterende værktøjer	17
11	Sammenfatning	17

1 Forord

Denne rapport er en del af projektet "Coast to Coast Climate Challenge (C2C-CC), projekt C23 - Potentialer for øget infiltration i nye byområder", der blev finansieret af Life IP programmet. Projektet er udført som et samarbejde mellem Center for Forskning og Udvikling i byggeri, energi, vand og klima fra VIA University College og Horsens Kommune med opstart i foråret 2017.

Læs mere om selve projektet på www.c2c-cc.eu

2 Opsummering

Indenfor kortlægningsområdet "Provstlund" er udført følgende undersøgelser:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- 161 borer med formålet at beskrive områdets litologi
- 19 infiltrationstests

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedsivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. På Figur 1 er de mest nedsivningsegne områder skraverede. Det skal bemærkes, at borerne i nærværende undersøgelse kun når til 2 - 4 m u.t.



Figur 1: Oversigtskort over områder egnede til nedsvivning (skraverede arealer)

3 Summery

The following studies have been carried out within the survey area "Provstlund":

- A surface-covering, detailed geophysical mapping of the upper 5-10 m via the DualEM-421 method
- 161 wells for the purpose of describing the area's lithology
- 19 infiltration tests

Comparing the results of these studies, a data basis is useful for dimensioning future surface water seepage solutions in the mapping area. In Figure 1, the most seepage areas are shaded. It should be noted that the bores in this study only reach 2 - 4 m u.t.

4 Indledning

Nærværende rapport beskriver i korte træk resultaterne af forskningsprojektet "Potentialer for øget infiltration i nye byområder – Provstlund", hvilket undersøger mulighederne for nedsivning af overfladevand i et nyt byudstykningsområde ved Provstlund (Figur 2) beliggende vest for Horsens by.

Forskningsprojektet er et led i et større EU projekt, projekt C2C-CC C23 (se Forord), og har til formål at vurdere nedsivningsmulighederne for overfladevand i det aktuelle byudstykningsområde. Lokalplanen for området kan findes på Horsens Kommunes hjemmeside.

Nedsivningspotentialer er undersøgt på baggrund af data fra geofysisk kortlægninger, boringer og infiltrationstests udført ifm. projektet med henblik på at kortlægge de terrænnære hydrauliske forhold og at kvantificere muligheden for nedsivning af overfladevand i de pågældende områder. Disse nye data er suppleret med eksisterende data fra Danmarks Miljøportal, GEUS og Kortforsyningen samt sammenstillet med eksisterende nedsivningsværktøjer som findes på markedet nu. Resultaterne kan indgå som datagrundlag ved projektering af fremtidige løsninger for håndtering af overfladevand i området.

Den ifm. projektet udførte dataindsamling omfatter:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- Pejleboringer med geologisk jordtypebeskrivelse
- Infiltrationstests



Figur 2: Oversigtsbillede af kortlægningsområdet "Provstlund"

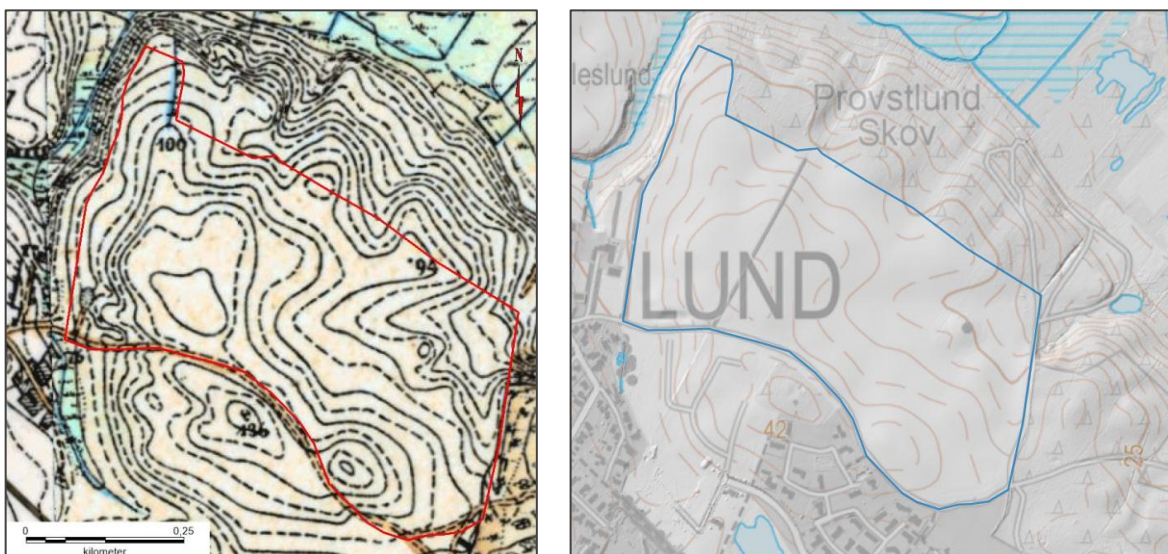
5 Beskrivelse af kortlægningsområdet

Hele kortlægningsområdet "Provstlund" er kendetegnet ved landbrugsdrift. I løbet af 2018 er arealet udstykket, der er udført geotekniske undersøgelser og opførelsen af nybyggeri opstartet. Jævnfør lokalplanen etableres et regnvandsbassin til håndtering af overfladevandet og nedsivning af overfladevand er derfor ikke valgt som den primære måde at håndtere overfladevandet på i området. Nærværende rapport og dens resultater skal derfor ses i dette lys.

For området findes der endvidere endnu ikke et detaljeret jordartskort (1:25.000) så det har ikke været muligt at sammenstille nærværende data med dette.

Ifølge GEUS boredatabase, Jupiter findes der ingen eksisterende boringer inden for kortlægningsområdet. Umiddelbart vest for området ses DGU boring 106.904 som er en markvandingsboring. I boringen ses de øverste 14,5 m overvejende at bestå af moræneler med enkelte tynde sandlag, hvilket umiddelbart ikke er fordrende for nedsivning. Grundvandsspejlet er målt i boringen til at befinde sig 14,5 m u.t., men erfaringsmæssigt kan der være mere terrænnære sekundære grundvandsmagasiner i områder præget af moræneler,

hvorved dette skal undersøges i detalje. Nærværende supplerende undersøgelser er igangsat med det formål at kortlægge de terrænnære hydrauliske forhold, samt for at kvantificere tykkelsen og beskaffenheden af den umættede zone i området.



Figur 3: Venstre, Kortlægningsområdet tegnet ind på "Høje målebordsblade" fra 1842 – 1899. Høje, nuværende terrænoverflade

På Figur 3 ses oversigtskortet kaldet "Høje målebordsblade" fra perioden 1842-1899 med intervaller af 5 fod. Som det fremgår af figuren er området præget af et lettere kuperet terræn med de højeste områder (over 35 m) i områdets sydvestlige del, østlige del og en mindre tange mod nordøst. De største lavninger findes mod nord og i områdets nordøstlige del, hvor koten er ca. 10 m og faldende ned mod Rådved Kær. På Figur 3 ses de nutidige højdekurver. Som det fremgår af figuren, har landskabet ikke ændret sig meget siden 1899, idet området kun har været udlagt som landbrugsjord i perioden. Der kan derfor kun forventes en svag udjævning af terrænet grundet pløjning.

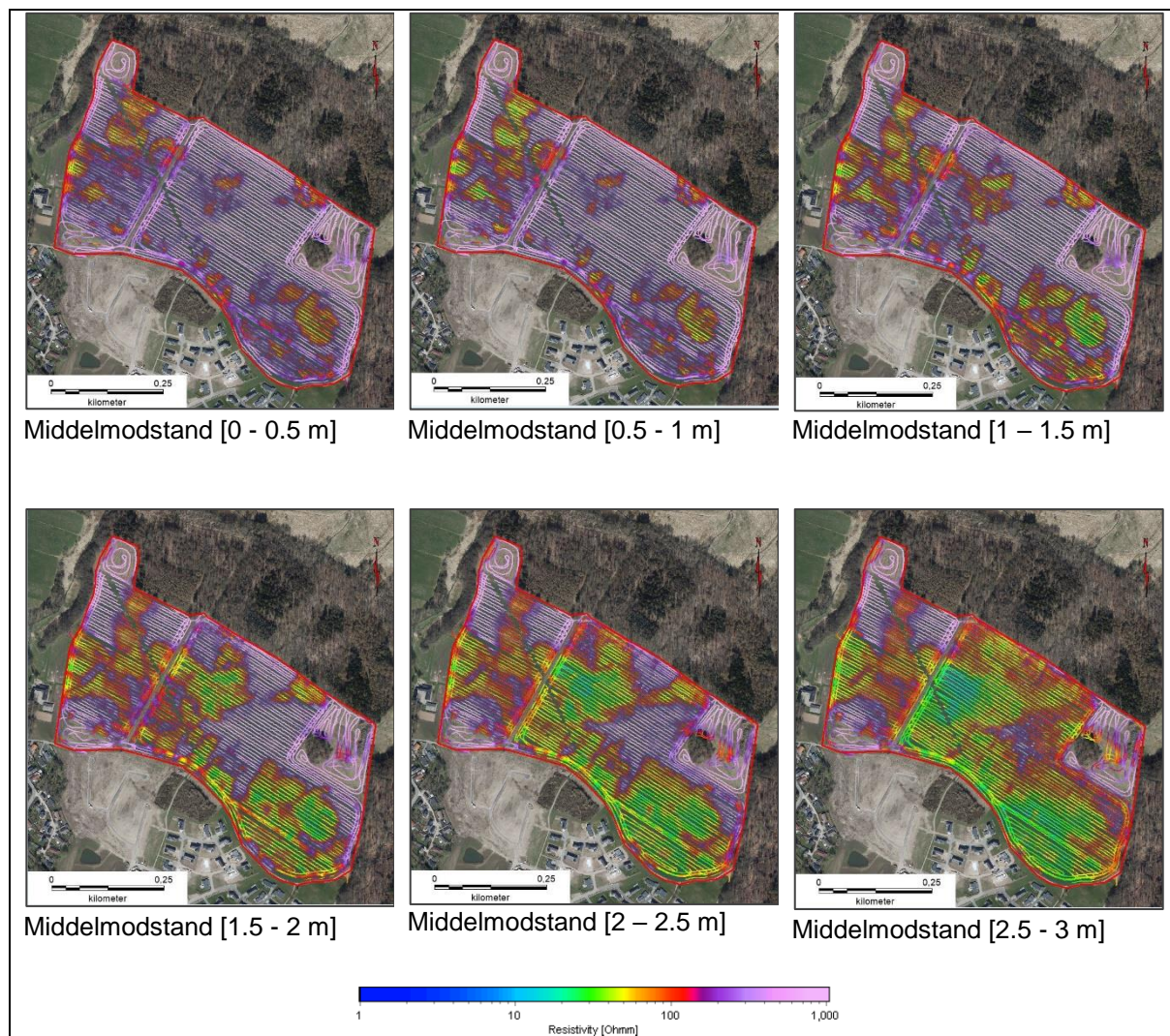
Baseret på oplysninger fra arealinfo.dk kan følgende ting udledes omkring området:

- Området er beliggende i "Område med drikkevandsinteresse", men uden for Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Se mere på http://svana.dk/media/210077/pdf_-vejledning-om-krav-til-kommuneplanlaegning-inden-for-omraader-med-saerlige-drikkevandsinteresser-og-indvindingsoplande-til-almene-vandforsyninger.pdf.
- Har karakteren 0 på HNV skalaen. HNV skalaen er en metode til måling af naturværdier som løber fra 0 (ingen) til 14 alt efter, hvor mange biodiversitetselementer som er registreret det pågældende sted.
- Der er ingen fredede områder samt fortidsminder inden for kortlægningsområdet
- Der er ingen kortlagte forureninger inden for kortlægningsområdet.

6 Geofysisk kortlægning

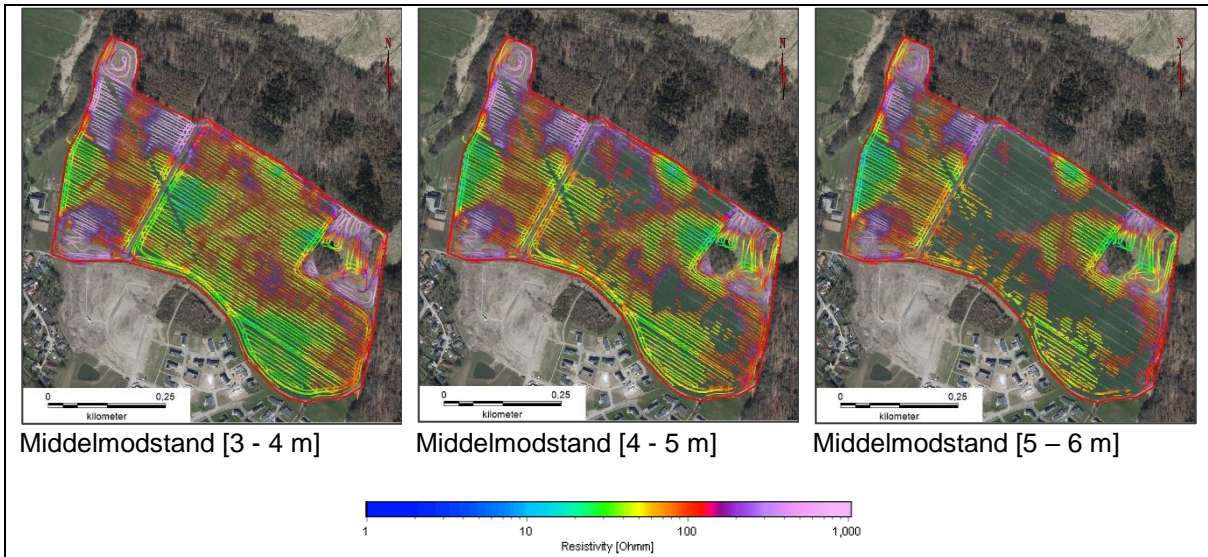
I foråret 2017 blev området kortlagt via en DualEM-421 kortlægning. En metode særligt velegnet til detaljeret geofysisk kortlægning af den terrænnære jordlagsserie ned til ca. 7 m u.t. Hele området er kortlagt med en linjeafstand på 7,5 m. På Figur 4 og 5 ses middelmodstandskort for henholdsvis 0 til 3 m u.t. og 3 til 6 m u.t. Indtil 3 m vises middelmodstandskortene med intervaller á 0,5 meter, og fra 3 til 6 meter i intervaller á 1 meter. På Figur 6 ses overordnet oversættelse af middelmodstandsværdier til litologi. Præsentationen af den beregnede middelmodstand er afblændet ved den beregnede indtrængningsdybde (DOI), hvorfor antallet af datapunkter aftager nedadtil. Indtrængningsdybden varierer i området fra ca. 5 til 7 m. Den beregnede middelmodstand er præsenteret som punkttema, og der er derfor ikke foretaget nogen form for interpolation af de beregnede værdier.

Som det fremgår af figuren, ses generelt høje modstande (over 100 Ohmm) i de øverste 1.5 m i størstedelen af området. Mindre områder med lavere modstande (mellem 30-60 Ohmm) ses hovedsagligt i områdets nordvestlige og sydøstlige del og tolkes som lerdominerede områder. De høje modstande tolkes til enten sanddominerede områder eller tørt moræneler over grundvandsspejlet. Fra 1.5 m u.t. og ned til 3 ses lavmodstandsområderne at vokse i udbredelse og dække cirka halvdelen af området. Større sammenhængende højmodstandsområder ses i den centrale del af området samt i det nordøstlige hjørne og i områdets nordvest- og sydvestlige dele.

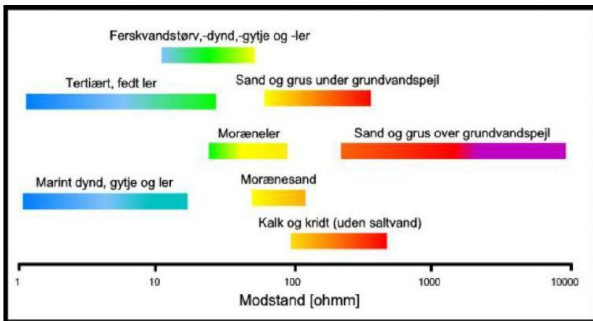


Figur 4: Middelmodstandskort baseret på DualEM-421 dækkende 0 til 3 m u.t.

På Figur 5 er middelmodstanden fra 3 til 6 m u.t., præsenteret. Som det fremgår af figuren, er modstanden i cirka halvdelen af området lav, svarende til lerede aflejringer – sandsynligvis moræneler. Større sammenhængende højmodstandsområder ses i den centrale del af området samt i det nordøstlige hjørne og i områdets nordvest- og sydvestlige dele svarende til sandede aflejringer over grundvandsspejlet.



Figur 5: Middelmotstandskort baseret på DualEM-421 dækkende 3 til 6 m u.t.

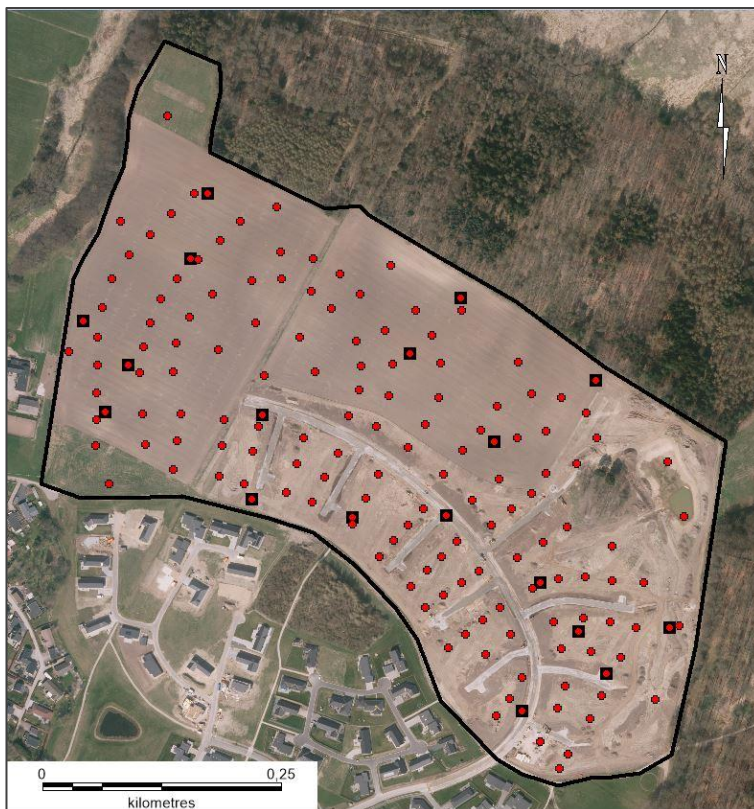


Figur 6: Middelmotstandsværdier omsat til litologi

7 Boringer

På baggrund af resultaterne fra DualEM-421 kortlægningen er der udført 19 håndboringer, hvor materialet er hjembragt til VIA og analyseret i detalje og der er udført 19 infiltrationstest i området. Derudover er der udført 143 geotekniske boringer som også er indarbejdet i nærværende undersøgelse. Boringerne og infiltrationstestene er henholdsvis vist med røde cirkler og sorte firkanter på Figur 7. Boringerne er typisk mellem 2-4 m dybe, alt efter hvad terrænet tillod. Under borearbejdet er det opborede materiale blevet geologisk beskrevet per 0,5 meter.

De overordnede geologiske beskrivelser fra de enkelte boringer ses i Tabel 1. I tabellen ses også grundvandsspejlet samt de tilhørende modstande fra DualEM-421 kortlægningen. Boringer domineret af sand er markeret med rødt.



Figur 7: Boringer, markeret med røde cirkler, udført i kortlægningsområdet. Infiltrationstest er markeret med sorte firkanter.

Borings nr.	Modstand 1 m u.t. [Ohmm]	Litologi [0 - 0,5 m u.t.]	Litologi [0,5 - 1 m.u.t]	Litologi [1 - 2 m u.t.]	Litologi [2 - 4 m u.t.]	Grundvandsspejl [m u.t.]
B1	160	MULD	SAND	SAND	SAND	3,1
B10	296	MULD	SAND	LER(ML)	LER(ML)	Over 4
B101	1923	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B102	2618	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B103	1761	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B104	1306	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B106	955	MULD	SAND	SAND	SAND	3,2
B108	650	SAND	SAND	SAND	LER (ML)	2,5
B11	91	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	3,5
B110	795	MULD	SAND	SAND	SAND	3,8
B112	829	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B114	310	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B116	179	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B118	702	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B12	201	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B120	2487	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B122	2899	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B124	1431	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B13	120	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B14	51	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B15	41	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B16	171	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B17	147	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	3,1
B18	80	MULD	SAND	SAND	SAND/ML	3,7
B19	103	MULD	SAND	SAND	SAND/ML	Over 4
B2	87	MULD	SAND	ML	ML	1,8
B20	53	MULD	SAND	ML	ML	Over 4
B201	123	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B202	1990	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B203	137	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B204	788	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B205	120	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B206	107	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B207	227	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B208	284	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B209	709	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B21	205	MULD	SAND	SAND	LER (ML)	Over 4
B210	62	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B211	449	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B212	441	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B213	1356	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B215	852	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B22	46	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B23	538	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	3,9

B24	54	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B25	91	MULD	SAND	SAND	LER (ML)	Over 4
B26	55	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B27	91	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B28	1438	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B29	971	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B3	69	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B30	168	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B301	209	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B302	745	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B303	498	MULD	SAND	SAND	SAND	1,8
B304	1135	MULD	SAND	SAND	SAND	3,2
B305	678	MULD	SAND	SAND	SAND	2,7
B306	1021	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B307	1022	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B308	676	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B309	2021	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B31	933	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B310	996	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B311	577	MULD	SAND	SAND	SAND	3,1
B312	43	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B313	1152	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B32	851	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B33	399	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B34	65	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B35	52	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B36	68	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B37	31	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B38	235	MULD	SAND	SAND	LER (ML)/SAND	Over 4
B39	58	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B4	36	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B40	736	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B402	303	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B404	129	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B406	95	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B408	80	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B41	819	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B410	112	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B412	61	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B414	129	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B416	62	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B418	53	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B42	1912	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B420	58	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B422	128	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4

B424	123	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B43	480	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B44	1987	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B45	202	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B450	159	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LE R(ML)	Over 4
B451	112	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LE R(ML)	3,6
B452	112	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LE R(ML)	Over 4
B453	517	MULD	SAND	LER (ML)	LE R(ML)	3,9
B454	217	MULD	SAND	LER (ML)	LE R(ML)	Over 4
B46	914	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B47	53	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LE R(ML)	Over 4
B48	147	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B49	40	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B5	71	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B501	312	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B502	50	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B503	163	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B504	83	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B505	1000	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B506	83	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B507	1092	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B508	78	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B509	289	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B51	870	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B510	135	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B511	141	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	2,7
B512	59	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B513	89	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B514	86	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)/SAND	Over 4
B515	69	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B516	402	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B517	78	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	3,2
B519	401	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	Over 4
B521	888	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B523	216	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B525	87	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B53	345	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B55	325	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B57	350	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B59	224	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B6	276	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B61	141	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 4
B63	159	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B65	224	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B67	273	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	Over 4

B69	231	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	Over 4
B7	267	MULD	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B71	329	MULD	SAND	SAND/LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B73	191	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
B75	359	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	4,1
B77	99	MULD	LER (ML)	LER (ML)	SAND	Over 4
B79	139	MULD	SAND	SAND	SAND/LER (ML)	Over 4
B8	85	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	3,1
B9	111	MULD	SAND	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
Provstlund_10	34	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_11	908	MULD	ML	ML	ML	Over 2,5
Provstlund_12	50	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_13	2073	MULD	ML	-	-	-
Provstlund_14	1510	MULD	SAND	SAND	SAND	-
Provstlund_15	51	MULD	ML	ML	ML	Over 2,5
Provstlund_16	32	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_17	1000	MULD	SAND	SAND	SAND	Over 2,5
Provstlund_18	28	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_19	82	MULD	ML	ML	ML	Over 2,5
Provstlund_2	46	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_3	47	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_4	36	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_5	49	MULD	ML	ML	ML	-
Provstlund_6	1059	MULD	SAND	SAND	SAND	Over -2,5
Provstlund_7	269	MULD	ML	ML	ML	Over 2,5
Provstlund_8	353	MULD	SAND	SAND	ML	Over 2,5
Provstlund_9	33	MULD	ML	ML	ML	Over 2,5

Tabel 1: Overordnet litologisk beskrivelse af borerne fra kortlægningsområdet. Sanddominerede borer er markeret med rødt.

8 Terrænnært grundvand og umættet zone

På baggrund af de mange pejlinger fra området ses tykkelsen af den umættede zone for størstedelen af området at være over 4 m. Det skal bemærkes at pejlingerne repræsenterer et kort tidsinterval i foråret/forsommeren 2018, og det må forventes, at det terrænnære grundvandsspejl vil stå højere i de mere våde vinter-måneder. Idet at nedsivningsløsninger som f.eks. faskiner gerne skal ned i frostfri dybde (0,9 m u.t.) er områder, hvor tykkelsen er under 2 m som udgangspunkt uegnet til nedsivning.

Ud fra de målte grundvandsspejl (Tabel 1) ses grundvandsspejlet for området at være over 4 m u.t. Der er enkelte borer, hvori der er observeret et højerestående grundvand, men disse er få og antages derfor at udgøre mindre højerestående grundvandslommer. Ud fra de litologiske beskrivelser ses den umættede zone at veksle mellem sand og moræneler gennem området.

9 Infiltrationstest

For at opnå overblik over jordlagenes hydrauliske ledningsevne i området blev der udført 19 infiltrationstest¹. Infiltrationstestene er udført umiddelbart ved siden af borerne, hvorved resultaterne kan sammenstilles med de geologiske beskrivelser anført i Tabel 1. For at opnå en repræsentativ måling blev det øverste muldlag (ca. 40 cm) gravet af før udførelse af infiltrationstestene, således at alle tests er lavet på råjord. Før hver enkelt infiltrationstest påbegyndes vandmættes jorden, hvorefter der foretages måling af infiltrationshastigheden indtil denne er konstant. Det er således den mættede hydrauliske ledningsevne, K-værdien, der måles. I Tabel 2 ses resultaterne af infiltrationstest og de geofysiske mellemmodstandsværdier målt i dybdeintervallet 0.5 til 1 m, hvilket repræsenterer den dybde infiltrationstestene er udført i. En generel relation mellem sedimenttype og hydraulisk ledningsevne (K-værdi) ses i Figur 8.

Generelt ses en meget god korrelation mellem områder med høj modstand, en sandet litologi fra borerne og de høje hydrauliske ledningsevner. Disse er markeret med røde farver i Tabel 2. Af undtagelser kan nævnes boring 11 og 13 som begge viser høje modstande, men er beskrevet som moræneler og har hydrauliske ledningsevner omkring 4E-05 m/s. Disse områder tolkes derfor som repræsenterende tørt moræneler. De resterende borer er alle beskrevet som havende moræneler i den øverste 1 m, hvilket korrelerer godt til de lave modstande (30-80 Ohmm) og hydrauliske ledningsevner mellem 5E-05 m/s og 5E-06 m/s. På baggrund af ovenstående betragtninger kan det med rimelighed antages, at kortlagte højmodstand områder kan tolkes som sanddominerede sektioner med hydrauliske ledningsevner mellem 2E-05 m/s og 1E-04 m/s, svarende til medium til finkornet sand. Tilsvarende kan lavmodstandsområder tolkes som ler dominerede områder med hydrauliske ledningsevner mellem 5E-05 m/s og 5E-06 m/s, svarende til sandet moræneler.

Borings nr.	K [m/s]	Modstand 1 m u.t. [Ohmm]	Litologi [0,5 - 1 m.u.t]
Provstlund_2	6,67E-05	40	ML, sandet
Provstlund_3	7,78E-05	38	ML, sandet
Provstlund_4	1,23E-05	36	ML
Provstlund_5	4,39E-06	38	ML
Provstlund_6	1,67E-05	886	Sand
Provstlund_7	7,00E-05	541	ML
Provstlund_8	3,33E-05	561	Sand
Provstlund_9	2,96E-05	64	ML
Provstlund_10	3,67E-05	73	ML
Provstlund_11	6,55E-05	1750	ML, sandet
Provstlund_12	2,33E-05	65	ML
Provstlund_13	3,89E-05	3318	ML
Provstlund_14	1,76E-04	2550	Sand
Provstlund_15	3,33E-05	93	ML
Provstlund_16	2,08E-05	53	ML
Provstlund_17	3,52E-05	1601	Sand
Provstlund_18	1,79E-05	50	ML, sandet
Provstlund_19	1,50E-05	102	ML

Tabel 2: K værdier, modstand og litologi fra de 18 borer.

¹ Se praktisk vejledning på: <https://www.teknologisk.dk/nedsivning-af-regnvand-i-faskiner/udfoerelse-af-infiltrationstest/16402,2>

Sediment type	Hydraulic Conductivity K (m/sec)
Gravel	5×10^{-3}
Coarse Sand	10^{-3}
Medium Sand	5×10^{-4}
Fine sand (coarse)	10^{-4}
Fine sand (medium)	5×10^{-5}
Fine sand (fine)	2×10^{-5}
Coarse silt	10^{-5}
Silt	10^{-6}
Glacial clay	$10^{-5} - 10^{-7}$
Limestone	$10^{-3} - 10^{-5}$

Figur 8: Den hydrauliske ledningsevnes størrelse og variation i m/s. Krebs Ovesen, N. et al.: Lærebog i Geoteknik (Textbook of Geotechnology). Polyteknisk Forlag. Dec. 2006

Det fremgår af Figur 6 at lave middelmohstandsværdier (30 – 80 ohmm) indikerer en leret litografi, mens modstande højere en 80 ohmm indikerer sand. Af Figur 8 fremgår det at K-værdier i intervallet 1×10^{-7} til 1×10^{-5} indikerer moræneler, mens K-værdier i intervallet 1×10^{-5} til 1×10^{-3} indikerer sand.

Der ses overordnet en god korrelation mellem områder med høj modstand, en sandet litologi i borerne og høje K-værdier, se Tabel 2.

10 Sammenstilling med eksisterende værktøjer

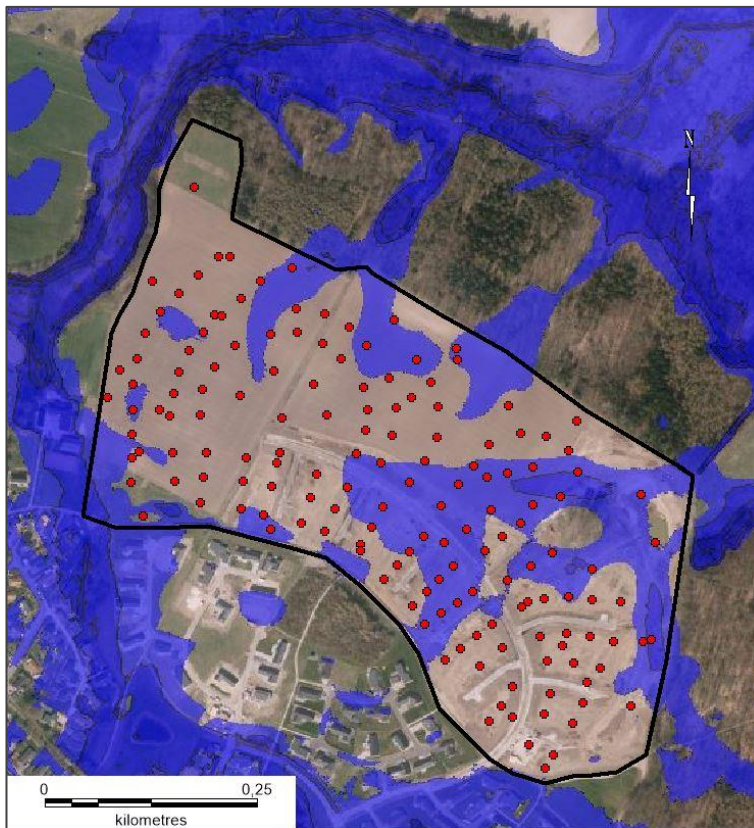
I det følgende er nærværende resultater sammenstillet med eksisterende værktøjer. I dette tilfælde Scalgo Live og NIRAS.

Fra Scalgo Live ses at infiltrationen i området er bestemt til at være 11,25 mm/t ($3,1E-06$ m/s) svarende til moræneler/fint sand. Værdien vurderes umiddelbart som værende for lav for området da infiltrationstestene viser hydrauliske ledningsevner omkring $1E-05$ m/s.

På Figur 9 ses et screen dump fra Scalgo Live visende områder, hvor grundvandet står mindre end 2 m u. t. Som det fremgår af billedet ses grundvandet flere steder at stå højere her end målt i borerne. Uoverensstemmelserne kan eventuelt skyldes at borerne repræsenterer et øjeblikbillede eller at Scalgo regner forkert i nærværende område.

Tilsvarende sammenstillinger er lavet på baggrund af NIRAS' værktøj. Her er resultaterne bedre i overensstemmelse med nærværende undersøgelser. Dels er området overordnet vurderet som egnet til nedsivning og dels forventes det terrænnære grundvand at stå mellem 5 og 10 m u.t., hvilket erkendes i nærværende data.

En overordnet konklusion må derfor være at man skal være meget varsom med at bruge disse værktøjer til andet end en screening proces og at detaljerede undersøgelser for hvert areal stadigvæk er nødvendige idet værktøjerne ikke viser et ensartet billede.



Figur 9: Billede fra Scalgo visende områder med under 2 m til grundvandet

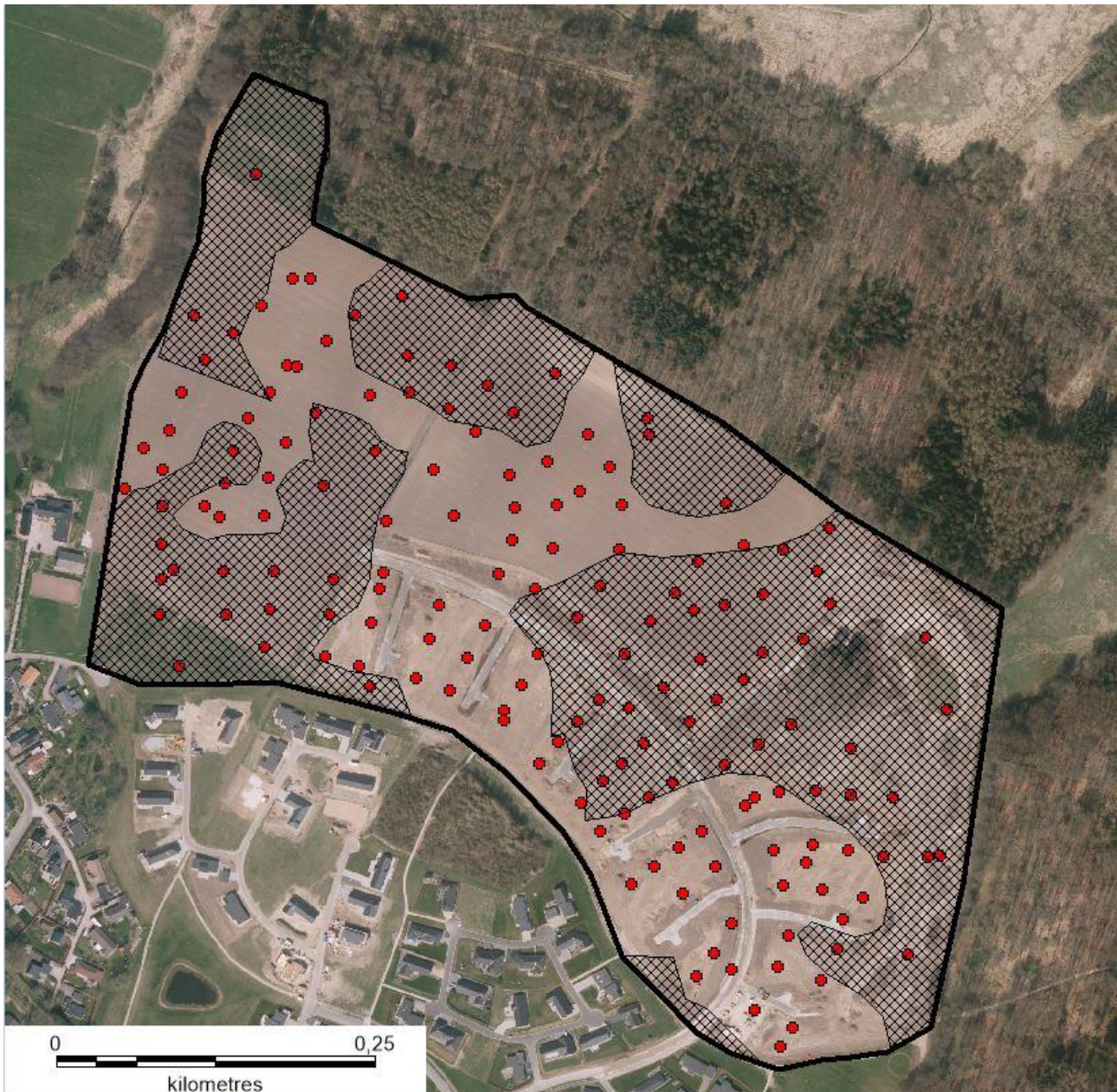
11 Sammenfatning

I forbindelse med nærværende supplerende undersøgelser, er der inden for projektområdet udført

- en fladedækkende geofysisk kortlægning med DualEM-421 metoden
- 18 borer
- 18 infiltrationstest

Sammenstilles resultaterne fra de supplerende undersøgelser opnås et datagrundlag, der er anvendeligt til dimensionering af fremtidige afvandingsløsninger mht. overfladevand inden for området. Området kan deles op i områder, karakteriseret ved forskellig hydrogeologisk beskaffenhed, se Figur 10, hvor de nedsivningsegne områder er markeret med skravering. Det skal bemærkes, at hele området, uafhængigt af materialet beskrevet fra borerne, generelt har K -værdier omkring $5E-05$ m/s. Dette, samt den relativt tykke umættede zone taget i betragtning, muliggør nedsivning i hele området, om end det anbefales at placere LAR-an-

læggene i de skraverede områder for at mindske dimensionerne på LAR-anlæggene. Det skal her bemærkes, at borerne i nærværende undersøgelse kun når til ca. 4 m u.t. De skraverede områder er kendetegnet ved at have overvejende sanddominerede aflejringer fra terræn og ned til 6 m u.t., mens de ikke-skraverede områder har helt eller delvist lerdominerede sektioner i lagserien. Alternativt kan vand fra de ikke-skraverede områder ledes til LAR anlæg i de skraverede områder eller afledes til recipient - muligvis Rådved Kær, som ligger umiddelbart nordøst for området. Før der etableres LAR-anlæg i området, anbefales det at beregne, om en øget nedsivning giver anledning til at grundvandsspejlet kan stige op til kritisk dybde (omkring 1 m u. t.) eller om vandet bevæger sig nedstrøms gennem dybereliggende sandede aflejringer.



Figur 10: Oversigtskort over kortlægningsområdet ved Provstlund. De skraverede felter angiver de områder der, på baggrund af DualEM-421 screeningen, feltbeskrevet litografi og målte K-værdier anses for at være de mest egnede til fremtidige nedsivningsløsninger.