

**Sønderborg Kommune**

# Kværsløkkebæk

**Kapacitetsanalyse**

16-06-2021

# Kværsløkkebæk

Kapacitetsanalyse

---

<b>Kunde</b>	Sønderborg Kommune
<b>Rådgiver</b>	WSP Danmark A/S Sønderhøj 8 8260 Viby J
<b>Projektnummer</b>	1372100040
<b>Dokument ID</b>	Kværsløkkebæk kapacitetsanalyse
<b>Projektleder</b>	John Vendelbo
<b>Kvalitetssikret af</b>	Nicolaj Thomassen
<b>Godkendt af</b>	Peter Bornhardt
<b>Version</b>	02
<b>Udgivet</b>	16-06-2021

# Indholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Analyseprincip</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Datagrundlag</b>	<b>7</b>
3.1	Vandløbsstrækning og projektområde	7
3.2	Vandløbsdata	8
3.3	Opland og baggrundsafstrømning	8
3.4	Manningtal	9
3.5	Oplande og udløb	10
<b>4.</b>	<b>Analyseresultater</b>	<b>11</b>
4.1	Oversvømmelsesrisiko	11
4.2	Erosionsrisiko	14
<b>5.</b>	<b>Konklusion</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>Referencer</b>	<b>16</b>

# Bilagsfortegnelse

## **Bilag 1**

Længdeprofil med beregnet vandspejl

## **Bilag 2**

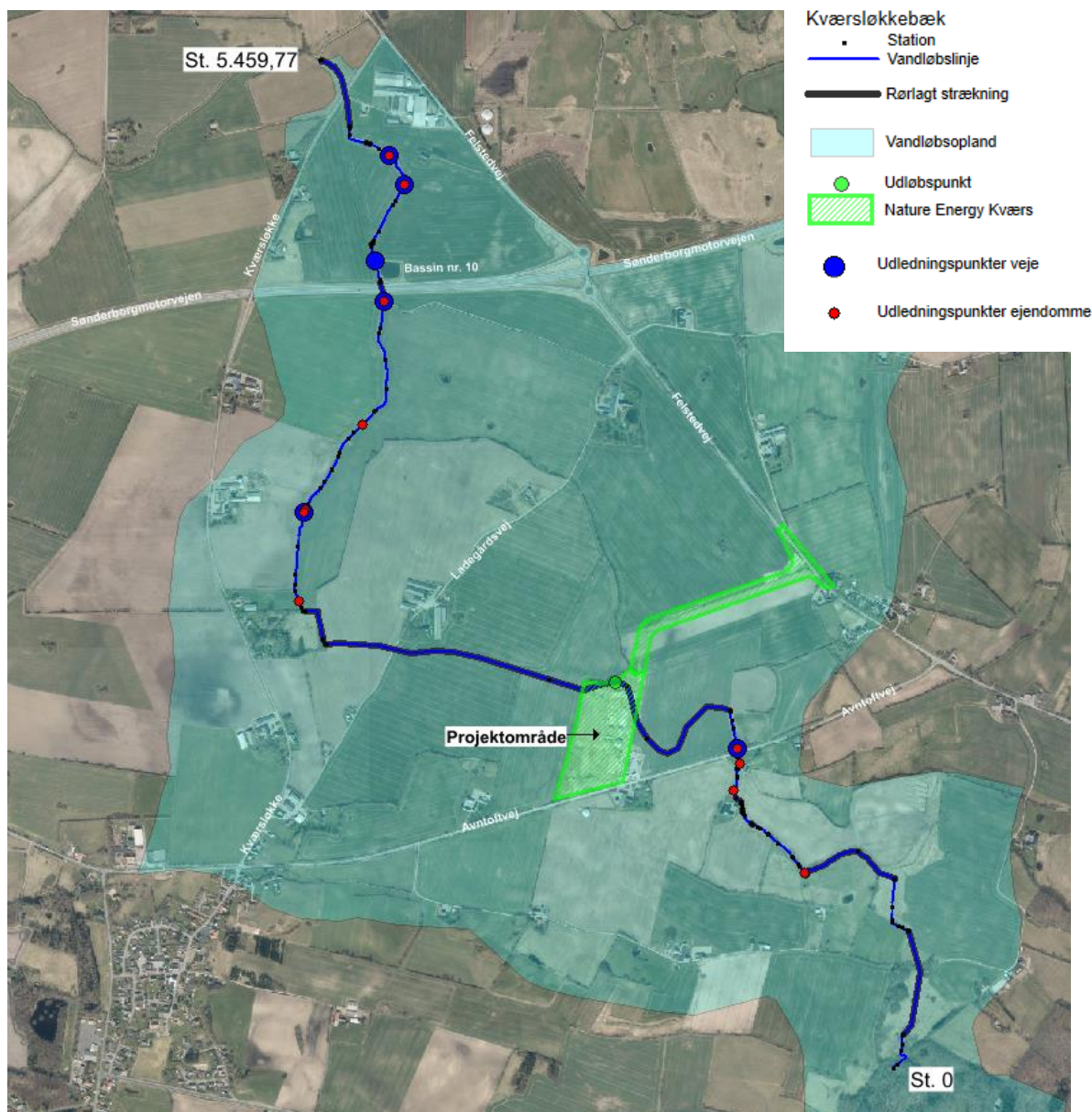
Kort med beregnet stream power

## **Appendiks**

Forklaring af stream power begrebet

## 1. Indledning

I forbindelse med miljøgodkendelse for etablering af et nyt storskala biogasanlæg på adressen Felstedvej 35C, Kværs, 6300 Gråsten, er der foretaget en undersøgelse af kapaciteten af det offentlige vandløb Kværsløkkebæk, som vil modtage tag- og overfladevand fra arealerne. Figur 1 giver et overblik over beliggenheden af det planlagte anlæg i forhold til vandløbet.



Figur 1. Den analyserede vandløbsstrækning med opland og angivelse af udløb fra ejendomme, veje og projektområde.

Undersøgelsen er iværksat, idet Miljø- og Fødevareklagenævnet har hjemsendt tidligere miljøgodkendelse med VVM-tilladelse til fornyet behandling, herunder er der peget på at Sønderborg Kommune i forbindelse med udledningstilladelsen til Kværsløkkebæk, ikke har foretaget den fornødne vurdering af vandløbets hydrauliske kapacitet ift. mulighed for øget belastning ved tilledning af tag- og overfladevand fra de kommende anlæg.

Undersøgelsen omfatter en analyse af de naturlige afstrømningsforhold og en kapacitetsanalyse målrettet Kværsløkkebæk. Det er herunder undersøgt, i hvilket omfang udledning af regnvand fra de planlagte befæstede arealer ved ejendommen Felstedvej 35C (benævnt Nature Energy Kværs) skal nedrosles for ikke at give anledning til hyppigere og større oversvømmelser end der forekommer ved afstrømning fra det naturlige opland til vandløbet. Analysen belyser desuden risikoen for, at vandløbet ødelægges med erosion som følge af udledning. Den anvendte metode benævnes en kapacitets- og robusthedsanalyse og anvendes bredt af kommuner og forsyninger i forbindelse med vurderinger af regnvandsudledninger til vandløb. I 2018 godkendte Miljø- og fødevareklagenævnet metoden i en sag fra Brønderslev Kommune (Sag: 18/05374- tidl. NMK-10-01097).

Udledning af overfladevand fra Nature Energy Kværs arealer vil ske gennem forsinkelses- og renseforanstaltninger, der sikrer at vandløbet ikke overbelastes som følge af øgede vandmængder eller i øvrigt udsættes for uønsket påvirkning i forbindelse med udledningen. Herunder er der i forbindelse med miljørapporten /1/, samt ansøgninger om udledningstilladelse (/2/, /3/) redegjort for dimensionering af forsinkelsesanlæg.

I dette notat dokumenteres analyseresultaterne i forhold til det anvendte datagrundlag og effekterne af nuværende samt fremtidig regnvandsbetinget udledning til Kværsløkkebæk for så vidt angår de hydrauliske forhold. Der henvises til miljørapporten /1/ og ansøgninger om udledningstilladelse /2/-/3/ for en redegørelse vedr. renseforanstaltninger.

Kværsløkkebæk er rørlagt på godt halvdelen af sit nuværende forløb og har generelt i et ringe fald på åbne strækninger. Analysen er foretaget med fokus belysning af risikoen for unaturlige oversvømmelser af de vandløbsnære arealer, idet risikoen for unaturlig høj erosion er mindre aktuell for Kværsløkkebæk.

## 2. Analyseprincip

I en kapacitets- og robusthedsanalyse undersøger man, hvor meget plads der er i vandløbet til udledningen af regnvand fra eksisterende og planlagte befæstede oplande, når der samtidigt tages hensyn til afstrømning fra vandløbsoplandet. Der undersøges for to parametre, dels hvorvidt udledningen risikerer at forårsage større oversvømmelser af de vandløbsnære arealer og dels om der vil være risiko for at ødelægge miljøforholdene i vandløbet som følge af erosion.

I analysen gennemføres række beregningsscenarier med gradvist stigende udledning fra befæstede arealer for at undersøge effekten på vandløbet hvad angår de nævnte parametre.

Baggrundsafstrømningen fra den naturlige ubefæstede del af vandløbsoplandet (herunder skov- og landbrugsarealer), indgår i alle beregningsscenarier - denne tager udgangspunkt i maksimumsafstrømningen fra hele vandløbsoplandet, og antages at afspejle den naturlige tilstand for vandløbet.

Analysen kortlægger i hvilket omfang, og hvilke strækninger på vandløbene, der er begrænsende for regnvandsudledningen, og man kan på den baggrund fastlægge behovet for forsinkelsesforanstaltninger i forbindelse med udledning fra befæstede oplande.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at resultatet af robusthedsanalysen i udgangspunktet opgøres som et afløbstal i l/s pr. totalhektar befæstet opland. Ved opgørelse pr. reduceret opland, skal der foretages en omregning som forklaret i notatets resultat afsnit.

Endelig skal man være opmærksom på, at de beregninger, der ligger til grund for analysen, er baseret på en stationær model i programmet VASP, hvorved der ses på samtidig påvirkning fra alle udløb til vandløbet. Herunder er dæmpningen og udjævningen af vandtilførslen ned gennem vandløbene ikke taget med. Værdierne fra analysen i VASP vil således være højere, end hvis der anvendes en dynamisk modeltilgang, og forskellen vil være større jo længere nedstrøms fra et udløbspunkt man befinder sig. Den stationære modeltilgang betyder også, at det her anvendte statiske analysekoncept, ikke direkte tager højde for tidslige variationer i forbindelse med uforsinkede udledninger og periodevise overløb.

### **3. Datagrundlag**

#### **3.1 Vandløbsstrækning og projektområde**

Analysen er udført på den fulde opmålte strækning af Kværsløkkebæk som vist på Figur 1. Vandløbet er en del af Vidå-vandløbssystemet, der har udløb i Vadehavet gennem Vidå Sluse ved Højer. Vandløbet er offentligt og var oprindeligt opdelt i en øvre kommunal del og en nedre del administreret af Sønderjyllands Amt.

Projektområdet med fremtidigt udledningspunkt fremgår af Figur 1. Kværsløkkebæk er ikke målsat på strækningen ved det fremtidige udledningspunkt (grøn prik, Figur 1). Ca. 2,3 km nedstrøms udledningspunktet er Kværsløkkebæk målsat til god økologisk tilstand. Den samlede aktuelle tilstand af vandløbet er ringe økologisk tilstand og er udelukkende bestemt ud fra DVFI (jf. /2/). Biogasanlægget anlægges på matrikel nr. 519b Kværsløkke Ejerlav, Kværsløkke. De fremtidige befæstede arealer udgøres her af tagflader og belægninger, opgjort til 1,77 ha. /2/. Overfladevandet ledes herfra til et forsinkelsesbassin udført som vådbassin inden udløb.

Der er derudover planlagt en adgangsvej til biogasanlægget fra Felstedvej (matrikel nr. 125, Ladegård, Kværsløkke) med etablering af grøftbassin til forsinkelse af vejvand inden udledning. Det befæstede areal for vejen er opgjort til 0,88 ha. jf. /3/.

Der er i analysen antaget et og samme udløbspunkt for det samlede befæstede areal omfattende biogasanlæg og adgangsvej.

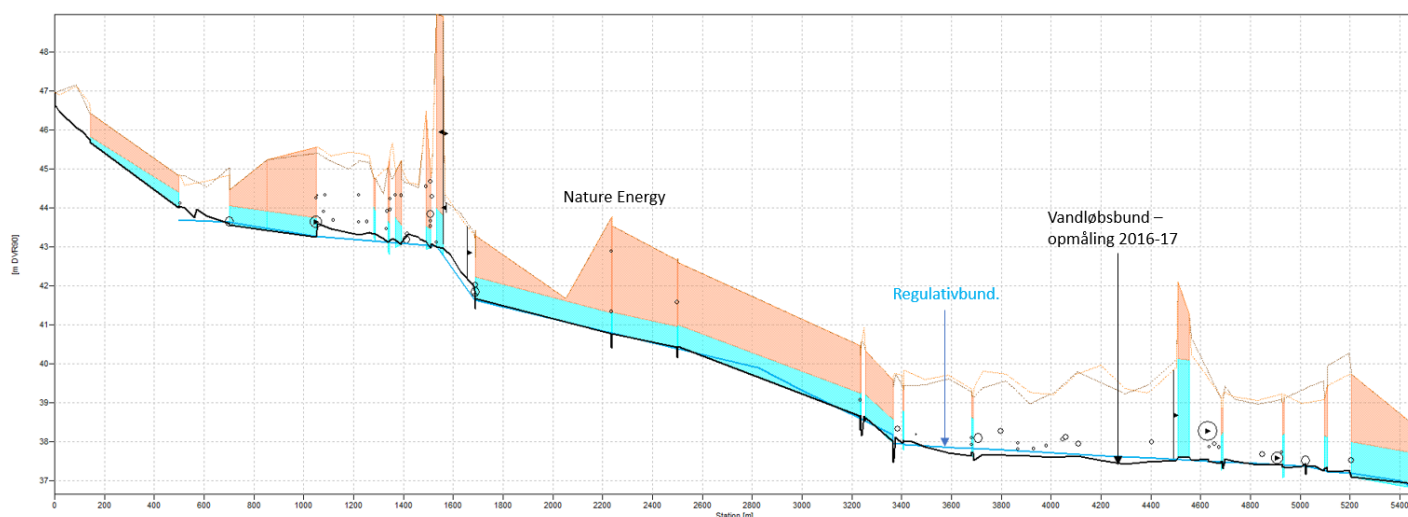
### 3.2 Vandløbsdata

For at kunne gennemføre hydrauliske beregninger på et vandløb skal der anvendes dimensioner for vandløbet i form af tværsnitsprofiler (vandløbets form - dybde og bredde).

Kapacitets-/robusthedsanalysen er dels foretaget på den samlede strækning af Kværsløkkebæk og baseret på udleveret opmåling af vandløbsgeometri fra 2016-17, samt regulativskikkelser. Opmålingen omfatter den 5460 lange vandløbsstrækning som vist på Figur 1 – hvoraf hovedparten er rørlagt.

Regulativskikkelser fremgår af 2 ældre regulativer for hhv. det oprindelige kommunale vandløb (1971, /4/) svarende til de øvre ca. 3400 m og det nedre oprindelige amtsvandløb (1996, /5/), der dækker de resterende ca. 2000 m.

I forbindelse med analysen, er regulativskikkelser med bundkoter indtastet manuelt i VASP ud fra oplysninger i regulativerne, sammensat og geokodet. Der foreligger ikke regulativbundkoter for den øverste del af vandløbet, hvorfor regulativskikkelser ikke er medtaget for de øverste 498 m, Figur 2.



Figur 2. Længdeprofil for Kværsløkkebæk med opmålt bundkote (sort streg) og rørlagte strækninger (lys blå). Bundkoter fra regulativer /4/ og /5/ er angivet med blå streg.

Som det fremgår af Figur 2, er der ringe fald på de åbne strækninger af Kværsløkkebæk. På de stejleste rørlagte strækninger er faldet op mod 5 promille. Langs den åbne strækning st. 3364 – st. 5200 nedstrøms projektområdet er faldet ringe, mindre end 0,5 promille.

Det fremgår at vandløbsbunden jf. regulativet /4/ ligger lavere end den opmålte bund på korte strækninger langs vandløbets øvre del. Mellem st. 495 – st. 675 og st. 1053 – st.1686 vurderes der således at være aflejret materiale over tid.

### 3.3 Opland og baggrundsafstrømning

Det topografiske opland til vandløbssystemet er fastlagt med udgangspunkt i WSP's vandskelsdatabase, med støtte i oplandsanalyser i Scalgo Live. Det topografiske opland ved udløbet til Bjerndrup Mølleå er opgjort til 7,65 km<sup>2</sup>.



Der er anvendt de to statistiske værdier vintermedianmaksimumsafstrømning og sommermedianmaksimumafstrømning til simulering af baggrundsafstrømningen. Da der ikke er målinger af vandføringen i Kværsløkkebæk, er det værdier baseret på observationer fra andre vandløb, der ligger til grund for den anvendte baggrundsafstrømning.

Tabel 1. Nærmeste Vandløb til Kværsløkke Bæk med tilhørende hydrologiske informationer samt afstand til midtpunktet på Kværsløkke Bæk.

Vandløb	Mst. nr.	Opland	Afstand til Kværsløkkebæk	Medianmaksimum		Sommer median maksimum *	
				[l/s/km <sup>2</sup> ]	[l/s/ha]	[l/s/km <sup>2</sup> ]	[l/s/ha]
		[km <sup>2</sup> ]	[km]				
Fruerskov Bæk	41.05	2,0	7,6	124	1,24	62	0,62
Fiskbæk	41.07	19,8	6,7	122	1,22	61	0,61
T.T. Bjerndrup Mølleå	42.35	31,6	3,1	51	0,51	26	0,26

\*) Sommermedianmaksimum er sat til 50 % af medianmaksimum

Medianmaksimumsværdier målt i vandløbene Fruerskov Bæk og Fiskbæk vist i Tabel 1 stammer fra rapporten *Afstrømningsforhold i danske vandløb 2001 DMU-rapport 340*. Afstrømningsværdier for disse to vandløb er høje sammenlignet med de værdier, der angives i Sønderborg Kommunes *Vejledning til dimensionering af regnvandsbassiner (Vejledning af 26. april 2016)*, hvor et niveau på omkring 0,6 l/s/ha angives som en gennemsnitlig maksimalafstrømning. Det skyldes, at vandløbene og topografien omkring dem er stejle – f.eks. har Fiskbæk et gennemsnitligt fald på 8 promille, hvilket resulterer i kortvarige, men intensive afstrømninger og dermed en høj medianmaksimumafstrømning. Kværsløkkebæk, der har udløb i Bjerndrup Mølleå, og løber til det vestvendte Vidå-system, hvor vandløbene er karakteriseret ved et ringe fald og et deraf følgende mere afdæmpet afstrømningsmønster. Kværsløkkebæk har således til sammenligning et gennemsnitligt fald på ca. 2 promille.

Der foreligger ved målestation nr. 42.35 (DMU nr. 42000014), Bjerndrup Mølleå (tilløb til Lille Søgård Sø) beliggende godt 3 km vest for Kværsløkkebæk, et solidt statistisk grundlag for vurdering af den karakteristiske afstrømning. Der er i forbindelse med ansøgning om udledningstilladelse /2/ på dette grundlag fundet en vintermedianmaksimumafstrømning på 0,51 l/s/ha – hvilket således er i overensstemmelse med ovenstående betragtninger om lavere karakteristiske afstrømningsniveau for den aktuelle oplandstype.

I analysen er der derfor, ud fra ovenstående betragtninger anvendt 0,51 l/s/ha som udtryk for vintermedianmaksimumsafstrømningen i Kværsløkkebæk. Da sommerafstrømninger, herunder sommermedianmaksimumsafstrømninger, erfaringsmæssigt ligger på det halve af vinterafstrømningen er sommermedianmaksimumafstrømningen sat til 0,26 l/s/ha.

### 3.4 Manningtal

I vandspejlsberegningerne indgår også et udtryk for vandløbets ruhed – Manningtallet. Manningtallet er omvendt proportionalt med ruheden og da denne til dels skabes af vandplanterne, er Manningtallet lavt om sommeren. I vinterhalvåret visner vandplanterne væk, hvorfor ruheden er lav og Manningtallet er højt. Der er ikke konkrete målinger af Manningtallet i

Kværsløkke Bæk. I stedet er anvendt Sønderborg Kommunes lokalkendskab til grødeforholdene i vandløbet sammen med erfaringstal fra rapporten /6/, gengivet i Tabel 2.

Da Kværsløkke Bæk er et lille vandløb, der ved sin begyndelse har en bundbredde på 30-40 cm og ved udløbet i Bjerndrup Mølleå er vokset til 1 m i bredden, foruden at den jf. Sønderborg Kommune har en tæt grødevækst, er sommer Manningtallet sat til 6 i analysen. Om vinteren er grøden bortvisnet og derfor er Manningtallet sat til 16. På de rørlagte strækninger er ruheden i vandløbet meget lav, med et valgt Manningtal på 60.

Tabel 2. Forslag til karakteristiske Manningtal i forskellige vandløbstyper jf. rapporten /6/.

Vandløbstype	Grødevækst	Manningtal
Lille vandløb (Vandspejlsbredde 1-2 meter)		
	med tæt grødevækst	4-8
	med spredt grødevækst	8-12
	med nyskåret strømmende på 50% af bredden	8-15
	uden grødevækst	12-18
Mellem vandløb (Vandspejlsbredde 2-5 meter)		
	med tæt grødevækst	8-12
	med spredt grødevækst	12-15
	med nyskåret strømmende på 50% af bredden	12-15
	uden grødevækst	16-24
Større vandløb (Vandspejlsbredde 5-10 meter)		
	med tæt grødevækst	12-16
	med spredt grødevækst	15-20
	med nyskåret strømmende på 50% af bredden	15-20
	uden grødevækst	20-30

### 3.5 Oplande og udløb

Oplandet til Kværsløkkebæk er som nævnt opgjort til 7,65 km<sup>2</sup> ved udløbet til Bjerndrup Mølleå. Den påtænkte udledning fra Nature Energy Kværs vil tilsluttes den rørlagte strækning, idet der er antaget et udløbspunkt ved st. 2200, se Figur 1. Oplandet er her opgjort til 1,77 km<sup>2</sup>.

Ud over ansøgninger om udledningstilladelser i forbindelse med Nature Energy Kværs, er der oplyst om følgende tidligere udledningstilladelser til Kværsløkkebæk:

- Tilladelse til udledning af tag- og overfladevand fra Felstedvej 39, 6300 Gråsten, versionsnr. 14-05-2012. Der er givet tilladelse til et maksimalt afløbstal svarende til 2 l/s/ha.

- Tilladelse til udledning af vejvand. Motorvejen Kliplev-Sønderborg, dateret 26. marts 2008. Tilladelsen er givet til et maksimalt flow på 1 l/s/totalha. For bassin nr. 10 (10A) med udledning til Kværsløkkebæk (se figur 1) er totaloplandet opgjort til 11,0 ha.

Sønderborg Kommune har desuden oplyst om forventet udledning af regnvand fra befæstede arealer ved en række ejendomme langs hhv. Avntoftvej, Ladegårdsvej, Limbækvej, Kværsløkke og Feldstedvej. De oplyste udløbspunkter er vist på Figur 1 med rød prik.

Der er desuden oplyst om udløb fra vejarealer, der omfatter dele af Avntoftvej, Felstedvej, Kværsløkke og Ladegårdsvej. Udløb herfra er angivet med blå prik på Figur 1 sammen med udløb fra motorvejsbassin nr. 10.

Der foreligger ikke nærmere oplysninger om udledningmængder fra ejendomme og veje. Det er i analysen antaget, at udledningen fra ejendommene er svarende til 1 l/s/ha – antagelsen understøttes af at udledning formentlig i vid udstrækning sker gennem dræn, der traditionelt er dimensioneret for en afstrømning på 1 l/s/ha.

På baggrund af de tilgængelige oplysninger, er der i analysen anvendt følgende faste udledningstal:

- Motorvejsbassin 1 l/s/ha
- Felstedvej 39 2 l/s/ha
- Øvrige ejendomme og vejudløb 1 l/s/ha

Udledning fra det samlede projektområde (inkl. adgangsvej), som vist i Figur 1 er sat op med variabelt udledningstal til test af effekten på vandspejlet i Kværsløkkebæk.

Den samlede opgørelse af befæstede arealer indregnet i analysen udgør med den foreliggende information godt 30 ha. svarende til omkring 4% af vandløbsoplandet.

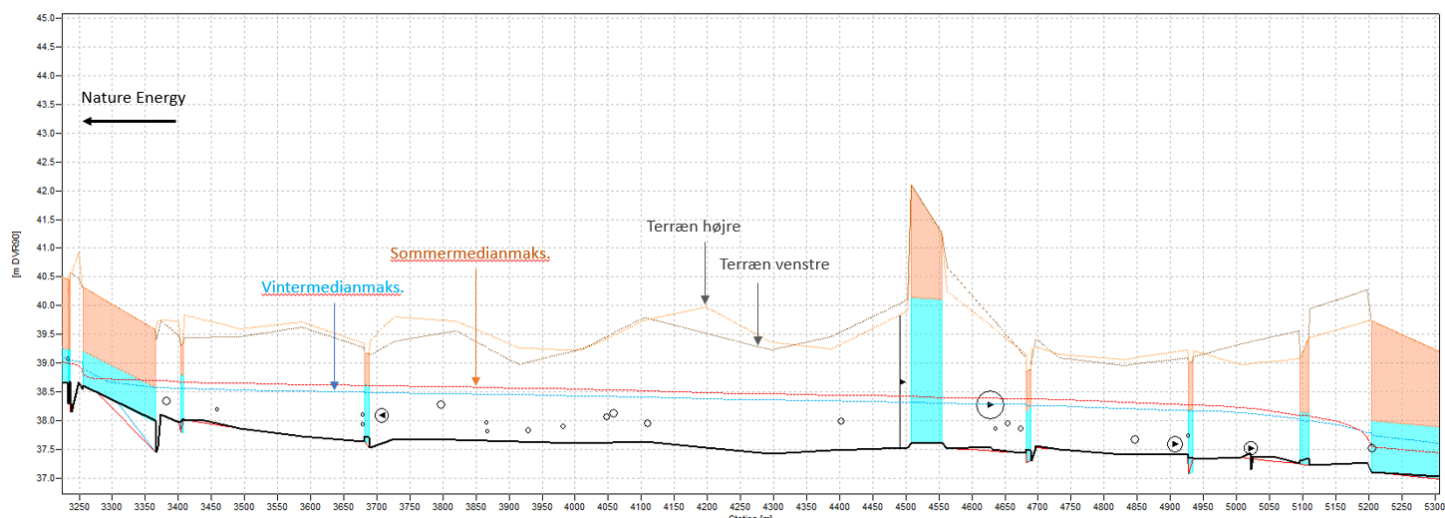
## **4. Analyseresultater**

I det følgende er resultaterne af robusthedsanalysen beskrevet med fokus på risikoen for oversvømmelse af arealer langs Kværsløkkebæk nedstrøms projektområdet.

### **4.1 Oversvømmelsesrisiko**

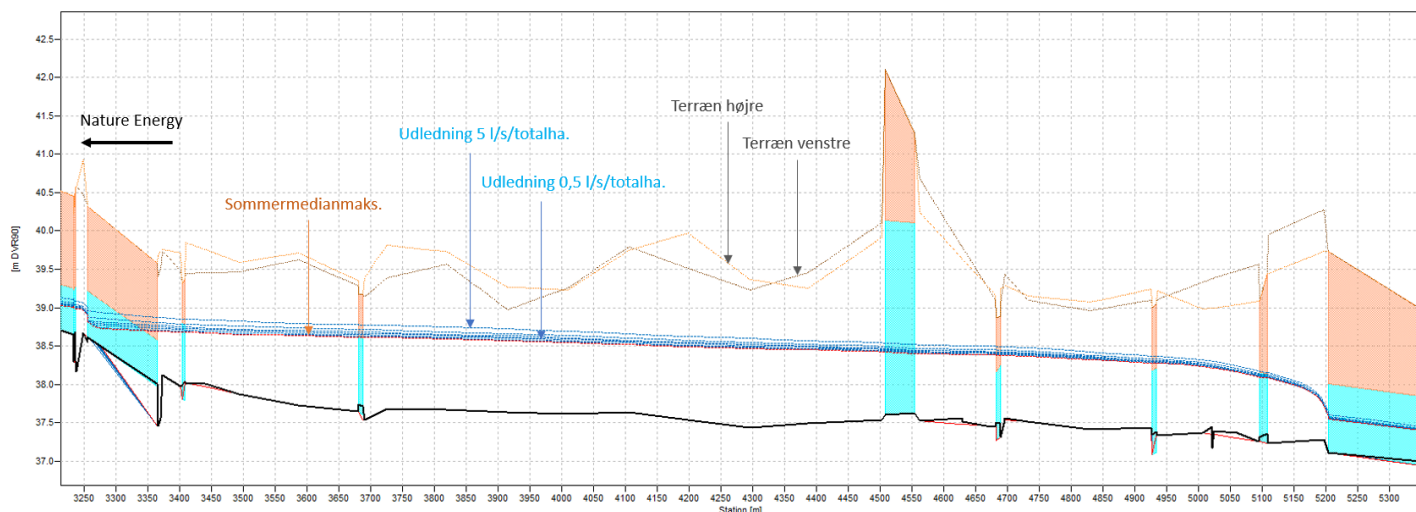
Bilag1 viser det fulde længdeprofil med den opmålte vandløbsgeometri fra 2016-17 og beregnede vandspejlskoter ved hhv. sommer- og vintermedianmaksimum.

Med de anvendte medianmaksimumafstrømninger og Manningtal ligger det beregnede vandspejl på åbne strækninger i udgangspunktet højere i sommer- end i vintersituationen. Langs den åbne strækning (st. 3364 – st. 5200) nedstrøms udledningpunktet ved Nature Energy, er vandspejlsforskellen fra vinter til sommer beregnet til ca. 12 cm, se Figur 3.



Figur 3. Længdeprofil for den åbne strækning af Kværsløkke Bæk ca. 1200 m nedstrøms projektområdet, baseret på opmåling 2016-2017 med angivelse af vandspejl for hhv. vinter og sommermedianmaksimumafstrømning.

Ved trinvist stigende udledning fra projektområdet ses en vandspejlsstigning på den samme strækning, som vist for sommersituationen i Figur 4. Det fremgår, at der ved en udledning på 5 l/s/total ha. fra Nature Energy's projektareal, ikke sker overskridelse af vandløbets brinker.



Figur 4. Længdeprofil for den åbne opmålte strækning af Kværsløkke Bæk ca. 1200 m nedstrøms projektområdet, med beregnede vandspejl for sommermedianmaksimumafstrømning (0,26 l/s/ha) samt udledninger fra projektområdet svarende til min. 0,5 l/s/total ha. og maks. 5 l/s/total ha.

De omtrentlige vandspejlsstigninger ved en trinvist stigende udledning fra projektområdet er vist i Tabel 1. Som nævnt indledningsvist opgøres udledningstillene opgøres ved kapacitets-/robusthedsanalysen i l/s/total ha.

Tabel 3. Beregnet vandspejlspåvirkning ved udledning fra projektområdet forhold til referencesituation uden udledning hhv. sommer og vinter.

Udledning projektområde (l/s/total ha.)	Omtrentlig stigning i vandspejl st. 3364 – st. 5200 (cm)	
	Sommermedianmaks. 0,26 l/s/ha	Vintermedianmaks. 0,51 l/s/ha
0,5	1	
1,0	3	1
1,5	5	2
2,0	7	3
3,0	10	5
5,0	17	8

Udledningen fra projektområdet er testet yderligere op til en værdi, der svarer til udledning på 10 l/s/total ha. På baggrund af analysens grundforudsætninger om afstrømning, Manningtal og eksisterende udledninger, vil selv et afløbstal på dette niveau ikke give anledning til overskridelse af vandløbsbrinkerne på den nævnte nedre åbne strækning.

Det fremtidige befæstede areal inkl. tagflader og adgangsvejen ved Nature Energy er opgjort til samlet 2,65 ha. jf. /2/ og /3/.

Projektområdet vist i Figur 1 har et samlet areal på 11,3 ha.

I vintersituationen strømmer der ca. 5,8 l/s fra projektområdet inden etablering af Nature Energy - og tilsvarende 2,9 l/s i sommersituationen.

Med et udledningstal fra projektområdet på 1,0 l/s/ha befæstet areal og et samlet befæstet areal for projektområdet på 2,65 ha. vil der ved gennemførelse af projektet afstrømme 2,65 l/s fra det befæstede areal.

Afstrømningen fra den ubefæstede del af projektområdet (11,3 ha - 2,65 ha = 8,65 ha) vil i vintersituationen udgøre 8,65 ha \* 0,51 l/s/ha = 4,4 l/s, og tilsvarende i sommersituationen 2,2 l/s.

Den samlede mertilførsel af vand ved gennemførelse af projektet kan med det udgangspunkt opgøres til:

- $(2,65+4,4) - 5,8 = 1,25$  l/s (vinter)
- $(2,65+2,2) - 2,9 = 1,95$  l/s (sommer)

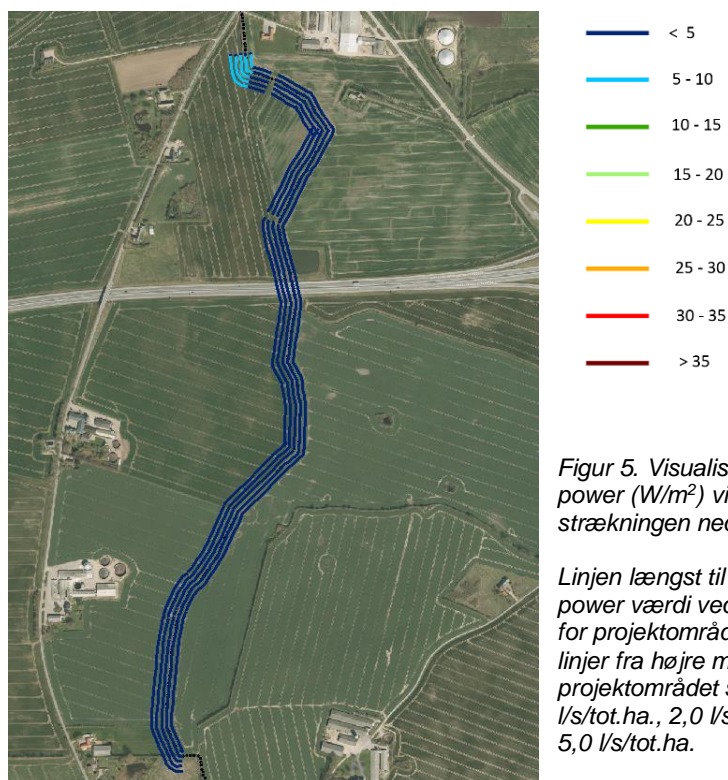
Med henvisning til Tabel 3, vil vandspejlsstigningen i Kværsløkkebæk, som følge af den større fremtidige vandtilledning være mindre end 3 cm i sommersituationen, såfremt udledningstallet sættes til 1 l/s/red. ha. Hvis der, som ansøgt jf. /2/ og /3/ anvendes et afløbstal svarende til medianmaksimum på 0,51 l/s/ha må påvirkningen af vandspejlet således forventes at være mindre endnu.

## 4.2 Erosionsrisiko

Der er, som en del af robusthedsanalysen, foretaget en beregning af energiniveauet i vandløbet med henblik på vurdering af risikoen for øget erosion af bund og brinker i forbindelse med udledning af regnvand.

Erosionsrisikoen er vurderet ud fra den såkaldte stream power værdi (enhed  $W/m^2$ ), der er udtryk for energiniveauet i vandløbet. Som hovedregel betragtes  $35 W/m^2$  som en grænse for hvornår, der begynder at være risiko for forøget erosion af et vandløb /7/. Der er i vedlagte appendiks givet en nærmere beskrivelse af begrebet stream power.

I forhold til erosionsrisiko er vandets hastighed den mest kritiske parameter. De højeste hastigheder opnås som regel om vinteren, hvor der er færre vand- og kantplanter til at skabe modstand i vandløbet samtidig med, at der er en større vandføring. Erosionsrisikoen er således vurderet med vintermedianmaksimumafstrømning som baggrundsafstrømning og med Manningtal for vinter. Robusthedsanalysen vises traditionelt som parallelle vandløbslinjer med farvelagte intervaller for de beregnede streampower værdier ved stigende udledningstal. Derved kan erosionskritiske strækninger (stream power  $> 35 W/m^2$ ) i forhold til udledning identificeres. Figur 5 viser den tilsvarende fremstilling for Kværsløkkebæk.



Figur 5. Visualisering af beregnet stream power ( $W/m^2$ ) vintersituationen på strækningen nedstrøms projektområdet.

Linjen længst til højre afspejler stream power værdi ved anvendelse af 0,51 l/s/ha for projektområdet (reference), de øvrige linjer fra højre mod venstre udledninger fra projektområdet svarende til hhv. 1 l/s/tot.ha., 2,0 l/s/tot.ha., 3,0 l/s/tot.ha. og 5,0 l/s/tot.ha.

Beregnet stream power for de åbne strækninger i Kværsløkkebæk ved trinvist stigende udledning fra projektområdet er desuden vist i bilag 2. Som det også fremgår af Figur 5, viser denne del af analysen et meget lavt energiniveau svarende til medianmaksimumafstrømning - som heller ikke ved trinvist stigende værdier for udledningen ved Nature Energy giver anledning til forøget energitilvækst og dermed forøget erosionsrisiko. De beregnede stream power værdier ligger generelt under  $10 \text{ W/m}^2$  og således væsentligt under de  $35 \text{ W/m}^2$ , der betragtes som grænsen for erosionsrisiko. Som det fremgår af bilag 2, ses der ikke energitilvækst ved udledning svarende til  $5 \text{ l/s/total ha.}$ , sammenlignet med den naturlige baggrundsafstrømning på  $0,51 \text{ l/s/ha}$  (reference). Erosionsrisikoen er testet yderligere op til en værdi, der svarer til udledning på  $10 \text{ l/s/total ha.}$ , hvilket ikke bevirker overskridelse af det kritiske niveau for stream power.

## 5. Konklusion

Der er foretaget en vurdering af kapaciteten af Kværsløkkebæk i forhold til den naturlige afstrømning og nuværende tilledning af regnvand fra befæstede arealer. Dette er sammenholdt med effekten ved udledning af regnvand fra befæstede arealer ved etablering af anlæg i forbindelse med Nature Energy, Kværsløkke. Vurderingen er foretaget med udgangspunkt i konceptet for kapacitets-/robusthedsanalyser, herunder er der testet for effekten på vandløbet ved trinvist stigende værdier for neddrolede udledninger fra forsinkelsesbassiner ved Nature Energy, Kværsløkke.

Det er i forbindelse med analysen fundet, at den naturlige afstrømning til vandløbet er mindre end  $1 \text{ l/s/ha}$ , og at  $0,51 \text{ l/s/ha}$  afspejler et karakteristisk niveau for medianmaksimumafstrømningen i forhold til Kværsløkkebæk. Denne værdi er anvendt som naturlig baggrundsafstrømning i analysen.

Analysen har yderligere vist, at en udledning på  $1 \text{ l/s/ red. ha.}$  fra projektområdet ved Nature Energy, Kværsløkke ikke giver anledning til hverken hyppigere eller større oversvømmelser eller at vandløbet ødelægges af erosion. Såfremt der ved dimensionering af forsinkelsesanlæg på området neddroles til den anvendte værdi for naturlig medianmaksimumafstrømning, vil dette således også være tilfældet.

## 6. Referencer

/1/ Miljørapport – revision, Sønderborg Kommune, dateret 15. juni 2021.

/2/ Ansøgning om tilladelse til udledning af tag- og overfladevand fra biogasanlægget Nature Energy Kværs via forsinkelsesbassin. Notat Niras, dateret 10. maj 2021.

/3/ Ansøgning om udledningstilladelse til adgangsvej. Notat Niras, dateret 14. juni 2021.

/4/ Regulativ for sognevandløbet Kværsløkkebæk – Vandløb nr. 2 i Kværs sogn, Graasten Kommune – Sønderjyllands Amtskommune, februar 1971.

/5/ Regulativ for amtsvandløb nr. 4259, Kværsløkkebæk (Vidå's vandløbssystem) i Sønderjyllands Amt, august 1995.

/6/ Afprøvning af forslag til metode til konsekvensvurdering af forslag til metode til konsekvensvurdering af ændret vandløbsvedligeholdelse - Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 49 – 2015.

/7/ Brookes, A., 1984. Recommendations Bearing on the Sinuosity of Danish Stream Channels: consequences of realignment, spatial extent of natural channels, processes and techniques of natural and induced restoration. National Agency of Environmental Protection.



## APPENDIKS – STREAMPOWER

Der henvises i det følgende til kildelisten nedenfor med videnskabelige artikler på området.

Grundlæggende anvendes stream power som et udtryk for den fysiske påvirkning af vandløbsbunden.

I 60-erne og 70-erne introducerede flere forskere, men primært Bagnold, specifik stream power (energipåvirkning pr. arealenhed af vandløbsbunden) som et udtryk for den forventede sedimenttransport ved en given vandføring. [Bagnold 1977] viste, at der er en sammenhæng mellem sedimenttransporten og stream power og lavede en empirisk relation baseret på laboratorieforsøg. Igennem disse undersøgelser fandt han frem til, at der er en kritisk stream power (tærsklen for sedimentbevægelse), hvor overskridelse medfører risiko for erosion. Bagnold introducerede to måder at beregne den specifikke stream power på, den ene blev dog udsat for en del kritik, mens den anden er den, der benyttes i dag: Specifik stream power udtrykkes her som bundforskydningsspændingen ( $T$ ) multipliceret med gennemsnitsvandhastigheden ( $v_m$ ), hvorved der bestemmes en stream power værdi over en given strækning.

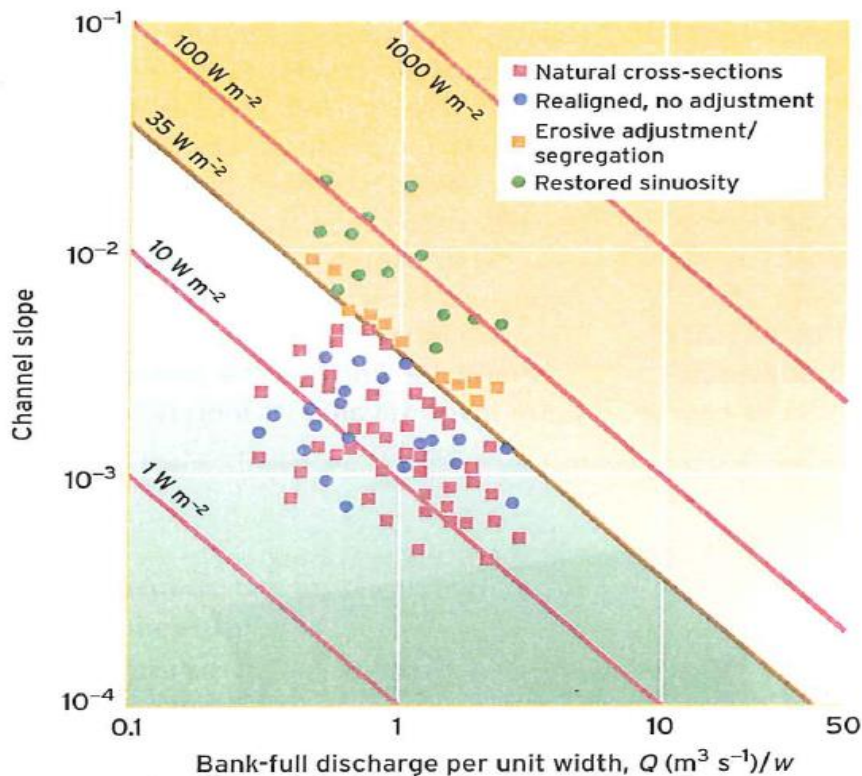
Der er flere måder at bestemme erosionsrisikoen på end gennem stream power, og blandt andre kendte metoder er Shields parameter. Fordelene ved stream power sammenlignet med Shields parameter er, at det er muligt at beregne stream power baseret på kun nogle få overordnede parametre, uden at det er nødvendigt at beskrive specifikke flowdynamikker i vandløbsprofilen. De nødvendige parametre i forhold til stream power kan bestemmes på baggrund af terrændata, eller med udgangspunkt i opmålte profiler af i vandløbet samt karakteristiske afstrømninger foruden størrelsen af afvandingsområderne, der bidrager til specifikke punkter i vandløbet.

I [Kingston 1999] beskrives stream power som potentiel energi, som gradvist omdannes til kinetisk, da den strømmer nedstrøms. Således er den specifikke stream power et udtryk for mængden af potentiel energi omdannet til kinetisk energi pr. enhed bundareal af vandløbet. [Bagnold 1977], [Ferguson 2005] og andre henviser også til den totale stream power, som den samlede energimængde over en vandløbsstrækning. Denne værdi beregnes på omtrent samme vis som den specifikke stream power, men uden at dividere med profilstørrelsen. I de fleste tilfælde er den specifikke stream power den foretrukne tilgang, f.eks. fordi den ifølge [Brookes 1984] har tendens til at eliminere skalaeffekten som følge af forskellige størrelser af vandløbene, idet profilstørrelsen medregnes.

Som beskrevet, er der således flere måder at beregne risikoen for erosion i et vandløb, og der er mange meninger om, hvilke metoder, der giver det bedste

billede – bl.a. [Habersack, et al 2008] argumenterer for, at det er den specifikke stream power der giver det bedste resultat, men der kan også findes artikler der argumenterer for, at en anden metode er bedre. Udfordringen her i Danmark er dog primært, at der er lavet meget få forsøg på danske vandløb og lignende lavlandsvandløb.

I [Brookes 1984] præsenteres en række studier af, hvor stor en energi i vandløbet, der resulterer i ustabile forhold i danske og britiske vandløb – svarende til forhold, hvor der sker erosion i vandløbet, og vandløbet dermed ændrer profil. Resultatet af disse undersøgelser var, at der var en klar tendens til, at vandløbet blev ustabilt ved stream power-værdier på mere end  $35 \text{ W/m}^2$  (figur 1). Derfor anvendes der i forbindelse med robusthedsanalyser en maksimal acceptabel grænse for stream power-værdien på  $35 \text{ W/m}^2$ , som det kritiske stream power-niveau. Udgangspunktet er således, at der vil opstå erosion, når denne værdi overskrides.



Figur 1. Resultatet af en undersøgelse af sammenhængen mellem stream power og erosion i danske vandløb. De gule firkanter markerer vandløb, der udviser tegn på erosion (fra [Brookes 1984]).

Den kritiske stream power på  $35 \text{ W/m}^2$  refererer imidlertid til regulerede vandløb, som er anlagt med et åbent profil. Det vil sige vandløb, som er rettet ud og ikke længere slynger sig naturligt. Mange steder, hvor vandløbene enten er uregulerede, eller hvor profilet er låst fast af sten og trærødder, vil der i den naturlige referencesituation til tider kunne opleves stream power-værdier på mere end  $35 \text{ W/m}^2$  uden, at det medfører en erosion, der ændrer vandløbenes dybde-

bredde forhold. Det må derfor forventes, at den kritiske stream power værdi ligger højere på disse strækninger. Bl.a. dette emne undersøges nærmere i forbindelse med et igangværende forskningsprojekt "Konsekvensvurdering ved påvirkning af vandløb" [Thomsen 2016].

## Kilder

Bagnold, R. A., 1966. An Approach to the Sediment Transport Problem From General Physics – Physiographic and Hydraulic Studies of Rivers. Geological Survey Professional Paper 422-I.

Bagnold, R. A., 1977. Bed Load Transport by Natural Rivers. Water Resource Research Vol. 13, No. 2.

Brookes, A., 1984. Recommendations Bearing on the Sinuosity of Danish Stream Channels: consequences of realignment, spatial extent of natural channels, processes and techniques of natural and induced restauration. National Agency of Environmental Protection.

Ferguson, R. I., 2005. Estimating critical stream power for bedload transport calculations in gravel-bed rivers. *Geomorphology* 70 (2005) 33-41.

Habersack, H., Seitz, H., Laronne, J. B., 2008. Spatio-temporal variability of bedload transport rate: analysis and 2D modelling approach. *Geodinamica Acta* volume 21, 2008 – issue 1-2.

Kingston, A. D., 1999. Downstream variation in stream power. *Geomorphology* 20 (1999) p. 293-306.

Thomsen, A. T. H., 2016. Intelligent styring af udledninger. Konsekvensvurdering ved påvirkning af vandløb – Nyt koncept. 3-årigt erhvervs Ph.D. forløb v. Anja Thrane Hejselbæk Thomsen, Aalborg Universitet/Orbicon. 2015 – 2018.

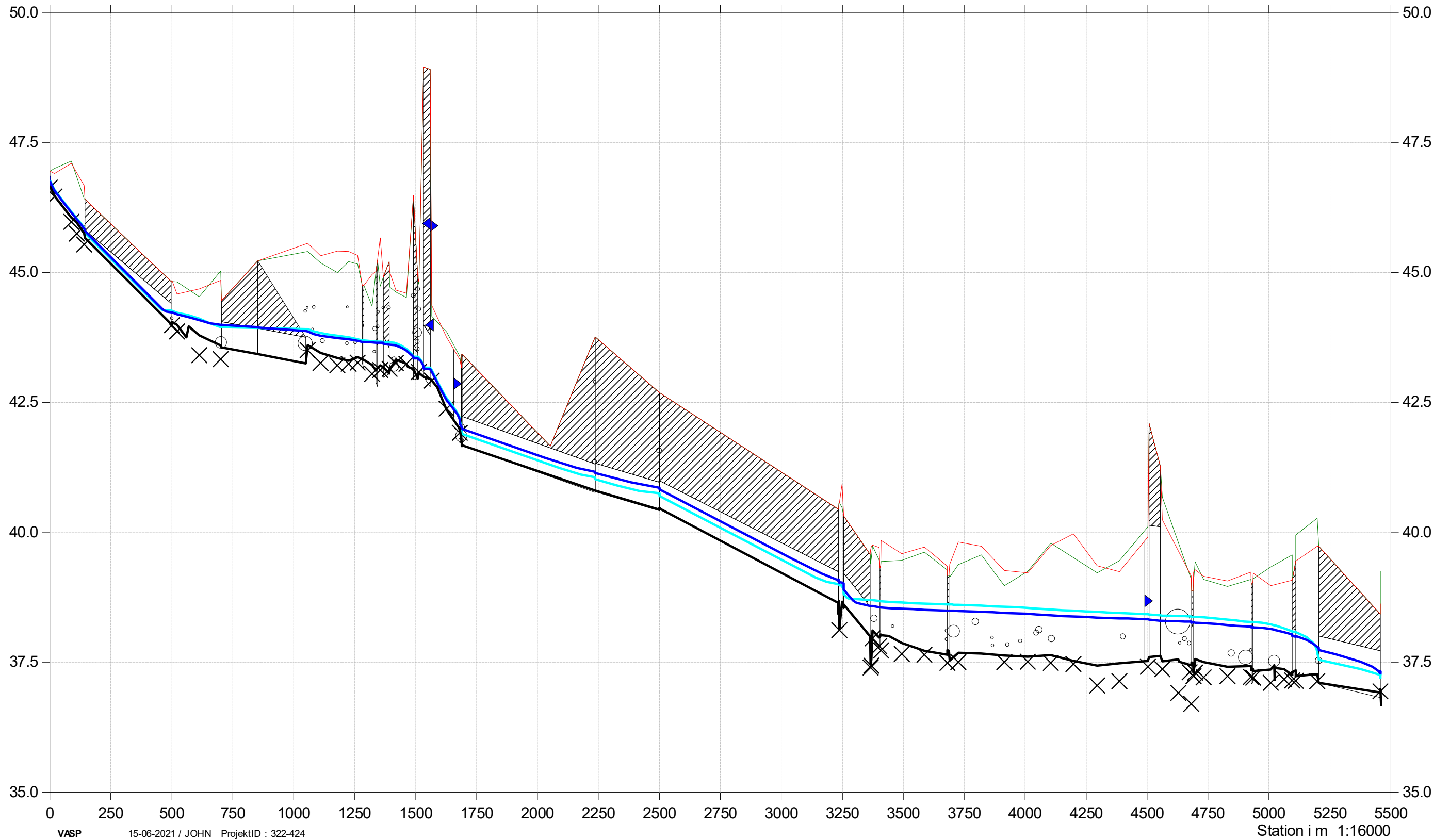
# Kværsløkkebæk

## Kapacitetsanalyse

Opmålingsdata og beregnet vandspejl

- Terræn venstre
- Bund
- Vandspejl medianmaks. 0,51 l/s/ha
- Vandspejl medianmaks. 0,26 l/s/ha
- Terræn Højre

Kote i m DVR90 1:75



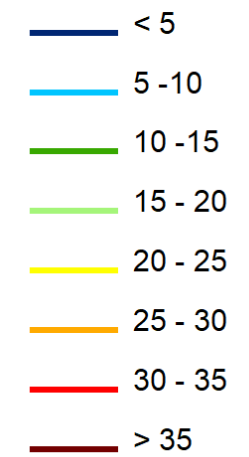
# Kværsløkkebæk Robusthedsanalyse

## Bilag 2

Stream power  
Vintermedianmaksimum-  
afstrømning

### Signaturforklaring

#### SPOWER



Vandløbsstreger fra højre  
mod venstre:

- 1) Reference/ingen udledning  
Nature Energy, Kværsløkkebæk
- 2) Udledning 1,0 l/s/ha
- 3) Udledning 2,0 l/s/ha
- 4) Udledning 3,0 l/s/ha
- 5) Udledning 5,0 l/s/ha

Projektnr.:..... 1372100040  
Dato:.....15. juni 2021  
Udarbejdet af: .....JOHN  
Kvalitetssikring: .....NTHO

