

REGION NORDJYLLAND, REGIONAL UDVIKLING, KONTORET FOR  
JORDFORURENING OG RÅSTOFFER

## KVALITATIV GRUNDVANDS- RISIKO VED INDVINDING AF RÅSTOFFER OVER GRUNDVANDSSPEJLET

REDEGØRELSE

ADRESSE COWI A/S  
Visionsvej 53  
9000 Aalborg

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

PROJEKTNR.

A086882

DOKUMENTNR.

1

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

11. august 2016

BESKRIVELSE

Endelig udgave

UDARBEJDET

NPA

KONTROLLERET

TOHM

GODKENDT

NPA

# INDHOLD

1	Indledning	2
2	Grundvandsrisiko under råstofindvinding	3
2.1	Oliespild fra maskineri	3
2.2	Fjernelse af grundvandets naturlige beskyttelse	4
2.3	Vandkemiske ændringer	5
3	Grundvandsrisiko efter råstofindvinding	5
4	Sammenfatning, konklusioner og anbefalinger	6
4.1	Oliespild fra maskineri i forbindelse med råstofgravningen	6
4.2	Reduktion af grundvandets naturlige beskyttelse	6
4.3	Vandkemiske ændringer	7
5	Referencer	8

## 1 Indledning

I historisk perspektiv forbindes råstofindvinding ofte med grundvandsforurening, sandsynligvis fordi der tidligere har været eksempler på, at afsluttede råstofgrave er blevet opfyldt med forurenede jord og/eller affald. Dette har været særligt uheldigt, idet de i råstofsammenhæng eftertragtede rene sand- og grusmaterialer typisk desuden udgør velydende grundvandsmagasiner, hvorfor der ofte er sammenfald imellem interesseområder for indvinding af råstoffer og drikkevand. Nutidens praksis for råstofindvinding og efterbehandling af råstofgrave medfører imidlertid langt fra den samme grundvandsrisiko. Ikke mindst fordi der som udgangspunkt ikke må efterbehandles til intensivt landbrug i områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) eller indvindingsoplande udenfor OSD.

I forbindelse med revision af den gældende råstofplan fra 2012 har Region Nordjylland, Kontoret for Jordforurening og Råstoffer, anmodet COWI om at udarbejde nærværende redegørelse for de mulige risici for grundvandskvaliteten som følge af råstofgravning over grundvandsspejlet, både under og efter indvinding af råstofferne.

Efter aftale tager redegørelsen udgangspunkt i et teknisk notat om råstofindvindings kvalitative påvirkning af grundvand, som blev udarbejdet af Grontmij for Region Syddanmark i 2011 /1/. Denne er suppleret med dele af /2/ og /3/, som begge er tekniske notater udarbejdet af COWI for Region Hovedstaden og Region Midtjylland, der specifikt omhandler råstofindvinding under grundvandsspejlet, men som ligeledes indeholder oplysninger af relevans for indvinding over grundvandsspejlet. Der er desuden indhentet supplerende oplysninger i /4/, som er en rapport vedrørende atmosfærisk deposition.

## 2 Grundvandsrisiko under råstofindvinding

Grundvandsrisikoen under råstofgravningen over grundvandsspejlet knytter sig til følgende faktorer /1/, /2/:

- > Oliespild fra maskineri
- > Fjernelse af en del af grundvandets naturlige beskyttelse
- > Vandkemiske ændringer som følge af bortgravning af en del af dæklaget

Så længe der graves, er der ingen anvendelse af gødning og pesticider på selve gravearealet, og der er således ingen risiko for grundvandsforurening pga. ned-sivning, dog med forbehold for atmosfærisk deposition, se afsnit 2.2. Bortset fra forurening fra maskineri i forbindelse med selve indvindingen er eneste forureningsrisiko i indvindingsfasen derfor horisontal tilstrømning af overfladevand/drænvand fra eksempelvis tilstødende landbrugsarealer – en risiko som er fremhævet i både /1/, /2/ og /3/. Dette potentielle problem kan f.eks. imødegås ved, at der rundt om råstofgraven etableres drængrøfter, hvor nedsivningen af overfladevand kan foregå. Alternativt kan der etableres volde, som blokerer for tilløbet, og bag hvilke nedsivningen kan foregå. Det er desuden vigtigt, at eventuelle eksisterende dræn, som kan lede vand til graven, fjernes. Drænrør ligger dog sjældent over grundvandsspejlet og især ikke i de veldrænedede sedimentter (sand/grus), der normalt er interessante i råstofsammenhæng.

### 2.1 Oliespild fra maskineri

Selve råstofindvindingen udgør en potentiel risiko for grundvandsforurening ved spild af f.eks. dieselolie eller hydraulikolie i forbindelse med uheld. Som det er fremhævet i /2/, er risikoen for sådanne spild uafhængig af, om der indvindes over eller under grundvandsspejlet, men risikoen for at spildt olie ender i grundvandet er størst, når der graves under grundvandsspejlet, idet der her kan forekomme direkte forurening af vandet i gravesøen. Indvindes der over grundvandsspejlet, er der bedre mulighed for hel eller delvis opsamling af et spild, inden det kommer i kontakt med grundvandet, ikke mindst fordi det nødvendige maskineri til opsamling af spildet normalt er til rådighed. Det bemærkes dog, at let olie ikke nødvendigvis er synlig, hvis den bliver spildt under tørgravning. Hertil kommer, at tung olie, som f.eks. smørelolie, har langt mindre vandopløselighed end let olie, hvorfor den relativt lette dieselolie umiddelbart udgør den største grundvandsrisiko ved spild.

I /3/ er beskrevet undersøgelser, hvor vandkvaliteten i 6 danske råstofsøer er undersøgt, bl.a. med henblik på at klarlægge, om råstofgravningen medfører påvirkning med oliestoffer. Konklusionen var, at en sådan påvirkning i ingen af tilfældene kunne påvises. Ved gravning over grundvandsspejlet er der en umættet zone af en vis tykkelse, i hvilken oliestoffer i et vist omfang kan tilbageholdes og nedbrydes, inden de når grundvandet. Således er risikoen for grundvandsforurening med oliestoffer ved tørgravning alt andet lige mindre end ved vådgravning.

De foreliggende undersøgelser peger således på, at risikoen for grundvandsforurening som følge af oliespild i forbindelse med råstofindvinding over grundvandsspejlet er meget lille, men helt udelukke et spild, som kan medføre en lokal grundvandspåvirkning, kan man naturligvis ikke. Samme risiko vil i sagens natur være tilstede efter retableringen, medmindre der ikke anvendes motordrevet maskineri eller lignende på arealet.

Den generelle grundvandsrisiko kan imidlertid minimeres ved at anvende el frem for diesel som drivmiddel. Alternativt kan der anvendes 100 % rent biodiesel, hvilket i de fleste tilfælde er praktisk muligt, men som kræver motorer, der er kompatible med biodiesel. Ligeledes er der mulighed for at anvende særligt miljøvenlige og biologisk nedbrydelige hydraulikolier. Eksempelvis er det i dag et krav fra Naturstyrelsen, at der bruges biologisk hydraulikolie i maskiner, der arbejder i statskovene.

## 2.2 Fjernelse af grundvandets naturlige beskyttelse

Inden råstofindvindingen påbegyndes, afrømmes muldlaget samt det øverste jordlag herunder, og i den forbindelse fjernes eventuelle lerlag, der overlejrer de sand-/gruslag, som der ønskes indvundet fra.

Pløjelaget, dvs. de øverste ca. 30 cm jord, udgør hovedparten af grundvandets beskyttelse imod typiske miljøfremmede stoffer, som f.eks. pesticider. Beregninger i /1/ indikerer således, at mere end halvdelen af det samlede nedbrydningspotentiale for pesticider typisk knytter sig til pløjelaget. Endvidere findes hovedparten af jordlagenes sorptionskapacitet, dvs. evne til at binde og tilbageholde forurening, i de øverste jordlag. Fjernes f.eks. pløjelaget, altså de øverste 30 cm, fra et jordlag af en samlet tykkelse på 10 meter, fjerner man samtidig ca. halvdelen af de samlede 10 m jordlags evne til at tilbageholde miljøfremmede stoffer som f.eks. pesticider (beregnet vha. formel (6) i /1/).

Såfremt der træffes foranstaltninger, så tilstrømning af pesticidholdigt overfladevand fra omkringliggende arealer til graveområdet undgås, er regnvandet eneste mulige kilde til pesticidbelastning. Data fra to målestationer på hhv. Sjælland (Risø) og Midtjylland (Sepstrup Sande) /4/ viser, at ukrudtsmidlet prosulfocarb er det stof, som i størst omfang afsættes ved våddeposition med et årgennemsnit i 2013 på 8,18 µg/m<sup>2</sup>. Antages der en årlig nettonedbør på 300 mm, svarer dette til en gennemsnitlig koncentration i nedsivende regnvand på 0,027 µg/l, hvilket ligger væsentligt under grænseværdien for enkeltstoffer på 0,1 µg/l. Det vurderes derfor, at pesticider tilført via luft og regnvand ikke udgør nogen risiko for grundvandet.

Endelig findes også en vis del af jordens evne til at nedbryde nitrat (nitratreduktionskapacitet) i den umættede zone, selvom nedbrydning (reduktion) af nitrat kun forekommer under iltfattige forhold. Der er imidlertid kun konstateret nitratreduktion over grundvandsspejlet i indtil ca. 3 m dybde, hvorfor denne reduktionskapacitet typisk vil fjernes i forbindelse med råstofgravningen. Ofte regner man med, at skønsmæssigt 15 % af nitratbelastningen fra overfladen kan fjernes (reduceres) i en intakt overjord/umættet zone. Ud fra data i /4/ kan våddepositionen af kvælstof i Nordjylland i 2013 omregnes til 3,9 mg N/l ved en nettonedbør på 300 mm. Antages det, at hele denne mængde kvælstof udvaskes til

grundvandet i form af nitrat, vil koncentrationen være 17,4 mg/l. Dette er væsentligt under drikkevandskravet på 50 mg/l og langt under en typisk udvaskning fra landbrugsjord på omkring 100 mg/l nitrat.

Lerlag over grundvandsspejlet er generelt iltede og opsprækkede pga. udtørring, og via sprækkerne transporteres vandet ofte langt hurtigere igennem sådanne lerlag end igennem sand. Dette er årsagen til, at umættet ler i eksempelvis Naturstyrelsens kortlægning af grundvandets nitratsårbarhed ikke anses for at udgøre nogen beskyttelse af grundvandet. Følgelig kan bortgravning af disse lag ikke anses for at forringe beskyttelsen, men enhver afgravning af sedimenter reducerer naturligvis tykkelsen af den umættede zone, og dermed nedsættes regnvandets opholdstid i den umættede zone, så længe råstofgravningen foregår. Dette medfører et forringet nedbrydningspotentiale for stoffer, der primært nedbrydes ved tilstedeværelse af ilt, eksempelvis oliestoffer.

Såfremt tilløb af overfladevand fra omkringliggende arealer undgås, udgør fjernelsen af en betydelig del af grundvandets naturlige beskyttelse altså ikke noget grundvandsproblem i indvindingsfasen.

### 2.3 Vandkemiske ændringer

Eftersom der afgraves sediment til en vis dybde, vil iltkoncentrationsgradienten, dvs. forskellen i iltkoncentration fra atmosfæren til lige over grundvandsspejlet, forøges. Dermed øges også transporten af ilt til grundvandet ved diffusion, som er en naturligt forekommende udjævning af koncentrationsforskelle. Det vurderes, at effekten heraf på kvaliteten af grundvandet vil være yderst begrænset. Ikke mindst fordi det øverste grundvand stort set altid er iltholdigt.

Da partialtrykket af CO<sub>2</sub> i jord og grundvand typisk er 10-100 gange højere end i atmosfæren, vil afgangningen af CO<sub>2</sub> fra grundvandet til atmosfæren på tilsvarende vis forøges, når afstanden imellem terræn og grundvandsspejl reduceres. Denne afgangning vil medføre en svag pH-stigning i det øvre grundvand, hvilket ligeledes vurderes at være uden praktisk betydning.

De omtalte vandkemiske ændringer er for ubetydelige til i sig selv at kunne gøre grundvand uegnet til drikkevandsforsyning.

## 3 Grundvandsrisiko efter råstofindvinding

Når råstofindvindingen er afsluttet, er der naturligvis ikke længere risiko for olie-spild fra maskineri anvendt i forbindelse med gravningen, og effekten af de vandkemiske ændringer beskrevet i afsnit 2.3 aftager ved efterbehandlingen. I efterbehandlingsfasen udgør en evt. permanent forringelse af grundvandets naturlige beskyttelse således den største potentielle risiko. Hvorvidt dette kan udgøre et problem, som ikke ville være opstået, hvis der ikke havde været gravet råstoffer på lokaliteten, afhænger først og fremmest af den efterfølgende arealanvendelse i det efterbehandlede område i forhold til aktiviteterne før råstofindvindingen. Det er imidlertid muligt at kompensere for den reducerede beskyttelse af grundvandet, som en tyndere umættet zone alt andet lige generelt vil medføre.

Ved reetablering efter råstofindvinding er det normal praksis, at evt. opgravet ler tilbagefyldes, og i den forbindelse kan en del af de naturlige sprækker blokeres. Dermed kan opholdstiden tilsvarende forøges, hvilket i givet fald medfører en bedre beskyttelse af de underliggende lag end før råstofgravningen /1/. Det er dog vigtigt, at leret tilbagefyldes i samme dybdeinterval, som det er opgravet fra, idet nedsivende regnvand i modsat fald blot vil løbe udenom.

Opgravningen af sand/grus fra den umættede zone vil trods efterbehandlingen medføre en lokal permanent sænkning af terrænet og dermed en tyndere umættet zone. De mulige effekter heraf er nærmere beskrevet i afsnit 2.2 og 2.3.

Som det fremgår af afsnit 2.2, er det med henblik på at genskabe grundvandets beskyttelse imod pesticider og nitrat især vigtigt, at muldlaget i videst muligt omfang reetableres.

## 4 Sammenfatning, konklusioner og anbefalinger

### 4.1 Oliespild fra maskineri i forbindelse med råstofgravningen

Under råstofgravning over grundvandsspejlet afrømmes muldlaget, og afstanden fra terræn til grundvandsspejlet reduceres. Dette medfører, at grundvandet bliver mere sårbart over for oliespild fra maskineri under råstofgravningen, idet omfanget af denne forøgede sårbarhed afhænger af, hvor tæt på grundvandsspejlet der graves. Undersøgelser i råstofsøer på 6 danske lokaliteter, hvor der altså indvindes under grundvandsspejlet, hvorved risikoen for grundvandsforurening ved oliespild bliver tilsvarende større, har imidlertid ikke kunnet påvise påvirkning af vandkvaliteten med oliestoffer som følge af råstofindvindingen. Dette indikerer, at den reelle risiko for grundvandsforurening som følge af oliespild ved råstofgravning er forholdsvis lille. Der er umiddelbart følgende muligheder for yderligere at minimere grundvandsrisikoen:

- > Anvende eldrevet maskineri til råstofindvindingen.
- > Anvende biodiesel som drivmiddel.
- > Anvende bioolier som smøre- og hydraulikolie.
- > Undgå at grave tæt på grundvandsspejlet.

### 4.2 Reduktion af grundvandets naturlige beskyttelse

Gennemgangen i de foregående afsnit peger på, at det primære potentielle problem både under og efter råstofgravningen er forringelsen af grundvandets naturlige beskyttelse som følge af opgravning af dele af den umættede zone.

Under råstofindvindingen er det særligt vigtigt at undgå nedløb af overfladevand fra eksempelvis omkringliggende landbrugsarealer i råstofgraven. Der er følgende mulige afhjælpende foranstaltninger:

- > Rundt om råstofgraven etableres drængrøfter, hvor nedsivningen af overfladevand kan foregå.
- > Rundt om råstofgraven etableres der volde, eksempelvis af afrømmet muldjord, som blokerer for direkte tilløb af overfladevand, og bag hvilke nedsivningen kan foregå.
- > Eventuelle eksisterende dræn, som evt. kan lede vand til graven, fjernes.

I efterbehandlingsfasen er der følgende muligheder for at kompensere for den forringelse af grundvandets beskyttelse, som en reduceret tykkelse af den umættede zone medfører:

- > Omhyggelig reetablering af det oprindelige muldlag. Det er således vigtigt ved afrømningen af muldlaget at undgå opblanding med andre sedimenter samt at opbevare den afrømmede muld hensigtsmæssigt i graveperioden.
- > Omhyggelighed ved tilbagefyldning af evt. opgravet ler, dvs. leret skal ligge i samme niveau som tidligere. Tilbagefyldningen kan i sig selv forventes at blokere for en del af lerets naturlige opsprækning, men kompaktering kan yderligere medvirke til, at lerlaget udgør en bedre hydraulisk barriere og dermed beskyttelse af grundvandet end før opgravningen.
- > Minimering af ændringen af den umættede zones tykkelse ved i videst muligt omfang at tilbagefylde frasorteret materiale.
- > Stille vilkår til efterbehandlingen, som reducerer eller eliminerer udvaskningen af nitrat og pesticider.

Nødvendigheden af ovennævnte tiltag afhænger i høj grad af grundvandsrisikoen tilknyttet den fremtidige arealanvendelse. Det vurderes, at en situation hvor et areal udtages af almindelig landbrugsdrift, og efter råstofgravning bliver efterbehandlet til ekstensiv udnyttelse/naturformål, generelt vil medføre en reduceret udvaskning af nitrat og pesticider og dermed have en positiv effekt på grundvandskvaliteten.

### 4.3 Vandkemiske ændringer

Direkte vandkemiske ændringer som følge af råstofgravning over grundvandspejlet begrænser sig til potentielt forøget pH og iltindhold i det øverste grundvand. Dette vurderes ikke i sig selv at kunne påvirke grundvandets anvendelighed til drikkevandsforsyning, og de nævnte effekter aftager, når efterbehandlingen af råstofgraven er afsluttet. Eftersom der graves over grundvandspejlet, hvor der er tilgang af atmosfærisk luft, indebærer råstofindvindingen næppe nogen risiko for iltning af reducerede (iltfri) sedimenter. Hermed undgås eksempelvis den ofte problematiske proces pyritoxidation, som bl.a. kan medføre frigivelse af nikkel og arsen til nedsivende regnvand.

## 5 Referencer

- /1/ Region Syddanmark, 2011. Råstofindvindingens kvalitative påvirkning af grundvand. Teknisk notat. Grontmij A/S, d. 29. august 2011.
- /2/ Region Hovedstaden, 2013. Konsekvenser for grundvandskvaliteten ved råstofindvinding under grundvandsspejlet. Teknisk notat, fase 1. COWI A/S.
- /3/ Region Hovedstaden og Region Midtjylland, 2014. Konsekvenser for grundvandskvaliteten ved råstofindvinding under grundvandsspejlet. Rapport, fase 2. COWI A/S, d. 27. november 2014.
- /4/ DCE, 2013. Atmosfærisk deposition 2013. Novana. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 119