

MODELBEREGNINGER TIL BELYSNING AF PÅVIRKNING AF TUDE Å VED RÅSTOFGRAVNING

Projekt navn	Påvirkning af Tude Å ved grusgravning
Projektnr.	1100039277
Modtager	Sorø Kommune
Dokumenttype	Rapport
Version	[2]
Dato	15-01-2020
Udarbejdet af	Jan Kürstein
Kontrolleret af	Niels Richardt
Godkendt af	Niels Richardt
Beskrivelse	Der er udført modelberegninger med hydrologisk model for Sorø-Stenlille-området med henblik på at undersøge, om grusgravning i graveområderne nær Tude Å påvirker vandføringen i åen eller påvirker følsom våd natur i området

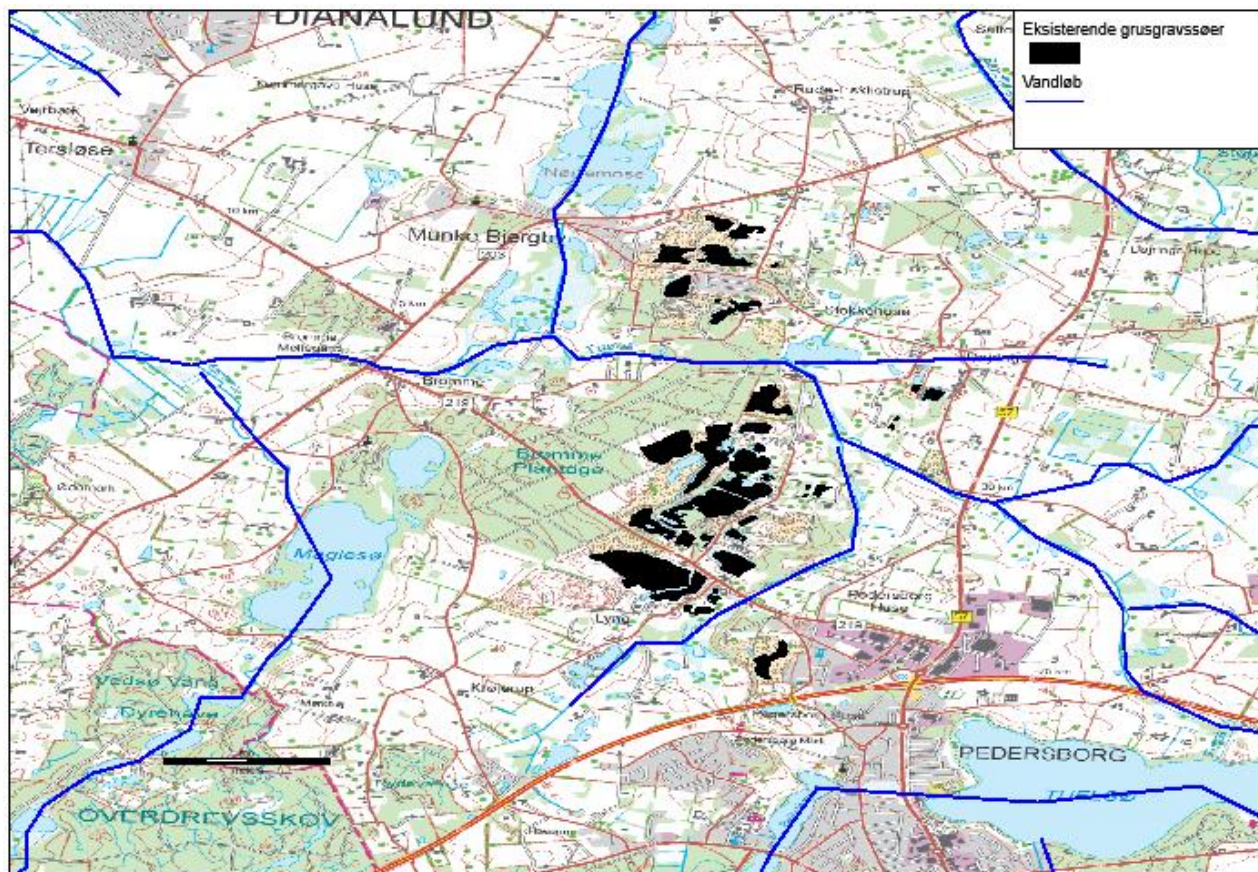
INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Baggrund	3
2.	Modelgrundlag og modeltilpasninger	5
2.1	Geologisk model	5
2.2	Højdemodel	5
2.3	Indvinding	5
2.4	Vandløbsopsætning	6
2.5	Justering af den overfladenære strømning	7
2.6	Øvrige mindre justeringer	8
2.7	Implementering af grusgravssøerne i modellen	8
2.8	Implementering af grusvask i modellen	9
3.	Beregningsprincipper	11
3.1	Scenarier	11
3.2	Max-scenarie	11
3.3	Realistisk scenarie	12
4.	Modelresultater	14
4.1.1	Scenarie 2	15
4.1.2	Scenarie 3	16
5.	Vandløbsafstrømning	18
5.1	Middelvandføring	19
5.1.1	Scenarie 2	19
5.1.2	Scenarie 3	21
5.2	Medianminimum	22
5.2.1	Scenarie 2	22
5.2.2	Scenarie 3	23
5.3	EQR-værdier	24
5.3.1	Scenarie 2	25
5.3.2	Scenarie 3	26
5.4	Konklusioner vedr. vandløbspåvirkninger	27
6.	Vådområder	29
6.1	Dybden til det terrænnære grundvand	29
6.2	Sænkning i det terrænnære grundvand	31
6.3	Ændringer i terrænnære gradientforhold	32
6.4	Terrænnær, vertikal grundvandsflux	33
6.5	Konklusioner vedr. påvirkning af vådområder	34
7.	Referencer	35

1. Baggrund

I de senere år har der været problemer med tilstrækkelig vandføring i sommermånederne i den øvre del af Tude Å samt tilløb. Da problemerne muligvis skyldes grusgravning under grundvandsspejlet i området, ønsker Sorø Kommune en vurdering af, hvorvidt det er grusgravningen, der er årsagen til den manglende vandføring. Vandløbet har høj prioritet og er udpeget som laksevand.

Området er vist på lokaliseringskortet i Figur 1-1.



Figur 1-1 Lokaliseringskort med placering af de eksisterende grave søer og de modelberegne vandløb. Kortet ses i større størrelse i Bilag 1.

I forbindelse med modelberegningerne af mulig påvirkning af Tude Å er der også udført modelberegninger og vurderinger af mulig påvirkning af følsom våd natur i området som følge af grusgravning.

Vurderingerne af påvirkninger af vandløb og følsom våd natur tager udgangspunkt i modelsimuleringer med den eksisterende model for Sorø-Stenlille, der er udarbejdet i forbindelse med den statslige grundvandskortlægning /1/. Som grundlag er der kørt en række scenarier, dels et referencescenarie (scenarie 1), samt to påvirkningsscenarier, scenarie 2 og scenarie 3. Referencescenariet repræsenterer området, før grusgravningen startede, dvs. med den oprindelige topografi. Påvirkningsscenarierne er kørt i to udgaver, dels et max-scenarie (scenarie 2) samt et realistisk scenarie (scenarie 3). Max-scenariet repræsenterer et scenarie med konstant gravning under grundvandsspejlet gennem mere end 20 år. I virkelighedens verden foregår gravningen i etaper, hvor vandspejlet får lov til at reetablere sig

imellem gravningerne. Max-scenariet er medtaget for at vise den øvre grænse for påvirkninger. Det realistiske scenarie repræsenterer påvirkningen fra den nuværende gravning, dvs. påvirkningen som følge af gravningen indenfor den sidste dekade.

2. Modelgrundlag og modeltilpasninger

Modelsimuleringerne tager udgangspunkt i den eksisterende hydrologiske model for kortlægningssområdet Sorø-Stenlille /1/. Modellen er udført i Mike She forbundet med Mike 11, der beskriver vandløbsafstrømningen, og modellen er opstillet i et 100 meter grid. I forbindelse med projektet er modelperioden udvidet fra 1990-2012 til 1990-2018. I den forbindelse er der indhentet nye klimadata for nedbør, potential fordampning og temperatur. For at holde omkostningerne nede er der dog kun indhentet klimadata for det grid, der dækker graveområdet. Disse klimadata er efterfølgende også implementeret i det øvrige modelområde for perioden 2012-2018.

For at modellen kan lave de korrekte vurderinger af grusgravningens påvirkninger, er der foretaget en række tilretninger af modellen udover forlængelsen af modelperioden. Der er implementeret en ny topografi, der er foretaget en tilretning af den geologiske model, vandløbsopsætningen er forfinet, og der er foretaget en justering af drænstrømningen i grusgravene. Disse modeltilpasninger er beskrevet i de følgende afsnit.

2.1 Geologisk model

I den geologiske model er gruslaget, hvorfra råstofgravningen foregår, implementeret som en del af den geologiske modellag Sand 1. Der er taget udgangspunkt i den eksisterende geologiske model i Sorø-Stenlille-modellen. I forbindelse med projektet er der foretaget en mindre tilretning af Sand 1, hvor det er sikret, at sand-/gruslaget er tilstede i hele graveområdet i tykkelser der matcher grusgravningen i området. Tykkelsen af Sand 1 efter tilretningen er vist på Figur 2-1. Tykkelsen i området ligger generelt i intervallet 5-30 m, med de største tykkelser i det sydlige graveområde. Det skal bemærkes, at den oprindelige topografi i modellen, tilbage fra før grusgravningen startede, ikke repræsenterer den upåvirkede topografi i alle områder. Derfor har den oprindelige tykkelse af Sand 1 været større i de ældste grusgravsområder.

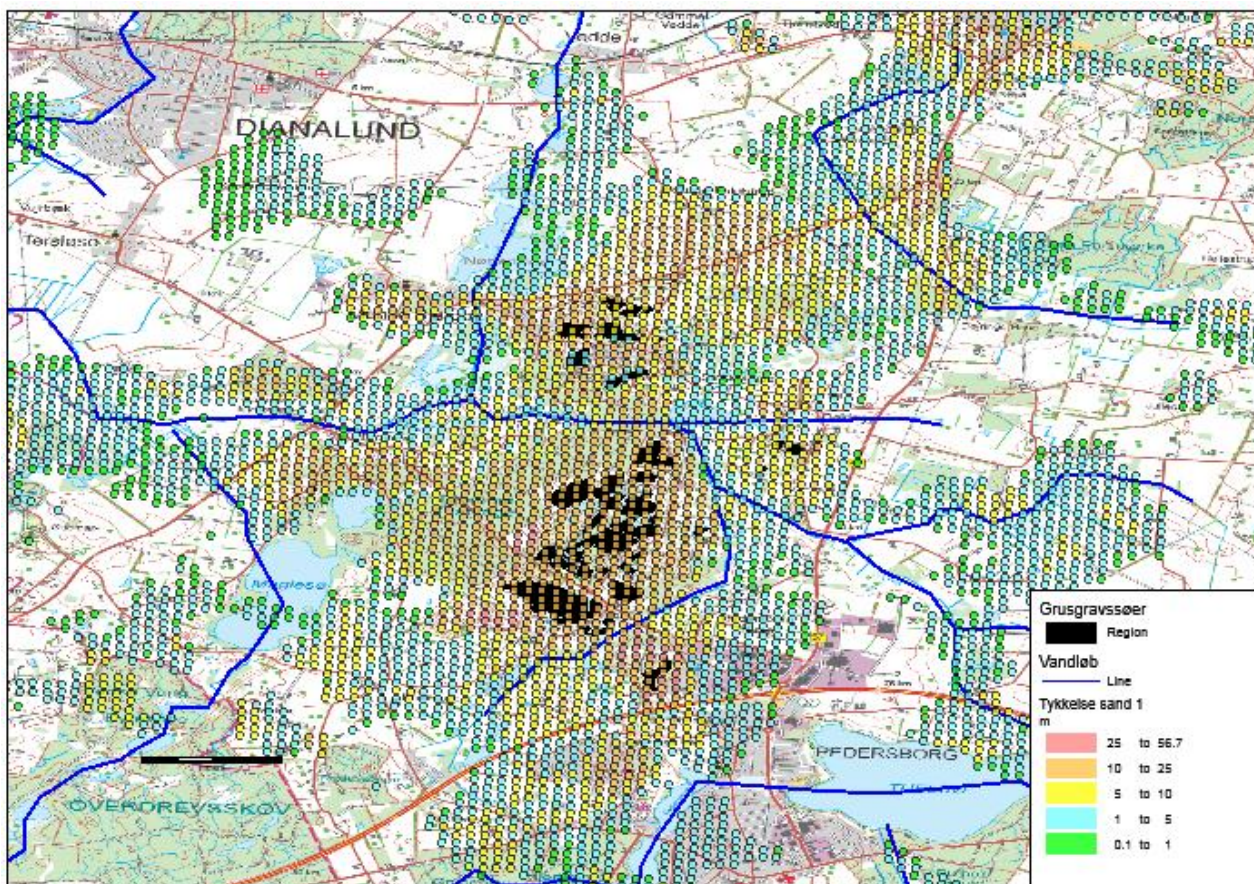
2.2 Højdemodel

I forhold til den topografi, der er implementeret i den eksisterende hydrologiske model, er topografien modificeret som følge af grusgravningen. Derfor er der downloadet en ny højdemodel fra Kortforsyningen. Højdemodellen er downloadet i en opløsning på 0.5 meter og interpoleret ind i modellens 100 meter grid. Referencescenariet er udført både med den oprindelige topografi og den nye topografi, for alene at kunne vurdere topografiens betydning.

Den oprindelige højdemodel (højdemodellen i referencemodellen) er baseret på DHM-2007, mens den nye højdemodel er baseret på data indsamlet i 2014 og 2015 i en opløsning på 0.4m.

2.3 Indvinding

Indvindingen i alle indvindingsboringer, der var aktive i 2012, er blevet forlænget frem til 2018. Der er ikke indhentet nye indvindingsdata, således at den indvinding, der var aktiv i 2012, er blevet repeteret frem til 2018 på årlig basis.

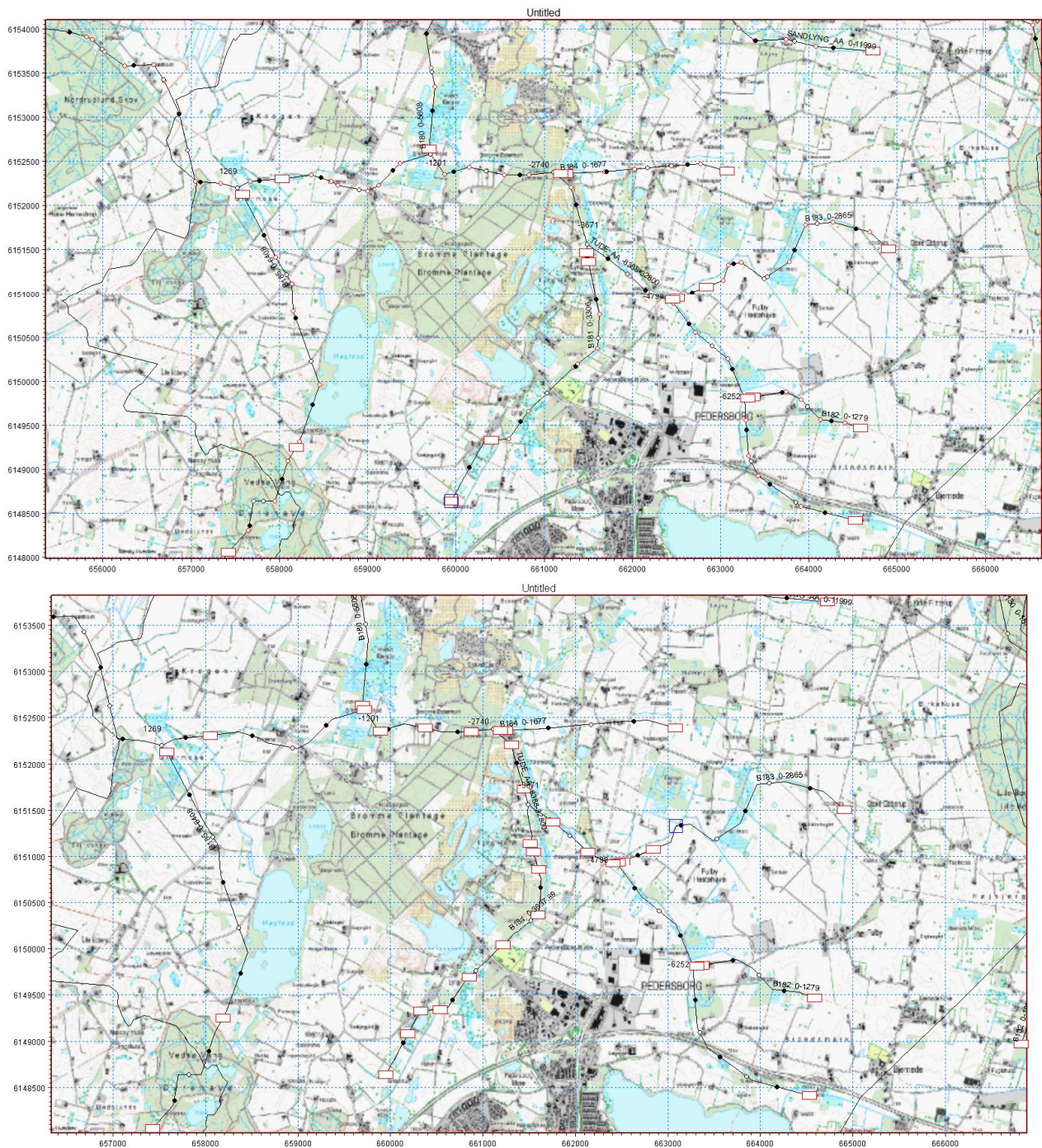


Figur 2-1 Tykkelse af Sand 1 efter tilretning af den geologiske model. Kortet ses i større størrelse i Bilag 2.

2.4 Vandløbsopsætning

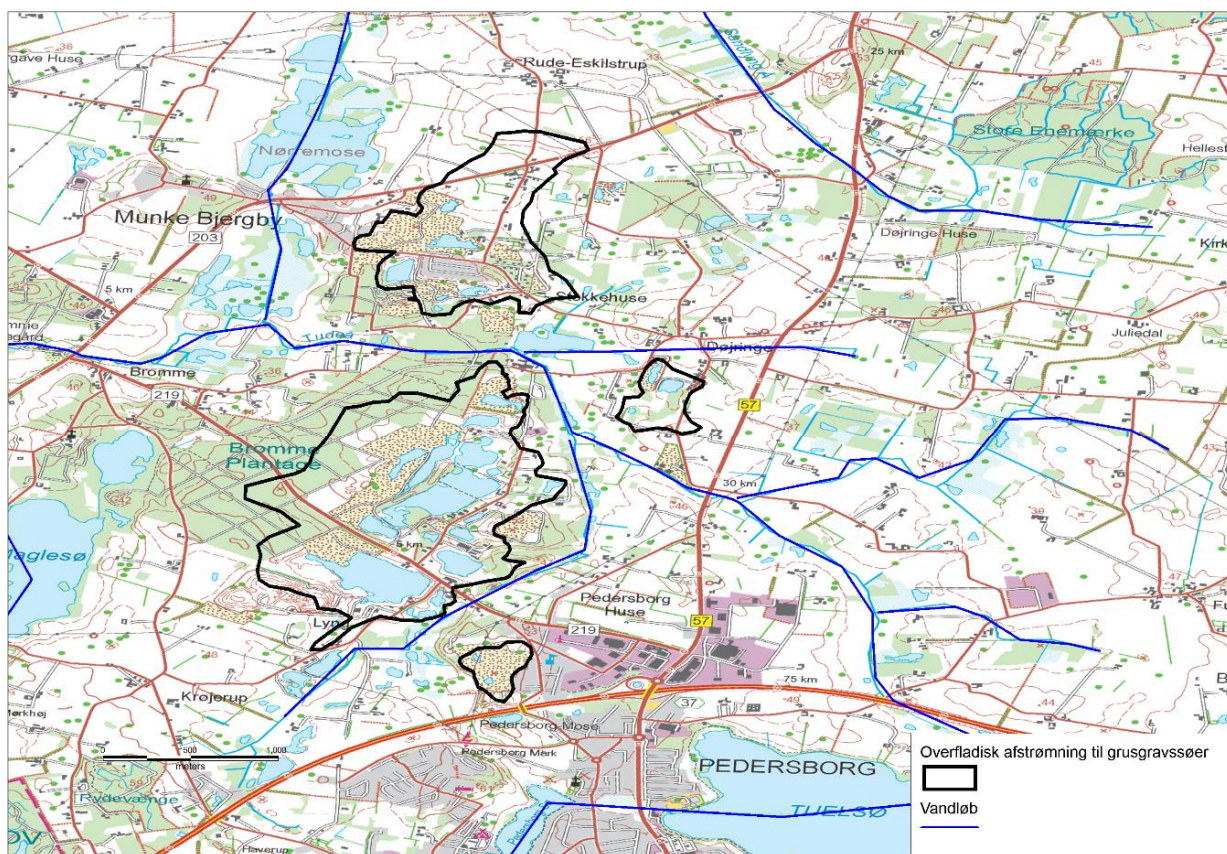
For at kunne nuancere påvirkningen af vandløbene, er der tilføjet flere beregningspunkter (q-punkter) i vandløbene. Dette er sket ved, at der er indlagt flere vandløbstværsnit i modellen inden for de vandløbsstrækninger, der er i fokus for undersøgelse. Der er ikke indhentet nye vandløbstværsnit, men taget udgangspunkt i de tværsnit, der allerede er implementeret i modellen og består af type-tværsnit. Disse typetværsnit er efterfølgende tilpasset højdemodellen, således at der undgås flyvende vandløb. I Tude Å er der indlagt supplerende tværsnit mellem punkterne chainage -4798 og chainage -1200. Desuden er der indlagt supplerende vandløbstværsnit i tilløbene til Tude Å benævnt B181 og B183. Oprindelige vandløbstværsnit og de nye tværsnit er vist på Figur 2-2.

Endelig er koten for vandløbsbunden i vandløbstværsnittene blevet opdateret i forhold til regulativ for Tude Å /2/.



vand overfladisk til grusgravssøerne, f.eks. i forbindelse med større nedbørshændelser. På baggrund af den nye højdemodel er der derfor foretaget en analyse af, indenfor hvilket område grusgravningen potentielt kan påvirke de overfladenære afstrømningsforhold. Som grundlag er foretaget en vurdering af det område, hvor overfladevand vil løbe til grusgravssøerne på baggrund af overfladetopografien.

De områder, hvor det vurderes, at overfladevand løber til grusgravssøerne og ikke til vandløb, er vist på Figur 2-3.



Figur 2-3 Afgrænsning af områder, hvor det vurderes at overfladevand vil løbe til grusgravssøerne. Kortet ses i større udgave i Bilag 4.

2.6 Øvrige mindre justeringer

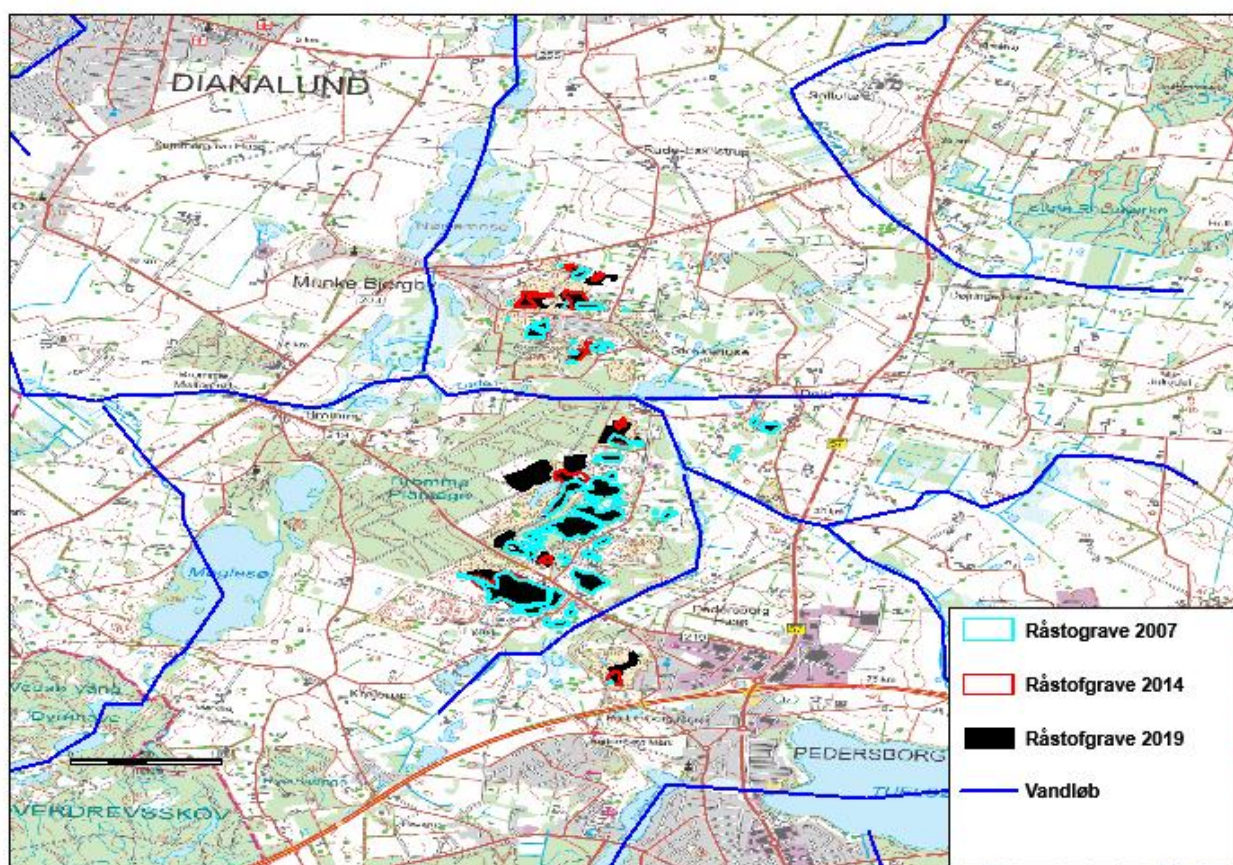
Indenfor graveområdet viser jordartskortet sand. Det er forudsat, at dette sandlag er blevet bortgravet indenfor graveområdet, således at der er direkte adgang til grusede lag. Derudover er vegetationstemaet justeret så det inkluderer vand, der hvor grusgravssøerne er beliggende. Dette har primært betydning i forhold til fordampningen, der er større over frie vandoverflader.

2.7 Implementering af grusgravssøerne i modellen

Udbredelsen af grusgravssøer i henholdsvis 2007, 2014 og 2019 er vist på Figur 2-4. Det fremgår, at der i perioden er sket en udbygning af grusgravningsområdet, men også at hovedparten af grusgravssøerne allerede var etableret i 2014. Siden 2014 er der primært sket en udvidelse af graveområdet i den

vestlige del af det sydlige graveområde, hvor der er etableret en større grusgravssø. Frem til 2019 er der i alt etableret 41 grusgravssøer.

Med udgangspunkt i de eksisterende gravetilladelser er det indledningsvist vurderet, hvor meget grus der er gravet bort. Såfremt gravetilladelserne er udnyttet fuldt ud, vil der samlet være bortgravet næsten 18 million m³ grus under grundvandsspejlet fra 1970 til og med 2018 for hele graveområdet. Med et samlet areal for alle grusgravene på 817.000 m² svarer dette til en gennemsnitligt gravedybde på 21 meter. Hvor meget af tilladelsen, der reelt er udnyttet, kendes ikke, men det vurderes at være muligt at grave dybt under grundvandsspejlet, da der er anvendt slæbeskovle.



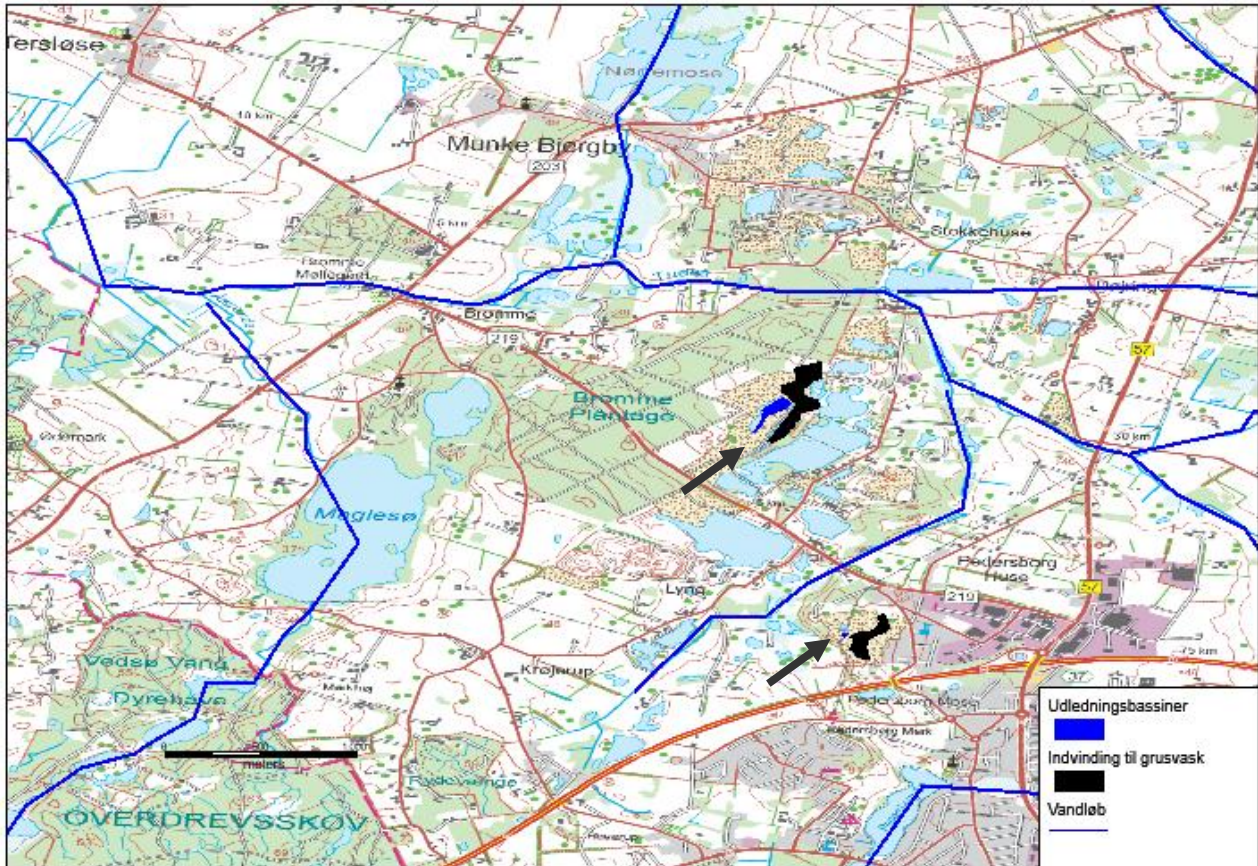
Figur 2-4 Udvikling i udbredelsen af råstofgrave fra 2007 til 2019. Kortet ses i større udgave i Bilag 5.

2.8 Implementering af grusvask i modellen

De samlede aktive tilladelser til oppumpning og udledning af vand til grusvask udgør 330.000 m³/år. Oppumpningen foregår fra to grusgravssøer, og vaskevandet infiltreres i bassiner i nærheden af de samme grusgravssøer. Den ene grusgravssø med oppumpning til grusvask er beliggende lige øst for Bromme Plantage, mens den anden grusgravssø er en mindre sø umiddelbart vest for Pedersborg Huse. Lokaltiteterne fremgår af Figur 2-5. Tilladelserne er fordelt med 300.000 m³/år i den nordlige sø og 30.000 m³/år i den lille, sydlige sø. Oppumpningen er implementeret som indvindingsboringer i grusgravssøerne.

Udledningerne blev indledningsvist implementeret som et ekstrabidrag på nedbøren midlet udover søernes udstrækning. Udledningsstederne fremgår af Figur 2-5. De efterfølgende modelkørsler viste

dog, at ved udledning af hele tilladelsen simulerede modellen et korrekt vandspejl i starten af simuleringsperioden men et for højt vandspejl senere i simuleringsperioden (se afsnit 4). Derfor blev udledningen efterfølgende implementeret som overfladenære injektionsboringer.



Figur 2-5 Indvindings- og udledningssteder af vand brugt til grusvask. Kortet ses i større udgave i Bilag 6.

3. Beregningsprincipper

3.1 Scenarier

Ved gravning under grundvandsspejlet sænkes grundvandsspejlet, når porøsiteten ændres fra 0.25 (grus) til 1 (vand). Der er flere muligheder til at implementere denne effekt rent modelteknisk. Den umiddelbart mest oplagte metode er at lave en sænkning af topografien svarende til bunden af grusgravssøerne. Denne metode kan dog have den utilsigtede effekt, at tilstrømningen til søen underestimeres, fordi modellagene tvinges ned under søen. En anden metode er at bibeholde den eksisterende topografi og modellaggrænser og i stedet udfylde grusgravssøen med et materiale, der tilnærmelsesvis repræsenterer vand. Dette er dog heller ikke ligetil. Porøsiteten i Mike She bruges til partikeltransport og stoftransport men ikke til simulering af grundvandsstrømningen. Derimod kan grusgravningen simuleres som en indvinding. Tages der udgangspunkt i en porøsitet på 0.25 i gruset, svarer sænkningen fra en grusgravning på 100.000 m³ til en grundvandsindvinding på 75.000 m³/år.

Som grundlag for at vurdere påvirkningen er der kørt følgende scenarier:

Scenarie 1 er et referencescenarie uden implementering af grusgrave. Desuden er scenariet kørt med den oprindelige topografi.

Scenarie 2 er et max-scenarie, der angiver den øvre grænse for mulig påvirkning og har inkluderet de historiske forhold.

Scenarie 3 er det mest realistiske scenarie, der repræsenterer de nutidige forhold.

For alle scenarier er modellen kørt for perioden 2005-2018, begge år inklusive. Som grundlag for at vurdere påvirkninger er resultater efterfølgende trukket ud for 2018 til at vurdere sænkninger, og for perioden 2014-2018 til at vurdere påvirkningen af vandløb. Baggrunden for dette valg, er at der i 2018 blev observeret særligt lave vandføringer på udvalgte strækninger. Til at vurdere påvirkninger af medianminimum og EQR-værdier, kræves dog en lidt længere årrække, hvorfor perioden 2014-2018 er valgt.

3.2 Max-scenarie

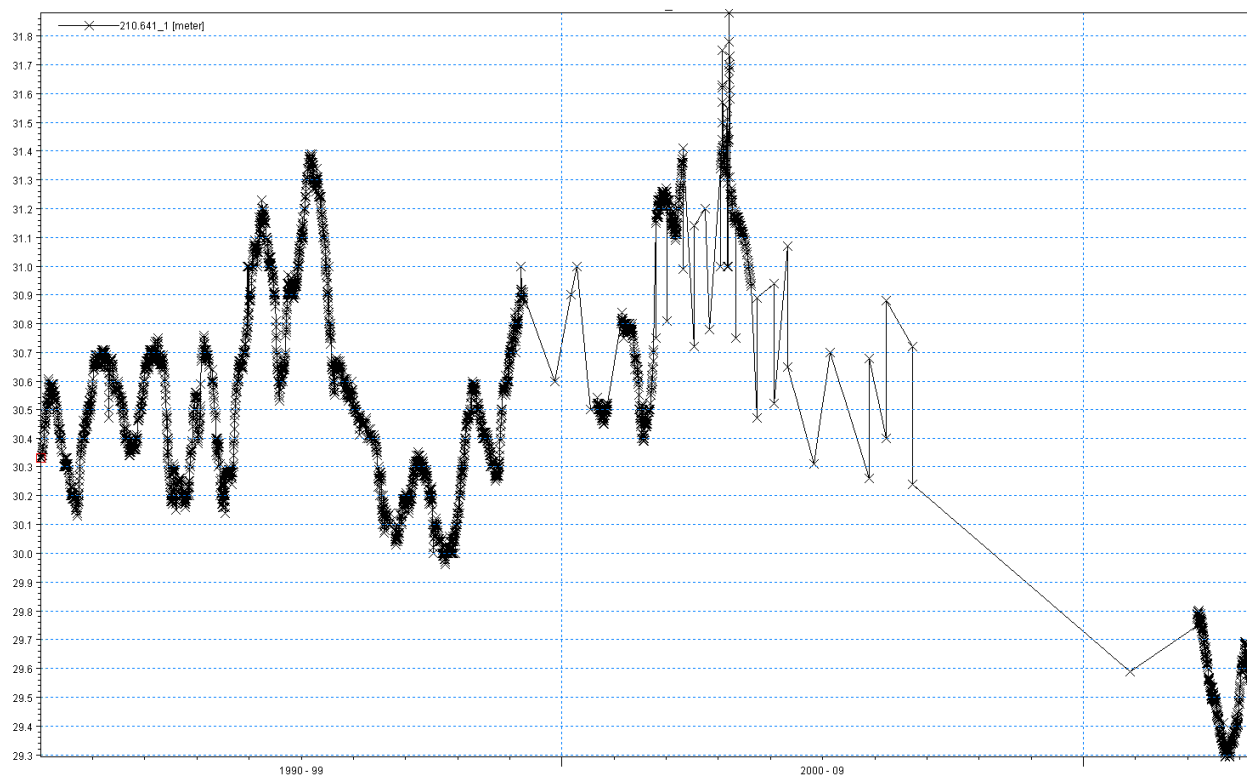
Max-scenariet er beregnet ved at kombinere analytiske og numeriske beregningsprincipper.

Ved den analytiske metode er der taget udgangspunkt i, at det samlede potentielle volumen af bortgravet grus under grundvandsspejlet udgør 17.9 millioner m³ siden 1970. Det potentielle volumen tager udgangspunkt i tilladelserne, samt i hvilket tidsrum tilladelserne har været aktive. Såfremt halvdelen af tilladelserne er udnyttet (realistisk gæt), svarer dette til, at ca. 8.950.000 m³ er bortgravet under grundvandsspejlet. Efter midling af denne mængde ud over de 41 søer og efterfølgende korrektion for porøsiteten og med en vurderet oprindelig mættet lagtykkelse på ca. 10 meter er der analytisk beregnet en sænkning af grundvandsspejlet på 1-2 meter. Med en sænkning på 2 meter beregnes analytisk en hydraulisk ledningsevne på 5.08 e-2 m/s, hvilket er lidt mindre end normalt for grus. Metoden vurderes dog at være meget konservativ og kun gældende, såfremt der har været konstant gravning i grusgravssøerne. Desuden er effekten af, at grusgravssøerne opfyldes med vand, ikke medtaget. Vandet vil udgøre en buffer og dæmpe det yderligere sænkingsforløb. Derfor vurderes max. scenariet ikke at være realistisk men at repræsentere en absolut maksimal overgrænse for den samlede påvirkning ved grusgravning under grundvandsspejlet gennem hele perioden fra 1970 til 2018.

Dette er også i overensstemmelse med de erfaringer, der er fra andre grusgrave, hvor gravning under grundvandsspejlet ikke har givet anledning til væsentlige sænkninger.

Max-scenariet er imidlertid medtaget for at have et billede af den maksimale mulige påvirkning.

Den beregnede sænkning på 2 meter i grusgravsøerne er efterfølgende implementeret i den numeriske model, som en drænrandbetingelse, der er lagt 2 meter under terræn i søerne. Dvs. at modellen fastholder en sænkning i grusgravsøerne på 2 meter, der ikke bufferes af indløbende grundvand. Da vandet fjernes fra modellen, viser resultatet som nævnt en maksimal påvirkning af både grundvand og vandløb. Dette understøttes ved at sammenholde med udviklingen i grundvandspotentialet i boring 201.1115. Som det fremgår af Figur 4-2 er der i boringen observeret et fald i potentialet i den sidste dekade på næsten 1 meter, men en del af dette fald forventes at skyldes klimaet (mindre nedbør). Der kan dog også være påvirkninger fra de tidligere graveperioder. På Figur 3-1 er vist udviklingen i grundvandspotentialet i boring 210.641, beliggende umiddelbart vest for graveområdet. I denne boring observeres et fald i potentialet på næsten 1.5 meter i perioden 2003-2013. Der kan være flere årsager til faldet, herunder klimatiske og indvindingsmæssige årsager, men faldet indikerer at der i perioden fra 2003 til 2013 potentielt kan være en påvirkning fra grusgravningen på en meter eller lidt mere.

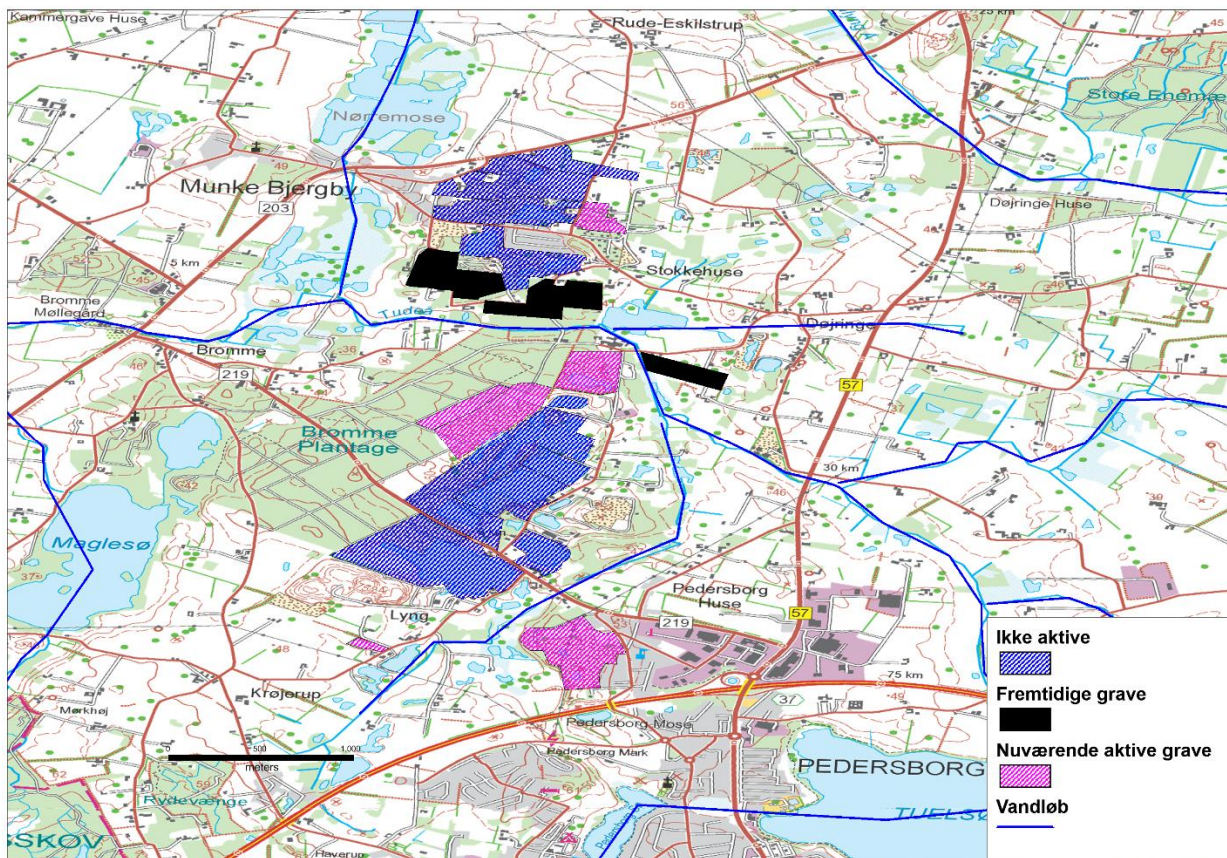


Figur 3-1 udviklingen i grundvandspotentialet i boring 210.641 beliggende umiddelbart vest for graveområdet. Boringen er filtersat i gruslaget.

3.3 Realistisk scenarie

Det realistiske scenarie vurderes at repræsentere nutiden. Påvirkning fra grusgravning under grundvandsspejlet er implementeret som indvinding direkte i den hydrologiske model. Til dette formål er der taget udgangspunkt i, at de nuværende aktive tilladelser til grusgravning under grundvandsspejlet, tilsammen udgør 355.000 m³ pr. år svarende til en samlet indvinding af vand fra

sørerne på 266.250 m³/år, når der tages højde for ændringerne i porøsitet. Tilladelserne er i modellen fordelt på de grave, som var aktive med gravning under grundvandsspejlet i 2018. De aktive grusgrave fremgår af Figur 3-2, og tilladelserne er implementeret i modellen som almindelige indvindingsboringer filtertsat i modellens lag 1 og fordelt over hele søen.



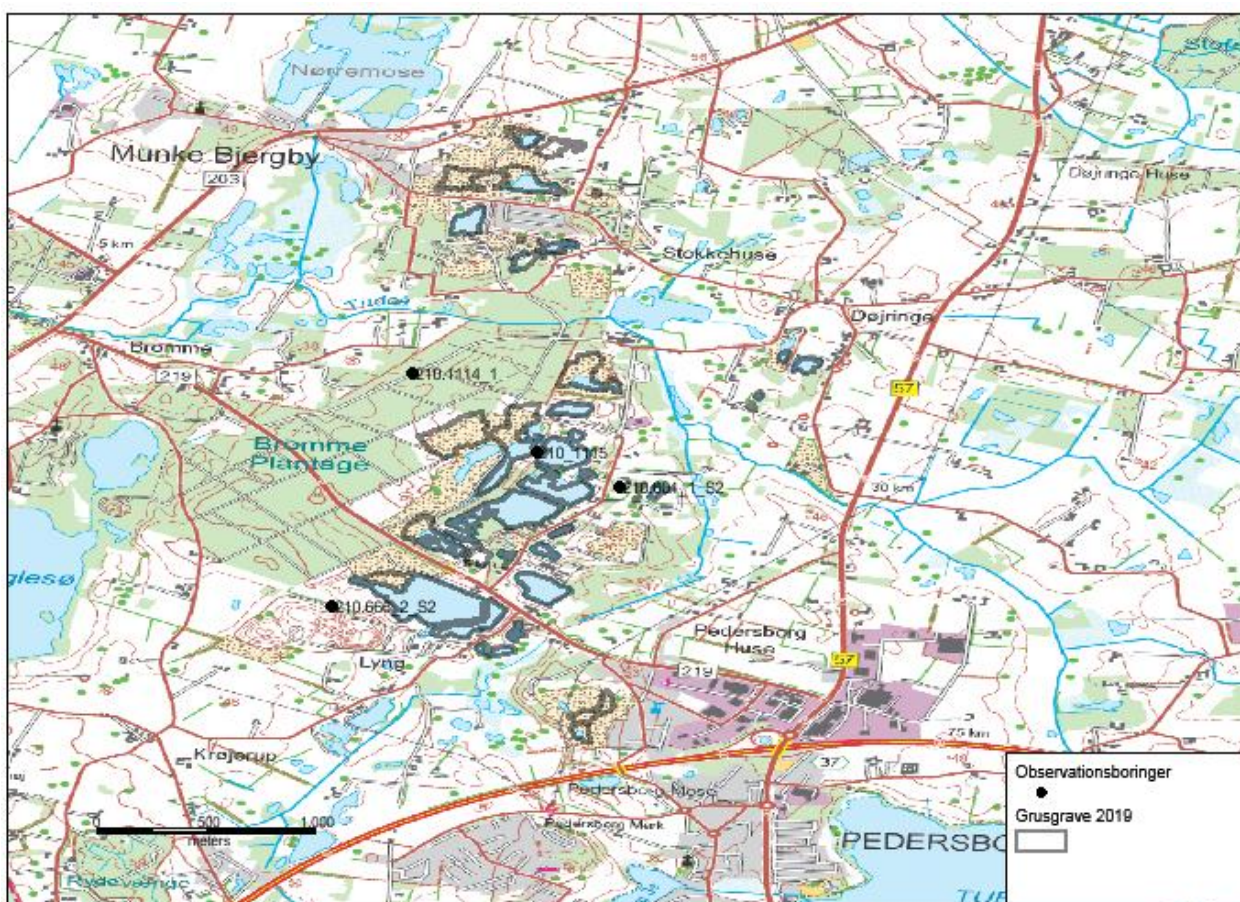
Figur 3-2 Aktive grusgrave i 2018. Kortet ses i større udgave i Bilag 7.

4. Modelresultater

Modelsimuleringerne er indledningsvist sammenlignet mod målte grundvandsspejl i borer. Placeringerne af disse borer fremgår af Figur 4-1.

Den centralt beliggende Boring 210.1115 er filtersat i gruslaget og er beliggende umiddelbart imellem to grusgravssøer. Søen umiddelbart mod vest for boringen er samtidig den sø, hvor der oppumpes vand til grusvask, og ikke langt derfra udledes vandet til en anden sø, jævnfør Figur 2-5. Grundvandsspejlet i boringen må derfor formodes at være påvirket af grusvask og grusgravning. Som det fremgår af Figur 4-2 og Figur 4-3, er der en god overensstemmelse mellem observeret potentiale og simuleret potentiale i både scenarie 1 og scenarie 3. Scenarie 3 vurderes at være det scenarie, der bedst repræsenterer nutiden. På denne baggrund vurderes modellen at være anvendelig til at udføre påvirkningsberegningerne, da modellen på tilfredsstillende simulerer forholdene helt tæt på grusgravene. Der er dog en tendens til, at ved de ældre observationer (2007-2010) simulerer modellen i scenarie 3 lidt for lavt, mens den ved de seneste observationer (2017-2018) simulerer lidt for højt. Dette kan indikere, at scenariet giver en lille underestimering af den sænkning, der sker igennem perioden

På grund af den måde scenarie 2 er udarbejdet på med beregning af en samlet sænkning gennem hele graveperioden, kan der ikke optegnes et simuleret potentiale for scenarie 2 på samme måde som for scenarie 1 og scenarie 3.

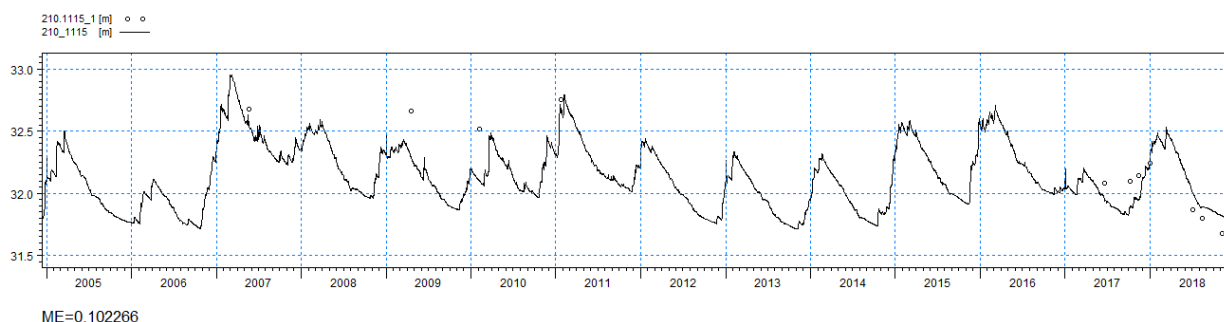


Figur 4-1 Placering af observationsboring 210.1115. Kortet ses i større udgave i Bilag 8.

Som det fremgår af Figur 4-2 og Figur 4-3, simulerer modellen udpræget årstidsvariation i scenarie 1 men ikke i scenarie 3. Dette vurderes at skyldes dels den ændrede topografi i modellen, dels den buffereffekt, der er i grusgravssøerne i scenarie 3. Buffereffekten i søerne har den betydning, at årstidsvariationen udjævnes. Til gengæld kan længerevarende perioder med lav nedbør betyde, at grundvandsspejlet falder i en længere periode. Dette er f.eks. tilfældet i flere år efter 2012, hvor det simulerede vandspejl falder som følge af lav nedbør i årene 2012 og 2013.

210_1115, head elevation in saturated zone

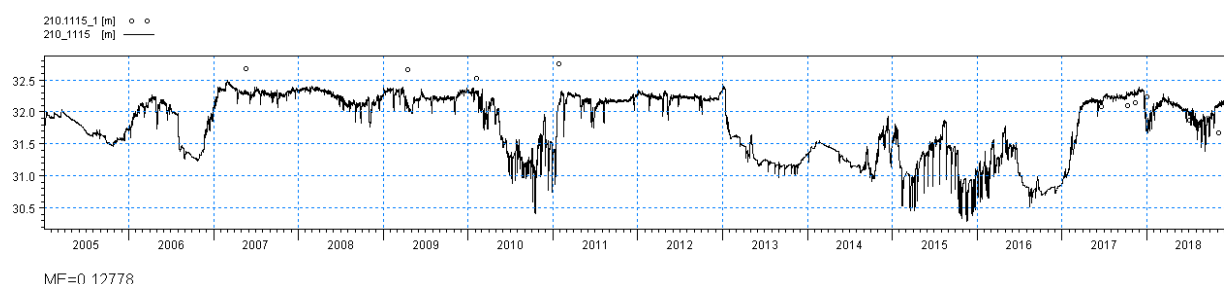
- Obs: ..\03_Time\Pejlinger\210.1115_1.dfs0, item no. 1



Figur 4-2 Simuleret og observeret potentiale i scenarie 1 i boring 210.1115.

210_1115, head elevation in saturated zone

- Obs: ..\03_Time\Pejlinger\210.1115_1.dfs0, item no. 1



Figur 4-3 Simuleret og observeret potentiale i scenarie 3 i boring 210.1115.

4.1.1 Scenarie 2

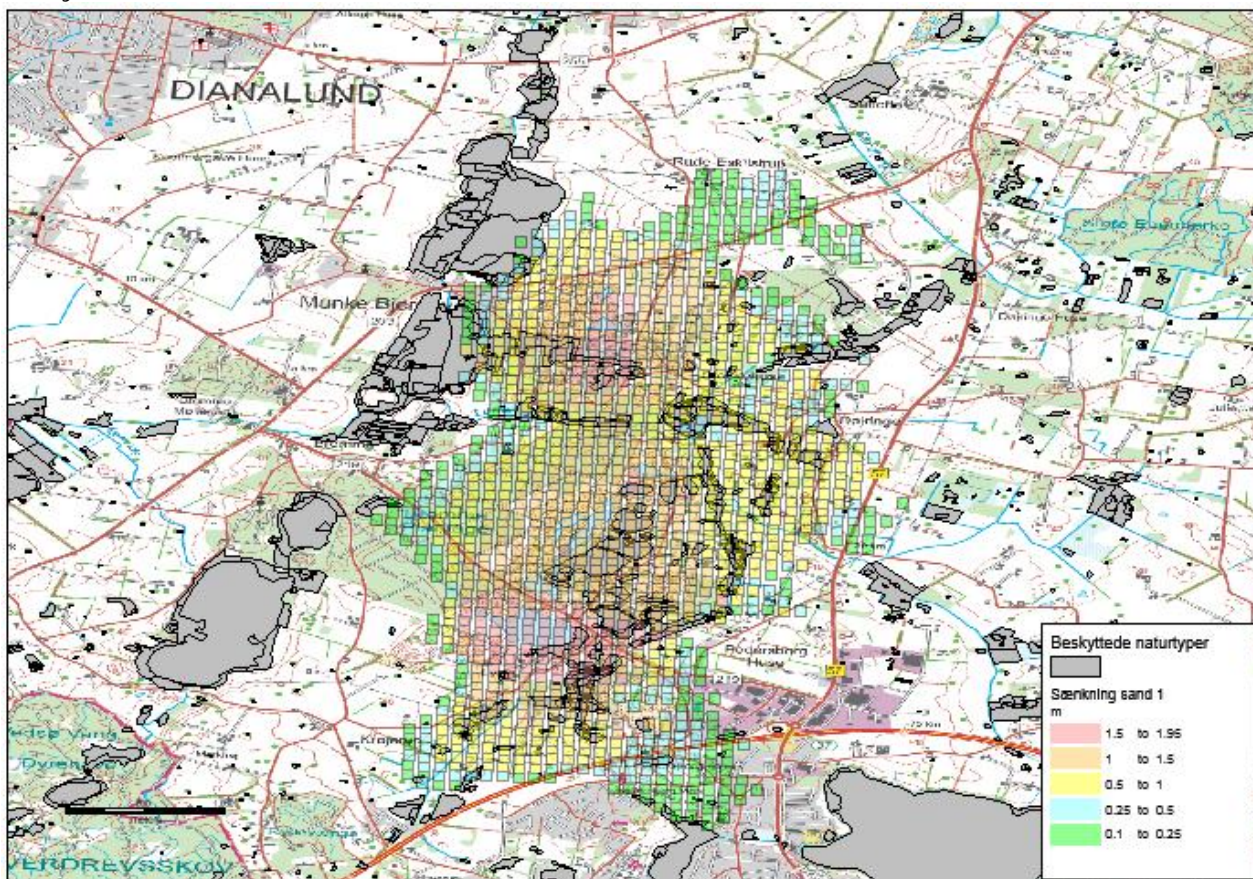
Sænkningen i grundvandsspejlet er vist som forskellen mellem det gennemsnitlige simulerede potentiale i 2018 mellem scenarie 1 og scenarie 2. Som beskrevet i kapitel 0 er scenarie 2 et max-scenarie i forhold til påvirkning, og differensen mellem scenarie 1 og scenarie 2 viser derfor en yderværdi for påvirkningerne af grundvandsspejlet som følge af den samlede grusgravning i perioden 1970 til 2018.

Den simulerede sænkning i Sand 1 er vist på Figur 4-4. Sænkningens udbredelse sker indenfor den lokale udbredelse af gruslaget (Sand 1). Den høje hydrauliske ledningsevne i gruset medfører, at sænkningen udbredes til stort set hele gruslaget, til gengæld bremses sænkningen ved randen af gruslaget, hvor der er en negativ hydraulisk barriere i form af lerede aflejringer.

De maksimale sænkninger findes omkring grusgravssøerne med udgangspunkt i den analytisk beregnede sænkning på 2 meter. Som det fremgår af figuren, spreder sænkningen sig omkring Tude Å samt tilløb

herunder Lyngbækken. Generelt simuleres de største sænkninger omkring Lyngbækken, der også er det vandløb, der ligger tættest på grusgravssøerne.

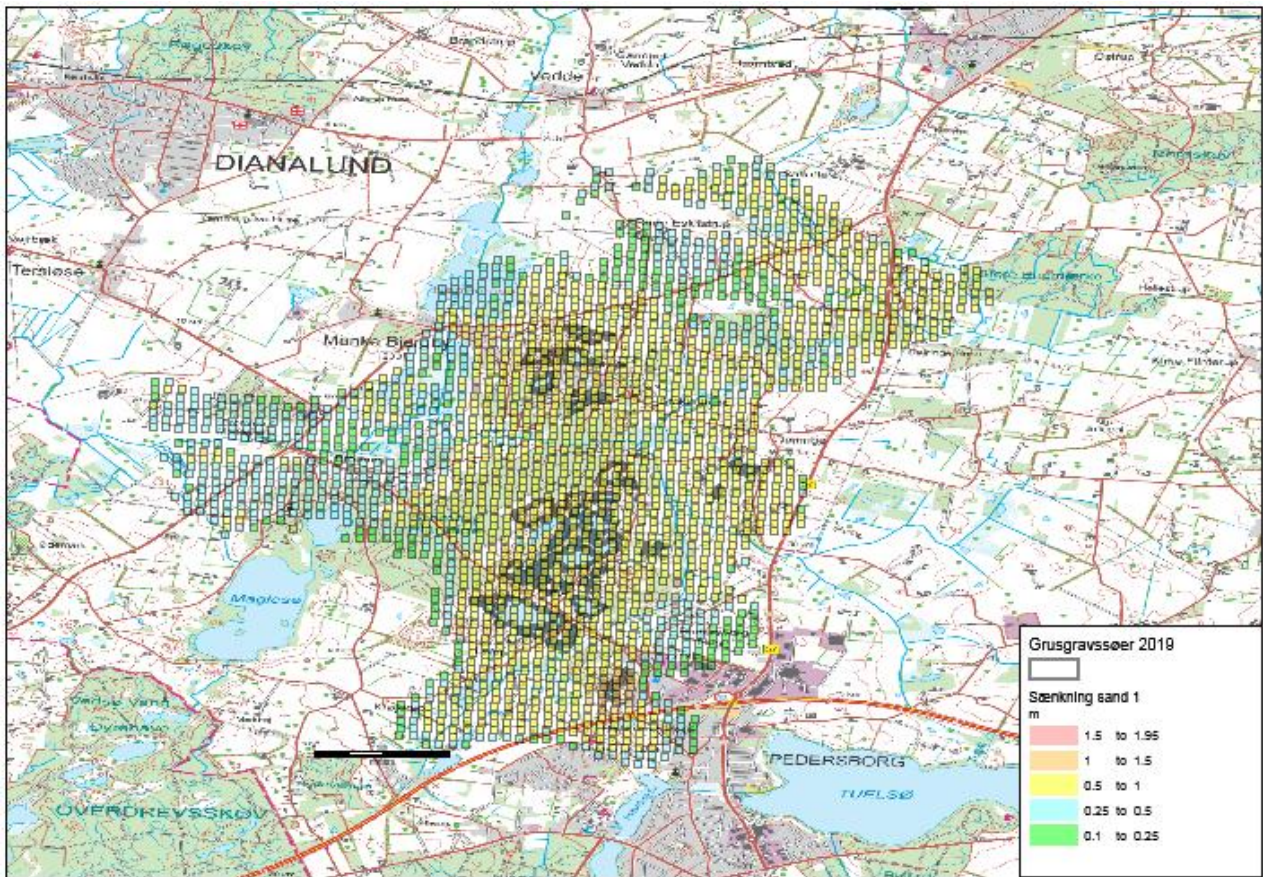
I forhold til vådområder simulerer modellen, at der påvirkes en del vådområder (defineret som beskyttede naturtyper) indenfor selve graveområdet. Selve gravningen har imidlertid også genereret en del nye vådområder.



Figur 4-4 Den simulerede sænkning i sand 1 mellem scenarie 1 og scenarie 2. Kortet ses i større udgave i Bilag 9.

4.1.2 Scenarie 3

Den simulerede sænkning i scenarie 3 sammenlignet med scenarie 1 er vist på Figur 4-5. Den maksimale simulerede sænkning ligger på ca. en meter. Ligesom i scenarie 2 simuleres en flad sænkningstragt med stor horisontal udbredelse på grund af den store hydrauliske ledningsevne. Den simulerede sænkning i scenarie 3 har en større udbredelse mod nord end den simulerede sænkning i scenarie 2. Dette skyldes forskelle i den anvendte metodik i beregningen af de to scenarier. Som beskrevet i kapitel 0 er grusgravning lagt direkte ind i de hydrologiske model i den metodik, der er anvendt i scenarie 3. Dette betyder, at indvindingen fordeles korrekt i forhold til de gældende tilladelser til gravning under grundvandsspejlet. Blandt andet af denne grund vurderes sænkingsberegningerne i scenarie 3 at give et mere realistisk billede af virkeligheden end scenarie 2. Påvirkningen i forhold til beskyttede naturtyper er beskrevet i afsnittet om beskyttede naturtyper.



Figur 4-5 Simuleret sænkning mellem scenarie 1 og scenarie 3. Kortet ses i større udgave i Bilag 10.

5. Vandløbsafstrømning

Det er på flere vandløbsstrækninger observeret, at vandløbet løb tørt i september 2018, og det primære formål med dette projekt har været at vurdere, hvorvidt det kan skyldes grusgravningen. I forbindelse med etableringen af graveområdet er de overfladenære strømningsforhold i området blevet ændret. Relationen i forhold til vandløbsafstrømningen er dog ikke ligetil, idet gravningen bl.a. har betydet at der er dannet flere vådområder i området. Dannelsen af vådområder har bl.a. den betydning at der i højere grad end tidligere holdes på vandet i området, og denne forsinkelse i vandløbsafstrømningen kan have betydning for vandføringen i tørre perioder. Resultaterne viser, at i nogle beregningspunkter stiger medianminimum i scenarie 3. Det er sandsynligt, at det er forsinkelsen i de nye søer/vådområder, der i nogle beregningspunkter i Tude Å giver anledning til stigninger i medianminimum på op til 50 %.

Påvirkningen af vandløbsafstrømningen er vurderet i forhold til middelvandføring, medianminimum og EQR-værdier. Parametrene er vurderet på baggrund af perioden 2014-2018 og er vurderet på baggrund af stationeringen vist på Figur 5-1

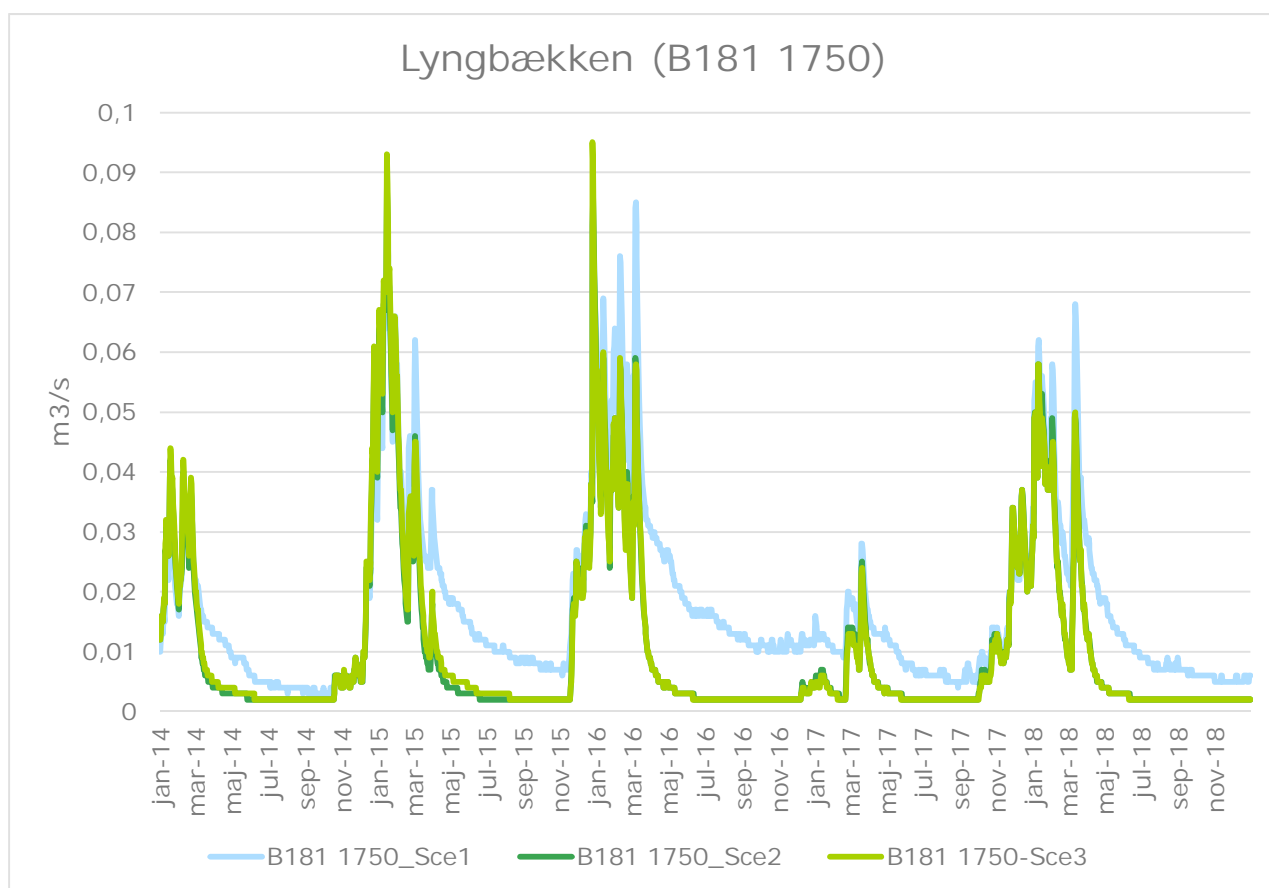


Figur 5-1 Q-punkter i vandløbsmodellen, hvor vandføringen er udtrukket. Vandløbet B181 er Lyngbækken. Kortet ses i større udgave i Bilag 11.

5.1 Middelvandføring

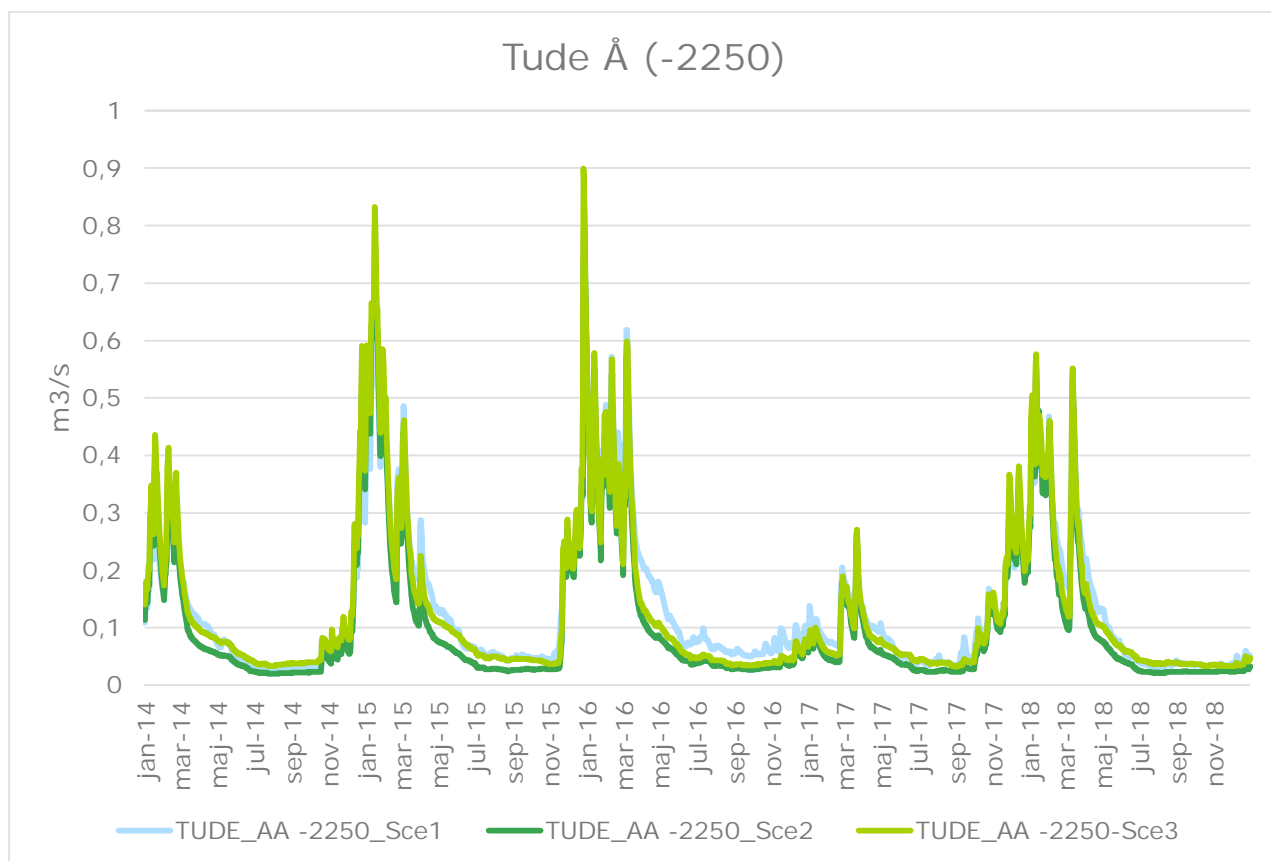
5.1.1 Scenarie 2

I Figur 5-2 er vist den simulerede vandføring i alle tre scenarier helt nedstrøms i det mest påvirkede vandløb, Lyngbækken. Det fremgår, at med de indlagte antagelser i modellen, herunder ændring af drænstrømningen, simuleres i både scenarie 2 og scenarie 3 en vandføring 1 l/s i september 2018. Da vandløbet som udgangspunkt tilføres 1 l/s helt opstrøms i vandløbet, simuleres reelt en vandføring på mellem 0 og 1 l/s. Det fremgår også, at i dette beregningspunkt simuleres omtrent den samme vandføring i scenarie 2 og scenarie 3. Det kan derfor konkluderes, at på baggrund af modellens antagelser simulerer modellen en vandføring tæt på 0 l/s på flere vandløbsstrækninger i september 2018 men også i tidligere år.



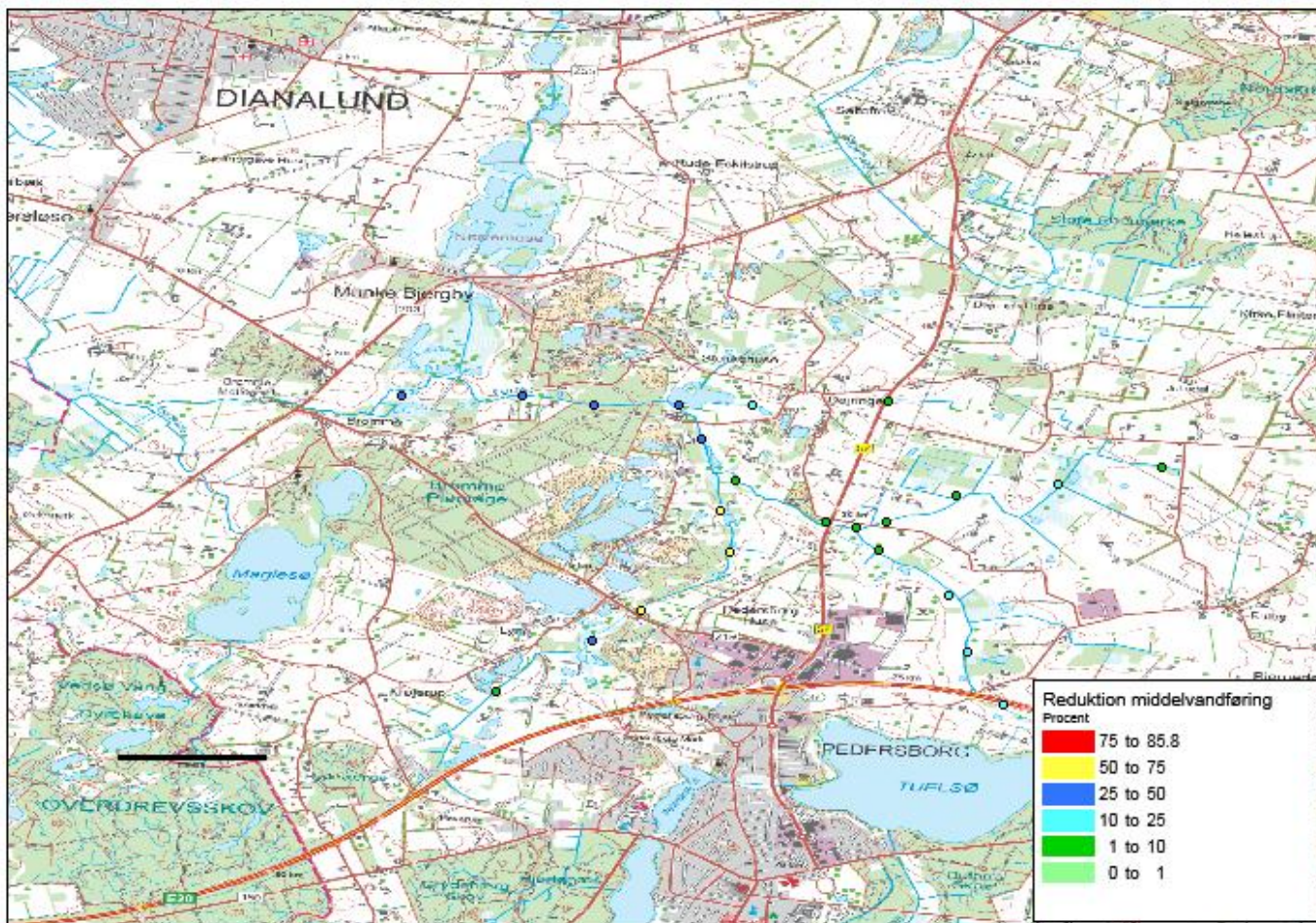
Figur 5-2 Simuleret vandføring i Lyngbækken i q-punktet B181-1750 for alle scenarier

I Figur 5-3 er vist den simulerede vandføring i alle tre scenarier for et beregningspunkt i Tude Å's løb gennem Bromme Plantage. Det fremgår af figuren, at i dette beregningspunkt er der væsentligt større forskel på den beregnede påvirkning af vandføringen i scenarie 2 og scenarie 3. Scenarie 2 viser en tydeligt lavere vandføring end scenarie 1, mens scenarie 3 i størstedelen af den modellerede periode kun viser små afvigelser fra scenarie 1.



Figur 5-3 Simuleret vandføring i q-punktet Tude Å -2250 (Bromme Plantage) for alle scenarier

Påvirkningen af middelvandføringen ved sammenligning mellem scenarie 2 og scenarie 1 er vist på Figur 5-4. Reduktionen af middelvandføringen er størst i Lyngbækken, hvor middelvandføringen lokalt reduceres op til 56 % helt nedstrøms i vandløbet. I Tude Å reduceres middelvandføringen med op til 36 %, med de største påvirkningsprocenter nedstrøms sammenløbet med Lyngbækken.



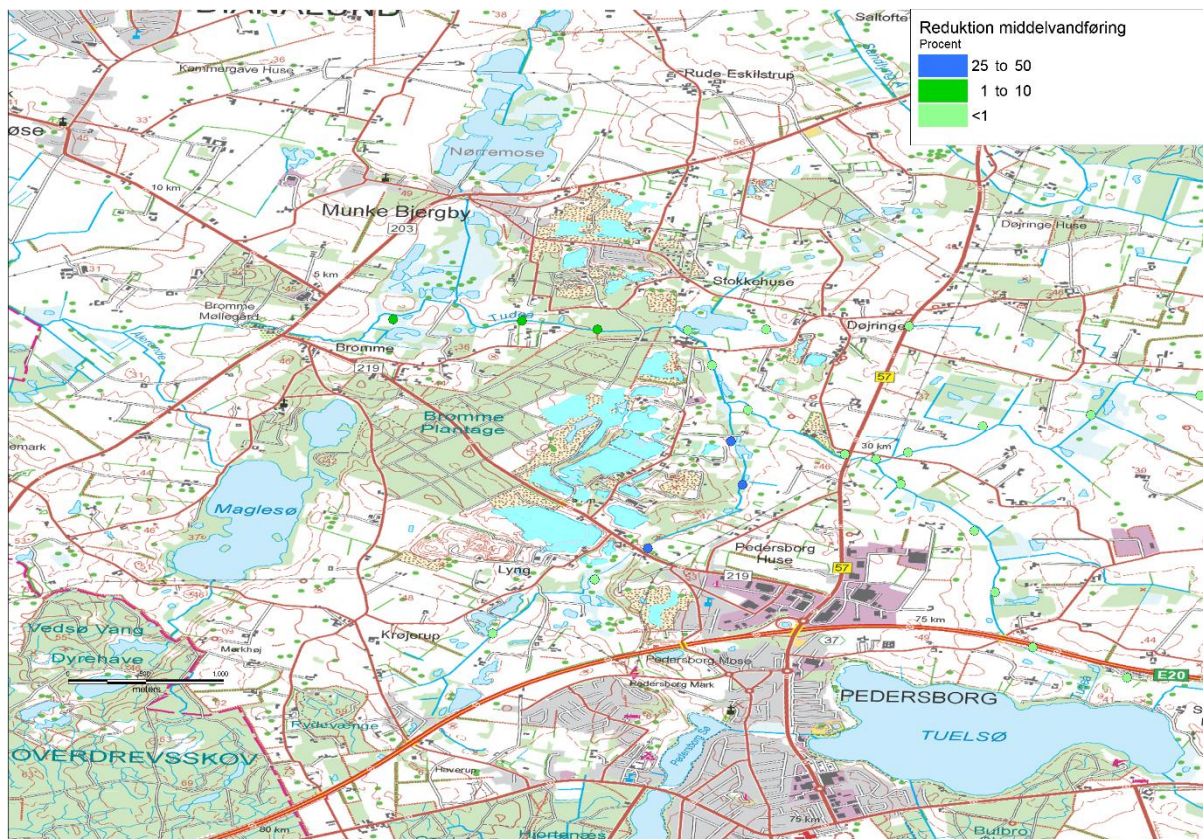
Figur 5-4 Reduktion i middelvandføring mellem scenarie 1 og scenarie 2. Kortet ses i større udgave i Bilag 12.

5.1.2 Scenarie 3

I det realistiske scenarie simuleres en reduktion af middelvandføringen i Lyngbækken på op til 40% i forhold til scenarie 1, jævnfør Figur 5-5. Derudover reduceres middelvandføringen i Tude Å i Bromme Plantage og nedstrøms herfra. På de øvrige vandløbsstrækninger simuleres ikke væsentlige ændringer i middelvandføringen.

På Figur 5-2 er vist den simulerede vandføring for perioden 2014-2018 for henholdsvis scenarie 1 og scenarie 3 nedstrøms i Lyngbækken. Udtrækket er fra chainage 1750, hvilket er det næstsidste beregningspunkt i Lyngbækken før udløb i Tude Å. Figuren viser, at de høje vintervandføringer er forholdsvis ens, mens vandføringen i scenarie 3 bliver lavere hen mod sommeren og om efteråret.

På Figur 5-3 er vist den simulerede afstrømning i Bromme Plantage, og det bemærkes, at der i dette beregningspunkt ikke er store forskelle mellem scenarie 1 og scenarie 3.

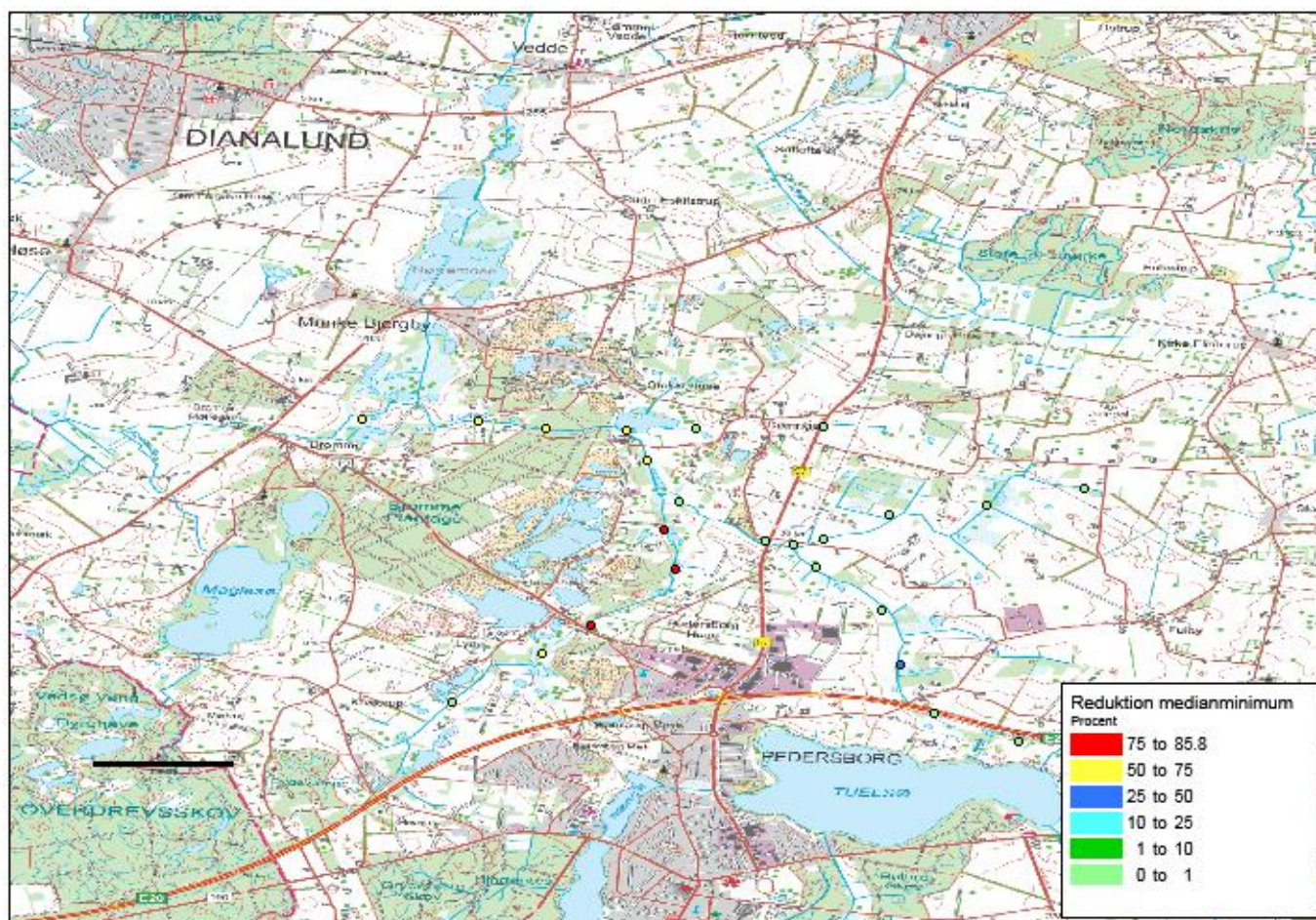


Figur 5-5 Reduktion i middelvandføring mellem scenarie 1 og scenarie 3. Periode 2014-2018. Kortet ses i større udgave i Bilag 13.

5.2 Medianminimum

5.2.1 Scenarie 2

Påvirkningen af medianminimum i scenarie 2 er vist på Figur 5-6. Påvirkningen af medianminimum er størst i Lyngbækken, hvor medianminimum lokalt reduceres op til 85 %. I Tude Å reduceres medianminimum med op til 67 % med de største påvirkningsprocenter nedstrøms sammenløbet med Lyngbækken.



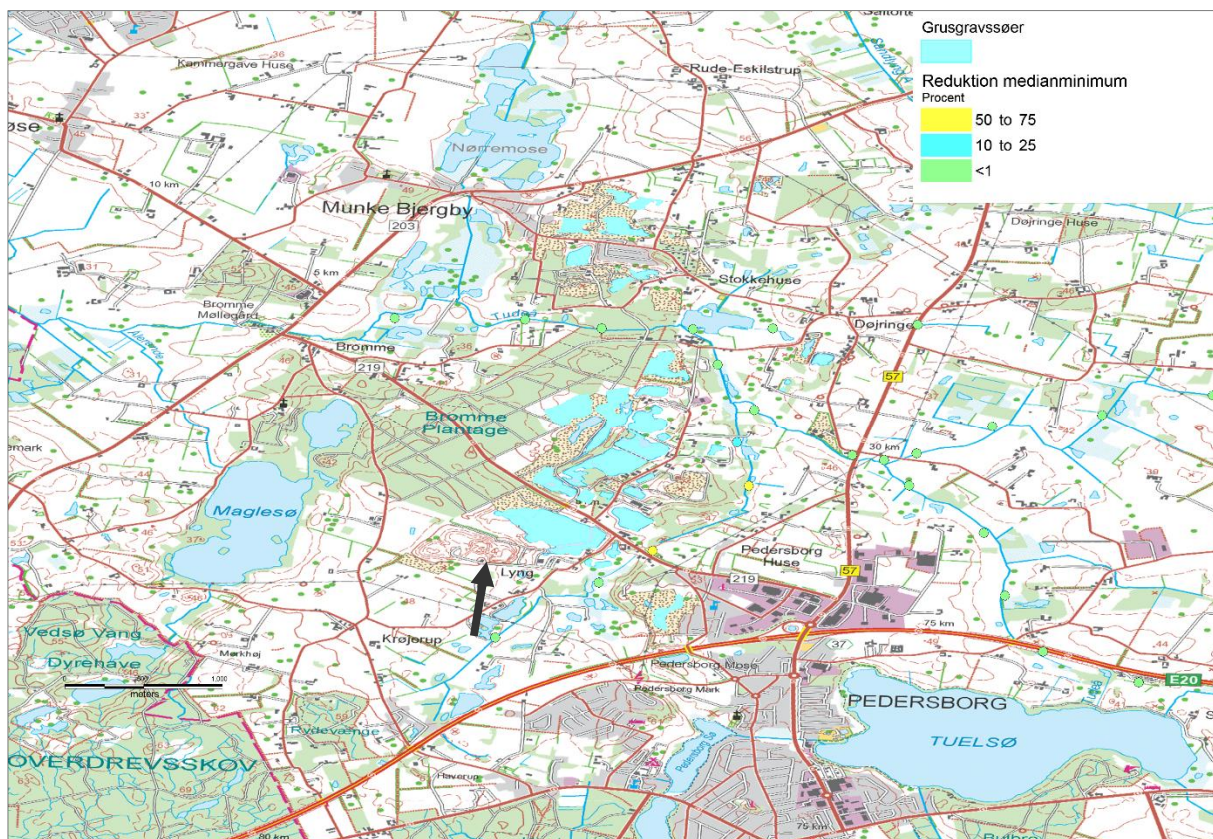
Figur 5-6 Reduktion i medianminimum mellem scenarie 1 og scenarie 2. Kortet ses i større udgave i Bilag 14.

5.2.2 Scenarie 3

I scenarie 3 simuleres kun en reduktion af medianminimumsvandføringen i Lyngbækken, jævnfør Figur 5-7. Reduktionen simuleres i de samme punkter som reduktionen af middelvandføringen, dog simuleres en større reduktion, hvilket også er forventeligt ud fra Figur 5-2, hvor der ses en lavere vandføring i scenarie 3 i den tørre periode. Derudover vurderes, at de ændrede topografiske forhold, hvor grusgravssøerne virker som lokale modtagere af overfladisk afstrømning, også har en betydning for medianminimum.

Procentmæssig er den største reduktion på 60% i chainage 1750 (markeret med pil på Figur 5-7) og q-punkt B181-1750 på Figur 5-1, hvis vandføringstidsserie er vist på Figur 5-2. Den simulerede vandføring er lav, og når i efteråret 2018 ned på 2 l/s. Til sammenligning når vandføringen i referencescenariet i efteråret 2018 ned på 8 l/s.

I modsætning til scenarie 2 påvirkes medianminimum i Tude Å ikke. Faktisk simuleres der stigninger i medianminimum i en del beregningspunkter, i nogle punkter op til 100%. Årsagen til de simulerede stigninger vurderes at være en kombination af søernes/vådområderne tilbageholdning af vand samt den generelle udjævning af topografien og gradientforholdene.



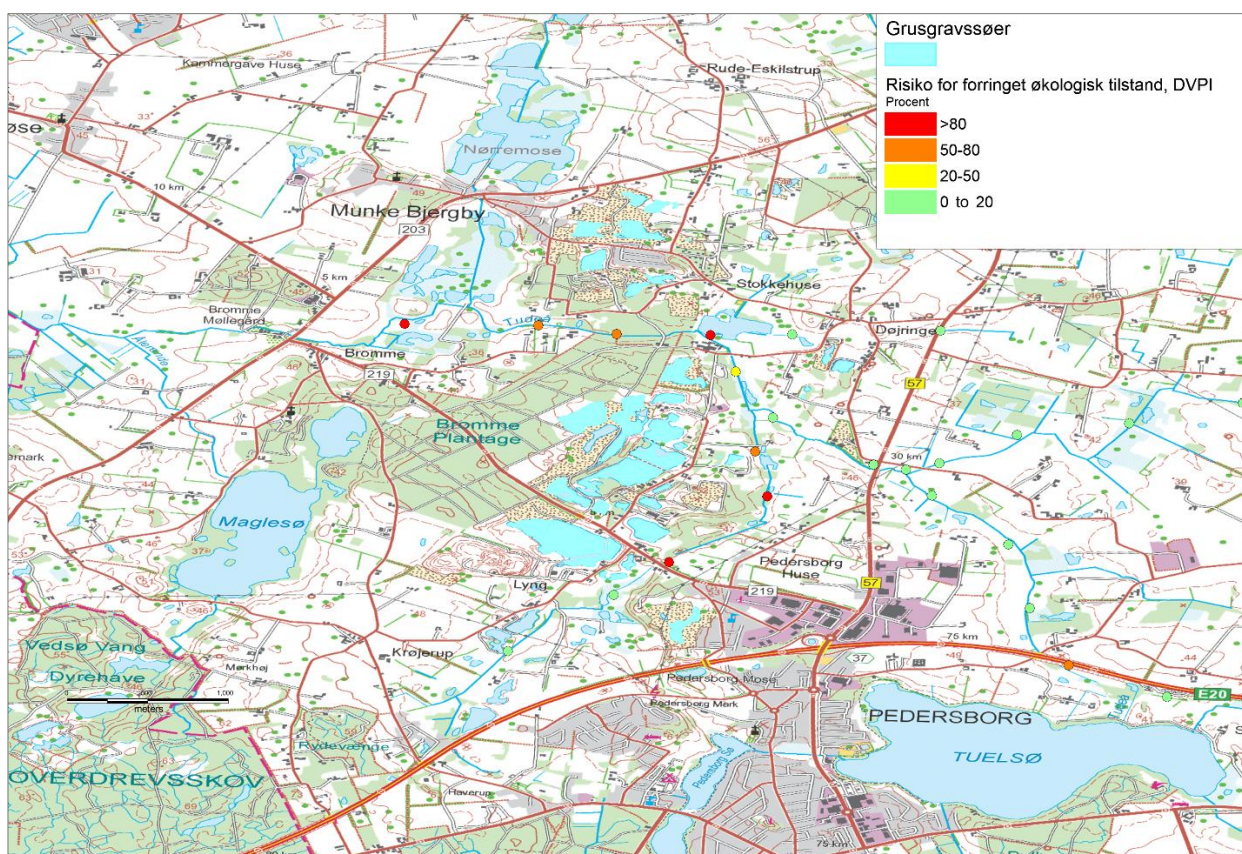
Figur 5-7 Reduktion i medianminimum mellem scenarie 1 og scenarie 3. Største reduktion ses i chainage 1750 i Lyngbækken markeret med pil. Kortet ses i større udgave i Bilag 15.

5.3 EQR-værdier

I vandområdeplanerne (VP2) er der udviklet en ny metodik i forhold til at vurdere effekten af vandindvinding på vandløbs økologiske tilstand. Der beregnes en række vandføringsvariable, som relateres til de tre biologiske kvalitetselementer: Makrofyter (Dansk Vandløbs Planteindeks = DVPI), makroinvertebrater (Dansk Vandløbs Fauna Indeks = DVFI) og fisk (Dansk Fiskeindeks For Vandløb: DFFVa, DFFVø). Sammenhængen mellem vandføringsvariable og de biologiske kvalitetselementer er beskrevet i /3/ og /4/. Til dette projekt er taget udgangspunkt i empiriske formler for beregning af DVFI, DVPI og DFFVa, udviklet af /3/. Metoden er velegnet til at beskrive forskelle imellem EQR-værdier, mens usikkerheden vurderes at være for høj til at beregne absolutte værdier. Til de empiriske formler indgår en række parametre, der udtrækkes af den hydrologiske model. Et eksempel er vist i Tabel 5-1. Som grundlag for at vurdere risikoen for forringet økologisk tilstand tages udgangspunkt i Tabel 5-2, der er taget fra /4/.

Vandløb	B183	B183	B183	B183	B183	B184	B184	B184	B181	B181	B181	B181	B181	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	TUDE_AA	
Chainage	415	1245	2075	2652	2855	406	1220	1667	250	1250	1750	2750	3256	-8032	-7320	-6608	-5888	-5161	-4649	-3865	-3250	-2250	-1750	-724
DVPI	0	0	0	0	0	0	0	0.301	0	0	0.24277	0.27478	0.22655	0	0.11641	0	0	0	0	0	0.04473	0.15939	0.15675	0.25806
DVFI	0	0	0	0	0	0	0	0.00032	0	0	0.00028	0.00036	0.00053	0	0	0	0	0	0	0	0.00101	0.00158	0.00215	0.00416
DFFVa	0.01441	0.0499	0.01544	0.03042	0.02455	0	0	0	0.01303	0.01501	0.11743	0.11672	0.09381	0.09878	0	0.04622	0.05429	0	0	0	0.06636	0.06622	0.06735	0.05796

Tabel 5-3 Reduktion af EQR-værdier mellem scenarie 1 og scenarie 2. Rød: >80 % risiko for forringet økologisk tilstand. Orange: 50-80 % risiko for forringet økologisk tilstand. Gul: 20-50 % risiko for forringet økologisk tilstand. For grønne felter er risikoen for forringet økologisk tilstand mindre end 20 %. Beregningsperiode 2014-2018. DVPI repræsenterer makrofytter, DVFI repræsenterer makroinvertebrater, og DFFVa repræsenterer fisk.



Figur 5-8 Risiko for forringet økologisk tilstand for makrofytter fra scenarie 1 til scenarie 2. Beregningsperiode 2014-2018. Kortet ses i større udgave i Bilag 16.

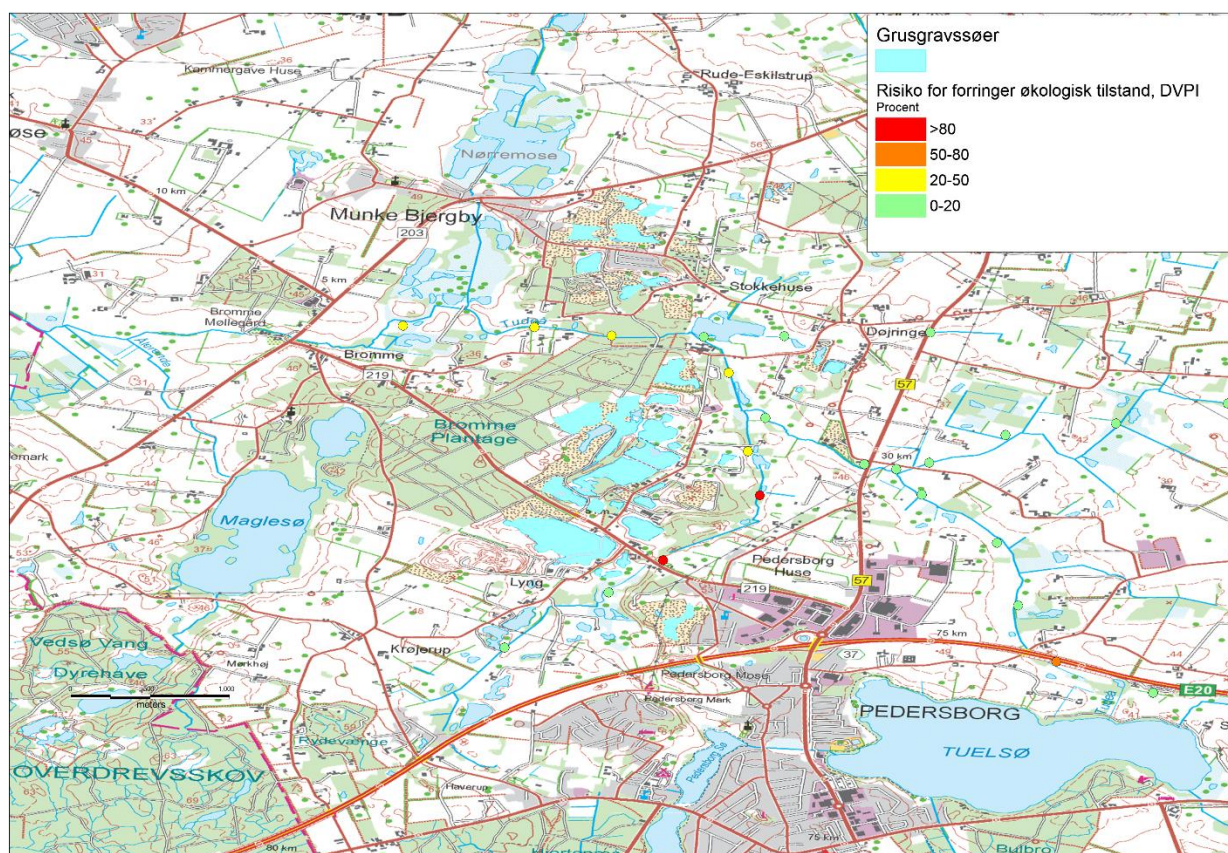
5.3.2 Scenarie 3

Reduktionen i EQR-værdier mellem scenarie 1 og scenarie 3 er vist i Tabel 5-4. Risikoen for forringet økologisk tilstand er vurderet på baggrund i kriterierne i Tabel 5-1. Det fremgår, at det kun er med hensyn til DVPI (makrofytter), at der beregnes en egentlig risiko for en forringet økologisk status. Risikoen forekommer primært i Lyngbækken på de samme vandløbsstrækninger, hvor medianminimum også er reduceret. På en strækning mellem chainage 1750 og 2750 er der en risiko for forringet økologisk tilstand for makrofytter på mere end 80 %. Dette er vist på Figur 5-9. Derudover er der også risiko for forringet økologisk tilstand på en delstrækning i Tude Å.

Med hensyn til en forringet økologisk tilstand i forhold til fisk er risikoen jf. beregningerne meget lille.

Vandløb	B183	B183	B183	B183	B183	B184	B184	B184	B181	B181	B181	B181	B181	TUDE	TUDE	TUDE	TUDE_A	TUDE	TUDE	TUDE_A	TUDE	TUDE_AA			
Chainage	415	1245	2075	2652	2855	406	1220	1667	250	1250	1750	2750	3256	-8032	-7320	-6608	-5888	-5161	-4643	-3865	-3250	-2250	-1750	-724	
DVPI	0	0	0	0	0	0	-0.03	0.0142	0	0	0	0.243	0.275	0.101	-0.03	0.116	0	-0.01	0	0	0	0.045	0.0843	0.06	0.04806
DVFI	0	0	0	0	0	0	-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2E-05	0	0.00175
DFFVa	0	-0.02	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5-4 Reduktion af EQR-værdier mellem scenarie 1 og scenarie 3. Rød: >80 % risiko for forringet økologisk tilstand. Orange: 50-80 % risiko for forringet økologisk tilstand. Gul: 20-50 % risiko for forringet økologisk tilstand. For ufarvede felter er risikoen for forringet økologisk tilstand mindre end 20 %. Beregningsperiode 2014-2018. DVPI repræsenterer makrofytter, DVFI repræsenterer makroinvertebrater, og DFFVa repræsenterer fisk.



Figur 5-9 Risiko for forringet økologisk tilstand for makrofytter fra scenarie 1 til scenarie 3. Beregningsperiode 2014-2018. Kortet ses i større udgave i Bilag17.

5.4 Konklusioner vedr. vandløbspåvirkninger

- Der er gennemført modelberegninger for området omkring grusgravene ved Tude Å for tre scenarier: Et referencescenarie uden gravning og med den oprindelige topografi (scenarie 1), et max-scenarie, der angiver den øvre grænse for mulig påvirkning (scenarie 2), og et realistisk scenarie, der repræsenterer de nutidige forhold (scenarie3).

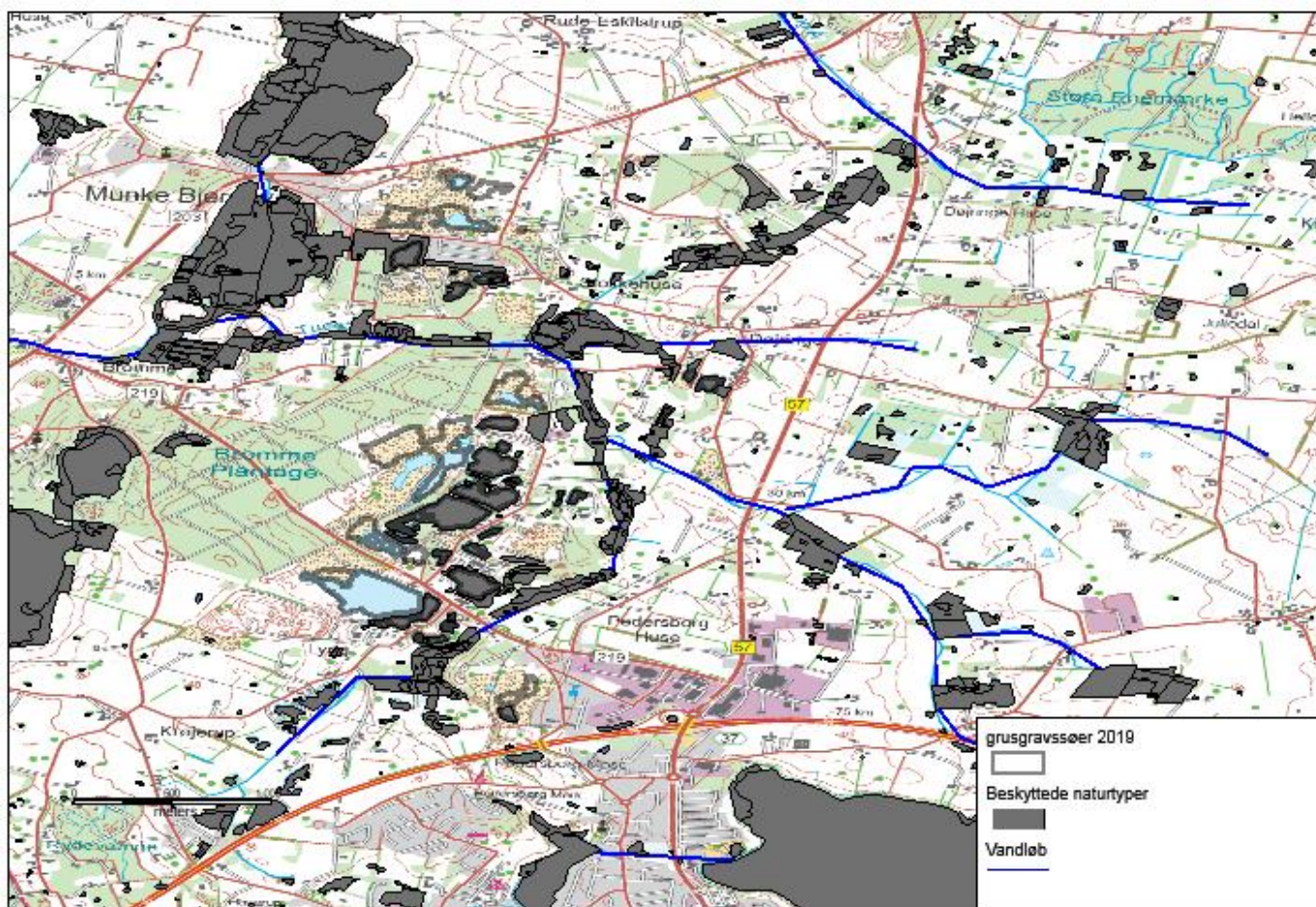
- Sammenligning mellem referencescenariet og det realistiske scenarie 3 viser, at grusgravning under grundvandsspejlet har en påvirkning af vandføringen i Lyngbækken, både for middelvandføring og median minimum, mens der i Tude Å ikke ses negativ påvirkning af disse vandføringsparametre. Modelberegningerne indikerer således, at grusgravningen har bidraget til ugunstige vandføringsforhold i Lyngbækken i den tørre periode i 2018, mens ugunstige vandføringsforhold i Tude Å jf. modelberegningerne må tilskrives andre årsager, primært klimatiske forhold.
- Sammenligning mellem referencescenariet og max-scenariet, scenarie 2, viser, at det ikke kan udelukkes, at grusgravningen også påvirker vandføringen i Tude Å. Det vurderes imidlertid, at scenarie 3 giver et bedre billede af de aktuelle forhold og dermed af vandløbspåvirkningen fra den nuværende grusgravning under grundvandsspejlet.
- Modelberegninger af EQR-værdier for referencescenariet og det realistiske scenarie 3 indikerer, at grusgravning under grundvandsspejlet medfører en risiko for forringelse af den økologiske tilstand for makrofytter i Lyngbække og i delstrækninger af Tude Å, nedstrøms sammenløbet med Lyngbækken. Modelberegningerne tyder ikke på risiko for forringet økologisk tilstand for makroinvertebrater og fisk i Lyngbækken og Tude Å.
- Modelberegninger af EQR-værdier for referencescenariet og max-scenariet, scenarie 2, indikerer, at det ikke kan udelukkes, at grusgravning under grundvandsspejlet også har en negativ økologisk påvirkning af fisk i Lyngbækken og Tude Å. Som nævnt vurderes det imidlertid, at scenarie 3 giver det bedste billede af de aktuelle forhold og af påvirkninger forårsaget af den nuværende gravning under grundvandsspejlet.

6. Vådområder

Påvirkningen af våd natur som følge af grusgravningen er vurderet på baggrund af scenarie 1 (referencescenariet) og scenarie 3. Beliggenheden af de beskyttede naturområder er vist på Figur 6-1, og som det fremgår af figuren, er flere af de ældre grusgravssøer udpeget som beskyttet natur.

Til brug for vurdering af påvirkning af våd natur er der udarbejdet følgende kort:

- Dybden til grundvandsspejlet i scenarie 1 (Figur 6-2)
- Dybden til grundvandsspejlet i scenarie 3 (Figur 6-3)
- Sænkning i det terrænnære grundvandsspejl i scenarie 3 (Figur 6-4)
- Terrænnære vertikale gradientforhold i scenarie 1 (Figur 6-5)
- Terrænnære vertikale grundvandsflux i scenarie 3 (Figur 6-6)



Figur 6-1 Beliggenheden af beskyttede naturområder. Kortet ses i større udgave i Bilag 18.

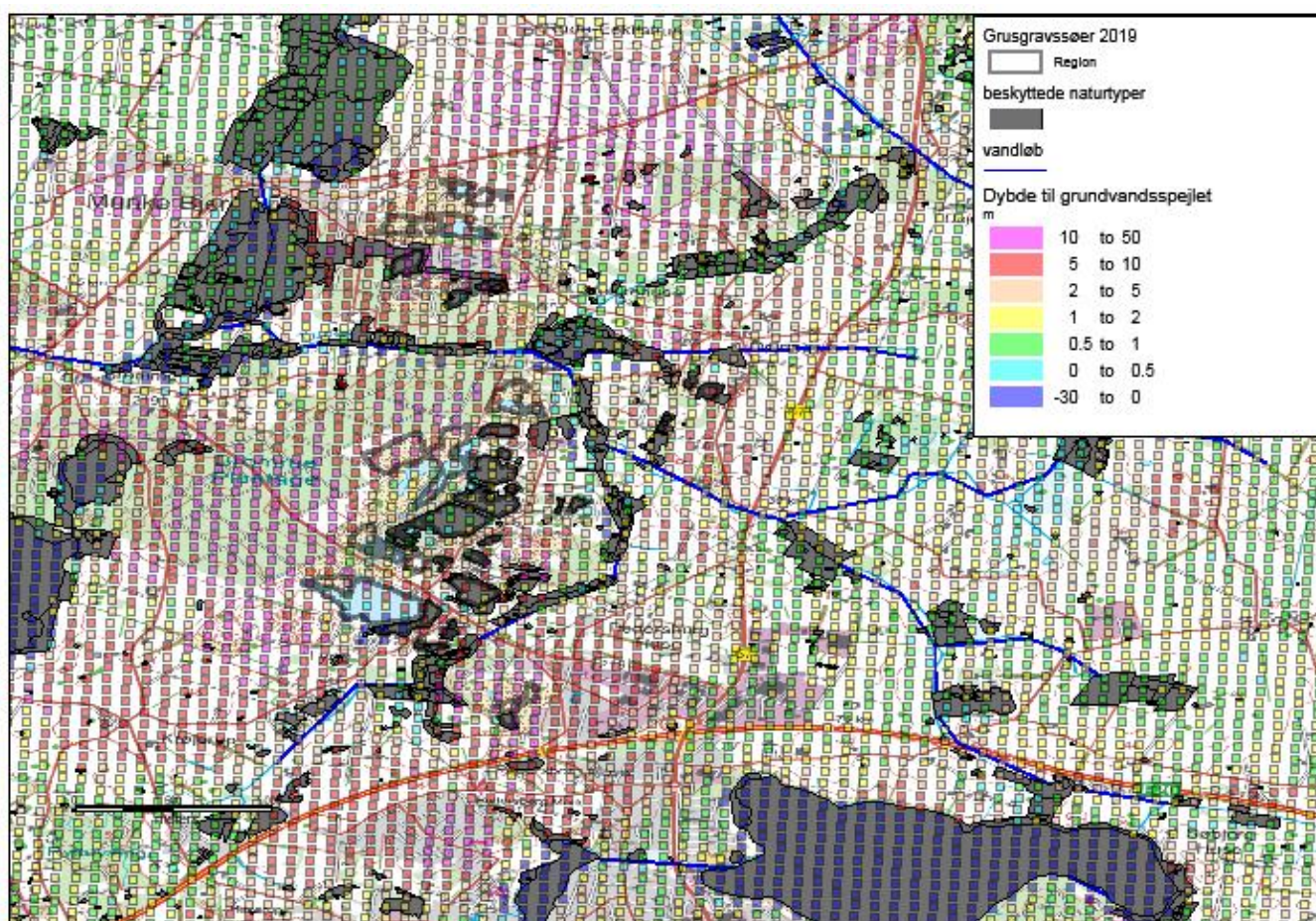
6.1 Dybden til det terrænnære grundvand

Dybden til det terrænnære grundvandsspejl i referencescenariet er vist på Figur 6-2. Overordnet viser figuren et billede med størst dybde til grundvandsspejlet i de højereliggende områder og mindste dybde i de lavereliggende områder, omkring søer og vandløb, der er domineret af opadrettede gradienter. Det

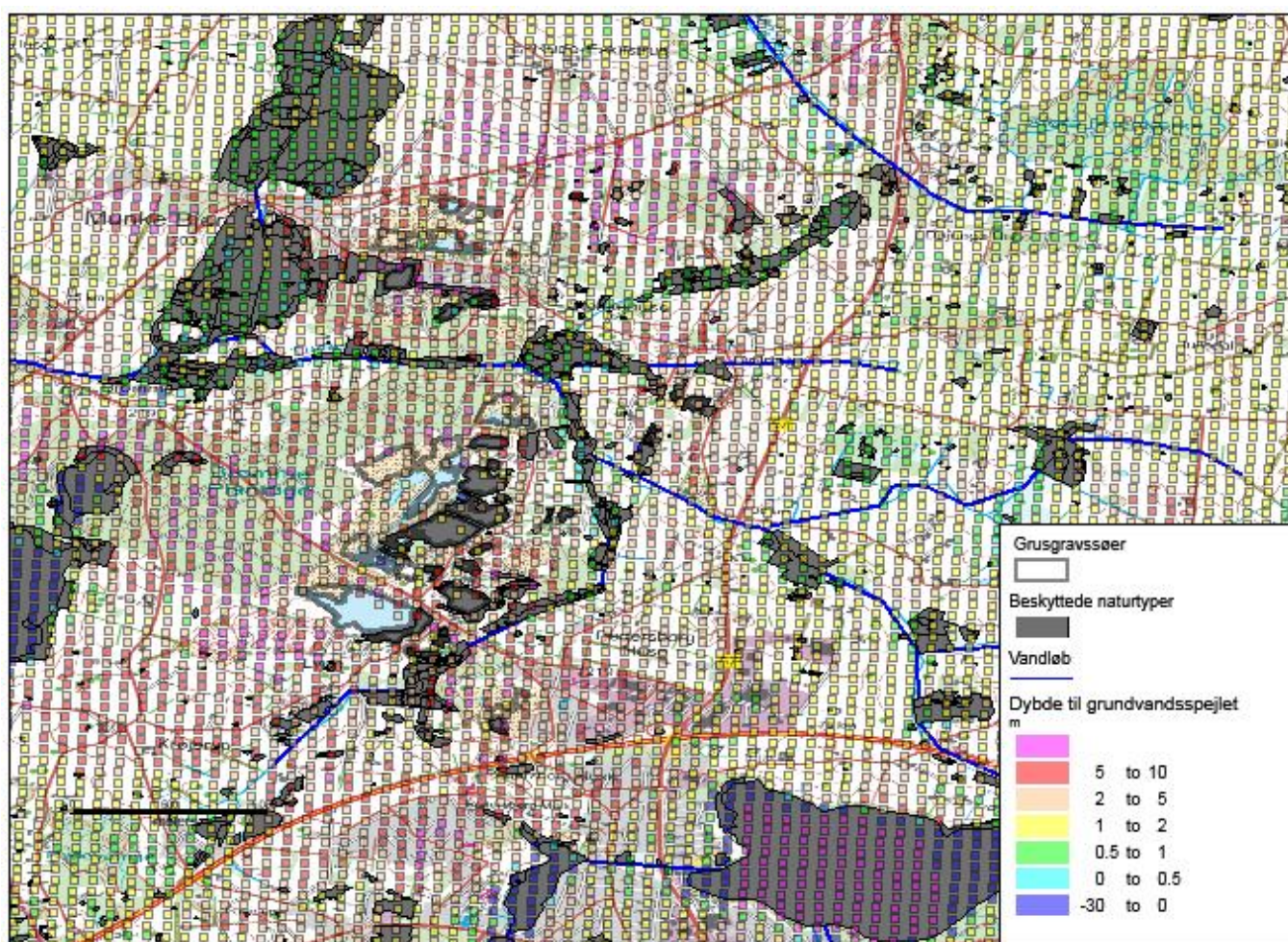
fremgår, at der umiddelbart vest for graveområdet simuleres dybder på over 5-10 meter til grundvandsspejlet. Dette simuleres også indenfor selve graveområdet i områder hvor der ikke er gravet eller kun gravet i begrænset omfang.

I områder med betydelig dybde til det øverste grundvandsspejl før gravning vil en eventuel sænkning af grundvandsspejlet som følge af gravning ikke have negativ effekt på følsomme naturområder. Som det fremgår af figuren, har dybden til det øverste grundvandsspejl oprindeligt været over 5 meter i store områder i og omkring graveområdet. I de ældre grusgravssøer, der er udpeget som beskyttet natur, har den oprindelige dybde til grundvandsspejlet været større end i dag. Modellen simulerer en dybde på 1-5 meter, men den har sandsynligvis ligget over 5 meter i historisk tid, før gravningen startede, da modellen ikke har historiske topografi, helt tilbage fra før gravningen startede.

I scenarie 3 simulerer modellen generelt en mindre dybde til grundvandsspejlet, der er nul ved selve grusgravssøerne. Den simulerede mindre dybde til grundvandsspejlet tolkes som værende et resultat af flere forskellige effekter. Selve gravningen under grundvandsspejlet sænker grundvandsspejlet, hvilket alt andet lige burde medføre en større dybde til grundvandsspejlet. Modsat vurderes de ændrede drænforhold og den ved gravningen ændrede topografi at betyde, at dybden til grundvandsspejlet reduceres, bl.a. fordi en del af drænvandet/overfladevandet, der på grund af den ændrede topografi vil løbe mod grusgravssøerne, geninfiltreres til grundvandet.



Figur 6-2 Dybde til grundvandsspejlet i scenarie 1. Kortet ses i større udgave i Bilag 19.



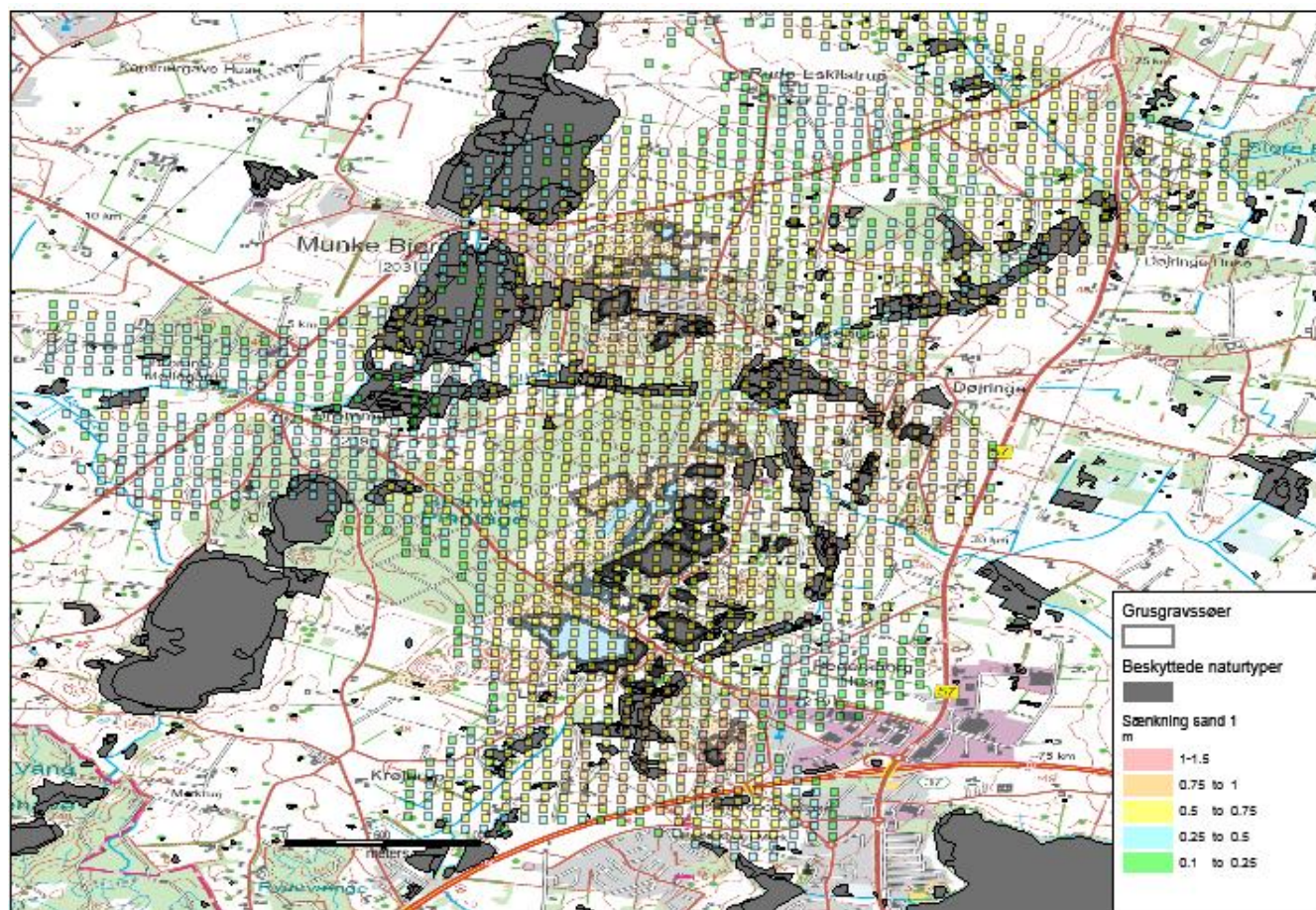
Figur 6-3 Dybde til grundvandsspejlet i scenarie 3. Kortet ses i større udgave i Bilag 20.

Samlet set vurderes på baggrund af de foretagne analyser, at det er den historiske gravning under grundvandsspejlet, som har skabt vådområderne indenfor grusgravområdet. Udenfor selve graveområdet bemærkes især, at modellen simulerer en større dybde til grundvandsspejlet omkring Tude Å, på strækninger hvor der tidligere var opadrettede gradienter. Dette har den betydning at grundvandstilstrømningen til vandløbene reduceres, men da dybden er vist som en middelværdi, er den ikke gældende for hele året. Simuleringsresultaterne indikerer, som tidligere nævnt, at den simulerede vintervandføring er størst i scenarie 3, således at der i scenarie 3 simuleres en større grundvandstilstrømning om vinteren i forhold til scenarie 1. Samtidig kan buffereffekt fra søerne som tidligere nævnt betyde, at medianminimum i nogle områder forbedres.

6.2 Sænkning i det terrænnære grundvand

Grusgravningen under grundvandsspejlet i de aktive grusgrave vil påvirke de beskyttede naturområderne i de gamle, ikke-aktive grusgrave. Den simulerede påvirkning ligger på 0.5-0.75 m ved de beskyttede naturområder indenfor graveområderne (Figur 6-4). Den nuværende aktive gravning påvirker derfor i et vist omfang de etablerede naturområder i de gamle, ikke-aktive grusgrave. Udenfor graveområderne påvirker gravningen enkelte beskyttede naturtyper, dog i et mindre omfang. Som

nævnt i foregående afsnit vil en sænkning i det terrænnære grundvand ikke medføre negative påvirkninger, hvis der allerede før sænkningen var en betydelig dybde til grundvandsspejlet.



Figur 6-4 Sænkning i det terrænnære grundvand i scenarie 3 sammenholdt med beliggenheden af beskyttede naturtyper. Kortet ses i større udgave i Bilag 21.

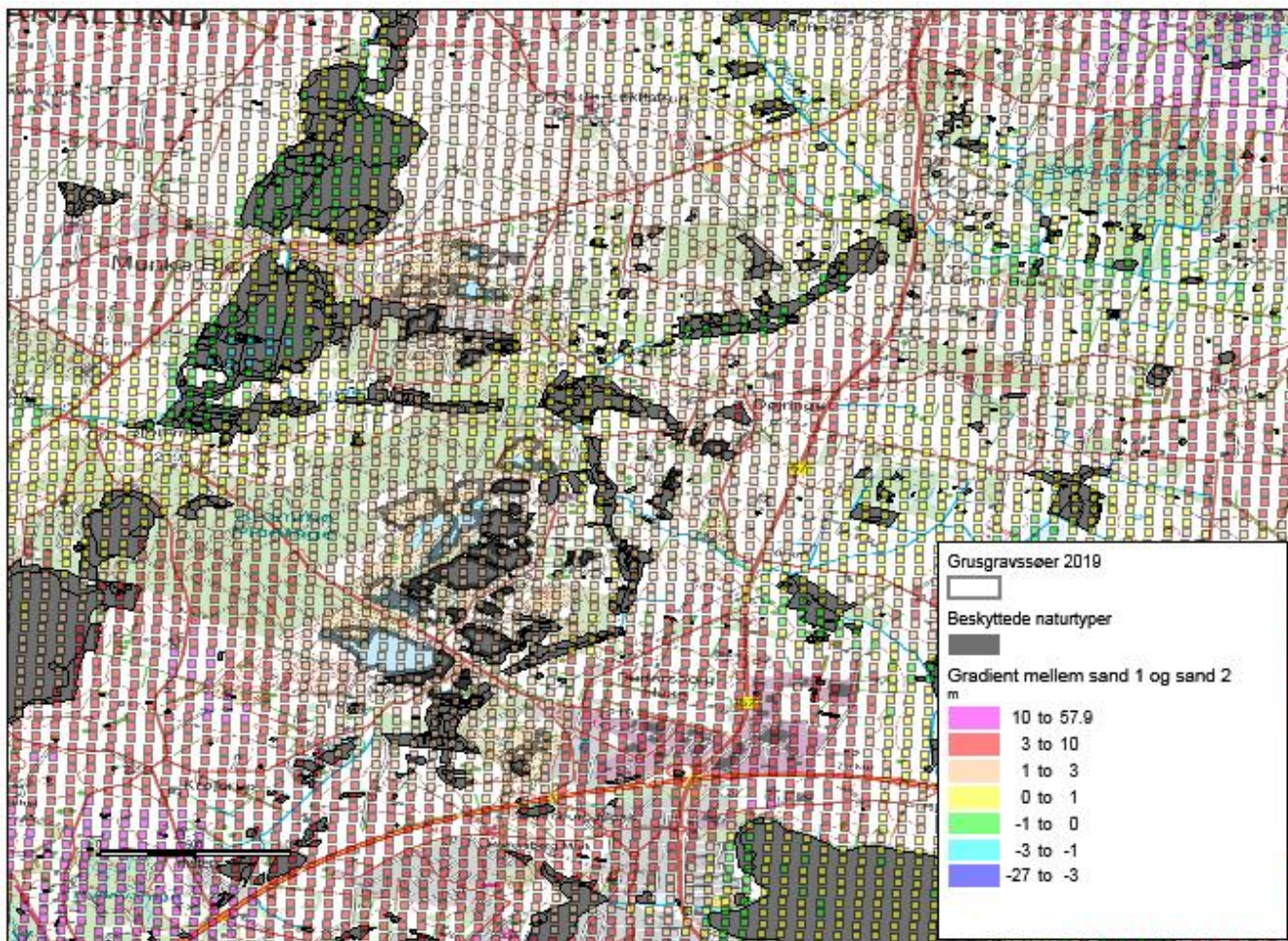
6.3 Ændringer i terrænnære gradientforhold

De terrænnære gradientforhold har betydning for våd natur, idet gradientforholdene angiver, om der sker en opadrettet eller nedadrettet vertikal strømning. I scenarie 1 er gradienten domineret af store nedadrettede strømningsgradienter i de højereliggende områder, som det fremgår af Figur 6-5. I de lavere liggende områder omkring vandløb og søer er gradienten mindre eller opadrettet. I referencescenariet simuleres en nedadrettet gradient mellem sand 1 og sand 2 på 1-3 meter i størstedelen af graveområdet.

I scenarie 3 er gradienten blevet reduceret indenfor graveområdet, dvs. gravningen under grundvandsspejlet i Sand 1 har betydet, at grundvandsspejlet er blevet sænket i Sand 1, således at der nu kun er en svag nedadrettet gradient eller gradienten er blevet vendt til at være opadrettet.

Den reducerede nedadrettede gradient i scenarie 3 vurderes ikke kun at være til gavn for vådområderne, men også for vandløbene i de opstrøms dele af Tude Å, idet en større mængde vand

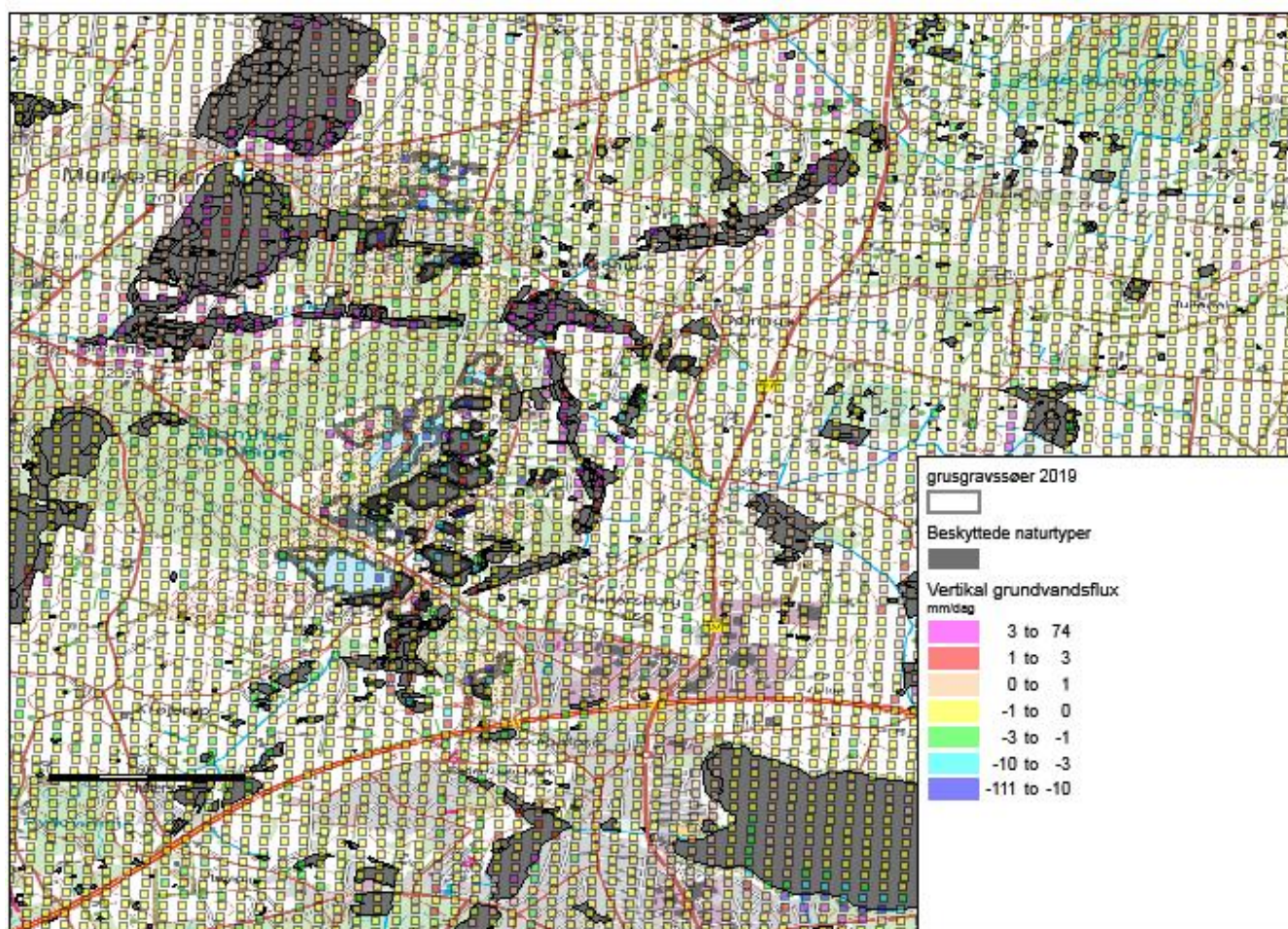
fastholdes i det overfladenære vandkredsløb i stedet for at infiltrere til dybere liggende grundvandsmagasiner og først strømme til Tude Å længere nedstrøms.



Figur 6-5 Gradienten mellem Sand 1 og Sand 2 i scenarie 1 – referencescenariet. I scenarie 3 reduceres gradienten indenfor graveområdet. Negative gradienter er opadrettede. Kortet ses i større udgave i Bilag 22.

6.4 Terrænnær, vertikal grundvandsflux

På Figur 6-6 er vist den terrænnære, vertikale grundvandsflux i scenarie 3. Det fremgår, at graveområdet er domineret af en nedadrettet flux på mellem 0 og 1 mm/dag i de områder, hvor der ikke er gravet under grundvandsspejlet. Ved sammenligning af scenarie 1 og scenarie 3 bemærkes, at efter etableringen af grusgravssøerne vendes fluxen fra at være nedadrettet til at være opadrettet ved de nye grusgravssøer. At grundvandsfluxen rettes mod vådområderne, vurderes at være til gavn for bådenaturtyper og de opstrøms dele af Tude Å.



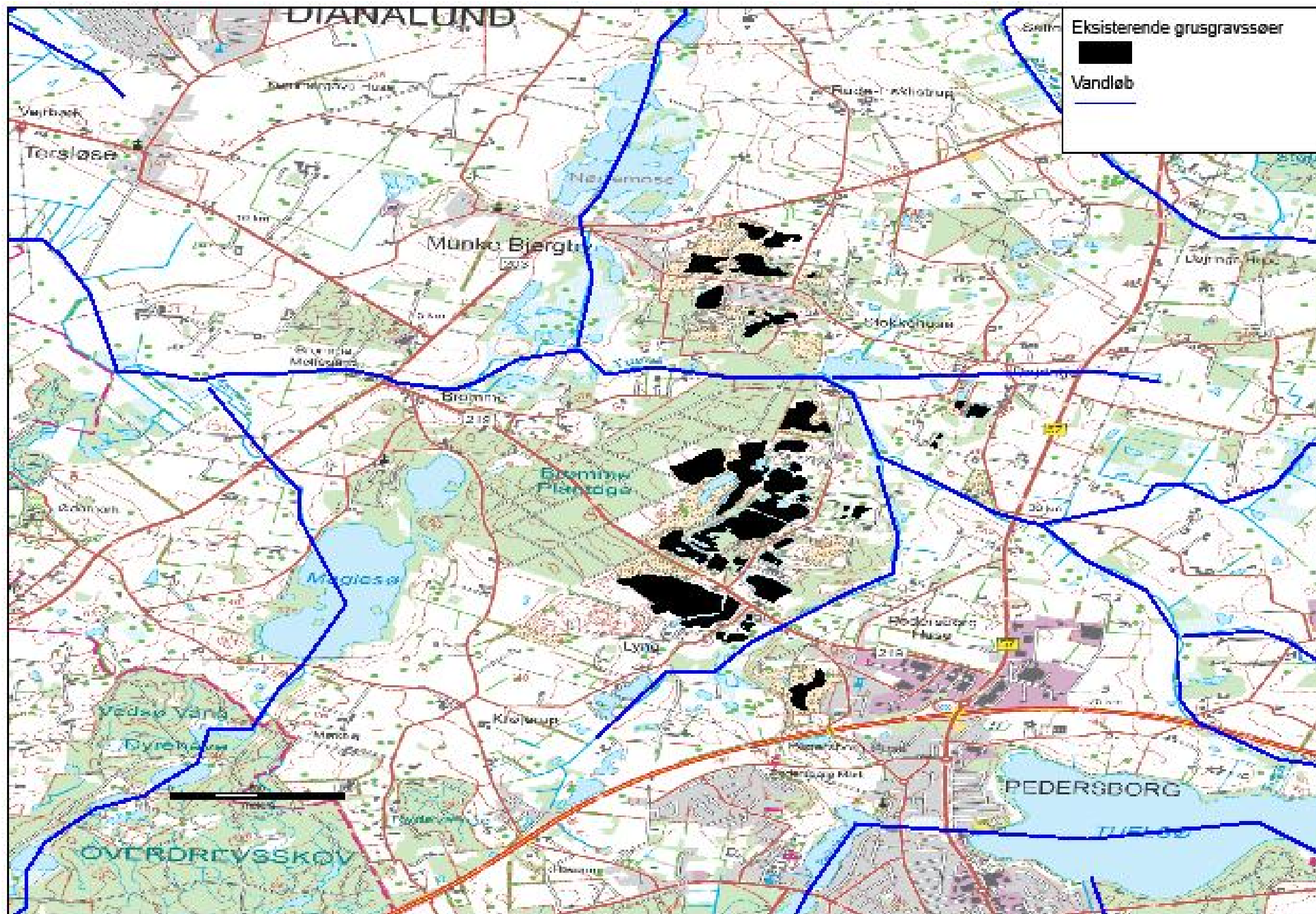
Figur 6-6 Den terrænnære vertikale flux i scenarie 3 (negative værdier betyder nedadrettet flux). Kortet ses i større udgave i Bilag 23.

6.5 Konklusioner vedr. påvirkning af vådområder

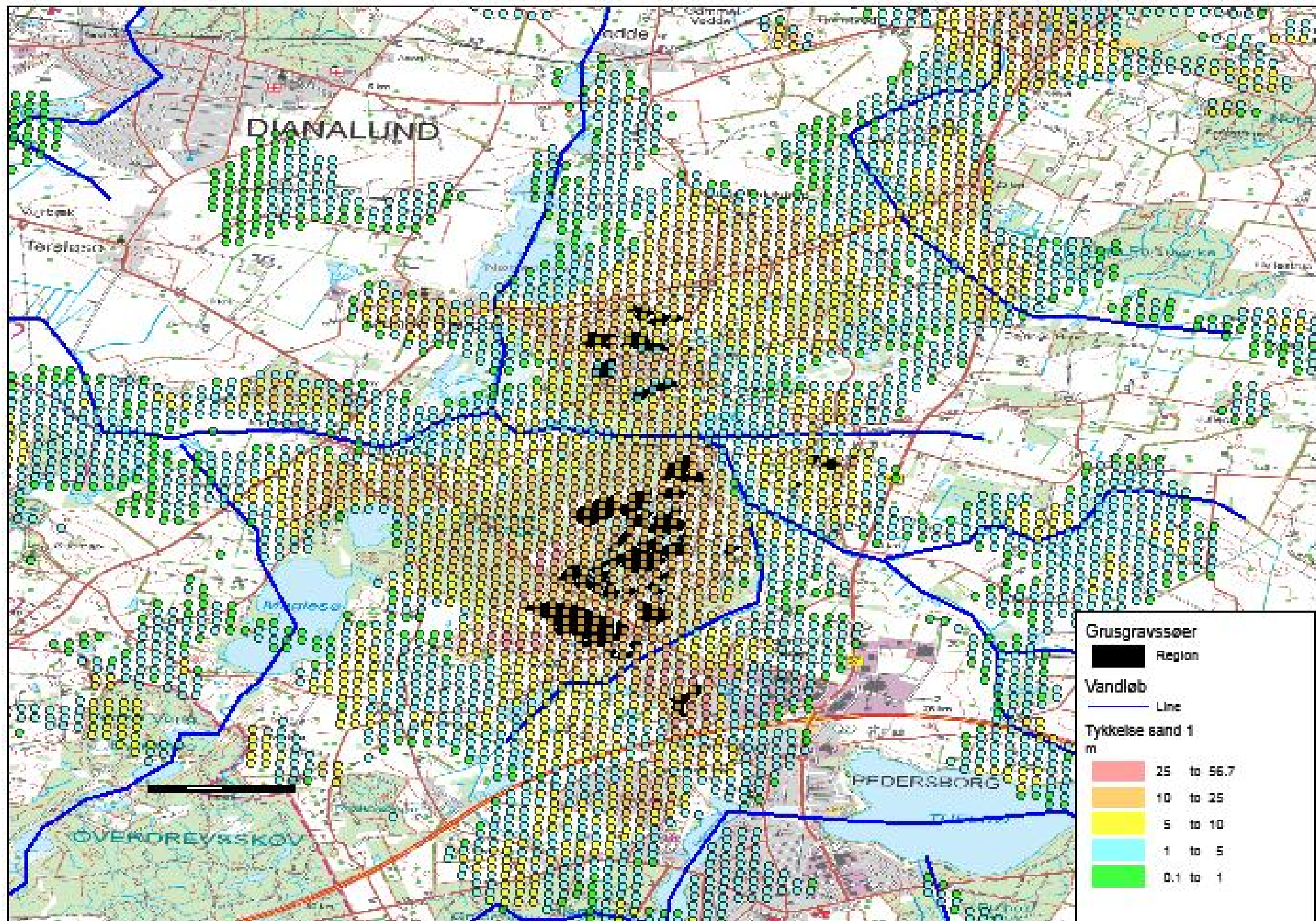
- Grusgravningen har skabt en række nye vådområder i de tidligere råstofgrave.
- Den fortsatte grusgravning medfører en sænkning i det terrænnære vandspejl. Denne sænkning har ingen betydning for naturområder i områder, hvor der både med og uden gravning er stor afstand til det terrænnære vandspejl. I områder, hvor det terrænnære vandspejl ligger nær terræn, kan sænkning af vandspejlet påvirke naturområder, ligesom en mindre opadrettet flux kan påvirke særlige grundvandsbetingede naturtyper negativt. En vurdering af eventuel negativ påvirkning af naturområder må foretages specifikt for det enkelte naturområde med inddragelse af den konkrete naturtypes følsomhed over for ændringer i vandspejlet og ændringer i den vertikale grundvandsflux.

7. Referencer

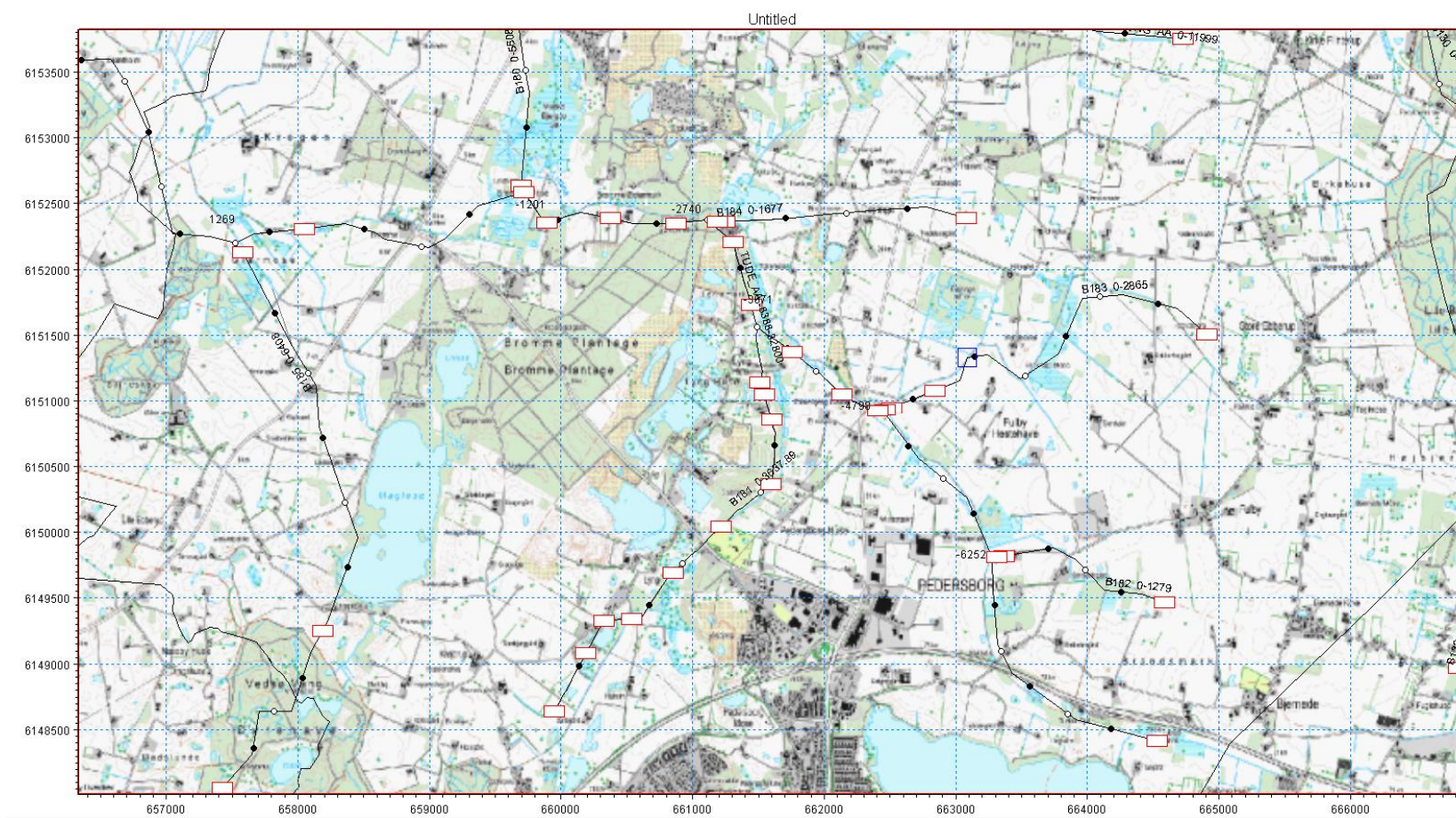
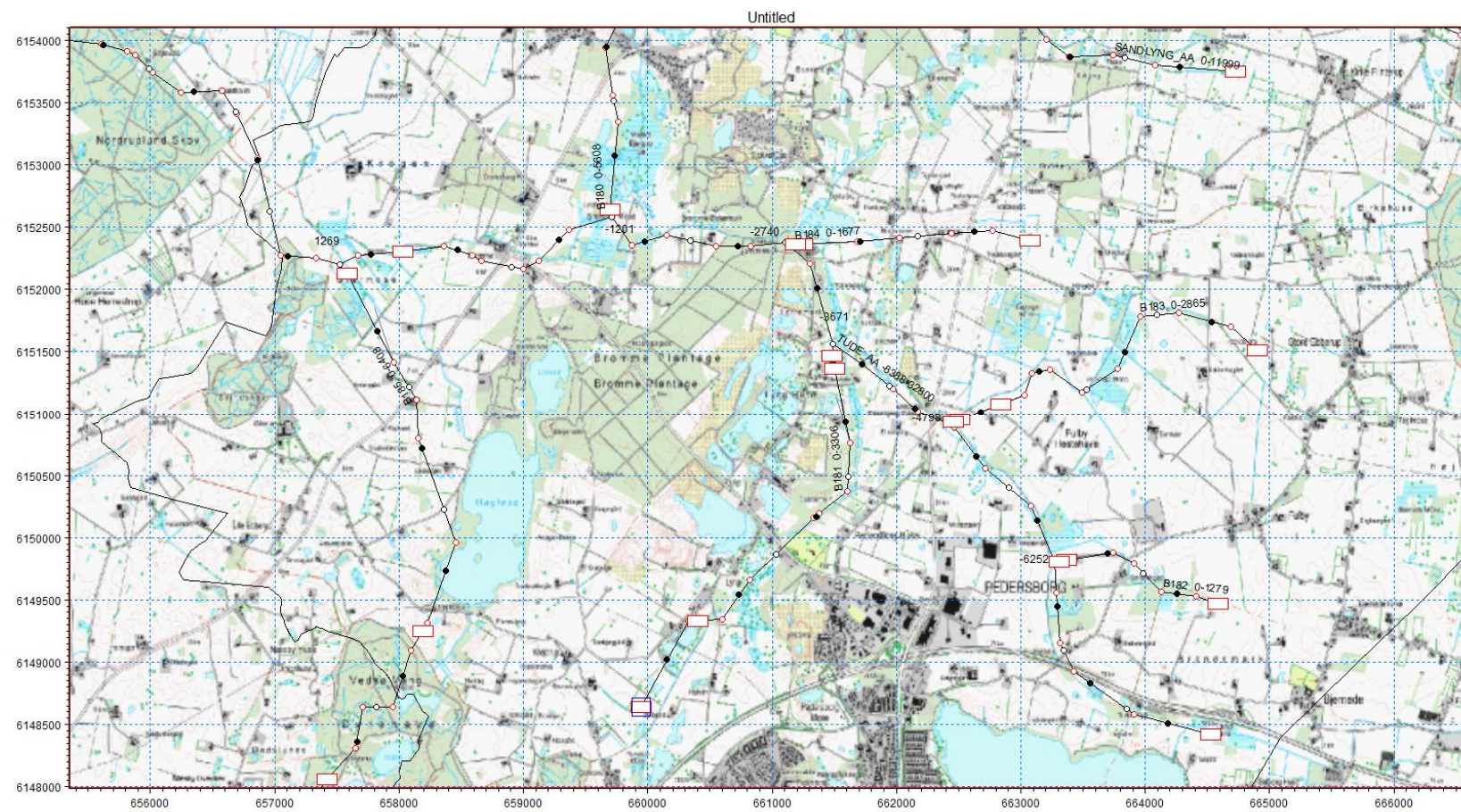
- /1/ Rambøll. Sorø-Stenlille hydrologisk model. Rapport til Naturstyrelsen Nykøbing F, juli 2014.
- /2/ Stenlille og Sorø Kommuner. Regulativ for Tude Å. Kommunevandløb nr. 2 a.
- /3/ Gräber, D, Wiberg-Larsen, P, Bøgestrand J og Baattrup-Pedersen, A. (2014) Vurdering af vandindvinding på vandløbs økologiske tilstand Implementering af retningslinjer for effekten af vandindvinding i forbindelse med vandplanlægning og administration af vandforsyningsloven. Notat fra DCE. Nationalt center for miljø og energi. 27. august 2014.
- /4/ Henriksen, H. J. et al. Implementering af modeller til brug for vandforvaltning. Delprojekt: Effekt af vandindvinding. GEUS-rapport 2014/74.
- /5/ Søren E. Larsen et. Al: Konvertering af DVFI faunaklasser til EQR-værdier (Økologisk kvalitets ratio).



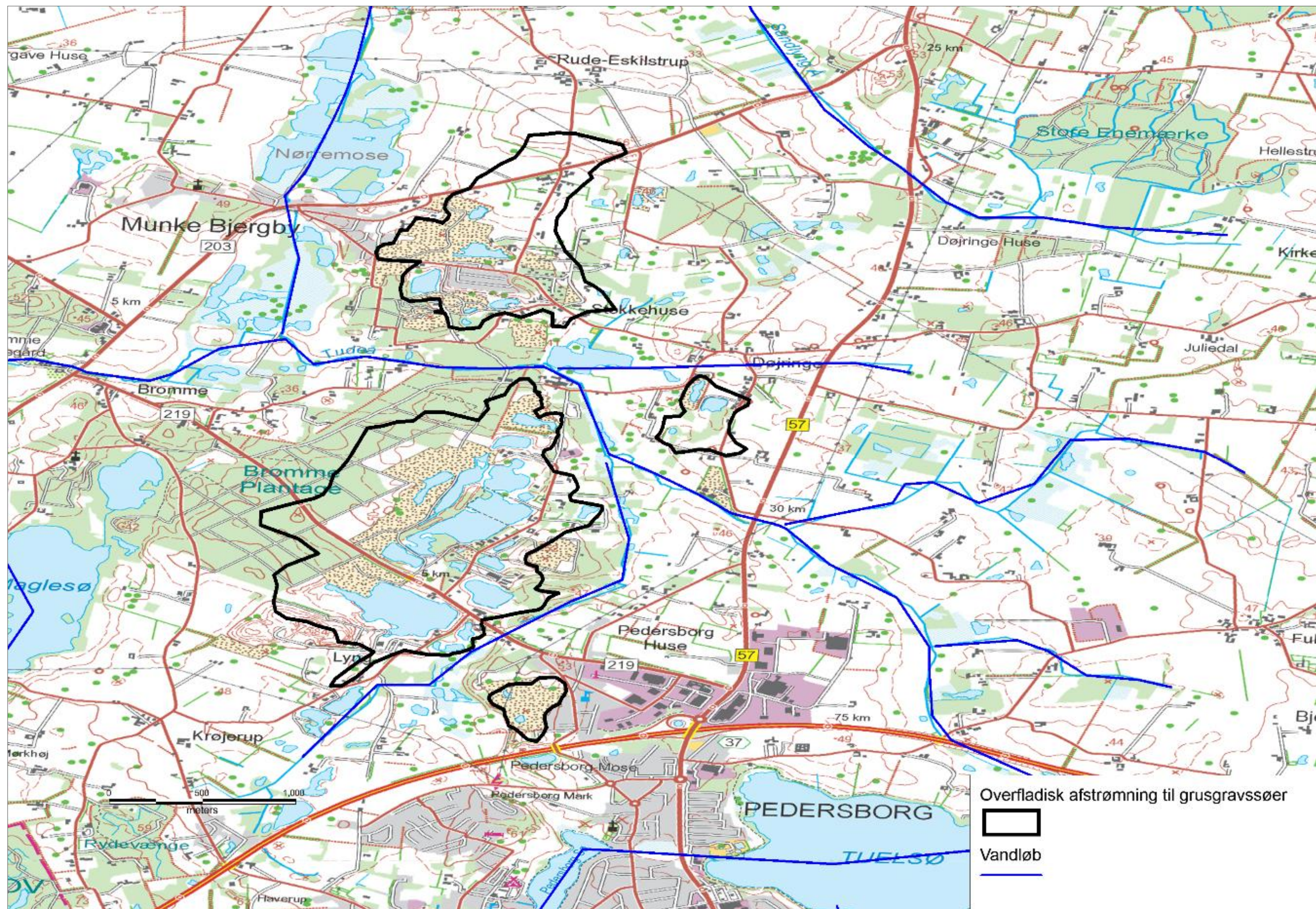
Bilag 1: Lokaliseringskort med placering af de eksisterende grave søer og de modelberegnete vandløb.



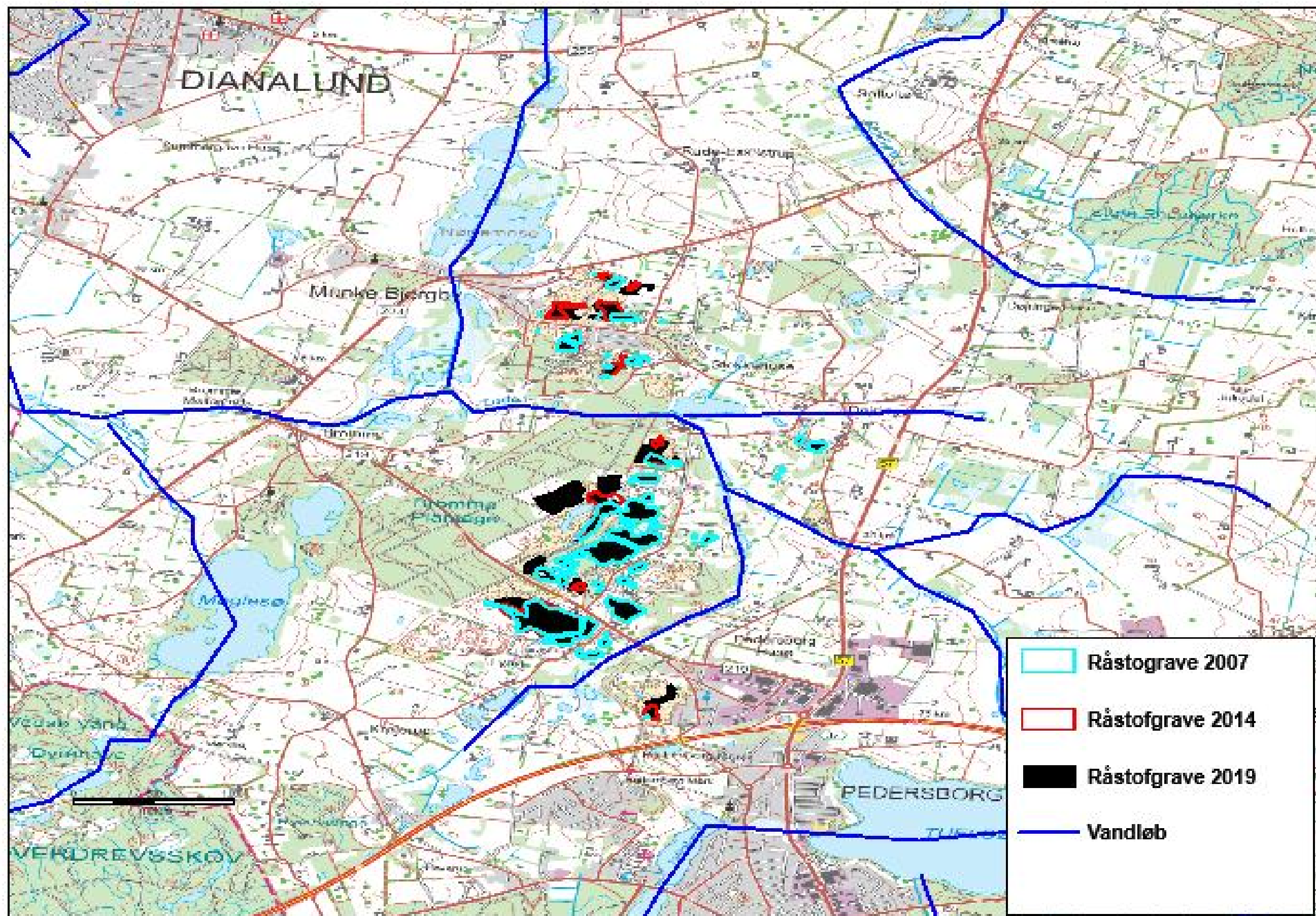
Bilag 2: Tykkelse af Sand 1 efter tilretning af den geologiske model.



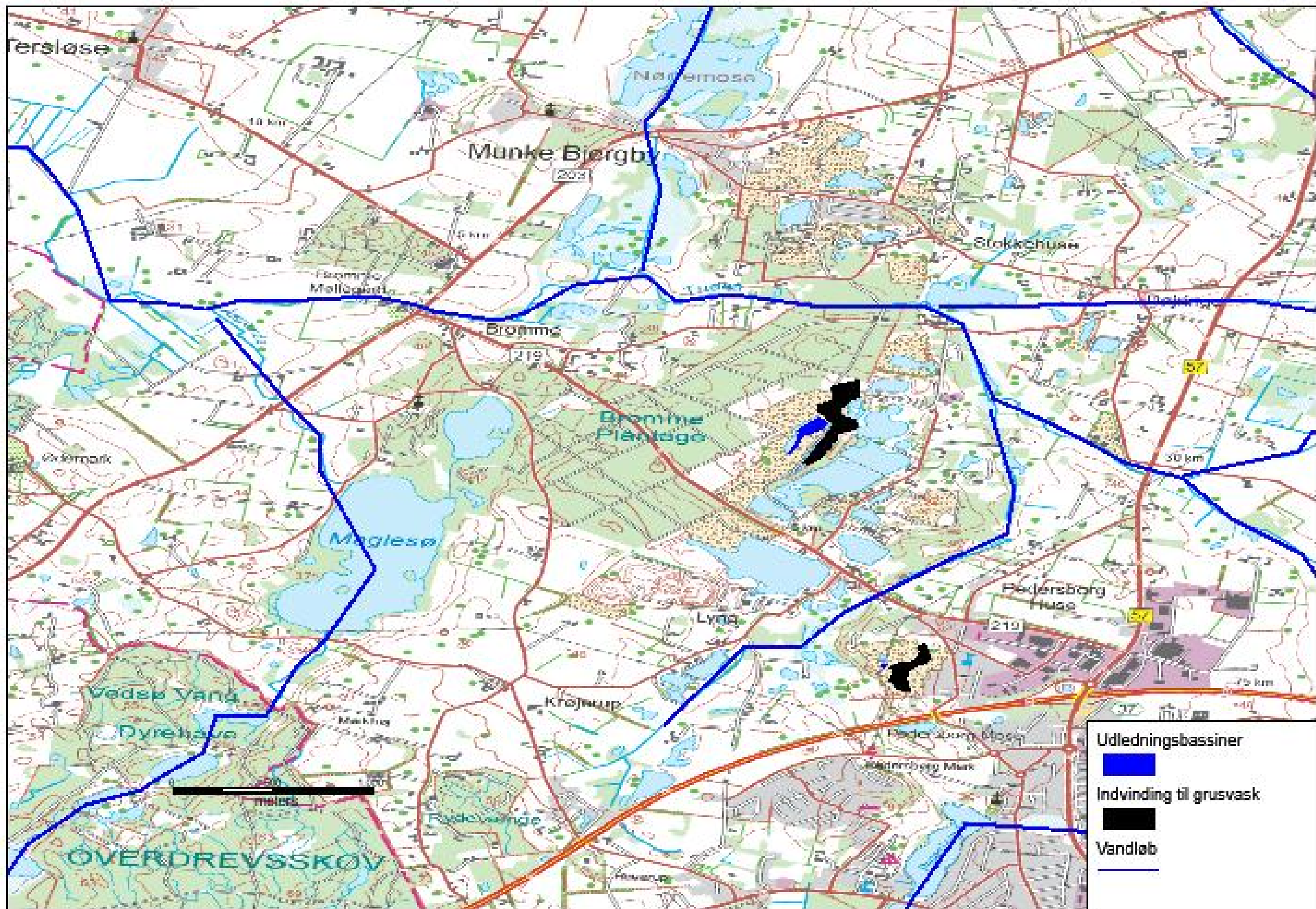
Bilag 3: Indlagte vandløbstværsnit vist som røde firkanter. Øverst oprindelige tværsnit og nederst de nye tværsnit.



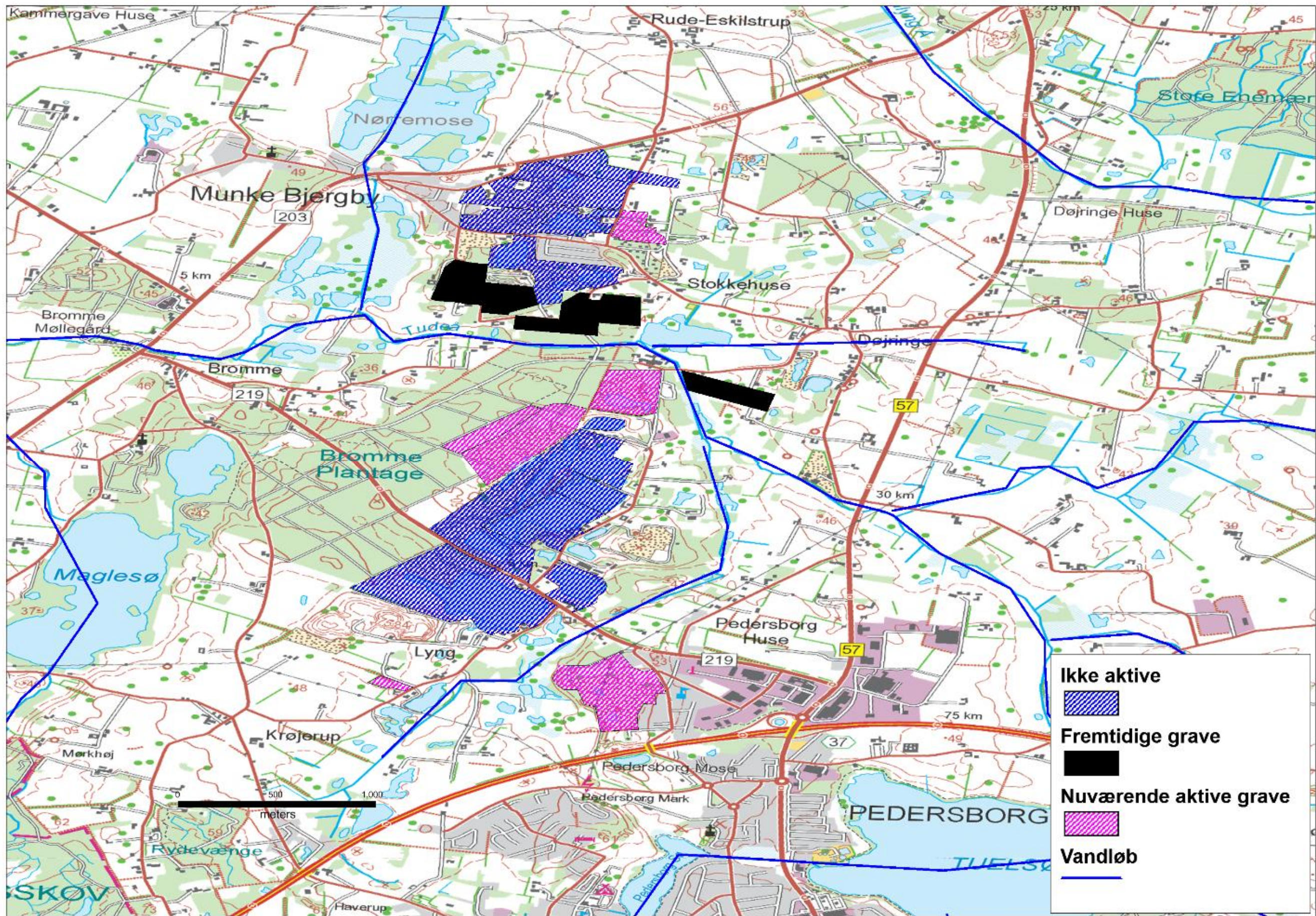
Bilag 4: Afgrænsning af områder, hvor det vurderes at overfladevand vil løbe til grusgravssøerne.



Bilag 5: Udvikling i udbredelsen af råstofgrave fra 2007 til 2019.



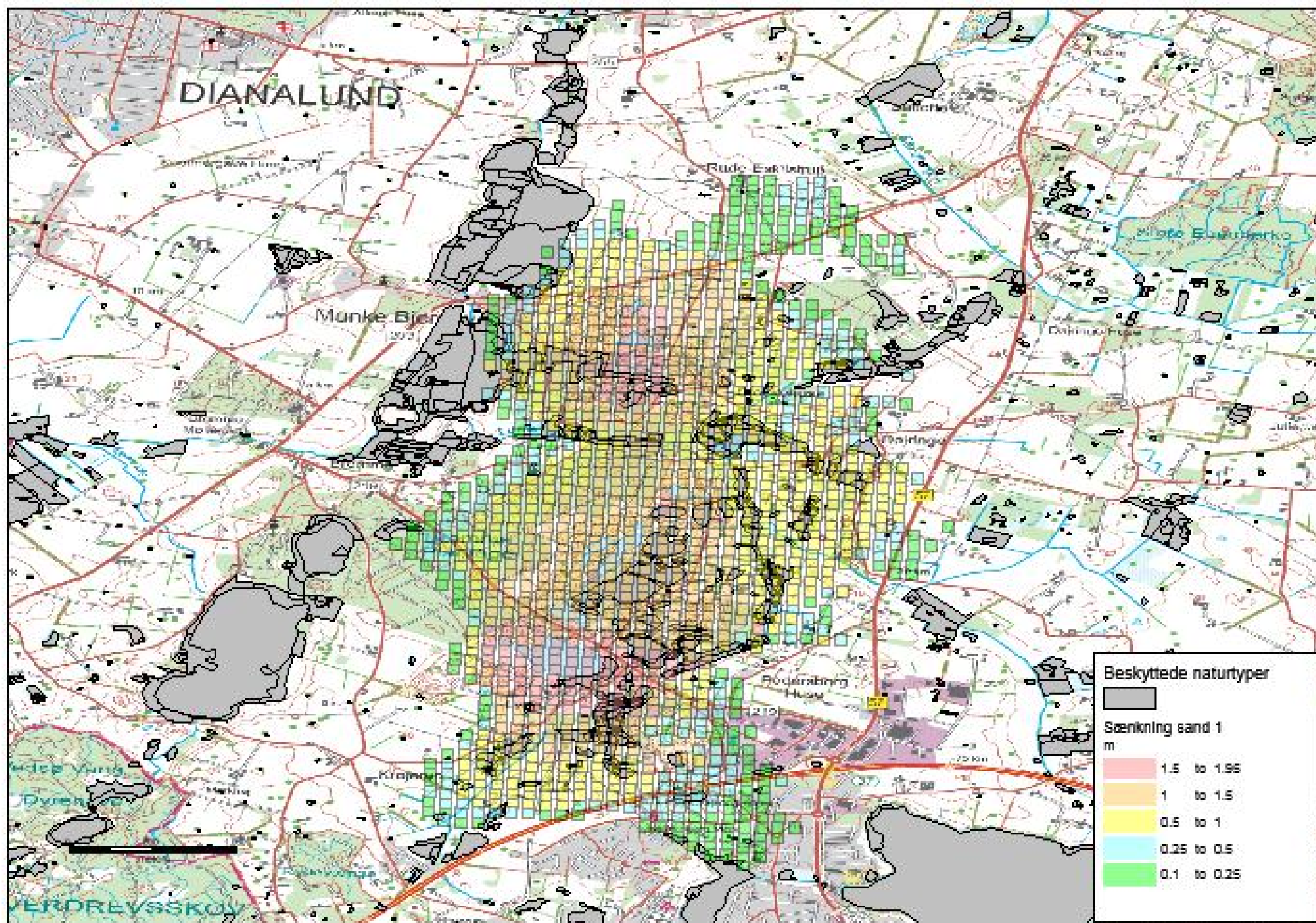
Bilag 6: Indvindings- og udledningssteder af vand brugt til grusvask.



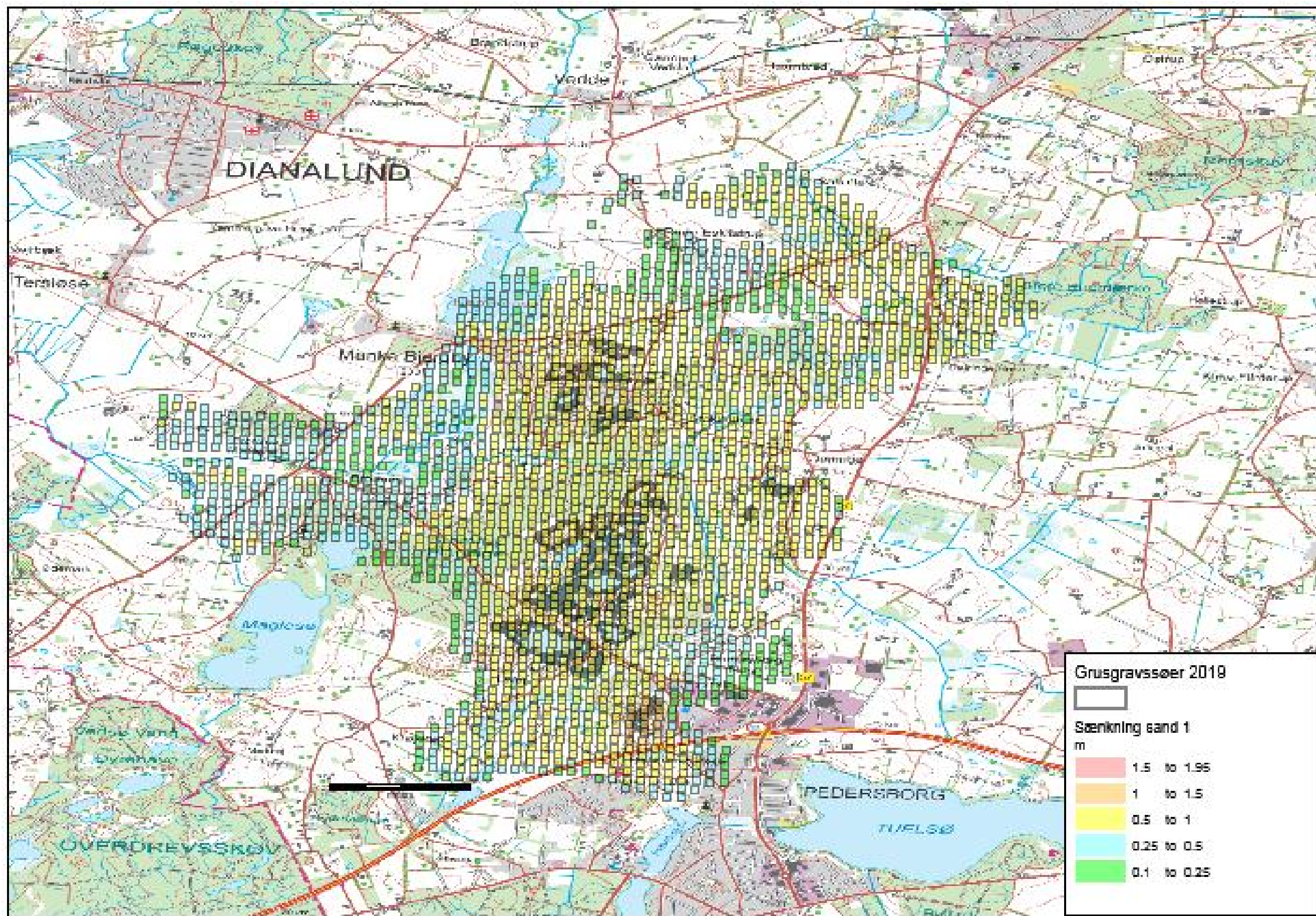
Bilag 7: Aktive grusgrave i 2018.



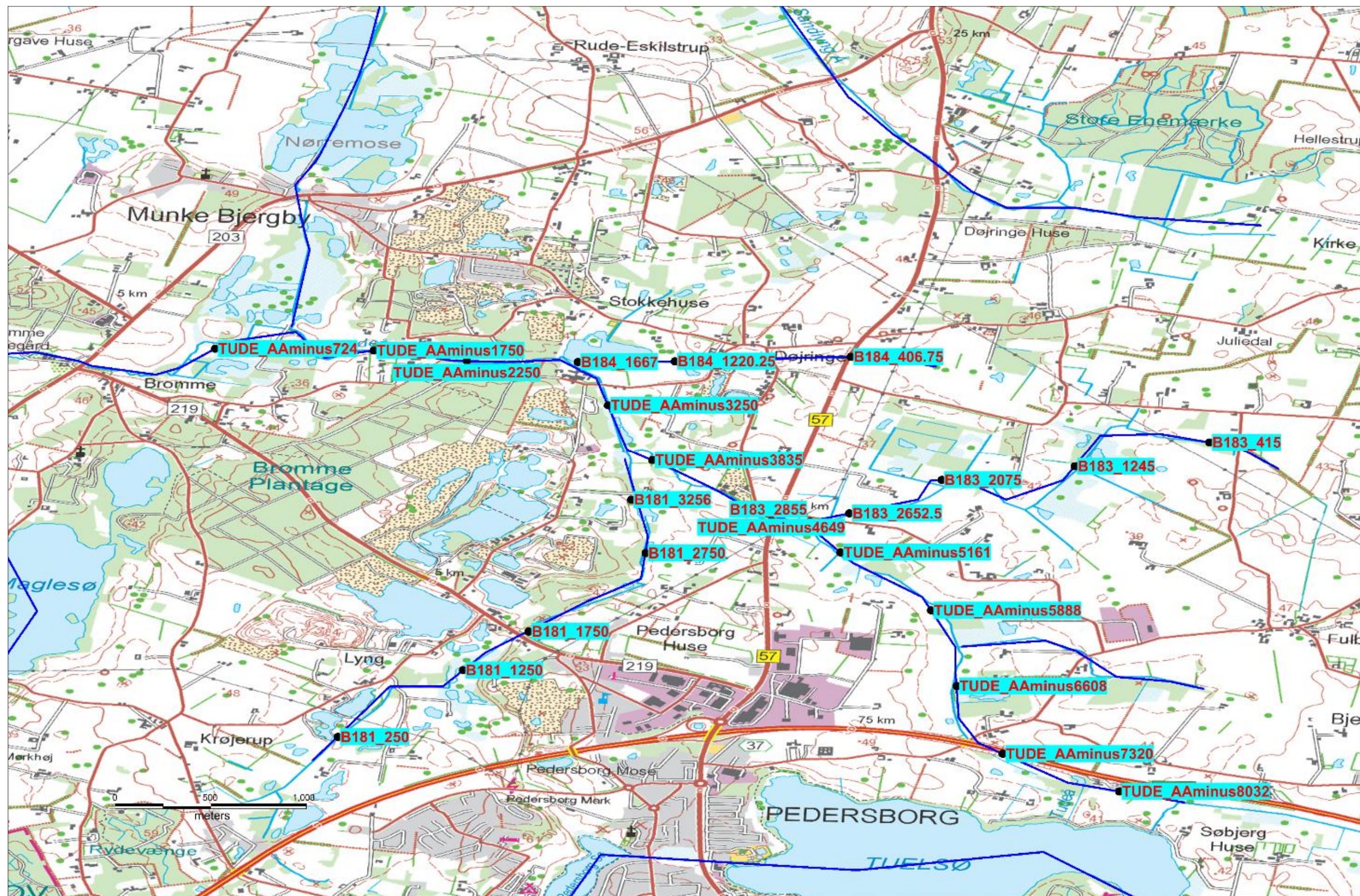
Bilag 8: Placering af observationsboring 210.1115.



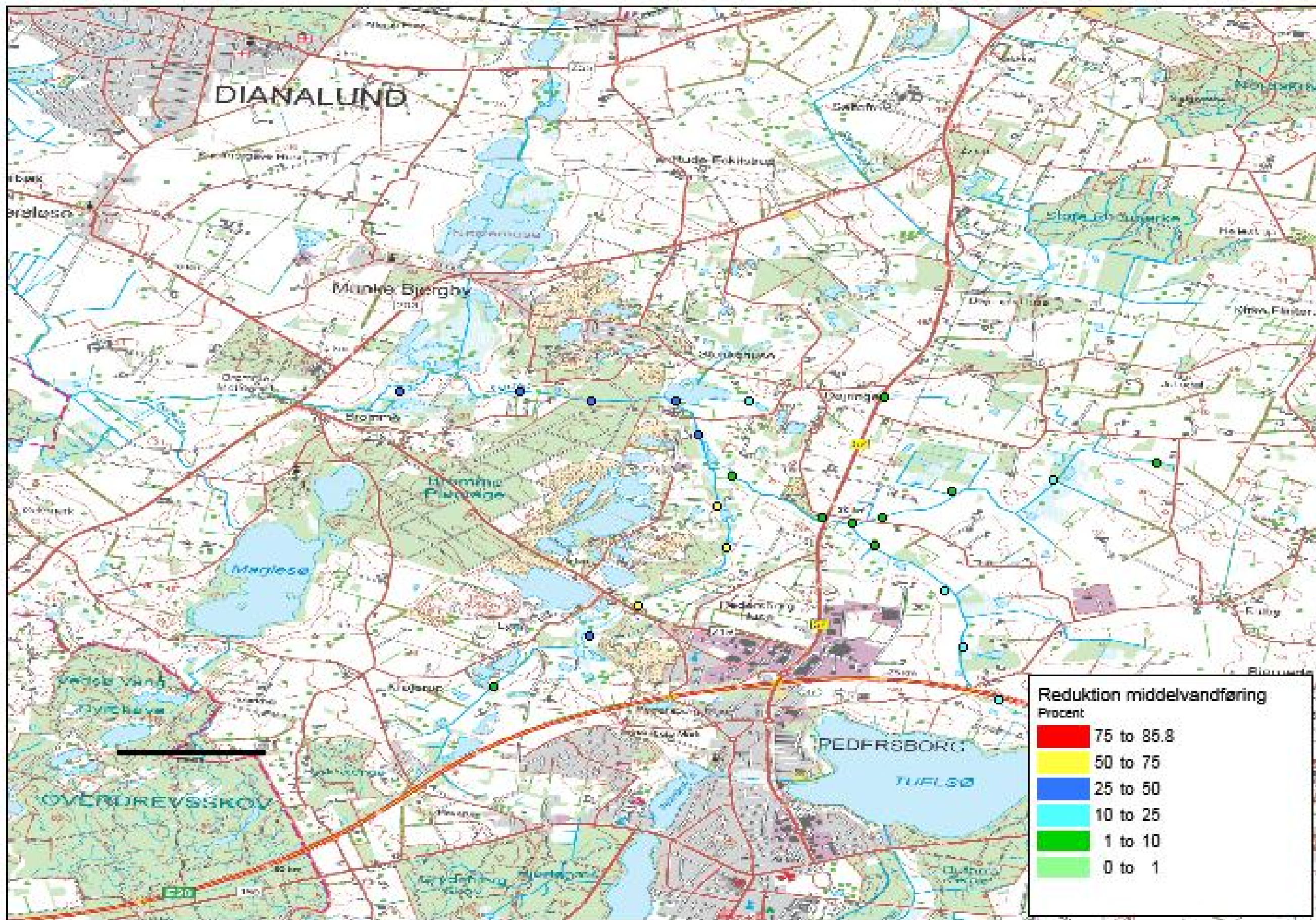
Bilag 9: Den simulerede sænkning i sand 1 mellem scenarie 1 og scenarie 2.



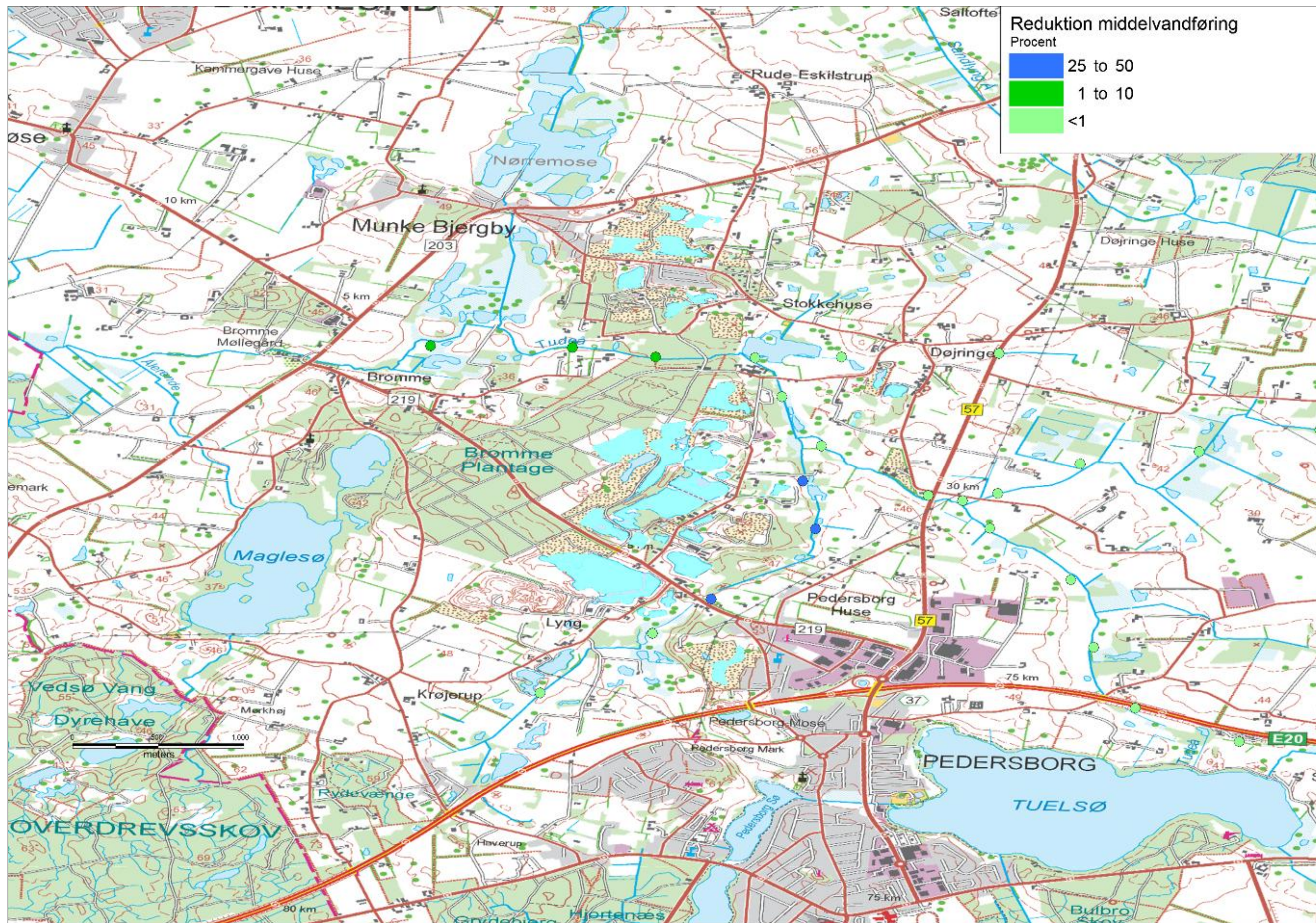
Bilag 10: Den simulerede sænkning i sand 1 mellem scenarie 1 og scenarie 3.



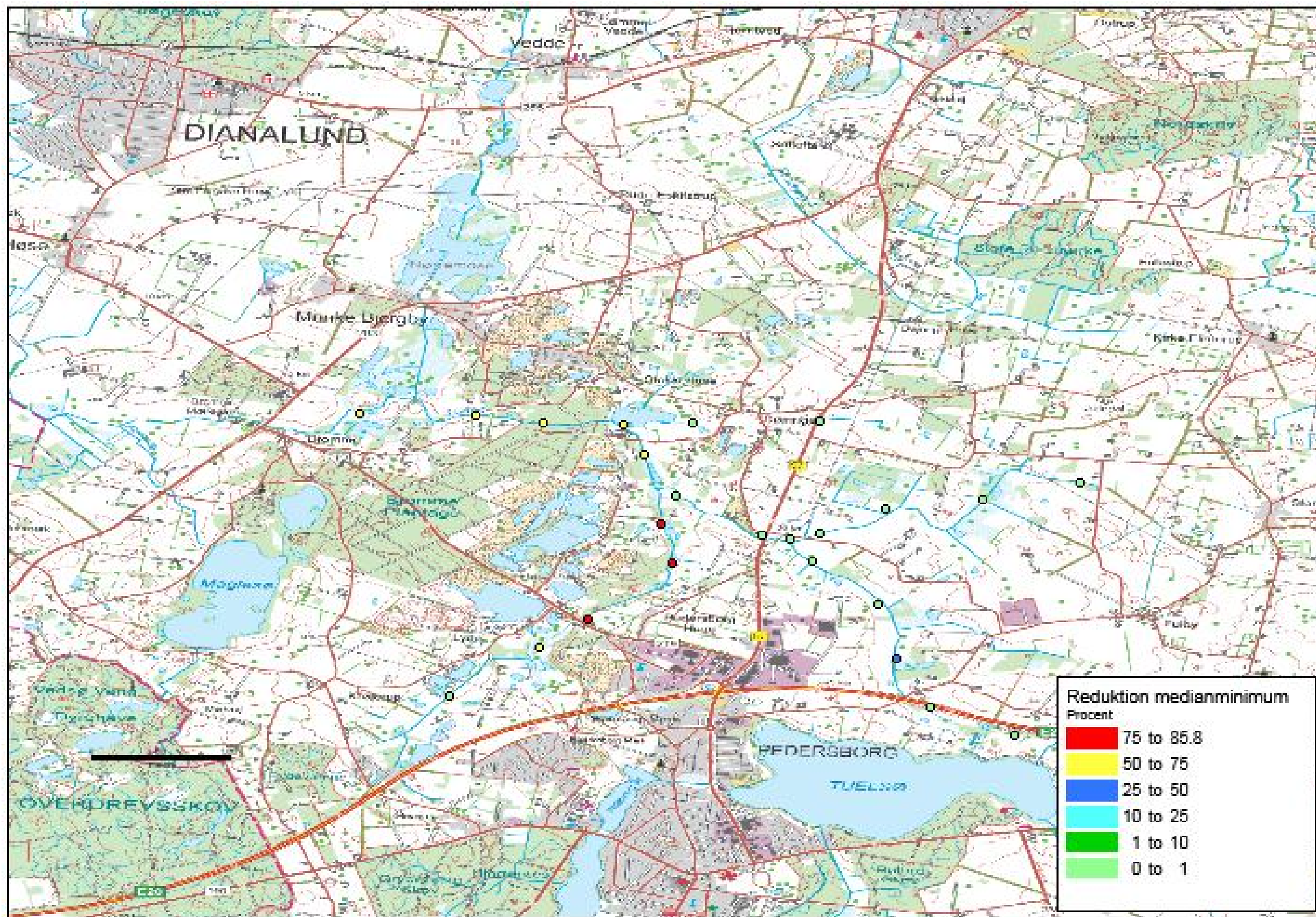
Bilag 11: Q-punkter i vandløbsmodellen, hvor vandføringen er udtrukket. Vandløbet B181 er Lyngbækken.



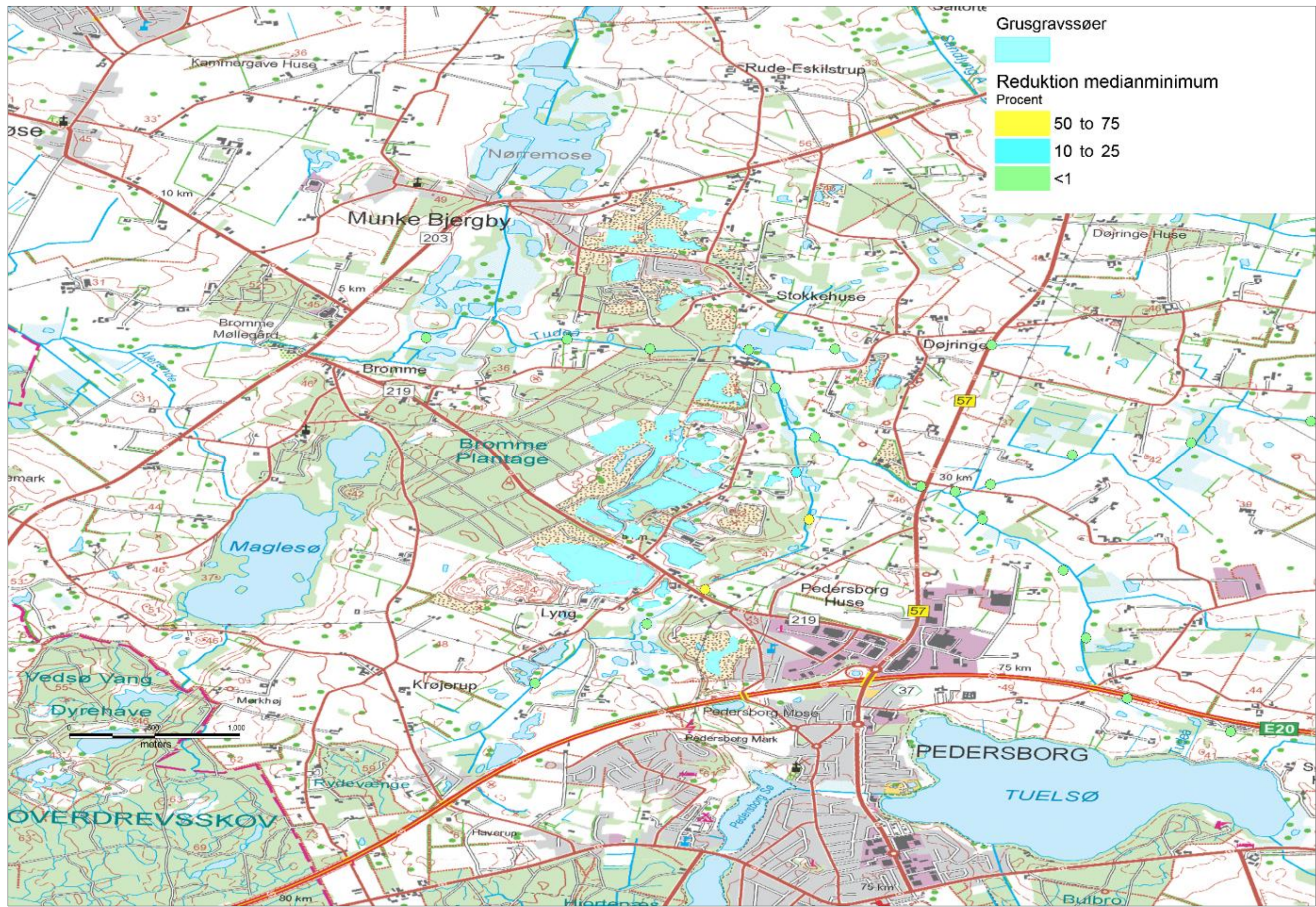
Bilag 12: Reduktion i middelvandføring mellem scenarie 1 og scenarie 2.



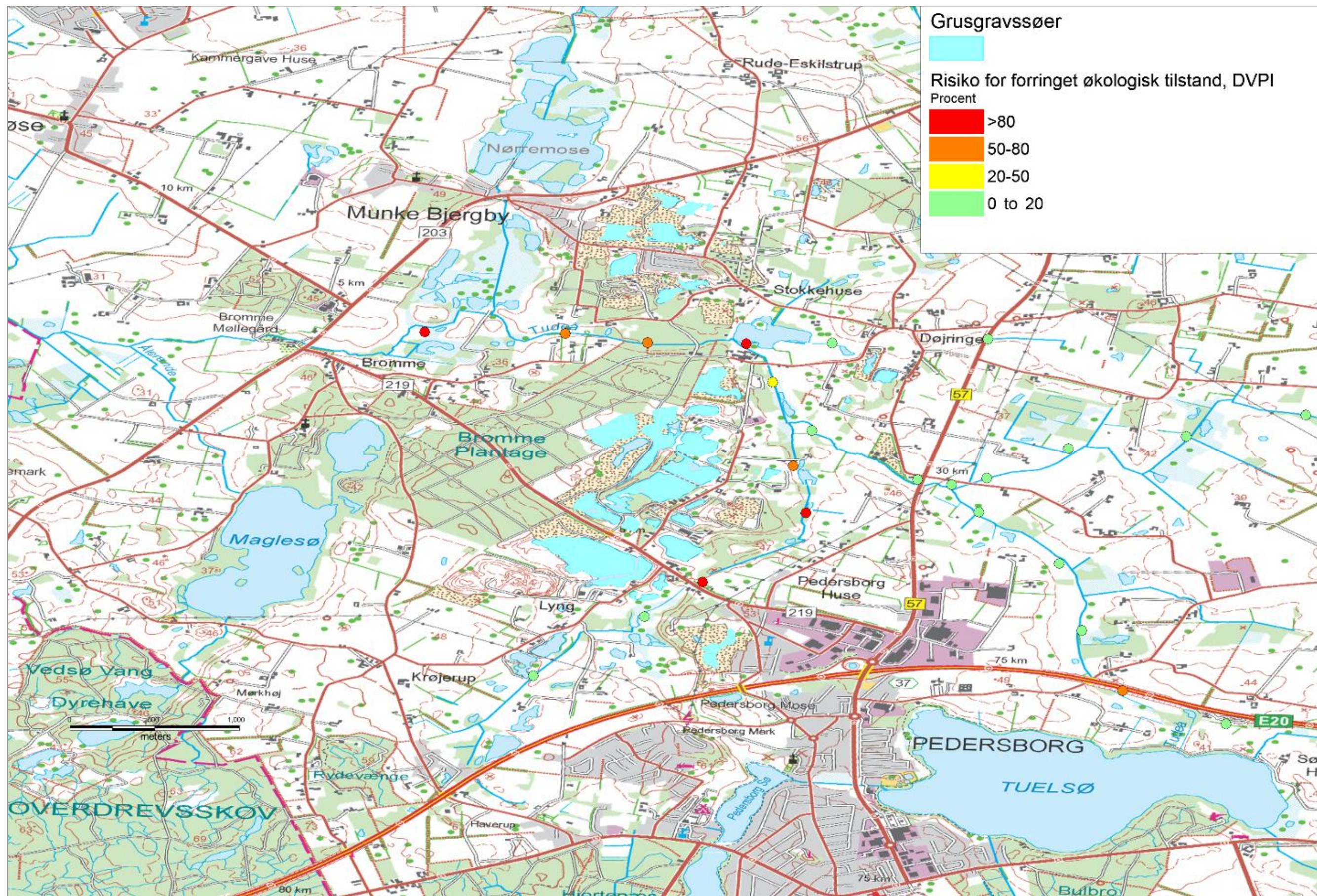
Bilag 13: Reduktion i middelvandføring mellem scenarie 1 og scenarie 3.



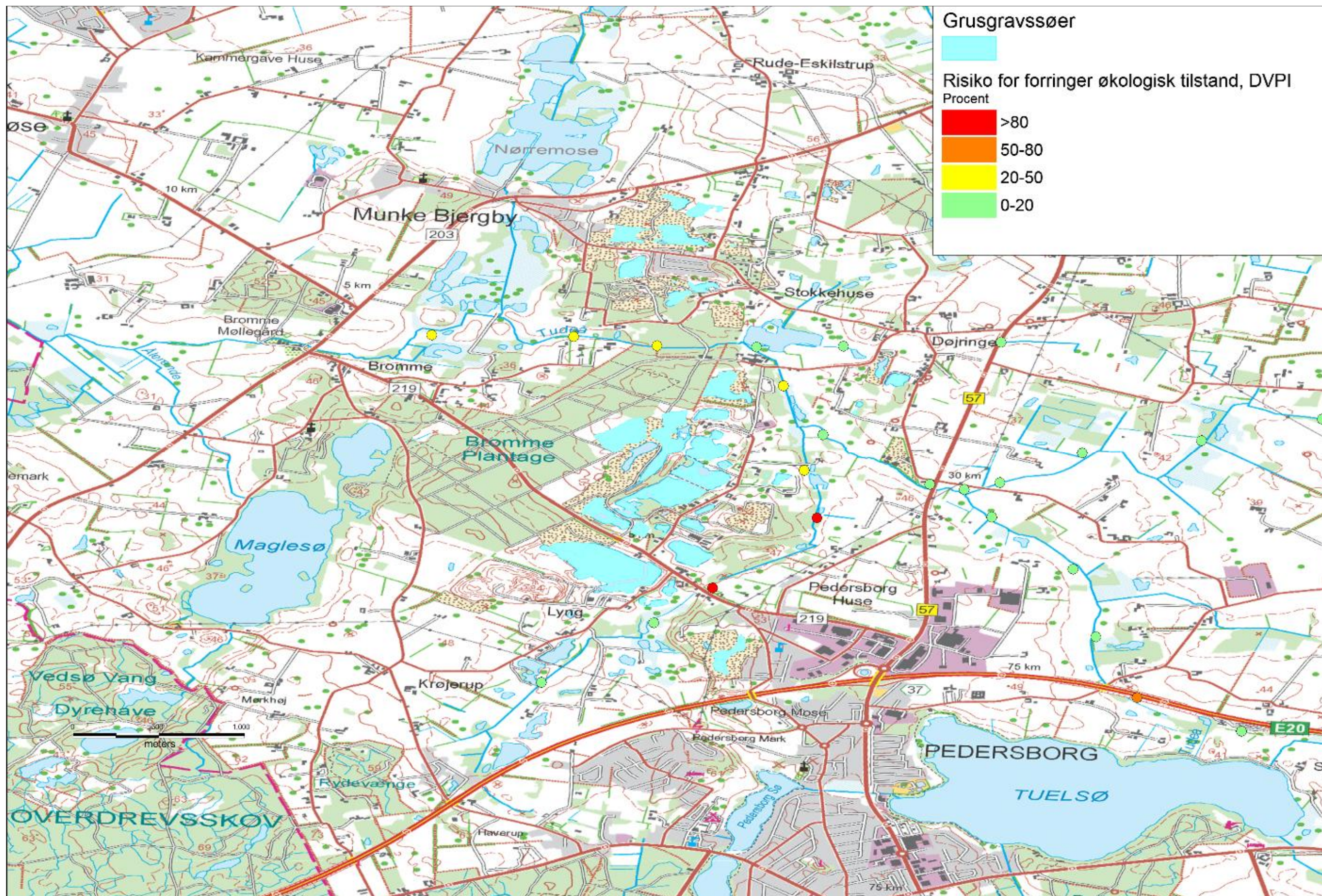
Bilag 14: Reduktion i medianminimum mellem scenarie 1 og scenarie 2.



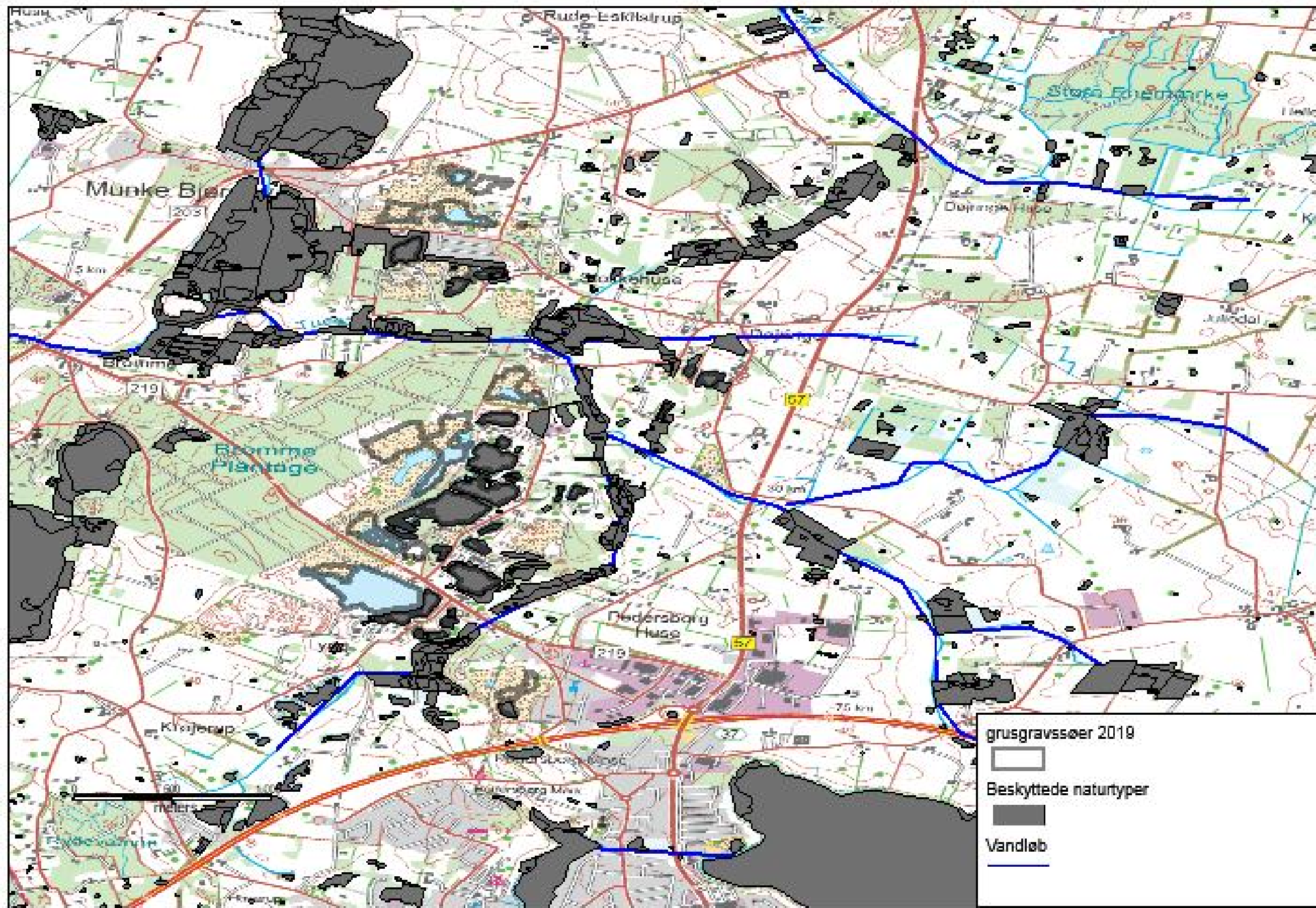
Bilag 15: Reduktion i medianminimum mellem scenarie 1 og scenarie 3.



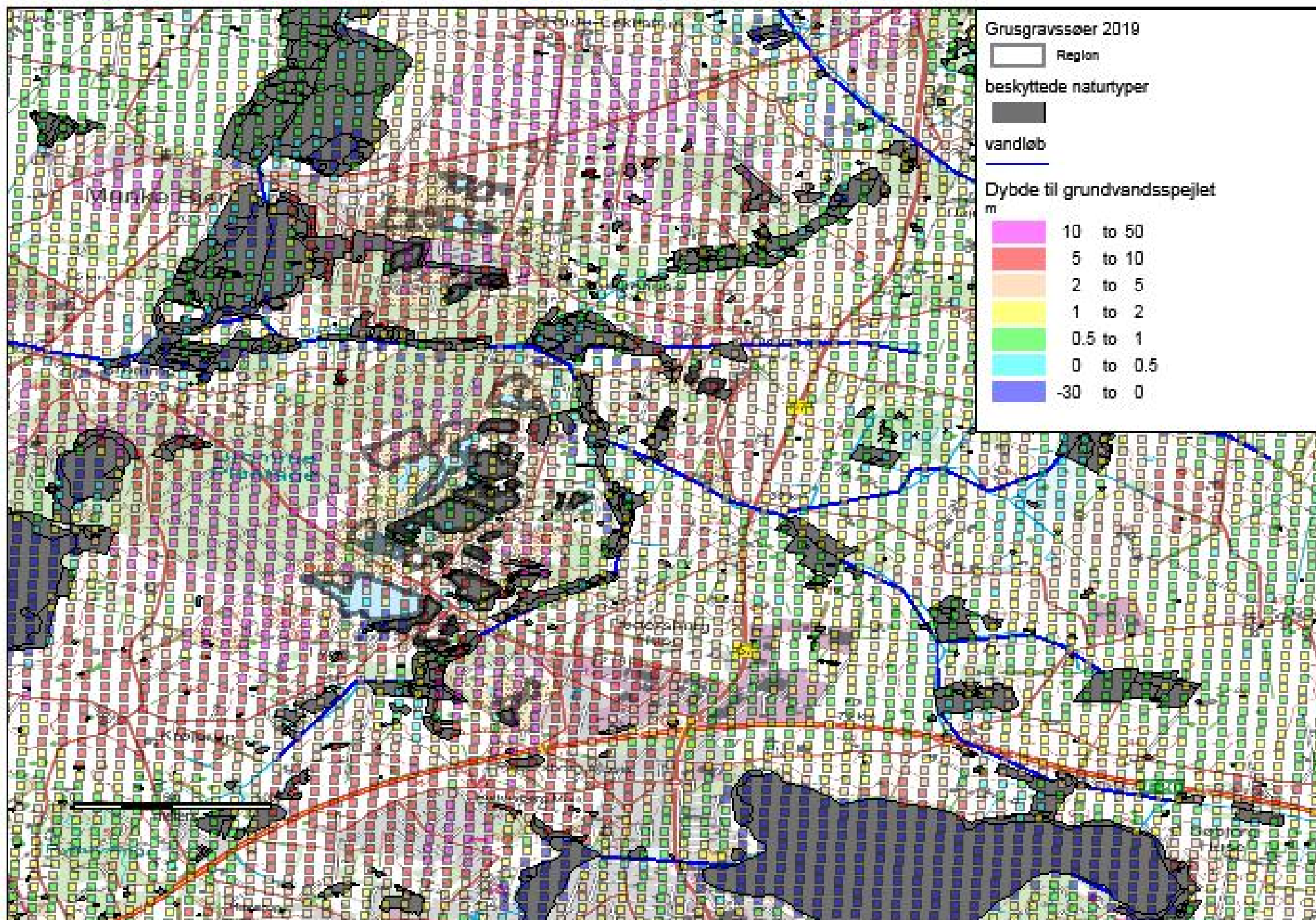
Bilag 16: Risiko for forringet økologisk tilstand for makrofytter fra scenarie 1 til scenarie 2. Beregningsperiode 2014-2018.



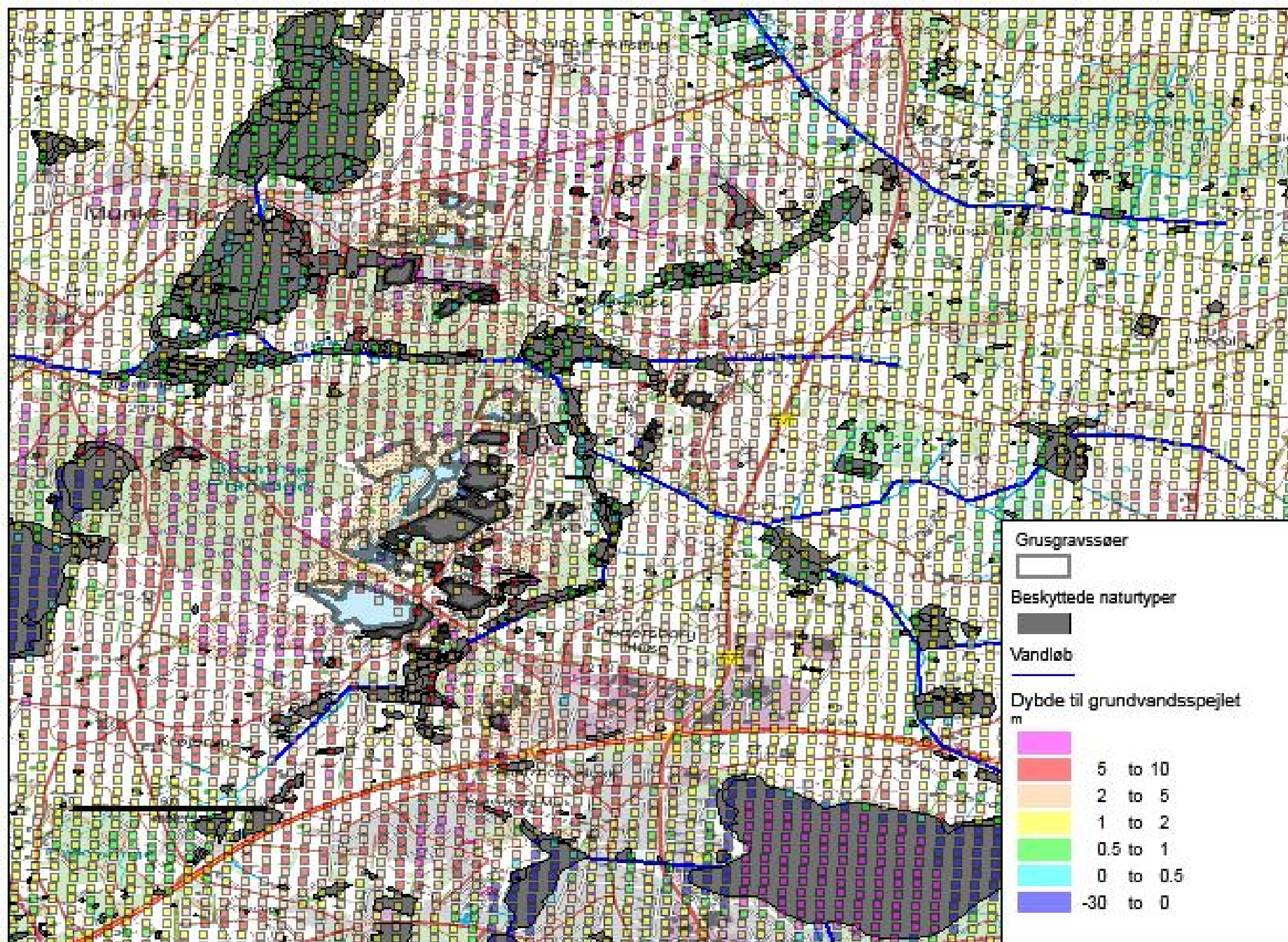
Bilag 17: Risiko for forringet økologisk tilstand for makrofytter fra scenarie 1 til scenarie 3. Beregningsperiode 2014-2018.



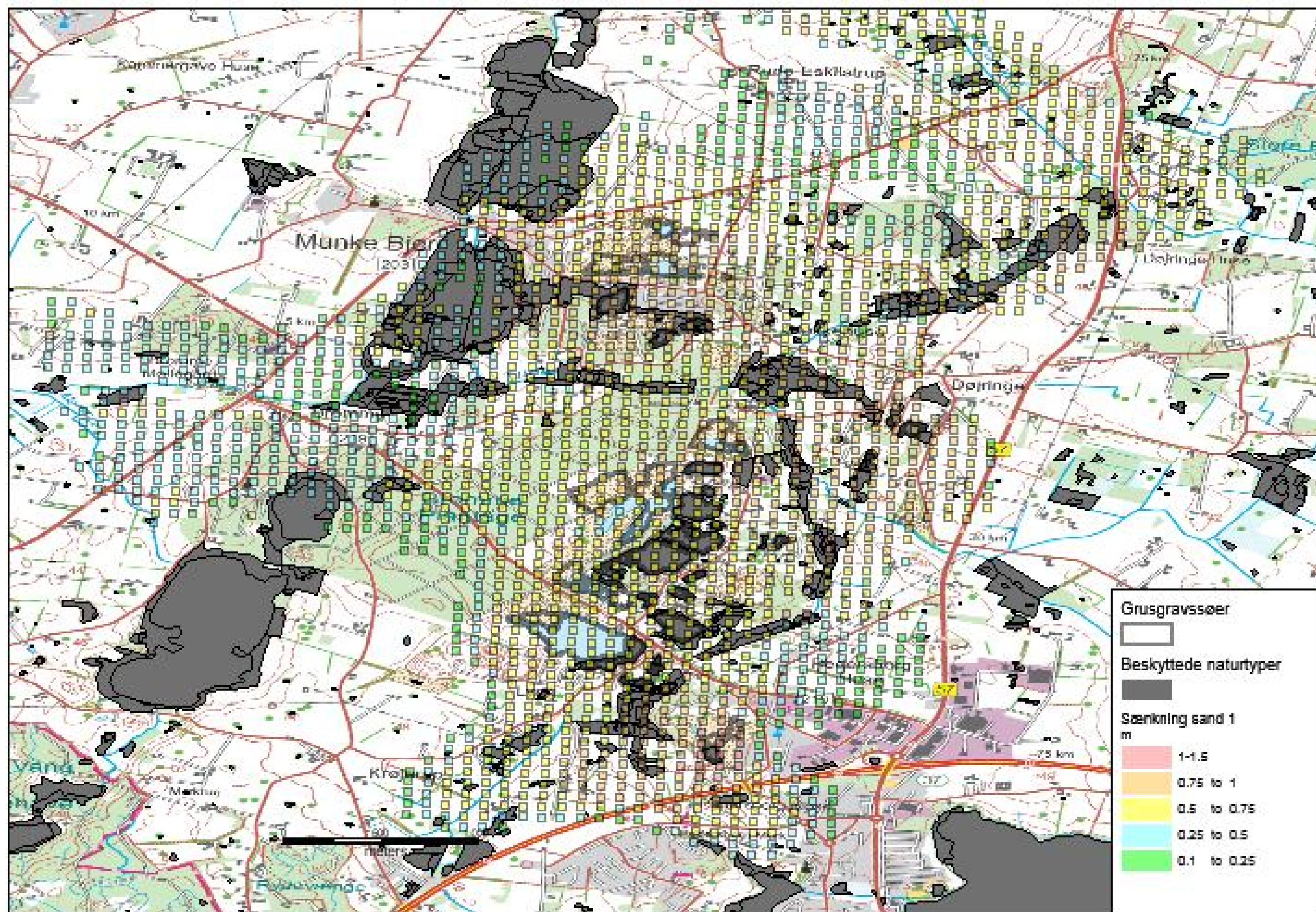
Bilag 18: Beliggenheden af beskyttede naturområder.



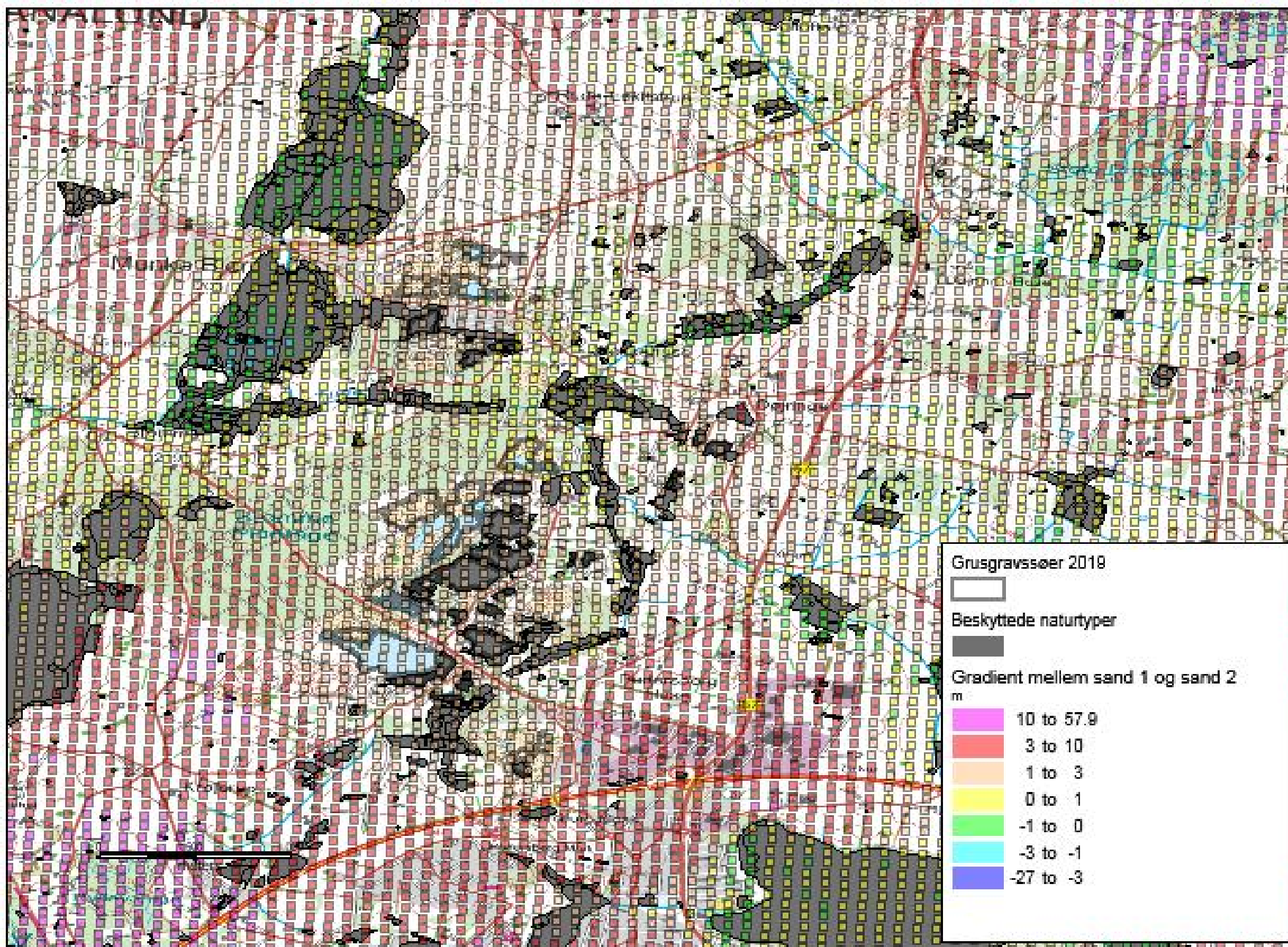
Bilag 19: Dybde til grundvandsspejlet i scenarie 1.



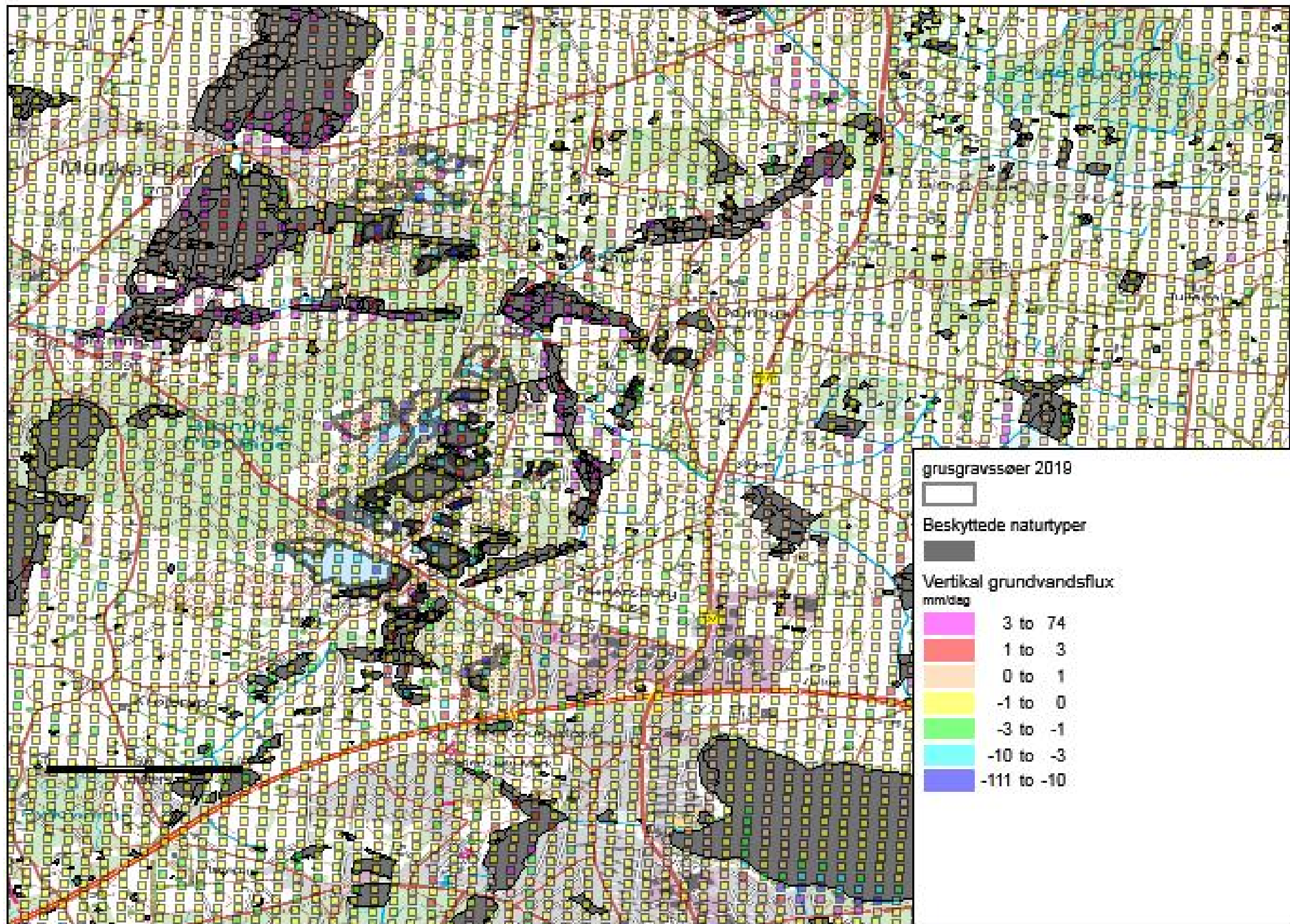
Bilag 20: Dybde til grundvandsspejlet i scenarie 3.



Bilag 21: Sænkning i det terrænnære grundvand i scenarie 3 sammenholdt med beliggenheden af beskyttede naturtyper.



Bilag 22: Gradienten mellem Sand 1 og Sand 2 i scenarie 1 – referencescenariet. I scenarie 3 reduceres gradienten indenfor graveområdet. Negative gradienter er opadrettede.



Bilag 23: Den terrænnære vertikale flux i scenarie 3 (negative værdier betyder nedadrettet flux).