

ENERGINET

# ENERGIØ BORNHOLM LANDANLÆG

RISIKO FOR OG MULIG HÅNDBTERING AF OKKERUDFÆLDNING PÅ  
BORNHOLM

ADRESSE COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

## INDHOLD

1	Indledning	1
2	Baggrund for okkerdannelse	2
3	Konsekvens af okker i vandløb	3
4	Okker-risiko i projektområdet	4
4.1	Historik	4
4.2	Vandhåndtering i projektets driftsfase	7
4.3	Vandhåndtering i projektets anlægsfase	8
4.4	Løsninger på okker-risikoen	10
4.5	Supplerende undersøgelser	11
5	Referencer	12

### 1 Indledning

Som led i etableringen af højspændingsstationen på Bornholm forventes der i anlægsfasen at være behov for midlertidig grundvandssænkning og dræning i dele af projektområdet. Okker er kendt som et særligt problem i området og har tidligere medført okkerbelastning af Risebæk.

BRK (Bornholms Regionskommune) har på den baggrund bedt Energinet redegøre for, hvordan man vil håndtere risikoen for okkerudfældninger ved grundvandssænkning i det planlagte projektområde.

PROJEKTNR.

A235452

DOKUMENTNR.

A235452-MKV-011

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

14. marts 2023

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

JEAL

KONTROLLERET

LAFN

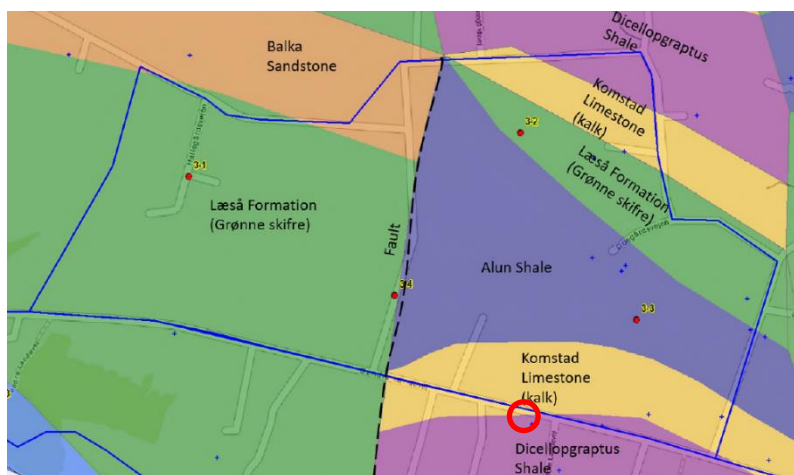
GODKENDT

ANE

## 2 Baggrund for okkerdannelse

Okker kan man visse steder i Danmark kan se som en rødfarvning af sedimenter i åer og bække. Det kommer fra jernholdige forbindelser i jordbunden, og ofte er det pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), der er kilden til jern (Fe) (samt svovl, S).

I projektområdet er der ca. 10% pyrit i de prækvartære aflejringer af alunskifer, som stedvist findes få meter under terræn i projektområdet (det er benævnt Alun Shale på Figur 2-2 og Figur 2-2), /5/. Alunskiferen har historisk været anvendt til fremstilling af jernvitriol. Der er også pyrit i Komstad kalken, /6/, der kan findes i terræn, bl.a. i et gammelt kalkbrud ved Søndre Landevej, se Figur 2-1. Kalkbruddet ligger umiddelbart øst for Risebæk.

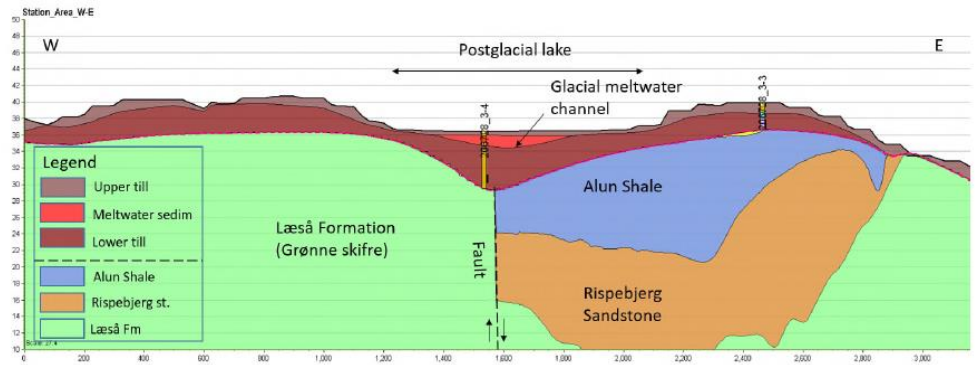


Figur 2-1 Prækvartære aflejringer i projektområdet, /4/. Gammelt kalkbrud er vist med rød cirkel.

Endelig er der også jern i mineralet glaukonit, som findes i de grønne skifre i den vestlige og nordøstlige del af undersøgelsesområdet, se Figur 2-1. De nævnte aflejringer findes ligeledes få meter under terræn.

Pyrit og glaukonit må formodes at kunne være opblandet i et vist omfang i de overlejrede kvartære lag, men næppe i mængder, der giver store okkerproblemer. I de underliggende prækvartære lag kan de stærkt jernholdige aflejringer ligge bundet i jorden stort set permanent, hvis ilten er lukket ude. Hvis grundvandsstanden sænkes, er der imidlertid mulighed for at ilt fra luften kan nå ned til mineralet, hvorved der ved iltning af mineralet kan ske en frigørelse af bl.a. jern til drænvandet.

Jernet opløses i grundvandet i en form, der kaldes ferrojern, eller opløst jern, og som ikke kan ses i vandet. Med pyrit som kilden til jernet vil udvaskningen af svovl samtidig gøre vandet surt. Problemer af denne karakter er specielt stort i dele af Jylland, men typisk er der et vist indhold af jern i grundvandet overalt i Danmark.



Figur 2-2 Geologisk snit vest-øst gennem projektområdet, /4/

Sænkning af grundvandsstanden kan f.eks. optræde i forbindelse med permanente dræningsprojekter eller midlertidige grundvands-sænkninger i forbindelse med anlægsprojekter. Ved permanent drænede marker iltes det meste af pyriten på den tørre årstid, dvs. i sommerhalvåret, hvor grundvandet står lavest, men det opløste jern skyller typisk først ud i vandløbene, når grundvandet står højere, og finder vej til drænrørene, dvs. i vinterhalvåret.

Når drænvandet ender i recipienten (et vandløb), kan det opløste jern sammen med ilt danne ferrihydrit, eller okker ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), som udfældes. Der kan også dannes mange andre jernkomplekser, /9/, som ikke skal omtales nærmere her.

Opløst jern iltes langsommere, jo lavere temperaturen er, og derfor kan jernet om vinteren nå længere ned gennem vandløbet end om sommeren, inden det udfældes, /1/.

### 3 Konsekvens af okker i vandløb

Opløst jern eller ferrojern er dødeligt for mange smådyr, ørred-æg og yngel. Opløst jern kan iltes på fiskenes gæller, hvor det lægger det sig som et tæt lag okker, som ilten ikke kan trænge igennem, hvilket kan medføre, at fiskene dør af "okkerkvælning". Det samme kan ske med smådyrene, der også får et "okkerpanser" på, /1/. Af disse grunde er der sat grænseværdier for, hvor meget jern der må være i vandløbene, afhængig af vandløbenes målsætning. Naturstyrelsen nævner følgende grænser for opløst jern i vandløb, /2/:

- > Døgnfluer, slørvinger og andre smådyr dør ved okkerbelastninger på 0,2 - 0,5 mg ferrojern/l.
- > Æg og yngel af ørreder påvirkes negativt ved koncentrationer over 0,5 mg ferrojern/l
- > Store ørreder kan tåle lidt mere, men ved koncentrationer over 2 mg ferrojern/l dør fisk og andet dyreliv.

Grænseværdierne gælder for vinterforholdene, hvor der er størst afstrømning og dermed højest okkerindhold. I forhold til vandløbsmålsætning er grænseværdierne bl.a. beskrevet af Hedeselskabet i 1998 i /3/, se Tabel 3-1. Tabellen er

udarbejdet for jyske vandløb, men vil også kunne anvendes for Risebæk og andre bornholmske vandløb.

Tabel 3-1 Vejledende grænseværdier for vandløb i de jyske amter /3/

Vandløbets målsætning	Grænseværdi for indholdet af ferrojern (vintergennemsnit) <sup>1)</sup>	Maksimal forøgelse af ferrojernindholdet ved gennemførelse af drænprojekter.
A Særligt naturvidenskabeligt interesseområde.	0,2 mg/l	0 mg/l
B <sub>1</sub> Gyde- og yngelovvækstområde for laksefisk.	0,2 mg/l	0,1 mg/l
B <sub>2</sub> Laksefiskevand.	0,2 mg/l	0,1 mg/l
B <sub>3</sub> Karpefiskevand.	0,5 mg/l	0,1 - 0,2 mg/l
C Vandløb, der skal anvendes til afledning af vand.	Ingen grænseværdi <sup>2)</sup>	Individuelt <sup>2)</sup>
D Vandløb, påvirket af spildevand.	Ingen grænseværdi	0,1 mg/l
E Vandløb, der er påvirket af vandindvinding.	Ingen grænseværdi	0,1 mg/l
F Vandløb, der er påvirket af okker.	Ingen grænseværdi	0 mg/l <sup>4)</sup>
Ikke målsat vandløb	Ingen grænseværdi <sup>3)</sup>	Individuelt <sup>2) og 3)</sup>

1) Gennemsnittet af målte ferrojernkoncentrationer i perioden oktober til april.

2) Vurderes ud fra de op- og nedstrøms liggende vandløbs kapacitet til yderligere belastning.

3) Det eksisterende plante- og dyrelivs vilkår må ikke forringes.

4) Kortvarige udledninger af jernholdigt grundvand kan accepteres.

Der er senere, i 2008, gennemført en analyse af sammenhængen mellem okkerbelastningen i vandløb og DVFI med henblik på at finde en grænseværdi for ferrojern (gennemsnitlig vinterkoncentration) i forhold til at opnå god økologisk kvalitet, /8/. Konklusionen af analysen er, at der i vandløb med krav om godt faunapotential, dvs. DVFI  $\geq 5$ , generelt kræves en vinterkoncentration af ferrojern på højst 0,5 mg/l.

Udover at opløst jern kan slå organismer i vandløbene ihjel, kan okkerdannelse ses som et æstetisk problem, idet rødvarningen af vandløbets bund og omgivelser er meget dominerende og giver indtryk af et usundt miljø.

Med hensyn til ferrojern i grundvandet antages det iflg. /3/, at en dræning ikke medfører jernudvaskning som følge af udledning af jernholdigt grundvand, hvis det gennemsnitlige ferrojernindhold i grundvandet er mindre end eller lig med 5 mg/l. Hvis ferrojernindholdet er større, anbefales det, at der foretages en modelberegning for at vurdere, om der vil ske en okkerbelastning af recipienten.

## 4 Okker-risiko i projektområdet

### 4.1 Historik

I det aktuelle område gennemførte man i 1983 et projekt, der medførte en hidtil uset okkerforurening i Risebæk. I forbindelse med vejudvidelse og etablering af cykelvej langs Søndre Landevej uddybede man Risebæk og lagde rørunderføringen af Risebæk et stykke dybere, så lodsejerne nord for landevejen kunne få markerne drænet bedre, /7/, Se Figur 4-1. Hedeselskabet stod for drænings-

projektet, som på det tidspunkt var det næststørste på Bornholm, og som indebar 11 km hoveddræn og rørlægning af vandløb og grøfter. Ved landevejen blev Risebæk uddybet ved sprængning af en 50 m lang strækning i de prækvartære aflejringer, som her bestod af Komstad kalken. De enkelte lodsejere stod efterfølgende selv for detaildræning af markerne. Den detaljerede placering af drænene er ikke kendt, men formodes overordnet set at være som vist på Figur 4-2.

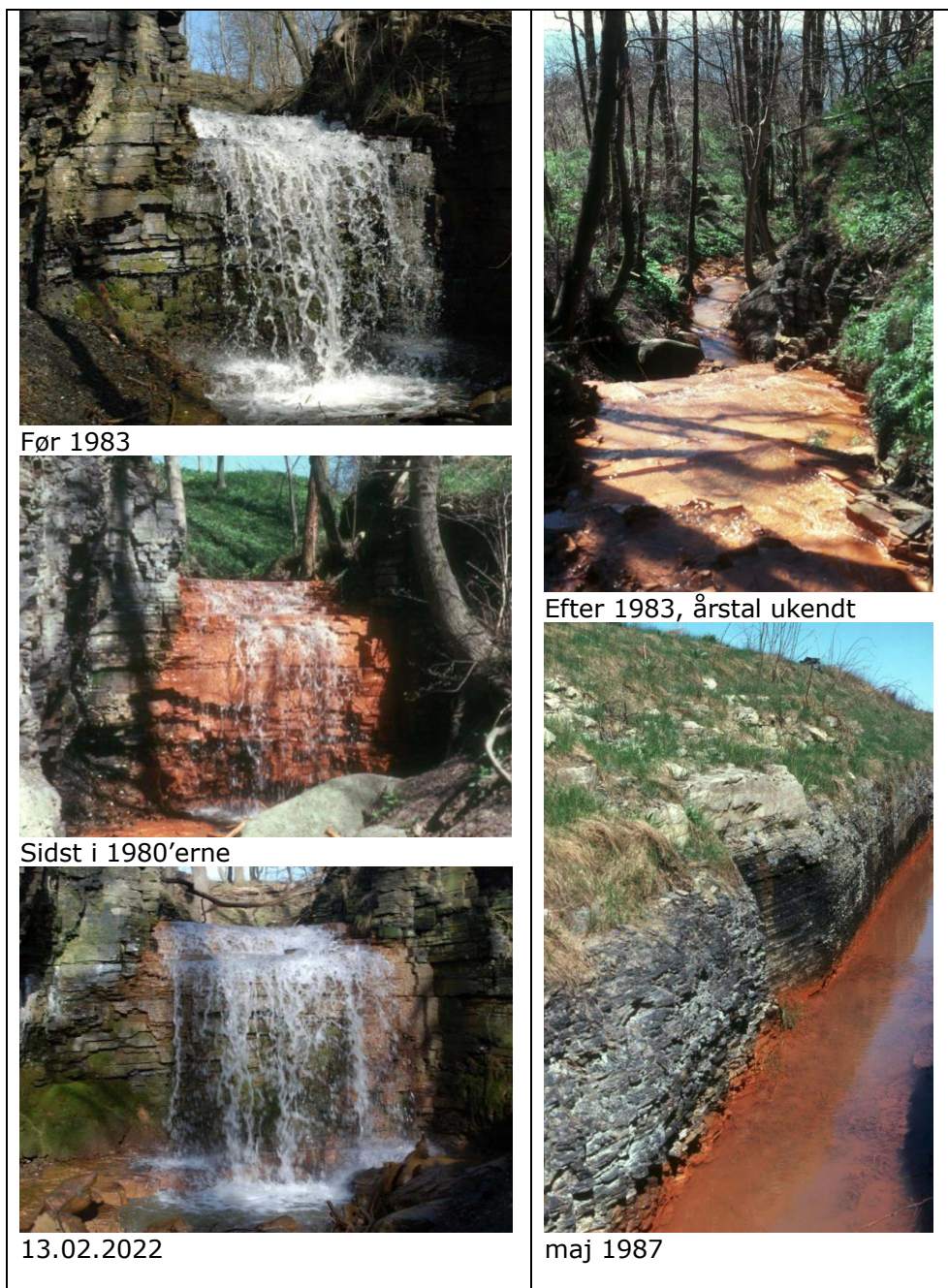


Figur 4-1 Sprængning under Risebæk, /7/



Figur 4-2 Formodet udbredelse af dræn i området (BRK, 02.03.2023)

Det nævnte dræningsprojekt medførte en kraftig okkerbelastning af Risebækken, som nu efter 40 år stadig ses som en stedvis rødfarvning af klipperne i bækken, dog i langt mindre omfang end i de første år efter dræningen. Så vidt vides blev der ikke udtaget vandprøver eller målt på jernindholdet i forbindelse med dræningen, men som det ses på billeder fra sidst i 80'erne (Figur 4-3), var okkerudfældningen udtalt i mange år efter gennemførelse af dræningsprojektet. Ved besigtigelse i 2022 /10/ kunne COWI konstatere, at problemet stadig består, og at det ikke var muligt at bestemme et faunaindeks (DVFI) for Risebæk pga. okkerbelastningen, se Figur 4-4.



Figur 4-3 Okker i Risebæk. Alle billeder fra /7/.

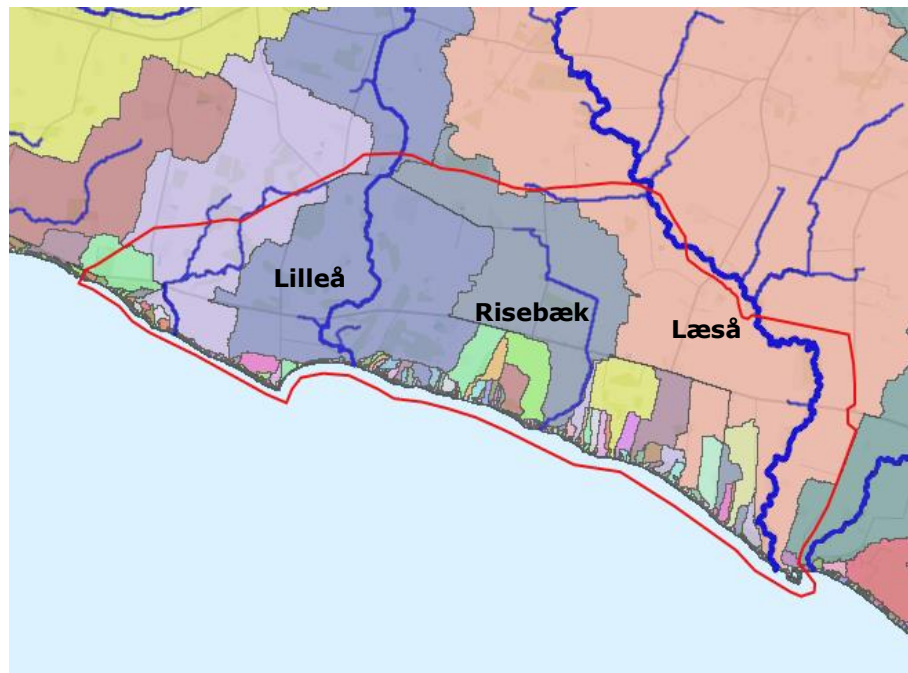


Figur 4-4 Okker i Risebæk. COWI besigtigelse 14. april 2022.

## 4.2 Vandhåndtering i projektets driftsfase

Ved drift af højspændingsstationen er der ikke det samme behov for dræning, som der er ved drift af det landbrugsareal, der er i dag, selv om vand på terræn skal undgås. Det skal dog tilstræbes, at de omkringliggende lodsejeres mulighed for eksisterende dræning ikke ødelægges af projektet, og af denne grund kan der være behov for at bibeholde, omlægge eller udskifte eksisterende hoveddræn.

Inden for undersøgelsesområdet er der udover Risebæk to andre navngivne vandløb; Lilleå og Læså. Alle tre vandløb kan være aktuelle som recipienter, når der skal udledes regnvand fra projektområdet. Som det ses af *Figur 4-5*, er den centrale del af undersøgelsesområdet beliggende inden for oplandet til Risebæk.



*Figur 4-5* Strømningsveje og vandløbsoplande.

Ved besigtigelse i april 2022 blev DVFI beregnet til 5 for Lilleå og 6 for Læså, hvilket svarer til god økologisk tilstand, /10/. Risebæk kunne ikke vurderes pga. okkerbelastning.

I den geotekniske undersøgelse af området, /4/, er grundvandet ikke truffet højere end 1,9 m under terræn, målt i november 2022. Det kan erfaringsmæssigt stå højere i foråret, men forventes ikke at nå op i et niveau, der kræver permanent dræning. Dybden til det målte grundvandsspejl kan være påvirket af de eksisterende dræn på arealerne, hvilket der skal tages hensyn til i planen for området.

Der vurderes ikke at være behov for etablering af nye permanente dræn i de prækvartære aflejringer.

Skulle der opstå et behov for permanent dræning lokalt på højspændingsstationen, vil det være begrænset til de terrænnære, kvartære lag, hvor der pga. det udbredte moræneler ikke vil være væsentlig tilstrømning af vand, og hvor der

ikke forventes problematisk indhold af jern. Dræning af denne karakter vil derfor kunne sidestilles og håndteres sammen med bortledning af regnvand på arealet.

Regnvand på tage og befæstede arealer vil blive ledt til regnvandsbassin og herfra til recipient. Der vil ikke være okkerproblemer relateret til denne vandmængde. Udledningens størrelse fra bassinet vil blive tilpasset de krav, der fastsættes for recipienten.

### 4.3 Vandhåndtering i projektets anlægsfase

I anlægsfasen skal der udover regnvand håndteres grundvand fra udgravninger, i det omfang, udgravning sker under grundvandsspejlet.

#### Inden for stationsområdet

Der er bæredygtige lag mindre end 0,5 m under nuværende terræn, /4/, dvs., der kan generelt anvendes direkte fundering, hvilket reducerer behovet for midlertidig grundvandssænkning i anlægsfasen til et minimum, da grundvandet generelt står dybere end 0,5 m under terræn.

I anlægsfasen vil der blive foretaget en udjævning af terrænet. I den forbindelse vil det være vigtigt, at der ikke afgraves i prækvartære lag under grundvandsspejlet.

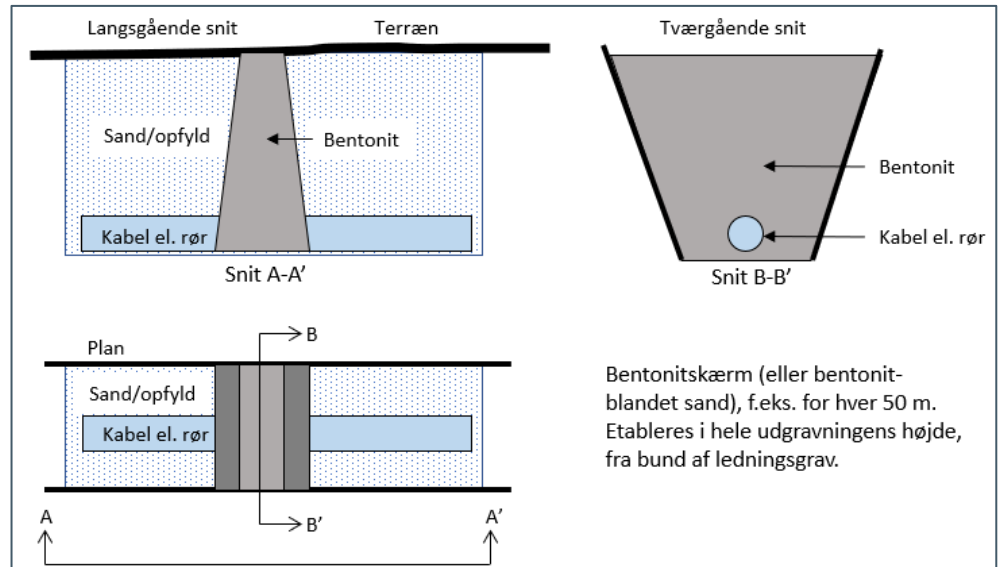
Der vil være behov for at grave ud til fundamenter, kabler, afvandingsledninger og ved etablering af regnvandsbassin samt evt. udskiftning af bløde aflejringer. Omfang og placering er ikke fastlagt p.t. Afvandingsledninger skal i denne sammenhæng forstås som tætte ledninger til bortledning af regnvand. Der forventes ikke etableret nye dræn, dog kan der som nævnt være behov for at bibeholde, udskifte og omlægge eksisterende dræn.

Udgravning til **fundamenter** forventes hovedsageligt at ske over grundvandsspejlet. Nogle udgravninger vil dog formentlig nå under grundvandsspejlet, hvor dette lokalt og periodisk står højt, og i det tilfælde vil der være behov for tørholdelse af udgravning, ligesom regnvand skal håndteres og bortledes. I tilfælde af udgravning i kvartære lag vil der generelt være tale om lerede lag og dermed kun lille vandtilstrømning, forventeligt med normalt lavt indhold af opløst jern.

Udgravning til **kabler** på selve højspændingsstationen forventes hovedsageligt at ske over grundvandsspejlet.

Udgravning til **afvandingsledninger** vil pga. krav til minimumsfald i ledningerne kunne medføre, at de nederst i ledningstracéet kommer under grundvandsspejlet. Ledningerne er tætte, men ved opfyldning af udgravningstracé med sand og grus kan der opstå en drænende effekt uden om ledningerne. Dette kan imødegås ved etablering af tætte "skot" af ler f.eks. pr. 50 m i ledningstracéet, som vist på Figur 4-6.





Figur 4-6      Metodik til at hindre dræning på langs af ledningstracéer.

Udgravning til **regnvandsbassin** vil blive planlagt sådan, at der ikke graves ned i de prækvartære lag, da dette med stor sandsynlighed vil føre til langvarige okkerproblemer. Det nødvendige volumen af bassinet vurderes at kunne opnås i de kvartære, lerede lag, ved om nødvendigt at mindske dybden og øge arealet af bassinet. Der kan blive tale om flere bassiner, men med samme princip.

Udgravning for **udskiftning af bløde aflejringer** kan være relevant i tidligere moseområder, men omfanget afhænger af bygningsplaceringer og er ikke fastlagt endnu. I tilfælde af behov for fundering i områder med bløde postglaciale aflejringer vil disse formentlig blive helt eller delvist udskiftet med grus el. lign, hvilket kan kræve midlertidig grundvandssænkning. Udskiftningen vil ske ned til de geoteknisk bæredygtige, glacielle aflejringer af moræneler.

#### Uden for stationsområdet

Mellem stationsområdet og havet etableres der transmissionskabler i jorden. Disse etableres i et vist omfang ved HDD (horisontal directional drilling eller styret underboring) og ellers ved gravning. I begge tilfælde er det vigtigt at undgå en drænende effekt omkring kablerne.

Ved HDD-metoden etableres kablerne i en tæt, bentonitbaseret indkapsling, som modvirker efterfølgende dræning langs kablerne. Ved boring i prækvartære aflejringer under grundvandet vil der kunne ske iltning af jernholdige jordlag, som kan føre til et indhold af ferrojern i boremudderet. Boremudderet recirkuleres i boreprocessen, og der forventes kun at være et mindre overskud af boremudder, som bortskaffes i containere. Bortledning af grundvand forventes ikke at være aktuelt i den sammenhæng.

Ved udgravning af kabeltracéer under grundvandsspejlet etableres der med mellemrum tværgående skot af ler, som allerede nævnt ved etablering af afvandsledninger, se Figur 4-6. Dette vil modvirke efterfølgende dræning langs kablerne i driftsfasen. Ved gravning under grundvandsspejlet i de kvartære lerlag forventes kun lav tilstrømning og ingen okkerproblemer. Ved gravning (eller

evt. sprængning) under grundvandsspejlet i prækvartære skifre og kalk forventes der en lav til moderat tilstrømning og samtidig en iltning af jernholdige mineraler, dvs. der kan forventes et højt indhold af opløst jern i det vand, der skal håndteres.

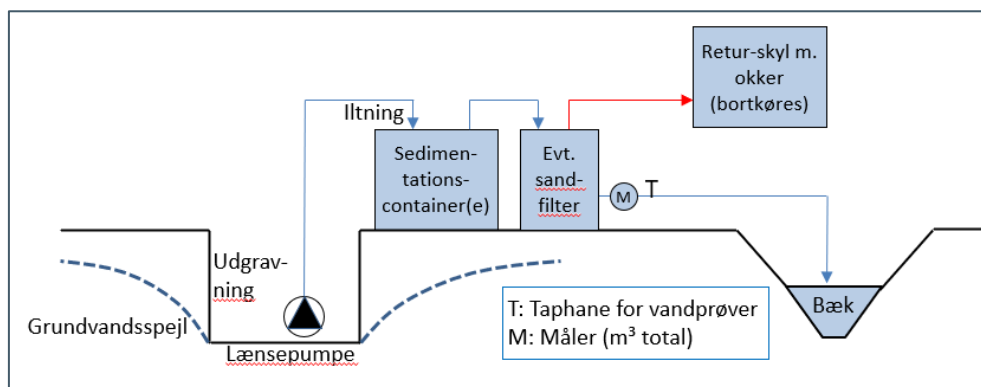
#### 4.4 Løsninger på okker-risikoen

Som det ses af det foregående, er risikoen for okkerdannelse reel, og den skal imødegås, så projektet ikke medfører yderligere okkerbelastning af vandløbene i området end den, der allerede findes. Som det også er beskrevet, vurderes okker-risikoen at være begrænset til anlægsfasen, da der ikke vil ske dræning i driftsfasen udover hvad der finder sted fra de omkringliggende områder i dag. Risikoen for utilsigtet dræning i driftsfasen kan imødegås ved foranstaltninger i anlægsfasen som beskrevet nedenfor.

Der findes velafprøvede løsninger på håndtering af jernholdigt vand fra grundvandssænkning. I det omfang, det er muligt at planlægge, vil behovet for grundvandssænkning blive minimeret, så man herved får minimeret den vandmængde, der skal håndteres. For de midlertidige grundvandssænkninger, der nødvendigvis må foretages, vil der før udledning til recipient blive iværksat vandbehandling, som beskrevet i det følgende.

##### Inden for stationsområdet

Bortledning af vand i anlægsfasen inden for stationsområdet vil ske via containere opstillet til formålet, sådan at vandet behandles ved iltning og sedimentering i disse inden videre udledning til recipient, evt. via eksisterende hoveddrænrør. Herved tilbageholdes den udfældede okker, uden at der tilsættes kemiske hjælpemidler til vandet, idet iltningen sker ved hjælp af den omgivende luft. Antallet af containere afpasses i forhold til gennemstrømningen og jernindholdet, så der opnås tilstrækkelig sedimentation af okker inden udledning. Om nødvendigt kan tilbageholdelsen af okker forbedres vha. halmballer i containerne eller ved etablering af sandfiltrering inden udledning til recipienten. Returskyl med okker herfra kan enten opbevares i bassiner eller containere inden det køres bort.



Figur 4-7 Principet i jernfjernelse ved grundvandssænkning i området

Fra sedimentationscontainernes ind- og udløb udtages der vandprøver til analyse i forbindelse med udledningen, så det løbende sikres og dokumenteres, at vandbehandlingen fjerner det opløste jern.

Den største risiko for at komme ned i prækvartære aflejringer i anlægsfasen vurderes at være knyttet til udgravning for afvandingsledninger. Ved afslutning af den grundvandssænkning, der eventuelt etableres til dette formål i anlægsfasen, vil vandspejlet nå tilbage til det naturlige niveau, og der vil herefter ikke være noget udløb af grundvand til terræn eller vandløb. Der forventes derfor ikke at opstå en permanent belastning af recipienten med okker i driftsfasen.

#### Uden for stationsområdet

Bortledning af vand, enten ved læsepumpning eller ved grundvandssænkning fra korte borer, vil blive tilrettelagt sådan, at vandet iltes og sedimenteres i containere inden videre udledning til recipient. Antallet af containere samt evt. anlæg til supplerende okkerfjernelse afpasses til det målte jernindhold, så kapaciteten løbende er tilstrækkelig til, at det udledte vand opfylder udledningskravene, herunder sådan at udfældning af okker i recipienten undgås.

Ved eventuel udgravning i de prækvartære lag vil det blive sikret, at der ikke sker en permanent dræning, f.eks. ved tværgående lerskot, som nævnt tidligere. Ved afslutning af den grundvandssænkning, der eventuelt etableres til dette formål i anlægsfasen, vil vandspejlet nå tilbage til det naturlige niveau, og der vil herefter ikke være noget udløb af grundvand til terræn eller vandløb. Projektet forventes derfor ikke at medføre en permanent belastning af recipienten med okker i driftsfasen.

## 4.5 Supplerende undersøgelser

Der forventes udtaget vandprøver fra de borer, der er udført, så man kan få en forbedret vurdering af risikoen for jernudvaskning ved tørholdelse af midlertidige udgravninger. I den forbindelse vil det også være relevant at udtage en prøve af drænvandet fra det eksisterende hoveddræn, inden det når Risebæk, hvis dette er muligt. Prøverne kan suppleres med nye prøver på en anden årstid for yderligere at forbedre beskrivelsen af de grundvandskemiske forhold. Indholdet af ferrojern vil formentlig være højest i foråret og lavest sidst på sommeren.

Der forventes følgende analyseprogram:

> pH (surhedsgrad, feltmålt)	> N Total (kvælstof)
> Redoxpotentiale, feltmålt	> NO <sub>3</sub> (nitrat)
> HCO <sub>3</sub> (alkalinitet)	> NH <sub>4</sub> (ammonium)
> Fe total (jern)	> SO <sub>4</sub> (sulfat)
> Fe, opløst	> P (fosfor)

## 5 Referencer

- 1 [Okker](#). Et vandløbsproblem, vi kan gøre noget ved. Ringkjøbing Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Herning Kommune, Holstebro Kommune, 2004
- 2 [Okkerbekæmpelse \(naturstyrelsen.dk\)](#)
- 3 [Okkerundersøgelser](#). Forskrifter for vedligeholdelse af okkerbelastede vandløb. Hedeselskabet for Miljøstyrelsen 1998
- 4 Energy Island Bornholm. Pre-investigations for landing, cable route and station area. Report 11: Station area, GEO, dec. 2022
- 5 <https://denstoredanske.lex.dk/alunskifer>
- 6 <https://naturenidanmark.lex.dk/Ordovicium>
- 7 [Skelbro - Risebæk | 367 ture](#)
- 8 [Okkerværktøjskasse](#). Miljøcenter Ribe og Miljøcenter Ringkøbing, 2008.
- 9 Jernforbindelser i grundvand - 30 års erfaringer med jernfjernelse. Geologisk Nyt, 2007
- 10 Energiø Bornholm. Naturkortlægningsrapport. COWI, december 2022.