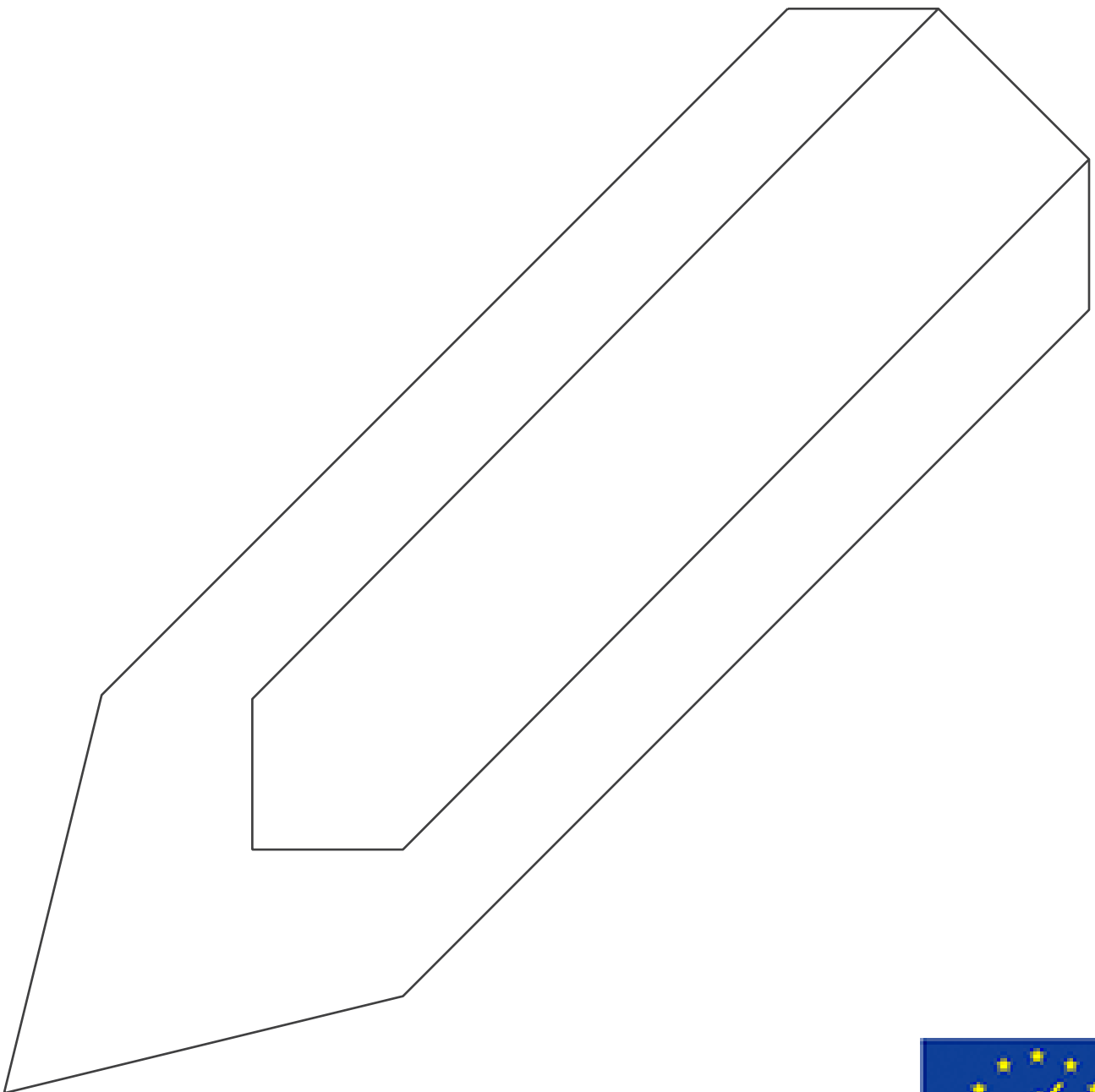


# C2C-CC: Potentialer for øget infiltra- tion i nye byområder - Hatting



**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                                   | 4  |
| 4  | Indledning                                | 5  |
| 5  | Beskrivelse af kortlægningsområdet        | 5  |
| 6  | Geofysisk kortlægning                     | 8  |
| 7  | Boringer                                  | 10 |
| 8  | Infiltrationstest                         | 11 |
| 9  | Sammenstilling med eksisterende værktøjer | 13 |
| 10 | Sammenfatning                             | 13 |

---

## 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](http://www.c2c-cc.eu)

---

## 2 Opsummering

Indenfor kortlægningsområdet "Hatting" er udført følgende undersøgelser:

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

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedslivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. Som udgangspunkt vurderes området ikke egnet til nedslivning. Dels fordi hele området er kendetegnet ved tilstedeværelsen af moræneler i de øverste 4-5 m, og dels fordi infiltrationsevnen for alle 20 infiltrationstests er meget stabil omkring 3-4E-05 m/s. Såfremt infiltration vælges som LAR løsning for Hatting området vil det kræve store infiltrationsarealer for at kunne håndtere alt overfladevandet. Derfor vurderes infiltration umiddelbart ikke som den mest foretrukne LAR løsning for området.

---

## 3 Summery

The following studies have been carried out within the mapping area "Hatting":

- A surface-covering, detailed geophysical mapping of the upper 5-10 m via the DualEM-421 method
- 20 wells for the purpose of describing the area's lithology
- 20 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 principle, the area is not considered suitable for seepage. Partly because the whole area is characterized by the presence of moraine clays in the upper 4-5 m, and partly because the infiltration capacity for all 20 infiltration tests is very stable around 3-4E-05 m/s. If infiltration is chosen as the LAR solution for the Hatting area, it will require large infiltration areas to handle all surface water. Therefore, infiltration is not immediately considered the most preferred LAR solution for the area.

## 4 Indledning

Nærværende rapport beskriver i korte træk resultaterne af forskningsprojektet "Potentialer for øget infiltration i nye byområder – Hatting", hvilket undersøger mulighederne for nedsivning af overfladevand i et nyt byudstykningsområde ved Hatting (Figur 1) 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.

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:

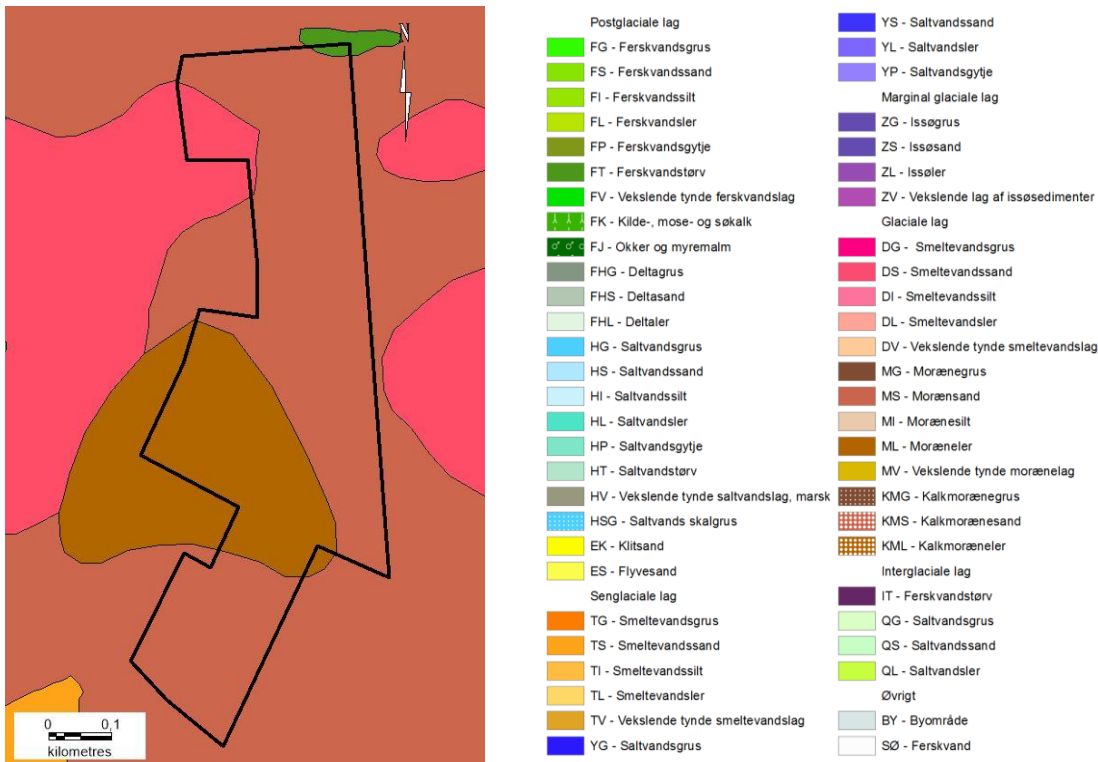
- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- Boringer med geologisk jordtypebeskrivelse
- Infiltrationstests



Figur 1: Oversigtsbillede af kortlægningsområdet "Hatting"

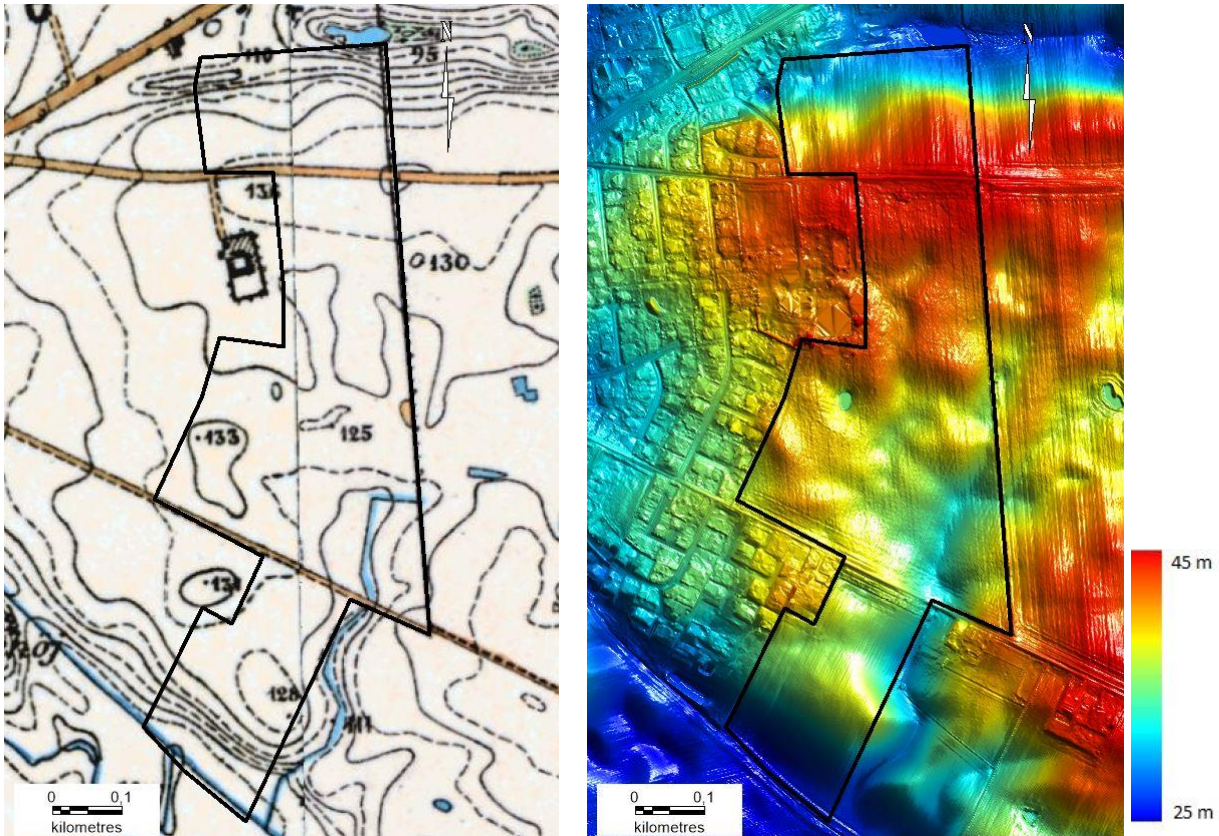
## 5 Beskrivelse af kortlægningsområdet

Kortlægningsområdet "Hatting" kan overordnet opdeles i tre arealer på baggrund af gennemskæring af større veje, se Figur 1. Alle områderne er kendetegnet ved landbrugsdrift. På Figur 2 ses jordartskortet 1:25.000 for området. Jordartskortet viser overordnede jordarter for 0 – 1 meter under terræn (m u.t.). Som det fremgår af kortet er størstedelen af området domineret af moræneler, hvilket som udgangspunkt ikke er egnet til nedsivning. Smeltevandssand ses i den nordvestlige del af området, mens morænesand observeres centrale del af området. I den nordøstlige del af kortlægningsområdet ses et lille areal kortlagt som ferskvandstørv.



Figur 2: GEUS' jordartskort 1:25.000 lagt ned over kortlægningsområdet

Ifølge GEUS boringsdatabase, Jupiter, findes der 10 eksisterende boringer i området: Fem miljøboringer og fem uspecificerede boringer ("Andet"), alle beliggende i områdets midterste areal. Cirka 250 meter øst for områdets sydligste areal findes en grundvandsboring fra 1984 (DGU nr. 107.1185), hvori grundvandspejlet er registreret til 24,7 m u.t. Cirka 750 m vest for området findes grundvandsboringerne DGU nr. 106.1485, 106.1094, 106.1213 og 106.1148 fra henholdsvis 2000, 2009, 1992 og 1990, hvori grundvandspejlet er registreret til henholdsvis 7,76, 12,21, 13,7 og 5,08 m u.t. Erfaringsmæssigt kan der i områder præget af moræneler dog forekomme terrænnære, sekundære grundvandsmagasiner, hvorfor det har interesse at undersøge de terrænnære hydrauliske forhold i nærmere detalje. Nærværende undersøgelser er igangsat med netop dette formål, samt at kvantificere tykkelsen og beskaffenheden af den umættede zone i området.



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

På Figur 3 ses kortlægningsområdet tegnet ind på "Høje målebordsblade" fra perioden 1842-1899 med topografiske intervaller af 5 fod samt den nuværende terrænoverflade, begge hentet fra Kortforsyningen. Som det fremgår af figuren var området dengang præget af et lettere kuperet terræn med de højeste områder (over 40 m) beliggende i det midterste og nordlige del af området. De laveste arealer ses mod syd og nord, hvor kortlægningsområdet afgrænses af hver deres dal. Mod øst gennemskæres kortlægningsområdet af en nordøst-sydvest orienteret lavning som afvander den østlige del af kortlægningsområdet mod syd. Som det ses 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.

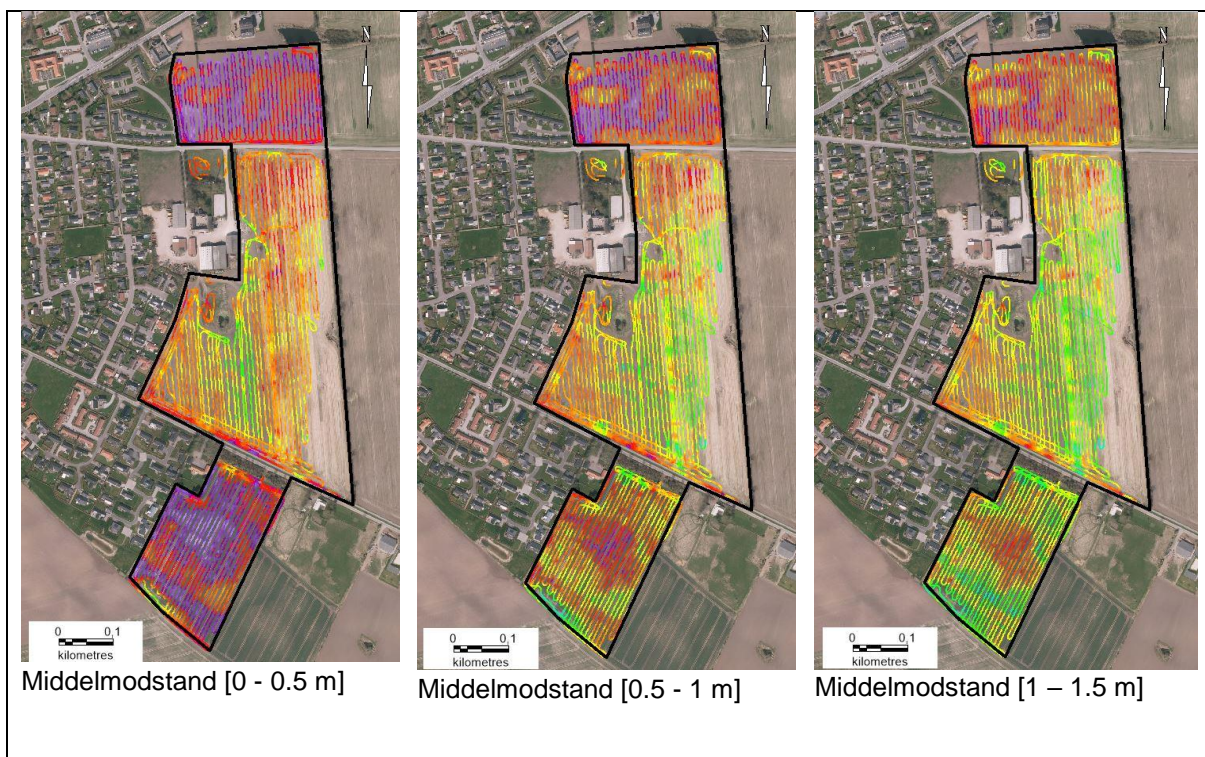
Fra Danmarks Miljøportal kan følgende information uddrages omkring området:

- Beliggende i et "Område med særlig drikkevandsinteresse" (OSD). Se mere på [http://svana.dk/media/210077/pdf\\_-vejledning-om-krav-til-kommuneplanlaegning-inden-for-omraader-med-saerlige-drikkevandsinteresser-og-indvindingsop-lande-til-almene-vandforsyninger.pdf](http://svana.dk/media/210077/pdf_-vejledning-om-krav-til-kommuneplanlaegning-inden-for-omraader-med-saerlige-drikkevandsinteresser-og-indvindingsop-lande-til-almene-vandforsyninger.pdf).
- Har karakteren 0 - 3 på HNV skalaen, hvilken er et mål for et områdes naturværdier. Skalaen løber fra 0 (ingen naturværdi) til 14 (høj naturværdi), kategoriseret efter mængden af registrerede biodiversitetsselektorer på det pågældende sted. Værdierne 0 – 3 indikerer at området ikke har nogen særlig naturværdi.
- Området overskrider hverken sø- og åbeskyttelseslinjer eller skov- og kirkebyggelinjer.
- Har ingen fredede områder samt fortidsminder inden for kortlægningsområdet.
- Grænser mod vest op mod et område registreret med Jordforurening V1 og V2, se Figur 1a. Kortlægningsfeltet overlapper dog ikke med det forurenede område.

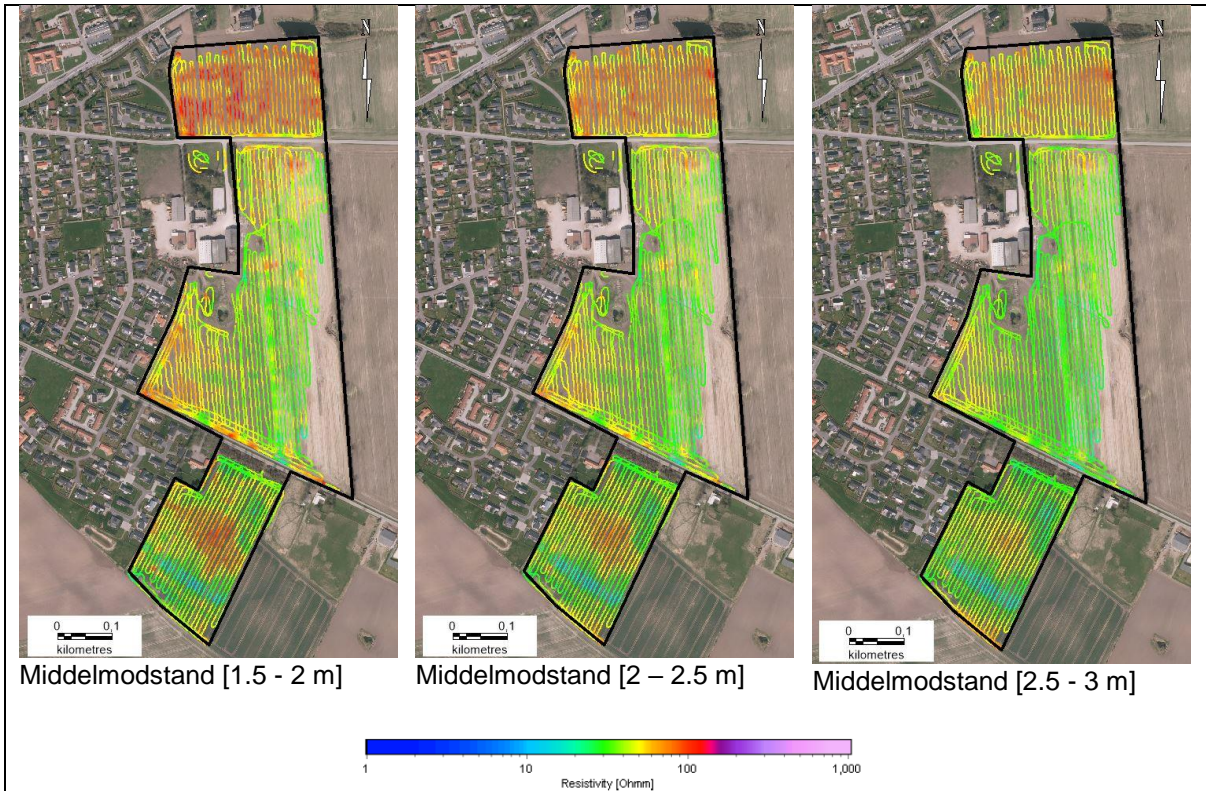
## 6 Geofysisk kortlægning

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.

Sammenholdes middelmodstandskortene i Figur 4 og 5 med den litologiske fortolkning i Figur 6 fremgår det at det øverste dybdeinterval (0 – 0,5 m) i hele den nordlige og sydlige del af kortlægningsområdet domineres af høje modstande (over 100 Ohmm), hvilket indikerer, at begge områder i dette dybdeinterval er domineret af sand eller tørt moræneler. I den centrale del af kortlægningsområdet varierer modstanden fra middelmodstande omkring 40 Ohmm til modstande omkring 70 Ohmm indikerede lerdominerede aflejringer såsom moræneler. Gennem de fem dybdeintervaller ned til 3 m u.t. skifter litologien i det sydlige og centrale del af området til at være domineret af middelmodstande som tolkes som moræneler dog med undtagelse af den vestlige del samt en lomme mod syd, hvilke forbliver domineret af højere modstande. Disse områder tolkes som sanddomineret. Den nordlige del af kortlægningsområdet forbliver domineret af høje modstande gennem de øverste 3 m, men enkelte små lommer havende middelmodstand. De høje modstande tolkes som værende sanddominerede aflejringer eller tørt moræneler, mens middelmodstandene tolkes som værende moræneler.

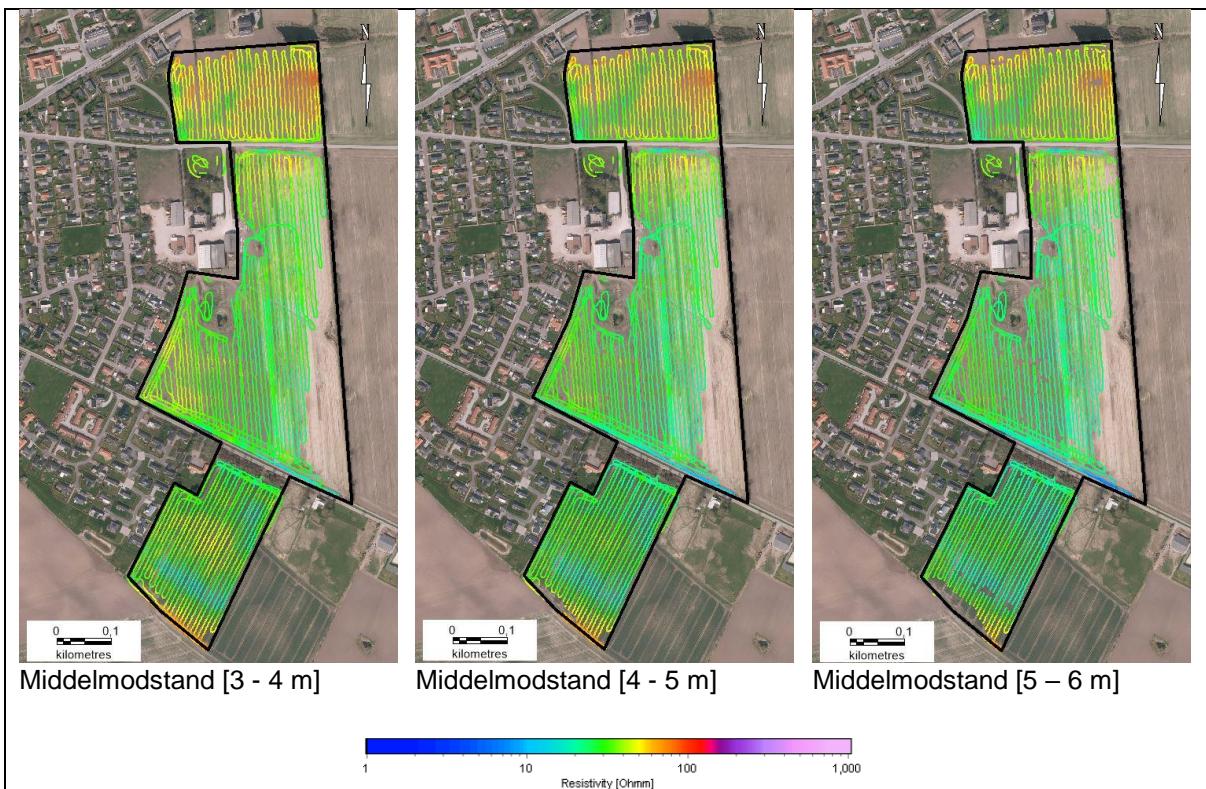




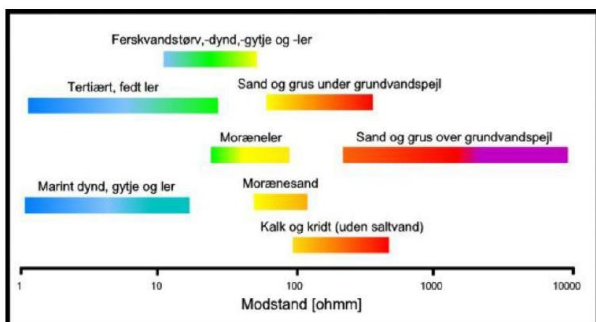


Figur 4: Middelmodstandskort baseret på DualEM-421 dækkende 0 til 3 m u.t.

På Figur 5 er middelmodstanden fra 3 til 6 m u.t. præsenteret. Som det fremgår af figuren, er modstanden i hovedparten af området domineret af middel til lave modstande omkring 15 til 50 Ohmm som tolkes repræsenterende moræneler. Mindre sammenhængende høj- til middelmodstandsområder ses i det nordøstlige hjørne svarende til sandede aflejringer.



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



Figur 6: Middelmodstandsværdier omsat til litologi

## 7 Boringer

På baggrund af resultaterne fra DualEM-421 kortlægningen er der udført henholdsvis 20 håndboringer, hvor materialet er hjembragt til VIA og analyseret i detalje og 20 infiltrations-test i området. Placeringen af boringerne og infiltrations-testene er vist med røde cirkler 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 de tilhørende modstande fra DualEM-421 kortlægningen. Boringer domineret af sand er markeret med rødt. Da området under borearbejdet var i aktiv landbrugsdrift var det ikke muligt at opsætte pejlerør. Grundvandsspejlet er derfor ikke monitoreret i nærværende område.



Figur 7: Boringer, markeret med røde cirkler, udført i kortlægningsområdet.

| Borings nr. | Modstand 1 m u.t.<br>[Ohmm] | Litologi<br>[0 - 0,5 m u.t.] | Litologi<br>[0,5 - 1 m.u.t] | Litologi<br>[1 – 2 m u.t.] | Litologi<br>[2 - 4 m u.t.] |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Hatting_1   | 55                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_2   | 116                         | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_3   | 56                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_4   | 93                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_5   | 64                          | MULD                         | MULD                        | ML                         | ML                         |
| Hatting_6   | 33                          | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_7   | 23                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_8   | 69                          | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_9   | 71                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_10  | 34                          | MULD                         | MULD                        | ML                         | ML                         |
| Hatting_11  | 32                          | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_12  | 38                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_13  | 89                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_14  | 80                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_15  | 31                          | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_16  | 56                          | MULD                         | SAND                        | -                          | -                          |
| Hatting_17  | 31                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_18  | 37                          | MULD                         | ML                          | ML                         | -                          |
| Hatting_19  | 56                          | MULD                         | ML                          | ML                         | ML                         |
| Hatting_20  | 44                          | MULD                         | SAND/ML                     | ML                         | -                          |

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

## 8 Infiltrationstest

For at opnå overblik over jordlagenes hydrauliske ledningsevne i området blev der udført 20 infiltrationstest<sup>1</sup>. 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 muld-lag (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 middelmodstandsværdier 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.

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

| Borings nr. | K-værdi [m/s] | Modstand 1 m u.t. [Ohmm] | Geologisk beskrivelse [0,5 – 1 m u.t.] |
|-------------|---------------|--------------------------|--|
| Hatting_1   | 2,8E-05       | 55                       | ML                                     |
| Hatting_2   | 4,3E-05       | 116                      | ML                                     |
| Hatting_3   | 1,3E-05       | 56                       | ML                                     |
| Hatting_4   | 3,6E-05       | 93                       | ML                                     |
| Hatting_5   | 2,2E-05       | 64                       | MULD                                   |
| Hatting_6   | 2,3E-05       | 33                       | ML                                     |
| Hatting_7   | 2,9E-05       | 23                       | ML                                     |
| Hatting_8   | 5E-5          | 69                       | ML                                     |
| Hatting_9   | 3,1E-05       | 71                       | ML                                     |
| Hatting_10  | 3,6E-05       | 34                       | MULD                                   |
| Hatting_11  | 2,9E-05       | 32                       | ML                                     |
| Hatting_12  | 2,2E-05       | 38                       | ML                                     |
| Hatting_13  | 1,7E-05       | 89                       | ML                                     |
| Hatting_14  | 1,6E-05       | 80                       | ML                                     |
| Hatting_15  | 1,8E-05       | 31                       | ML                                     |
| Hatting_16  | 8,1E-05       | 56                       | SAND                                   |
| Hatting_17  | 2,0E-05       | 31                       | ML                                     |
| Hatting_18  | 1,7E-05       | 37                       | ML                                     |
| Hatting_19  | 3,4E-04       | 56                       | ML                                     |
| Hatting_20  | 3,2E-05       | 44                       | SAND/ML                                |

**Tabel 2: Infiltrationstest resultater fra området**

| Sediment type      | Hydraulic Conductivity K (m/sec) |
|--------------------|----------------------------------|
| Gravel             | $5 \times 10^{-3}$               |
| Coarse Sand        | $10^{-3}$                        |
| Medium Sand        | $5 \times 10^{-4}$               |
| Fine sand (coarse) | $10^{-4}$                        |
| Fine sand (medium) | $5 \times 10^{-5}$               |
| Fine sand (fine)   | $2 \times 10^{-5}$               |
| 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 Geotechnlogy). Polyteknisk Forlag. Dec. 2006**

Det fremgår af Figur 6 at lave middelmotstandsværdier (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  $1 \times 10^{-7}$  til  $1 \times 10^{-5}$  indikerer moræneler, mens K-værdier i intervallet  $1 \times 10^{-5}$  til  $1 \times 10^{-3}$  indikerer sand.

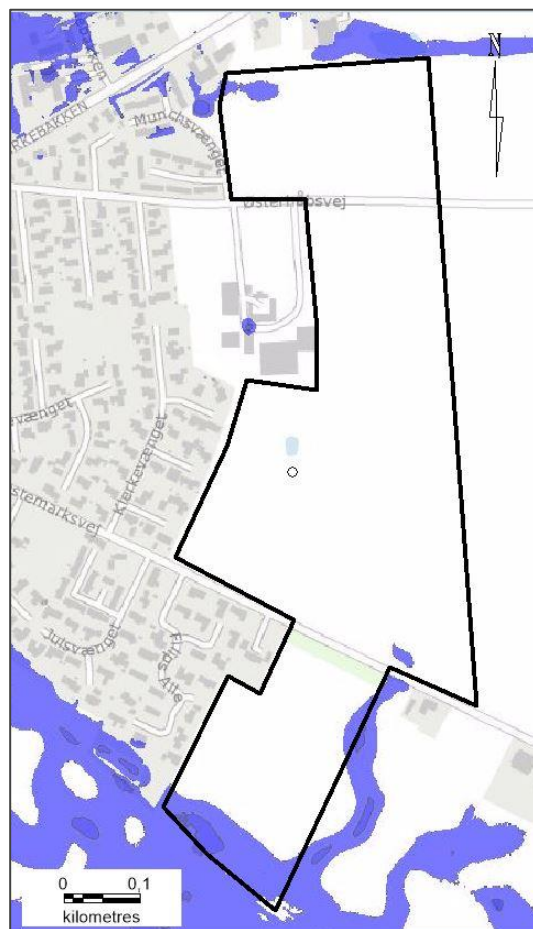
Fra nærværende område ses overordnet en god korrelation mellem områder med middelmotstand, en leret litologi i borerne og K-værdier omkring  $4E-05$  m/s, se Tabel 1. Som det fremgår af figuren ses enkelte borer i højmodstandsområder (f.eks. boring nr. 2), som ikke umiddelbart er karakteriseret som sand. Dette kan formentlig forklares ved, at moræneleret her er tørt til forskel fra andre steder, hvor det er vandmættet.

## 9 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 7,96 mm/t ( $2,2E-06$  m/s) svarende til moræneler/silt. Omend der ses flere lokale forskelle i nærværende undersøgelser vurderes værdien at være en smule for lav for området da de udførte infiltrationstest alle er i intervallet E-05. På Figur 9 ses et screen dump fra Scalgo Live over området, hvor grundvandet står mindre end 2 m u. t. Som det fremgår af figuren ses hovedparten af området ikke at være påvirket af terrænnært grundvand. Eneste undtagelse er de lavtliggende lavninger langs kortlægningsområdets sydlige, sydøstlige og nordlige del.

Tilsvarende sammenstillinger er lavet på baggrund af NIRAS' værktøj. Hele området vurderes i dette program at være egnet til nedsivning og grundvandet vurderes at være mere end 10 m u.t. Fra omkringliggende boringer sås grundvandsspejlet at være mellem 5 og 14 m u.t., hvilket overordnet er i overensstemmelse med konklusionerne fra NIRAS værktøj.



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

## 10 Sammenfatning

I forbindelse med projektet "Coast to Coast Climate Challenge (C2C-CC), projekt C23 - Potentialer for øget infiltration i nye byområder", er der inden for kortlægningsområdet "Hatting" udført følgende undersøgelser:

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

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedsivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. Som udgangspunkt vurderes området ikke egnet til nedsivning. Dels fordi hele området er kendetegnet ved tilstedeværelsen af moræneler i de øverste 4-5 m, og dels fordi infiltrationsevnen for alle 20 infiltrationstests er meget stabil omkring  $3-4E-05$  m/s. Såfremt infiltration vælges som LAR løsning for Hatting området vil det kræve store infiltrationsarealer for at kunne håndtere alt overfladevandet. Derfor vurderes infiltration umiddelbart ikke som den mest foretrukne LAR løsning for området.