



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider

Miljøministeriet, 2013

Titel:

Byudvikling og risiko for forurening af
grundvandet med pesticider

Redaktion:

Jeanne Kjær, Rambøll
Niels Richardt, Rambøll
Kristian Bitsch, Rambøll
Stine Reimer Pedersen, Rambøll
Lisbeth Hanefeld Sejerøe, Rambøll

Udgiver:

Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
www.nst.dk

Foto:**Illustration:****År:**

2013

Kort:**ISBN nr.**

78-87-7279-628-4

Ansvarsfraskrivelse:

Naturstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Naturstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Naturstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
1. Indledning.....	7
1.1 Baggrund	7
1.2 Formål	7
1.3 Undersøgelsens omfang og forløb	7
2. Testområde	9
2.1 Udvalgelse af testområde.....	9
2.2 Beskrivelse af testområde/undersøgelsesområde	9
3. Dataindsamling og databehandling.....	11
3.1 Dataindsamling.....	11
3.1.1 Data for virksomheder	11
3.1.2 Vandkvalitetsdata	11
3.2 Behandling af branchelister	12
3.3 Behandling af pesticiddata	12
4. Opstilling og test af procedure for inddeling af typer byudvikling	13
4.1 Kategorisering af virksomheder	13
4.2 Sammenstilling af data	13
4.3 Inddeling af typer byudvikling	13
4.4 Input fra kommunerne	14
4.5 Resultat for testområdet.....	14
4.6 Vurdering af proceduren	14
5. Kobling af pesticidfund med arealer med forskellige typer byudvikling.....	16
5.1 Metode.....	16
5.1.1 Grundvandsmodel.....	16
5.1.2 Partikelbanesimulering.....	18
5.1.3 Kobling mellem partikler og typer af byudvikling	18
5.2 Resultater for testområdet	18
6. Vurdering af pesticidindholdet i grundvand under arealer med forskellige typer byudvikling	21
6.1 Pesticidindholdet i grundvandet	21
6.2 Kilder til pesticider i grundvandet	26
6.3 Relation mellem pesticidindhold i grundvandet og typer af byudvikling	27
6.4 Opsummering	30
7. Procedure for undersøgelse af pesticider i nydannet grundvand under byer	31
7.1 Monitoringsprogrammets formål.....	31
7.2 Heterogenitet i forhold til pesticidudvaskning.....	32
7.2.1 Sårbarhed i forhold til pesticidudvaskning.....	32
7.2.2 Potentielle kilder til pesticidforurening af grundvandet	33
7.3 Prøvetagningsmetodik.....	34
7.4 Fastlæggelse af analyseprogrammet	35

7.4.1	Tidligere tiders pesticidanvendelse i byer.....	35
7.4.2	Nuværende pesticidanvendelse i byer.....	37

8. Resultater og konklusioner 41

Referencer..... 43

Bilag

Bilag 2.1	Arealanvendelse samt boringer med pesticidanalyse
Bilag 2.2	Topografi
Bilag 2.3	Prækvartæroverfladens højdeforhold
Bilag 2.4	Ler over kalkmagasinet
Bilag 2.5	Infiltration
Bilag 4.1	Grundlag for typer af byudvikling 1
Bilag 4.2	Grundlag for typer af byudvikling 2
Bilag 4.3	Inddeling af typer af byudvikling
Bilag 5.1	Partikelbanekort
Bilag 5.2	Transporttider og fordeling mellem typer af byudvikling
Bilag 6.1	Boringer analyseret for pesticider
Bilag 6.2	Boringer analyseret for BAM, dichlorbenil og 2,6-dichlorbenzoylsyre
Bilag 6.3	Boringer analyseret for atrazin, terbuthylazin, simazin og deres metabolitter
Bilag 6.4	Boringer analyseret for mechlorprop eller dichlorprop
Bilag 6.5	Boringer analyseret for diuron
Bilag 6.6	Boringer analyseret for andre pesticider

Forord

Vandplanernes miljømål har sat øget fokus på behovet for at bibeholde bynære vandindvindinger, således at den regionale vandforsynings påvirkning af vandløb og vådområder mindskes. Der er derfor et øget behov for at se på grundvandsbeskyttelse og trusler mod grundvandets kvalitet i byområder. På denne baggrund har Naturstyrelsen igangsat en række projekter med det formål at belyse grundvandsressourcen under byerne, hvor nærværende projekt adresserer byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider. Projektet er finansieret af Naturstyrelsen og er gennemført i perioden september 2012 – februar 2013.

Sammenfatning

Projektets formål var bl.a. at undersøge, hvorvidt pesticidindholdet i grundvandet kan relateres til tre forskellige typer af byudvikling for herigennem at vurdere, hvorvidt denne kategorisering er relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder. De tre typer af byudvikling, som er udarbejdet af Naturstyrelsen i anden forbindelse, er:

- Boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg
- Potentielt grundvandstruende virksomheder og anlæg
- Særligt grundvandstruende virksomheder

De tre typer af byudvikling giver et logisk udgangspunkt med hensyn til en generel risikovurdering af en potentiel grundvandsforurening, men den valgte gruppering er ikke fundet relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder. I undersøgelsesområdet (Hvidovre, Brøndby og Glostrup kommune) har der således ikke kunne påvises nogen sammenhæng mellem grundvandets indhold af pesticider og de tre typer af byudvikling.

Derudover havde projektet til formål at opstille en procedure for systematisk undersøgelse af pesticider i nydannet grundvand under byer.

- Det nuværende vidensgrundlag i forhold til udvaskning af pesticider under byområder er spinkelt. Den potentielle belastning er heterogent fordelt, og kilderne kan være vanskelige at fastlægge, ligesom viden om det konkrete pesticidforbrug kan være begrænset. Forud for opstilling af et monitoringsprogram anbefales det derfor at gennemføre indgående overvejelser vedrørende monitoringsprogrammets formål, områdets kompleksitet og sårbarhed samt fordelingen af potentielle kilder til pesticidudvaskning.
- Hvor potentielle kilder til pesticid forurening, relateret til tidligere tiders anvendelse, omfatter både private og offentlige arealer, omfatter potentielle kilder, relateret til den nuværende pesticidanvendelse, primært private arealer. Her vurderes pesticidanvendelse på befæstede arealer, der ikke afdræner til kloaker og overfladerecipienter, at udgøre en potentiel forureningskilde under særlige hydrauliske forhold.
- Med hensyn til analyseprogrammets sammensætning bør man tage højde for, at pesticidbelastningen ud over nuværende og tidligere tiders pesticidanvendelse i byområder i mange tilfælde også er et resultat af tidligere anvendelse i landområder. Den nuværende boringskontrol suppleret med 5 udvalgte stoffer vil være egnet til fremadrettet monitoring af byens grundvand.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Vandplanernes miljømål har sat øget fokus på behovet for at bibeholde bynære vandindvindinger, således at den regionale vandforsynings påvirkning af vandløb og vådområder mindskes. Der er derfor et øget behov for at se på grundvandsbeskyttelse og trusler mod grundvandets kvalitet i byområder. Naturstyrelsen har i tilknytning hertil i 2012 udarbejdet en redegørelse om byudvikling inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande uden for OSD /1/. Redegørelsen knytter sig til vandplanernes retningslinjer 40 og 41, som danner grundlaget for lokalisering af aktiviteter i OSD og indvindingsoplande uden for OSD.

Byudvikling forstås i ovennævnte sammenhæng bredt, og redegørelsen identificerer således virksomheder og anlæg efter hvilken risiko, de vurderes at udgøre i forhold til forurening af grundvandet:

1. Tilladelseslisten: Boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg
2. Opmærksomhedslisten: Potentielt grundvandstruende virksomheder og anlæg
3. Forbudslisten: Særligt grundvandstruende virksomheder og anlæg

Ved udarbejdelsen af redegørelsen er der blevet konstateret et behov for at forbedre det faglige grundlag for at vurdere byudviklingens påvirkning af grundvandsressourcen, både med hensyn til kvalitet og mængde. På denne baggrund har Naturstyrelsen igangsat en række projekter med det formål at belyse grundvandsressourcen under byerne, hvor nærværende projekt adresserer byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider.

Baggrunden for nærværende projekt er, at der i dag ikke eksisterer et dækkende overblik over byudviklingens påvirkning af grundvandet med pesticider, lige som der heller ikke eksisterer en metode til systematisk at undersøge og vurdere indholdet af pesticider under forskellige typer arealanvendelse, f.eks. i byer.

1.2 Formål

Formålet med projektet er at bidrage til at fylde de ovennævnte huller i vidensgrundlaget vedrørende pesticider i grundvandet under byer. Konkret består projektet af følgende leverancer:

1. Procedure for inddeling af forskellige typer byudvikling (hhv. boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg, potentielt grundvandstruende anlæg, samt særligt grundvandstruende virksomheder og anlæg) med henblik på forureningsundersøgelse.
2. Vurdering af pesticidindholdet i grundvand dannet under forskellige typer byudvikling
3. Procedure for systematisk undersøgelse af pesticider i nydannet grundvand under byer:
 - Procedure for udtagning af repræsentative vandprøver af nydannet grundvand
 - Procedure for fastlæggelse af analyseprogrammer ved forskellige typer byudvikling

1.3 Undersøgelsens omfang og forløb

For at kunne udføre en kvalificeret vurdering af grundvand dannet i områder med forskellige typer byudvikling var det Rambølls vurdering, at det var nødvendigt at udvælge et velegnet testområde til at gennemføre denne vurdering, idet en vurdering på landsplan enten ville blive for overordnet

generisk eller falde langt uden for opgavens økonomiske rammer. Undersøgelsen har derfor bestået af følgende hovedaktiviteter:

- A. Udvælgelse af område til test af procedure for inddeling af typer byudvikling samt vurdering af pesticidindhold i grundvandet
- B. Opstilling og test af procedure for inddeling af typer byudvikling
- C. Kobling af pesticidfund med forskellige typer byudvikling
- D. Vurdering af pesticidindholdet i grundvand dannet under arealer med forskellige typer byudvikling
- E. Opstilling af procedure for systematisk undersøgelse af pesticider i nydannet grundvand under byer

Undersøgelsen er blevet gennemført i dialog med Naturstyrelsen. På baggrund af Naturstyrelsens udbud og Rambølls tilbud blev opgaven præciseret på et opstartsmøde. Delresultater og strategier for det videre arbejde har efterfølgende været diskuteret via mails samt på et arbejds møde.

Delresultater i form af inddeling af testområdet i typer af byudvikling har været fremlagt for og drøftet med de tre kommuner, der dækker testområdet: Hvidovre Kommune, Brøndby Kommune og Glostrup Kommune.

2. Testområde

2.1 Udvalgelse af testområde

Som ovenfor nævnt var det ved opgavens start Rambølls vurdering, at det var nødvendigt at udvælge velegnede testområder for inden for opgavens tidsmæssige og økonomiske rammer at kunne udføre en kvalificeret vurdering af pesticider i grundvand dannet i områder med forskellige typer byudvikling.

Velegnede testområder skal som minimum leve op til følgende kriterier:

- Blandet byudvikling med erhvervsområder, boligområder, osv.
- Mange borerer med pesticidanalyser
- Detaljeret grundvandsmodel, der kan benyttes til at koble boringsfiltre med grundvandsdannende områder på terræn
- Gerne en relativt sårbar geologi, der dels sikrer en del pesticidfund, dels understøtter koblingen mellem filtre og terræn

Et område bestående af Hvidovre Kommune, Brøndby Kommune samt den sydlige del af Glostrup Kommune er udvalgt som testområde. Der er desuden inkluderet to erhvervsområder længst mod øst i Albertslund Kommune. Testområdet opfylder alle de ovennævnte kriterier. Området har en blandet byudvikling. Der er mange borerer med pesticidanalyser, og i disse borerer er der som følge af relativt sårbare geologiske forhold også mange fund af pesticider. I Hvidovre Kommune er der tidligere gennemført en detaljeret kortlægning af pesticidforbrug, og for hele området findes der en grundvandsmodel, der er egnet til at koble boringsfiltre med grundvandsdannende områder på terræn.

Som supplement til testområdet ses der i forbindelse med anbefalinger til opstilling af kommende analyseprogrammer også på pesticiddata fra borerer i Hjørring by med henblik på at give et input fra en anden geologisk setting end den, der findes i testområdet, og fra GRUMO-borerer i Frederiksberg Kommune med henblik på at inddrage data fra terrænnære sekundære magasiner.

2.2 Beskrivelse af testområde/undersøgelsesområde

Det udvalgte testområde (herefter kaldet undersøgelsesområde) er beliggende på den københavnske Vestegn. Hele området har byzonestatus. Den overordnede arealanvendelse jævnfør kommuneplanrammen i undersøgelsesområdet fremgår af bilag 2.1. Som det ses på kortet, indeholder området store erhvervsområder, områder med blandet bolig og erhverv og store boligområder. Her ud over er der blandt andet større områder til offentligt formål og rekreative områder, der begge blandt andet inkluderer skove, mindre landbrug og andre grønne arealer.

På kortet i bilag 2.1 er også vist placering af borerer med pesticidanalyser. Der er inden for undersøgelsesområdet i alt 84 borerer med pesticidanalyser, heraf 26 aktive indvindingsborerer og 58 andre borerer.

Undersøgelsesområdets topografi er vist i bilag 2.2. Terrænet faldet svagt fra nord mod syd med terrænkoter mellem 20 og 25 meter over havets overflade længst mod nord og terræn under havets overflade i de inddæmmede arealer længst mod syd.

Områdets geologiske opbygning er relativt simpel. Primært magasin udgøres af kalkmagasinet i hele området. Kalkmagasinet ligger højt i hele undersøgelsesområdet. Kalkoverfladens kote falder, som det fremgår af bilag 2.3, fra omkring 20 meter over havets overflade længst mod nord til omkring 10 meter under havets overflade umiddelbart syd for undersøgelsesområdet.

Som følge af det højtliggende kalkmagasin har dæklagene over magasinet en begrænset tykkelse i hele undersøgelsesområdet. I bilag 2.4 ses et kort over tykkelsen af lerede dæklag over kalkmagasinet. Der er ingen steder i undersøgelsesområdet over 15 meter lerede dæklag over kalkmagasinet, og i en række områder er tykkelsen af de lerede dæklag under 5 meter.

Grundvandsdannelsens størrelse varierer en del inden for undersøgelsesområdet. Bilag 2.5 viser modelberegnet årlig infiltration fra terræn (middelværdi for perioden 2000-2009). Infiltrationen styres i høj grad af arealanvendelsen, så den største infiltration forekommer i grønne områder, og den mindste infiltration forekommer i områder med høj grad af befæstelse og bortledning af nedbøren. Grundvandsstrømningen i kalkmagasinet er overordnet fra nord mod syd mod Køge Bugt og Kalvebod Løbet.

De geologiske forhold (et tyndt og opsprækket lerlag over kalk) samt en massiv oppumpning af grundvand gør området særlig sårbart overfor pesticidudvaskning. Samlet set vurderes det valgte område derfor at repræsentere en "worse case" situation angående pesticidforurening af grundvandet, som næppe er repræsentativ for hele landet.

3. Dataindsamling og databehandling

3.1 Dataindsamling

3.1.1 Data for virksomheder

Naturstyrelsen har leveret data med oplysninger om alle eksisterende erhvervsvirksomheder i de tre kommuner Brøndby, Hvidovre og Glostrup. I stil med Kraks Markedsdata indeholder disse data en lang række oplysninger om hver virksomhed, som for eksempel virksomhedsnavn, CVR-nr., virksomhedstype, antal ansatte, branchetekst og adresse. Virksomhedslisten for de tre kommuner indeholder i alt 10.268 virksomheder.

Naturstyrelsen har ud fra den enkelte virksomheds adresse givet virksomheden koordinater, angivet som matriklens midtpunkt. Kvaliteten af koordinatsætningen, som afhænger af, om der er oplysninger om den pågældende adresse, er inddelt i fire grupper: Eksakt match, nærmeste nabo, et sted på vejen eller et sted i postdistriktet. De 62 virksomheder, hvor koordinatsætningen er ”et sted i postdistriktet”, er ikke medtaget i den videre behandling af data, da denne koordinatsætning er for upræcis. For 83 virksomheder har det ikke været muligt for Naturstyrelsen at give ejendommen koordinater, hvorfor disse ejendomme ikke er medtaget i den videre databehandling.

3.1.2 Vandkvalitetsdata

Data for vandkvaliteten for de tre kommuner Brøndby, Glostrup og Hvidovre er udtrukket fra Jupiterdatabasen den 6. november 2012. De tre kommuner har siden starten af 1990'erne haft et omfattende monitoringsprogram, hvor der også er analyseret for pesticider i en del borer, som ikke er indvindingsboringer. Data fra disse borer er samlet sammen i Vestegnens Vandsamarbejde og er indberettet til Jupiterdatabasen, inden udtrækket blev lavet den 6. november 2012, således at alle tilgængelige data indgår i udtrækket.

Vandkvalitetsdata for Hjørring Kommune er trukket fra Jupiterdatabasen den 5. september 2012. Der er benyttet vandkvalitetsdata i borer, som ligger inden for byområde, ud fra kategoriseringen af arealanvendelsen fra det vedtagne kommuneplanrammetema.

Til undersøgelse af vandkvaliteten i Grumoborer i Frederiksberg Kommune og indvindingsopland hertil er data i Jupiterdatabasen trukket den 22. november 2012 for Frederiksberg og Københavns kommuner.

Til vurdering af udbredelsen af pesticider i det sekundære grundvandsmagasin på Frederiksberg er forsøgt benyttet analyser fra borer kategoriseret med anvendelse eller formål M – Monitoringsboring/overvågning/kontrol/GRUMO i Jupiterdatabasen. Ved gennemgang af data har det dog vist sig, at denne kategorisering ikke altid er rigtig i Jupiterdatabasen, og derfor benyttes i stedet kategorisering af borer ud fra rapporten ”Nye Grumoborer til det unge grundvand og renovering af eksisterende Grumoborer” /2/. Borerne kategoriseres som indvindingsboringer, Grumoboring i det sekundære grundvandsmagasin eller Grumoboring. Enkelte GRUMO-borerne har også filtre i det sekundære magasin. Hvis en Grumoboring har

filtre inden for intervallet 0-10 meter under terræn, er analyser taget fra dette filter også kategoriseret som Grumboring i det sekundære magasin.

3.2 Behandling af branchelister

Den oplyste branchetekst i virksomhedslisten for Hvidovre, Brøndby og Glostrup kommuner er benyttet til at kategorisere virksomhederne ud fra de af Naturstyrelsens fastlagte kategorier /1/. Hver virksomhed har derfor fået et tal fra 1-3 ud fra, om virksomheden kan kategoriseres som tilhørende:

1. Tilladelseslisten – Boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg
2. Opmærksomhedslisten – Potentielt grundvandstruende virksomheder og anlæg
3. Forbudslisten – Særligt grundvandstruende virksomheder og anlæg

For enkelte virksomheder er der også set på antallet af ansatte for at vurdere, for eksempel hvor stor en transportvirksomhed er.

3.3 Behandling af pesticiddata

Alle borer inden for undersøgelsesområdet i Brøndby, Hvidovre og Glostrup kommuner er først trukket ud fra Jupiterdatabasen, og derefter er alle analyser for pesticider trukket ud for borer inden for undersøgelsesområdet. For hver analyse er der medtaget oplysninger om prøvedato, filterdybde og anvendelse.

Ved kvalitetssikringen af datasættet, blev der fundet mange dubletanalyser, som er slettet inden den videre databearbejdning.

Som indikator for pesticidbelastning blev det kortlagt hvor mange forskellige pesticider, der er analyseret for, og hvor mange der ikke er påvist, påvist eller påvist over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l.

I vurderingen er der også set på, om den pågældende boring er en indvindingsboring på nuværende tidspunkt eller en boring med anden anvendelse som for eksempel pejleboring eller monitoringsboring.

4. Opstilling og test af procedure for inddeling af typer byudvikling

Der er opstillet en procedure for inddeling af typer byudvikling på basis af den overordnede arealanvendelse fra kommuneplanrammen samt gennemgang af samtlige virksomheder i området. Proceduren opstillet i dialog med Naturstyrelsen og resultatet for undersøgelsesområdet er præsenteret for og diskuteret med de tre kommuner i undersøgelsesområdet.

Proceduren for inddeling indeholder følgende trin:

1. Klassificering af virksomheder fra virksomhedsliste
2. Sammenstilling af overordnet arealanvendelse og kategoriserede virksomheder
3. Inddeling af typer byudvikling

4.1 Kategorisering af virksomheder

Samtlige virksomheder i det område, der skal inddeles efter typer byudvikling kategoriseres i forhold til de af Naturstyrelsens fastlagte kategorier /1/. Dette sker ved at gennemgå virksomhederne på en virksomhedsliste (udtræk fra CVR-registeret, KRAK Markedsdata eller lignende – i nærværende opgave er benyttet en virksomhedsliste udleveret af Naturstyrelsen) og tildele de enkelte virksomheder et tal fra 1-3 ud fra, om virksomheden kan kategoriseres som tilhørende:

1. Tilladelseslisten – Boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg
2. Opmærksomhedslisten – Potentielt grundvandstruende virksomheder og anlæg
3. Forbudslisten – Særligt grundvandstruende virksomheder og anlæg

4.2 Sammenstilling af data

Næste trin i proceduren er at udarbejde en grafisk sammenstilling i et GIS-program af de kategoriserede virksomheder og den overordnede arealanvendelse fra kommuneplanrammen. I bilag 4.1 ses dette gjort for undersøgelsesområdet i Hvidovre, Brøndby og Glostrup kommuner. Som det fremgår af kortet, er der et meget stort overtal af virksomheder tilhørende kategori 1. Der er også relativt mange virksomheder tilhørende kategori 2, mens der kun er få kategori 3 virksomheder inden for undersøgelsesområdet.

For at få et bedre overblik over forekomsten af virksomheder tilhørende kategori 2 og 3 er der som supplement til bilag 4.1 udarbejdet et kort, hvor virksomheder tilhørende kategori 1 ikke er medtaget, men som ellers er identisk med kortet i bilag 4.1. Dette kort ses i bilag 4.2.

4.3 Inddeling af typer byudvikling

Inddelingen af områder efter typer af byudvikling sker på grundlag af de grafiske sammenstillinger, som der ses eksempler på i bilag 4.1 og 4.2. Der er i undersøgelsesområdet benyttet følgende retningslinjer:

- Hvis der er placeret flere kategori 2 eller 3 virksomheder i erhvervsområder eller områder med blandet bolig og erhverv fra kommuneplanrammen, er hele disse områder kategoriseret som type 2 område.
- I tilfælde, hvor kategori 2 virksomheder ligger i andre områder end erhvervsområder eller områder med blandet bolig og erhverv, er der lavet en buffer på 20 m i radius omkring virksomheden. Arealet inden for denne buffer kategoriseres som type 2 område, mens arealet uden for bufferen kategoriseres som type 1 område. Valget af bufferstørrelsen er begrundet i, at disse virksomheder oftest er små virksomheder beliggende på en matrikel af begrænset størrelse, f.eks. i et parcelhuskvarter.
- For alle kategori 3 virksomheder er der lavet en buffer på 50 m i radius rundt om virksomheden. Arealet inden for denne buffer kategoriseres som type 3 område, mens arealet uden for bufferen kategoriseres som type 1 eller 2 område afhængigt af de ovenstående kriterier.

På baggrund af ovenstående kriterier er hele undersøgelsesområdet inddelt i de tre typer byudvikling (bilag 4.3). Som det fremgår af bilag 4.3, er der fem kategori 3 virksomheder, der giver ophav til fem type 3 områder. Der er tre store type 2 områder i tre større erhvervsområder placeret ved henholdsvis Avedøre Holme, den nordvestlige del af Brøndby Kommune samt Albertslund Kommune, umiddelbart vest for Glostrup Kommune. Derudover er der flere mindre type 2 områder i erhvervsområder og områder med blandet bolig og erhverv. Endelig er der en mængde små type 2 områder defineret af enkeltliggende kategori 2 virksomheder spredt i de tre kommuner. De resterende områder er type 1 områder og fylder størstedelen af undersøgelsesområdet (Bilag 4.3).

4.4 Input fra kommunerne

Resultatet af inddelingen af undersøgelsesområdet er forelagt Hvidovre Kommune, Brøndby Kommune og Glostrup Kommune. Kommunerne havde generelt ingen kommentarer til inddelingen af virksomheder i de tre kategorier eller inddelingen af arealet i de tre typer af byudvikling.

Med hensyn til pesticidforbrug i kommuner kunne både Hvidovre og Brøndby kommuner oplyse, at der i store dele af kommunerne har været gartnerier og frugtplantager, hvor der kan have været brugt pesticider. Hvidovre Kommune har lavet en kortlægning af pesticidforbruget i Hvidovre Kommune /3/, mens det i Brøndby Kommune og Glostrup Kommune ikke er helt så velundersøgt. Brøndby Kommune gjorde opmærksom på golfbanen og sportsanlæggene i kommunen, hvor der kan blive benyttet pesticider. Kommunerne gjorde også opmærksom på, at der ved jernbanestrækninger og kirkegårde generelt kan benyttes pesticider.

4.5 Resultat for testområdet

Der blev inden for testområdet fundet 10.202 virksomheder, hvoraf 693 ikke havde oplyst branchekode. 8.927 virksomheder blev kategoriseret som kategori 1, 577 virksomheder som kategori 2 og 5 virksomheder som kategori 3. Kategori 1 virksomheder er godt fordelt på byudviklingstyper beskrevet på tilladelseslisten. En stor del af kategori 2 virksomhederne inden for testområdet er fremstilling af metalgenstande og forarbejdning af metalgenstande samt speditører og forskellige former for autoværksteder. De fem kategori 3 virksomheder indbefatter store transportvirksomheder, kraftvarmeværker og et stålvalseværk.

4.6 Vurdering af proceduren

Den opstillede procedure giver en relativt simpel og reproducerbar inddeling af typer byudvikling. Eftersom ikke alle virksomhedstyper er medtaget på Naturstyrelsens lister over kategori 1, 2 og 3 virksomheder ligger der dog et tolkningselement ved selve kategoriseringen, lige som der ligger et tolkningselement i forbindelse med at det besluttet, om et erhvervsområde eller område med blandet bolig og erhverv skal udpeges som type 2 område i sin helhed eller kun i bufferzoner omkring de enkelte kategori 2 virksomheder.

Proceduren giver en retvisende inddeling af de typer byudvikling, der findes i området i dag. Det skal dog pointeres, at inddelingen udelukkende afspejler den nutidige situation, og at tidligere tiders arealanvendelse ikke inddrages eller vurderes.

Proceduren kan anvendes i andre byområder i Danmark eftersom datagrundlaget, i form af overordnet arealanvendelse fra kommuneplanrammen samt virksomhedslistes med aktivitetsbeskrivelse, er tilgængeligt for hele landet. Afhængigt af lokale forhold kan det eventuelt være relevant at foretage mindre justeringer af de her anvendte kriterier, f.eks. bufferzonernes størrelse eller brug af matrikelafgrænsninger i stedet for bufferzoner.

5. Kobling af pesticidfund med arealer med forskellige typer byudvikling

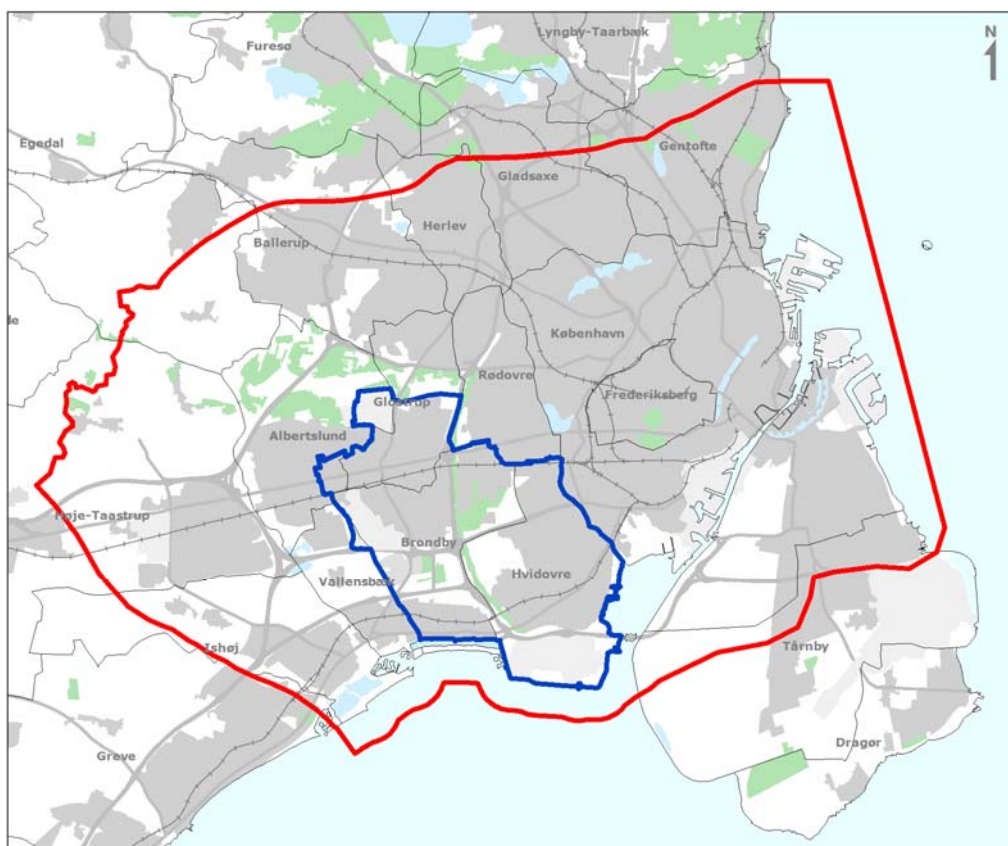
5.1 Metode

Koblingen mellem fund af pesticider og de forskellige typer byudvikling er udført ved hjælp af partikelbanesimuleringer. Koblingen er udført for undersøgelsesområdet i de tre kommuner Brøndby, Hvidovre og Glostrup og for de borer, hvor der er fund af pesticider.

Partikelbanesimuleringerne er udført på den eksisterende grundvandsmodel, kaldet Vestegn 2010 modellen, der er opstillet for Vestegnens Vandsamarbejde i 2010 /4/. Vestegnens Vandsamarbejde er et vandsamarbejde mellem vandforsyninger og kommuner i de seks kommuner Hvidovre, Rødovre, Brøndby, Glostrup, Vallensbæk og Albertslund. Efter sammenlægningen af disse kommuners vandforsyninger og Københavns Energi eksisterer dette vandsamarbejde ikke længere.

5.1.1 Grundvandsmodel

Vestegn 2010 modellen dækker et ca. 390 km² stort område indeholdende de seks kommuner på Vestegnen, Københavns og Frederiksberg kommuner samt dele af de omkringliggende kommuner. Modellens afgrænsning er vist sammen med undersøgelsesområdet på Figur 5.1.



FIGUR 5.1 UNDERSØGELSESMÅRÅDE (BLÅ STREG) OG MODELAFGRÆNSNING (RØD STREG) FOR VESTEGN 2010 MODELLEN.

Vestegn 2010 modellen er opstillet i et 100 x 100 meter modelnet, og vertikalt er modellen inddelt i fem modellag. Den vertikale inddeling følger overordnet den geologiske opbygning, hvilket betyder, at de øverste tre modellag repræsenterer de kvartære aflejringer, og de nederste to modellag repræsenterer de prækvartære aflejringer i form af kalk og skivekridt.

Modellen er opstillet i programkoden MIKE SHE og er opstillet som en fuldt integreret dynamisk model. Det betyder, at den simulerer hele det landbaserede hydrologiske kredsløb såsom fordampning, infiltration, strømning i den umættede og mættede zone samt interaktion med vandløb og afstrømning i vandløbene.

Den aktuelle anvendelse af Vestegn 2010 modellen simulerer det hydrologiske kredsløb for den 10-årige periode 2000-2009, begge år inklusive. Modellen anvender klimainput i form af daglige værdier for nedbør, potentiel fordampning og temperatur. Nedbør er defineret i 10 km klimagrid, mens potentiel fordampning og temperatur er defineret i 20 km klimagrid.

Mens modellen repræsenterer de klimatiske variationer i perioden 2000-2009, er det valgt at fastholde vandindvindingen på det samme niveau i hele simuleringsperioden samt at lade indvindingen i 2009 repræsentere dette niveau.

Anvendelsen af en begrænset klimaperiode og fastholdt indvindingsniveau introducerer en usikkerhed i forhold til anvendelsen i dette projekt, da anvendelsen af de pesticider, der er fundet i grundvandet i testområdet, for alvor starter helt tilbage ved begyndelsen af 60'erne. Til gengæld gør det resultaterne mere gennemskuelige.

Det har ikke været muligt inden for dette projekts rammer at gennemføre en beregning for hele den historiske periode for anvendelsen af pesticider fra starten af 1960'erne. Det ville kræve udvidelse af modelkonceptet på en række punkter. Bl.a. udvidelse med historisk klimadata, arealanvendelsens udvikling herunder befæstelsesgrader, historisk udvikling i indvindingsmønster mv.

5.1.2 Partikelbanesimulering

Koblingen mellem fund af pesticider i borer og de forskellige typer byudvikling er udført ved hjælp af en partikelbanesimulering, hvor partikelbaner fra terræn til boring følges.

Partikelbanesimuleringen er udført på et dynamisk strømningsfelt, der repræsenterer de klimatiske forhold i perioden 2000-2009 og indvindingsforholdene i 2009. Initialt er der placeret 25 partikler pr. modelcelle, svarende til en dækning på 625 partikler pr. km². Partiklerne følges over en periode på 100 år, og de registreres, hvis de passerer en modelcelle i det øverste lag af kalken, der indeholder en boring, hvor der er analyseret for pesticider. Det kan både være en monitoringsboring eller en indvindingsboring. Partikelbanesimuleringen over 100 år sker ved gentagelse af strømningsfeltet, for perioden 2000-2009, 10 gange.

5.1.3 Kobling mellem partikler og typer af byudvikling

Koblingen mellem partikler og typer af byudvikling er efterfølgende udført i GIS-værktøjet MapInfo.

Resultatet af partikelbanesimuleringen er overført til MapInfo som et punkttema over de partikler, der er registreret som passerende forbi et filter eller en indvindingsboring, hvor der er fundet pesticider. Punkttemaet er givet ved partiklernes initialplacering på terræn, svarende til udpegning af grundvandsdannende opland for en boring. Herefter er der vha. MapInfo's GIS-rutiner lavet en kobling mellem partiklernes initialplacering og inddelingen i områder med forskellige typer byudvikling.

Efter den GIS-relaterede kobling er der udført statistisk behandling af data, hvor der bl.a. er beregnet transporttider til de udvalgte borer og fordelinger på typer byudvikling.

5.2 Resultater for testområdet

Resultatet af den udførte partikelbanesimulering og koblingen til de tre typer af byudvikling er vist i bilag 5.1 og bilag 5.2, hvor førstnævnte også viser placeringen af borer (aktive indvindingsboring og borer med anden anvendelse) med pesticidanalyser.

Partikelbanekortet i bilag 5.1. viser initialplaceringen af de partikler, der i partikelsimuleringen er registreret som passerende forbi et boringsfilter, som er analyseret for pesticider. Kortet viser, hvor grundvandet fødes, inden det strømmer forbi de udvalgte borer, og kortet svarer således til udpegning af grundvandsdannende oplande for de forskellige borer.

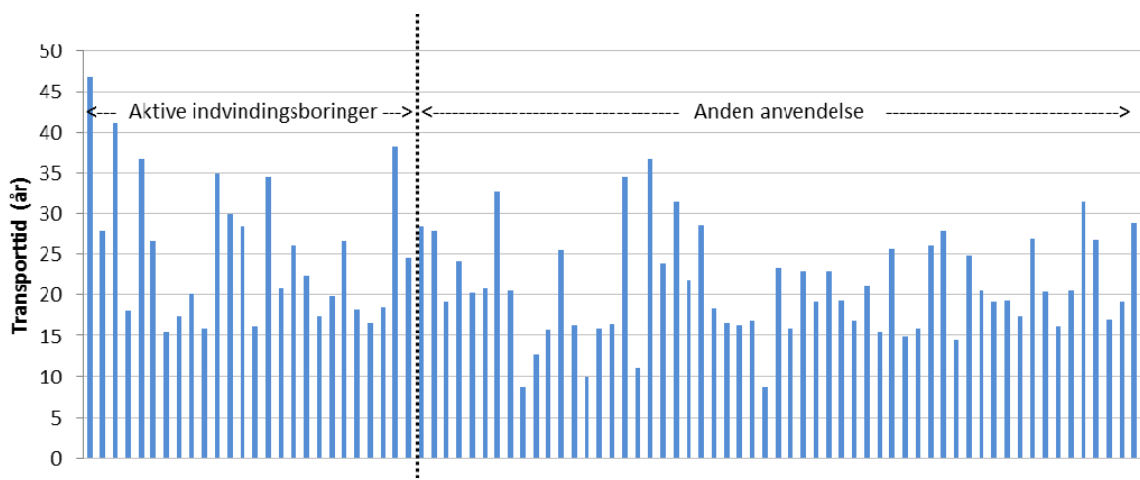
Som det fremgår af partikelbanekortet, ligger de grundvandsdannende oplande til samtlige borer overvejende nord for borerne (bilag 5.1). Det svarer til det generelle billede af en grundvandsstrømning, der har sydlig retning mod kysten. Det ses også, at oplandene kun når op til den nordlige del af testområdet, hvilket skyldes placeringen af et regionalt grundvandsskel, der deler området i en grundvandsstrømning med hhv. nordlig og sydlig retning.

Til illustration af de enkelte borer grundvandsdannende opland er oplandet til nogle udvalgte borer, f.eks. borerne med DGU nr. 207.2754 og DGU nr. 207.2595, tematiseret med anden farve end øvrige oplande (bilag 5.1). De udvalgte borer er alle aktive indvindingsborer. Oplandene dækker generelt sammenhængende områder og har kun stedvist huller. Huller i oplandene kan tolkes som områder, hvor grundvandsmodellen enten viser meget lille infiltration, eller der er opadrettet grundvandsstrømning.

I Bilag 5.2 er der vist et skema med resultatet af koblingen mellem boringer analyseret for pesticider og typer af byudvikling. Skemaet viser overordnet to ting; dels middeltransporttiden, dels en arealmæssig fordeling på typer af byudvikling. Opgørelsen er lavet på boringsniveau for de boringer, hvor der er analyseret for pesticider.

Den arealmæssige fordeling af typer af byudvikling i undersøgelsesområdet er illustreret i bilag 4.3. Kategori 0, som figurerer i bilag 5.2, men som ikke er vist på bilag 4.3, repræsenterer områder uden for undersøgelsesområdets afgrænsning.

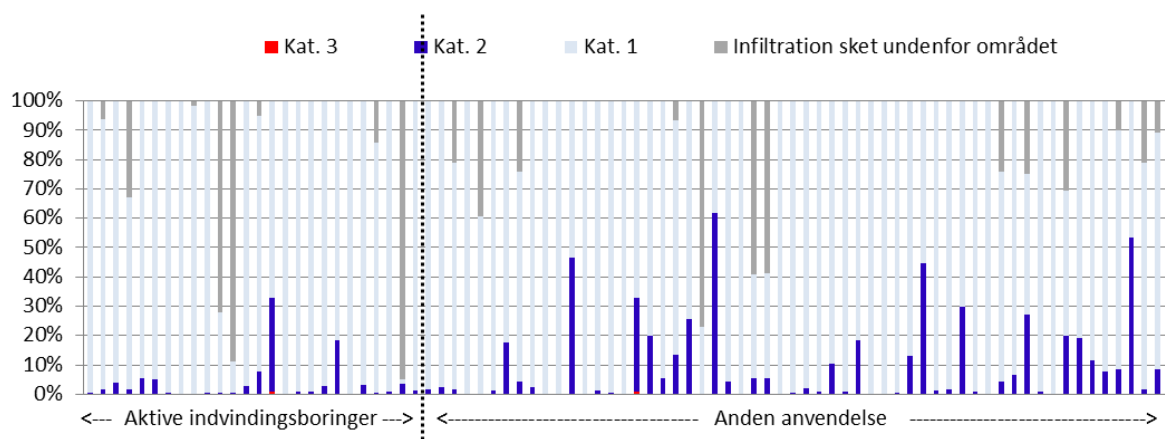
Middeltransporttiden for hver boring er beregnet som middel af transporttiden for alle de partikler, der passerer den enkelte boring (Figur 5.2). I området varierer middeltransporttiderne ikke meget, og de er alle under 50 år. I gennemsnit er middeltransporttiden for alle 84 boringer på 22 år, og der er en svag tendens til længere transporttider for de boringer, der er aktive indvindingsboringer.



FIGUR 5.2 MIDDELTRANSPORTTIDEN TIL BORINGER, HVOR DER ER ANALYSERET FOR PESTICIDER.

Den arealmæssige fordeling på de tre typer byudvikling opgjort i procent er vist i bilag 5.2. Opgørelsen viser i princippet, hvilken procentdel af det vand, der passerer en given boring, stammer fra hver af de tre typer byudvikling. Opgørelsen er yderligere detaljeret, idet procentfordelingen er bestemt for 10-årige perioder af transporttider. Det er således muligt for hver boring at lave en detaljeret samtolkning i forhold til type byudvikling, tidspunkt for pesticidernes anvendelse og tidspunkt for, hvornår pesticiderne er påvist i boringerne.

På Figur 5.3 er det vist, hvordan procentfordelingen på typer af byudvikling ser ud for det vand, der er under 50 år om at nå de 84 boringer med analyse for pesticider. Det fremgår tydeligt af figuren, at langt den overvejende del af grundvandet dannes i områder med type 1 byudvikling, hvilket naturligvis også hænger sammen med, at disse områder udgør størstedelen af undersøgelsesområdet. I enkelte boringer, f.eks. DGU nr. 207.2534, udgør type 2 over 50 %, men ellers er det for mange boringer tæt på, at 100 % udgøres af type 1 områder.



FIGUR 5.3 PROCENTVIS KLASSEFORDELING FOR VAND, DER ER UNDER 50 ÅR OM AT NÅ EN AF DE 84 BORINGER MED ANALYSE FOR PESTICIDER.

Der er en række usikkerhedsfaktorer i forhold til den anvendte metodik for kobling mellem boring og byudviklingstyper, og specielt i forhold til hvordan grundvandsmodellen anvendes, som det af hensyn til den videre fortolkning er væsentligt at fremhæve:

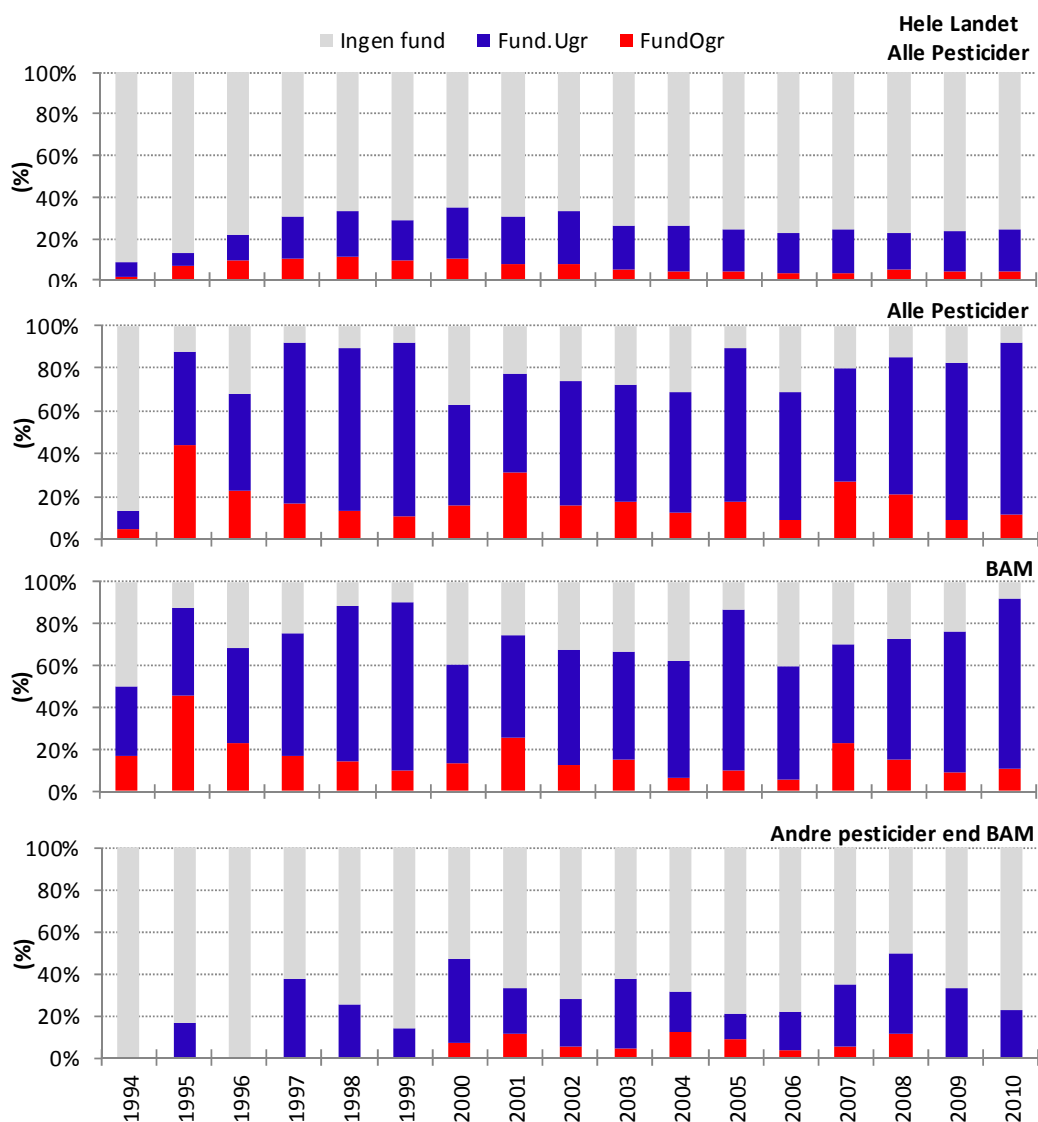
- Grundvandsmodellen er opstillet for en begrænset periode, 2000-2009. Dette introducerer en fejl i forhold til, hvornår man har anvendt de pesticider, som vi i dag påviser i grundevandet. Anvendelsen af pesticider kan føres tilbage til starten af 60'erne. Der er til dels taget hånd om den begrænsede modelperiode ved at køre partikelbanesimuleringer over en 100 årig periode på strømningsfeltet for 2001-2009.
- Grundvandsmodellen anvender fast indvindingsniveau svarende til 2009. Det introducerer en usikkerhed, da indvindingen har ændret sig i perioden siden starten af 60'erne, ikke bare i mængde, men også hvor der har været indvundet.
- Metoden tager ikke hensyn til, at arealanvendelsen er ændret siden begyndelsen af 60'erne, og dermed også hvor og hvornår pesticiderne har været anvendt.
- I koblingen mellem boringsfilter og byudviklingstype er der ikke taget hensyn til tidspunkt for, hvornår fund af pesticid er sket. Det forhold knytter sig også til førnævnte forhold omkring ændring af arealanvendelse og dermed, hvornår pesticiderne har været brugt.
- Byudviklingen medfører, at de hydrologiske forhold ændrer sig. Det betyder først og fremmest, at infiltrationsforholdene ændrer sig bl.a. pga. ændrede befæstelsesgrader.
- I koblingen forudsættes det, at borerne er filtersat i de øverste 10 meter af kalken, svarende til det øverste modellag i kalken. Alle borer er filtersat i kalken (eller står som åbne borer i kalken), men længde og dybe varierer meget, se f.eks. Figur 6.4.
- I modelanvendelsen forudsættes det, at borerne er placeret i centrum af en modelcelle. Da modellen anvender en diskretisering på 100 meter, kan det medføre forskydning på op til 70 meter.
- Partikelbanesimuleringerne tager ikke direkte hensyn til sprækketransport, som i forhold til stoftransport i kalkmagasiner kan være en væsentlig parameter. Sprækketransporten vurderes dog først og fremmest at være væsentlig for de korte transportveje, hvilket gælder for de stoffer, der infiltrerer til kalken tæt på borerne. For borerne i testområdet vurderes det, at der overvejende er tale om lange transportveje.

De påpegede usikkerheder er alle forhold, der med fordel kan bringes videre i en eventuel udbygning og detaljering af det anvendte koncept.

6. Vurdering af pesticidindholdet i grundvand under arealer med forskellige typer byudvikling

6.1 Pesticidindholdet i grundvandet

Størstedelen af det undersøgte grundvand i undersøgelsesområdet indeholder pesticider, med en samlet belastning, der er markant større end landsgennemsnittet (Figur 6.1 og Tabel 6.1). Dette resultat stemmer overens med /5/, der på baggrund af landsækkende data fandt flere pesticider under byområder end under landbrugsjord.



FIGUR 6.1. FORDELING AF FUND AF PESTICIDER I UNDERSØGELSESOmråDET'S AKTIVE INDVINDINGSBORINGER (TRE NEDERSTE GRAFER). OPGØRELSEN SKELNER MELLEML ANALYSER UDEN FUND, ANALYSER MED FUND UNDER GRÆNSEVÆRDIEN (FUND.UGR) OG ANALYSER MED FUND OVER GRÆNSEVÆRDIEN (FUND.OGR). OPGØRELSEN SKELNER DESUDEN MELLEML PRØVER, DER INDEHOLDER EN ELLER FLERE AF ENTEN ALLE ANALYSEREDE PESTICIDER (ALLE PESTICIDER), BAM ELLER ANDRE PESTICIDER END BAM (ANDRE PESTICIDER END BAM). DATA FRA 2011 ER IKKE MEDTAGET, IDET DER KUN ER INDRAPPORTERET MEGET FÅ RESULTATER. DATA FOR ALLE LANDETS INDVINDINGSBORINGER /5/ ER MEDTAGES TIL SAMMENLIGNING (ØVERSTE GRAF). INDIKATOREN INDEHOLDER IKKE DE SAMME BORINGER FRA ÅR TIL ÅR, DA DISSE ANALYSERES I EN TURNUS PÅ OP TIL FEM ÅR.

I områdets indvindingsboringer finder man i perioden 1994 til 2011 pesticider i 76 % af de analyserede prøver, hvilket er markant over det tilsvarende landsgennemsnit, som i perioden 1994 - 2010 lå på 25 % /5/. Denne forskel skyldes dels, at undersøgelsesområdet er særlig sårbart over for pesticidudvaskning (se afsnit 2.2.), dels at anvendelsen af dichlorbenil, som er årsagen til langt de fleste fund, givetvis har været større her end på landsplan. Størstedelen af fundene skyldes BAM, et mobilt og svært nedbrydeligt nedbrydningsprodukt af dichlorbenil, som frem til 1997 har været anvendt til ukrudtsbekæmpelse på udyrkede og befæstede arealer. Denne anvendelse har været størst i byer og bebyggede arealer, og eftersom disse arealanvendelser udgør 79 % af undersøgelsesområdet, vil udvaskningen af netop af denne pesticidanvendelse være større her end på landsplan.

TABEL 6.1. FORDELING AF PESTICIDINDHOLD I DE AKTIVE INDVINDINGSBORINGER SAMT BORINGER MED ANDEN ANVENDELSE ANGIVET SOM ANTAL ANALYSEREDE PRØVER MED ENTEN INGEN FUND AF PESTICIDER (I.F.), FUND UNDER GRÆNSEVÆRDIEN (F.UGR) OG FUND OVER ELLER LIG GRÆNSEVÆRDIEN (F.OGR). OPGØRELSEN SKELNER MELLEM PRØVER, DER INDEHOLDER ENTEN EN ELLER FLERE AF ALLE ANALYSEREDE PESTICIDER (ALLE PESTICIDER), BAM ELLER EN ELLER FLERE PESTICIDER PÅ NÆR BAM (ANDRE PESTICIDER END BAM).

	Aktive indvindingsboringer				Anden anvendelse			
	I.F	F.Ugr	F.Ogr	Fund%	I.F	F.Ugr	F.Ogr	Fund%
Alle pesticider	132	326	93	76%	97	120	90	68%
BAM	139	311	80	74%	74	115	88	73%
Andre pesticider end BAM	214	65	13	27%	119	25	2	18%

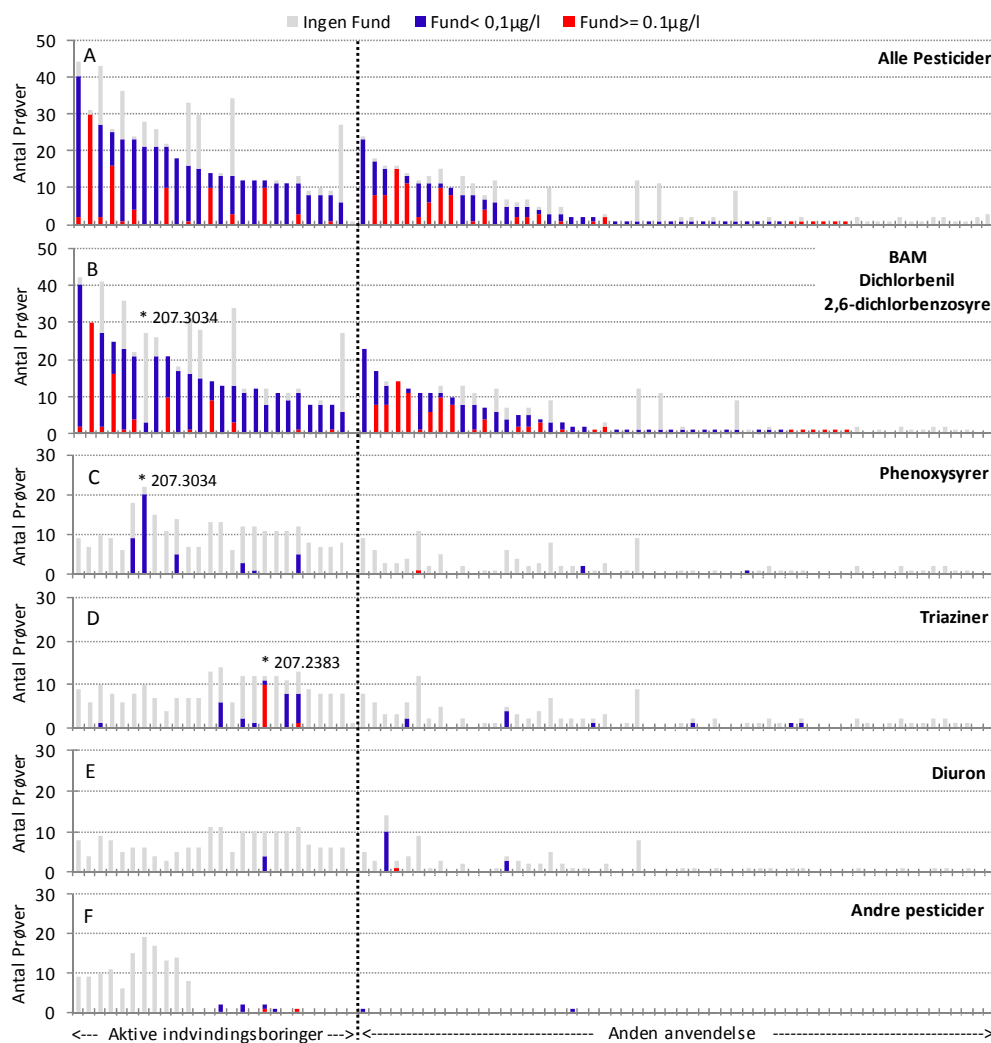
Modsat andre vandværker, som ofte lukker boringer med fund over grænseværdien, har Hvidovre Kommune grundet problemer med BAM fået en særlig tilladelse til at anvende avanceret vandbehandling, inden vandet ledes til forbrugeren. Dette medvirker i en vis grad også til, at andelen af aktive indvindingsboringer indeholdende pesticider over grænseværdien kan være større i undersøgelsesområdet end andre steder. Udover Hvidovre Kommune er der kun 4 andre kommuner i Danmark, der grundet BAM har fået tilladelse til at anvende avanceret vandrensning /6/.

TABEL 6.2. FUNDNE PESTICIDER I UNDERSØGELSESGRUNDVANDETS BORINGER ANGIVET SOM ANTAL PRØVER MED FUND HENHOLDSVIS OVER ELLER LIG GRÆNSEVÆRDIEN (F.OGR) ELLER UNDER GRÆNSEVÆRDIEN (F.UGR).

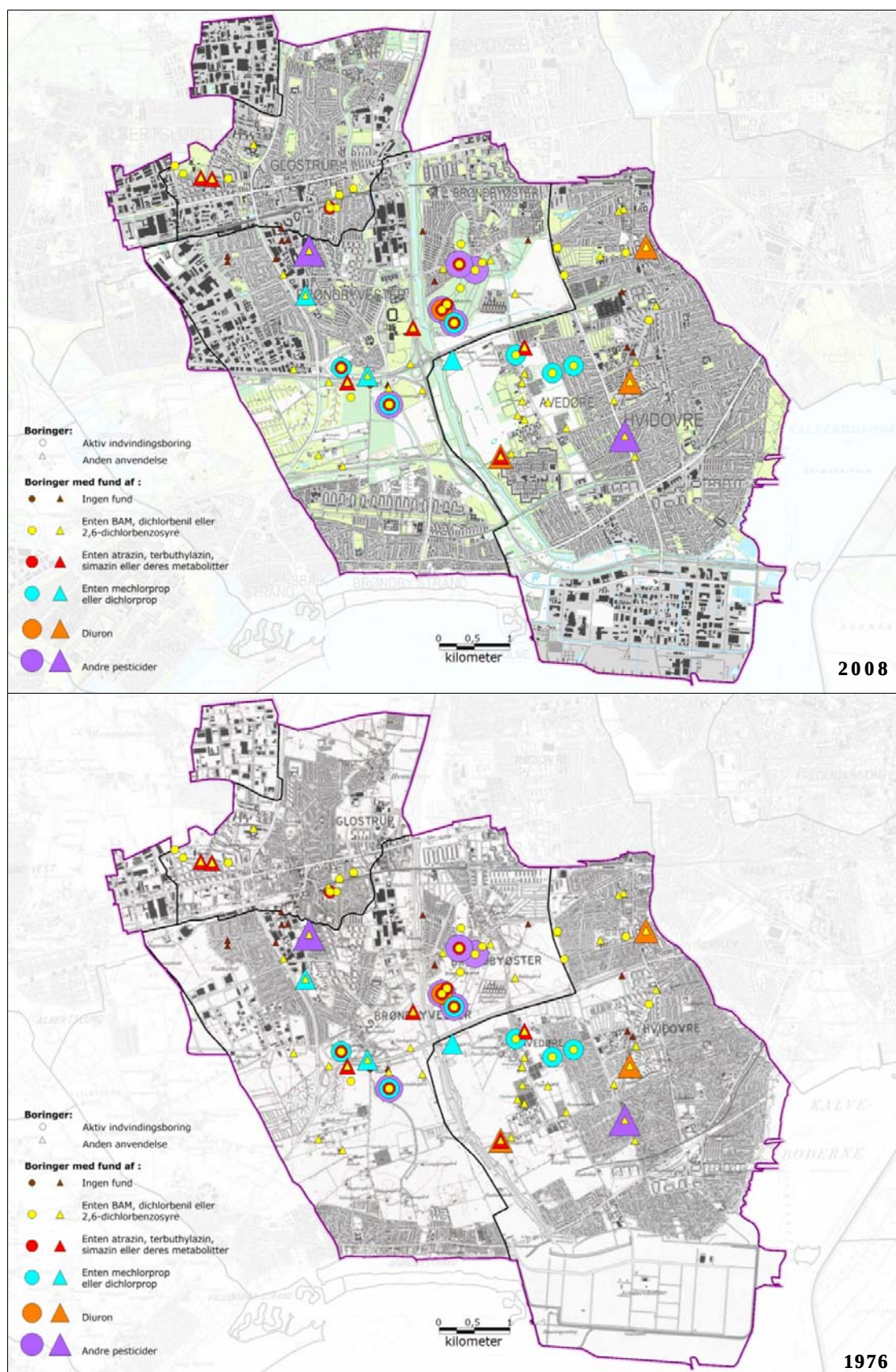
	Antal prøver	F.Ugr	F.Ogr	F.Ugr (%)	F.Ogr (%)
BAM m.fl					
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	807	426	168	74%	21%
2,6-dichlorbenzoesyre	7	1		14%	0%
Dichlobenil	247	1	1	1%	0%
Phenoxy-syrer					
Mechlorprop	378	45	1	12%	0%
Dichlorprop	330	1		0%	0%
Triaziner					
Simazin, hydroxy	116	18	8	22%	7%
Simazin	345	13	5	5%	1%
Atrazin, hydroxy-	223	13		6%	0%
Atrazin	342	1		0%	0%
Atrazin, desisopropyl	304	5		2%	0%
Atrazin, desethyl-	310	2		1%	0%
Terbutylazin	310	2		1%	0%
Terbutylazin, desethyl	124	1		1%	0%
Terbutylazin, hydroxy	117	9	1	9%	1%
Diuron					
Diuron	271	17	1	7%	0%
Andre pesticider					
Hexazinon	310	3		1%	0%
AMPA	191	2		1%	0%
4-Nitrophenol	25	1		4%	0%
Malathion	110	1	2	3%	2%
metoxuron	110	1		1%	0%
Propylazamid	112	1		1%	0%
Glyphosat	191	1		1%	0%

Udover BAM har også andre typer af pesticidanvendelse forårsaget udvaskning til grundvandet. I indvindingsboringerne finder man således andre pesticider end BAM i 27 % af prøverne (heraf 5 % over grænseværdien), hvilket ligeledes vidner om områdets sårbarhed overfor pesticider. Udover BAM og 2,6-dichlorbenzoesyre, som begge relaterer sig til anvendelse af dichlobenil, fordeler de

fundne pesticider sig på henholdsvis triaziner (primært hydroxy-simazin fundet i 22 % af prøverne), phenoxyssyrer (primært mechlorprop fundet i 12 % af prøverne), diuron (fundet i 7 % af prøverne) samt et mindre antal fund af andre pesticider (Tabel 6.2). Den rumlige fordeling af pesticidfundene i disse klasser er vist i Bilag 6.1 – 6.6 og detaljeret yderligere i Figur 6.2. På nær enkelte borer (7 borer, primært beliggende i Brøndbyvester erhvervsområde), er BAM fundet i samtlige borer (bilag 6.2). De andre pesticider (primært triazinerne og phenoxyssyrerne) findes derimod i færre borer primært placeret i byernes yderområder i de dele, som er blevet senest byudviklet (Figur 6.3 samt bilag 6.3 – 6.6).



FIGUR 6.2: PÅVISNING AF PESTICIDER I PRØVER UDTAGET I AKTIVE INDVINDINGSBORINGER OG BORINGER MED ANDEN ANVENDELSE (ADSKILT AF DEN LODRETTE STIPLEDE LINJE). OPGØRELSEN SKELNER MELLEML PRØVER, DER ER ANALYSERET FOR BAM, DICHLORBENIL ELLER 2,6-DICHLORBENZOSYRE (B), PHENOXYSSYRERNE MECHLORPROP OG DICHLORPROP(C) TRIAZINERNE SIMAZIN, ATRAZIN, TERBUTHYLAZIN SAMT DERES METABOLITTER (D), DIURON (E) SAMT ANDRE FUNDNE PESTICIDER (F), SE TABEL 6.2. PESTICIDFUND I BORING 207. 3034 OG 207. 2383 (MARKERET MED *) ER UDDYBET I TEKSTEN.



FIGUR 6.3: BORINGER ANALYSERET FOR PESTICIDER VIST I FORHOLD TIL BYUDVIKLING ANNO 2008 OG 1976.

6.2 Kilder til pesticider i grundvandet

Eftersom det ikke er praktisk muligt indenfor projektets rammer at kortlægge forureningskilden (såsom punktkilder, fejlkonstrueret boring m.v.) til hver enkelt boring, er analysen af sammenhænge mellem pesticidindhold i grundvandet og typer af byudvikling baseret på overordnede udvaskningsmønstre, der tegner sig for det samlede datasæt. I forbindelse hermed er viden vedrørende områdets pesticidforbrug vigtig. Selv om pesticidforbruget ikke er kortlagt for hele undersøgelsesområdet, giver en detaljeret kortlægning for Hvidovre Kommune /3/ et godt billede af den bymæssige anvendelse af pesticider, der har været i området.

Samlet set tegner der sig et meget komplekst udvaskningsmønster, hvor grundvandet igennem årene er blevet påvirket af mange forskellige pesticidanvendelser. Det overordnede udvaskningsmønster synes at afspejle den almene pesticidanvendelse, som kommunerne og byernes borgere har foretaget gennem årene. Som det bliver nærmere behandlet i afsnit 6.3, synes der derimod ikke at være en klar sammenhæng mellem udvaskningsmønster og de tre typer af byudvikling.

De tre hyppigst fundne pesticider fordeler som tidligere nævnt sig på BAM (74 %) efterfulgt af henholdsvis hydroxy-simazin (22 %) og diclorprop (12 %) (Tabel 6.2). Denne fordeling stemmer godt overens med de solgte mængder, og som det fremgår af Tabel 6.3, var disse tre pesticider blandt de mest anvendte stoffer i Hvidovre Kommune. Glyphosat og propyzamid har også været hyppigt anvendt, men dette til trods har man kun fundet Glyphosat, dets nedbrydningsprodukt AMPA, og propyzamid i enkelte prøver (Tabel 6.2), hvilket givetvis skyldes, at mobiliteten af disse stoffer er langt mindre end af BAM, simazin og diclorprop.

TABEL 6.3. FORBRUG AF DE FEM MEST ANVENDTE BEKÆMPELSESMIDLER I HVIDOVRE KOMMUNE. DATA FRA GARTNERI, LANDBRUG OG DETAILHANDEL DÆKKER PERIODEN 1993-1995 MENS DATA FRA DE RESTERENDE GRUPPER DÆKKER PERIODEN 1986-1995 (MODIFICERET FRA /3/).

	Prefix/Carson (dichlorbenil)	Simazin (Simazin)	Herbatox (Bl.a. Mechlorprop)	Roundup (Glyphosat)	Kerb (Propyzamid)
Bolig	9162	88	23	381	0
Stadion	50	176	135	45	77
Kirkegårde	166	0	29	17	0
DSB stationer	270	0	0	0	0
DSB spor	0	0	0	610	0
Vej og Park	580	4275	0	870	1722
Kbh. Amt	64	0	0	240	0
Detail ¹⁾	190	0	162	576	0
Gartnerier ¹⁾	5	0	0	10	0
Landbrug ¹⁾	0	0	0	24	0
Total (kg produkt)	10.487	4.539	349	2.773	1.799
Total ²⁾ (kg aktiv stof)	4.195-7.131	2.270	22-175 ³⁾	166-1.885	900

1) Data repræsenterer kun forbruget i perioden 1993 – 1995

2) Når indholdet er angivet som et interval skyldes det at det angivne produkt navn /3/ dækker over flere produkter med forskelligt indhold af det aktive stof.

2) Herbatox er et blandingsprodukt, der indeholder en eller flere phenoxysyrer. Mængdeangivelsen for mechlorprop er derfor behæftet med stor usikkerhed.

Udvaskning af BAM og 2,6 dichlorbenzoesyre er tilsyneladende sket i hele området, mens udvaskning af de andre pesticider (primært phenoxysyrer og triaziner) synes at være koncentreret i byens yderkant i de områder, som er blevet byudviklet senest (Figur 6.3) og/eller ligger som grønne områder i dag. Undtagelser herfra er blandt andet to borer med fund af diuron beliggende i den østlige del af Hvidovre (bilag 6.5). I alt er ca. 75 % af borer med fund af andre pesticider end

BAM beliggende i eller nær nuværende grønne områder og/eller sent byudviklede områder, mens kun ca. 25 % er beliggende i "gamle" bebyggede områder. Overordnet set tolkes dette udvaskningsmønster at afspejle den almene pesticidanvendelse, der har fundet sted i området /3/. Sammenlignet med simazin og dichlorprop er dichlorbenil - alt andet lige - blevet anvendt på en langt større del af byens areal, idet stoffet er anvendt af samtlige af byens brugergrupper. Blandt andet har boligforeningerne anvendt dichlorbenil som det primære ukrudtsmiddel. I modsætning til dichlorbenil, som udelukkede, har været anvendt på udyrkede og befæstede arealer, kan de andre fundne pesticider (Tabel 6.2) også have været anvendt på byens grønne arealer, ligesom de tidligere har været tilladt til anvendelse i landbruget. Før området blev byudviklet, var størstedelen af området udlagt til landbrug, ligesom der har været mange gartnerier i området (Figur 6.3). Gartneri og landbrug findes stadig i den vestlige del af Hvidovre kommune. Det er meget muligt, at tidligere tiders pesticidanvendelse på disse arealer kan have forårsaget udvaskning til grundvandet. Derudover udgør punktkildeforurening fra steder med pesticidhåndtering, såsom gamle vaskepladser, også en mulig forureningskilde for grundvandet.

Et eksempel på de forskelligartede forureningskilder, der karakteriserer området, ses i boring 207. 3034 og 207. 2383 (Figur 6.2). Boring 207. 3034 adskiller sig fra andre borer, idet der her er meget få fund af BAM (3 ud af 27 prøver indeholdende 0.01 µg/l) mens mechlorprop findes i samtlige prøver udtaget efter 1997. Størstedelen af boringens infiltrationsområde strækker sig ind i det tidligere landbrugsland (bilag 5.1), ligesom det lave BAM-indhold indikerer, at bymæssig anvendelse af pesticider kun i ringe grad har påvirket boringen. Disse to faktorer indikerer, at tidligere tiders landbrugsanvendelse i området kan være en mulig årsag til de observerede pesticidfund.

Boring 207. 2383 adskiller sig ligeledes fra andre borer, idet man finder mange forskellige pesticider (11 i alt) i koncentrationer, der oftest (10 ud af 12 prøver) overstiger den tilladte grænseværdi på 0,1 µg/l (Figur 6.1). Størstedelen af boringens infiltrationsområde strækker sig ind i byområderne, hvorfor bymæssig anvendelse af pesticider eller en evt. punktkilde lokaliseret i boringens infiltrationsområde kan være mulige årsager til den observerede forurening.

6.3 Relation mellem pesticidindhold i grundvandet og typer af byudvikling

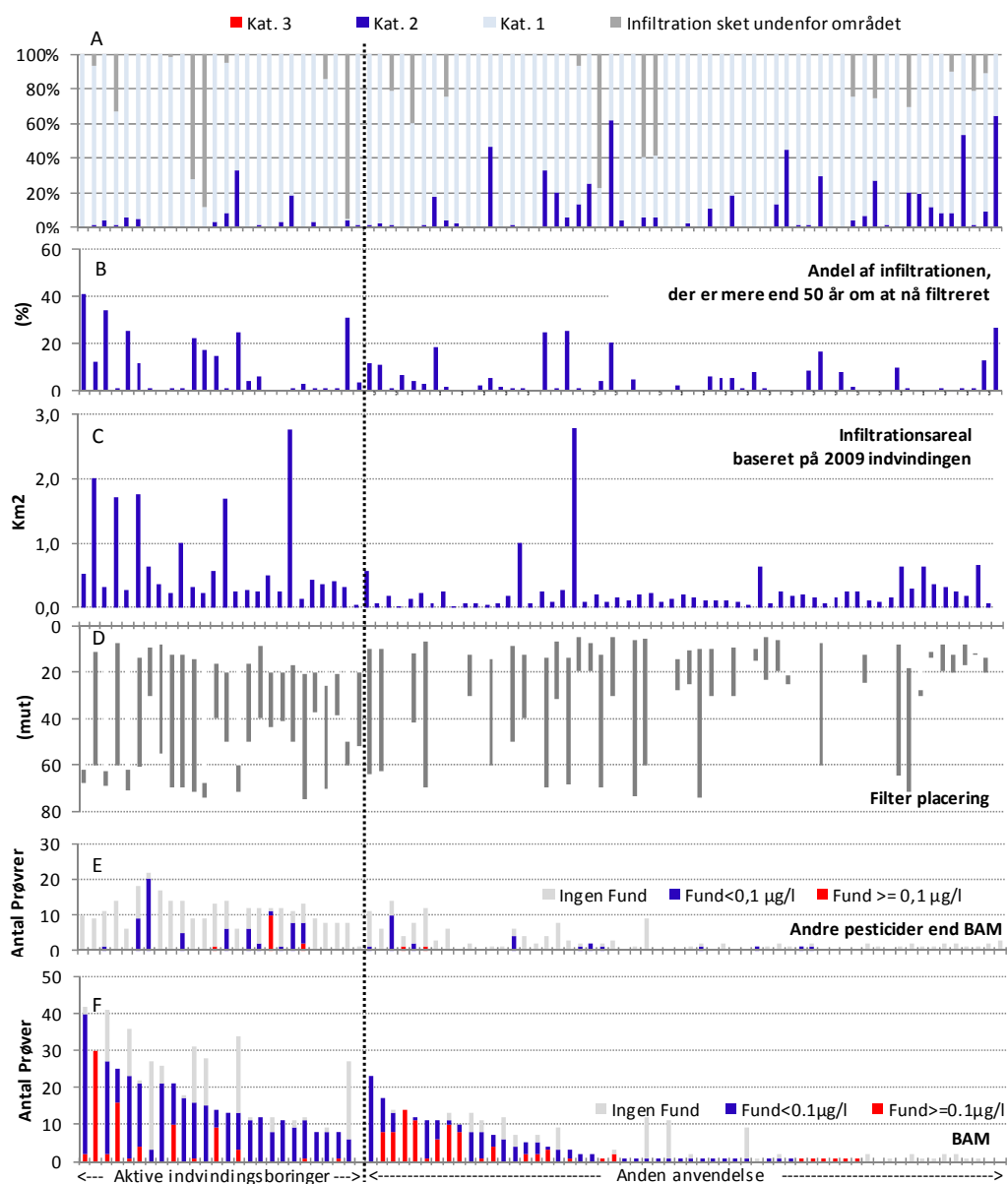
Et af projektets hovedformål er at undersøge, hvorvidt pesticidindholdet i grundvandet kan relateres til de tre forskellige typer af byudvikling (hhv. type 1 - boliger og mindre grundvandstruende virksomheder og anlæg, type 2 - potentielt grundvandstruende virksomheder og anlæg, samt type 3 - særligt grundvandstruende virksomheder) for herigennem at vurdere, hvorvidt denne kategorisering er relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder.

Sammenhæng mellem pesticidindholdet i grundvandet og de tre typer af byudvikling er vist i Figur 6.4. En vigtig forudsætning for at finde pesticider i grundvandet er, at de udtagne prøver repræsenterer vand, der er infiltreret i perioden efter 1960, hvor man begyndte at anvende pesticider i Danmark. I forhold til den givne monitoringsperiode (1994 – 2011) svarer dette til en transporttid på mindre end ca. 50 år. Vand, der har været længere end 50 år om at nå boringen, vil således ikke kunne indeholde pesticider, eftersom det er infiltreret, før man begyndte at anvende dem i Danmark. Den andel af infiltrationen, som er mere end 50 år om at nå filteret, er størst for de dybest placerede filtre, men for langt de fleste borer er den overvejende del af infiltrationen sket, mens der har været anvendt pesticider (Figur 6.4B og D).

Figur 6.4A viser hvor stor en del af det grundvand, der prøvetages i boringen, er infiltreret under de tre forskellige typer af byudvikling. Opgørelsen er lavet for den del af infiltrationen, som er relevant for pesticider, nemlig den andel der har været mindre end 50 år om at nå boringen. Som det ses af bilag 4.3, udgør type 2 områder og type 3 områder relativt små arealer, og for størstedelen af de

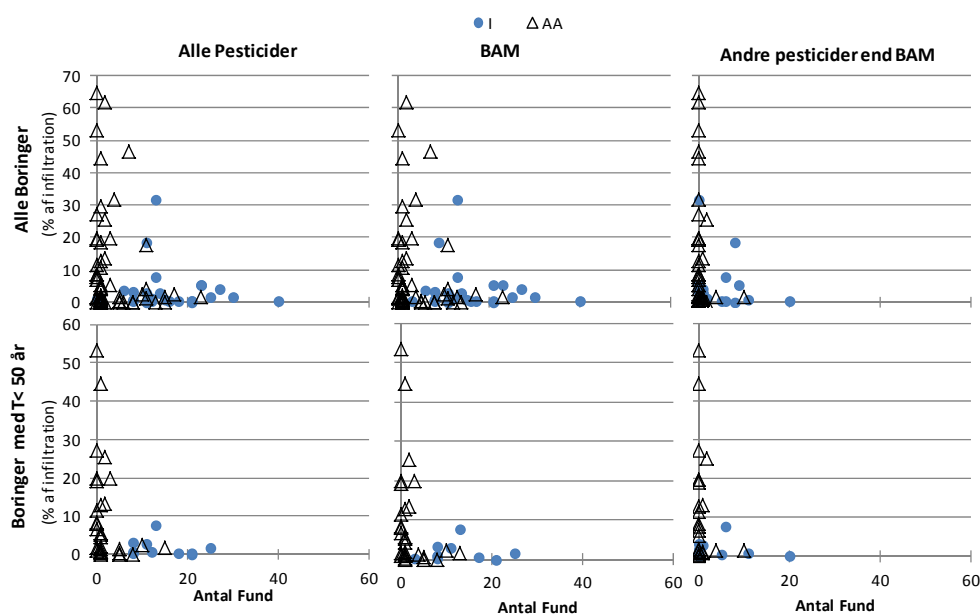
undersøgte borerer udgør infiltrationen under disse arealer derfor kun en lille del af boringens samlede vandtilstrømning (Figur 6.4A).

I datasættet for undersøgelsesområdet kan der ikke påvises nogen sammenhæng mellem pesticidindholdet i grundvandet og de tre typer af byudvikling (Figur 6.4A og Figur 6.5). Der er ingen overhyppighed af vand fra type 2 områder eller type 3 områder i hverken de mest belastede borerer eller i borerer med lav belastning (Figur 6.4). Dog er de få borerer, som ikke indeholder BAM, karakteriseret ved en relativ høj infiltration sket under arealer med type 2 byudvikling. Datagrundlaget i de sidstnævnte borerer er imidlertid meget spinkelt, idet de kun er prøvetaget en enkel eller to gange (Bilag 6.2 og Figur 6.4).



FIGUR 6.4. SAMMENHÆNG MELLEM PESTICIDINDHOLD I GRUNDVANDET (E, F) OG DE TRE TYPER AF BYUDVIKLING (A). PESTICID INDHOLD I GRUNDVANDET, OPGJORT FOR BORINGER ANALYSERET FOR ENTEN BAM (F) ELLER ANDRE PESTICIDER END BAM (E) ER SAMMENHOLDT MED FILTERES PLACERING (D) OG BORINGENS INFILTRATIONSAREAL(C). ØVERSTE GRAF (A) VISER, HVOR STOR EN DEL AF INFILTRATIONEN DER ER SKET UNDER DE TRE FORSKELLIGE TYPER AF BYUDVIKLING. DENNE OPGØRELSEN ER BEREGET FOR DEN ANDEL AF INFILTRATIONEN, DER HAR VÆRET MINDRE END 50 ÅR OM AT NÅ BORINGEN (B).

Boringer, hvor en stor andel af infiltrationen har været mere end 50 år om at nå filteret, vil være mindre egnet til foretage en sammenligning mellem pesticidbelastningen og typer af byudvikling. Eftersom den del af infiltrationen, som har været mere end 50 år om at nå filteret, ikke indeholder pesticider, vil den virke fortyndende og derved påvirke de målte pesticidkoncentrationer. For at tage højde for dette i resultatfortolkningen er sammenhængen mellem pesticidindhold og andel af vand, der er infiltreret under potentiel truende virksomheder, vist for samtlige boringer, samt for de boringer hvor al infiltrationen har været mindre end 50 år om at nå filteret (og hvor derfor ikke er nogen "fortyndingseffekt", se Figur 6.5). For langt de fleste boringer er den overvejende del af infiltrationen imidlertid sket, mens der har været anvendt pesticider, og denne "fortyndingseffekt" påvirker derfor ikke rapportens konklusioner (Figur 6.5).



FIGUR 6.5. SAMMENHÆNG MELLEM ANTAL FUND (X-AKSEN) I DE ENKELTE BORINGER OG DEN ANDEL AF INFILTRATIONEN, DER ER INFILTRERET UNDER TYPE 2 OMRÅDER (Y-AKSE). OPGØRELSEN SKELNER MELLEM PRØVER UDTAGET I HENHOLDSVIS AKTIVE INDVINDINGSBORINGER (I) OG BORINGER TIL ANDEN ANVENDELSE (AA)) SOM INDEHOLDER EN ELLER FLERE AF ALLE ANALYSEREDE PESTICIDER (VENSTRE), BAM (MIDT) ELLER ANDRE PESTICIDER END BAM (HØJRE). SAMMENHÆNGEN ER VIST FOR SAMTLIGE BORINGER (ØVERSTE FIGURER) SAMT FOR DE BORINGER, HVOR AL INFILTRATION HAR VÆRET MINDRE END 50 ÅR OM AT NÅ FILTERET (BORINGER MED T < 50 ÅR, VIST I NEDERSTE FIGURER).

Det kan ikke fuldstændig afvises, at større eller mindre dele af type 2 områderne og type 3 områderne har en påvirkning af grundvandvandet, der afviger fra type 1 områderne, men at denne afvigelse grundet opblanding ikke kan spores i de udtagne prøver. Som det ses af bilag 4.3, er der typisk tale om relativt små arealer, og for størstedelen af de undersøgte boringer udgør infiltrationen under disse arealer derfor kun en lille del af den samlede vandtilstrømning til boringerne (Figur 6.4A).

En yderligere årsagsforklaring til den manglende sammenhæng kan være, at den pesticidbelastning, man ser i grundvandet i dag, afspejler tidligere tiders anvendelse, hvorimod den valgte kategorisering af byudvikling er baseret på den nuværende situation. Dertil kommer, at kategoriseringen ikke skelner, om virksomhederne i type 2 og type 3 områderne har anvendt eller håndteret pesticider på området. For hovedparten af de potentielt og særligt grundvandsstruende virksomheder vil man ikke forvente, at pesticidanvendelsen vil være større end andre steder i kommunerne.

Den pesticidbelastning, man ser i grundvandet i dag, reflekterer tidligere tiders anvendelse, idet det infiltrerende vand kan være flere årtier om at nå grundvandfiltrene (bilag 5.2). På nær Glyphosat og AMPA stammer områdets pesticidfund fra stoffer, der enten er blevet forbudt eller kraftigt reguleret, hvilket også bevidner, at der er tale om tidligere tiders brug.

6.4 Opsummering

De tre typer af byudvikling giver et logisk udgangspunkt med hensyn til en generel risiko vurdering af en potentiel grundvandsforurening, men den valgte gruppering er ikke fundet relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder. I undersøgelsesområdet har der således ikke kunne påvises nogen sammenhæng mellem grundvandets indhold af pesticider og de tre typer af byudvikling (se afsnit 6.3). Resultaterne indikerer derimod tre andre typer af tidligere tiders pesticidanvendelse som sandsynlige kilder for den observerede grundvandsforurening:

- Totalbekæmpelse af ukrudt på byens befæstede arealer langs veje, stier, fortove og banearealer
- Ukrudt bekæmpelse på byens grønne arealer såsom renholdelse af græsplæner
- Tidligere ukrudtsbekæmpelse på landbrug og gartnerier

Fundende af BAM er spredt over hele undersøgelsesområdet. Størstedelen af de boringer, der indeholder andre pesticider end BAM (primært triaziner og phenoxysyrer), er derimod beliggende i yderkanten af den tætte bebyggelse enten tæt på eller direkte under de grønne arealer. Mens boringer placeret mere centralt i de tæt bebyggede områder, med enkelte undtagelser, kun indeholder BAM. I de tætbebyggede områder er det således primært totalbekæmpelses af ukrudt med dichlorbenil, der har påvirket grundvandet. Mens på de mere åbne og grønne arealer er grundvandet også påvirket af tidligere tiders ukrudtsbekæmpelse i landbrug, gartnerier samt på byens grønne arealer.

Det vil være muligt at søge at belyse de ovennævnte sammenhænge yderligere ved at koble det prøvetagede vand i boringerne med nuværende og tidligere grønne områder, gartnerier, landbrug med mere ved hjælp af partikelbanemodellering på samme måde, som det er gjort for områder med forskellig type byudvikling i denne rapport. På grund af de relativt store infiltrationsområder til de enkelte boringer må det imidlertid forventes, at sammenblanding af vand infiltreret i områder med forskellige arealanvendelser vil bevirke, at der ikke kan udtrages statistisk signifikante sammenhænge, og at de her udførte kvalitative tolkninger næppe vil kunne forbedres i væsentlig grad.

En anden faktor, der sandsynligvis har betydning for udvaskningsmønsteret, er graden af befæstelse. Denne faktor varierer imidlertid på så lokal skala, at det ikke er muligt at undersøge dens betydning ved hjælp af det eksisterende datasæt.

7. Procedure for undersøgelse af pesticider i nydannet grundvand under byer

Som det fremgår af det foregående kapitel, er vidensgrundlaget vedrørende udvaskning af pesticider under byområder spinkelt, og udvaskningsmønsteret er forventeligt meget komplekst. Dette medfører, at der ikke kan opstilles en enkelt, generel procedure for monitorering af pesticider i nydannet grundvand under byer, men at der i hvert enkelt tilfælde, hvor der ønskes en monitorering, må gennemføres en lang række overvejelser, der så kan føre til opstilling af et specifikt monitoreringsprogram. I afsnit 7.1 og 7.2 gennemgås først de overvejelser, man bør gøre sig vedrørende formålet med monitoreringsprogrammet, den geologiske og anlægsmæssige kompleksitet og sårbarhed samt den tidlige og rumlige fordeling af potentielle kilder til pesticidforurening. Herefter følger i afsnit 7.3 og 7.4 overvejelser vedrørende prøvetagningsmetodik samt fastlæggelse af analyseprogram.

7.1 Monitoreringsprogrammets formål

Første skridt i forbindelse med opstilling af procedure for undersøgelse af pesticider i grundvand under byer er at fastlægge formålet med monitoreringsprogrammet, da dette er udslagsgivende i forhold til fastlæggelse af monitoreringsstrategien. Formål med monitoreringsprogrammet kan for eksempel være:

- Screene det unge grundvand for at undersøge, om der er pesticider til stede, og i givet fald hvilke
- Undersøge det rumlige mønster af pesticidudvaskning i relation til forskellige arealanvendelser, befæstelsesgrader med videre
- Danne grundlag for at beskytte grundvandet mod pesticider i forhold til at kunne producere rent drikkevand i fremtiden
- Følge den tidlige udvikling i udvaskningen fra kendte pesticidkilder
- Undersøge hvorvidt indført regulering og ændret pesticidanvendelse har haft en effekt

Formålet med monitoreringsprogrammet har sammen med heterogeniteten i forhold til pesticidudvaskning direkte indflydelse på, hvordan monitoreringsprogrammet skal designes i forhold til:

- Prøvetagningsdybde og placering i forhold til øverste frie vandspejl, sekundære grundvandsmagasiner med videre. Ønskes der prøver af helt ungt grundvand, der kun har infiltreret og ikke været udsat for horisontal strømning/opblanding, eller ønskes der vandprøver, der repræsenterer et større (homogent eller heterogent) areal?
- Fysisk tæthed af prøvetagningspunkter
- Prøvetagningsfrekvens
- Analyseprogram

7.2 Heterogenitet i forhold til pesticidudvaskning

Når monitoringsprogrammets formål er afklaret, vil næste skridt være at vurdere områdets heterogenitet i forhold til pesticidudvaskning, for med baggrund i denne at identificere, hvilke områder der er særlig sårbare over for pesticidudvaskning, samt hvilke bymæssige områder, man ønsker at monitorere. Eftersom en kategorisering i forhold til de tre typer af byudvikling (boliger og mindre grundvandtruende virksomheder, potentielt grundvandstruende virksomheder og særligt grundvandstruende virksomheder og anlæg) har vist sig *ikke* at være relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder (kapitel 6), bør denne vurdering i stedet bero på en identificering af områdets sårbarhed i forhold til pesticider samt potentielle kilder.

7.2.1 Sårbarhed i forhold til pesticidudvaskning

Hvad angår geologisk betinget sårbarhed er der opnået god viden om hvad der er styrende for, om pesticider i sandjorde kan udvaskes til grundvandet /7/. Derudover har den statslige kortlægning af grundvand bidraget med forbedret vidensgrundlag vedr. de hydrogeologiske forhold. På lerjorde, hvor pesticidudvaskningen er langt mere kompleks, hersker der større usikkerhed om hvilke faktorer, der lokalt er styrende for pesticidudvaskning til grundvandet. Der arbejdes i dag på at udnytte den nye viden med henblik på at undersøge mulighederne for evt. at identificere jorde, der er særligt følsomme overfor nedvaskning af pesticider.

Udover den geologisk betingede sårbarhed er der i byområderne en række anlægsmæssige forhold, der kan forøge risikoen for forurening af grundvandet med pesticider. F.eks. ved etablering af byområder, hvor man fjerner overjorden, og dermed den biologiske aktive rodzone, som er væsentlig for tilbageholdelsen og omdannelsen af pesticider, eller hvor man reducerer den naturlige beskyttelse af grundvandet ved fjernelse af lerlag /8/. Befæstede arealer, der ikke afdræner til kloaksystemet, anses således for at være særligt sårbare i forhold til pesticidforurening af grundvandet /9,10/. Befæstede arealer er her defineret som enten grus, sten, flise- eller brostensdækning over kompakteret stabilgrus direkte på underjord, dvs. hvor muldlaget er fjernet; eller direkte på underjord, hvor muldlaget er fjernet. I begge tilfælde vil pesticiderne blive udbragt på jordtyper (underjord eller stabilt grus) med meget begrænset evne til at tilbageholde og nedbryde pesticider /11, 12, 19/.

Kompakteret stabilgrus har en meget lav permeabilitet og virker derfor vandstandsende. Regnvand, der falder på disse befæstede arealer, transporteres derfor lateralt og infiltreres først til de underliggende sedimentter fra randen af de befæstede arealer. I tætte byområder vil størstedelen af de befæstede arealer være kloakerede, og regnvandet vil blive ført til nærmeste rensningsanlæg eller, såfremt der er separat kloakering, til nærmeste vandområde. Pesticidanvendelse på disse arealer vil derfor primært påvirke overfladevandet. I forhold til grundvandet vil de mest sårbare områder være de befæstede arealer, der ikke afdræner til overfalderrecipienter og rensningsanlæg. Den rumlige fordeling af disse arealer vil normalt ikke være umiddelbart tilgængelig, men en detaljeret GIS analyse, hvor data vedr. veje, bygninger og banestrækninger kombineres med ortofotos, vil kunne identificere befæstede områder, der med overvejende sandsynlighed ikke afdræner til kloaksystemet. Der er tale om relativt små og spredte arealer, som primært er beliggende på private matrikler /13/. Flise og brostensbelægninger vurderes at udgøre omtrent 8 % af store tætbebyggede byer (befæstelsesgrad på 75 %) og 3 -4 % af mindre byer (befæstelsesgrad på 25 – 35 %) /13/, hvortil kommer mindre grusede stier/veje samt banestrækninger. I Danmark er der etableret grøfter lands alle banestrækninger. Disse grøfter afledes typisk til nærmeste overflade recipient eller rensningsanlæg, men ender i nogle tilfælde også "blindt". Kvantitative estimater på hvor stor en del af det af strømmende regnvand, der fra de langsgående grøfter infiltrerer mod grundvandet, findes ikke. Ifølge GEUS kvalitative vurdering er infiltrationsrisikoen primært begrænset til længerevarige og kraftige nedbørshændelser, der sker i områder domineret af grusende og sandede sedimentter. I lerede områder vil hovedparten af eventuelt afstrømmende vand

fra en banestrækning formodentligt afledes til nærmeste vandløb via grøfter og dræn, mens kun en mindre del vil infiltreres mod de dybere sedimenter /9/.

Ligeledes er der risiko tilstede ved pesticidanvendelse mod f.eks. uønsket plantevækst i udgravninger/områder med afrømmet overjord, samt ved behandling på områder op til udgravninger, hvor pesticidholdigt vand kan strømme fra det behandlede areal til udgravningen. Såfremt der er tale om dræned jorde, kan pesticidholdigt vand føres relativt langt gennem dræn frem til udgravningen /8/.

7.2.2 Potentielle kilder til pesticidforurening af grundvandet

Den dominerende parameter i forhold til et områdes heterogenitet vil være selve pesticidanvendelsen. Et givent område kan være nok så sårbart, men hvis der ikke anvendes pesticider, sker der ingen udvaskning. Kendetegnet for byområderne er, at de potentielle kilder er spredt, og at der er sket markante ændringer i pesticidanvendelse igennem de seneste 20 år. Såfremt konkrete anvendelsesdata ikke er til rådighed, hvilket er den typiske situation, er der visse overordnede arealanvendelser i byerne, som man bør være opmærksom på for at kunne identificere potentielle kilder til pesticidudvaskning:

- **Pesticidanvendelse på grønne arealer:** Der er ikke grund til at antage, at regelret anvendelse af nuværende godkendte produkter i haver, parker og andre af byens grønne arealer vil give anledning til særlige problemer i forhold til grundvandet. Tidligere tiders anvendelse kan derimod give anledning til problemer.
- **Pesticidanvendelse på befæstede arealer, der ikke afdræner til kloaker og overfladerecipienter:** Denne pesticidanvendelse udgør en potentiel forureningskilde, idet jordens evne til at tilbageholde og nedbryde pesticider er meget begrænset (se afsnit 7.2.1. for yderligere beskrivelse).
- **Skelnen mellem offentlige og private arealer:** Ændret anvendelsespraksis gør det hensigtsmæssigt at skelne mellem private og offentlige arealer, når potentielle kilder vurderes. Hvor potentielle kilder, relateret til tidligere tiders anvendelse, omfatter både private og offentlige arealer, omfatter potentielle kilder, relateret til den nuværende pesticidanvendelse, primært private arealer. Dette skyldes, at anvendelsen af pesticider på offentlige arealer modsat den private anvendelse er blevet kraftigt reguleret de seneste år (se afsnit 7.4.2 for uddybning).
- **Potentielle punktkilder:** Disse omfatter primært steder, hvor man tidligere har håndteret og evt. opbevaret pesticider, såsom vaskepladser på gartnerier, planteskoler, bynære landbrug, kommunale maskinstationer, samt pesticidproducerende virksomheder. Pesticidhåndtering på vaskepladser er i dag kraftig reguleret, og i dag skal vaskepladser have en befæstning, der ikke muliggør nedsivning til jorden eller afstrømning til omkringliggende områder/14/. Denne regulering blev først indført i 2009, og områder der har været brugt som vaskepladser før 2009 er kritiske, idet de kan bidrage som punktkilder til forurening med pesticider.
- **Bynære landbrug, gartnerier og planteskoler:** Her kan der være regelmæssig anvendelse af pesticider, og som det indikeres af data fra undersøgelsesområdet i nærværende undersøgelse, kan man i dag stadig finde rester af tidligere tiders pesticidanvendelser, hvorfor man bør være opmærksom på disse potentielle kilder (se afsnit 6.2.).

Kendetegnet for ovennævnte pesticidanvendelse er, at der op igennem 1990'erne er blevet indført kraftige restriktioner og forbud på en lang række pesticider herunder phenoxysyrerne, triazinerne og Dichlobenil (forbudt i 1997). Ligeledes er det offentlige forbrug af pesticider faldet markant siden 1995. I forhold til den samlede grundvandbelastning bør man derfor være særlig opmærksom på at

indhente tilgængelig information vedr. tidligere tiders areal og pesticidanvendelse, idet denne stadig kan påvirke grundvandets kvalitet.

7.3 Prøvetagningsmetodik

Prøvetagningsmetodik, herunder også prøvetagningsdybde, fysisk tæthed af prøvetagningspunkter og prøvetagningsfrekvens er som ovenfor nævnt stærkt afhængig af formålet af monitoringsprogrammet og af områdets rumlige og tidslige heterogenitet i forhold til pesticidudvaskning.

I tilfælde med detaljeret monitoring vil det sandsynligvis være hensigtsmæssigt på grundlag af en analyse af heterogeniteten i pesticidudvaskning om muligt at inddеле undersøgelsesområder i underområder med karakteristiske udvaskningsegenskaber.

Det kan være hensigtsmæssigt at udføre et pilot studie eller en indledende fase, hvor der tilvejebringes større viden om den rumlige og tidslige variation i pesticidudvaskningen, inden man fastlægger den endelige prøvetagningsstrategi. Det kan desuden overvejes at indsamle data vedrørende det reelle pesticidforbrug i det konkrete område.

Prøvetagningsfiltrene kan alt efter formålet med monitoringen placeres i større eller mindre dybde. Højtliggende filtre, der er placeret, så det opsamlede vand kun har infiltreret og ikke har været udsat for horisontal strømning og opblanding har den fordel, at man kan stedfæste, hvorfra vandet stammer. Der er desuden tale om helt ungt vand med en relativt veldefineret alder. Det er til gengæld en ulempe, at det lille område, som vandprøverne repræsenterer, på grund af heterogenitet kan være for lille til at give et retvisende billede af pesticidbelastningen.

Placeres filtrene i stedet i sekundære magasiner eller sandstriber i større dybde, vil vandprøverne repræsentere infiltration fra et større areal. Præcis placering og udstrækning af infiltrationsarealet bliver her mere usikkert bestemt. Selv om en detaljeret grundvandsmodel kan give et bud på infiltrationsområdet, kan vandprøverne komme til at repræsentere en blanding af forskellige arealanvendelser og forskellige udvaskningsegenskaber. Samtidig bliver vandprøvens middelalder højere, og aldersspændet bliver bredere. Til gengæld er risikoen for helt at overse en pesticidbelastning på grund af lokale variationer mindre.

Placeres filtrene i stedet i primært magasin i endnu større dybde, opnås der et datasæt, der i nogle tilfælde vil minde om datasættet i nærværende rapport, dvs. et datasæt, som giver et generelt billede af pesticidbelastning i et større område, og hvor vandprøverne repræsenterer ret store infiltrationsområder, og vandprøverne har en så høj middelalder, at der ikke kan tales om ungt grundvand.

Hvis der skal prøvetages helt ungt grundvand, der kun har infiltreret, kan det overvejes at anvende horisontale filtre. Disse kan både installeres i ler og i sand og giver en vandprøve, der repræsenterer et større areal end en vandprøve fra et konventionelt vertikalt filter. Særligt på lerjorde kan horisontale filtre forbedre prøvetagningen. Transport af pesticider i moræner foregår primært via præferentielle transportveje i jordens sprækker. For at opnå en repræsentativ prøvetagning er det derfor vigtigt, at filteret har størst mulig kontaktflade med de hydraulisk aktive sprækker. Modsat de vertikale borer er filterlængden i horisontale borer ikke begrænset i forhold til prøvetagning fra et bestemt dybdeinterval. Ved at placere boringen horisontalt og i en retning, der ligger skråt i forhold til den dominerende sprækkeretning, kan man ud over at dække et større areal opnå et langt større kontakt-areal med de hydraulisk aktive sprækker, hvilket samlet set giver en mere repræsentativ prøvetagning. Denne type borer har i en årrække og med stor succes været anvendt til monitoring af pesticidudvaskning i projektet "Varslingssystem for udvaskning af pesticider" (www.pesticidvarsling.dk).

Udvaskningen af pesticider afhænger af en lang række faktorer såsom pesticidets fysiske kemiske egenskaber, jordens hydrauliske egenskaber, jordens nedbrydnings- og sorptionskapacitet samt de hydrologiske forhold, der forekommer umiddelbart efter udbringningen. Udvaskningen af pesticider forventes i mange tilfælde at foregå som "pulsæssig udvaskning" i forbindelse med kraftige nedbørhændelser, og ofte vil den største udvaskning ske i perioden umiddelbart efter udbringning. Dette giver en særlig udfordring i forhold til prøvetagningsfrekvens særligt ved højtliggende sampling af helt ungt grundvand, mens der ved lidt dybere sampling for eksempel fra sekundære magasiner ikke i samme grad vil være dette problem. Ved højtliggende filtre kan det derfor være nødvendigt med en meget høj prøvetagningsfrekvens.

Et alternativ til en høj prøvetagningsfrekvens kan være at anvende passive samplere (såsom Sorbisense). Passive samplere tillader prøvetagning, der foregår over lange tidsrum, og som dermed midler koncentrationen tidsligt. De er derfor velegnede, hvor koncentrationsniveauet svinger meget.

7.4 Fastlæggelse af analyseprogrammet

Analyseprogrammets sammensætning vil afhænge af, hvilket formål man har med det iværksatte monitoringsprogram. For en generel undersøgelse, der skal kortlægge den overordnede pesticidbelastning i nydannet grundvand under byerne, vil det være relevant at fokusere på de stoffer, som grundet tidligere tiders anvendelse stadig findes i grundvandet under byerne, samt de stoffer man i dag anvender i byområderne. Det nuværende vidensgrundlag i forhold til pesticidudvaskning fra byområder er imidlertid begrænset. De potentielle kilder er meget heterogent fordelt i byområderne, og deres placering kan være vanskelig at fastlægge, ligesom viden om det konkrete pesticidforbrug typisk ikke er tilgængeligt. Som følge heraf vil det være hensigtsmæssigt indledningsvis at foretage en screeningsanalyse med en analysepakke, der omfatter flest mulige stoffer. Efterfølgende kan man på baggrund af de indledende resultater tilpasse sin analysepakke til de lokale forhold. Eventuel viden vedrørende områdets pesticidforbrug vil derudover være hensigtsmæssig i forhold til at optimere analysepakken.

I Danmark er den nuværende monitoring og de tilgængelige analysepakker primært fokuseret på pesticidanvendelse i landbruget, som i 2010 stod for 93 % af det samlede pesticidforbrug /20/. Pesticidanvendelsen i byområder er imidlertid meget anderledes end i landbruget, hvorfor det er væsentligt at undersøge, hvorvidt de tilgængelige analysepakker er relevante i forhold til pesticidanvendelser i byerne. Med udgangspunkt i eksisterende viden vedr. udvaskning fra nuværende og tidligere tiders pesticidanvendelse i byerne vurderer de kommende afsnit således, hvorvidt den eksisterende boringskontrol /15/ er dækkende for en fremadrettet grundvandsmonitoring i byområderne.

7.4.1 Tidligere tiders pesticidanvendelse i byer

For at vurdere hvorvidt tidligere tiders pesticidanvendelser påvirker grundvandet, og hvilke stoffer det vil være relevant fortsat at monitorere for, har vi udover det udvalgte undersøgelsesområde analyseret monitoringsdata, der repræsenterer grundvandet dannet under byområder i henholdsvis Hjørring (sandområde) og Frederiksberg (moræneler). Frederiksberg er medtaget, idet der ligger et GRUMO område, hvor enkelte filtre er placeret i det sekundære magasin og derfor repræsenterer det yngre grundvand dannet under byer. Dele af data fra Frederiksberg kan derfor repræsentere den nuværende pesticidanvendelse i området, men ellers vil pesticiddata på grund af transporttid mellem infiltrationsområdet og boringsfiltrene primært repræsentere tidligere tiders pesticidanvendelse.

En gennemgang af monitoringsdata fra undersøgelsesområdet og fra Frederiksberg og Hjørring (Tabel 6.2, Tabel 7.1 og Tabel 7.2) viser, at det primært er BAM, phenoxysyrerne samt triazinerne, der findes i grundvandet dannet under byerne. Et resultat der til svarer det, der blev fundet i undersøgelsesområdet. Mange af disse stoffer findes også i det sekundære magasin på

Frederiksberg, hvilket viser, at det stadig er relevant at medtage disse stoffer, når det yngre grundvand under byer skal monitoreres. Derudover er der mindre antal fund af andre pesticider.

TABEL 7.1. FUNDNE PESTICIDER I GRUMO BORINGER PÅ FREDERIKSBERG ANGIVET SOM FUND HENHOLDSVIS OVER ELLER LIG GRÆNSEVÆRDIEN (F.OGR) ELLER UNDER GRÆNSEVÆRDIEN (F.UGR)SAMT SAMLET FUND% (FUND%).

	GRUMO primært magasin				GRUMO sekundært magasin			
	Antal Prøver	F.uGr	F.Ogr	Fund%	Antal prøver	F.uGr	F.Ogr	Fund%
BAM m.fl.								
2,6-Dichlorbenzamid	213	1		0%	46	2	7	20%
Dichlobenil	204			0%	46	3		7%
Phenoxysyrer								
Dichlorprop	251	13	66	31%	49	4	5	18%
Mechlorprop	251	47	31	31%	49	3		6%
2,6-DCPP	84		16	19%	31	1		3%
4-CPP	84	10	14	29%	31	1		3%
MCPA	201			0%	29			0%
2,4-D	212			0%	30			0%
Triaziner								
Atrazin	251	2		1%	49	1		2%
Atrazin, desisopropyl	195			0%	44	5		11%
DEIA	159			0%	40	6	1	18%
Terbuthylazin	175	1		1%	27			0%
Terbut.azin,desethyl	124	2		2%	21			0%
Simazin	251	1		0%	49			0%
Andre pesticider								
Glyphosat	170	1	1	1%	42	2		5%
AMPA	170	1	1	1%	42	1		2%
4-Nitrophenol	144	3		2%	38			0%
Ethylenthiourea	77	1		1%	9			0%
Trichloreddikesyre	141	2		1%	38			0%

TABEL 7.2. FUNDNE PESTICIDER I BORINGER VED HJØRRING ANGIVET SOM ANTAL PRØVER MED FUND HENHOLDSVIS OVER ELLER LIG GRÆNSEVÆRDIEN (F.OGR) ELLER UNDER GRÆNSEVÆRDIEN (F.UGR)SAMT SAMLET FUND% (FUND%).

	Antal prøver	F.Ugr	F.Ogr	Fund%
BAM				
2,6-Dichlorbenzamid	416	180	117	71%
Phenoxysyrer				
MCPA	297	10	2	4%
Mechlorprop	297	6		2%
Dichlorprop	297	2		1%
Triaziner				
Simazin	297	1		0%
Atrazin	284	7		2%
Atrazin, desisopropyl	271	16		6%
Atrazin, desethyl-	271	4		1%
DEIA	17	4		24%
Andre pesticider				
Bentazon	271	2		1%
Metribuzin-desamino-diketo	17	2		12%
Pendimethalin	254	1		0%

Data fra undersøgelsesområdet peger på, at tidligere tiders landbrugsanvendelse også kan påvirke grundvandet. Langt de fleste af disse tidligere tiders pesticidanvendelser er allerede dækket ind via

boringskontrollens analysepakke. Såfremt der er viden om omfattende kartoffeldyrkning, vil vi dog anbefale, at man supplerer boringskontrollens analysepakke med metalxyl samt dennes to metabolitter¹. De seneste resultater fra Varslingssystemet har nemlig vist, at anvendelsen af disse stoffer i visse tilfælde kan være problematiske for grundvandet /16/. Det skal i den forbindelse dog nævnes at Naturstyrelsen i øjeblikket har udkast til ændret drikkevandsbekendtgørelse i høring, hvor boringskontrollen foreslås opdateret med netop metalxyl og dennes metabolitter, hvis der har været kartoffelavl i området.

7.4.2 Nuværende pesticidanvendelse i byer

Den bymæssige anvendelse af pesticider finder primært sted på offentlige arealer samt i private haver, og seneste data for nuværende anvendelsespraksis er angivet i Tabel 7.3 og Tabel 7.4. Som for langbruget er bekæmpelse af forskellige former af ukrudt mængdemæssigt langt den største aktivitet i byerne. Ukrudtsbekæmpelse omfatter primært totalbekæmpelse af ukrudt på veje, stier og fortove samt på banearealer og i et vist omfang renholdelse af græsplæner for ukrudt. Dertil kommer et mindre forbrug til bekæmpelse af skadedyr og svampe. I private haver er den største anvendelse mosmidlerne som udgør 70 % af det samlede pesticidforbrug (Tabel 7.4). Mosmidlerne, som er uorganiske forbindelser, der virker hæmmende på væksten af mos, forventes ikke at være problematiske for grundvandet /17/. Tilsvarende gør sig gældende for de anvendte fedsyrer (C8-C18 samt pelargonisyre), idet disse typisk nedbrydes fuldstændigt i løbet af få dage /18/.

TABEL 7.3. OFFENTLIGT OG PRIVAT FORBRUG AF PESTICIDER (KG A.S.) SAMT PROCENTVIS FALD/STIGNING IGennem DE SENESTE 16 ÅR (DIFF.) KILDE: /20, 21, 22/.

	Offentligt forbrug			Privat forbrug		
	1995	2010	Diff.	1996	2011	Diff.
Herbicer	25.868	3.045	-88%	2.8375	31.832	12%
Fungicer	810	14	-98%	322	46	-86%
Insekticer	220	23	-90%	4.036	1702	-58%
Vækstregulerende midler		1	-			-
Mosmidler			-	7.4197	84.994	15%
Øvrige midler	1.162		-			-
Uspec. Forbrug	700		-			-
Total	28.060	3.083	-89%	10.6930	11.8574	11%

¹ 2-[(2,6-dimethylphenyl)(methoxyacetyl)amino]propanoic acid (CGA 62826) og 2-[(1-carboxyethyl)(methoxyacetyl)amino]-3-methylbenzoic acid (CGA 108906).

TABEL 7.4. ANVENDTE HERBICIDER OG MOSMIDLER PÅ OFFENTLIGE OG PRIVATE AREALER I 2010 OG 2011. MÆNGDERNE AF INSEKTICIDER OG FUNGICIDER ER MEDTAGET TIL SAMMENLIGNING. MÆNGDER ER ANGIVET I KG A.S.SAMT SOM % AF DET SAMLEDE FORBRUG. KILDE: /21, 22/.

	2010			2011
	Kommuner	Regioner	Staten	Private
Herbicider				
Glyphosat*	920 (64%)	58 (86%)	1279 (81%)	13.766 (11,6%)
Pelargonsyre*	228 (16%)	2(3%)	10 (1%)	2.699 (2%)
Propyzamid		2(3%)		
MCPA§	172 (12%)	2(3%)	263 (17%)	8.409 (7%)
Maleinhydrazid*	37 (3%)			434 (<1%)
2,4-D	17 (1%)	1(2%)		1.974 (2%)
Mechlorprop-P	10 (1%)			1.788 (2%)
Diflufenican*	10 (1%)	<1(<1%)		333 (<1%)
Dicamba	5 (<1%)	<1(<1%)		862 (<1%)
Clopyralid				57 (<1%)
Fluroxypyr				115 (<1%)
Dichlorprop-P				1.395 (1%)
Mosmidler				
Fedtsyrer (C ₈ -C ₁₈)				2.482 (2%)
Jern(II)sulfat				82.512 (70%)
Insekticider				
Diverse stoffer	22 (2%)			1.702 (1.4%)
Fungiciderer				
Diverse stoffer	6 (<1%)			46 (<1%)
Total 2010/2011	1.438	68	1.586	11.8574
Total 1995/1996	13.721	1.674	13.370	10.6930

* må bruges på befæstede arealer.

§) BaneDanmark har særligt tilladelse til at benytte stoffet på sporstrækningerne.

Det offentlige forbrug af pesticider er reduceret markant de seneste år og er siden 1995 faldet med 88 % (Tabel 7.3). Tilsvarende reduktion er ikke sket i det private forbrug, som i samme periode er steget med 11%. Privates forbrug af ukrudtsmidler, som generelt anses for at være de mest problematiske for grundvandet, er i dag 10 gange større end det offentliges (Tabel 7.3). Dertil kommer, at al erhvervsmæssig anvendelse, såsom udbringning på offentlige arealer, er forbundet med et uddannelseskrav af enten 12 timers eller 14 dages varighed for henholdsvis enkelte udbringninger af få timers varighed eller gentagne og længerevarende pesticidudbringninger. Tilsvarende uddannelseskrav er ikke gældende for private, og manglende viden kan derfor medføre øget risiko for spild, uheld samt ikke regelret anvendelse af pesticider såsom overdosering og anvendelse af forkerte produkter.

Der er ikke grund til at antage, at privates regelrette anvendelse af godkendte produkter på havens grønne arealer vil give anledning til særlige problemer i forhold til grundvandet. Som tidligere nævnt kan anvendelse på flisegange, gårdspladser, terrasser m.v. dog være problematisk, idet 1) afstrømmende vand fra disse privat befæstede arealer grunde i mange tilfælde ikke afdræner til kloaksystemet men infiltrer mod grundvandet, 2) befæstede arealers evne til at tilbageholde og nedbryde pesticider er meget begrænset. Den førnævnte risiko for ikke regelret anvendelse af pesticider er derfor særlig problematisk, hvis den sker på befæstede arealer. På befæstede arealer bliver pesticider typisk anvendt mod ukrudt, hvorfor en given risiko vil være forbundet med herbiciderne, idet man ikke vil forvente, at private ved en fejl anvender insekt og svampemidler mod ukrudt.

De stoffer, som man grundet ovennævnte forbrugsmønstre bør overveje i forhold til en given monitoring, er samlet i Tabel 7.5. Den overvejende del af stofferne har grundet deres sorption og nedbrydning en lille mobilitet, hvorfor man ikke vil forvente, at de bliver udvasket (Tabel 7.5). Eftersom langt den største anvendelse af pesticider finder sted i landbruget, er deres transport og omsætning typisk kun undersøgt i landbrugsjorde, hvor man typisk har udført forsøg med overjorden, hvilket også er gældende for de viste data i Tabel 7.5. Resultater fra sådanne forsøg kan imidlertid ikke umiddelbart overføres til befæstede arealer, idet pesticider ikke kommer i kontakt med en overjord men en underjord eller stabilt grus, som typisk har en langt mindre sorption og nedbrydningskapacitet overfor mange pesticider. Danske laboratorieforsøg har således vist at mobilitet af glyphosat var langt højere i grus end i sandet landbrugsjord /12/. Tilsvarende viser seneste danske resultater /11/, at diflufenican stort set ikke sorberer til grus ($K_d = 0$), samt at den fuldstændige omdannelse til CO_2 er meget begrænset (mineralisering $<0.6\%$). I 5 byjorde (TOC 0,04 – 1%) lå de tilsvarende K_d værdier på mellem 0 og 5,7 L/kg mens mineralisering var mindre end 2.5%. Eftersom stoffet ikke er letnedbrydeligt (Tabel 7.5), vidner disse tal om en høj mobilitet ved anvendelse på befæstede arealer. Ovennævnte mønstre er ikke gældende for alle pesticider. For pesticider, der kan omsættes metabolisk som f.eks. MCPA og 2,4-D, vil der i disse jordtyper i højere grad ske en tilpasning af de mikrobielle populationer, og gentagne anvendelser af det samme pesticid kan derved accelerer nedbrydning af stoffet /9/. En sammenligning mellem mineralisering i 7 forskellige jorde viste således, at mineraliseringen af MCPA var hurtigst i jord udtaget under banestrækninger (60% i løbet af 10 dage), som ofte var blevet behandlet med MCPA /19/.

TABEL 7.5. SAMLET FORBRUG I HENHOLDSVIS PRIVATE HAVER SAMT OFFENTLIGE AREALER (2010/2011) AF UDVALGTE HERBICIDER. DATA VEDRØRENDE STOFFERNES SORPTIONS- OG NEDBRYDNINGSEGENSKABER (KOC OG DT50), SAMT DANNELSE FRAKTIONEN FOR EVENTUELLE METABOLITTER ER LIGELEDES MEDTAGET.

	Samlet Forbrug¹	Koc²	DT50²	Udvaske Lighed²	Dannelses- Fraktion²
Glyphosat	16023	1435	12	Lav	
-AMPA		151	8027	Lav	0,29
MCPA	8846	74	24	Høj	
- 2-methyl-4-chlorophenol		882	-		0,09
2,4-D	1992			Lav	
Mechlorprop-P	1798	47	8,2	I.V.	
- 2-methyl-4-chlorophenol		882	-		0,035
Dichlorprop	1395	10	4	I.V.	
- 2,4-dichlorophenol		828	-		
Diflufenican	343	1996	180	Lav	
- 2-(3-trifluoromethylphenoxy)nicotinamid		132	26,9	I.V.	0,263
- 2-(3-trifluoromethylphenoxy)nicotinsyre		12,5	10,6	Høj	0,168
Maleinhydrazid	471	45	3	Lav	
Dicamba	867	12,4	4	Lav	
- 3,6-dichlorosalicylic acid		1209	9,4	Lav	0,588
Fluroxypyr	115	194,7	1	Lav	
- 4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridinol		58,4	18,4	Lav	0,239
- 4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridinyl-2-methoxypyridin		45	170	Høj	0,084
Clopyralid	57	5	34	Høj	

¹ Data er fra Tabel 7.4, hvor kommuner, regioner, staten samt private forbrug er sammenlagt

² Data er fra /23/ hvor udvaskelighed er vurderet på baggrund af GUS indekset som omfatter både sorption og nedbrydning. I.V.: ikke vurderet.

I forhold til relevante stoffer relateret til den nuværende pesticidanvendelse (Tabel 7.5) er vores anbefaling følgende:

Glyphosat, MCPA, Maleinhydrazid, Diflufenican samt metabolitter: Disse stoffer vil være relevante at medtage, idet de alle er tilladt anvendelse på befæstede arealer, og vidensgrundlaget for denne typer anvendelser er meget begrænset. I forbindelse med varslingsystemet for udvaskning af pesticider er der udviklet analysemetoder for diflufenican og dennes metabolitter som er kommercielt tilgængelige.

2,4-D, mechlorprop og dichlorprop samt metabolitter: Der er ikke grund til at antage, at regelret anvendelse i forhold til den nuværende godkendelse skulle være problematisk for grundvandet. Stofferne vil dog være relevante at medtage grundet tidligere tiders anvendelse samt risiko for, at private anvender dem forkert på befæstede arealer. Baseret på monitoringsdata fra GRUMO og varslingsystemet vurderes udvaskningsrisikoen for de nævnte metabolitter i Tabel 7.5 at være lille, men de kan medtages indledningsvis.

Dicamba, Clorpyralid, Flyroxyppyr samt metabolitter: Vi er ikke bekendt med tidligere bymæssige anvendelser af disse stoffer, som skulle være problematisk for grundvandet. I dag indgår stofferne i kombinationsprodukter, der anvendes til renholdelse af græsplæner. Fluroxyppyr og clopyralid sammen med MCPA og Dicamba sammen med meclorprop, MCPA og 2,4-D. Mængdemæssigt udgør Dicamba, Clopyralid og fluroxyppyr en langt mindre andel end de nævnte phenoxysyrer, og om følge heraf er udvaskningsrisikoen for disse stoffer langt mindre. Grundet det lave forbrug vil det som udgangspunkt ikke være relevant at medtage disse stoffer, medmindre der ses stor udvaskning af phenoxysyrerne. I givet fald bør man overveje at medtage disse.

8. Resultater og konklusioner

- Undersøgelsesområdet i Hvidovre, Brøndby og Glostrup kommuner på Københavns Vestegn er blevet inddelt efter type byudvikling ved hjælp af en simpel, reproducerbar metode baseret på Naturstyrelsens "Liste over placering af forskellige former for byudvikling i forhold til grundvandsinteresser" /1/.
- Undersøgelsesområdet har en sårbar geologi, og der er mange boringer med pesticidfund i området.
- Ved hjælp af partikelbanemodellering med en grundvandsmodel er boringsfiltre med pesticidanalyser søgt koblet med typer byudvikling på terræn.
- De tre typer af byudvikling giver et logisk udgangspunkt med hensyn til en generel risiko vurdering af en potentiel grundvandsforurening, men den valgte gruppering er ikke fundet relevant i forhold til at vurdere risiko for pesticidudvaskning til grundvandet i bynære områder. I undersøgelsesområdet har der således ikke kunne påvises nogen sammenhæng mellem grundvandets indhold af pesticider og de tre typer af byudvikling.
- Om end datagrundlaget er spinkelt, er der intet, der indikerer, at pesticidbelastningen skulle være større i erhvervsområderne. Derimod synes det overordnede udvaskningsmønster i højere grad at afspejle den almene pesticidanvendelse igennem årene. Der ses desuden en klar tendens til, at fund af andre pesticider end BAM primært knytter sig til boringer i eller nær grønne områder og områder i byens udkant, hvor byudviklingen er af nyere dato, og hvor pesticidfund derfor også kan repræsentere ikke-bymæssige aktiviteter.
- Det nuværende vidensgrundlag i forhold til udvaskning af pesticider under byområder er spinkelt. Den potentielle belastning er heterogent fordelt, og kilderne kan være vanskelige at fastlægge, ligesom viden om det konkrete pesticidforbrug kan være begrænset. Forud for opstilling af et monitoringsprogram anbefales det derfor at gennemføre indgående overvejelser vedrørende monitoringsprogrammets formål, områdets kompleksitet og sårbarhed samt fordelingen af potentielle kilder til pesticidudvaskning.
- Hvor potentielle kilder til pesticidforurening, relateret til tidligere tiders anvendelse, omfatter både private og offentlige arealer, omfatter potentielle kilder, relateret til den nuværende pesticidanvendelse, primært private arealer. Med hensyn til den nuværende pesticidanvendelse vurderes pesticidanvendelse på befæstede arealer, der ikke afdræner til kloaker og overfladerecipienter, at udgøre en potentiel forureningskilde under særlige hydrauliske forhold.
- Med hensyn til analyseprogrammets sammensætning bør man tage højde for, at pesticidbelastningen ud over nuværende og tidligere tiders pesticidanvendelse i byområder i mange tilfælde også er et resultat af tidligere anvendelse i landområder. Den nuværende boringskontrol suppleret med maleinhydrazid, diflufenican og dennes metabolitter vil være egnet til monitorering af byens grundvand. Såfremt der er viden om omfattende tidligere dyrkning af kartofler eller specialafgrøder anbefales det dog, at man indledningsvis supplerer denne analysepakken med relevante stoffer.

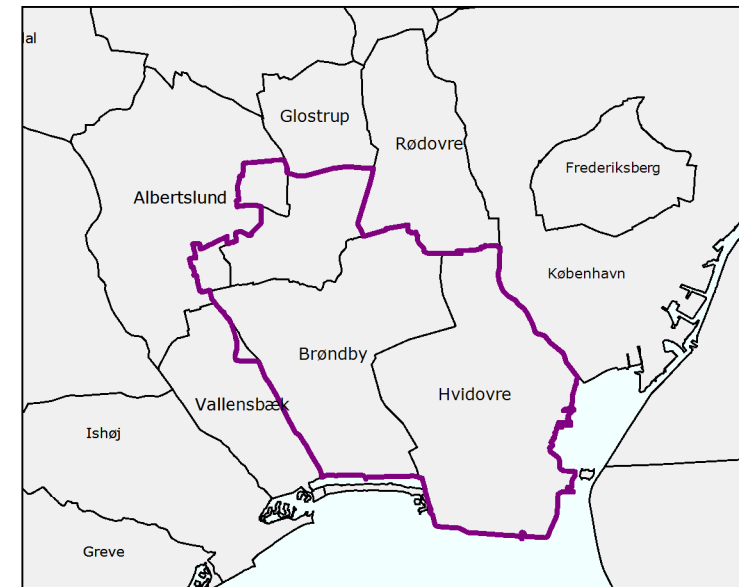
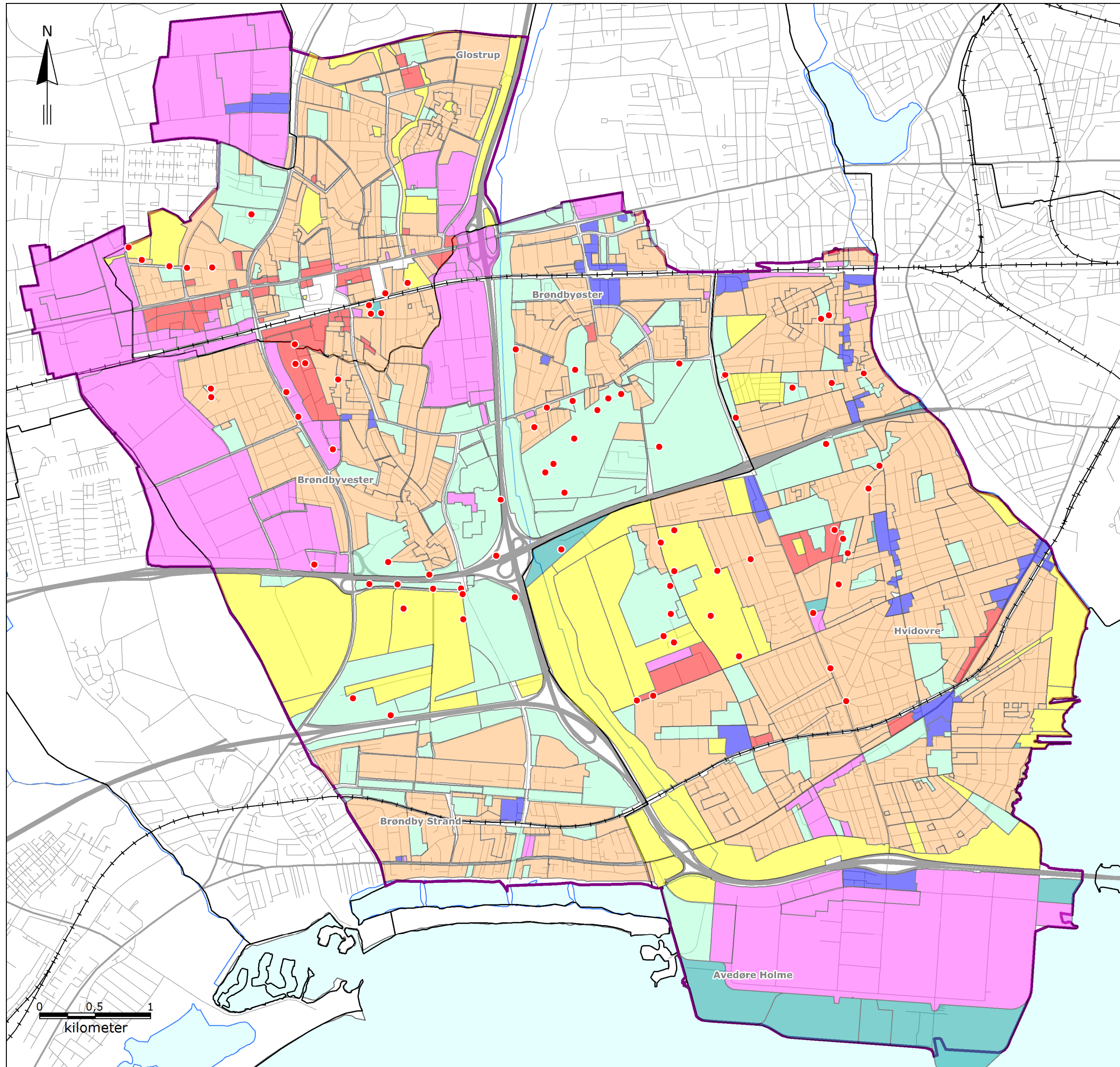
- Prøvetagningsprogrammet fastlægges i henhold til analysen af formål, kompleksitet og sårbarhed samt fordelingen af potentielle kilder. Fordele og ulemper ved forskellige prøvetagningsdybder, -metoder og frekvenser overvejes i forhold til alder på det prøvetagede vand, sikkerhed ved kobling til arealanvendelse, arealmæssig repræsentativitet og dækning, tidslige variationer i pesticidudvaskningen med videre. Ud over konventionel vandprøvetagning i vertikale filtre, kan det overvejes at inddrage prøvetagning med passive samplere og/eller prøvetagning i horisontale filtre.

Referencer

- /1/ Miljøministeriet. (2012). Notat. Statslig udmelding til vandplanernes retningslinjer 40 og 41 i forhold til byudvikling og anden ændret arealanvendelse i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande.
- /2/ Miljøkontrollen. (2005). Nye GRUMO-boringer til det unge grundvand og renovering af eksisterende GRUMO-boringer. Rapport udarbejdet af Rambøll.
- /3/ Hvidovre Kommune. (1996). Kortlægning af pesticidforbrug i Hvidovre Kommune. Rapport udarbejdet af Rambøll.
- /4/ Vestegns Vandsamarbejde (2012). Grundvandspotentiale i det primære grundvandsmagasin oktober 2011. Rapport udarbejdet af Rambøll.
- /5/ Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L. (2011). Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. ISBN 978-87-7871-324-7, <http://www.geus.dk/publications/grundvandsovervaagning/g-o-2010.pdf>.
- /6/ Willumsen, B. (2012) Videregående vandbehandling, Kortlægning af kommunernes tilladelser 2012, ISBN 978-87-7279-391-7, Naturstyrelsen 2012.
- /7/ Danmark og Grønlands Geologiske Undersøgelser & Danmarks Jordbrugsforskning (2004). Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zonerings, ISBN 87-7881-143-8, GEUS 2004.
- /8/ Naturstyrelsen (2012). Bilag 1 til: Statens udmelding til Vandplanernes retningslinjer 401 og 41 vedr. byudvikling og områder med Særlige drikkevandsinteresser (OSD).
- /9/ Jacobsen, C.S. Brusch, W., Lindhardt, B. (1998). Vurdering af risiko for udvaskning af pesticider fra befæstede arealer. GEUS Rapport 1998/55.
- /10/ GEUS. (2009). Særlige problemstillinger der skal vurderes i forhold til byudvikling i sårbare arealer i relation til pesticider. GEUS notat 05-VA-09-02.
- /11/ Jensen, M.B., Juhler, R.K., Jacobsen, O.S. , Jacobsen, C.S. (in prep). Sorption, degradation and leaching of diflufenican in non cropped areas. GEUS .
- /12/ Strange-Hansen, R., Holm, P. E. , Jacobsen, O.S., Jacobsen, C.S. (2004). Sorption, mineralization and mobility of N-(phosphonomethyl)glycine(glyphosate) in five types of gravel, Pest., Manag. Sci. 60, 570-578.
- /13/ Lynettefællesskabet (2010). Intelligent Spildevandhåndtering Fase 2 opstilling, kalibrering og validering af beregningsværktøjer, Rambøll Feb. 2010.
- /14/ Miljøstyrelsen (2009). Vejledning om bekendtgørelse om påfyldning og vask af sprøjter til udbringning af bekæmpelsesmidler. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr 1 2009.

<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-92548-18-4/html/helepubl.htm>.

- /15/ Miljøministeriet (2011). Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøstyrelsen 2011.
- /16/ Brüscher, W. Kjær, J., Rosenbom, A.E. Juhler, R.K. Gudmundsson, L., Plauborg, F., Nielsen, C.B. og Olsen, P. (2013). The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme, Monitoring results May 1999–June 2012, ISBN 978877871336, GEUS.
- /17/ EFSA. (2012). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance iron sulfate, EFSA Journal 2012;10(1):2521.
- /18/ Miljøstyrelsen. (1998). Bilag 1.2. Sagens oplysninger og Miljøstyrelsens vurdering af Ukrudt-Stop koncentrat og Ukrudt-Stop Klar til brug indeholdende: Fedtsyrer (C8-C10, hovedfraktion: nonansyre). Miljøstyrelsen.
- /19/ Nielsen, M. S., Bælum, J., Jensen, M. B., Jacobsen, C. S. (2011). Mineralising of the herbicide MCPAA in urban soils is linked to presence and growth of class III tfd A genes, Soil Biology, 43, 984-990.
- /20/ Miljøstyrelsen. (2001). Undersøgelse af pesticidforbruget på offentlige arealer i 1999 og 2000. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 54 2001.
- /21/ Miljøstyrelsen. (2001). Undersøgelse af pesticidforbruget på offentlige arealer i 2010. Miljøprojekt Nr. 1399 2011.
- /22/ Miljøstyrelsen. (2012). Salg af pesticider til brug i private haver – 2011. Miljøstyrelsen 2012.
- /23/ The PPDB. (2011). Pesticides Properties Database. The University of Hertfordshire , 2011.



SIGNATUR:

Boringer:
• Boring med pesticidanalyse

Kommuneplanramme vedtaget

- Boligområde
- Blandet bolig og erhverv
- Område til offentlige formål
- Erhvervsområde
- Centerområde
- Rekreativt område
- Tekniske anlæg
- Landområde
- Sommerhusområde
- Andet

Kilde: PlansystemDK

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2012-12-05
Af: STP
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: AREALANVENDELSE.wor



Bilag 2.1

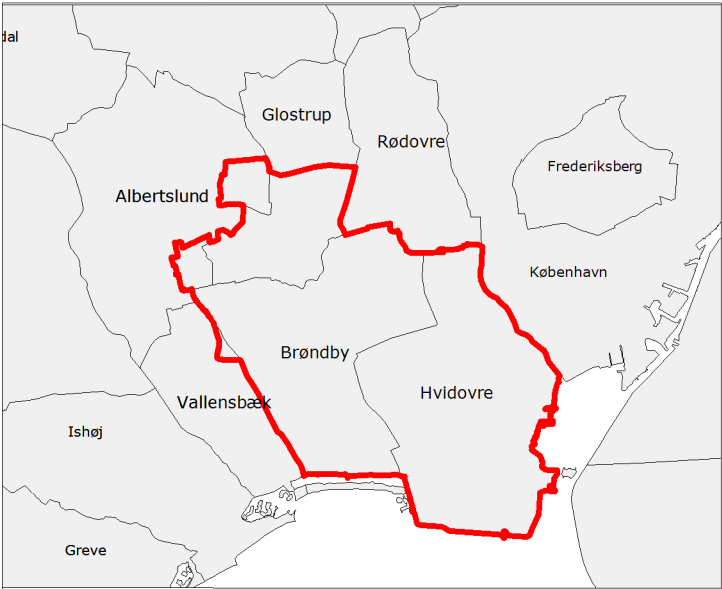
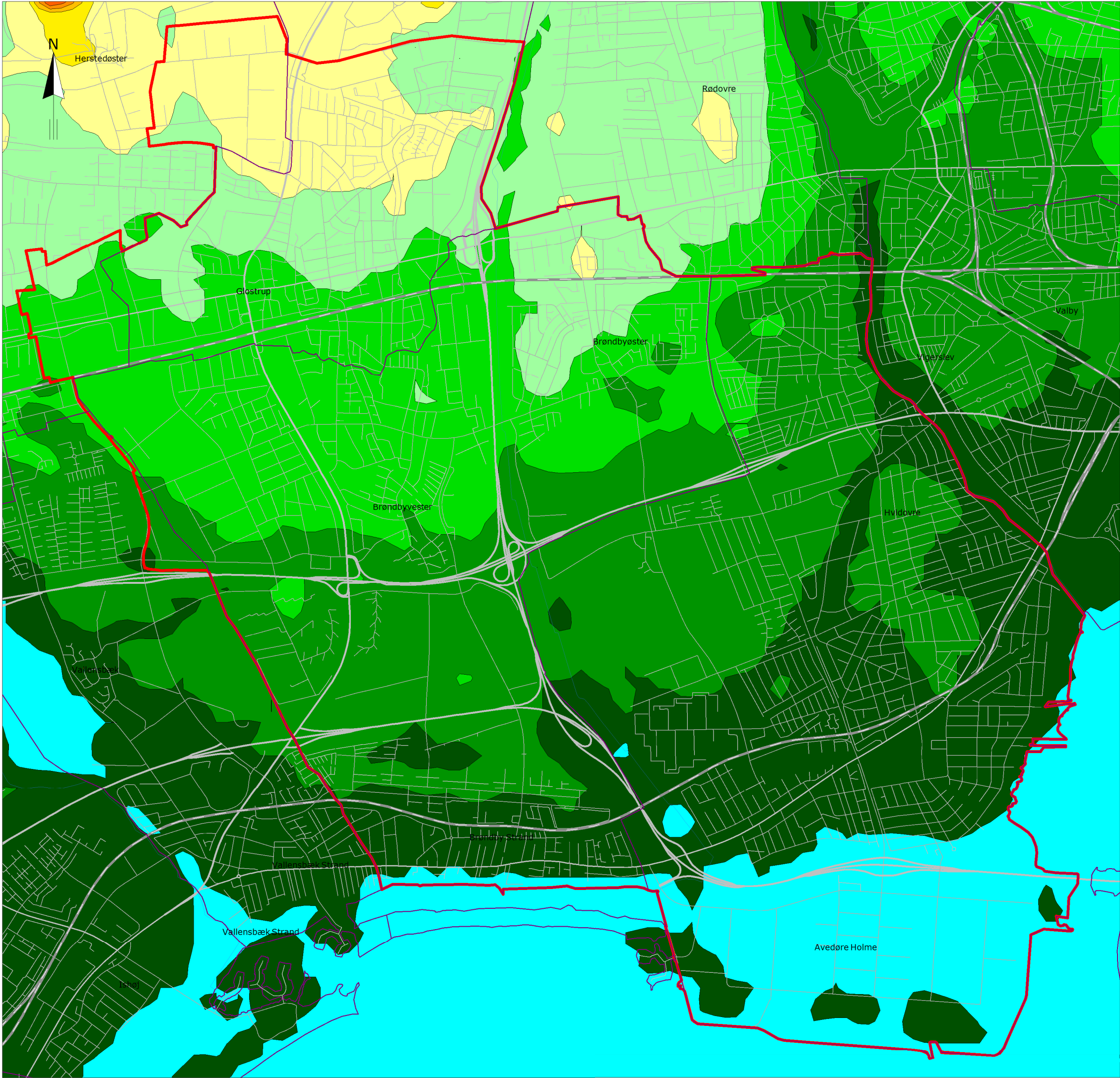
Arealanvendelse samt boringer med pesticidanalyse

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Terrænkote (meter - DVR)

- < 0
- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 30
- 30 - 35
- 35 - 40
- 40 - 45

Kilde: 10 meter højdemodel

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2012-12-04
Af: LINE/BEH
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: Topografi.wor



Bilag 2.2

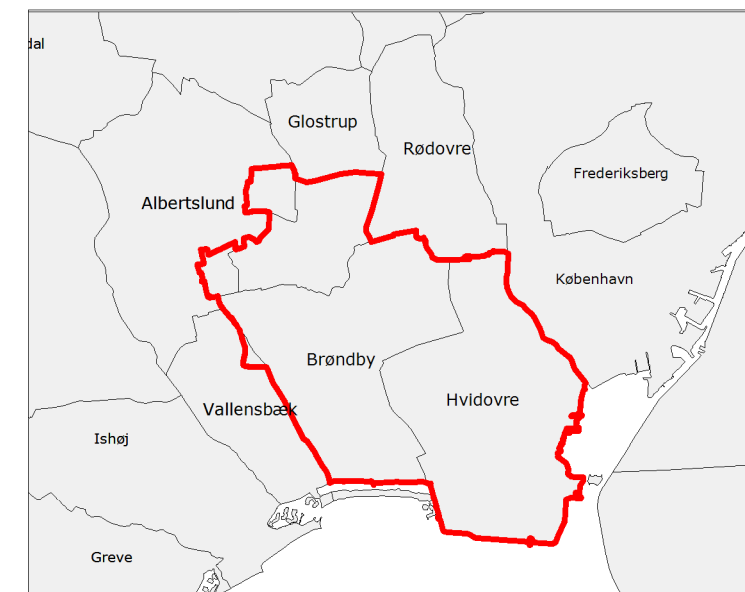
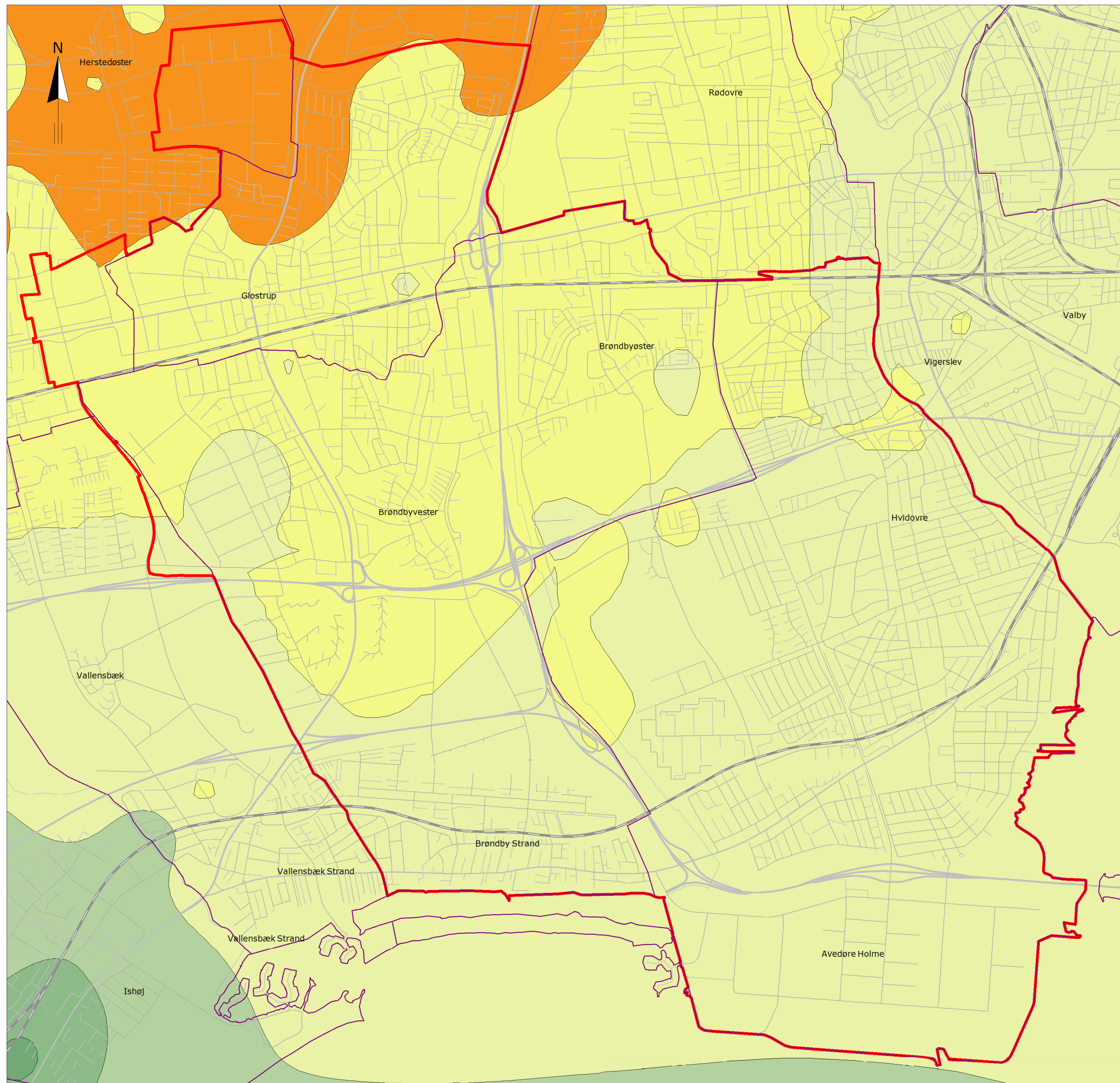
Topografi

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



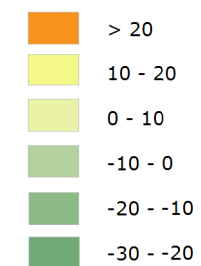
Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk

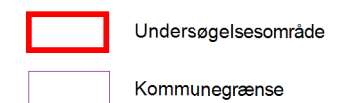


SIGNATUR:

Prækvartæroverfladens kote (meter - DVR)



Kilde: Den geologiske Sjællandsmodel



Rev.: 01
Dato: 2012-12-04
Af: LINE/BEH
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: Topografi.wor



Bilag 2.3

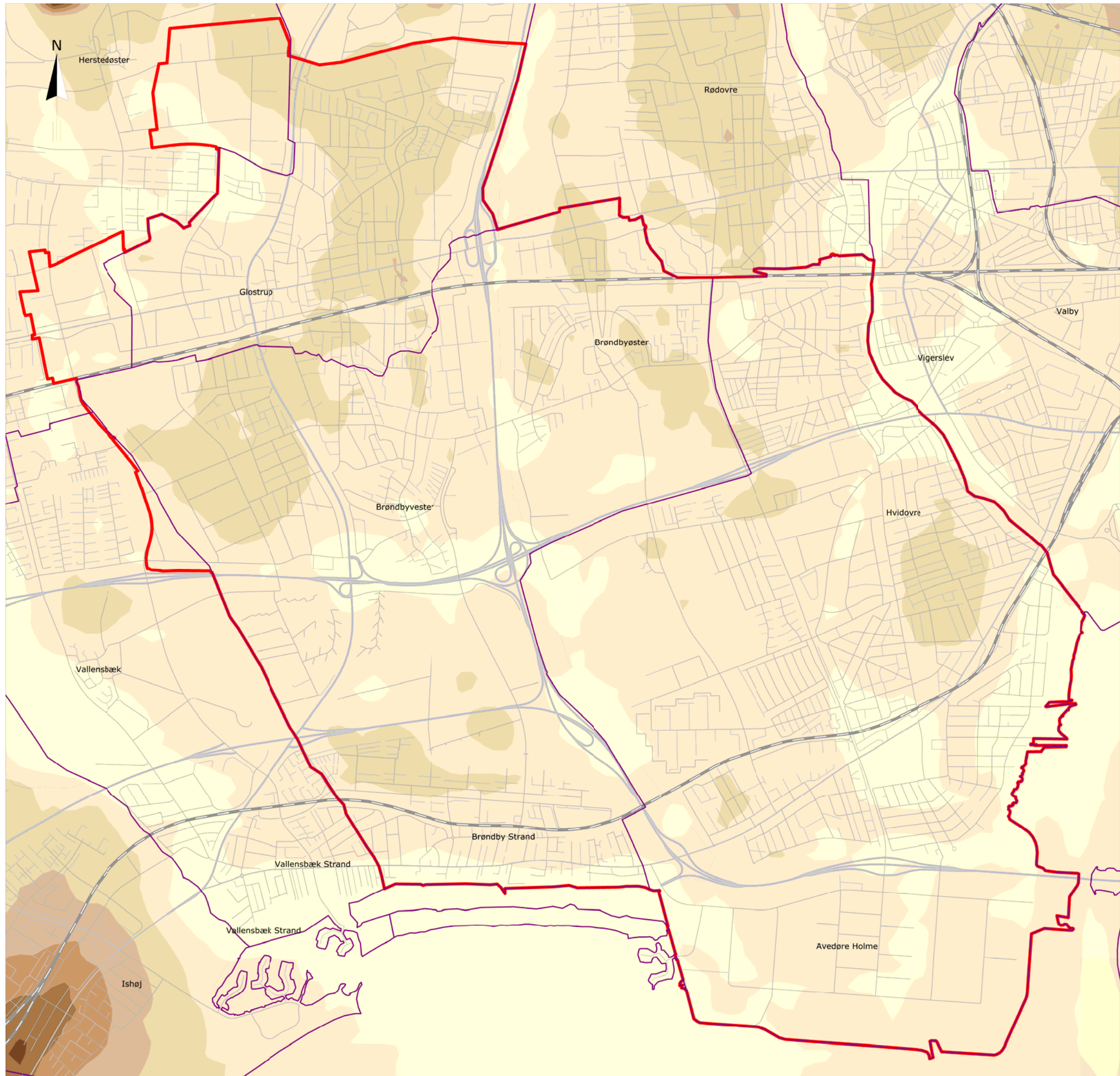
Prækvartæroverfladens højdeforhold

Byudvikling og risiko for forurening af
grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Samlet tykkelse af ler over kalkmagasinet (m)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 30

Kilde: Den geologiske Sjællandsmodel

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2012-12-04
Af: LINE/BEH
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: Ler over kalk.wor



Bilag 2.4

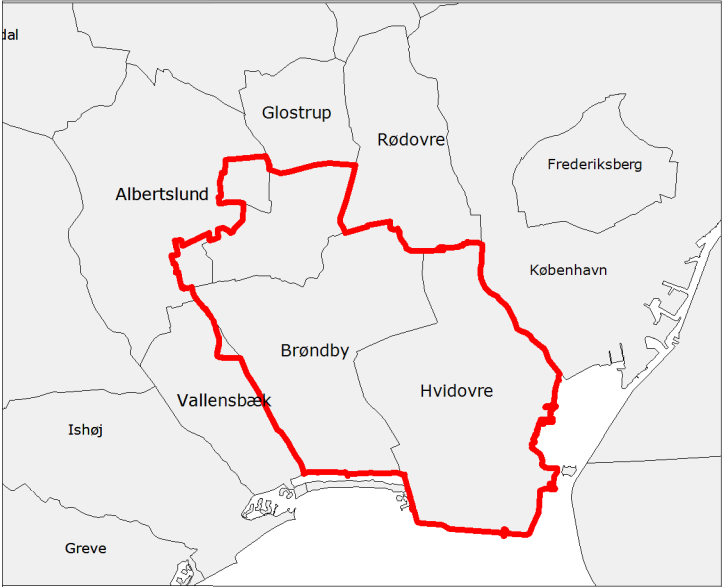
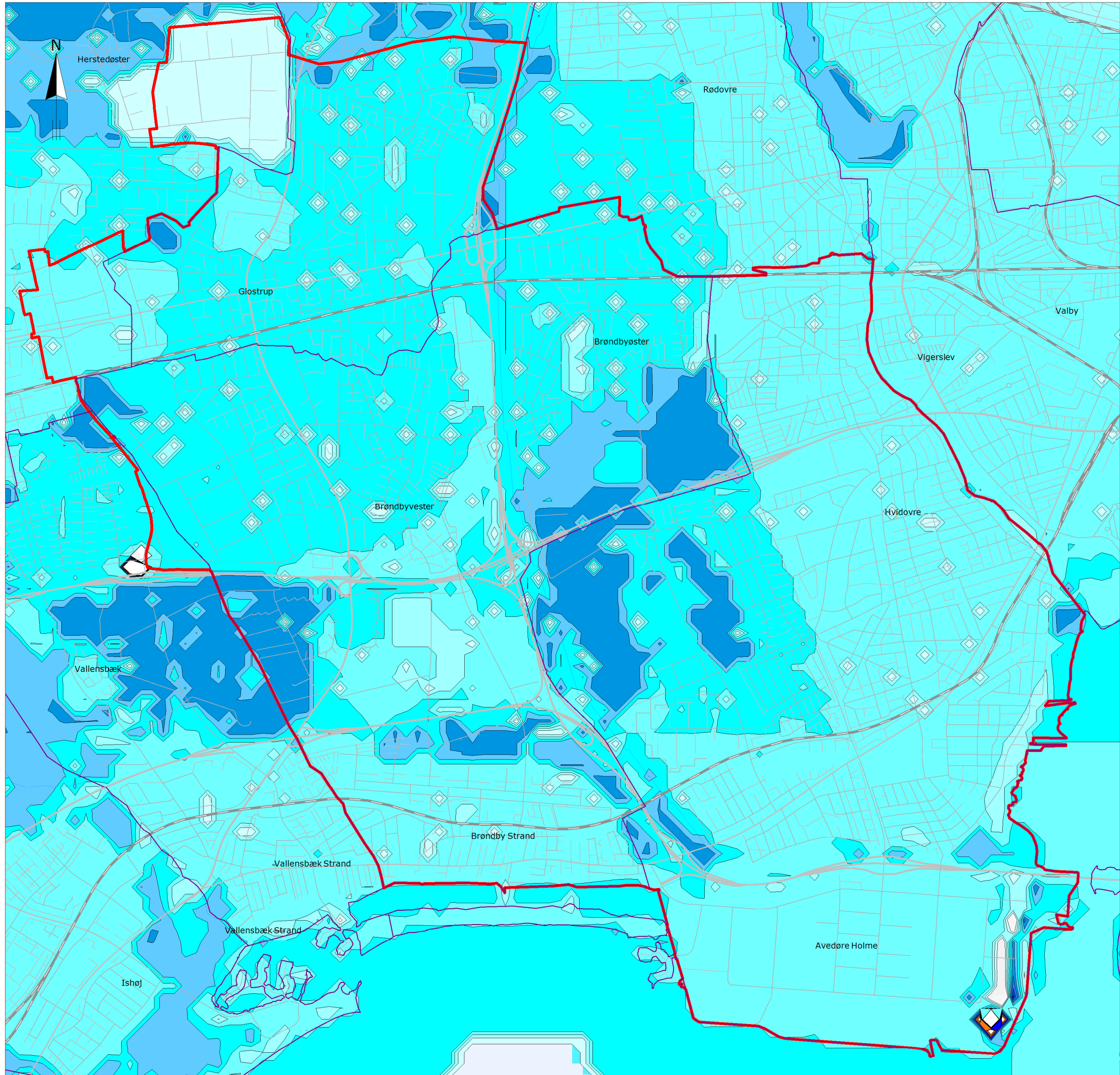
Ler over kalkmagasinet

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



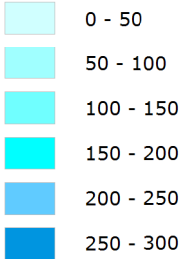
Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk

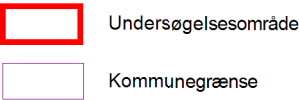


SIGNATUR:

Infiltration (mm/år)



Kilde: Vestegnsmodellen



Rev.: 01
Dato: 2012-12-12
Af: KRB
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: Infiltration.wor



Bilag 2.5

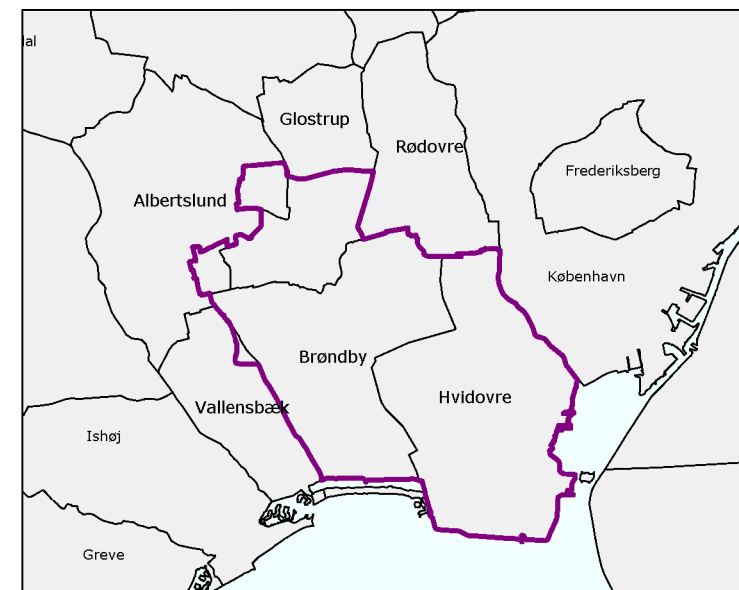
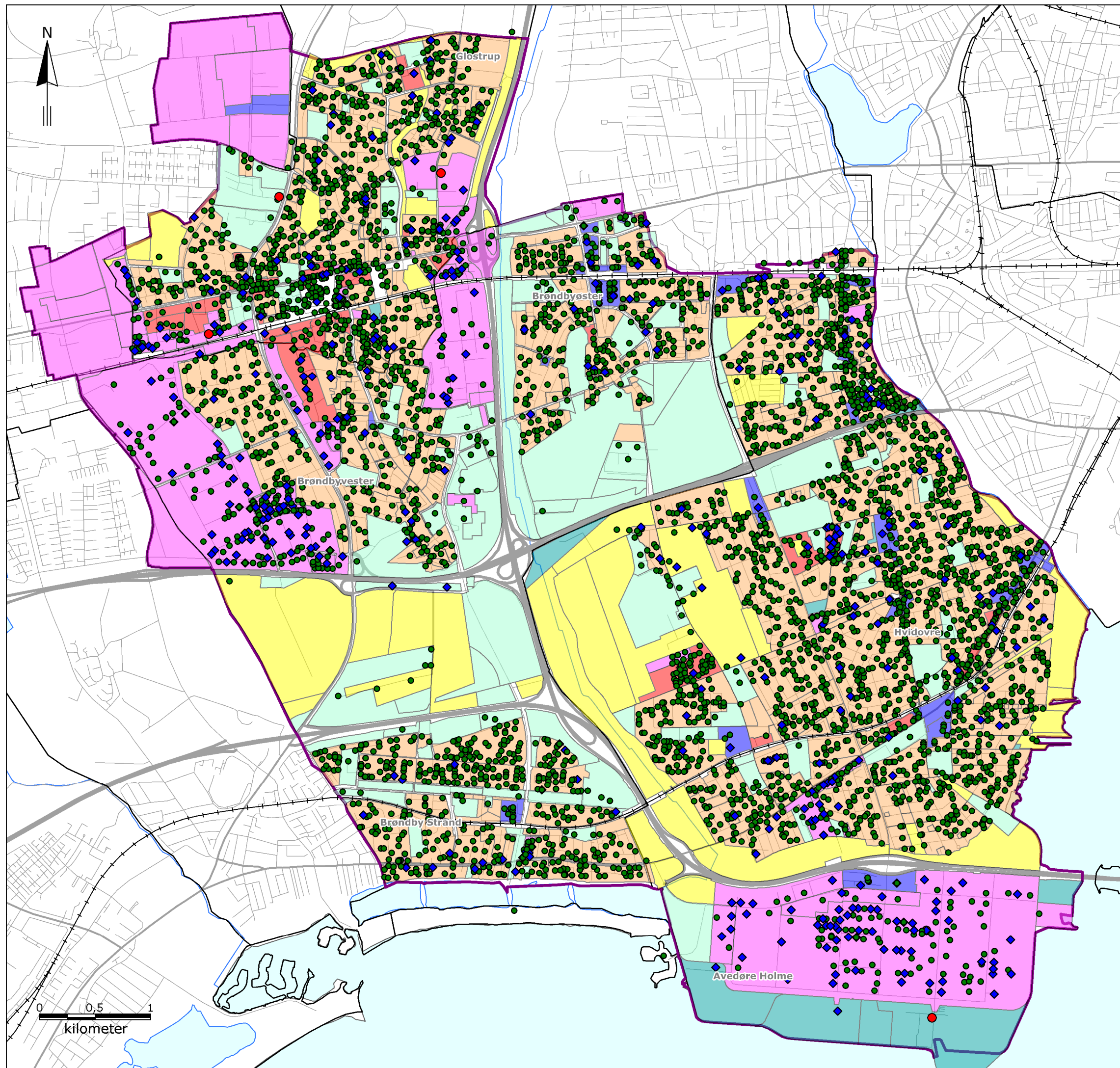
Infiltration

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Kategorisering af virksomheder:

- 0 - Branche uoplyst
- 1 - Mindre truende anlæg
- 2 - Potentielt truende
- 3 - Forbudsliste

Kommuneplanramme vedtaget

- Boligområde
- Blandet bolig og erhverv
- Område til offentlige formål
- Erhvervsområde
- Centerområde
- Rekreativt område
- Tekniske anlæg
- Landområde
- Sommerhusområde
- Andet

Kilde: PlansystemDK

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2012-12-13
Af: STP
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: AREALANVENDELSE.wor



Bilag 4.1

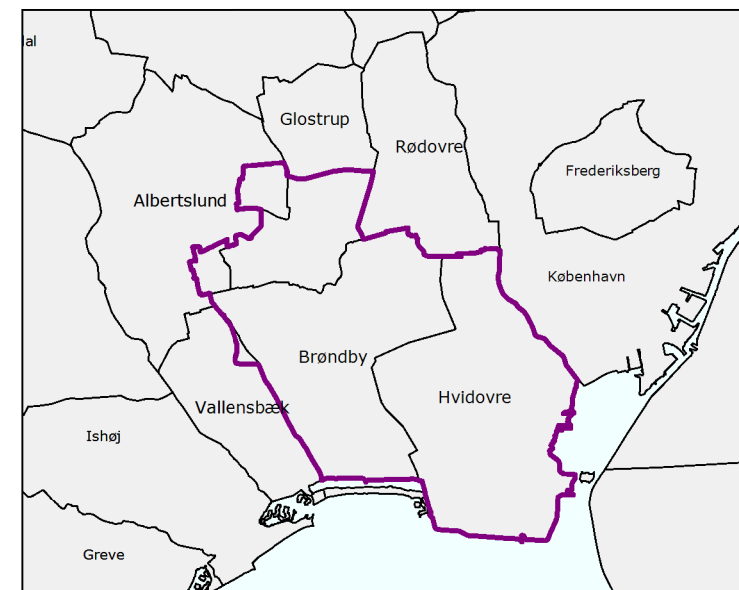
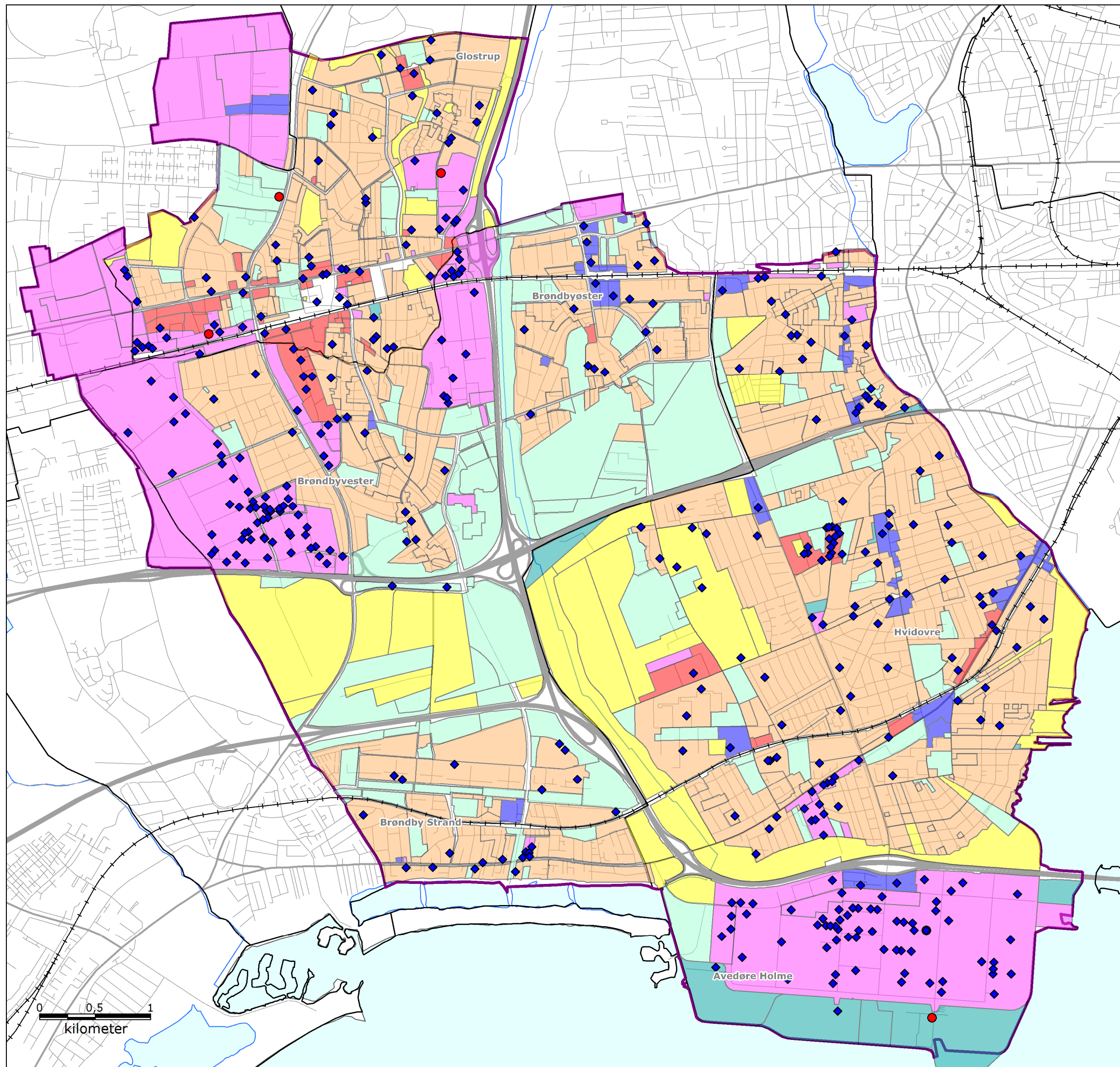
Grundlag for typer af byudvikling 1 (Arealanvendelse samt alle virksomheder - tematiseret 1-3)

Byudvikling og risiko for forurening af
grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Kategorisering af virksomheder:

- ◆ 2 - Potentielt truende
- 3 - Forbudsliste

Kommuneplanramme vedtaget

- Boligområde
- Blandet bolig og erhverv
- Område til offentlige formål
- Erhvervsområde
- Centerområde
- Rekreativt område
- Tekniske anlæg
- Landområde
- Sommerhusområde
- Andet

Kilde: PlansystemDK

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2012-12-13
Af: STP
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: AREALANVENDELSE.wor



Bilag 4.2

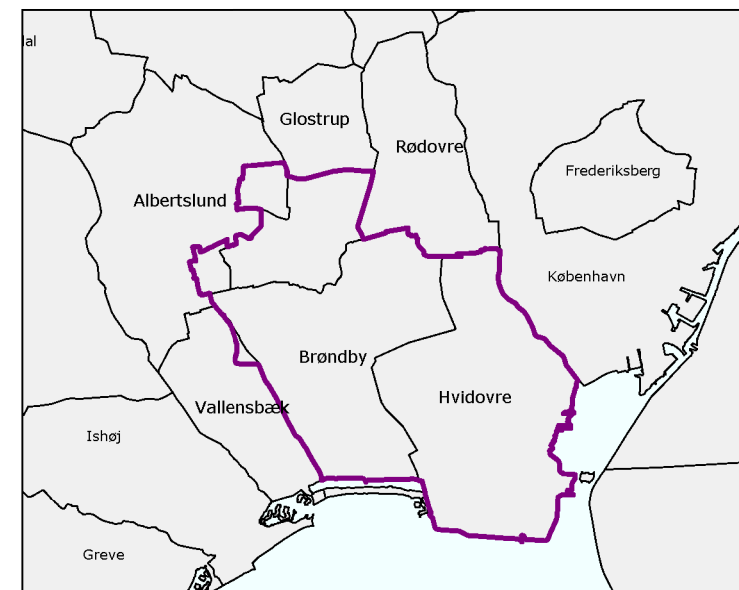
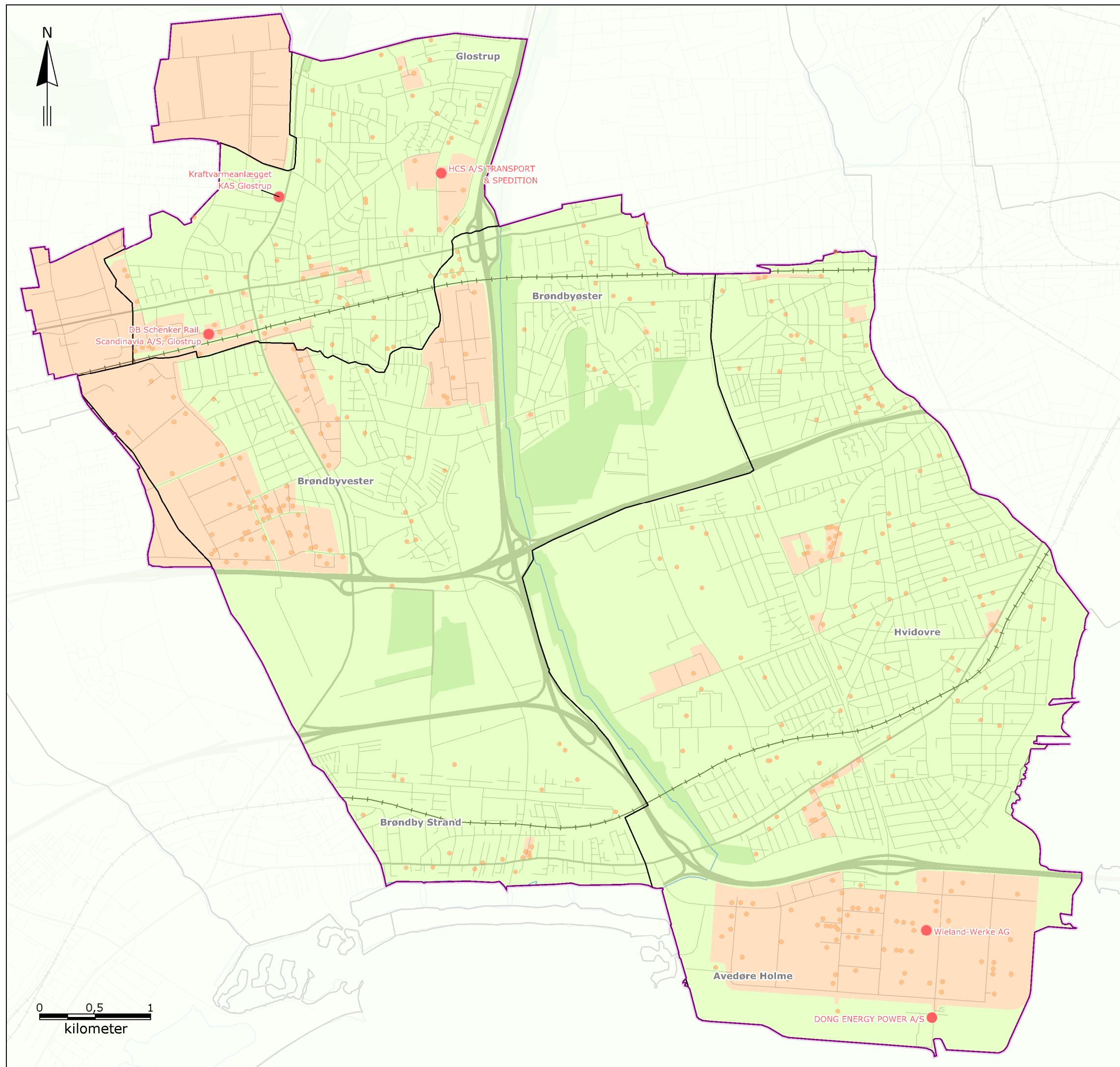
Grundlag for typer af byudvikling 2 (Arealanvendelse samt alle virksomheder - tematiseret 2-3)

Byudvikling og risiko for forurening af
grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Typen af byudvikling
Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende

- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: STP
Kontrol: NLR
Sag: 1100001600
File: AREALANVENDELSE.wor



Bilag 4.3

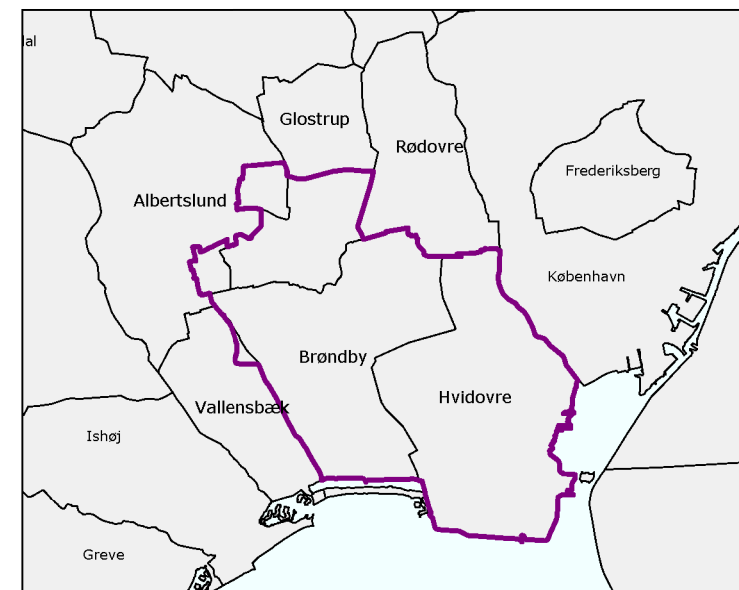
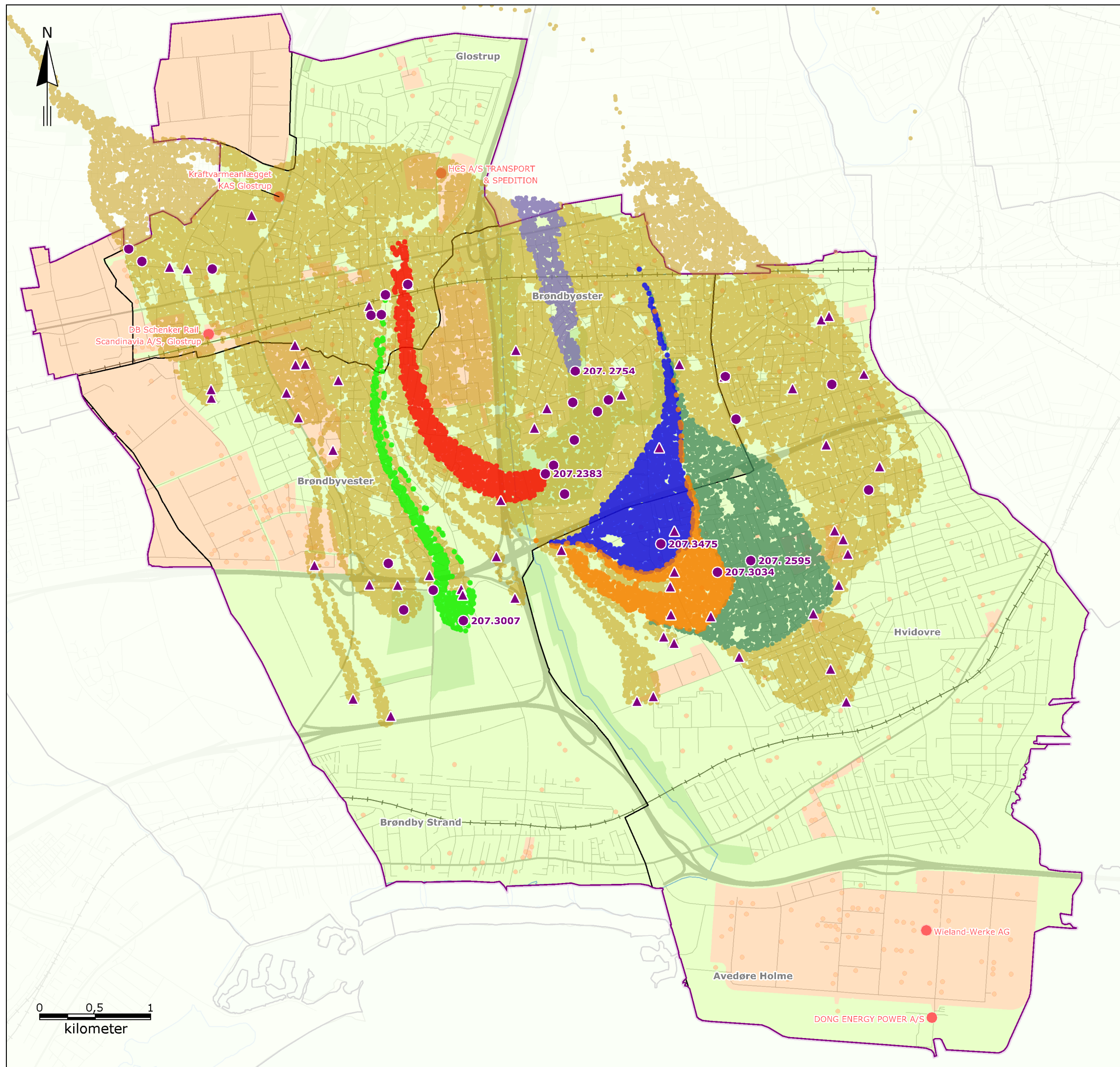
Inddeling i typer af byudvikling

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Boringer med fund af pesticider:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse

Partikelbaner:

- Oplande
- Opland til boring 207.2595
- Opland til boring 207.2754
- Opland til boring 207.2383
- Opland til boring 207.3007
- Opland til boring 207.3034
- Opland til boring 207.3475

Kilde : Vestegnsmodellen

Typer af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- Mindre grundvandstruende og boliger
- Potentielt grundvandstruende
- Særligt grundvandstruende

- Undersøgelsesområde
- Kommuneplan

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: Partikler.wor



Bilag 5.1

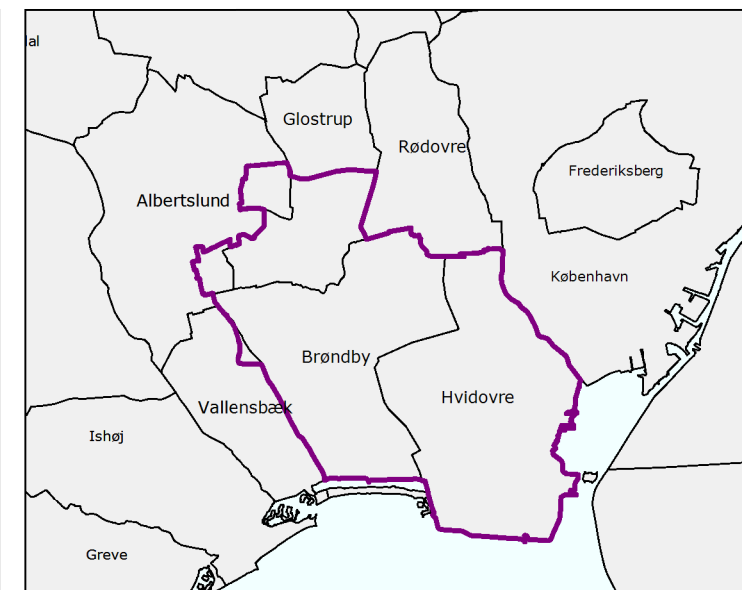
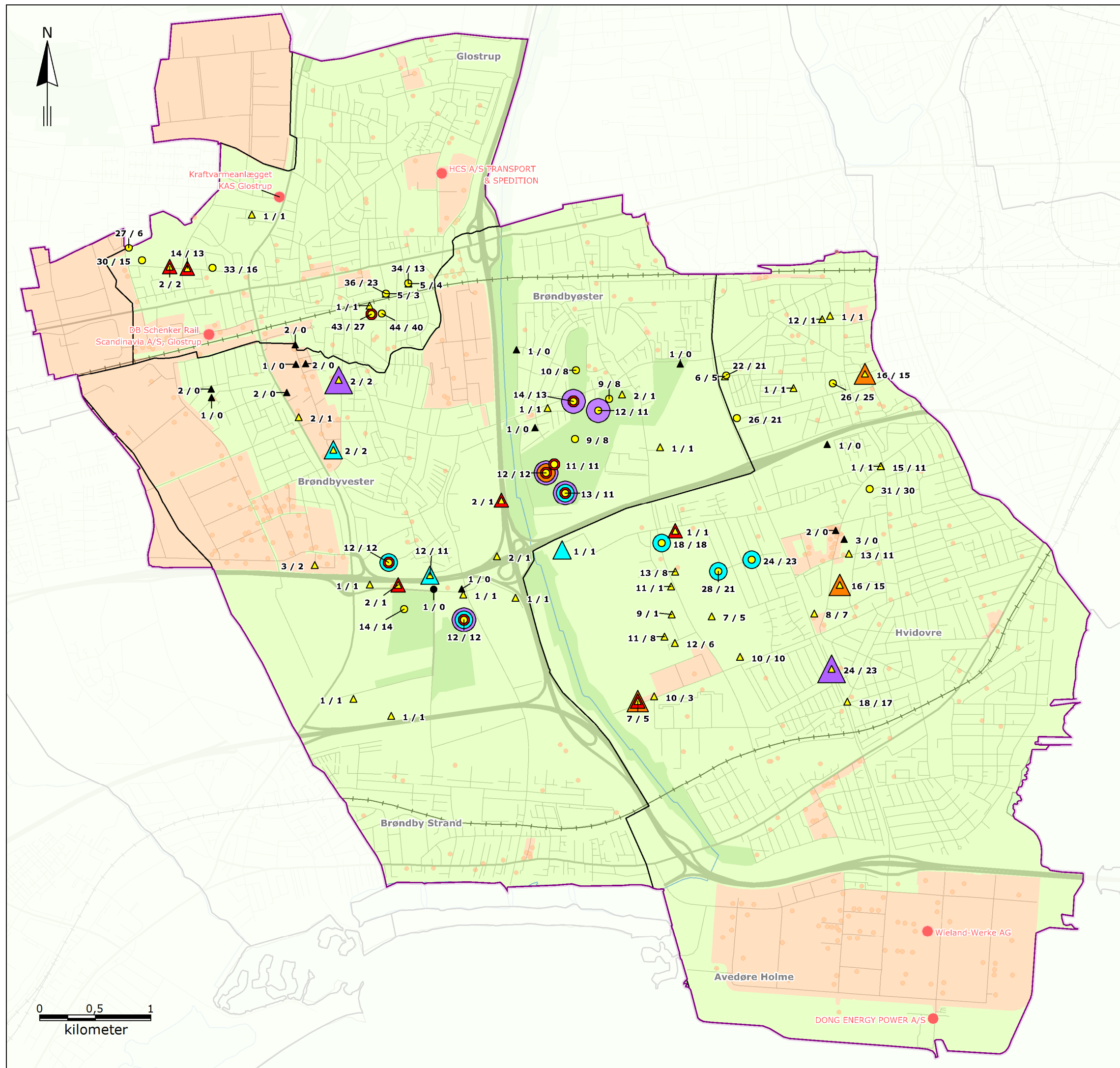
Partikelbanekort

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- △ Anden anvendelse

11 / 8 Antal prøver ialt / med fund

Boringer med fund af :

- ▲ Ingen fund
- ▲ Enten BAM, dichlorbenil eller 2,6-dichlorbenzoesyre
- ▲ Enten atrazin, terbutylazin, simazin eller deres metabolitter
- ▲ Enten mechlorprop eller dichlorprop
- ▲ Diuron
- ▲ Andre pesticider

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandsruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandsruende
- 3. Særligt grundvandsruende

Undersøgelsesområde

Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.1

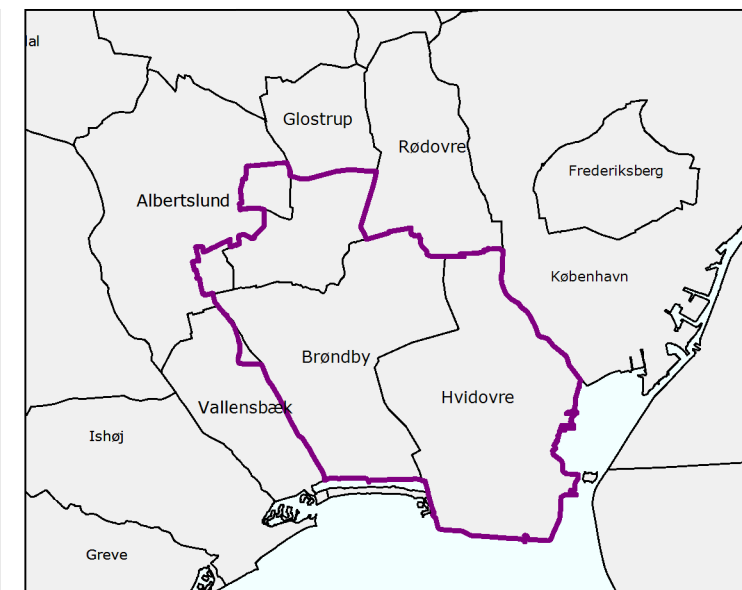
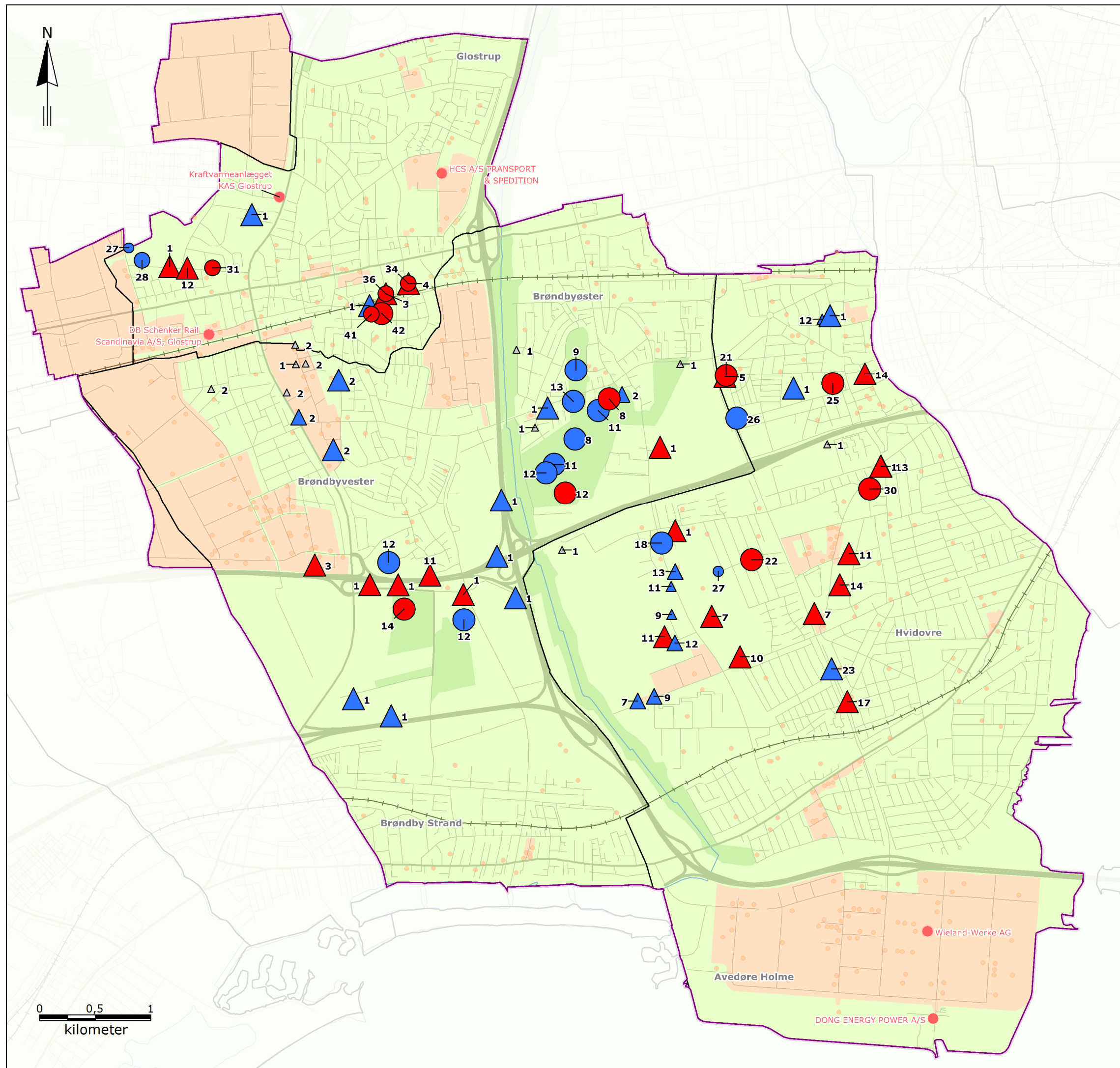
Boringer analyseret for pesticider

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse
- 11 Antal prøver

Fund i % :

- Δ Ikke fundet
- Δ < 33
- Δ 33 - 66
- Δ 66 - 100

Fund:

- Ikke påvist
- Påvist under grænseværdi
- Påvist over grænseværdi

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende
- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.2

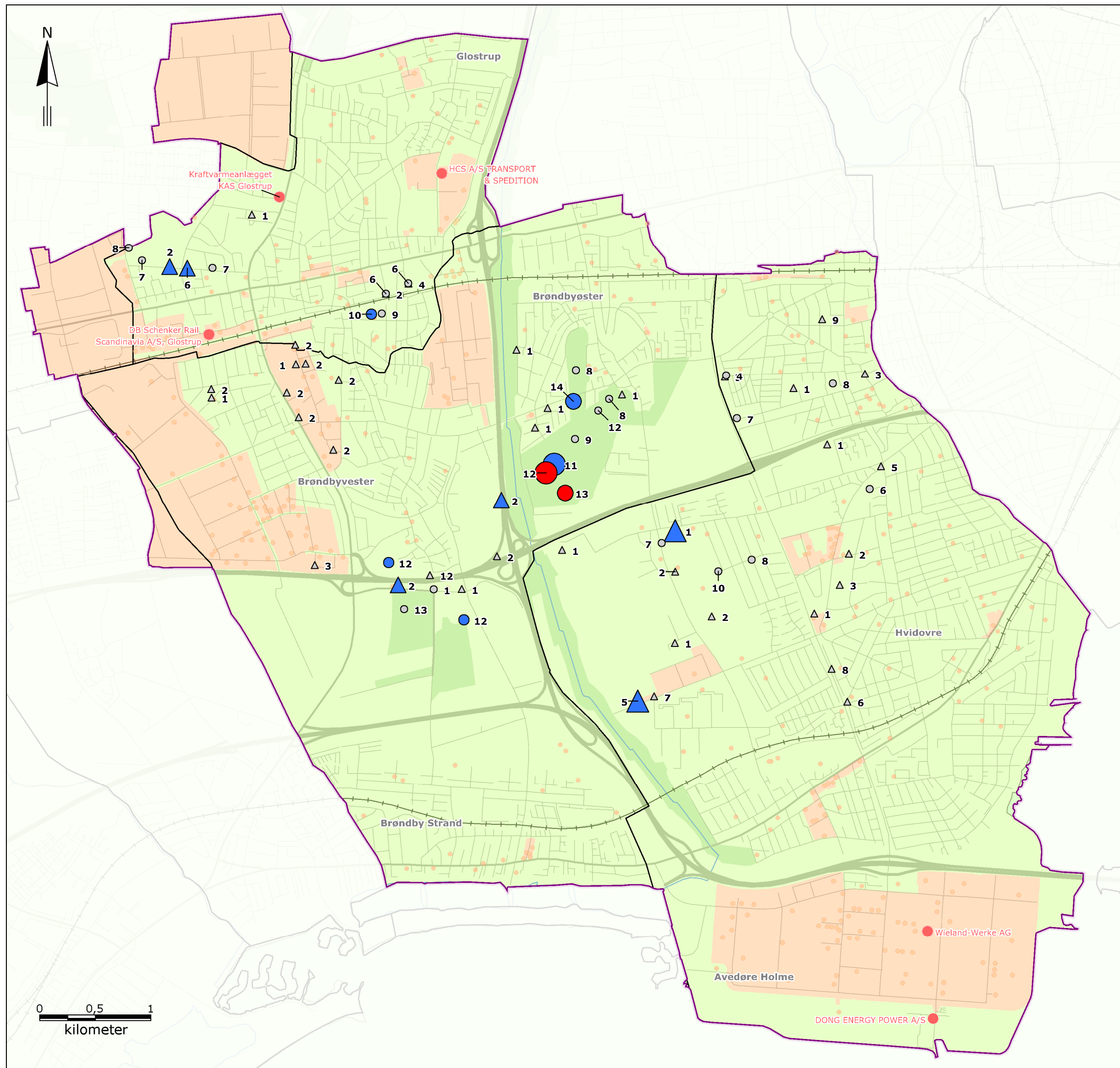
Boringer analyseret for BAM, dichlorbenil og 2,6-dichlorbenzosyre

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse
- 11 Antal prøver

Fund i % :

- Δ Ikke fundet
- Δ < 33
- Δ 33 - 66
- Δ 66 - 100

Fund:

- Ikke påvist
- Påvist under grænseværdi
- Påvist over grænseværdi

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende
- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.3

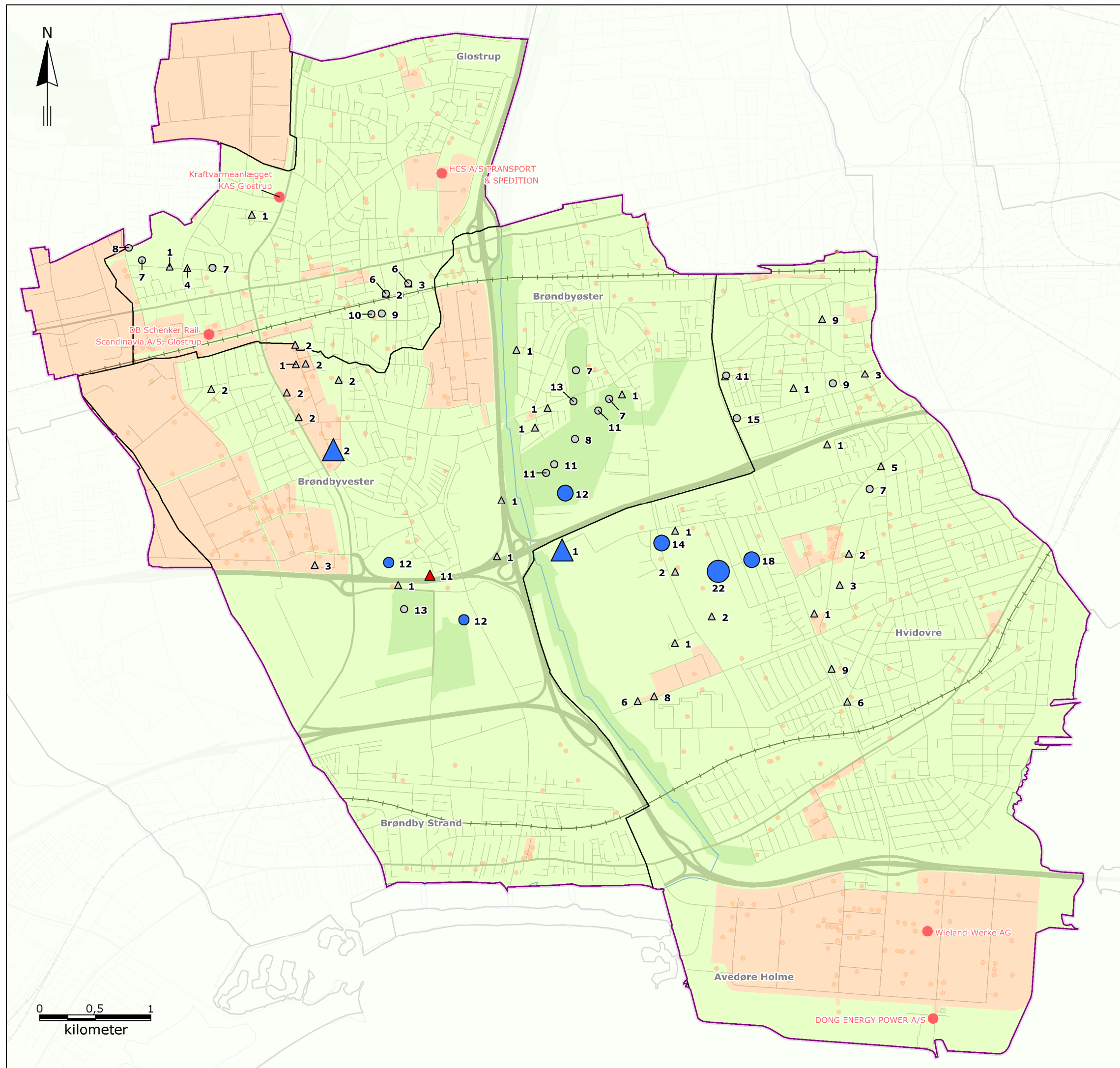
Boringer analyseret for atrazin, terbuthylazin, simazin og deres metabolitter

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse
- 11 Antal prøver

Fund i % :

- Δ Ikke fundet
- Δ < 33
- Δ 33 - 66
- Δ 66 - 100

Fund:

- Ikke påvist
- Påvist under grænseværdi
- Påvist over grænseværdi

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende
- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.4

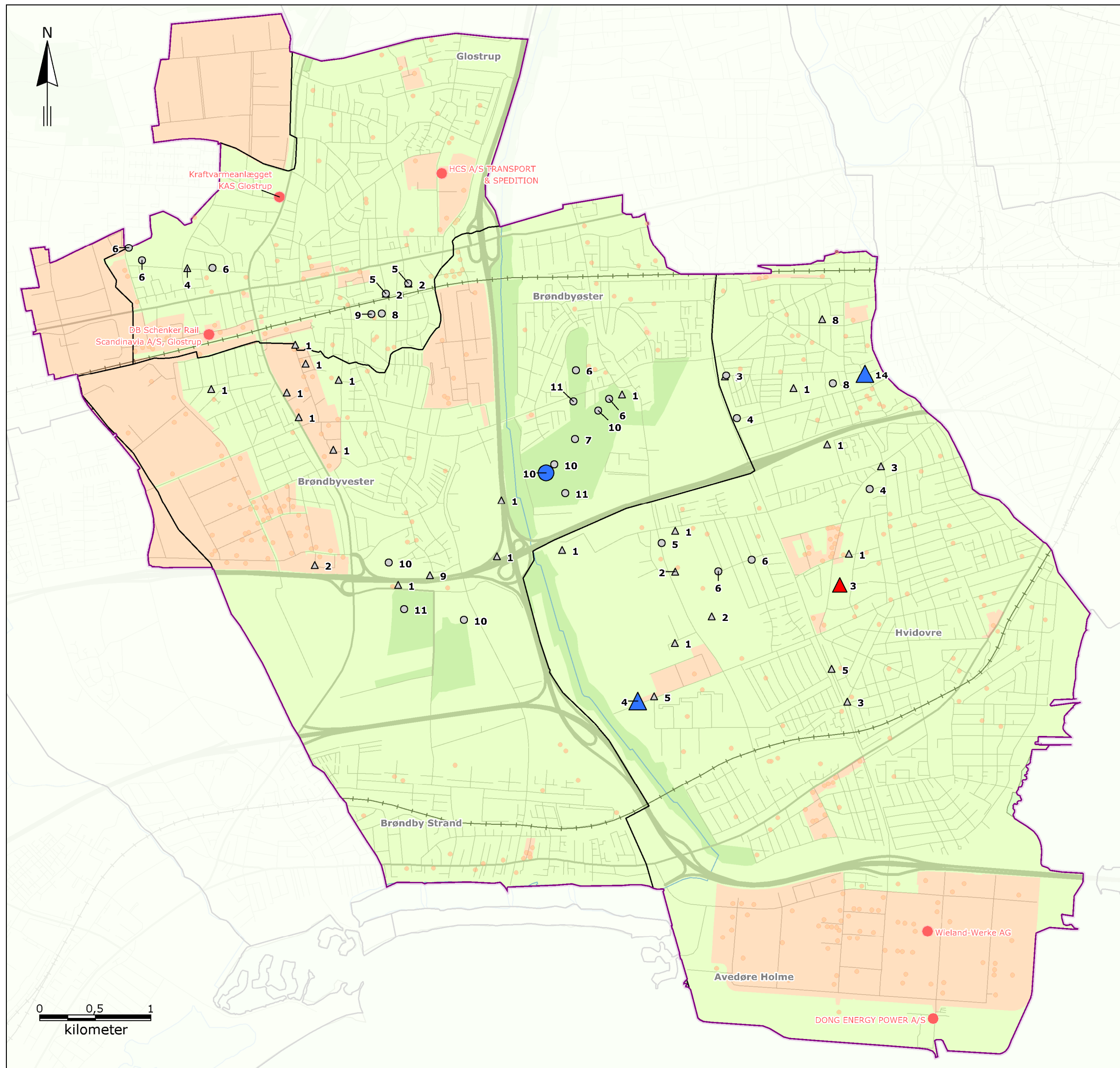
Boringer analyseret for mechlorprop og dichlorprop

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse
- 11 Antal prøver

Fund i % :

- Δ Ikke fundet
- Δ < 33
- Δ 33 - 66
- Δ 66 - 100

Fund:

- Ikke påvist
- Påvist under grænseværdi
- Påvist over grænseværdi

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende
- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.5

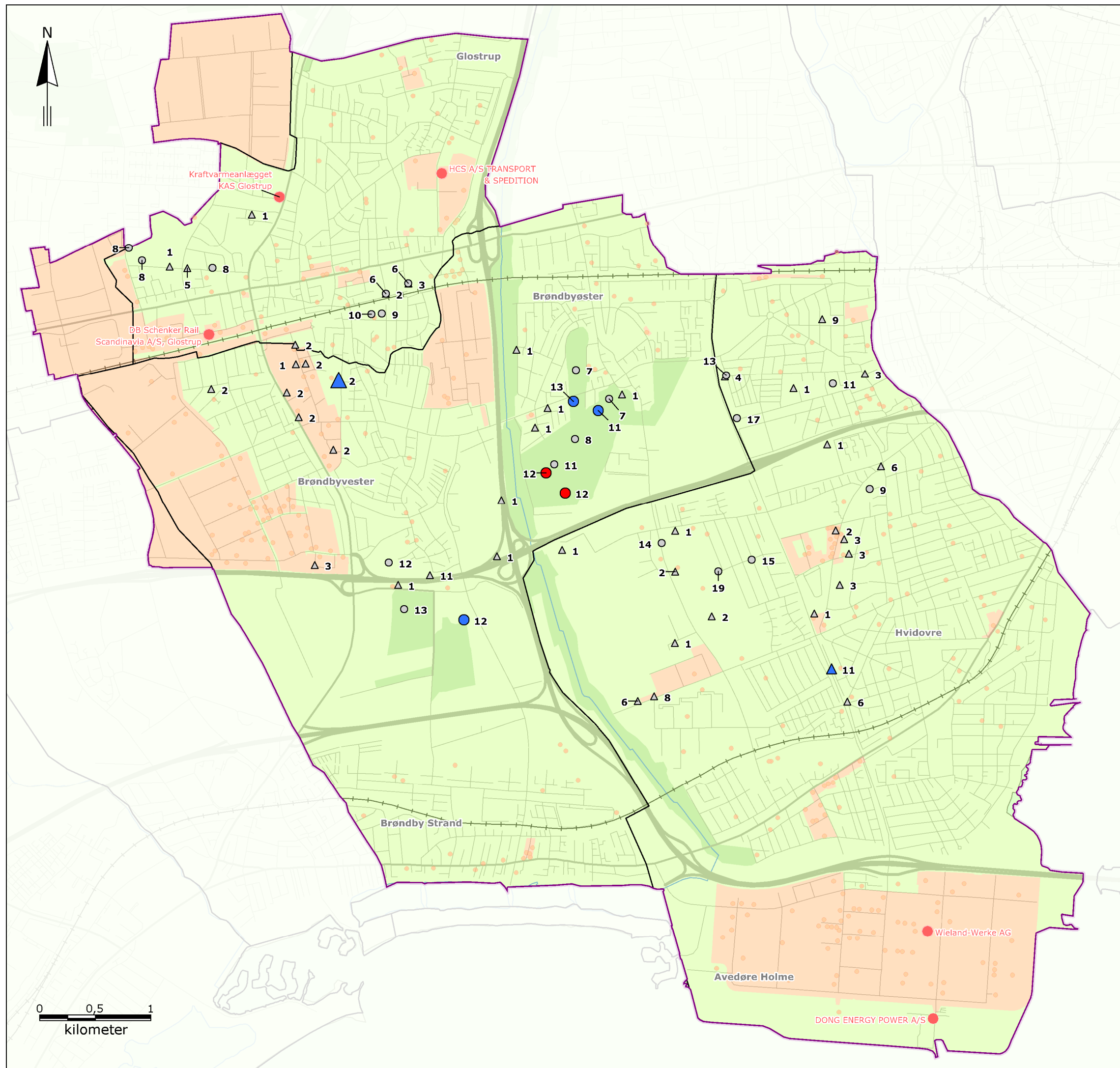
Boringer analyseret for Diuron

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



SIGNATUR:

Boringer:

- Aktiv indvindingsboring
- ▲ Anden anvendelse
- 11 Antal prøver

Fund i % :

- Δ Ikke fundet
- Δ < 33
- Δ 33 - 66
- Δ 66 - 100

Fund:

- Ikke påvist
- Påvist under grænseværdi
- Påvist over grænseværdi

Typen af byudvikling

Virksomheder og anlæg:

- 1. Mindre grundvandstruende og boliger
- 2. Potentielt grundvandstruende
- 3. Særligt grundvandstruende
- Undersøgelsesområde
- Kommunegrænse

Rev.: 01
Dato: 2013-01-10
Af: BEH
Kontrol: JNNK
Sag: 1100001600
File: FUND_pesticider.wor



Bilag 6.6

Boringer analyseret for andre pesticider

Byudvikling og risiko for forurening af grundvandet med pesticider



Hannemanns Allé 53
DK 2300 København S

Tlf: +45 51 61 10 00
www.ramboll.dk



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Haraldsgade 53
2100 København Ø
Tlf.: (+45) 72 54 30 00

www.nst.dk