

Greve - Indsatsplan

Vurdering af grundvandskemiske forhold

2015-02-26



ALECTIA A/S

Skanderborgvej 190
8260 Viby J
Danmark

Tlf.: +45 88 19 10 10

CVR nr. 22 27 89 16

www.alectia.com

Udarb.: TAN/JNKU Kontrolleret: JNKU Godkendt: Greve Kommune

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
2	Datagrundlag	4
2.1	Data, anvendelse og godkendelse.....	4
3	Grundvandskemiske parametre i råvandsanalysen	6
3.1.1	Hårdhed.....	6
3.2	Redoxvandtype	7
3.3	Hovedanioner.....	11
3.3.1	Nitrat.....	11
3.3.2	Sulfat	13
3.3.3	Klorid	16
3.4	Beregnete parametre	19
3.4.1	Forvittringsgrad	19
3.4.2	Ionbytning	20
3.5	Uorganiske sporstoffer	25
3.5.1	Bor.....	25
3.5.2	Fluorid	27
3.5.3	Nikkel	29
3.5.4	Strontium	31
3.6	Miljøfremmede stoffer i kortlægningsområdet	35
3.6.1	Pesticider	35
3.6.2	Øvrige miljøfremmede	41
3.7	Dæklagstykkelse	43
3.8	Overordnede vurderinger	44
4	Referencer.....	47

Bilag 1 Oversigt over indtag med indhold af pesticider
Bilag 2 Oversigt over indtag med indhold af oliekomponenter
Bilag 3 Oversigt over indtag med indhold af klorerede opløsningsmidler
Bilag 4 Oversigt nitrat/klorid og sulfat for de enkelte vandværker

1 Indledning

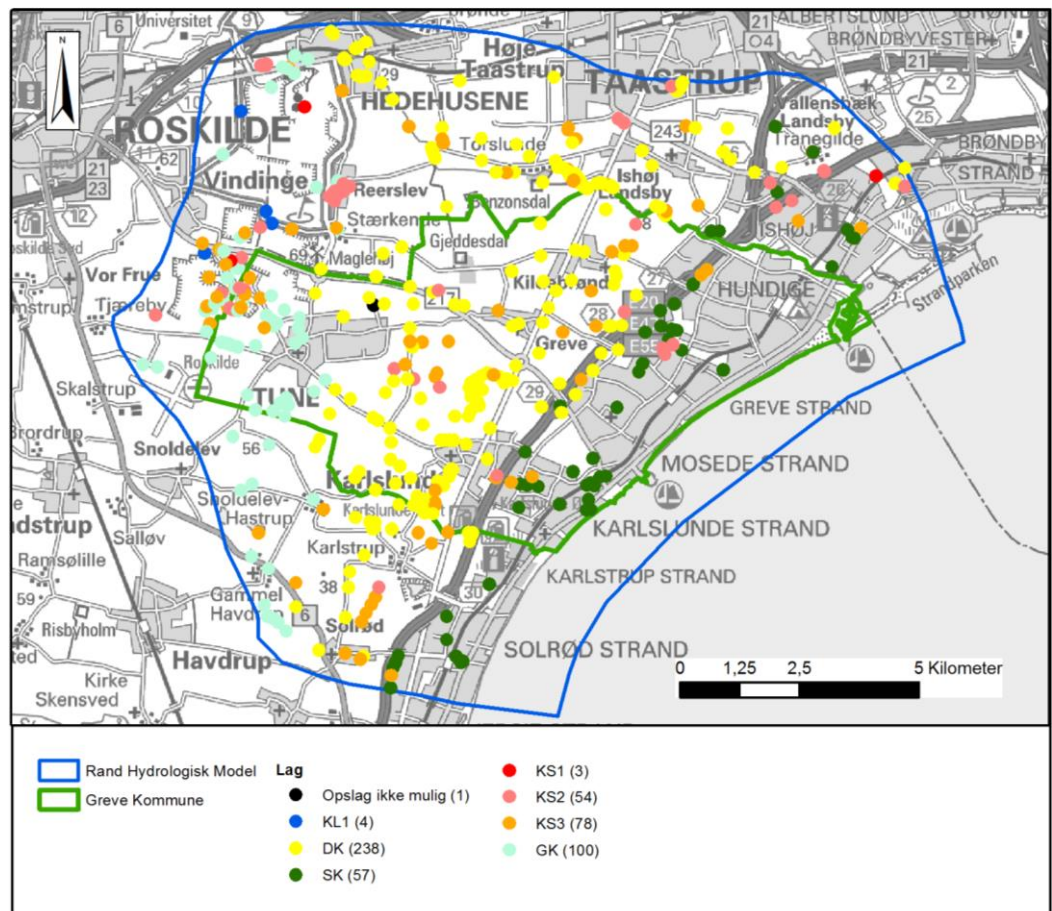
Denne rapport indeholder afrapporteringen af undersøgelserne foretaget i forbindelse med indsatsplanlægningen for Greve Kommune.

2 Datagrundlag

2.1 Data, anvendelse og godkendelse

Grundvandskemien er beskrevet på basis af udtræk fra Jupiter foretaget d. 2. februar 2015. Analyser registreret og godkendt før denne dato, er derfor med i gennemgangen af grundvandskemien. Derudover er modtaget vandkemiske data fra HOFOR og Greve Vandsamarbejde.

Datatrækket for indtag med analyser der indeholder uorganiske stoffer omfatter 4951 analyser, hvor første analyse dateres tilbage til 1927. De 4951 analyser fordeles sig på 535 indtag. Figur 2-1 viser fordelingen af indtag på hydrostratigrafiske lag og det ses at området på havsiden af motorvejen er domineret af indtag i skrivvekridt. Det lag der findes flest indtag med analyser fra er danienkalken, men også grøn-sandskalken er der mange analyser fra.



Figur 2-1 Indtag med analyser farvegivet efter indtagens placering i lag (tallene i parentes angiver antallet af indtag med analyser)

I kortlægningsområdet findes 410 indtag med vandtypebestemmelser fordelt på 1662 analysebegivenheder. Vandtypebestemmelsen er foretaget som beskrevet i vejledningen for grundvandskemisk kortlægning ^{1/1}. Generelt repræsenterer grund-

vandskemien i prækvartæret den øverste del af filtersætningen, hvor der foregår den største indstrømning til filteret.

Datatrækket for analyser der grupperes som olie/tjæreprodukter omfatter 1131 analyser som fordeler sig på 488 indtag, hvor der er konstateret indhold i 156 indtag i seneste analyse. Blandt de 488 indtag der er analyseret for indhold af olie/tjæreprodukter er der analyseret for MTBE 482 gange. De 482 målinger fordeler sig på 129 indtag, hvoraf der er konstateret indhold af MTBE over detektionsgrænsen i 39 indtag i seneste analyse.

Datatrækket for analyser der grupperes som klorerede opløsningsmidler omfatter 2465 analyser som fordeler sig på 554 indtag, hvor der er konstateret indhold i 202 indtag i seneste analyse.

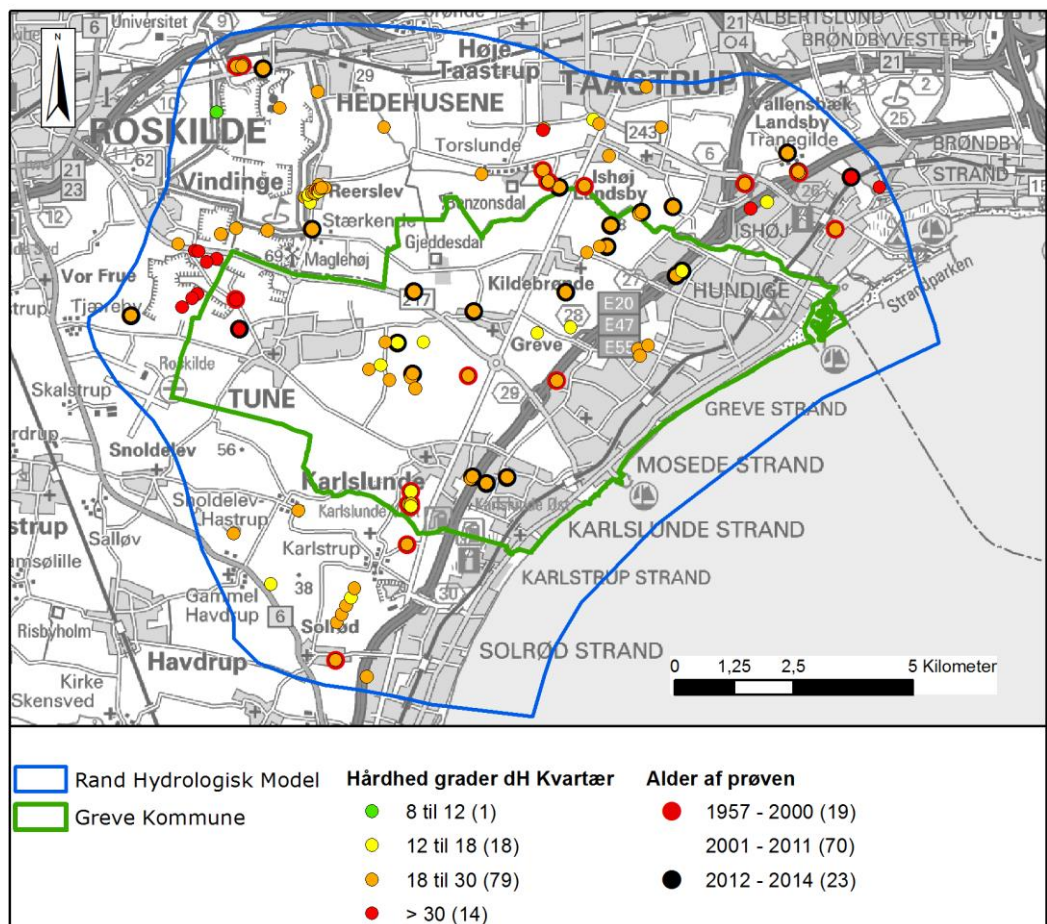
Datatrækket for analyser der grupperes som pesticider omfatter 2143 analyser som fordeler sig på 509 indtag, hvor der er konstateret indhold i 199 indtag i seneste analyse. Blandt de 509 indtag der er analyseret for indhold af pesticider er der analyseret for BAM i 1675 gange. De 1675 målinger fordeler sig på 394 indtag, hvoraf der er konstateret indhold af BAM over detektionsgrænsen i 171 indtag i seneste analyse.

3 Grundvandskemiske parametre i råvandsanalysen

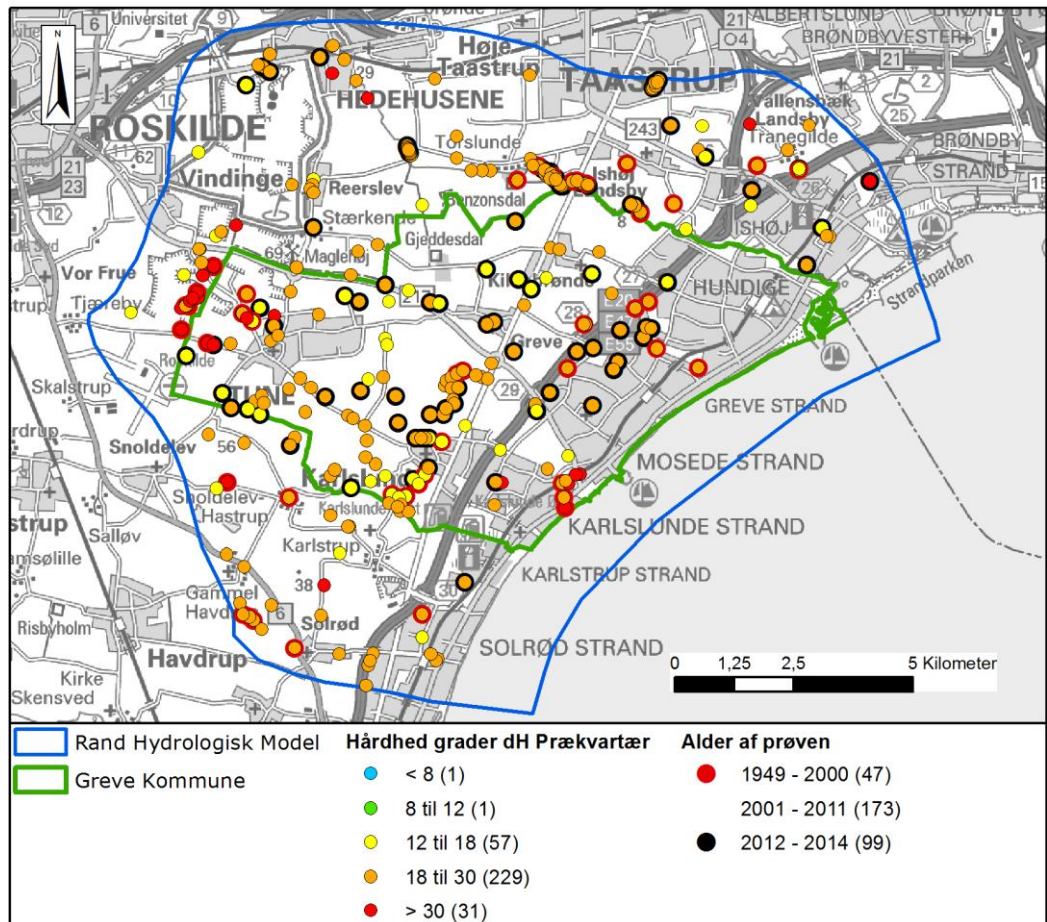
3.1.1 Hårdhed

Grundvandets hårdhed er styret af forsuringegraden. Hårdheden, som måles ved indholdet af calcium og magnesium i grundvandet stiger, når forsuringen medfører opløsning af kalk, $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$. Når kalken i jorden er opbrugt, vil udvaskningen af hårdheds-ionerne tage fart, og hårdheden i grundvandet aftager. Der er ikke nogen kvalitetskrav til hårdheden i vandkvalitetsbekendtgørelsen /ii/, men det angives under bemærkninger, at den bør ligge mellem 5 og 30 °dH.

De største hårdheder i både kvartæret og prækvartæret findes i grundvandet nord-vest for Tune.



Figur 3-1 Hårdhed i kvartæret vist for seneste analyser



Figur 3-2 Hårdhed i prækvartæret vist for seneste analyser

3.2 Redoxvandtype

Redoxvandtypen er bestemt ud fra algoritmen beskrevet i Geovejledning 6 /iv/. I nærværende afsnit gennemgås forekomsten af redoxvandtyperne generelt samt fordelt på kvartære sandmagasiner og kalken. Der er bestemt vandtyper for i alt 174 indtag.

Redoxvandtypen angives i 4 kategorier benævnt A, B, C og D. Vandtyperne er kort præsenteret i Tabel 3-1, og kan beskrives ved, at vandtype A og B er unge, oxiderede, nitratsårbare vandtyper. Vandtype C er svagt reduceret til reduceret. Der skelnes for vandtype C sårbarhedsmæssigt imellem, om der ses stigende og/eller højt sulfatindhold modsat lavt og stabilt sulfatindhold. Den sårbare pulje af vandtype C har stigende/højt indhold af sulfat. Vandtype D er en velbeskyttet gammel vandtype med lavt sulfatindhold, høj ionbytnings og lav forvitring. Vandtype D er ikke overfladepåvirket.

Vandtype	Redoxforhold	Betegnelse
A	Stærkt oxideret	Iltholdigt

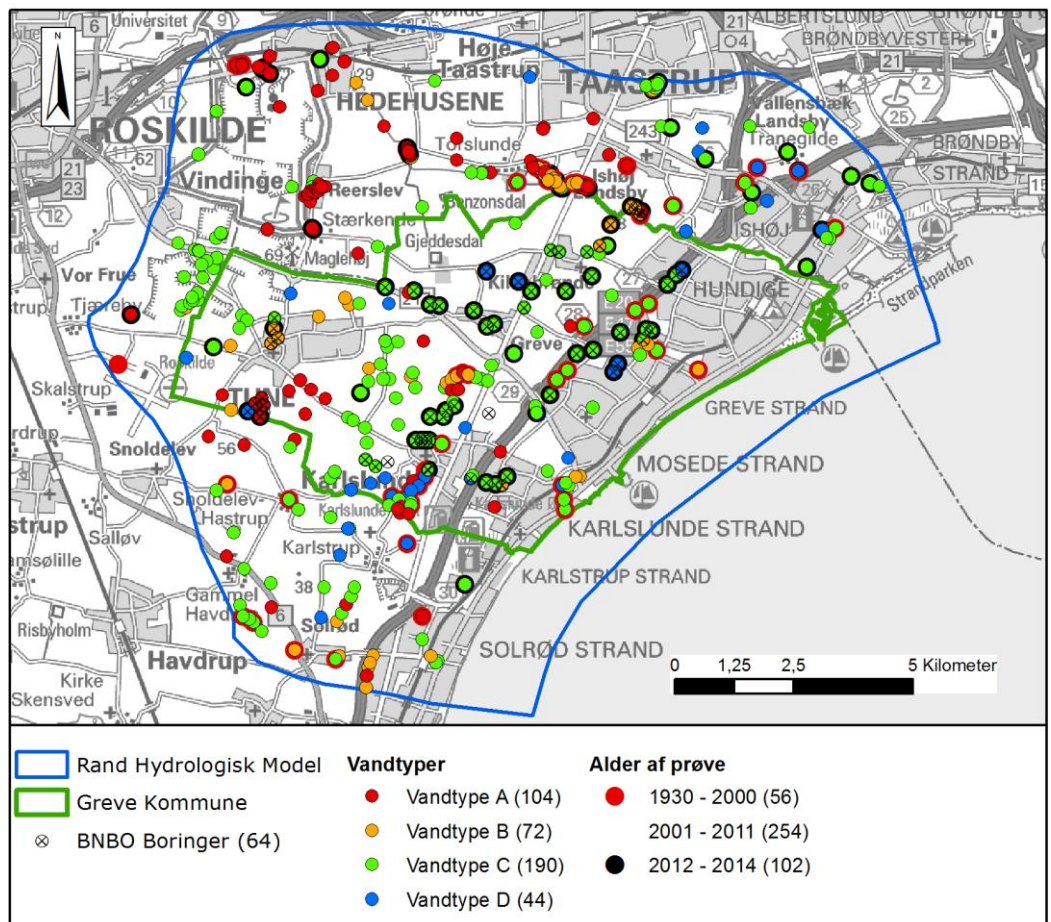
B	Svagt oxideret	Nitratholdigt
C	Svagt reduceret	Jern- og sulfatholdigt
D	Stærkt reduceret	Sulfatreduceret

Tabel 3-1. Vandtyper og redoxforhold.

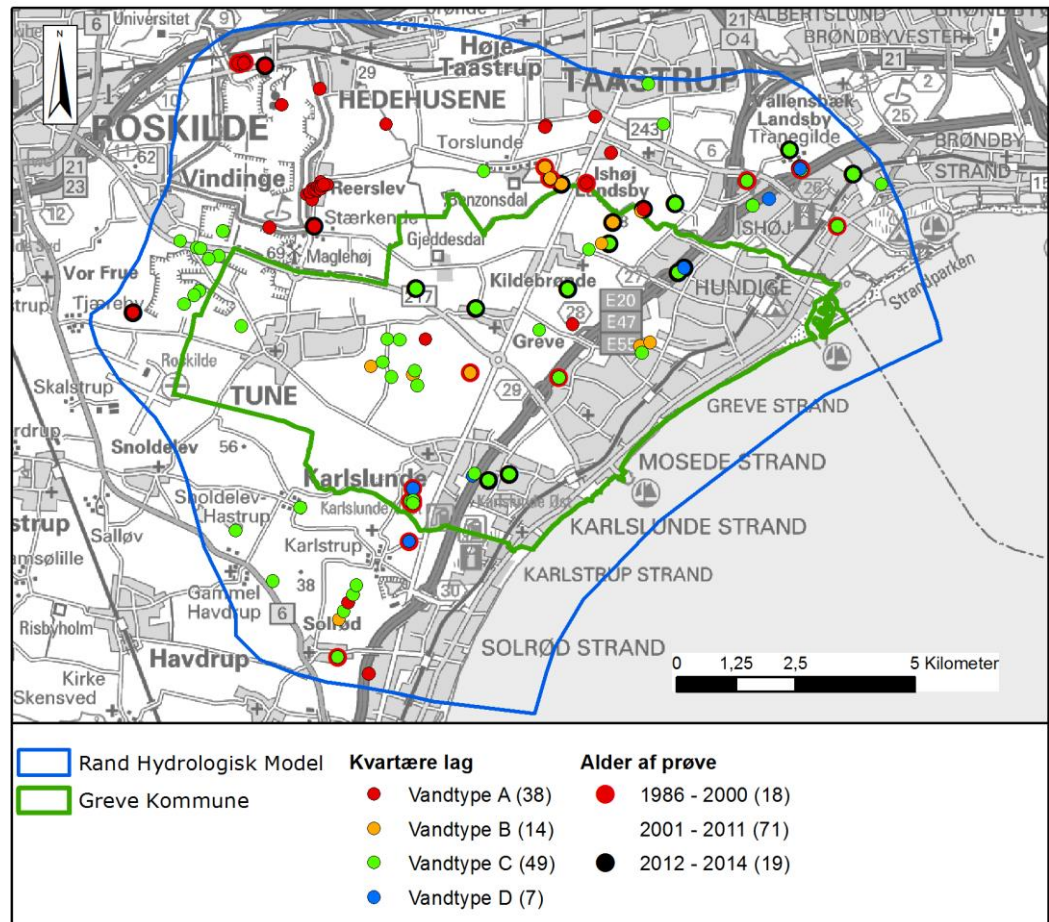
Ifølge definitionen på nitratsårbarhed i zoneringsen /ⁱⁱⁱ/ betegnes vandtype A og B med stor sårbarhed og vandtype C, med stigende/højt sulfatindhold, betegnes med nogen sårbarhed. Senere i kortlægningen, når NFI skal afgrænses inkluderes både områder med stor og nogen sårbarhed i udpegningen.

De 410 indtag med vandtypebestemmelser fordeler sig på:

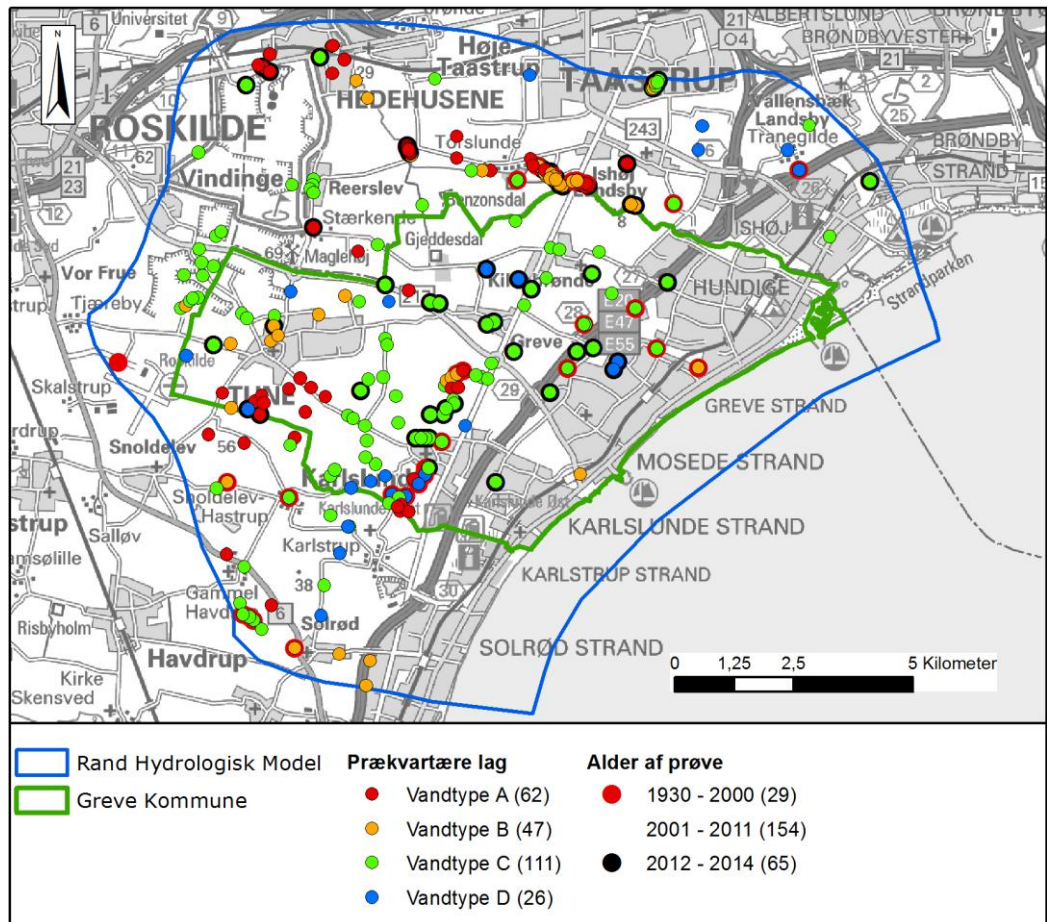
- Vandtype A, 104 indtag
- Vandtype B, 72 indtag
- Vandtype C, 190 indtag
- Vandtype D 44 indtag



Figur 3-3 Redoxvandtyper for alle indtag i området



Figur 3-4 Redoxvandtyper i kvartære lag



Figur 3-5 Redoxvandtyper prækvartære lag

Vandtype A er karakteristisk for yngre vand og findes især udbredt i den nordlige del af området herunder Hedelandsområdet, samt syd for Tune omkring den nye Tune Kildeplads Syd.

De sårbare vandtyper, A og B, er desuden fundet ved Tune Vandværk nordlig kildeplads, Greve Vandværks kildeplads ved Kildebrønde og Hofors kildeplads ved Ishøj.

Vandtype C er den mest udbredte vandtype i området. Vandtype C er karakteristisk for vand der ikke er helt ungt, men ikke så velbeskyttet som vandtype D. Vandtype C er fundet ved Karlslunde By Vandværk, Kildebrønde By Vandværk, Greve Landsby Vandværk, HOFORs kildepladser ved Lyksager og Karlslunde samt Greve Vandværks kildepladser ved Gjeddelsdal, Vendals Bakke og Greve. De fleste boreriger tilhørende Greve Strand Kildeplads er også af vandtype C.

Vandtype D er karakteristisk for gammelt og velbeskyttet grundvand og har den største udbredelse i de kystnære egne. Vandtype D er især udbredt i området vest for Karlslunde, men ses også i enkelte af Greve Vandværks boreriger ved Kildebrønde og Greve Strand.

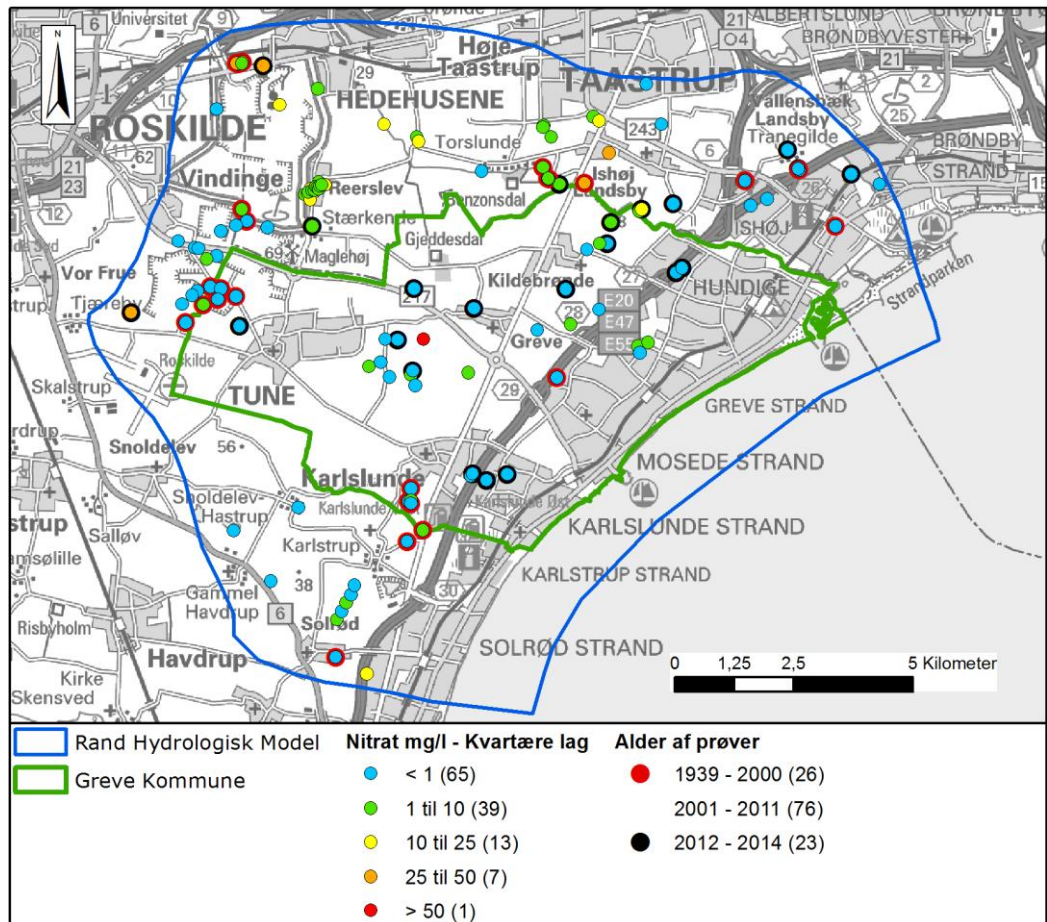
3.3 Hovedanioner

3.3.1 Nitrat

Nitratindholdet er væsentligt i forhold til at vurdere grundvandskvaliteten og grundvandsmagasinets sårbarhed. Grænseværdien for nitrat i drikkevand er 50 mg/l. Hvis der måles indhold af nitrat i grundvandet (>1 mg/l), karakteriseres grundvandsmagasinet som sårbart overfor påvirkninger fra overfladen, hvilket kan betyde, at magasinet også kan være sårbart overfor andre stoffer som f.eks. miljøfremmede stoffer.

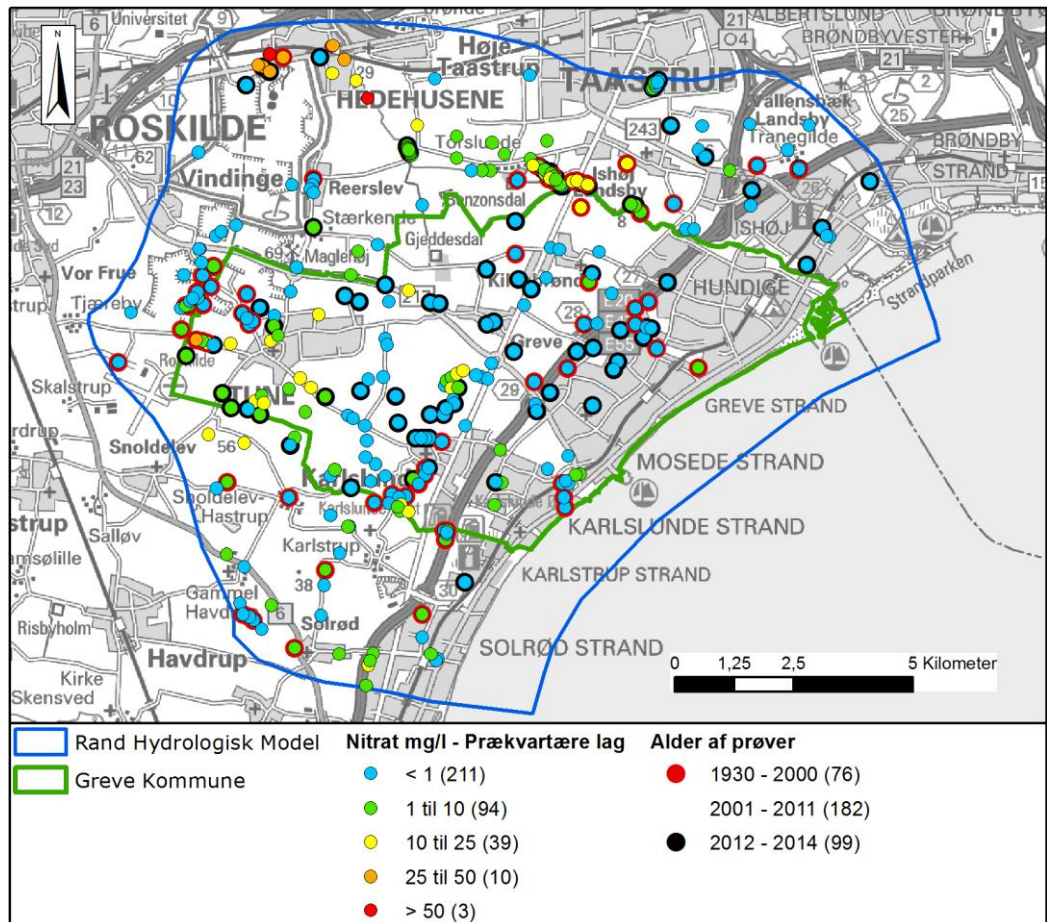
Nitrat stammer fra gødningen, som spredes på landbrugsarealerne, men der vil også under naturarealer ske en udvaskning af nitrat i forbindelse med nedbrydningen og omsætningen af det organiske stof i jordbunden. Udvasningen under naturarealer er dog betydeligt mindre end under landbrugsarealer. Hvorvidt den nedsivende nitrat når grundvandsmagasinet, afhænger af jordens evne til at nedbryde og omsætte nitrat. Såfremt jordlagene har tilstrækkelig med reduktionskapacitet, i form af bl.a. pyrit, vil nitrat blive nedbrudt længe før, det når grundvandsmagasinet. Nitrat kan være en kritisk parameter for vandkvaliteten og er vigtig for beskrivelsen af sårbarheden.

Analyserne for nitrat er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-6 viser indholdet af nitrat i de kvartære lag. Der ses flere steder i fokusområdet indhold af nitrat (>1 mg/l) i de kvartære lag. Der ses store områder, hvor der ikke findes analyser fra kvartære lag i området.



Figur 3-6 Nitratkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

Figur 3-7 viser indholdet af nitrat i de prækvartære lag. Der ses flere steder i fokusområdet indhold af nitrat (>1 mg/l) i de prækvartære lag. Indhold af nitrat (>1 mg/l) samt nitratkoncentrationer over 10 mg/l i kalken findes især udbredt i den mest nordlige del af området, i området omkring Thorsbro Kildeplads samt i området syd for Tune. Generelt er den nordøstlige del af området ved Greve og Hundige mindre nitratpåvirket end den resterende del af området.

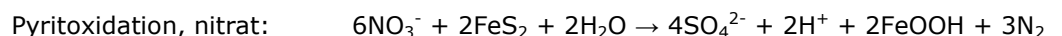
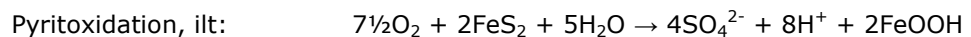


Figur 3-7 Nitratkoncentration i prækvartæret vist for seneste analyser

3.3.2 Sulfat

Sulfatindholdet er en vigtig parameter til vurdering af et magasins sårbarhed i forhold til især nitrat, men også i forhold til pesticider. For sulfat anvendes typisk 20 til 30 mg/l som baggrunds niveau i tolkningen ^{iV}. Et forhøjet sulfatindhold kan stamme fra oxidation af pyrit med ilt eller nitrat fra det vand, der nedsiver til magasinet.

Støkiometrisk ser de to processer således ud:

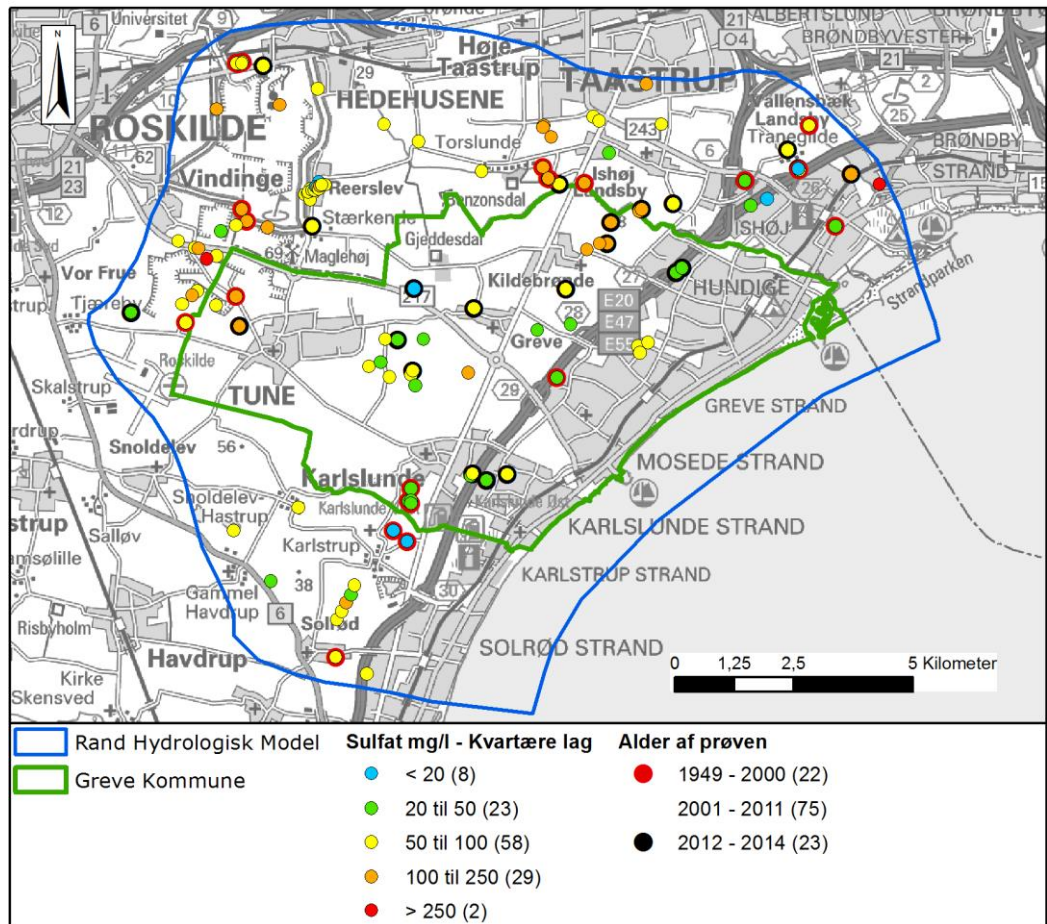


Den svovlsyre, der dannes ved nedbrydning af pyrit, fører til kalkopløsning i jorden hvorved calcium og magnesium frigives og hæver forvitningsgraden. Hvis pyritoxidationen forløber med ilt skyldes det ofte, at grundvandet er sænket ved indvinding og reducerede jordlag iltes. Denne proces er uønsket, da pyritindholdet gerne skal gå til nedbrydning af nitrat, og da sulfat kan blive så høj, at grænseværdien på 250 mg/l kan overskrides.

Ifølge /iix/ kan ilten også introduceres direkte til magasinet via barometerånding. Forudsætningerne for, at der kan opstå barometerånding, er at der lokalt omkring boringen introduceres frie vandspejlsforhold i magasinet (kalken), samtidig med at der findes et vandmættet gastæt lag af over magasinet, f.eks. moræneler. Disse hydrogeologiske forhold er gældende flere steder i området f.eks. omkring Tune. Andre undersøgelser /iiix/ viser at der ved barometerånding kan forekomme forhøjede værdier af sulfat og nikkel i en afstand af 100 m fra boringen ved barometerånding, f.eks. Konstateret omkring Tune.

Da pyritoxidationen gennem de seneste 50 år er øget på grund af den generelt øgede kvælstofbelastning på landbrugsjord, kan sulfatindholdet anvendes som en grov aldersindikator. I meget ungt vand kan der være et aftagende sulfatindhold i tidsserier på grund af aftagende nitratpåvirkning eller opbrugt pyrit. Øget forvitring er også et resultat af pyritoxidation og anvendes sammen med sulfat som indikator for overfladepåvirkning af grundvandet. For definition af forvitningsgrad se afsnit 3.4.1.

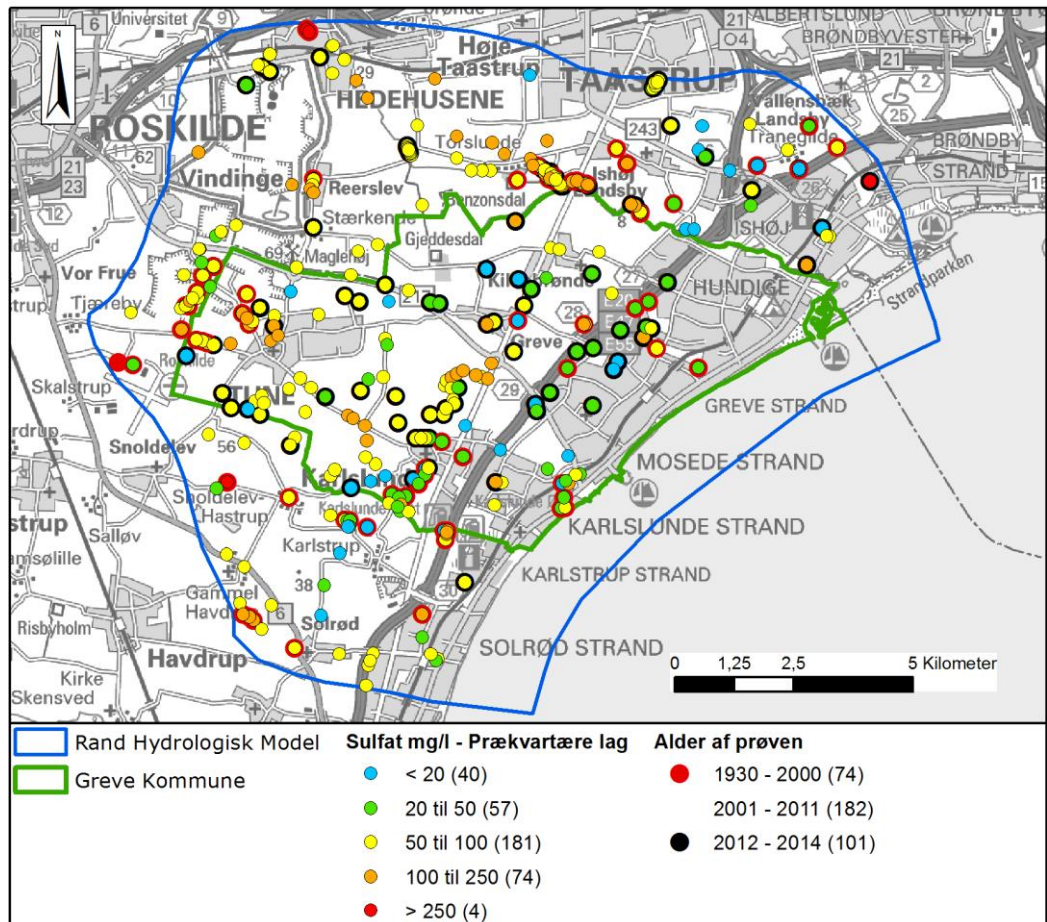
Analyserne for sulfat er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-8 viser indhold af sulfat i de kvartære lag. Der ses flere steder i fokusområdet indhold af sulfat højere end 50 mg/l, hvilket er tydeligt tegn på overfladepåvirkning, undtagen i borerer med moderat til høj saltvandspåvirkning fra havvand (både residualt og recent). Sulfat er forhøjet i forhold til baggrunds niveau i mange borerer i området, hvilket er tegn på påvirkning af nitrat fra overfladen på grund af pyritoxidation. De høje indhold af sulfat kan også skyldes blotlægning af jordlag på grund af sænket grundvandsspejl grundet sænkning ved indvinding. Dette ses i forbindelse med de større kildepladser i området.



Figur 3-8 Sulfatkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

Figur 3-9 viser indhold af sulfat i de kvartære lag. Der ses flere steder i fokusområdet indhold af sulfat højere end 50 mg/l, hvilket er tydeligt tegn på overfladepåvirkning, undtagen i borer med moderat til høj saltvandspåvirkning fra havvand (både residualt og recent).

De fleste analyser i området har sulfat koncentrationer mellem 20 og 100 mg/l. Koncentrationer under 20 mg/l findes i de meget reducerede og velbeskyttede vandtyper f.eks. vest for Karlslunde. Koncentrationer af sulfat på over 100 mg/l findes i sårbare vandtyper B og vandtyper med nogen sårbarhed C. Dette ses omkring flere af HOFOR's kildepladser, f.eks. Thorsbro og Ishøj, grundet sænkninger af grundvandspejlet.

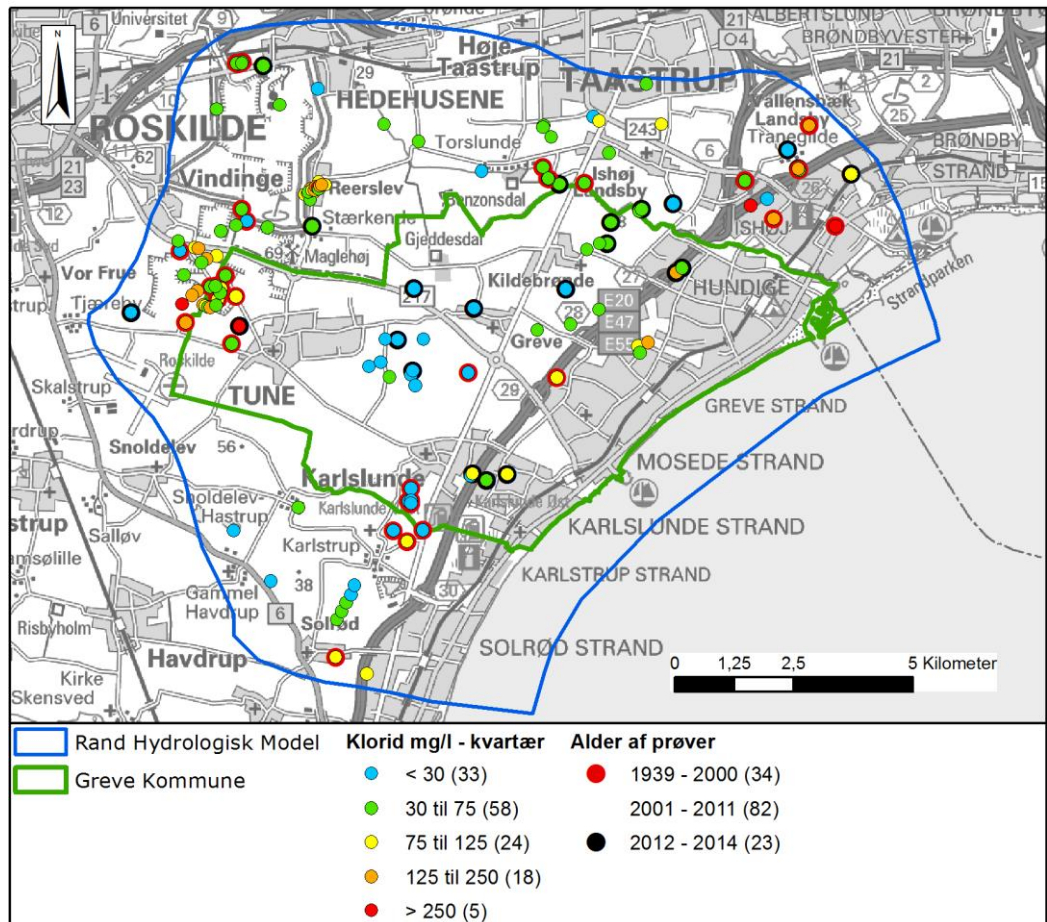


Figur 3-9 Sulfatkoncentration i prækvarteret vist for seneste analyser

3.3.3 Klorid

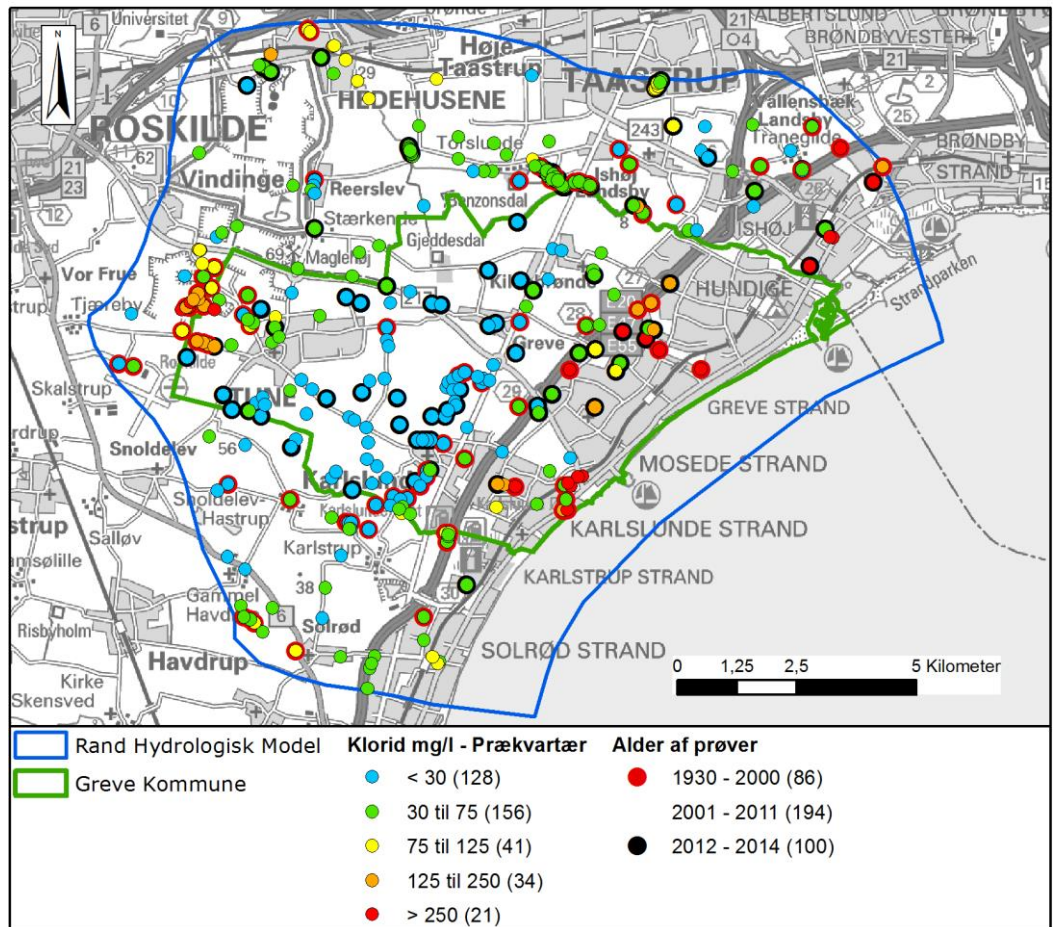
Grundvandets indhold af klorid er en målestok for påvirkning af grundvandet fra saltvand. Klorid indgår ikke i kemiske processer i grundvandsmiljøet, den er inaktiv. Generelt er hovedkilderne til grundvandets indhold af klorid en eller flere af følgende: nedbør/tørdeposition (især ved kyster), vejsalt, gødsning, lossepladsperkolat, residualt vand i marine aflejringer, saltvandsindtrængning i kystnære områder og opkoncentrering i forbindelse med markvanding. Klorid er en vigtig parameter for grundvandskvaliteten, bl.a. fordi klorid ikke kan fjernes ved almindelig vandbehandling. I tilfælde af forhøjet indhold af klorid, er det vigtigt at identificere kilden til klorid for at vurdere den fremtidige risiko for påvirkning.

Analyserne for klorid er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvarteret lag. Figur 3-10 viser indhold af klorid i de kvartære lag. Der ses flere steder i fokusområdet i de kvartære lag forhøjede og høje indhold af klorid. Høje indhold af klorid med forekomster tæt på og over grænseværdien på 250 mg/l ses især ved lossepladsen ved Vindinge, samt ved Tune og Greve Strand.



Figur 3-10 Kloridkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

Figur 3-11 viser indhold af klorid i de prækvartære lag - kalken. Der ses flere steder i fokusområdet forhøjede og høje indhold af klorid. Høje indhold af klorid med forekomster tæt på og over grænseværdien på 250 mg/l ses som i de overliggende kvartære lag ved lossepladsen ved Vindinge, men det er tydeligt at området øst for mortorvejen også har flere indtag med indhold tæt på og over grænseværdien.



Figur 3-11 Kloridkoncentration i prækvartæret vist for seneste analyser

Høje koncentrationer af klorid findes især i de kystnære egne, hvor der i adskillige borer er fundet klorid koncentrationer over 250 mg/l. De forhøjede værdier skyldes en kombination af indtræk af saltvand fra havet og optrængning af salt residualvand.

De historisk beregnede oplande viser i overensstemmelse hermed, at indvindingsoplandene har strakt sig ud i havet.

Der er også fundet forhøjede koncentrationer af klorid i områder beliggende i større afstand fra kysten, bl.a. nordvest for Tune. I disse områder vurderes den primære kilde til det forhøjede niveau at være vejsaltning samt lossepladsen i Hedelandsområdet.

Sammensætningen af kemien i grundvandet har vist, at de forhøjede kloridkoncentrationer i den nordlige kystnære del stammer fra fossilt vand, mens forhøjet kloridindhold i den sydlige kystnære del stammer fra påvirkning fra havet /v/.

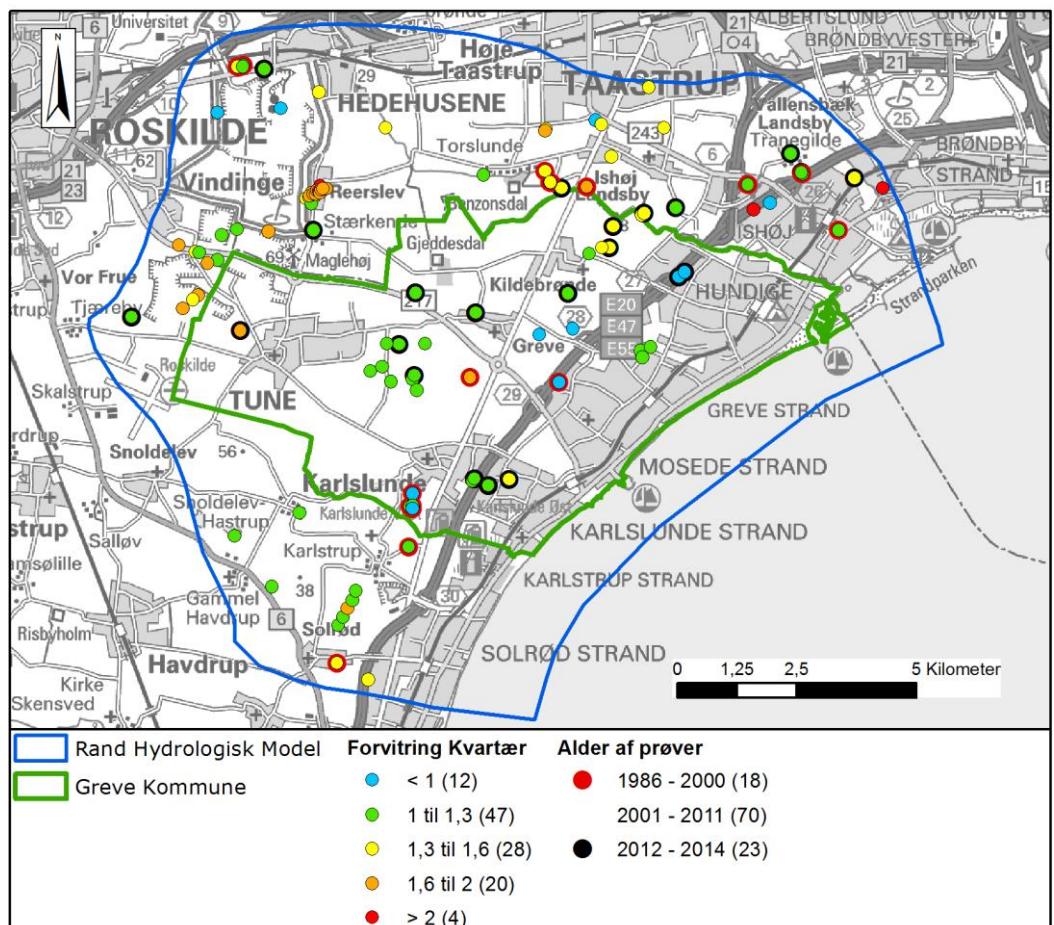
3.4 Beregnede parametre

3.4.1 Forvittringsgrad

Forvittringsgraden beskriver forholdet mellem hårdhed og alkalinitet og beregnes som $(Ca + Mg)/HCO_3$ i milliækvivalenter. Forvittringsgraden nærmer sig værdien 1 ved kalkligevægt med kulsyre, og 2 ved påvirkning fra svovlsyre (fra pyrit) og salpetersyre (fra nitrifikation). Reaktionen der påvirker forvittringsgraden er gennemgået i afsnittet om sulfat (3.3.2).

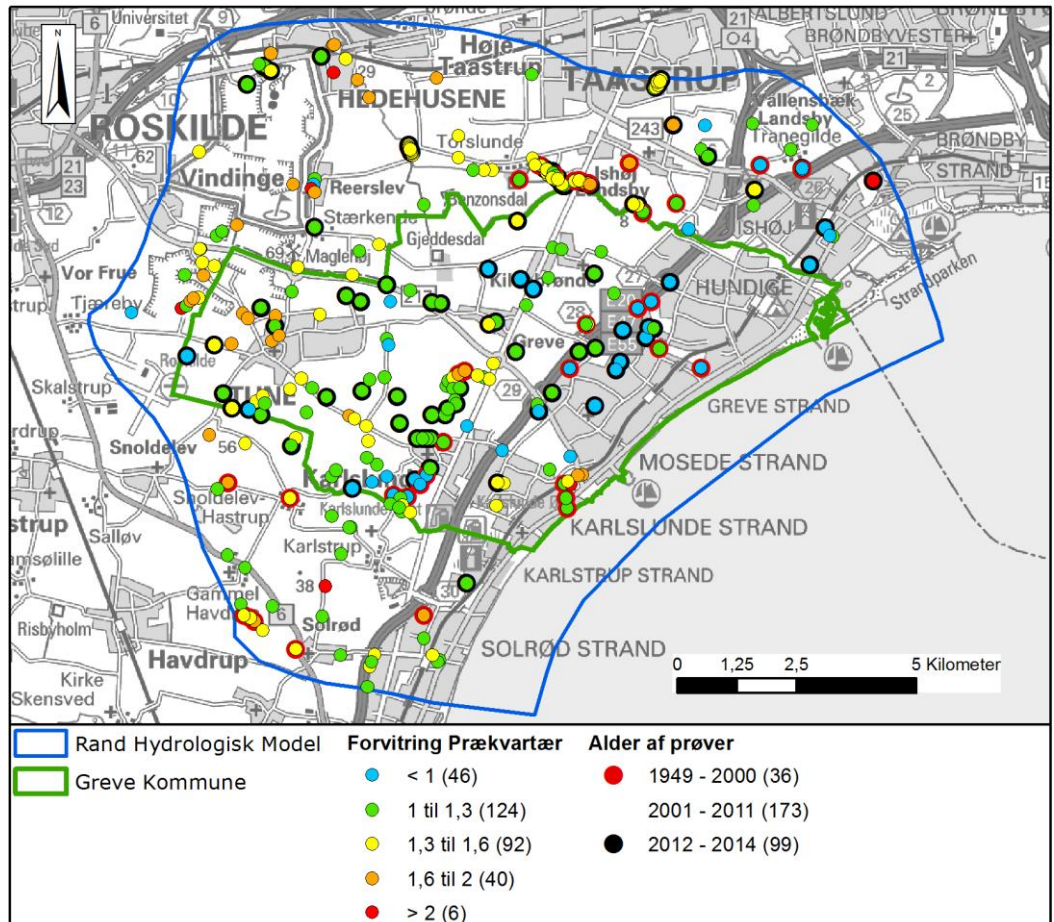
Forhøjet forvittringsgrad findes som hovedregel i ungt grundvand, hvor menneskeskabte forureningsprocesser (såsom pyritoxidation og nitrifikation) har været kilde til kalkopløsning. Det typiske niveau for forvittring ligger mellem 1,0 og 1,3. Forvittringsgrad < 1 skyldes reductive processer eksempelvis sulfatreduktion. Det er ved en nærmere vurdering af data for området blevet konkluderet, at der formodentlig kan forekomme sulfatreduktion ved værdier under 1,1.

De beregnede forvittringsgrader er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-12 viser de beregnede forvittringsgrader i de kvartære lag. Forhøjede forvittringsgrader findes især i den nordlige del af området samt i området nordvest for Tune, hvor påvirkningen fra overfladen formodes at være størst.



Figur 3-12 Forvittringsgrad for seneste analyser i de kvartære magasiner

Figur 3-13 viser de beregnede forvitningsgrader i kalken. I overensstemmelse med observationerne for de kvartære sedimenter ses også i kalken forhøjede forvitningsgrader især i den nordlige del af området samt i området nordvest for Tune, hvor påvirkningen fra overfladen formodes at være størst.



Figur 3-13 Forvitningsgrad for seneste analyser i de prækvartære magasiner

3.4.2 Ionbytning

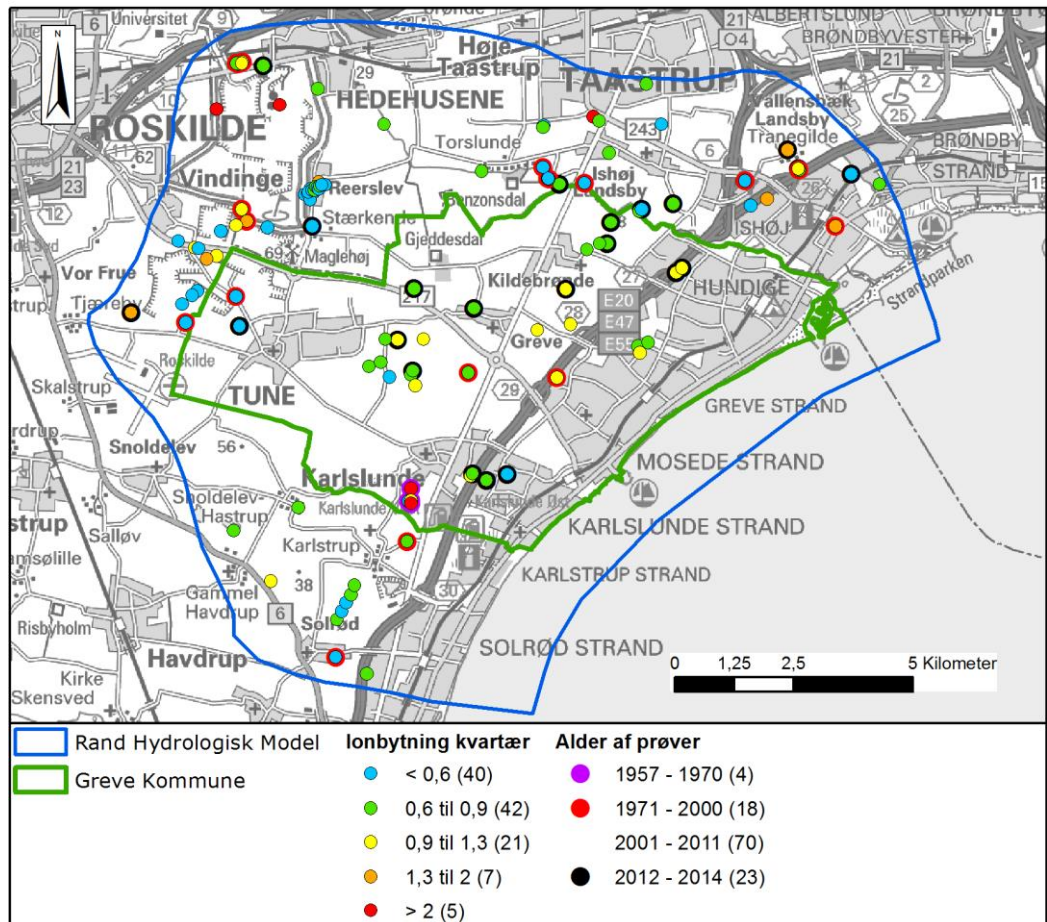
Ionbytningen kan indikere, om der i oplandet til en boring er god beskyttelse fra lerlag. Ionbytningen er forholdet mellem natrium og klorid (Na/Cl begge værdier i milliekvivalenter). Forholdet viser i hvor høj grad natriumioner, der er bundet til lerpartikler, er byttet ud med calciumioner fra grundvandet. Ved ionbytning stiger natriumindholdet i vandet og hermed stiger ionbytningen.

GeoVejledning i grundvandskemisk kortlægning /iv / angiver grænsen for "omvendt ionbytning/ikke ionbytning" i grundvandsmiljøet på 0,75 samt "ikke ionbytning/ionbytning på 1,25", fordi der refereres til halit i opløsning. Det er imidlertid mere korrekt at referere til det Na/Cl forhold, der ses i saltvand. Marine aflejringer vil på aflejringstidspunktet afspejle Na/Cl forholdet i havvand og ikke i ren halitopløsning. I havvand ligger den typiske ionbytning på 0,85 /vi/. I grundvandsmiljøet tol-

kes intervallet for ikke ionbyttet vand at være 0,6 – 0,9. Ionbyttet vand har en ionbytningsgrad $> 0,9$ hvilket ofte er tegn på en ringe gennemstrømning af de geologiske lag og at vandet dermed er ældre og bedre beskyttet mod forurening fra terræn. Det bemærkes, at mangel på ionbytning kan indikere sediment med ringe ionbytningskapacitet frem for manglende beskyttelse.

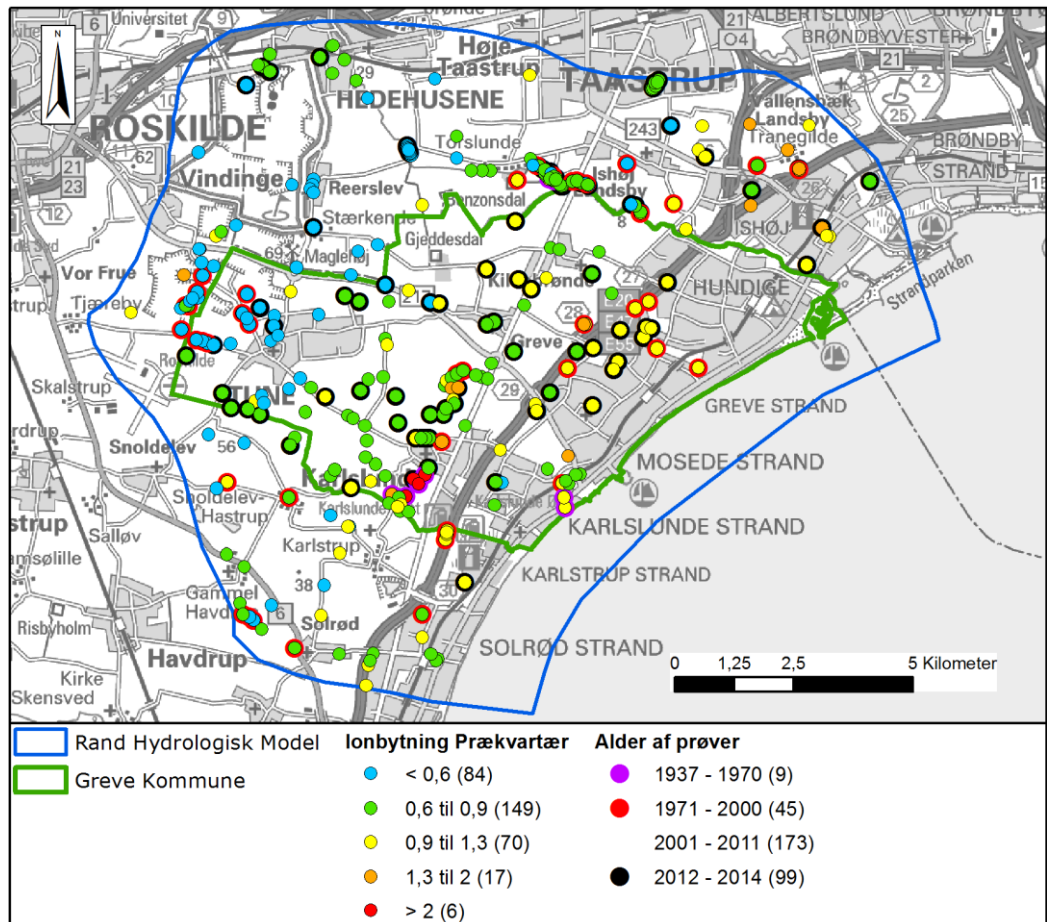
Når ionbytningen er mindre end 0,6 er natrium enten aftaget eller klorid steget i forhold til udgangsværdien, som er indholdet i saltvand. Natriumindholdet aftager, når natrium sætter sig på udbytningspladserne på ler. Dette forekommer ved tilførsel af saltholdigt vand til opferskede lerlag. Kilden til saltholdigt vand kan enten være fra dybereliggende salt grundvand, eller fra overfladen, hvor kilden er vejsalt. Som nævnt kan ionbytningen være mindre end 0,6 på grund af en forholdsmæssig stigning af klorid, som eksempelvis kan skyldes påvirkning fra overfladen af gødsning. I disse tilfælde er klorid tilsat gødsningsmidlet som følgestof til næringsstoffonen. Denne form for påvirkning ses hovedsageligt i overfladenære magasiner.

De beregnede ionbytningsgrader er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-14 viser de beregnede forvitningsgrader i de kvartære lag. I fokusområdet er der ved Tune og Karlslunde Strand lav ionbytning og ved Karlslunde høj ionbytning. Billedet af ionbytning er i de kvartære sedimenter temmelig varierende hvilket tyder på at lokale strømningsforhold og forekomster af ler og grad af påvirkning fra overfladen er afgørende for ionbytningen. I borerne ved lossepladsen ved Tune ses der generelt lave ionbytninger fordi salt fra lossepladsen giver anledning til omvendt ionbytning i lerlagene der ligger under og i forbindelse med lossepladsen.



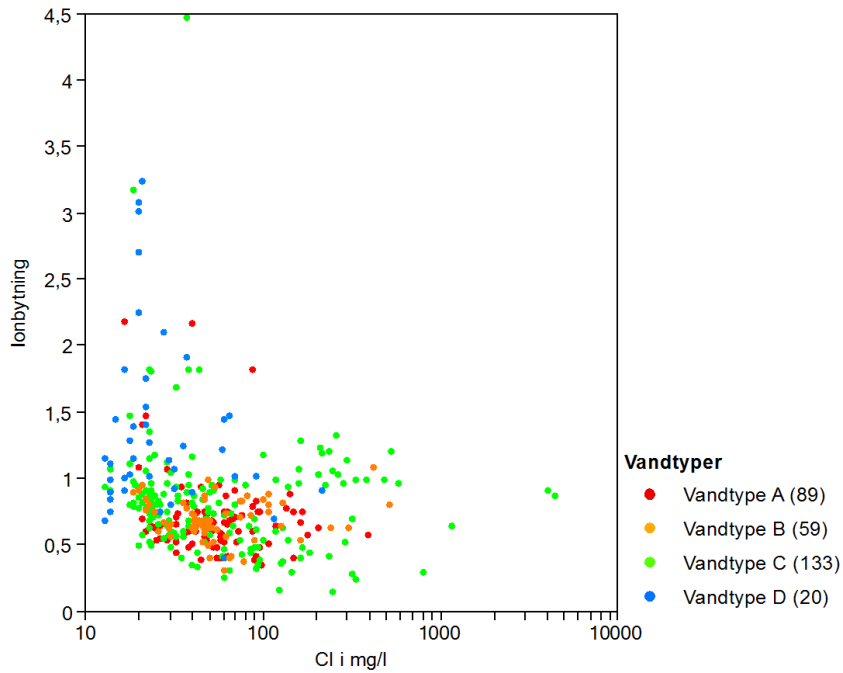
Figur 3-14 Ionbytning for de seneste analyser i de kvartære magasiner

Figur 3-15 som viser ionbytningen i de prækvartære sedimenter (kalken) er der et mere veldefineret billede af ionbytningen i relation til geografien i forhold til ionbytningen i de kvartære sedimenter. Indenfor fokusområdet ses en geografisk tredeling af området, således at omvendt ionbytning forekommer i den vestlige del af området ved lossepladsen ved Tune. Indtag uden ionbytning forekommer i den centrale del af området og områder med høj ionbytning ses øst for motorvejen og især i den nordlige del heraf, hvilket tyder på at grundvandet i denne del af området er ældst og mest beskyttet mod påvirkning fra overfladen.



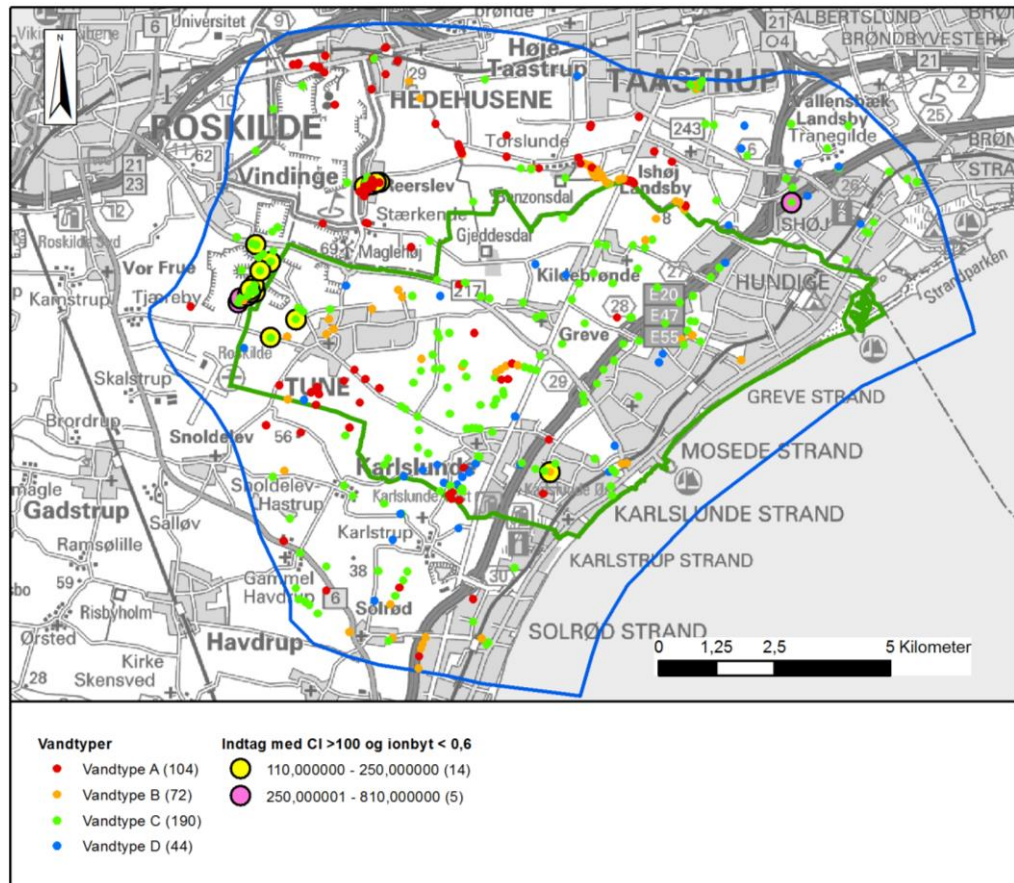
Figur 3-15 Ionbytning for de seneste analyser i de prækvartære magasiner

For at illustrere om saltpåvirkning fra dybden er en risiko i forhold til indvindingsbettinget saltvandsindtrængning i ferskt grundvand er der lavet et krydsplot mellem indholdet af klorid og ionbytningen hvor grundvandets redoxvandtype er vist samtidigt. Krydsplottet er vist på Figur 3-16. I områder hvor saltpåvirkningen kommer fra dybden og residualt saltvand forventes det, at omvendt ionbytning forekommer i vandtype D. Figur 3-16 viser, at hovedparten af indtag med omvendt ionbytning findes sammen med vandtype A, B og C. Desuden ses det at de meget lave ionbytninger ses i vandtype C, hvor der muligvis kan være påvirkning af saltvand fra dybden. For at illustrere i hvilke områder vandtype C, forhøjet indhold af klorid og lav ionbytning forekommer, er der lavet et oversigtskort i Figur 3-17 som illustrerer dette.



Figur 3-16 Ionbytning plottet mod klorid med angivelse af vandtypen

Figur 3-17 viser indtag med ionbytning under 0,6, svarende til omvendt ionbytning, og indhold af klorid større end 100 mg/l, idet der her er tydelig påvirkning af saltvand. I indtag med vandtype A og B formodes der at være tale om påvirkning af salt fra overfladen. Dette ses i indtaget ved Karlslunde strand og i indtagene ved Reerslev. I boringen ved Ishøj, som har vandtype C er der ikke tale om en påvirkning fra dybden. Denne boring er en GRUMO boring, som har et dybere indtag med lavere indhold af klorid, hvilket viser at påvirkningen kommer fra overfladen. De øvrige boringer med vandtype C og lav ionbytning ses ved lossepladsen nord for Tune og årsagen er her påvirkning fra lossepladsen og ikke påvirkning fra dybden. Der er ikke i området konstateret påvirkning fra dybden forårsaget af forceret indvinding, som resulterer i opdoming af dybtliggende saltvand.



Figur 3-17 Indtag med omvendt ionbytning og klorid >100 mg/l vist med vandtyper

3.5 Uorganiske sporstoffer

3.5.1 Bor

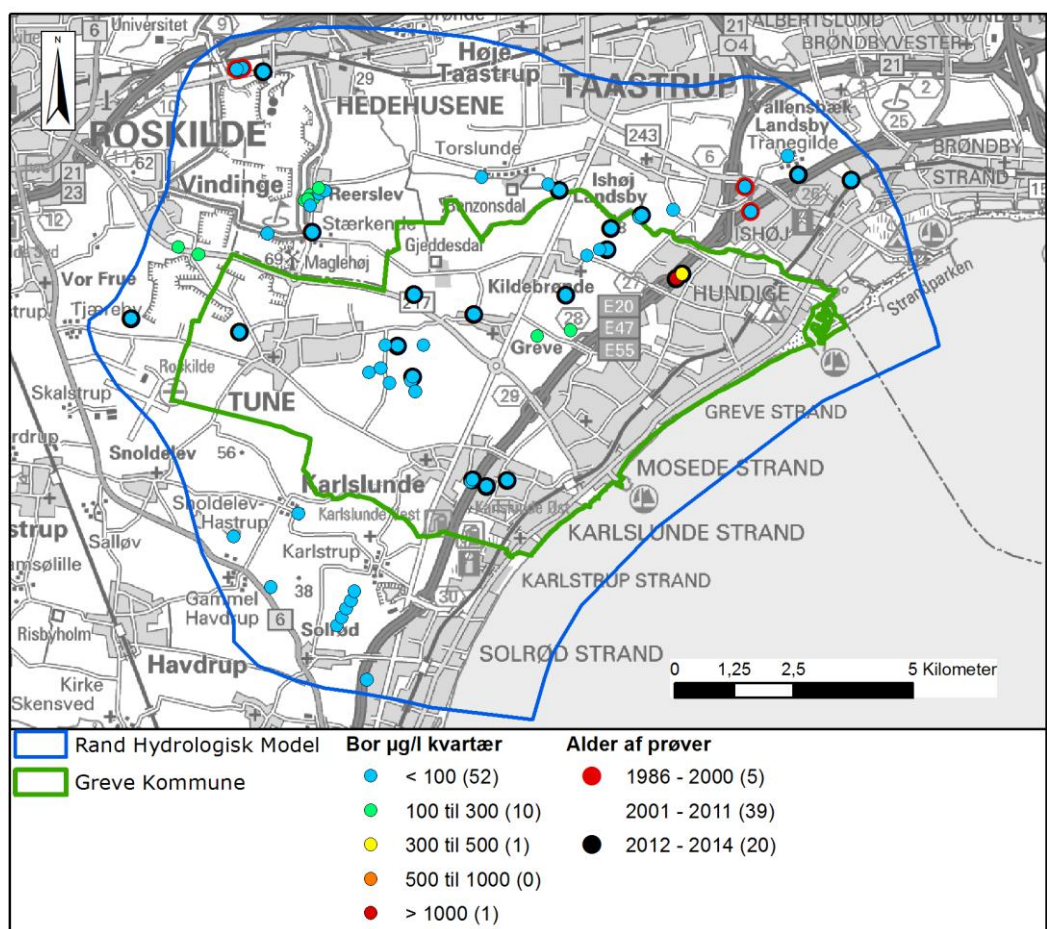
Bor er et ikke metallisk sporstof, som findes i naturligt forekommende mineraler. Bor findes ikke i sin grundform i grundvandsmiljøet. Bor findes i vandig opløsning som borsyre på udissocieret form (H_3BO_3) eller som molekylet $B(OH)^4-$. Havvand har et indhold af Bor på 4,5-5 mg/l og ferskvand et indhold på op til 0,1 mg/l ^{vii}. Det har derfor været naturligt at fastsætte grænseværdien til 1000 µg/l.

Koncentrationsniveauet af bor i grundvand er først og fremmest styret af magasinbjergarternes indhold af vandopløselige bor-mineraler. Menneskeskabte påvirkninger, som f.eks. gødning, spildevandsudledning mm., kan ligeledes påvirke grundvandets indhold af bor. Saltvandsindtrængning kan også medføre et øget borindhold i grundvandet.

Grænseværdien for bor i Danmark er 1000 µg/l for drikkevand, med en tilføjet bemærkning om, at det bør tilstræbes at levere vand med et så lavt indhold af bor som muligt og bedst under 300 µg/l. WHO anbefaler, at drikkevandets borindhold ikke

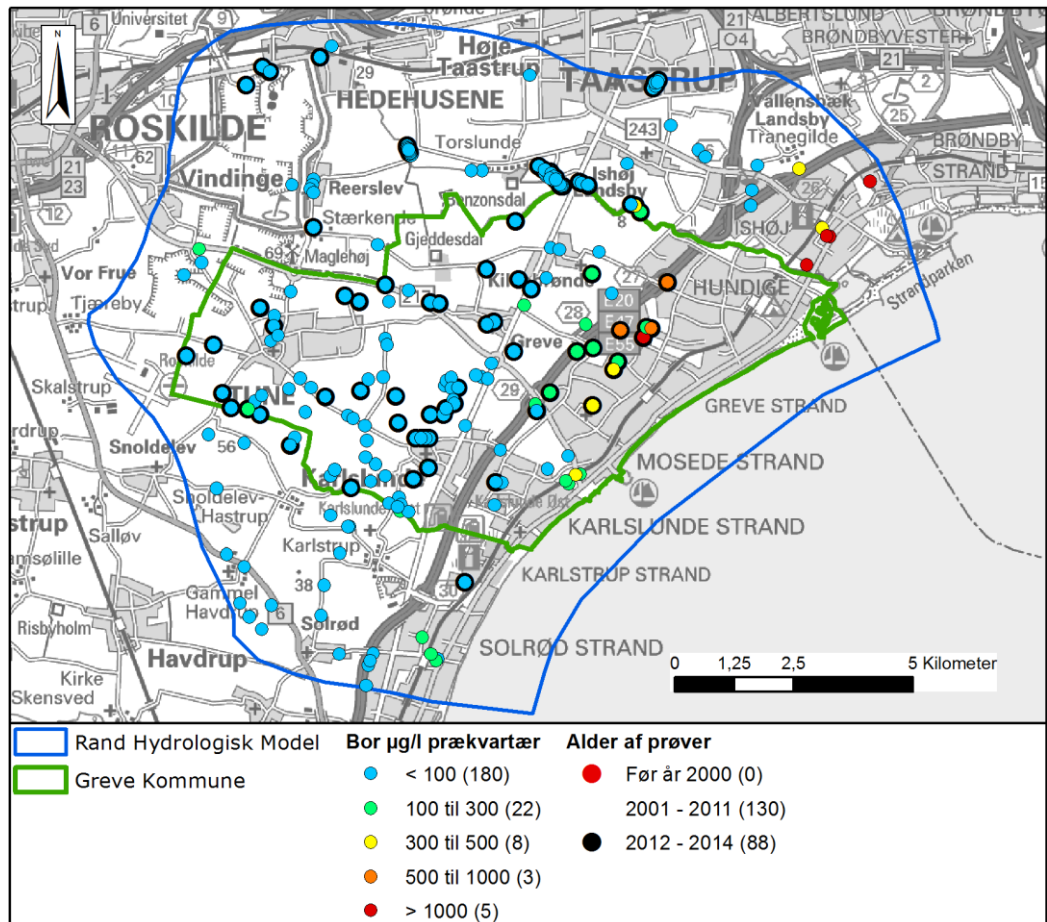
overstiger 500 µg B/l. Ved et dagligt indtag på over 5 g borsyre vil den menneskelige krop være negativt påvirket, i form af kvalme, opkastning, diarré og blodpropper.

Borindholdet i grundvandet er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-18 viser indholdet af bor i de kvartære lag. De to borer med forhøjet indhold af bor ved Hundige (DGU nr. 207.2733 og 207.2734) tilhører Greve Vandværk. Disse indtag er placeret i kalken, men da toppen starter i kvartært ler er de havnet i gruppen af kvartære borer. Greve Vandværk har ikke problemer med at overholde kvalitetskriteriet for bor, hvilket formodes at skyldes, at bor-ionerne fanges ved vandbehandlingen ved medfældning af jern.



Figur 3-18 Borkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

På Figur 3-19 ses indholdet af bor i de prækvartære aflejringer. Bor er primært fundet i forhøjede koncentrationer i de kystnære egne i den nordlige del af området øst for motorvejen, hvor der findes residualt saltvand i kalken.



Figur 3-19 Borkoncentration i prækvartæret vist for seneste analyser

3.5.2 Fluorid

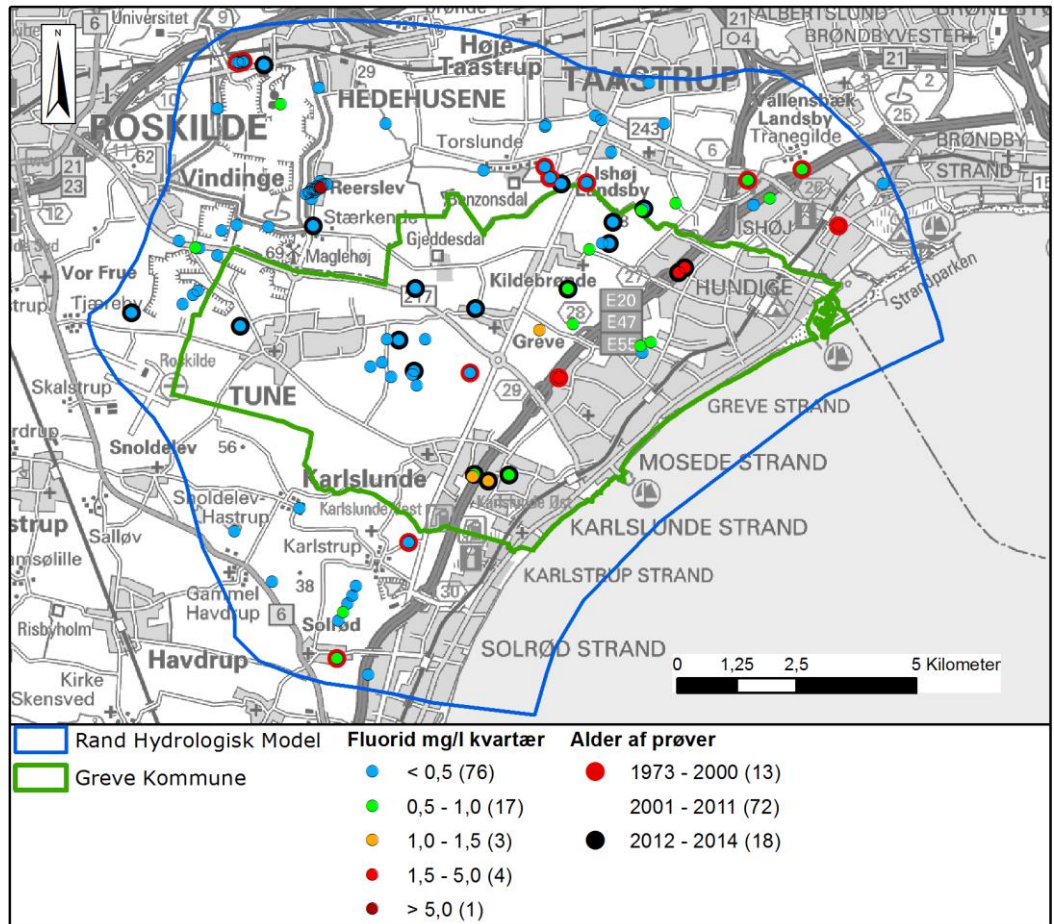
Fluorid er udbredt i kalkholdige sedimenter. Fluoridholdigt grundvand i kalkmagasiner skyldes opløsning af fluoridholdige mineraler såsom fluorit/flusspat (CaF_2). Fluorit findes spredt i kalken. I 11 ud af 132 analyser, der er gennemført for fluorid, er der konstateret indhold over grænseværdien på 1,5 mg/l. Samtlige af disse vandprøver har vandtype D, hvilket tyder på, at forhøjet indhold af fluorid findes i gammelt vand. For indtag med koncentrationer over 1,5 mg/l er fluoridkoncentrationerne formodentlig påvirket af påvirkning af ionbyttet vand i kalkmagasinerne. Ved ligevægt mellem fluorid og fluorit vil der ved Na-Ca ionbytning optræde høje koncentrationer af fluorid, idet calcium koncentrationen formindskes pga. ionbytningen ^{viii}. Herved opløses fluorit så fluorid frigives:



Derfor ses ekstra høje fluoridindhold i ionbyttet vand.

Fluoridindholdet i grundvandet er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. Figur 3-20 viser indholdet af fluorid i de kvartære lag. De to borer med forhøjet indhold af fluorid ved Hundige (DGU nr. 207.2733 og 207.2734) tilhører Greve Vandværk. Disse indtag er placeret i kalken, men da toppen starter i kvartært ler er

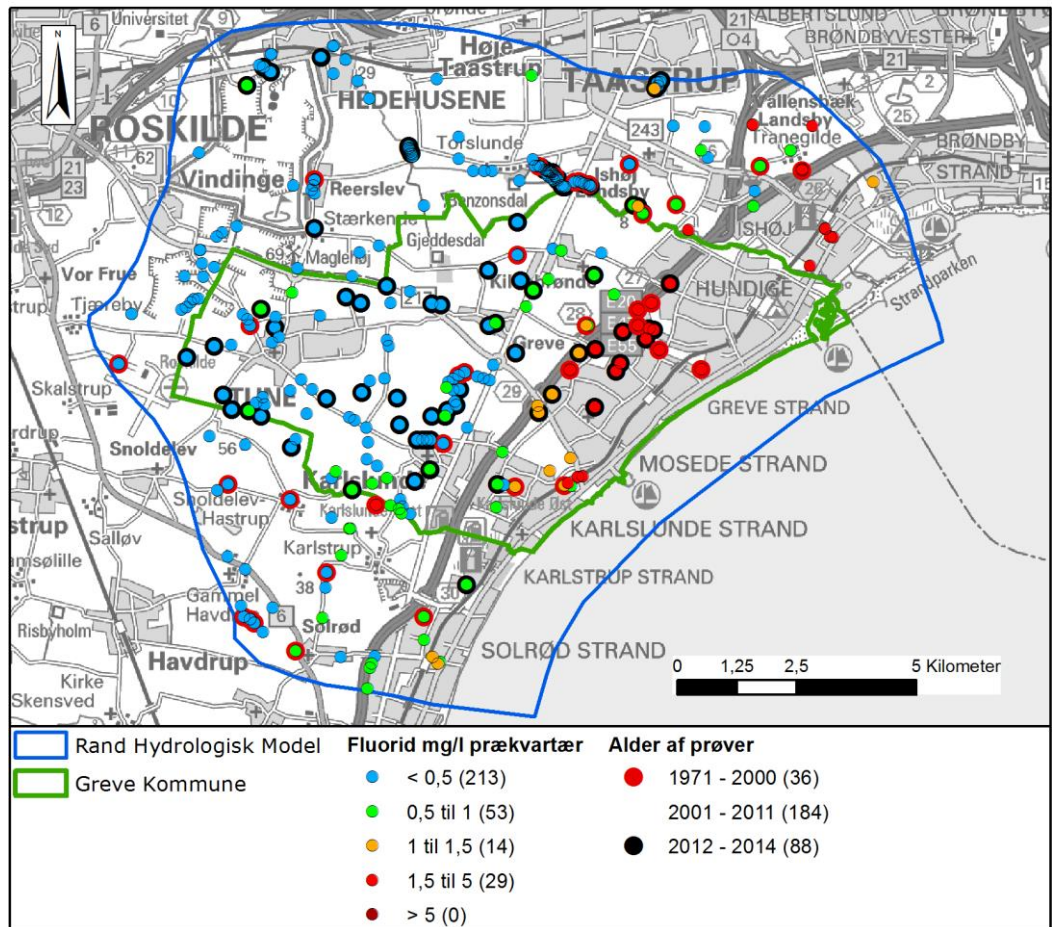
de havnet i gruppen af kvartære borer. En enkelt analyse af fluorid adskiller sig fra de øvrige ved at have et højt indhold af fluorid på 93 mg/l. Dette høje indhold formodes at være relateret til en forurening fra en for længst nedlagt rensrigrund i Reerslev.



Figur 3-20 Fluoridkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

På Figur 3-21 ses indholdet af fluorid i de prækvartære aflejringer. Fluorid koncentrationer over 1 mg/l findes i de kystnære egne og understøtter at grundvandet her er gammelt, velbeskyttet og præget af lave strømningshastigheder.

De højeste koncentrationer af fluorid findes i den nordøstlige del af det kystnære område, hvor grundvandskvaliteten præges af residualt vand.



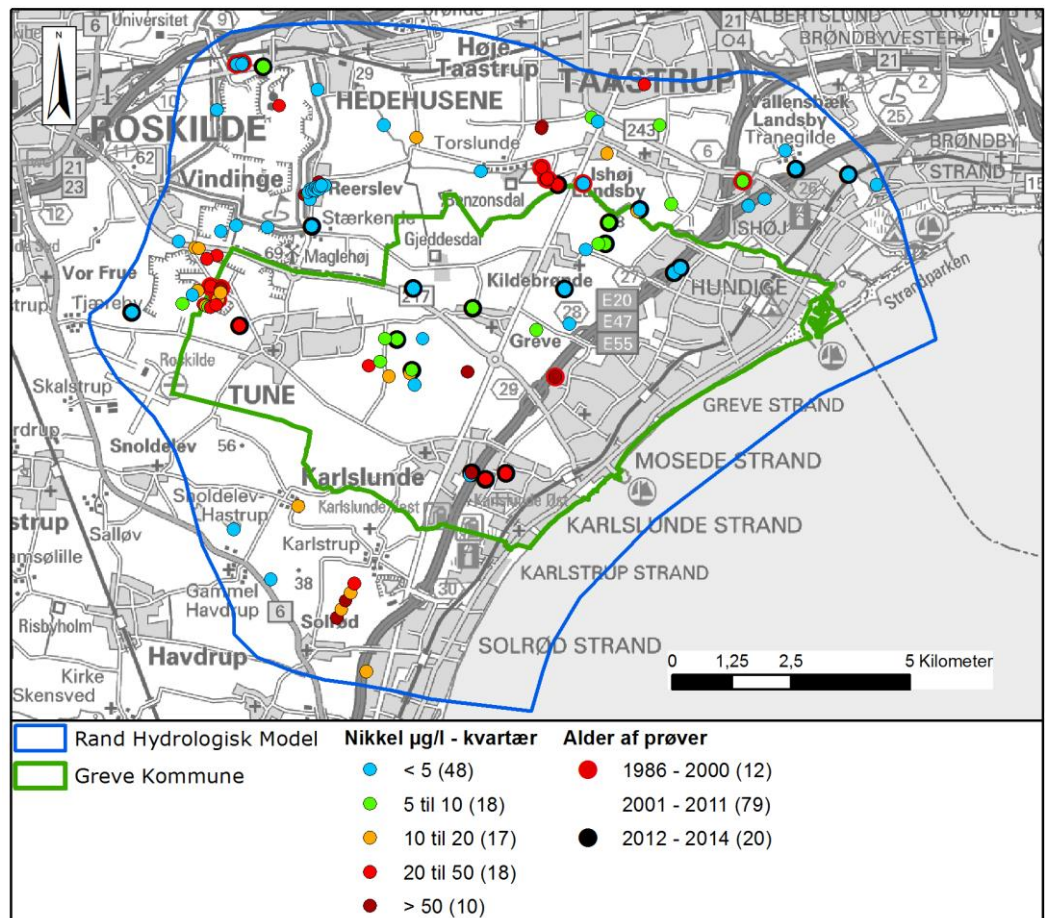
Figur 3-21 Fluoridkoncentration i prækvartæret vist for seneste analyser

3.5.3 Nikkel

Nikkel kan på dele af Sjælland være et stort problem for indvindingen. Forhøjede koncentrationer af nikkel ses ofte i kalkmagasiner med nikkelholdige sulfider i områder hvor atmosfærisk ilt har fået adgang til magasinet på grund af afsænkning af grundvandet, hvorved sedimenternes indhold af pyrit oxideres. Nikkel er et følgestof i pyrit (FeS_2), som frigives når pyrit nedbrydes af oxiderende stoffer som ilt og nitrat. Nikkelindholdet i pyrit i grundvandsmiljøet er derfor afgørende for hvor meget nikkel der frigives til sedimenterne. Det er blevet målt at nikkelindholdet i pyrit fra Karlslunde er højere end eksempelvis Beder ved Århus, hvor grundvandsspejlet også er afsænket /viii/.

Nikkelindholdet i grundvandet er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvartære lag. På Figur 3-22 ses nikkelkoncentrationen i de kvartære lag og på Figur 3-23 ses nikkelforekomsterne i de prækvartære sedimenter. Høje nikkelindhold ses i både de kvartære og de prækvartære sedimenter. I begge tilfælde er den primære kilde til, at der frigives nikkel til grundvandet oxidation af nikkelholdig pyrit, men muligvis er årsagen til nogle af de højeste indhold sekundær nikkelfrigivelse, som er konstateret efter hækning af vandspejlet i tidligere blotlagte (for ilt) kalkmagasiner. Det, at

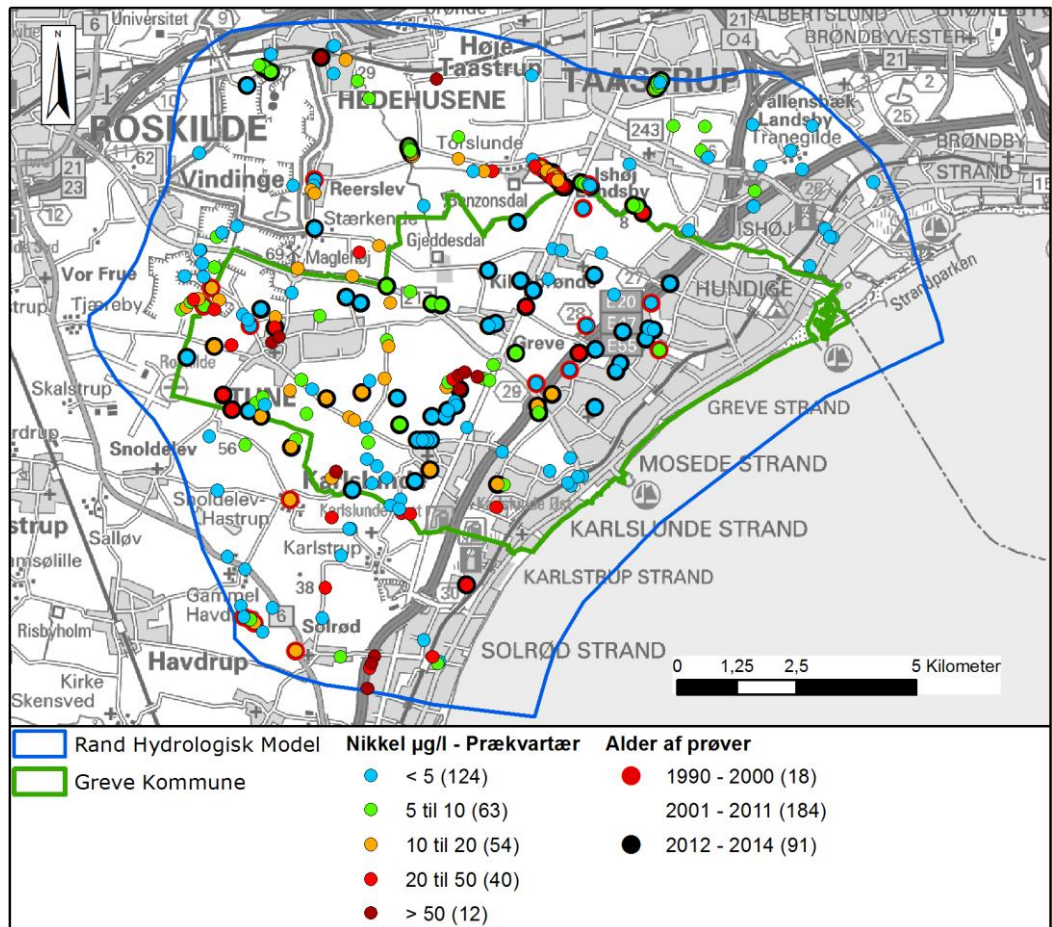
vandspejlet stiger igen udelukker ikke, at der stadig kan ske primær nikkelfrigivelse ved pyritoxidation.



Figur 3-22 Nikkelkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

Bl.a. i området omkring HOFOR kildepladserne ved Ishøj, Thorsbro og den nu lukkede Vardegaard Kildeplads har den store grundvandsindvinding introduceret ilt til kalken omkring indvindingsboringerne. Forhøjede koncentrationer af nikkel ses også omkring Tune Vandværks nordlige kildeplads samt i området nordvest for Tune.

Bl.a. af hensyn til mobilitet af nikkel er det vigtigt hvis muligt at undgå frie vand-spejlsforhold i kalken.



Figur 3-23 Nikkelkoncentration i prækvarteret vist for seneste analyser

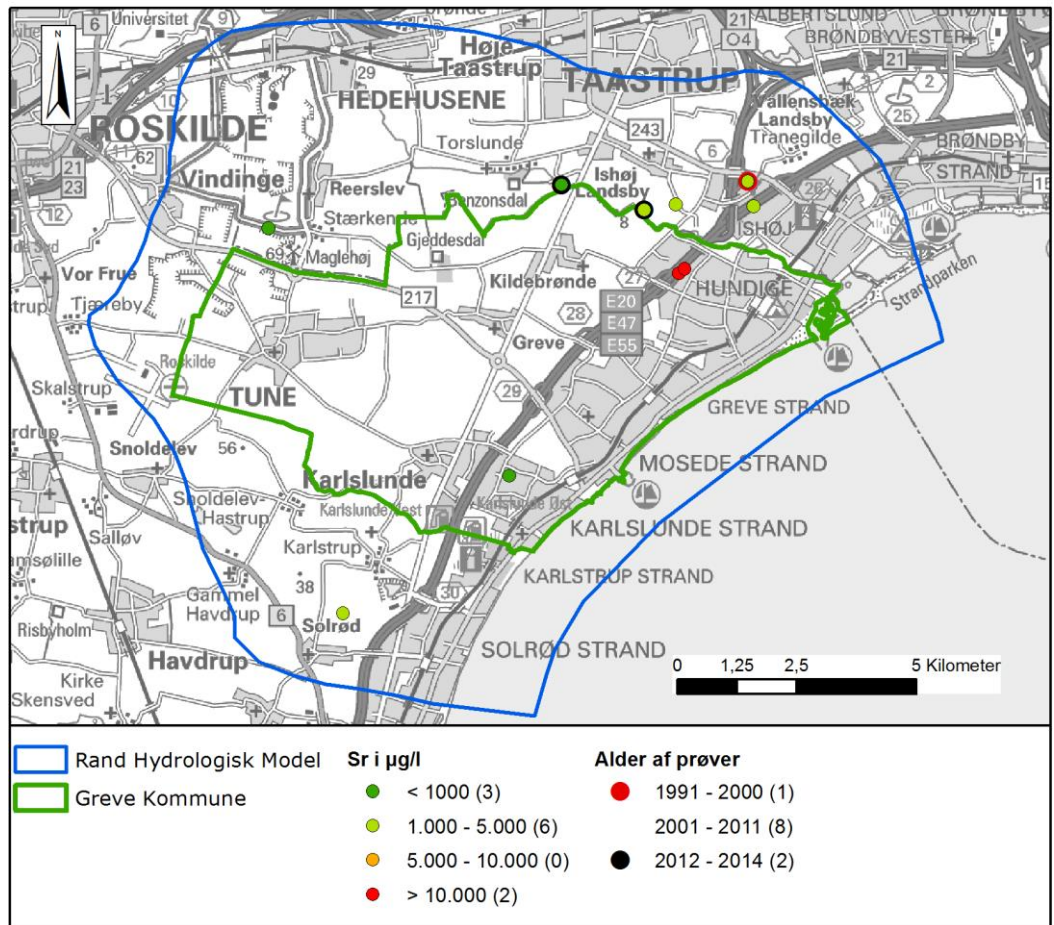
3.5.4 Strontium

I grundvand fra bl.a. Skrivekridt, som er påvirket af residuelt porevand, forekommer ofte forhøjede koncentrationer af strontium (Sr). Grænseværdien for strontium i drikkevand er 10.000 $\mu\text{g/l}$. Indhold af strontium kan dels komme fra havvand og dels fra strontiumcarbonat mineraler, som især er knyttet til skrivekridt. Strontiumindhold i havvand er ca. 8 mg/l /ix/.

Ved omkrystallisering af calcit til en bedre krystalstruktur ændres calcit til en Lavmagnesium calcit, hvilket vil sige at Mg frigives til porevandet. I samme rekrystalliseringsproces omdannes aragonit til calcit, hvorved strontium frigives til formationsvandet. Derved underbygger forekomsten af Mg og Sr samtidig, at kilden til Sr er residuelt vand.

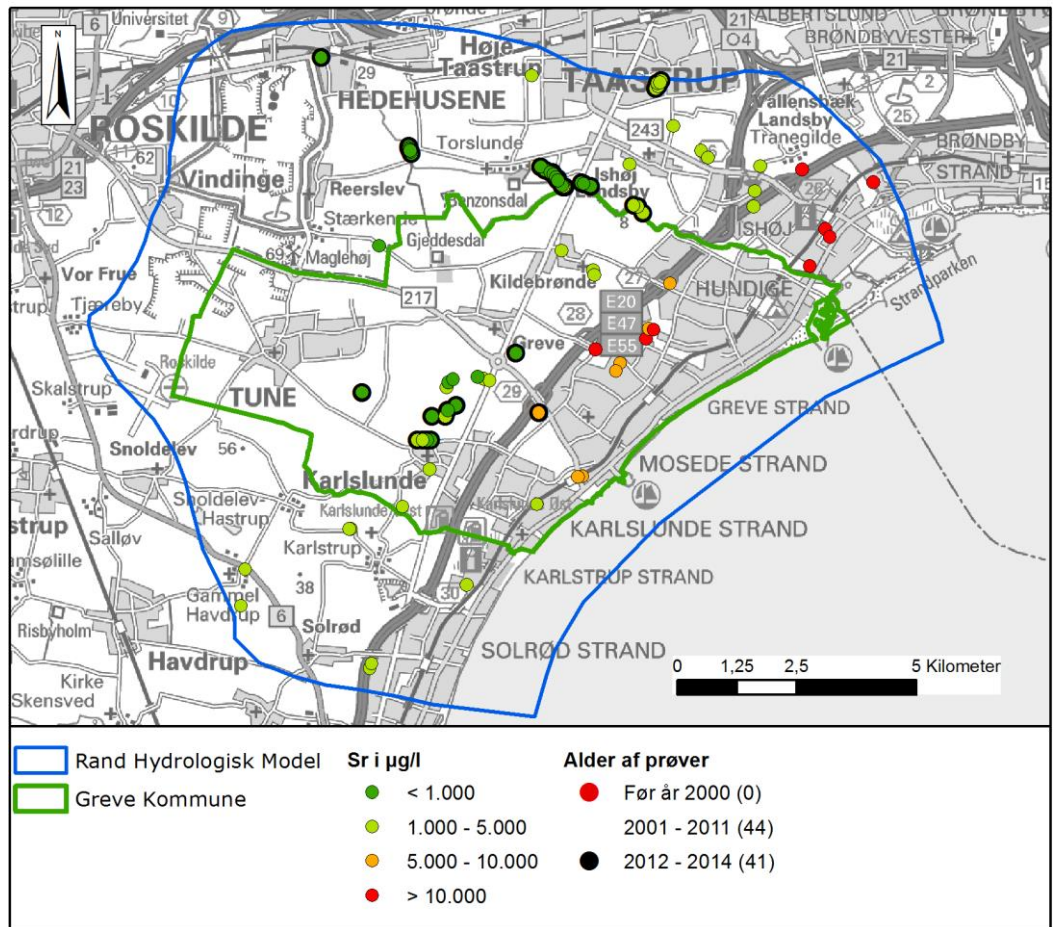
Strontiumindholdet i grundvandet er opdelt i forekomster i kvartære og i prækvarterlag. Figur 3-24 viser indholdet af strontium i de kvartære lag. De to borer med forhøjet indhold af strontium ved Hundige (DGU nr. 207.2733 og 207.2734) tilhører Greve Vandværk. Disse indtag er placeret i kalken, men da toppen starter i kvartærtler er de havnet i gruppen af kvartære borer. Der er til den samlede vurdering af

indholdet af strontium i kvartæret ikke mange analyser, men analyser fra Karlslunde, Ishøj og Vindinge viser, at der ikke er konstateret høje indhold.



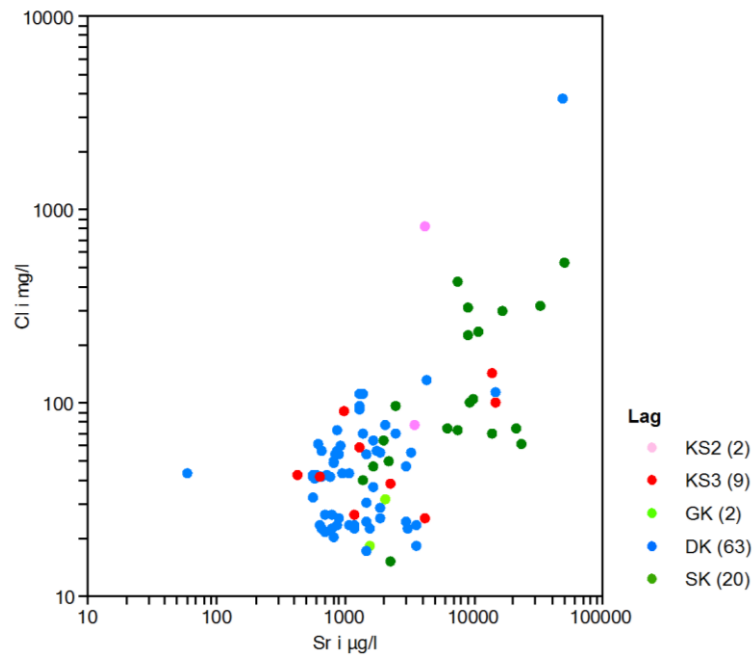
Figur 3-24 Strontiumkoncentration i kvartæret vist for seneste analyser

Figur 3-25 viser målte indhold af strontium i prækvartæret. Her ses 9 indtag med indhold over grænseværdien, som alle ligger i et bælte langs kysten, som starter nordligst ved Ishøj og har en sydlig afgrænsning nord for Karlslunde.



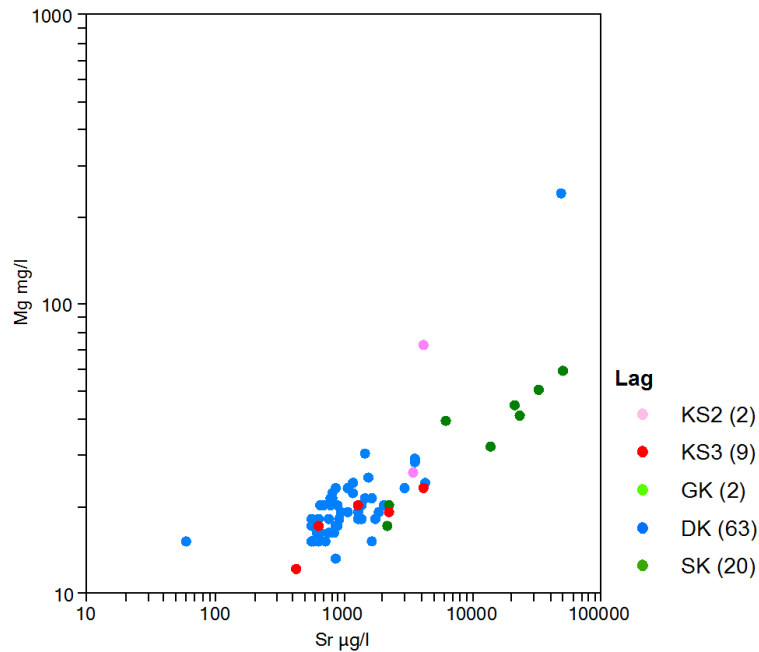
Figur 3-25 Strontiumkoncentration i prækvartæret vist for seneste analyser

For at undersøge om kilden til Sr er påvirkning af havvand eller residualt vand er der lavet et krydsplot af klorid mod strontium som ses på Figur 3-26. Af figuren ses det, at der i 11 af de 96 indtag, er konstateret indhold af Sr over 10.000 µg/l. 4 af disse har også klorid over grænseværdien og er derfor allerede på grund af kloridindholdet ikke interessante for indvinding. 7 af indtagene med Sr over grænseværdien, har samtidigt indhold af klorid under 250 mg/l.



Figur 3-26 Krydsplot af strontium og klorid vist med tilknytning til lag

Opslag i data viser, at vandtypen i de indtag der har strontium over grænseværdien er fordelt på de reducerede vandtyper C og D. Det er derved i vand af ældre dato der er konstateret for højt indhold af strontium. Dette skyldes formodentlig, at påvirkningen af strontium skyldes omkrystallisering af calcit og afsmitning fra gammelt havvand. Dette er i overensstemmelse med, at der samtidigt er konstateret højt indhold af Mg. På Figur 3-27, som viser et krydsplot af strontium og magnesium, ses, at høje indhold af strontium har en klar sammenhæng med at højt indhold af magnesium. Der ser endda ud til at være ét trend for skrivekridt og ét for danielkalk. Figuren viser at høje indhold af strontium i området især er problematisk i skrivekridt, hvor vandet har haft en høj opholdstid.

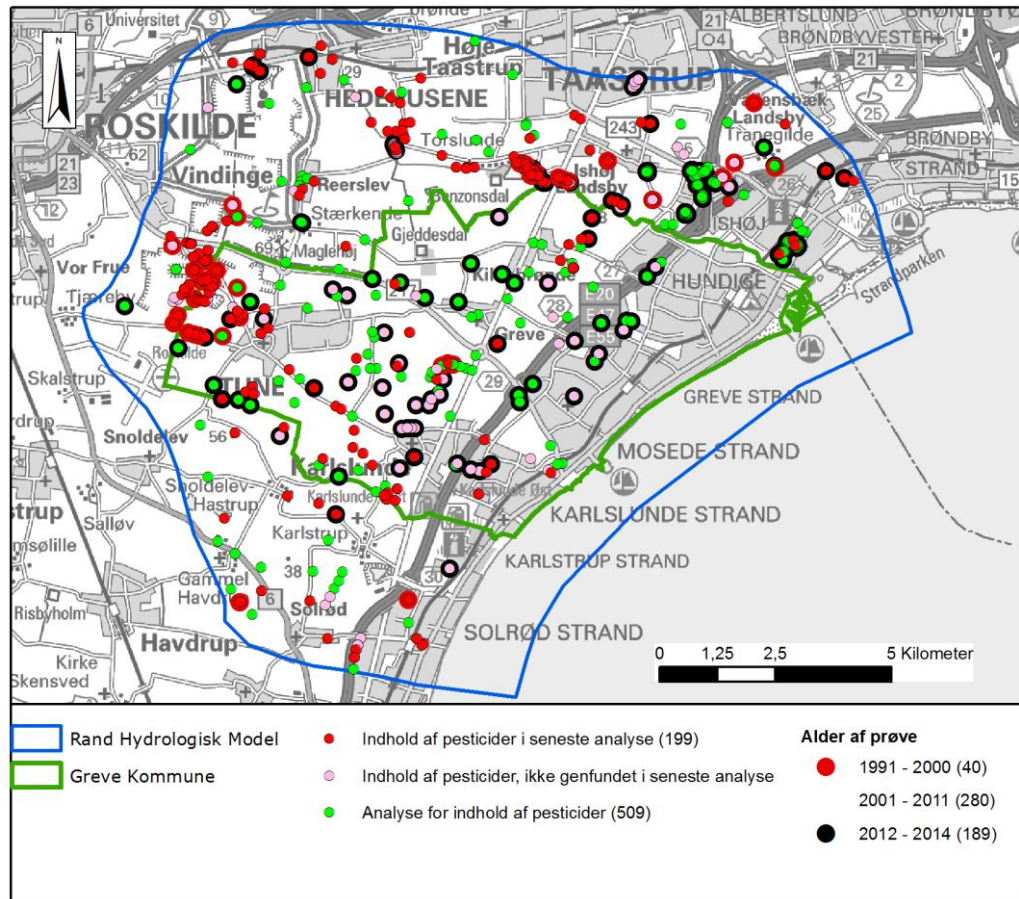


Figur 3-27 Krydsplot af strontium og magnesium vist med tilknytning til lag

3.6 Miljøfremmede stoffer i kortlægningsområdet

3.6.1 Pesticider

Der er i området foretaget en mængde analyser for indhold af pesticid. Figur 3-28 viser en oversigt over antallet af analyser der er foretaget foruden antallet af fund af ét eller flere pesticider i forbindelse med analyserne. Der er i alt foretaget 2143 analyser for indhold af en række pesticider i 509 indtag i området. Heraf er der i 199 indtag konstateret indhold af ét eller flere pesticider. Figur 3-28 viser de mange analyser og fund der er i området. Det ses at hyppigheden af fund er mindst i den centrale del af kortlægningsområdet, men der er eller har været konstateret indhold af pesticider stort set overalt i området. Mange fund med indhold over grænseværdien er konstateret ved lossepladsen ved Tune.



Figur 3-28 Indtag med pesticidanalyser samt indtag med indhold af pesticid over detektionsgrænsen i seneste analyse

I bilag 1 ses en oversigt over indtag med analyser med indhold over detektionsgrænsen. Det ses tydeligt på oversigten, at det hyppigst fundne pesticid er nedbrydningsproduktet BAM. Det pesticid der er konstateret flest gange over grænseværdien er Mechlorprop. Desuden er der mange fund af Bentazon, Dichlorprop og 4-CPP hvoraf nogle er over grænseværdien.

2,6 – Dichlorbenzamid (BAM) er det ukrudtbekæmpelsesmiddel, der er konstateret hyppigst i grundvand i Danmark. BAM er nedbrydningsprodukt fra aktivstoffet dichlobenil, handlet under navnene Prefix eller Casagran G. Disse produkter blev første gang anvendt i 1969 og udfaset i midten af 90'erne. BAM er et af de mest betydende grundvandsproblemer i Danmark. Dette hænger sandsynligvis sammen med, at det endnu ikke er påvist, at der foregår nedbrydning af BAM i grundvandet. Dichlobenil var et granulat, der blev anvendt som totalt ukrudtsmiddel.

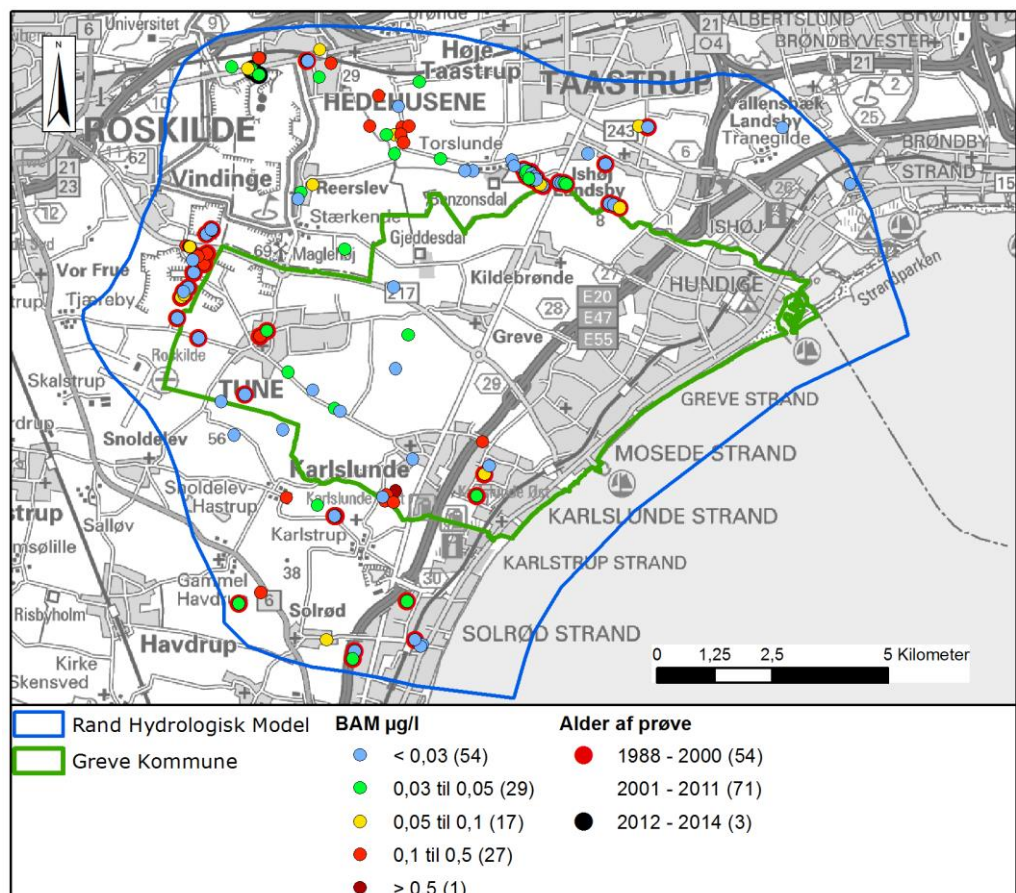
Dichlorprop, mechlorprop og 4-CPP tilhører stofgruppen phenoxysyrer. Phenoxysyrerne er det sprøjtemiddel der gennem tiden er anvendt i størst mængde i Danmark. Phenoxysyrerne blev generelt udfaset midt i halvfemserne. Phenoxysyrerne har typisk været anvendt til ukrudtsbekæmpelse i korn, græs, frøgræs mv.

Generelt forventes der i grundvand, og særligt under aerobe forhold, at være rimelige nedbrydningsmuligheder for phenoxy-syrerne.

Bentazon blev første gang solgt i 1974 og måles nu mange steder rundt om i landet i grundvandet. Bentazon anvendes som ukrudtsbekæmpelsesmiddel i korn og græs. I grundvandsmagasiner er bentazon kendt for at nedbrydes dårligt, måske slet ikke, og der er derfor stor fokus på bentazon i grundvandsmæssig sammenhæng. Derimod kan bentazon nedbrydes fotokemisk på terrænoverfladen.

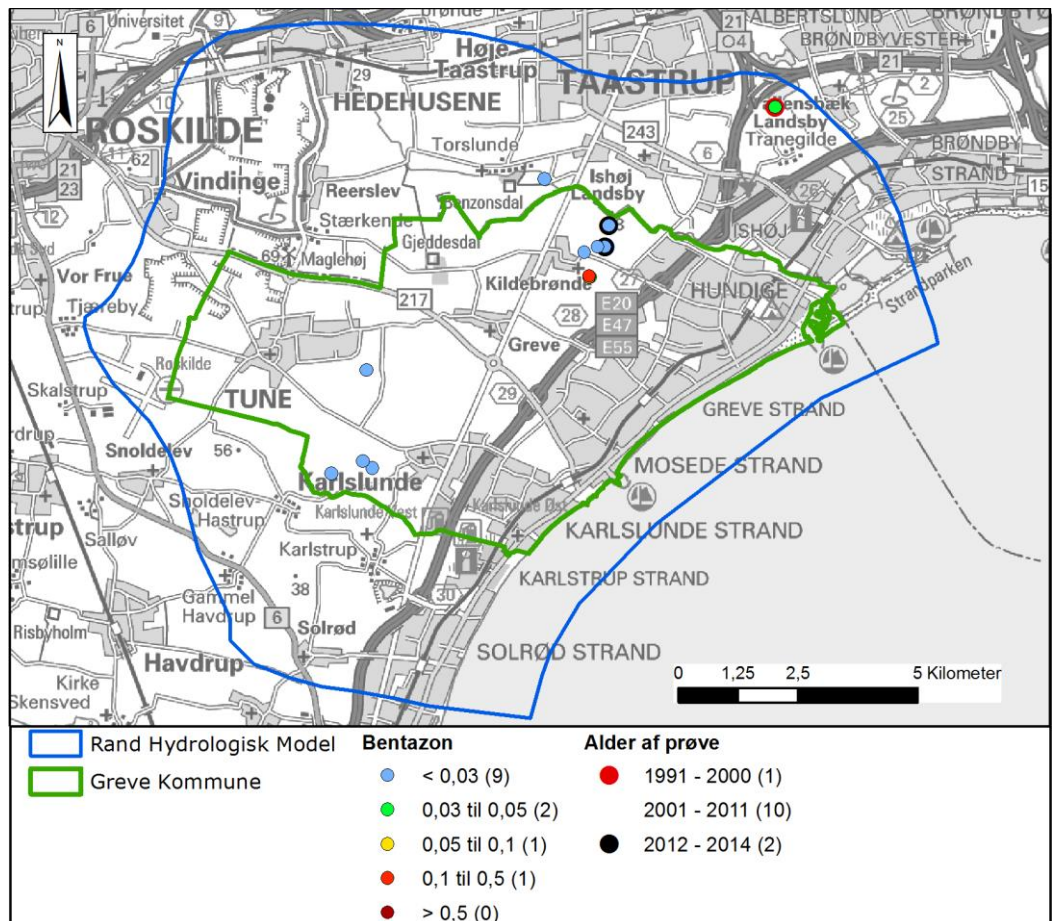
Der er for hver af de 5 hyppigst fundne pesticider lavet særskilte kort som viser indhold der er konstateret over detektionsgrænsen.

Error! Reference source not found. viser en tematisering af indhold af BAM i indtag, hvor indholdet er over detektionsgrænsen. Foruden at være det hyppigst konstaterede pesticid i kortlægningsområdet er BAM, med 128 indtag med indhold over detektionsgrænsen, også det pesticid der er konstateret flest gange med indhold over grænseværdien på 0,1 µg/l. Som det fremgår af Figur 3-29 er der konstateret indhold af BAM over grænseværdien i 28 indtag. De største tætteste observationer af indhold af BAM ses i området nordvest for Tune ved lossepladsen, ved Ishøj Landsby og Hedehusene samt i et område sydvest for Karlslunde og Solrød Strand.



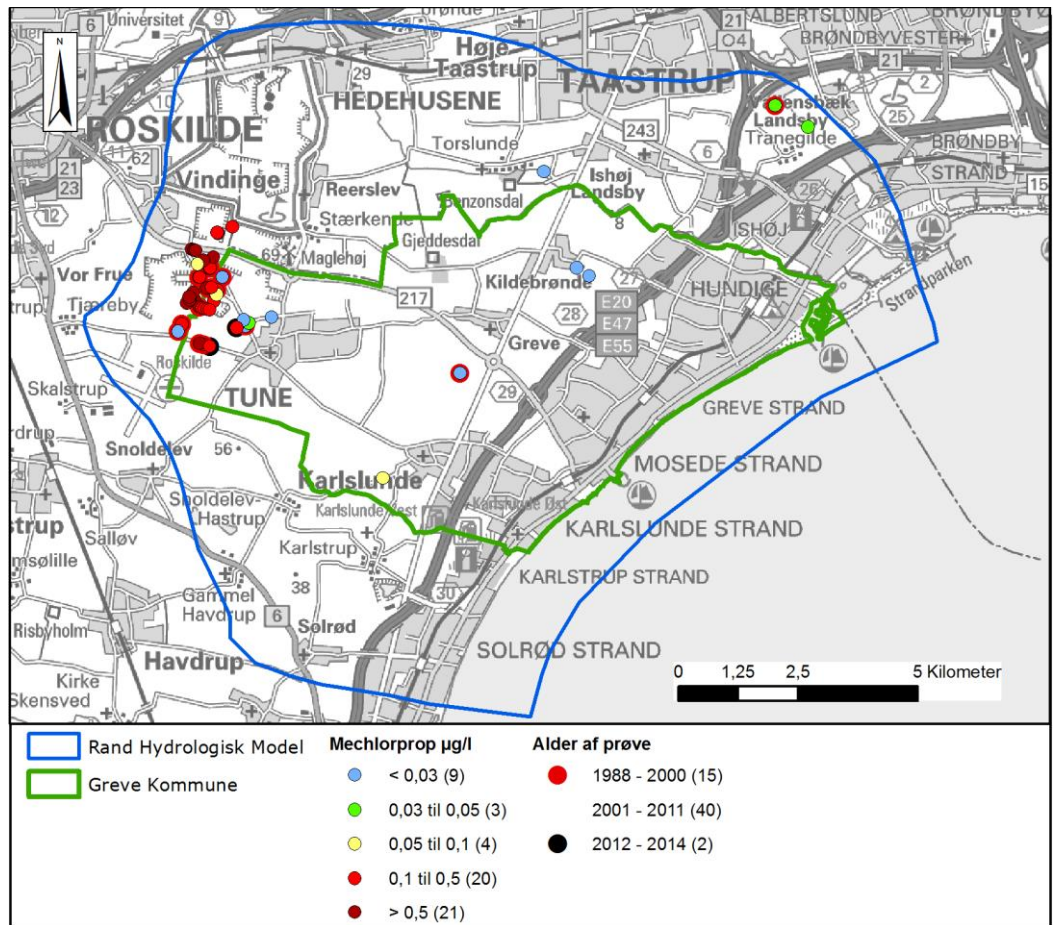
Figur 3-29 Indtag med indhold af BAM i µg/l tematiseret efter indhold

Figur 3-30 viser en tematisering af indhold af bentazon i indtag, hvor indholdet er over detektionsgrænsen. Kortet viser, at der er konstateret indhold af bentazon flere steder i området, men især omkring Karlslunde og ved Ishøj. Der er i en enkelt analyse fra en boring beliggende ved Kildebrønde konstateret indhold over grænseværdien. Denne boring er foretaget i forbindelse med en forureningsundersøgelse og er kun 9 meter dyb.



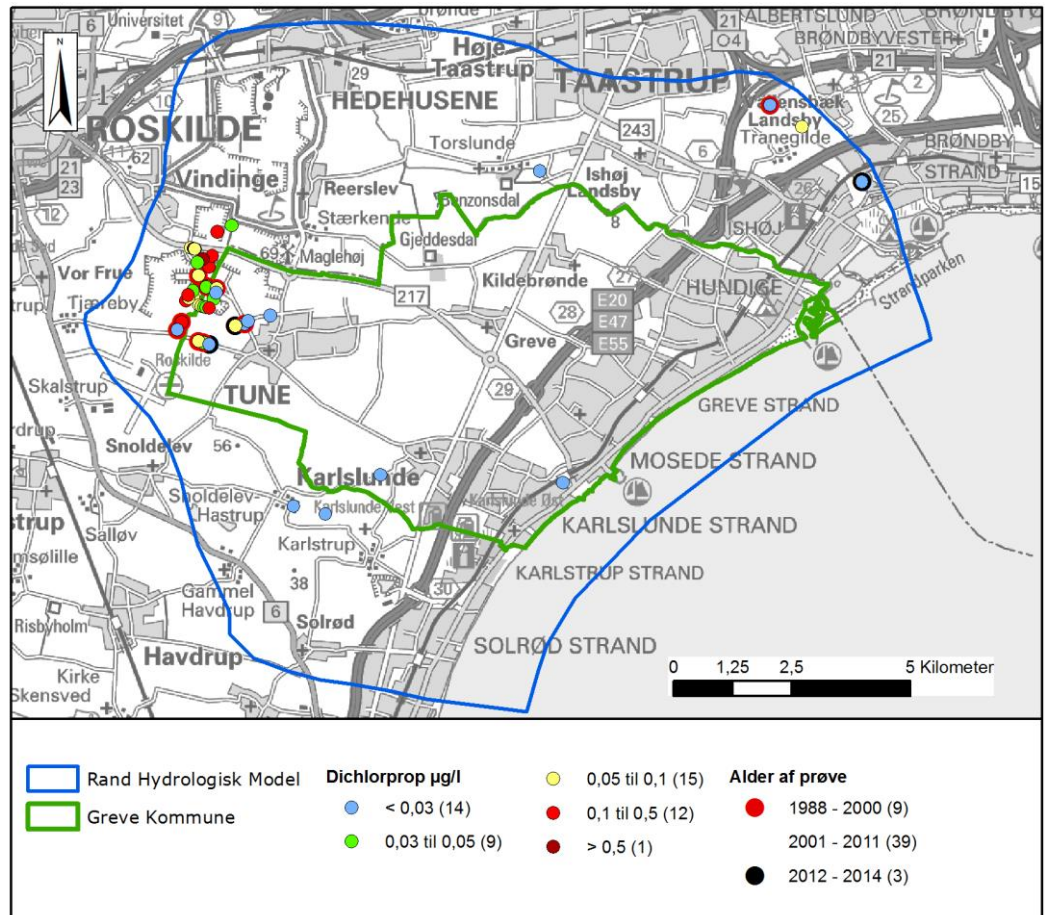
Figur 3-30 Indtag med indhold af Bentazon i µg/l tematiseret efter indhold

Figur 3-31 viser en tematisering af indhold af mechlorprop i indtag, hvor indholdet er over detektionsgrænsen. Kortet viser, at der især ved Tune i forbindelse med lossepladsen er konstateret indhold af mechlorprop og det er udelukkende ved Tune, der er konstateret indhold over grænseværdien. Der er formodentlig tale om en påvirkning fra deponering af restprodukter af sprøjtemidler.



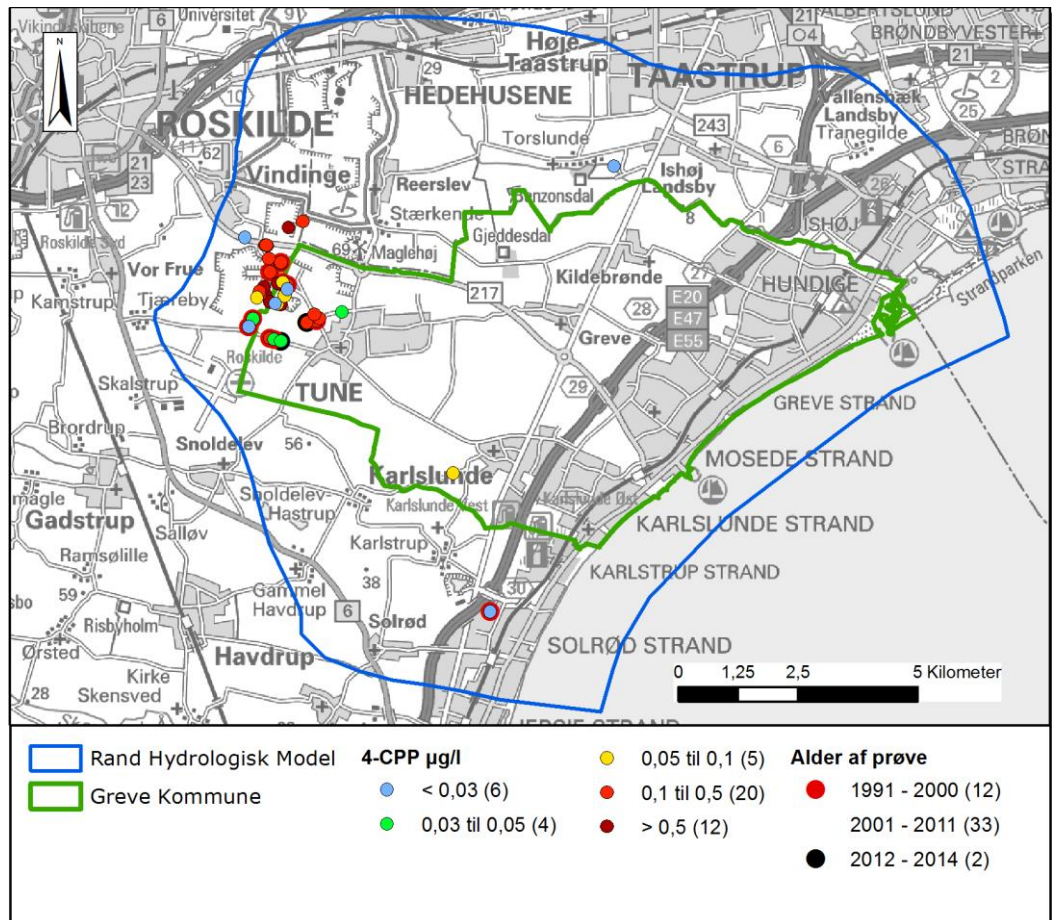
Figur 3-31 Indtag med indhold af Mechlchlorprop i $\mu\text{g/l}$ tematiseret efter indhold

Figur 3-32 viser en tematisering af indhold af dichlorprop i indtag, hvor indholdet er over detektionsgrænsen. Ligesom det er tilfældet for indhold af mechlchlorprop viser kortet, at der især er konstateret indhold af dichlorprop ved Tune i forbindelse med lossepladsen og at det udelukkende er her, der er konstateret indhold over grænseværdien. Der er formodentlig også for dichlorprop tale om en påvirkning fra deponering af restprodukter af sprøjtemidler.



Figur 3-32 Indtag med indhold af dichlorprop i µg/l tematiseret efter indhold

Figur 3-33 viser en tematisering af indhold af 4-CPP i indtag, hvor indholdet er over detektionsgrænsen. Ligesom det er tilfældet med de to andre phenoxysyrer, dichlorprop og mechlorprop ses det, at der udelukkende er konstateret indhold over grænseværdien ved Tune. Der er formodentlig også for 4-CPP tale om en påvirkning fra deponering af restprodukter fra sprøjtemiddelhåndtering.



Figur 3-33 Indtag med indhold af 4-CPP i µg/l tematiseret efter indhold

3.6.2 Øvrige miljøfremmede

3.6.2.1 Oliekomponenter

Fund af oliekomponenter over detektionsgrænsen er især relateret til området nord-vest for Tune samt området ved Greve Strand. Ellers er den største koncentration af fund relateret til området ved Torslunde-Solrød kildepladser og nord herfor.

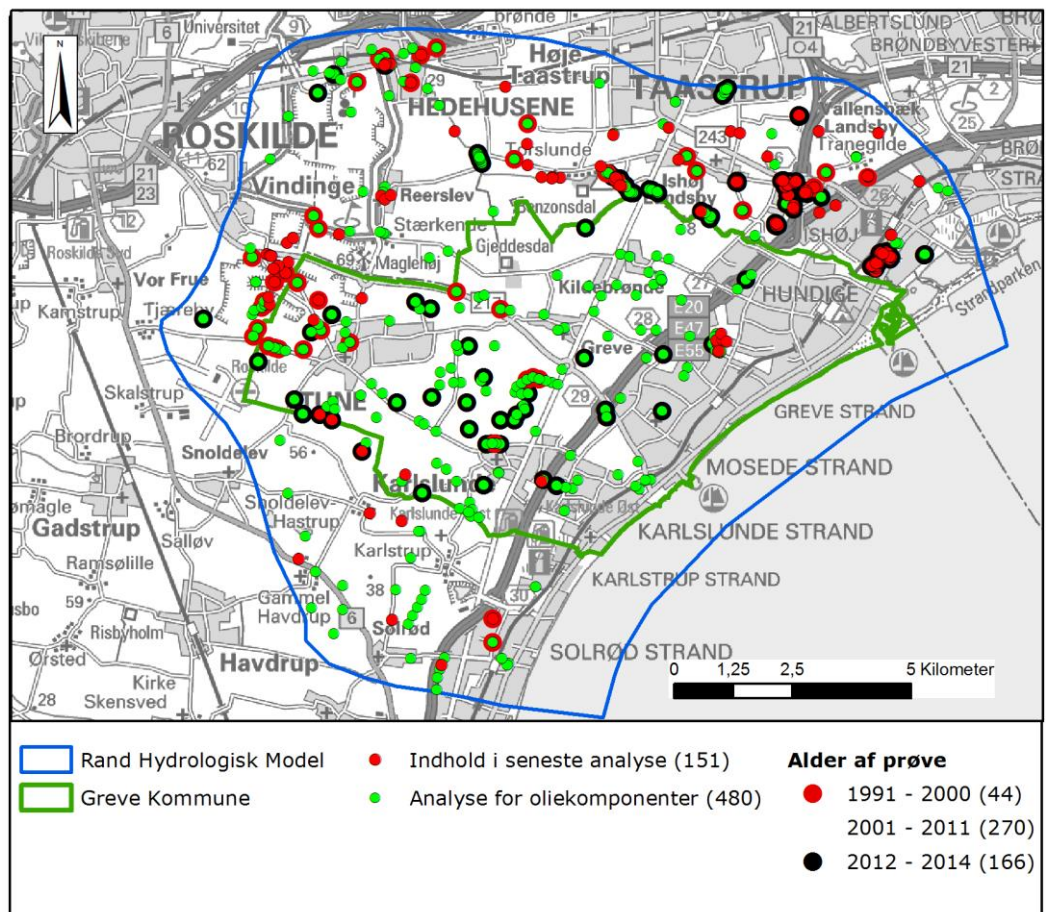
I alt er der gennemført analyser for indhold af oliekomponenter for 480 forskellige indtag i området. Der er i 151 af disse analyser konstateret indhold af en eller flere komponenter. I Bilag 1 ses en oversigt over samtlige seneste analyser med konstateret indhold af oliekomponenter. I det følgende kommenteres de parametre for hvilke der er målt indhold over kvalitetskriteriet for drikkevand.

Begge borer med indhold af benzen over grænseværdien på 1 µg/l ligger i Ishøj, Industriskellet og er filtersat i det øvre sand KS1.

Der ses overskridelser af kvalitetskriteriet for samleparametrene C10-C25 og C25-C35 i flere indtag, når disse sammenholdes med kvalitetskriteriet for drikkevand på 5 µg/l for total olie /ii/. Mange af overskridelserne er registreret i forbindelse med forure-

ningsundersøgelser. Der er ved Reerslev og Hedehusene konstateret indhold over grænseværdien. Der er også i to tilfælde konstateret indhold over grænseværdien i indvindingsboringer. Den ene er tilknyttet Solrød vandværk (DGU nr. 27.2739) hvor der i 2011 er målt indhold af C10-C24 kulbrinter på 14 µg/l. Det andet tilfælde vedrører Thorsbro kildeplads hvor der er konstateret indhold af C25-C35 kulbrinter på 17 µg/l i 2007.

Øvrige analyser med indhold af MTBX'erne kan alle relateres til forurenede grunde/lossepladser undtagen et fund ved en privat husholdning ved Gammel Havdrup (DGU nr. 206.1058), hvor der er konstateret for højt indhold af toluen i seneste analyse fra 2003.

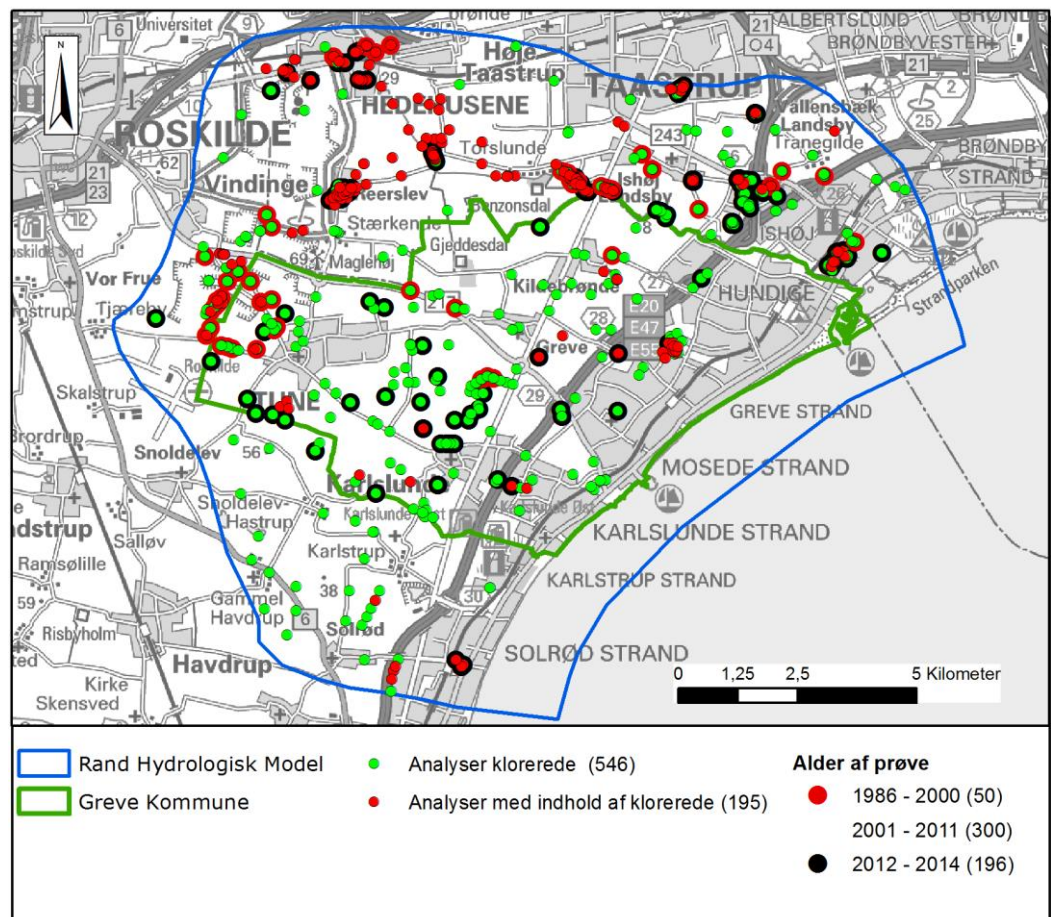


Figur 3-34 Oversigt over analyser for indhold af oliekomponenter

3.6.2.2 Klørede opløsningsmidler

I alt er der gennemført analyser for indhold af klørede opløsningsmidler for 546 forskellige indtag i området. Der er i 195 af disse analyser konstateret indhold af en eller flere komponenter. Der er i Bilag 2 vist en liste med seneste analyse for klørede stoffer for de indtag hvor der er målt indhold over detektionsgrænsen.

Figur 3-35 viser, at der er et stort antal fund af klørede opløsningsmidler over detektionsgrænsen i den nordlige del af det hydrologiske modelområde, men udenfor selve indsatsområdet. I selve indsatsområdet er der fund af klørede opløsningsmidler i området nordvest for Tune, syd for Tune samt ved spredte steder i byområderne ved kysten. Især ved Greve strand er der et større fund af klørede opløsningsmidler. I sidstnævnte område foregår der en afværgepumpning.



Figur 3-35 Oversigt over analyser for indhold af klørede opløsningsmidler

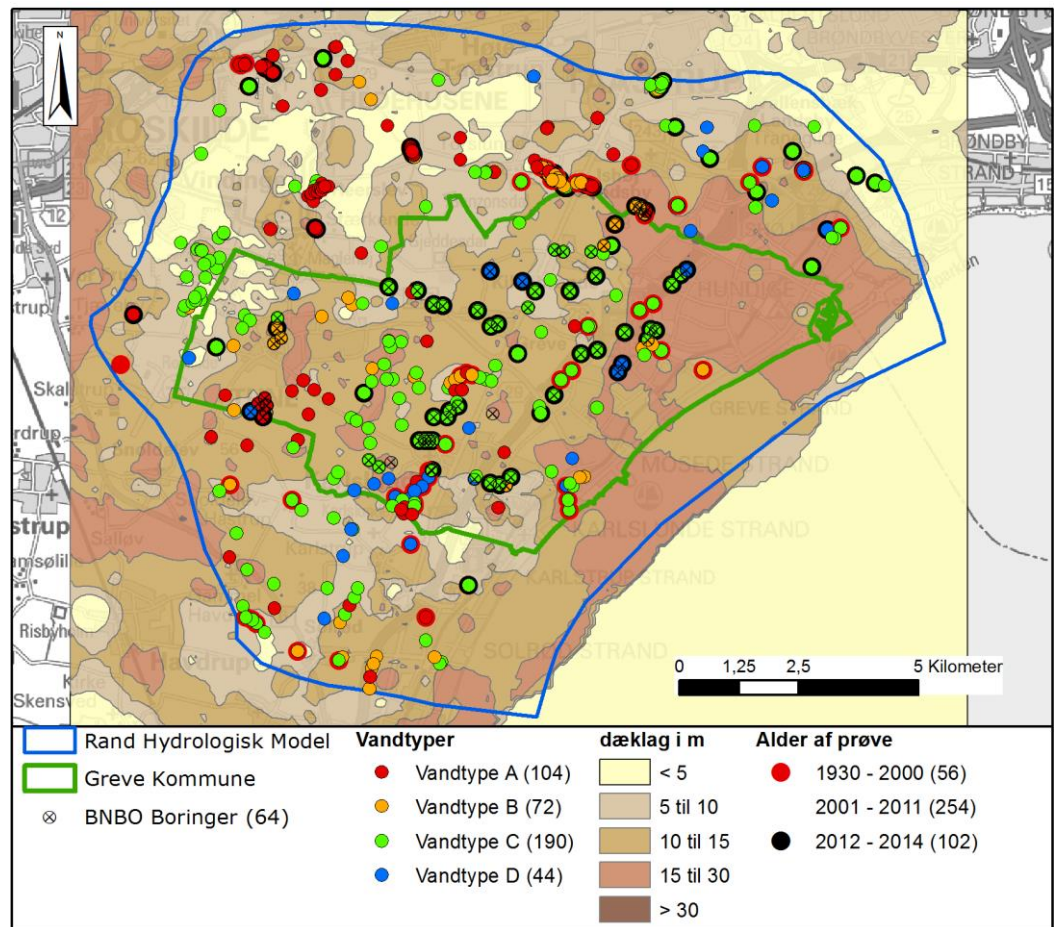
3.7 Dæklagstykkelse

På figur 3.40 er vist den akkumulerede dæklagstykkelse over prækvartæret. Den opdaterede kortlægning viser at der kan udpeges flere områder der på baggrund af lerlagstykkelsen er særligt sårbare med store områder med dæklagstykkelse mindre end 10 meter. Disse er bl.a.:

1. Et nordligt område der strækker sig fra kildepladserne ved Thorsbro og Solrød via Hedelandsområdet ned til området nordvest for Tune. Området strejfer Gjeddesdal kildeplads.
2. Et område der strækker sig syd for Karlsrunderne mod vest ind mod Snoldelev.

Derudover findes mindre områder med lille dæklagstykkelse omkring Tune vandværks sydlige kildeplads, områder sydvest for Kildebrønde og et område nord for Lyksager kildeplads.

Områder med en meget stor dæklagstykkelse findes især udbredt i den sydøstlige del af området omkring Hundige og Ishøj.



Figur 3.40 Dæklagstykkelse over prækvartæret

3.8 Overordnede vurderinger

På baggrund af den indledende vurdering af de grundvandskemiske forhold i området kan bl.a. følgende problemstoffer identificeres:

- Miljøfremmede stoffer
 - Klorerede opløsningsmidler
 - Pesticider
 - MTBE
- Lokalt forhøjede koncentrationer af nitrat

- Forhøjede koncentrationer af fluorid, bor og strontium i de kystnære egne
- Nikkel – især et problem hvor atmosfærisk ilt har fået adgang til kalken
- Klorid
 - Påvirkning fra marint infiltrationsvand og marint residualvand i de kystnære egne.
 - Påvirkning fra vejsaltning, perkolater

Den nordlige del af området er præget af små dæklagstykkelser og generelt vandtyperne A og B kendetegnende for yngre sårbart grundvand. Området, der inkluderer Hedelandsområdet, strækker sig ned til Gjeddesdal Kildeplads og området nordvest for Tune. I området ses ofte:

- Forhøjede forvitningsgrader som følge af overfladepåvirkning
- Lokalt forhøjede koncentrationer af klorid som følge af vejsaltning eller anden påvirkning f.eks. forurening
- Forhøjede sulfatkoncentrationer
- Mindre mængder af nitrat i landbrugsområder
- Forhøjede koncentrationer af nikkel nær større kildepladser
- Fund af en del miljøfremmede stoffer

Den sydøstlige kystnære del af området har stor dæklagstykkelse over kalken og grundvandet i kalken er generelt kendetegnet ved de reducerede vandtyper C og D. I øvrigt er området kendetegnet ved:

- Ofte forhøjede kloridkoncentrationer som følge af saltvandspåvirkning
- Høje ionbytningsgrader som følge af saltvandspåvirkning
- Koncentrationer af fluorid over 1.5 mg/l kendetegnende for gammelt og velbeskyttet vand
- Høje koncentrationer af Bor

Derudover findes lokalt områder med lille dæklagstykkelse, f.eks. omkring Tune Kildeplads Syd, med vandtype A og B samt mindre koncentrationer af nitrat.

Vandkvaliteten i området er forskellig alt efter, om der indvindes fra det øvre kalkmagasin eller det nedre Skrivekridtmagasin. Indvindingen fra Skrivekridtet er påvirket af residualt vand, hvor der ofte kan være forhøjede indhold af klorid, Bor, fluorid og strontium, mens indvinding fra kalkmagasinet vil være forbundet med indvinding af yngre vand, hvor der kan være forhøjede indhold af nitrat, sulfat, nikkel og miljøfremmede stoffer.

De stoffer, som udgør en risiko for vandkvaliteten i kortlægningsområdet er:

- Nikkel
- Nitrat

- Klorid
- Fluorid
- Bor
- Strontium
- Klorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter
- Pesticider
- Øvrige punktkilder (olie-/benzinstoffer)

4 Referencer

-
- /i/ Vandkvalitetsbekendtgørelsen, BEK nr 292 af 26/03/2014, Miljøministeriet
- /ii/ Vandkvalitetsbekendtgørelsen, BEK nr 292 af 26/03/2014, Miljøministeriet
- /iii/ Miljøstyrelsen. Zonering, Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2000.
- /iv/ GEUS, Kemisk Grundvandskortlægning, Geo-vejledning 6, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2009.
- /v/ Hydrogeology Journal, Vol. 19, Nr. 2, March 2011. Groundwater salinity in Greve, Denmark: determining the source from historical data.
- /vi/ The Open University, 1989. Seawater: Its composition, properties and behaviour.
- /vii/ Central European Journal of Geosciences, 1(2), 2009, p 207-218. The Geochemistry of Boron-rich groundwater of the Karlovassi Basin, Samos Island, Greece.
- /viii/ GEUS, Kortlægning af kalkmagasiner, Geovejledning 8. Rapport 2009.
- /ix/ Saltvandsgrænsen i kalkmagasinerne i Nordøstsjælland, delrapport 5
- /iix/ Rambøll 2010: I/S Greve Vandsamarbejde. Monitoringsprogram 2009 – status
- /iiiX/ Miljøstyrelsen 2003: Nikkelfrigivelse ved barometerånding forårsaget af barometerånding/pumpning