PV\ NATUR & MILJØ RÅDGIVNING F.R.I

FORENINGEN AF RÅDGIVENDE INGENIØRER

OKKERFORUNDERSØGELSE BØLLING SØ KANAL

OG SKYGGE Å/ KARUP Å



Retablering af afløbet fra Bølling Sø gennemført i 2016, Bølling Sø Kanal ses i baggrunden

REKVIRENT:

IKAST-BRANDE KOMMUNE

VEJ OG NATUR

SJÆLLANDSGADE 6

DK 7430 IKAST

TLF. +45 9960 3380

erbra@ikast-brande.dk

KONSULENT:

PV\ NATUR & MILJØ RÅDGIVNIN

PEDER VAGN NIELSEN

KATBALLEVEJ 14

DK 8800 VIBORG

TLF 8666 7297-MOBIL 2943 6697

PVNIELSEN@ENERGIMAIL.DK

PV Natur & Miljø Rådgivning F.R.I

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indholdsfortegnelse

INDHOLDSFORTEGNELSE 1

BILAGSFORTEGNELSE, KORT OG TEGNINGER 2

0.0 SAMMENDRAG OG KONKLUSION 3

1.1 INDLEDNING OG BAGGRUND 4

1.2 FORMÅL 4

2.0 HISTORIK OVER KEMIDATA I RECIPIENT FOR BØLLING SØ OPLAND. 4

2.1 AFVANDING OG NATURRESTAURERING. 4

2.2 REGISTERING AF FORELIGGENDE KEMIDATA 1995-2020. 5

2.3 REGISTERING AF AFSTRØMNING OG STOFTRANPORT I KARUP Å 2017-2020 10

3.0 FELTARBEJDE OG JORDBUNDSUNDERSØGELSER 11

3.1 PLANLÆGNING OG OPMÅLINGER 11

3.2 PRØVETAGNING OG JORDBUNDSDATA 12

4.0 RECIPIENTFORHOLD OG PRØVETAGNING 13

4.1 PLANLÆGNING AF KAMPAGNEMÅLINGER 13

4.2 GENNEMFØRTE KAMPAGNEMÅLINGER 14

5.0 BASISANALYSE FOR VANDOMRÅDEPLANER 2015-2021 14

6.0 KEMISKE ANALYSER 15

6.1 JORDPRØVER MV. 15

6.2 VANDPRØVER I RECIPIENT 15

7.0 RESULTATER 17

7.1 JORD 17

7.2 VANDPRØVER I BØLLING SØ 18

7.3 VANDPRØVER I RECIPIENT 19

8.0 RISIKOVURDERING 20

8.1 GRÆNSEVÆRDIER VEDRØRENDE OKKER 20

9.0 DISKUSSION OG KONKLUSION 21

9.1 JORDANALYSER 21

9.2 VANDKVALITET I BØLLING SØ 24

9.3 VANDKVALITET I BØLLING SØ KANAL OG SKYGGE Å 25

9.4 VANDKVALITET I SKYGGE Å/ KARUP Å - EN FORELØBIG PERSPEKTIVERING 28

10.0 REFERENCELISTE..... 30

BILAGSFORTEGNELSE, KORT OG TEGNINGER

Bilag 1.0	Oversigtskort Bølling Sø Recipientdata	1:15.000 A4
Bilag 1.1	Oversigtskort Bølling Sø Karup Å-Skygge Å og Bølling Sø	1:15.000 A4
Bilag 1.2	Oversigtskort Bølling Sø Okkerpotentiale og data	1:5.000 A3B
Bilag 2.0	Optegning af kemidata	A2B
Bilag 3.0	Oversigtskort Bølling Sø Afløb recipient	1:10.000 A3H
Bilag 3.1	Oversigtskort Bølling Sø Kanal Det nære vandløbsopland	1:10.000 A3B
Bilag 3.2	Oversigtskort Bølling Sø Afløb recipient	1:2.000 A3B
Bilag 4.0	Borejournal 2020 jordbundsundersøgelse	3 sider
Bilag 5.1	Analyserapport eurofins jordbund 09/12/20	1 side
Bilag 5.2	Analyserapporter eurofins recipient 16/12/20	1x sider
Bilag 5.3	Analyserapporter eurofins recipient 24/03/21	1x sider
Bilag 6.0	Stoftransport i Bølling Sø Kanal og Skygge Å	1:10.000 A2B
Bilag 7.0	Klimabilag vedr. nedbør mv 2011-2020	3 sider

Rapport_okkerundersøgelser070521.docx

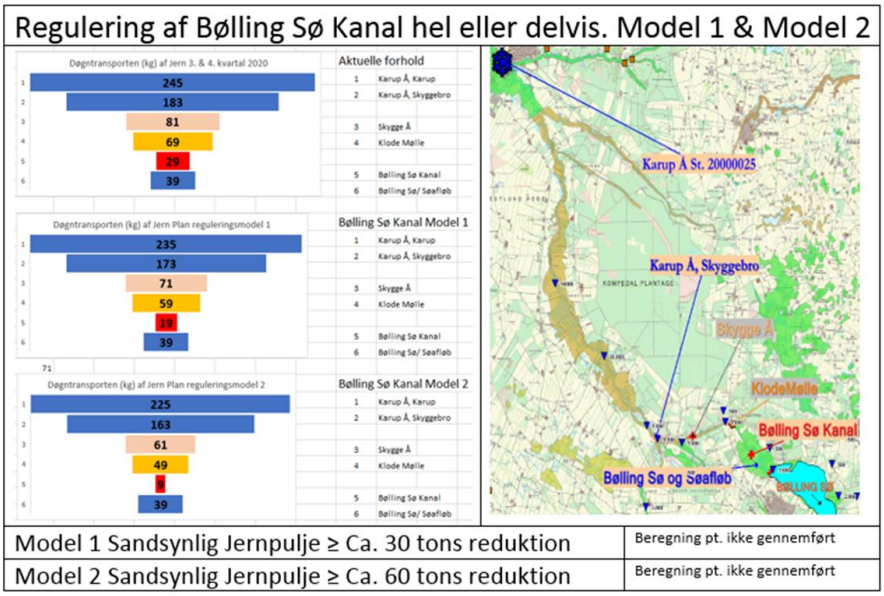
0.0 SAMMENDRAG OG KONKLUSION

Baggrundsbelastningen af okker fra Bølling Sø er på ca. 50 % i Skygge Å og på ca. 30 % i Karup Å og kan vanskeligt ændres. Imidlertid kan potentialet for at reducere okkerbelastningen ved yderligere vandløbsregulering nedstrøms Bølling Sø være betydelig. Afhængigt af reguleringsomfang kan potentialet vurderes på baggrund af de tilvejebragte data og beregninger. Regulering af Bølling Sø Kanal opstrøms Klode Mølle har potentiale til at reducere okkerbelastningen med i størrelsesordenen 20-40 % i Skygge Å og med 10-25 % i Karup Å umiddelbart nedstrøms Skygge Bro. Regulering af ca. 700 lbm. af Bølling Sø Kanal umiddelbart nedstrøms Bølling Sø har potentiale til at reducere okkerbelastningen med i størrelsesordenen 10-20 % i Skygge Å og med 4-12 % i Karup Å umiddelbart nedstrøms Skygge Bro.

Der er tilvejebragt data ved jordbundsundersøgelse i et delområde, som tillader diverse modelberegninger for yderligere vandløbsreguleringer af den dybtliggende Bølling Sø Kanal på strækningen fra Bølling Sø til Klode Mølle. Beregninger er dog pt. ikke foretaget, men der kan visualiseres mulige konsekvenser ved gennemførelse af reguleringsskitser for Bølling Sø Kanal efter

- Model 1 (Bølling Sø Kanal ca. 1 km delstrækning opstrøms) &
- Model 2 (Bølling Sø Kanal ca. 1,5 km delstrækning nedstrøms).

De foreløbige data viser, at potentialet for at reducere okkerbelastningen ved yderligere vandløbsregulering nedstrøms Bølling Sø vil være betydelig med en sandsynlig størrelsesorden på 10-20 kg Jern/dag. De registrerede aktuelle forhold på døgntransporten i 3. og 4. kvartal 2020 samt en perspektivering ved reguleringsmodeller af Bølling Sø Kanal er visualiseret i nedenstående figur 9.4.1.



1.1 INDLEDNING OG BAGGRUND

PV\ Natur & Miljø Rådgivning har for Ikast-Brande Kommune udført en okkerundersøgelse på arealer ved Bølling Sø Kanal. De matrikulære arealer (matr.nr. 2c Stenholt By, Engesvang og 2ar Engesvang By, Engesvang) udgør ca. 44 ha og undersøgelsen omfatter delarealer på i alt ca. 2 ha. Det drejer sig om de vandløbsnære arealer på en ca. 300 m lang delstrækning af den regulerede og genslyngede Bølling Sø Kanal, hvor denne ligger i ca. 1-2 m dybde. Ikast-Brande Kommune har via de seneste analysedata (sommerdata, synkrone analyser 4 lokaliteter) dateret 31 august 2020 sandsynliggjort, at der forekommer en ikke uvæsentlig pyritiltning mellem prøvestederne VP1 og VP2, måske også mellem VP2 og VP3 på trods af, at deloplandene alene er klassificeret som okkerklasse 4 (ingen risiko): 675 ha. Oversigt over diverse prøvelokaliteter er blandt andet vist i bilagene 1.0, 1.1 og 1.2.

1.2 FORMÅL

Undersøgelsen har som primært formål at tilvejebringe dokumentation for jordbundens pyritindhold og at give en vurdering af potentialet for pyritoxidation samt udledning af jern (okker) til recipient ved uændrede afvandingsforhold i Bølling Sø oplandet samt oplandet til Bølling Sø Kanal. Samtidig ønskes gennemført beregninger af stoftransporten mv. i Bølling Sø Kanal og i Skygge Å på delstrækninger nærmest Bølling Sø og undersøgelser af vandkvaliteten i Bølling Sø.

2.0 HISTORIK OVER KEMIDATA I RECIPIENT FOR BØLLING SØ OPLAND.

2.1 AFVANDING OG NATURRESTAURERING.

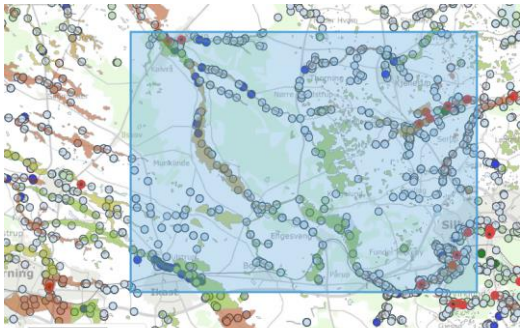
Bølling Sø er beliggende i vandskellet mellem Karup Å og Funder Å. Bølling Sø blev retableret i 2005 med et vandspejl i ca. kote 67,25 m DNN. DVS. at grundvandsstanden i søen og dens nærmeste omgivelser har ligget på et niveau i eller over nævnte kote siden 2005. Lavbundsarealerne i dette område er klassificeret som okkerklasse 4, hvor der ikke forventes at forekomme væsentlig pyritiltning af jern i jordbunden ved varierende grundvandsforhold. Det kan naturligvis ikke udelukkes, at dette alligevel vil kunne ske lokalt. Ved retablering af søen kan der være sket små ændringer af grundvandstrømninger i området,



- *1.Figur 2.1 Grøn Okkerklasse 4, Brun Okkerklasse 2 og Lime Okkerklasse 3*

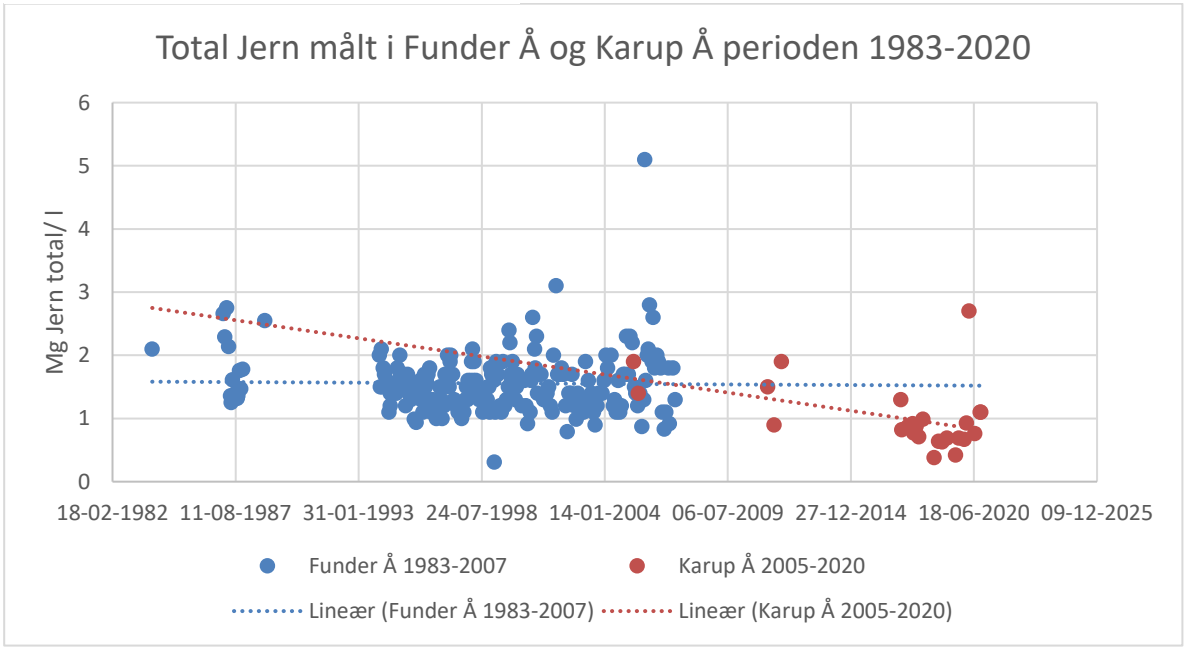
hvilket potentielt vil kunne påvirke udledningen af jernholdigt grundvand til recipienten. Det må imidlertid forventes, at eventuelt forekommende pyritholdige jordlag i meget betydelig udstrækning er blevet forseglede under det permanente søvandspejl og den forhøjede grundvandsstand i et delopland måske op til 0,5 km^2 stort og således ikke længere bidrager til udledningen af jernholdig afstrømning til recipienten. Alt andet lige må forventes en aftagende okkerbelastning i recipienten.

2.2 REGISTERING AF FORELIGGENDE KEMIDATA 1995-2020.

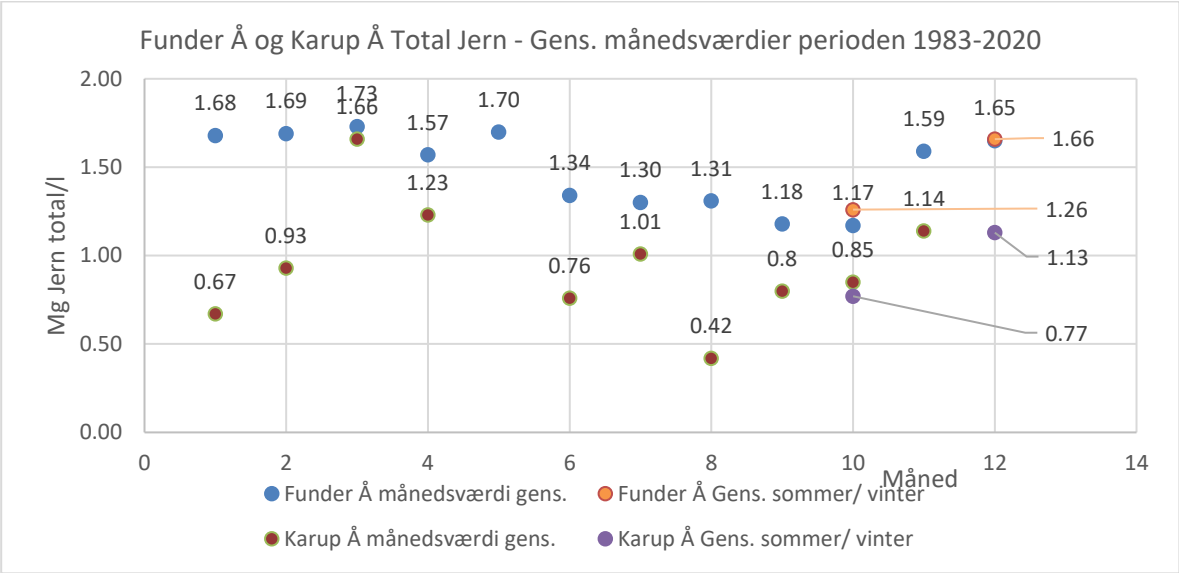


- *Figur 2.2.1 Danmarks Miljøportal Oversigt med okkerklassificering og data observationsstationer.*

Der foreligger en række kemidata for Karup Å og Funder Å ved følgende stationer: 1302, 1, jf. Figur 1 og Bilag 1.0. Indholdet af Jern total i vandløbene er vist figur 1. I Funder Å er vist data for perioden 1983-2007, hvor der er en udpræget årstidsvariation, men ikke en nævneværdig variation mellem årene fra 1983-2007. I Karup Å er vist data for perioden 2005-2020, hvor tendenslinjen peger mod, at jernindholdet i perioden har været aftagende.



Figur 2.2.2 Optegning af data for total Jern i Funder Å og Karup Å i perioden 1983-2020.



Figur 2.2.3 Gennemsnitlige månedsværdier for totalt Jern i Funder Å/ Karup Å perioden 1983-2020

Årstidsvariationen er optegnet i ovenstående Figur 2.2.3 og de gennemsnitlige sommerværdier og vinterværdier er gengivet i nedenstående tabel.

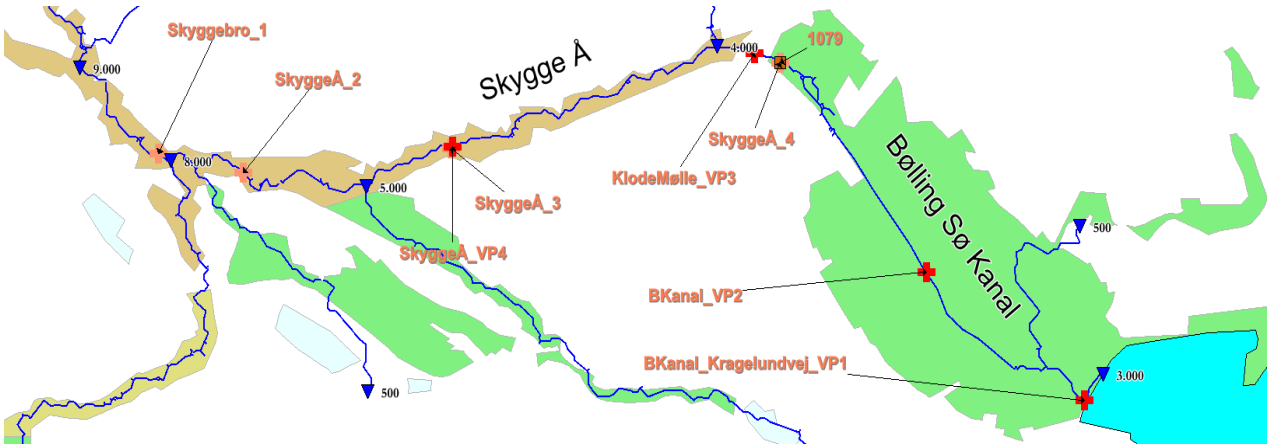
Vandløb	Juni-Oktober	November-Maj	Juni-Oktober forholdstal		November-Maj forholdstal	
Karup Å 2005-2020	0,77 mg/l	1,13 mg/l	100	68	147	100
Funder Å 1983-2007	1,26 mg/l	1,66 mg/l	100	76	132	100

Oversigt over diverse prøvetagningssteder i recipienten er vist i bilagene 1.0, 1.1 og 1.2 samt herunder. Der er tale om prøvetagningssteder og oplandsforhold i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å som anført i nedenstående tabel 2.2.4.

Tabel 2.2.4 Omtrentlige topografiske oplande ved prøvetagningsstederne.

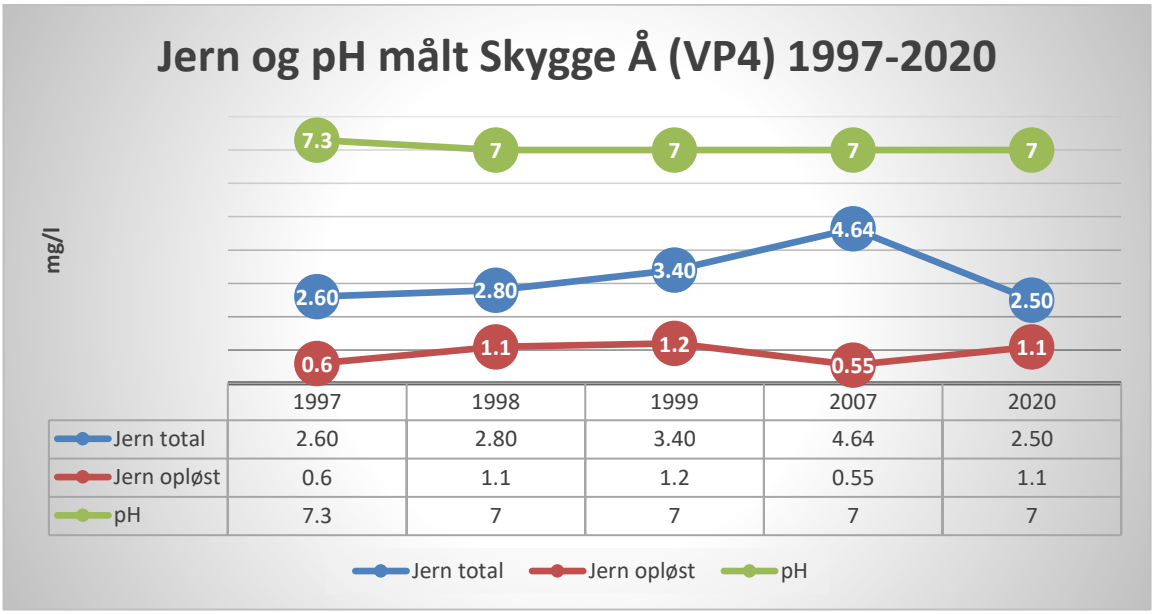
Skygge Å	Ca. opland	Bølling Sø Kanal	Ca. opland	Bølling Sø
Klode Mølle VP 3, 4, 1079	4.000	VP 1	3.000	Etablering
VP 4, 3	4.500	VP 2	3.500	2005-2007
Skyggebro_1, 2	8.000			

Rapport_okkerundersogelser070521.docx



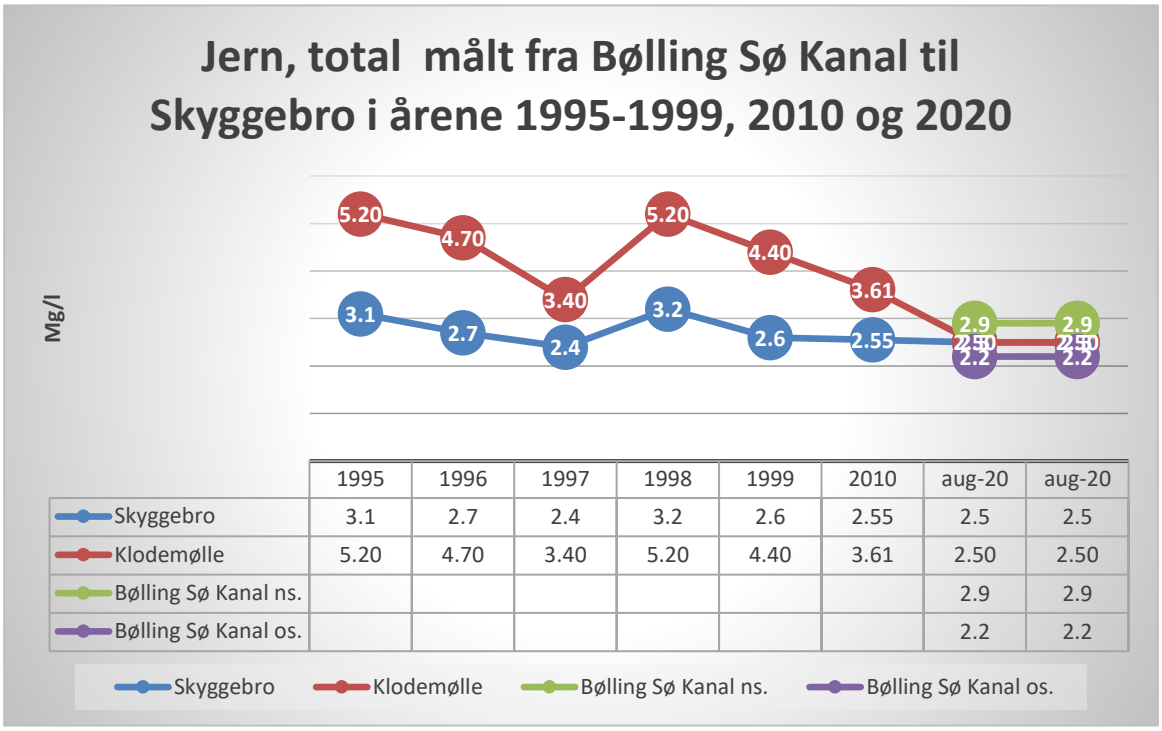
■ *Figur 2.2.5. Prøvetagningssteder i Bølling Sø Kanal og Skygge Å*

Foreliggende data og analyseresultater er delvis medtaget i bilag 1.2 og vist optegnet i bilag 2.0. Analyseresultaterne afslører, at der er tale om en vis årstidsvariation som følge dels af forskelle i vandføring og dels af forskelle i grundvandstande og omfang af pyritiltning mv. i oplandet. De foreliggende data for Jern total i Karup Å viser sommerværdier (juni-oktober), som er ca. 32 % lavere end vinterværdier (november-maj) og vinterværdierne er 47 % højere end sommerværdier. Stoftransport af totalt Jern mv. i Karup Å for perioden 2017-2020 er nærmere beskrevet i afsnit 2.3.



Figur 2.2.6. Grafisk optegning af indholdet af Jern total og opløst samt pH i Skygge Å (VP4), hvor oplandet er ca. 4.500 ha

Af figur 2.2.6 fremgår, at der i perioden 1997-2020 baseret på gennemsnitstal for årene 1997-1999, nov-dec gennemsnitstal for 2007 og augustdata for 2020 ikke kan påvises nogen nævneværdig udvikling i data i hverken opadgående eller nedadgående retning.



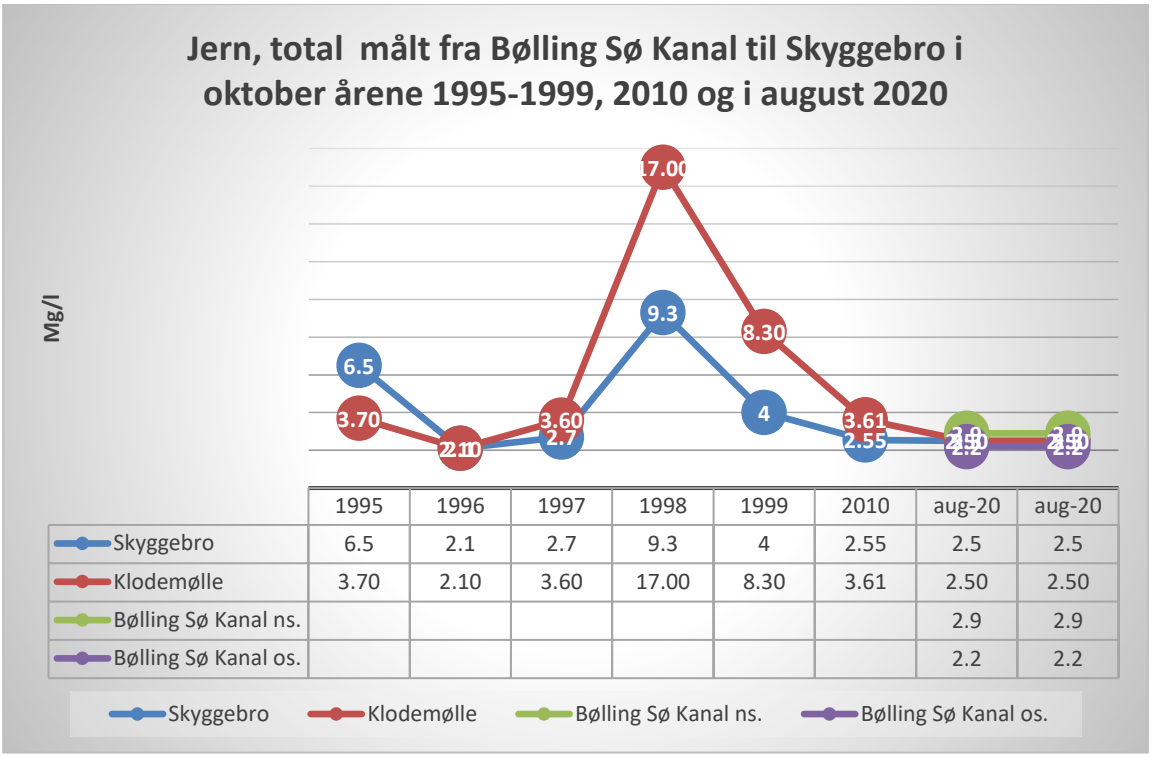
- *Figur 2.2.7 Grafisk optegning af indholdet af Jern total i recipienten i årene 1995-1999 (gens. værdier), okt-2010 og aug-2020. Opland Skyggebro ca. 8.000 ha (heraf okkerpot. 2: 47 ha, 3: 15 ha, 4: 1.008 ha), Klodemølle ca. 4.000 ha (heraf okkerpot. 4: 675 ha), Bølling Sø Kanal ca. 3.500 ha (heraf okkerpot. 4: 580 ha) og Bølling Sø Kanal os. Ca. 3.000 ha (heraf okkerpot. 4: 480 ha).*

Det er jævnfør figur 2.2.7 forudsat, at opland/ vandføring i Skygge Å ved Skyggebro er ca. dobbelt så stor som opland/ vandføring i Skygge Å ved Klodemølle. Opland/ vandføring i Bølling Sø Kanal os. ved Kragelundvej har et niveau på ca. 75 % af niveauet ved Klodemølle.

En vurdering på de målte gennemsnitsanalyser af jernindholdet 1995-1999 på vandløbsstrækningen Skyggebro-Klodemølle i Skygge Å samt enkeltmålinger 2010-2020 på vandløbsstrækningen Kragelundvej-Klodemølle i Bølling Sø Kanal samt Skygge Å, Klosterlundvej 2 (VP4) kan tillade opstilling af følgende "løse hypoteser 1-4" som anført herunder, hvor alene hypotese 1 er baseret på gennemsnitsværdier:

1. I størrelsesordenen 20-25 % af jerntransporten i Skygge Å ved Skyggebro perioden 1995-1999 kan hidrøre fra Bølling Sø Kanal oplandet (4.000 ha).
2. I størrelsesordenen 50-55 % af jerntransporten i Skygge Å ved Klosterlundvej 2 (VP4) perioden august 2020 kan hidrøre fra Bølling Sø oplandet (3.000 ha).
3. I størrelsesordenen 80 % af jerntransporten i Skygge Å ved Klosterlundvej 2 (VP4) perioden august 2020 kan hidrøre fra Bølling Sø Kanal ns. oplandet (3.500 ha).
4. I størrelsesordenen 100 % af jerntransporten i Skygge Å ved Klosterlundvej 2 (VP4) perioden april 2010 kan hidrøre fra Bølling Sø Kanal oplandet (4.000 ha).

Yderligere synkrone målinger af jern mv. i recipienten kan belyse den aktuelle okkerbelastning fra Bølling Sø Kanal oplandet.

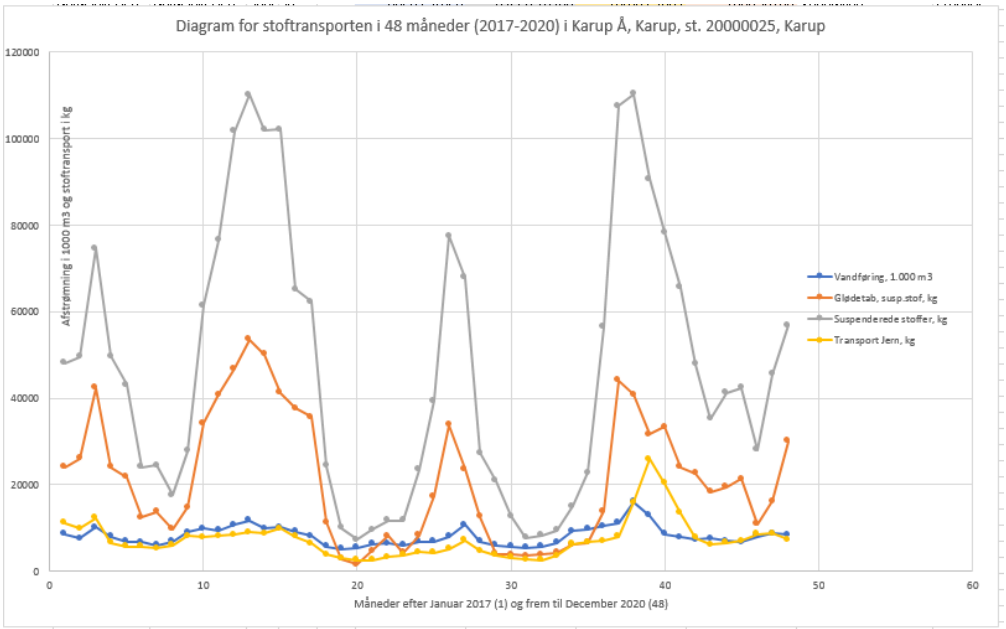


	1995	1996	1997	1998	1999	2010	aug-20	aug-20
Skyggebro	6.5	2.1	2.7	9.3	4	2.55	2.5	2.5
Klodemølle	3.70	2.10	3.60	17.00	8.30	3.61	2.50	2.50
Bølling Sø Kanal ns.							2.9	2.9
Bølling Sø Kanal os.							2.2	2.2

Figur 2.2.8 Grafisk optegning af indholdet af Jern total i recipienten i oktober årene 1995-1999 og 2010 og i august 2020. Opland Skyggebro ca. 8.000 ha (heraf okkerpot. 2: 47 ha, 3: 15 ha, 4:1.008 ha), Klodemølle ca. 4.000 ha (heraf okkerpot. 4: 675 ha), Bølling Sø Kanal ca. 3.500 ha (heraf okkerpot. 4: 580 ha) og Bølling Sø Kanal os. Ca. 3.000 ha (heraf okkerpot. 4: 480 ha).

2.3 REGISTERING AF AFSTRØMNING OG STOFTRANPORT I KARUP Å 2017-2020.

Afstrømning og Stoftransport i Karup Å, st. 20000025 i Karup foreligger for den seneste 4 års periode, 2017-2020 /3/. Der har i perioden været meget betydelige årsvariationer for afstrømningen i Karup Å. Tilsvarende årsvariationer i Skygge Å og i Bølling Sø Kanal for samme periode er forventelige.



	1	2	3	4	5
1		Afstrømning	Suspenderede sto	Glødetab, susp.stc	Transport Jern
2	2017:00:00	99777	310949	598631	95277
3	2018:00:00	91250	259537	539812	65282
4	2019:00:00	91225	133474	365412	56935
5	2020:00:00	110269	313059	749618	135565
6	Forholdstal				
7	2017:00:00	100	100	100	100
8	2018:00:00	91	83	90	69
9	2019:00:00	91	43	61	60
10	2020:00:00	111	101	125	142

Figur 2.3.1 Stoftransport i Karup Å. Graf overmånedsværdier og tabel med årsværdier for 2017, 2018, 2019 og 2020.

Stoftransport, st. 20000025 af suspenderede stoffer, glødetab af susp.stof samt Jern (Fe) er nu færdigberegnet for 2020 og de beregnede månedsværdier og årsværdier er vist i ovenstående grafer. Som det vil ses, har den samlede okkerbelastning i 2020 været større end summen af okkerbelastningen i de 2 foregående år (2018-2019). I nedenstående tabel 2.3.2 er okkerbelastningen i kg Jern for årets 12 måneder i Karup Å, Karup vist for året 2020 samt gennemsnit for de 3 foregående år.

Tabel 2.3.2 Beregninger på månedsbasis af totalt Jern i Karup Å, st. 20000025 i Karup opgjort for 2020 og i middel for de 3 foregående år 2017-19 /3/.

Månedsværdier for stoftransport af Jern i Karup Å					Forholdstal	
	2017-2019 gens. kg	Forholds-tal	2020 kg	Forholds-tal	2017-2019 gens	2020
Jan	8158	9.2	8038	5.9	100	99
Feb	7927	11.2	15938	11.8	100	201
Mar	9773	15.6	25871	19.1	100	265
Apr	6455	11.3	20390	15.0	100	316
Maj	5289	8.3	13502	10.0	100	255
Jun	4252	5.8	7664	5.7	100	180
Jul	3609	4.8	6187	4.6	100	171
Aug	3711	5.0	6520	4.8	100	176
Sept	4750	6.0	6973	5.1	100	147
Okt	5812	7.4	8515	6.3	100	146
Nov	6156	7.7	8666	6.4	100	141
Dec	6605	7.7	7302	5.4	100	111
I alt	72498	100.0	135565	100.0	100	187

3.0 FELTARBEJDE OG JORDBUNDSUNDERSØGELSER

3.1 PLANLÆGNING OG OPMÅLINGER

Der er gennemført besigtigelser i vandløbsoplandet til Bølling Sø Kanal på strækningen fra Bølling Sø til Klode Mølle. På grundlag af drænoversigtskort og ortofotos er registreret de kendte og synlige drænaktiviteter i det nære vandløbsopland, se bilagene 3.0 og 3.1. Vandløbs-oplandet består af

- ca. 6 deloplande på Bølling Sø Kanals venstre side på i alt ca. 170 ha
- ca. 3 deloplande på Bølling Sø Kanals højre side på i alt ca. 300 ha
- heraf lavbundsarealer beliggende på begge sider, okkerklasse 4, som i alt udgør ca. 180 ha

Kendte drænsystemer i rør er alle af ældre dato og vist på bilag 3.0 med udstrækning og regi-streringsnumre. Åbne tilløb til Bølling Sø Kanal er nummereret 0, 1, 2, 3 og 4 og kan summa-risk beskrives i punktform:

Rapport_okkerundersøgelser070521.docx

- BSK^{s} venstre side åbent tilløb 0. Overfladisk terrænnær afløb fra 39 ha delopland (der tages vandprøver)
- BSK^{s} venstre side åbent tilløb 2. Reguleret 2018 og afvander et 26 ha delopland (nedsivning før udløb til BSK)
- BSK^{s} venstre side åbent tilløb 3. Reguleret 2018 og afvander et 38 ha delopland (nedsivning før udløb til BSK, rørudløb 0 l/s)
- BSK^{s} højre side åbent tilløb 1. Den genslyngede BSK 2016, delstrækning med drænvirkning (der tages vandprøver og jordprøver).
- BSK^{s} højre side åbent tilløb 4. Åbent afløb fra ældre drænsystem, opland 74 ha med betydelig afstrømning (der tages vandprøver)

Opmåling af vandstandsforhold omkring Bølling Sø Kanal er gennemført den 26. jan. 2021 og resultaterne er i bilag 3.2 sammenholdt med tilsvarende opmålinger fra 2008, dvs. før genslyngning af Bølling Sø Kanal. Data dokumenterer forhøjede vandstande i delområde "Sø Afløbet 1", mens delområde "Sø Afløbet 2" omkring en ca. 330 m lang delstrækning af den genslyngede Bølling Sø Kanal er specielt eksponeret for eventuel øget pyritiltning som følge af vandløbsreguleringen i 2016. Det foreslåes, at undersøge pyritindholdet på ca. 2 ha, som inddeles i 5 delområder til jordprøvetagning af jordlag, som måtte være blevet afvandet.

3.2 PRØVETAGNING OG JORDBUNDSDATA

Jordprøverne er udtaget 9/12 2020 og blev straks emballeret i "diffusionstætte" prøveposer og anbragt i køletaske indtil og efter afhentning til laboratoriet Eurofins Miljø A/S i Vejen samme dag.

Tabel 1 Oversigt over puljede jordprøver udtaget 9/12 2020 på matr.nr. 2c Stenholt, Engesvang og matr.nr. 2ar Engesvang By, Engesvang.

Prøverne er nummereret	Delareal	Okker BSK091220
Antal prøvesteder i puljen		5
Lokaliteter, profil nr.		1, 2, 3, 4, 5
Jordtype		mineraljord
Prøvedybder, kote*		Kote*
DVR90		
B4 (terrænk. 66.16 m)	1	65.16-64.66
B10 (terrænk. 66.28 m)	2	65.38-64.98
B11 (terrænk. 66.36 m)	3	65.26-64.76
B20 (terrænk. 66.32 m)	4	65.32-64.82
B24(terrænk. 66.24 m)	5	65.59-65.09

*I henhold til højdemodel, koter målt

Rapport_okkerundersøgelser070521.docx

I forbindelse med prøvetagningen er ført en markjournal, se Bilag 4.0, hvori er noteret:

- Jordart
- Laggrænser
- Beliggenheden af vandspejl (efterfølgende pejlet 19/1, 26/1 og 24/3 2021, se bilag 3.2)
- Andre feltdata

Der er den 9/12 2020 endvidere udført feltmålinger med analysestrips på recipientvand og jordvæske for følgende parametre: pH, ferrojern og totaljern (filtreret jordvæske/ ikke filtreret jordvæske).

4.0 RECIPIENTFORHOLD OG PRØVETAGNING

4.1 PLANLÆGNING AF KAMPAGNEMÅLINGER

Omfanget af okkerbelastninger i Bølling Sø Kanal og Skygge Å søges belyst ved synkrone recipientprøver udtaget på i alt 11 forskellige lokaliteter. Lokaliteterne er anført på diverse bilag og er registreret med følgende løbenumre: 1a, 1c, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 og 10.

Lbnr	x	y	Lokalitets betegnelse	Analyseparametre
1a	521350	6226254	Ved Rørudløb Regnvandsledn. Kragelundvej	pH
1b	521373	6226335	Ved Ø 800 mm rørindløb Regnvandsafløb til BSK	pH (Lokaliteten fravalgt i program)
1c	521418	6226307	I Bølling Sø, P-plads ved Kragelundvej	pH, Farvetal, Andre ca. 3 parametre
2	521414	6226346	Ved vejunderløb, faunapassage Kragelundvej	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
3	521210	6226411	I åbent tilløb fra venstre til BSK	pH, Opløst Fe
4	520855	6226626	Ved Ø 1000 mm indløb/ udløb BSK	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
5	520839	6226645	I afløbsstryg, forlagt vandløb 2016	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
6	520563	6226967	Bølling Sø Kanal (adgang fra Viborgvej/Lokalitet5)	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
7	520420	6227207	I rørtilløb fra højre til BSK (Bølling Sø Kanal)	pH
8	519741	6227987	Skygge Å, mellem Klode Mølle Vej 7 og 9	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
9	518006	6227575	Skygge Å ved indkørsel til Klosterlundvej 2	pH, Total Fe, Opløst Fe, Andre 9 parametre
10	516419	6227539	Skygge Å ved Skygge Bro	pH, Total Fe, Opløst Fe

4.2 GENNEMFØRTE KAMPAGNEMÅLINGER

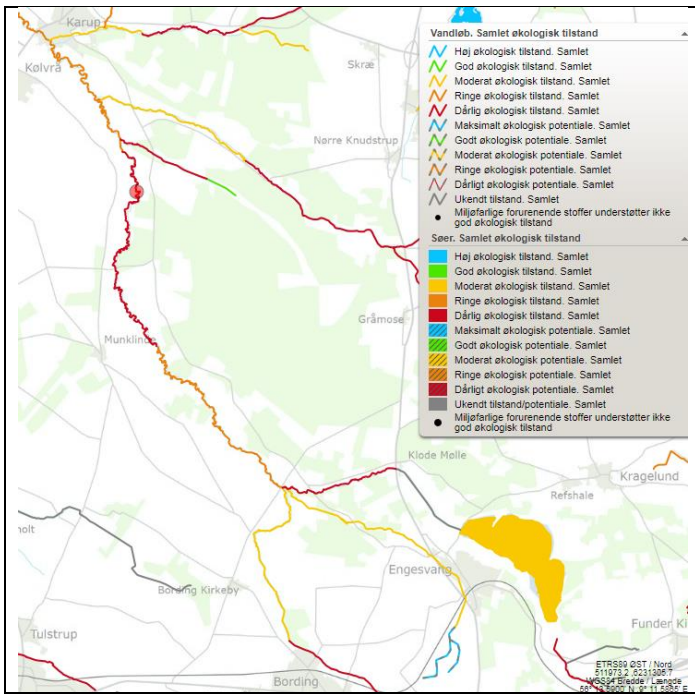
Allerede gennemførte kampagnemålinger af Ikast-Brande Kommune omfattende 4 lokaliteter (VP1, VP2, VP3 og VP4) er udført den 31. august 2020 af og afrapporteret af DMR Dansk Miljørådgivning A/S: "Notat vedr. vandprøvetagning i Bølling Sø Kanal og skygge Å, Engesvang" dateret 22. september 2020. Prøvelokaliteterne er identiske med lokaliteterne 2, 6, 8 og 9 i nærværende undersøgelse og resultaterne medtages i afrappoteringen.

Kampagnemåling 1 er gennemført den 16. december 2020 og er kombineret med vandføringsmålinger ved lokaliteterne 2, 4, 5, 6, 8, 9 og 10.

Kampagnemåling 2 er gennemført den 24. marts 2021 og er kombineret med vandstandsmålinger ved lokaliteterne 2, 4, 8, 9 og 10 samt pejlinger af grundvandsstande på lokaliteterne B4, B10, B11, B20 og B24 mv.

5.0 BASISANALYSE FOR VANDOMRÅDEPLANER 2015-2021

Foreløbige miljømål for vandløb og sø. Skærmbillede fra MiljøGis for Karup Å, der er karakteriseret som vandløb med ukendt, dårlig eller ringe økologisk tilstand. Bølling Sø har moderat økologisk tilstand.



Figur 5.1.

Her er vist skærmbillede fra basisanalysen for blandt andet følgende delstrækninger af aktuelle recipientvandløb: Bølling Sø Kanal (ukendt), Skygge Å og Karup Å.

Kommuner og Vandråd skal vurdere og afgrænse de mindre vandløb i hovedoplandet, som har oplande mindre end 10 km^2, om disse skal medtages i vandplanerne.

6.0 KEMISKE ANALYSER

6.1 JORDPRØVER MV.

Repræsentativ puljet prøve af jordbunden (mineraljord) er udvalgt til kemisk analyse. Prøven er analyseret for parametrene anført i tabel 6.1. Analyserne er udført af eurofins Miljø A/S, Ladelundvej 85, DK-6600 Vejen.

Tabel 6.1 Liste over analyserede komponenter og parametre

Analyseparametre	
Pyrit (FeS_2)	%
Fri pyrit (FeS_2)	% (beregnet af eurofins)
pH_{CaCl_2}	-
Rt (reaktionstal)	–
Tørstof	%
Glødetab	% ts
Kalium (K) plantetilg	Mg/100 g
Calcium (Ca) plantetilg	Mg/100 g
Magnesium (Mg) plantetilg.	Mg/100 g
Cat	Mg Ca/100 g
Fosfor (P)	Mg/100 g
Kalk, Calciumcarbonat	% ts
Ombytteligt kalk	mg/100 g

Indholdet af ferrojern i jordvæsken er målt ved de 5 profiler på arealerne.

6.2 VANDPRØVER I RECIPIENT

Vandprøver fra lokalitet 1c, Bølling Sø analyseres iht. oversigten anført i Tabel 6.2.1 herunder.

Tabel 6.2.1 Liste over analyserede parametre i recipientvand i Bølling Sø.

Komponent	Enhed	DL	Metode
pH	pH	2	DS/EN ISO 10523
Temperatur ved pH-måling	°C		DS/EN ISO 10523
Suspenderede stoffer	mg/l	0.5	DS/EN 872
Glødetab, susp. stof	mg/l	1	DS 207:1985
Farvetal, Pt	mg Pt/l	1	DS/EN ISO 7887:2012, metode C
Alkalinitet, total	mmol/l	0.05	DS/EN ISO 9963

Vandprøver fra lokaliteterne 2, 4, 5, 6, 8 og 9 i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å analyseres iht. oversigten anført i Tabel 6.2.2 herunder.

Tabel 6.2.2 Liste over analyserede parametre i recipientvand i Bølling Sø Kanal og Skygge Å.

Komponent	Enhed	DL	Metode
pH	pH	2	DS/EN ISO 10523
Temperatur ved pH-måling	°C		DS/EN ISO 10523
Suspenderede stoffer	mg/l	0.5	DS/EN 872
Glødetab, susp. stof	mg/l	1	DS 207:1985
Inddampningsrest	mg/l	10	DS 204
Bundfald efter 2 timer	ml/l	0.1	DS 233:2012
Konduktivitet (Ledningsevne)	mS/m	0.1	DS/EN 27888
Sulfat (SO4)	mg/l	0.2	EN ISO 10304-1 IC-EC
Hydrogencarbonat	mg/l	3	DS/EN ISO 9963
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof	mg/l	0.1	DS/EN 1484
Jern (Fe)	mg/l	0.01	SM 3120 ICP-OES
Jern (Fe) feltfiltreret	mg/l	0.01	SM 3120 ICP-OES
Mangan (Mn)	mg/l	0.002	SM 3120 ICP-OES

Vandprøver fra lokaliteterne 1a, 3, 7, der er tilløb til Bølling Sø Kanal samt vandprøver fra lokalitet 10, Skyggebro i Skygge Å analyseres hel eller delvis iht. oversigten anført i Tabel 6.2.3 herunder.

Tabel 6.2.3 Liste over analyserede parametre i recipientvand i tilløb til Bølling Sø Kanal samt ved Skyggebro.

Komponent	Enhed	DL	Metode
pH	pH	2	DS/EN ISO 10523
Temperatur ved pH-måling	°C		DS/EN ISO 10523
Jern (Fe)	mg/l	0.01	SM 3120 ICP-OES
Jern (Fe) feltfiltreret	mg/l	0.01	SM 3120 ICP-OES

7.0 RESULTATER

7.1 JORD

Nedenfor er resultaterne af undersøgelsen gennemgået og beskrevet. Data for de enkelte boringer/prøver den 9/12 2020 er sammenstillet i bilag 4.0. Analyseattest fra Eurofins Miljø A/S dateret den 06/01 2021 vedr. jordanalyser er vedlagt som bilag 5.1 og i tabel 7.1.1 og 7.1.2 er analyseresultater og beregninger anført

Tabel 7.1.1 Analyseresultater af jordprøver.

Boring nr.	Dybde, cm u.t.	Pyrit %	Fri pyrit %	Rt	Tør-stof %	Glød-etab %	Calciumtal mækv/ 100g*	Kalk %
Okker	65-160	0,09	0,08	5,7	80	0,50	0,32	<0,5

*Calcium (Ca) (plantetilgængeligt) 6,43 mg/ 100 g ts. - øvrige analyser, se Analyserapport, bilag 5.1

Tabel 7.1.2 Alle analyseresultater af jordprøver.

Komponent	Resultat	Enhed	DL	Metode
Tørstof	80	%	0.5	DS/EN 15934
Glødetab på tørstof	0.5	% ts.	0.1	DS/EN 15935:2012
Reaktionstal (Rt)	4		3.5	Internal Method
Reaktionstal (Rt)	5.7			PD. FAJ. III 8 Beregning
Calciumcarbonat, kalkvirkning	< 0.5	% ts.	0.5	PD. FAJ. III 5 m.
Kalium (K) (plantetilgængeligt)	0.4	mg/100 g ts.	0.2	DIN EN ISO 11885:2009-09 FIA
Calciumtal	0.32	mEq/100 g ts.		PD III 15 Beregning
Calcium (Ca) (plantetilgængeligt)	6.43	mg/100 g ts.	0.3	DIN EN ISO 11885:2009-09 ICP-OES
Magnesium (Mg) (plantetilg.)	0.8	mg/100 g ts.	0.05	DIN EN ISO 11885:2009-09 ICP-OES
Fosfor (P)	< 1.25	mg/100 g ts.	1.25	Internal Method (In-House) FIA
Pyrit, FeS2	0.09	% ts.	0.01	SM 3120 mod. Beregning
Frit pyrit	0.08	% ts.	0.01	

Pyritindholdet i de afvandede jordlag er relativt lavt og væsentligt under grænseværdierne på 0,5 henholdsvis 0,2 % af tørstof for pyrit og frit pyrit, der definerer hvornår der skal udføres modelberegninger af jernudvaskningen. Der gennemføres derfor ikke nogen modelberegning. Modelberegninger kan beskrive den årlige jernudvaskning i kg jern (Fe)/år for den efterfølgende 25 års periode. Typisk topper jernudvaskningen inden for de første ca. 5 år efter regulering, hvorefter den vil være jævnt faldende. Reguleringen fandt sted i 2016 og det må forventes, at den eventuelt øgede okkerbelastning af recipienten som følge heraf i dag er aftagende.

Vandstands- og grundvandsforholdene omkring de i 2016 regulerede vandløbsstrækninger er i bilag 3.2 angivet i henhold til nivellementer 2008 henholdsvis 2021. Det er således sandsynliggjort,

- at reguleringen (genslyngning af søafløb, 330 m) har medført en øget okkerudledning fra delområde 1-5, ca. 2 ha.
- at reguleringen (opstemning af gl. Bølling Sø Kanal 1, 700 m) samtidig har hævet grundvandstanden og medført en mindsket okkerudledning i dele af delområde 6 mv. eller samlet set på ca. 4,2 ha.

Såfremt jordens pyritindhold i delområdet "Bølling Sø Kanal 1" på bilag 3.2 er sammenlignelig med det målte i delområde 1-5 (det er sandsynligvis højere, idet der er tale om dybereliggende jordlag), vil netto okkerudledningen i Bølling Sø Kanal umiddelbart nedstrøms næppe være øget som følge af det i 2016 gennemførte projekt.

Der kan anføres et estimat på aktuel okkerudledning fra "Bølling Sø Kanal 1" (døgnudledning 11,93 kg total jern) og fra "delområde 1-5" (døgnudledning 4,37 kg total jern) ud fra afstrømning og analysedata den 16/12 2020, se afsnit 7.3 og bilag 6.0. Det vil sige, at 27 % af okkerbelastningen fra den regulerede vandløbsstrækning hidrører fra det genslyngede forløb, mens 73 % af okkerbelastningen hidrører fra den dybere Bølling Sø Kanal 1.

7.2 VANDPRØVER I BØLLING SØ

Resultat af vandanalyserne fra Bølling Sø fremgår af tabel 7.2

Tabel 7.2 Analyseresultater af recipientprøver den 16/12 2020 og den 24/3 2021 udtaget i Bølling Sø

Bølling Sø 16/12 2020

Komponent	Resultat	Enhed	DL	Metode
pH	7.5	pH	2	DS/EN ISO 10523
Temperatur ved pH-måling	19	°C		DS/EN ISO 10523
Suspenderede stoffer	7.2	mg/l	0.5	DS/EN 872
Glødetab, susp. stof	3.7	mg/l	1	DS 207:1985
Farvetal, Pt	133	mg Pt/l	1	DS/EN ISO 7887:2012, metode C
Alkalinitet, total	0.72	mmol/l	0.05	DS/EN ISO 9963

Bølling Sø 24/03 2021

Komponent	Resultat	Enhed	DL	Metode
pH	7.1	pH	2	DS/EN ISO 10523
Temperatur ved pH-måling	20	°C		DS/EN ISO 10523
Suspenderede stoffer	4.5	mg/l	0.5	DS/EN 872
Glødetab, susp. stof	2.7	mg/l	1	DS 207:1985
Farvetal, Pt	88.7	mg Pt/l	1	DS/EN ISO 7887:2012, metode C
Alkalinitet, total	0.618	mmol/l	0.05	DS/EN ISO 9963

7.3 VANDPRØVER I RECIPIENT

Resultat af vandanalyserne fra Bølling Sø Kanal og Skygge Å fremgår af tabel 7.3

Tabel 7.3 Analyseresultater af recipientprøver den 16/12 2020, den 24/3 2021 samt nederst den 21/8 2020

Lokalitet 16/12 2020	2	4	5	6	8	9	10	1a	3	7	
Komponent	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat				Enhed
pH	7.4	6.8	7.4	7.2	6.8	6.9	7.2	6.5	6.3	6.2	pH
Temperatur ved pH-måling	19	19	19	19	19	18	19	19	19	19	°C
Suspenderede stoffer	7.4	3.9	6.8	5.6	5.2	9.3					mg/l
Glødetab, susp. stof	4.4	2	3.9	3.6	3.3	4.8					mg/l
Inddampningsrest	130	150	120	140	130	140					mg/l
Bundfald efter 2 timer	<0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1					ml/l
Konduktivitet (Ledningsevne)	16	22	17	19	18	19					mS/m
Sulfat (SO4)	14	22	13	15	16	16					mg/l
Hydrogencarbonat	41.8	50.2	42.6	51	40.1	46.5					mg/l
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof	12	5.2	13	11	10	9.1					mg/l
Jern (Fe)	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.8	4.2				mg/l
Jern (Fe) feltfiltreret	1.4	2.2	1.6	1.8	1.7	1.2	0.95		0.72	0.8	mg/l
Mangan (Mn)	0.023	0.078	0.033	0.057	0.087	0.14					mg/l
Vandføring ved prøvetagning	216.51	51.16	235.98	276.15	353.91	414.20	745.00				l/s
Lokalitet 24/03 2021	2	4	5	6	8	9	10	1a	3	7	
Komponent	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat				Enhed
pH	7.2	6.4	7.1	6.8	6.9	7.1	6.9	6.2	6.2	6	pH
Temperatur ved pH-måling	20	20	20	20	20	20	20	20	20	22	°C
Suspenderede stoffer	4	2.2	3.5	3.1	4.8	5.3					mg/l
Glødetab, susp. stof	2.8	< 1	2	2.2	3.3	3					mg/l
Inddampningsrest	120	150	110	130	140	160					mg/l
Bundfald efter 2 timer	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1					ml/l
Konduktivitet (Ledningsevne)	15	23	15	18	20	21					mS/m
Sulfat (SO4)	8.4	24	7.8	12	14	21					mg/l
Hydrogencarbonat	41	53.5	39.2	50	57.9	65.2					mg/l
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof	9.9	4	12	9	8.5	7.8					mg/l
Jern (Fe)	1.2	2	1.3	1.7	1.7	1.7	1.6				mg/l
Jern (Fe) feltfiltreret	0.9	1.6	0.97	1.4	1.1	0.69	0.75	1.4	0.4	0.56	mg/l
Mangan (Mn)	0.022	0.076	0.027	0.059	0.081	0.13					mg/l
Lokalitet 21/08 2020	2	4	5	6	8	9	10	1a	3	7	
Komponent	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat				Enhed
pH	6.7			6.5	6.6	7.0					pH
Temperatur ved pH-måling											°C
Suspenderede stoffer	9.8			5.8	8.5	3.8					mg/l
Glødetab, susp. stof	6.3			3.3	4.7	1.7					mg/l
Inddampningsrest	150			170	190	190					mg/l
Bundfald efter 2 timer	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1					ml/l
Konduktivitet (Ledningsevne)	15			18	20	22					mS/m
Sulfat (SO4)	6.7			15	16	18					mg/l
Hydrogencarbonat	25			30	44	52					mg/l
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof	18			14	14	13					mg/l
Jern (Fe)	2.2			2.9	2.5	2.5					mg/l
Jern (Fe) feltfiltreret	1.3			2.2	1.4	1.1					mg/l
Mangan (Mn)	0.085			0.089	0.13	0.19					mg/l

8.0 RISIKOVURDERING

8.1 GRÆNSEVÆRDIER VEDRØRENDE OKKER

Grænseværdierne for indhold af pyrit og fri pyrit i jord er retningsgivende for, hvornår der skal foretages modelberegninger af jernudvaskningen.

Grænseværdierne for jordprøver fremgår af nedenstående tabel 6. Der er endvidere opstillet en grænseværdi for grundvand på 5 mg/L.

Tabel 8.1.1 Vejledende grænseværdier for pyrit og fri pyrit /1/. Grænseværdierne er vejledende for, hvornår der skal udføres modelberegninger af jernudvaskningen.

		Rt > 4,5		Rt ≤ 4,5	
Jordtype	**Glødetab, %**	**Pyrit, %**	**Fri pyrit, %**	**Pyrit, %**	**Fri pyrit, %**
Organogen jord	> 10	1,5	0,5	0,30	0,00
Mineraljord	≤ 10	0,50	0,20	0,10	0,00

Der er endvidere oplistet grænseværdier for, hvor meget vandløb må indeholde og tilføres af ferrojern, jf. tabel 6: Grænseværdi for indhold og Grænseværdi for bidrag fra enkeltprojekter /4/.

Tabel 8.1.2 Vejledende grænseværdier for ferrojern og bidrag i vandløb ved administration af okkerloven /1, 4/.

Ferrojernindhold	Grænseværdi for indhold (vintergens.)	Grænseværdi for bidrag fra enkeltprojekter
Vandløbets målsætning	mg/L	
A Særligt naturvidenskabeligt interesseområde	0,2	0,0
B1 Gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk	0,2	0,1
B2 Laksefiskevand	0,2	0,1
B3 Karpefiskevand	0,5	0,1-0,2
C Vandløb, der primært benyttes til afledning af vand	Ingen 2)	Fastsættes individuelt2)
D Vandløb påvirket af spildevand	Ingen	0,1

Rapport_okkerundersogelser070521.docx

E Vandløb påvirket af vandindvinding	Ingen	0,1
F Vandløb påvirket af okker	Ingen	0,1 4)
Ikke målsatte vandløb	Ingen 3)	Fastsættes individuelt 2) og 3)

1) Gennemsnittet af målte ferrojern koncentrationer 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.

I henhold til Basisanalyse for vandområdeplaner har de nærmeste vandløb indenfor afstande på 7-8 km fra Bølling sø og arealet tilstande og målsætninger, som anført i afsnit 5.0 og vist i tabel 8.1.3.

Tabel 8.1.3 Økologisk tilstand af vandløb iht. Basisanalysen /5/.

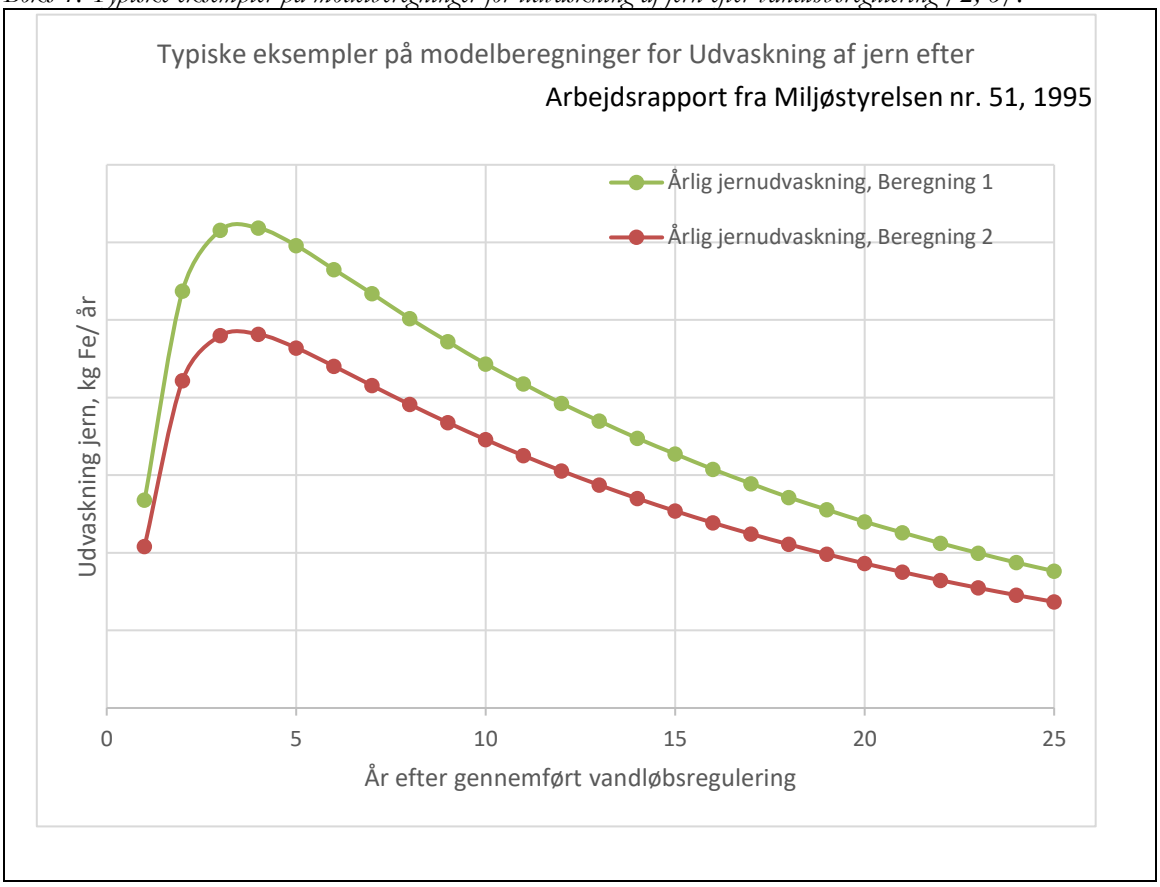
NR.	VANDLØBSNAVN	MÅLSÆTNING
	Bølling Sø Ident.260 344 ha	Samlet Moderat økologisk tilstand, klorofyl: god, øvrige: ukendt
	Bølling Sø Kanal Ident o9910 2.540 m	Økologisk tilstand: ukendt Blødbundstype
	Skygge Å Ident o8697a 4.047 m	Samlet Dårlig økologisk tilstand, Smådyr: god Ikke Blødbundstype
	Karup Å o10490_x 9.108 m	Samlet Ringe økologisk tilstand, Smådyr: høj, Makrofytter: god Ikke Blødbundstype

9.0 DISKUSSION OG KONKLUSION

9.1 JORDANALYSER

Pyritindholdet i de afvandede jordlag er relativt lavt og væsentligt under grænseværdierne på 0,5 henholdsvis 0,2 % af tørstof for pyrit og frit pyrit, der definerer hvornår der skal udføres modelberegninger af jernudvaskningen. Der gennemføres derfor ikke nogen modelberegning. Modelberegninger kan beskrive den årlige jernudvaskning i kg jern (Fe)/år for den efterfølgende 25 års periode. Typisk topper jernudvaskningen inden for de første ca. 5 år efter en regulering, hvorefter den vil være jævnt faldende. Reguleringen fandt sted i 2016 og det må forventes, at den eventuelt øgede okkerbelastning af recipienten som følge heraf i dag er aftagende. I boks 1 er vist typiske eksempler på modelberegninger af udvaskningsforløb.

Boks 1. Typiske eksempler på modelberegninger for udvaskning af jern efter vandløbsregulering /2, 6/.



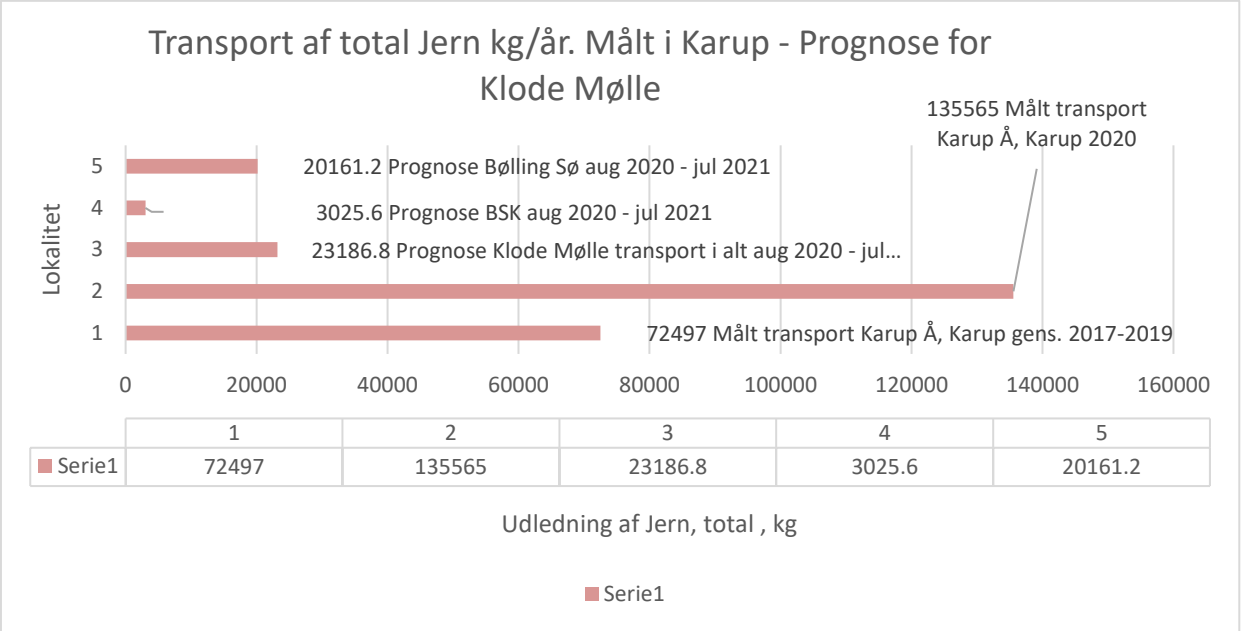
Vandstands- og grundvandsforholdene omkring de i 2016 regulerede vandløbsstrækninger er i bilag 3.2 angivet i henhold til nivellementer 2008 henholdsvis 2021. Det er således sandsynliggjort,

- at reguleringen (genslyngning af søafløb, 330 m) har medført en øget okkerudledning fra delområde 1-5, ca. 2 ha.
- at reguleringen (opstemning af gl. Bølling Sø Kanal 1, 700 m) samtidig har hævet grundvandstanden og medført en mindsket okkerudledning i dele af delområde 6 mv. eller samlet set på ca. 4,2 ha.

Såfremt jordens pyritindhold i delområdet "Bølling Sø Kanal 1" på bilag 3.2 er sammenlignelig med det målte i delområde 1-5 (det er sandsynligvis højere, idet der er tale om dybereliggende jordlag), vil netto okkerudledningen i Bølling Sø Kanal umiddelbart nedstrøms næppe være øget som følge af det i 2016 gennemførte projekt.

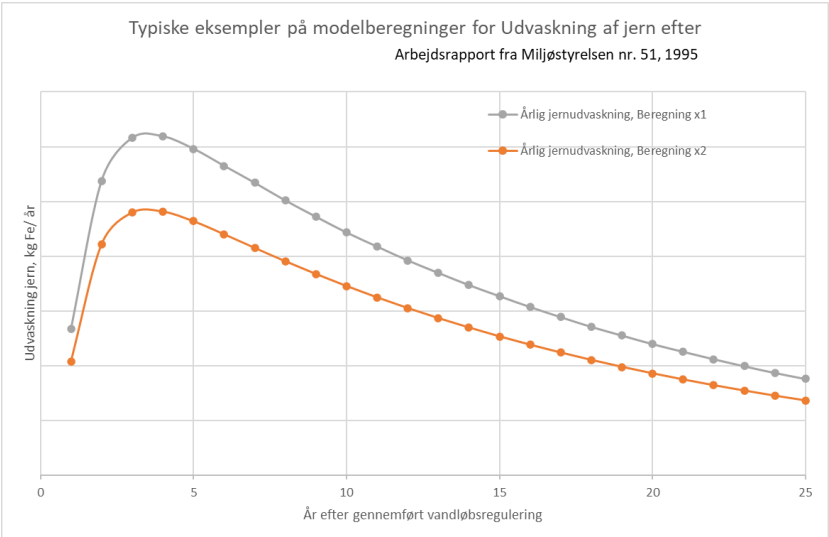
Der kan anføres et estimat på aktuel okkerudledning fra "Bølling Sø Kanal 1" (døgnudledning 11,93 kg total jern) og fra "delområde 1-5" (døgnudledning 4,37 kg total jern) ud fra afstrømning og analysedata i recipienten den 16/12 2020, se afsnit 7.3 og bilag 6.0. Det vil sige,

at 27 % af okkerbelastningen fra den regulerede vandløbsstrækning hidrører fra det genslyngede forløb, mens 73 % af okkerbelastningen hidrører fra den dybere Bølling Sø Kanal 1.



Baggrundsbelastningen august 2020 til juli 2021 fra Bølling Sø oplandet af totalt Jern i Karup Å, Karup er iht. prognoseberegninger foretaget på 3 kampagnemålinger i 2020-21 på 14,9 % i forhold til normale år (2017-2019) og på 27,8 % i forhold til året 2020. Belastningen fra lavbundsarealerne mellem Bølling Sø og Klode Mølle, der afvandes af Bølling Sø Kanal er på 4,2 % i forhold til normale år og på 2,2 % i forhold til året 2020.

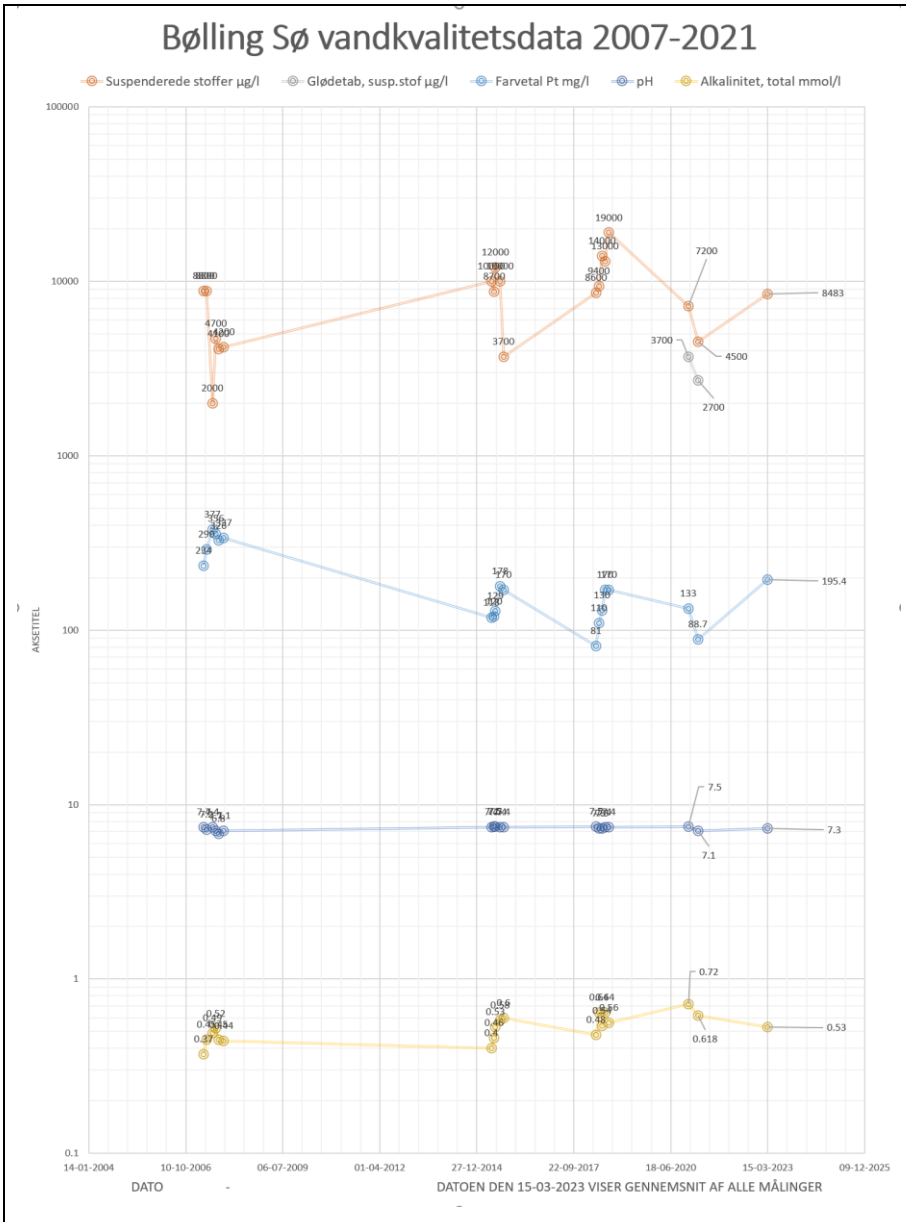
Prognose for okkerbelastningen aug2020 – juli 2021 fra det genslyngede søafløb (Søafløb 1+2) bliver tilsvarende ca. 470 kg Jern. Beregninger for det totale pyritindhold i de afvandede jordlag i henhold til gennemførte jordanalyser i delområde 1-5 korresponderer med ca. 6 tons Jern. Modelberegninger kunne måske sandsynliggøre en rimelig overensstemmelse mellem anført okkerbelastning prognose for recipienten og jordens pyritindhold med ca. 6 tons Jern, som kan forventes udvasket over en længere årrække, anskueliggjort ved et kurveforløb omtrent som vist. Den aktuelle okkerbelastning kan forventes at være aftagende i de kommende år.



9.2 VANDKVALITET I BØLLING SØ

Analysedata fra Bølling Sø er gengivet med bemærkninger og tillige med ældre analysedata for de samme parametre i nedenstående Boks 2.

Boks 2. Analysedata for Bølling Sø, perioden 2007-2021.



Bestemmelse af suspenderede stoffer, glødetab af susp.stof, farvetal, pH og Alkalinitet er i figuren vist for perioden 2007-2021. Længst til højre under datoen 15-03-2023 er anført gennemsnit af samtlige målte værdier i perioden.

Som det vil ses, er der tale om et lille fald i indholdet af suspenderede stoffer i forhold til gens. i perioden.

Farvetallet viser en tydelig faldende tendens i perioden. De målte værdier ligger væsentligt under periode gennemsnit, men der er stadig tale om, at Bølling Sø må betegnes som en brunvandet sø.

pH-værdien ligger på et rimeligt konstant niveau omkring pH = 7,3. Alkalinitet i Bølling Sø viser en svag stigende tendens. Målingerne i nærværende undersøgelse er 25 % højere end periodegennemsnittet.

Afgrænsningen mellem brunvandede søer og klarvandede søer ligger ved 60 mg Pt/l. Bølling Sø må således klart betegnes som brunvandet. Såfremt farvetallet falder til intervallet fra 60 til 90 mg Pt/l vil man kunne karakterisere søen som svagt brunvandet. Søens brunfarvning er et udtryk for dens indhold af humusstoffer samt for en farvning pga okkerudfældning. Glødetab af susp.stof dokumenterer det første og en betydelig forekomst af Jern i recipienten dokumenterer det sidste. Som det ses, kan der være betydelige års- og sæsonmæssige variationer i farvetallet. Bølling Sø repræsenterer således søtypen med et såvel højt farvetal som en høj alkalitet. Søtypen (13) er almindelig og udgør mere end 10 %. Værdierne ligger dog tæt på søtype grænseværdier, hvis disse ændres til 90 mg Pt/l og 1 mmol/l for farvetal henholdsvis alkalinitet /7/.

Alkaliteten er et udtryk for summen af basisk reagerende stoffer, som kan neutralisere syre. Søer med en alkalinitet under 0,2-0,4 meq/l betegnes som lavalkaline og forsuringstruede. Bølling Sø ligger typisk over dette nivaeu.

Det kan således forventes, recipienten i betydelig grad er farvet af søens vandkvalitet, hvor såvel humusstoffer som okker gør sig gældende. Begge forhold må dog forventes at være i aftagende.

9.3 VANDKVALITET I BØLLING SØ KANAL OG SKYGGE Å

Målinger ved de mest betydende synlige tilløb til Bølling S Kanal er sket for lokaliteterne 1a, 3 og 7 og resultatet er gengivet i tabel 9.3.1.

Tabel 9.3.1 Data for dels hovedløb og dels tilløb i Bølling Sø Kanal, den 16/12 2020 og den 24/03 2021.

Komponent	Gens. hovedløb (4,6,8)	1a ved rørudløb*	3 åbent tilløb	7 ved rørudløb
	16/12 2020			
pH	6.93	6.5	6.3	6.2
Jern (Fe) feltfiltreret	1.90	-	0.72	0.80
	24/03 2021			
pH	6.70	6.2	6.2	6.0
Jern (Fe) feltfiltreret	1.37	1.4*	0.4	0.56

* Diffus udsivning, ingen tilstrømning Ø800 mm

Tilløbenes pH er mindst 0,5 enhed lavere end hovedløbets pH, men tilløbenes indhold af Ferrojern (Jern, feltfiltreret) udgør typisk alene maksimalt ca. 40 % af de koncentrationer, der måles i hovedløbet. Okkerbelastningen i Bølling Sø Kanal kan således primært tilskrives udledningen fra Bølling Sø og det genslyngede søafløb samt en diffus indsivning til det dybtliggende vandløb, vandløbets drænvirkning på strækningen fra Bølling Sø til Klode Mølle.

Rapport_okkerundersøgelser070521.docx

Stoftransport i Bølling Sø Kanal og Skygge Å er beregnet og opgjort på grundlag af de 3 målekampagner. Afstrømningen har været tilnærmelsesvis på samme niveau den 21. aug. 2220 og den 24. marts 2021, som den 16. dec. 2012, hvor afstrømningen blev målt på 7 lokaliteter i de nævnte vandløb. Afstrømningen vurderes endvidere ud fra en række vandstandsobservationer i vandløbene sammenholdt med den permanente målestation i Karup Å, Karup. De 3 målekampagner kan repræsentere 3. og 4. kvartal 2020 samt 1. kvartal 2021.

Stoftransporten er beregnet ved de respektive målesteder som døgntransporten i kg. Resultatet af beregningerne er anvendt til en kildeopsporing til følgende delstrækninger: Skygge Å 2, Skygge Å 1, Bølling Sø Kanal 3, Bølling Sø Kanal 2, Bølling Sø Kanal 1 og Søafløb 1+2 vist såvel i nedenstående tabel 9.3.2 som på bilag 6.0.

Kildeopsporingen er anskueliggjort ved at tildele den beregnede stoftransport i Skygge Å, Klosterlundvej 2 forholdstallet 100.

Tabel 9.3.2 Kildeopsporing af døgn stoftransporten opgjort i kg i Skygge Å og Bølling Sø Kanal

Komponent	Kildeopsporing iht. 2-3 dataserier fra 4-7 prøvetagningssteder i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å til 7 deloplande 21. august 2020 - 24. marts 2021								
	Døgntransport i kg								
Deloplande:		Skygge Å 2		Skygge Å 1	BSK 3	BSK 2	BSK 1	Søafløb 12	Bølling Sø
Suspenderede stoffer				28	68,9	0,5	13,2	-27,1	130
Glødetab, susp. stof		-		-2	41	5	8,6	-23,4	82
Inddampningsrest		-		1130	1024	617	648	-145	2436
Sulfat (SO4)		-		183	118	33	99	29,9	177
Hydrogencarbonat		-		496	354	21	224	159	656
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof		-		27	48,7	5	20	6	243
Jern (Fe)		102		12	10	9,3	10,1	2,3	37
Jern (Fe) feltfiltreret		18,4		-6,8	-2	9,9	8,2	3,6	22
Mangan (Mn)		-		2,3	1,4	0,7	0,3	-0,2	0,8

I nedenstående tabeller 9.3.3, 9.3.4 og 9.3.5 er tabelværdierne anført som forholdstal.

Tabel 9.3.3 Kildeopsporing af døgn stoftransporten opgjort som forholdstal i Skygge Å og Bølling Sø Kanal, hvor stoftransporten i alt er sat til 100 i Skygge Å, Klosterlundvej 2.

Komponent	Kildeopsporing iht. 2-3 dataserier fra 4-7 prøvetagningssteder i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å til 7 deloplande 21. august 2020 - 24. marts 2021								
	Døgntransport forholdstal, hvor stoftransporten i alt er 100 ved Skygge Å, Klosterlundvej 2								
Deloplande:	Skygge Å ved Skygge Bro	Skygge Å 2		Skygge Å 1	BSK 3	BSK 2	BSK 1	Søafløb 12	Bølling Sø
Suspenderede stoffer			100	13	32	1	6	-13	61
Glødetab, susp. stof		-	100	-1	36	5	8	-21	73
Inddampningsrest		-	100	20	18	11	11	-3	43
Sulfat (SO4)		-	100	28	18	5	16	5	28
Hydrogencarbonat		-	100	26	19	1	12	8	34
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof		-	100	8	14	1	6	2	69
Jern (Fe)	227	127	100	14	13	12	13	3	45
Jern (Fe) feltfiltreret	153	53	100	-19	-5	28	23	10	63
Mangan (Mn)		-	100	43	26	13	6	-3	15

Rapport_okkerundersogelser070521.docx

Tabel 9.3.4 Kildeopsporing af døgn stoftransporten opgjort som forholdstal i Skygge Å og i den dybeste del af Bølling Sø Kanal (BSK1+2), hvor stoftransporten i alt er sat til 100 i Skygge Å, Klosterlundvej 2.

Komponent	Kildeopsporing iht. 2-3 dataserier fra 4-7 prøvetagningssteder i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å til 7 deloplande 21. august 2020 - 24. marts 2021							
	Døgntransport forholdstal, hvor stoftransporten i alt er 100 ved Skygge Å, Klosterlundvej 2							
Deloplande:	Skygge Å ved Skygge Bro	Skygge Å 2		Skygge Å 1	BSK 3	BSK 12 (dybeste del)	Søafløb 12	Bølling Sø
Suspenderede stoffer			100	13	32	7	-13	61
Glødetab, susp. stof		-	100	-1	36	13	-21	73
Inddampningsrest		-	100	20	18	22	-3	43
Sulfat (SO4)		-	100	28	18	21	5	28
Hydrogencarbonat		-	100	26	19	13	8	34
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof		-	100	8	14	7	2	69
Jern (Fe)	227	127	100	14	13	25	3	45
Jern (Fe) feltfiltreret	153	53	100	-19	-5	51	10	63
Mangan (Mn)		.	100	43	26	19	-3	15

Tabel 9.3.5 Kildeopsporing af døgn stoftransporten opgjort som forholdstal i Skygge Å, hvor drænvirkningen er lille og i Bølling Sø Kanal (BSK1+2+3), hvor drænvirkningen er stor. Stoftransporten i alt er sat til 100 i Skygge Å, Klosterlundvej 2.

Komponent	Kildeopsporing iht. 2-3 dataserier fra 4-7 prøvetagningssteder i Bølling Sø Kanal/ Skygge Å til 7 deloplande 21. august 2020 - 24. marts 2021							
	Døgntransport forholdstal, hvor stoftransporten i alt er 100 ved Skygge Å, Klosterlundvej 2							
Deloplande:	Skygge Å ved Skygge Bro	Skygge Å 2		Skygge Å 1	Bølling Sø Kanal ns. Klode Mølle		Søafløb 12	Bølling Sø
Suspenderede stoffer			100	13	39		-13	61
Glødetab, susp. stof		-	100	-1	49		-21	73
Inddampningsrest		-	100	20	40		-3	43
Sulfat (SO4)		-	100	28	39		5	28
Hydrogencarbonat		-	100	26	32		8	34
NVOC, ikke-flygtigt org. kulstof		-	100	8	21		2	69
Jern (Fe)	227	127	100	14	38		3	45
Jern (Fe) feltfiltreret	153	53	100	-19	46		10	63
Mangan (Mn)		.	100	43	45		-3	15

Stoftransportbidraget af suspenderede stoffer til Skygge Å ved Klosterlundvej 2 kommer typisk fra primært Bølling Sø og sekundært fra de drænede arealer langs Bølling Sø Kanal. En betydelig del af de suspenderede stoffer bliver dog sedimenterede på arealer langs det genslyngede søafløb. Organisk kulstof kommer alt overvejende fra Bølling Sø. Sulfat og hydrogencarbonat, der kan være nedbrydningsprodukter fra pyritiltning kommer primært fra de drænede arealer langs BSK/Søafløb1 og sekundært fra Bølling Sø.

Jern (Fe) og Jern (Fe) filtreret, der stammer fra pyritiltning, kommer fra dels Bølling Sø dels BSK/Søafløb1. Okkerbelastningen med ferrojern er størst i Bølling Sø/Søafløb og i BSK nærmest søen, mens der i Skygge Å konstateres et fald, idet en del ferrojern iltes til ferrijern (det røde okker). Det er kun en mindre del eller i størrelsesordenen 3-9 % af okkerbelastningen, der

kan henføres til det genslyngede afløb, mens ca. halvdelen kan henføres til den dybe del af Bølling Sø Kanal, som har stor drænvirkning på de tilgrænsende arealer. Pyritindholdet på disse arealer kendes ikke, men da der er tale om dybereliggende jordlag kan det forventes, at deres pyritindhold vil være > 0,09 % pyrit, som blev målt på de 2 ha ved det genslyngede søafløb 2, jf. tabel 7.1.2.

De 3 målekampagner sandsynliggør, at jerntransporten i Karup Å nedstrøms Skygge Bro kan have en påvirkning fra Bølling Søafløbet (det genslyngede afløb) svarende til mindre end 1 procent af den samlede jerntransport.

Baggrundsbelastningen fra Bølling Sø med et omfang på i størrelsesordenen 50 % i Skygge Å ved Klosterlundvej 2 og på i størrelsesordenen 30 % i Karup Å nedstrøms Skygge Bro kan vanskeligt ændres.

En videreførelse af søafløbets genslyngning til et terrænnært niveau helt frem til Klode Mølle har imidlertid et potentiale for at reducere okkerbelastningen i Skygge Å/ Karup Å med i størrelsesordenen

- 20-40 %/ 10-25 % vurderet på data for jern total og jern feltfiltreret.

Yderligere regulering af Bølling Sø Kanal (BSK1) har et potentiale for at reducere okkerbelastningen i Skygge Å/ Karup Å med i størrelsesordenen

- 10-20 %/ 4-12 % vurderet på data for jern total og jern feltfiltreret.

9.4 VANDKVALITET I SKYGGE Å/ KARUP Å - EN FORELØBIG PERSPEKTIVERING

Der er tilvejebragt data ved jordbundsundersøgelse i et delområde, som tillader diverse modelberegninger for yderligere vandløbsreguleringer af den dybtliggende Bølling Sø Kanal på strækningen fra Bølling Sø til Klode Mølle.

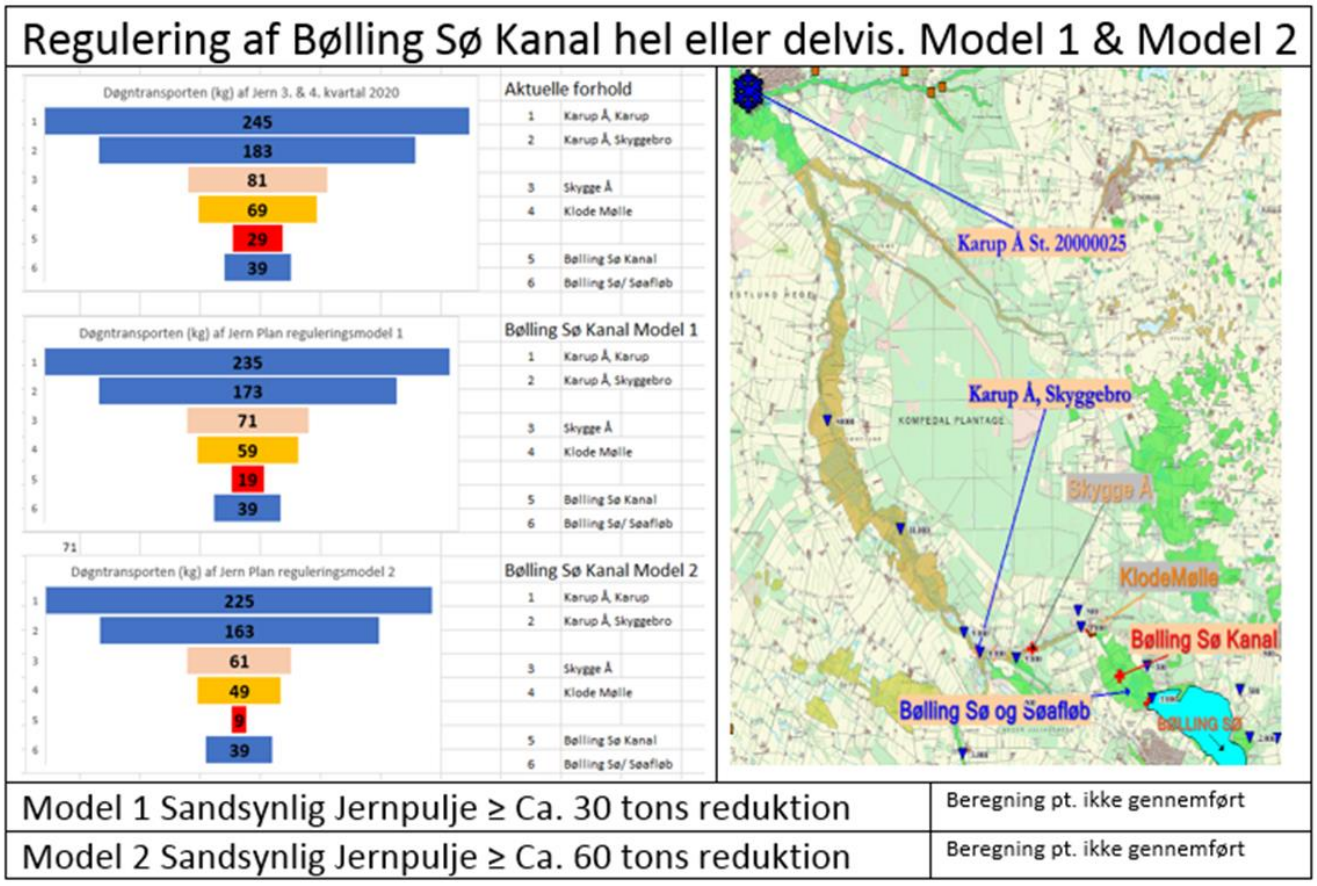
Beregninger er dog pt. ikke foretaget, men der kan visualiseres mulige konsekvenser ved gennemførelse af reguleringsskitser for Bølling Sø Kanal efter

- Model 1 (Bølling Sø Kanal , ca. 1 km delstrækning opstrøms) &
- Model 2 (Bølling Sø Kanal ca. 1,5 km delstrækning nedstrøms).

Foreløbige data. Baggrundsbelastningen af okker fra Bølling Sø/ 900 m opr. søafløb er på ca. 50 % i Skygge Å og på ca. 30 % i Karup Å og kan vanskeligt ændres. Imidlertid kan potentialet for at reducere okkerbelastningen ved yderligere vandløbsregulering nedstrøms Bølling Sø være betydelig. Afhængigt af reguleringsomfang kan potentialet vurderes på baggrund af de tilvejebragte data og beregninger. Regulering af Bølling Sø Kanal opstrøms Klode Mølle har potentiale til at reducere okkerbelastningen med i størrelsesordenen 20-40 % i Skygge Å og med 10-25 % i Karup Å umiddelbart nedstrøms Skygge Bro. Regulering af ca. 700 lbm. af Bølling Sø Kanal umiddelbart nedstrøms Bølling Sø har potentiale til at reducere okkerbelastningen

med i størrelsesordenen 10-20 % i Skygge Å og med 4-12 % i Karup Å umiddelbart nedstrøms Skygge Bro.

Figur 9.4.1 Model 1 & 2 for regulering af Bølling Sø Kanal.



10.0 REFERENCELISTE

1 Miljøstyrelsen (1989): Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier. Miljøprojekt nr. 111.

2 Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 51 1995. Revision af modelberegning af jernudvaskning som følge af pyritiltning.

3 Overfladevandsdatabasen ODA. Miljøministeriets og DCE, Aarhus Universitetets fælles database for overfladevand med kvalitetssikrede og –mærkede kemiske, fysiske og biologiske data. https://odaforalle.au.dk/main.aspx

4 Miljøcenter Ribe og Miljøcenter Ringkøbing Okkerværktøjskasse, Maj 2008

5 Basisanalyse for Vandområdeplaner 2015 – 2021, http://miljoegis.mim.dk

6 Miljøministeriet, Miljøstyrelsen. Miljøprojekt Nr185 1991. Jernudvaskning fra Drænede pyritholdige arealer.

7 Danske Søtyper, Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, nr. 282 2018. AARHUS UNIVERSITET