

Notat



POWER BIO

Sandrensning på stranden

Udarbejdet af Roskilde Universitet



Interreg



Medfinansieret af
Den Europæiske Union

Øresund-Kattegat-Skagerrak

REGION
SJÆLLAND
- vi er til for dig

Sandrensning på stranden

Forsøg i Køge Bugt

Tyge Kjær

Den 6. marts 2024, opdateret 6. februar 2025.

Roskilde Universitet

1. Baggrund

Ved etableringen af Solrød Biogas A/S blev der arbejdet med forskellige løsninger til indsamling af tang og ålegræs (i det efterfølgende omtalt under ét som tangmateriale). Hovedproblem var og er stadig, hvordan tangmaterialet kan indsamles og behandles, så man får **mindst muligt sandindhold** i tangmaterialet. Ved direkte indsamling af tangmaterialet på stranden kan man selvfølgelig ikke undgå sand ved indsamlingen, som nedenstående billede understreger:

Figur 1. Tang på stranden: Typisk sammenblanding af sand og de forskellige tangtyper og ålegræs i Køge Bugt.



På Solrød Biogas er der satset på en tredelt indsats til reduktion af sandproblemet i tangmaterialet. De tre fokusområder er: (1) Konstruktion af biogasanlægget, (2) Indsamling af tang og (3) Processer på anlægget.

(1) Konstruktion af anlægget: Ved konstruktionen af Solrød Biogas A/S blev der stillet krav til byggekonsortiet om, at anlægget skulle kunne tåle en bestemt mængde sand, dels fra tang, men også fra de andre råvarer (kvæggylle og pektinrester). Ved konstruktionen skulle leverandøren garantere, at anlægget kunne tåle en sandmængde på op til ca. 520 tons på årsbasis fra tangen, svarende til en sandmængde på 0,2-0,3% af de samlede råvarer på årsbasis.

(2) Indsamling af tang: Hovedprincippet er, at tangen indsamles hurtigst muligt efter at den ankommer (f.eks. ved kraftig strøm og pålandsvind). Den hurtige indsamling mindsker den sandmængde, som skyldes, at dele af tangmaterialet lander og opblandes ved sand på stranden. Den tang, der tilføres Solrød Biogas, indsamles af et lokalt



Power Bio



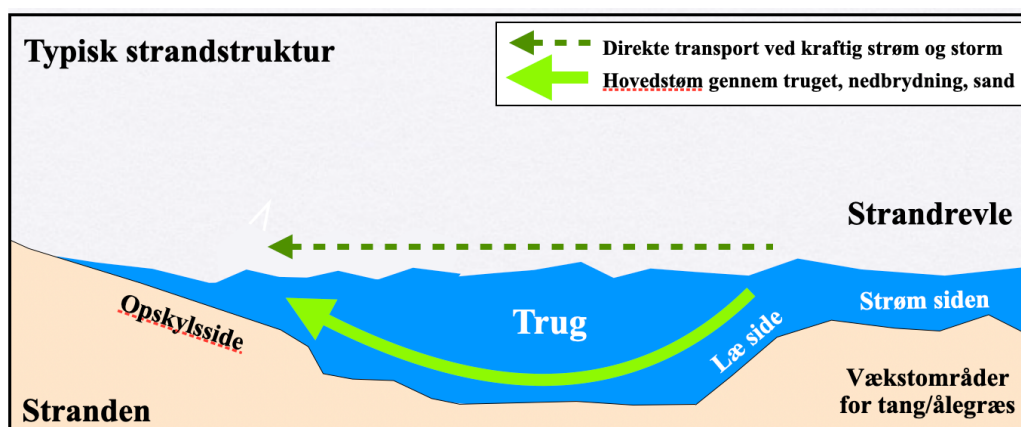
strandlaug (Strandrenseforening). Leveringskravet til strandrenselaug er, at sandet maksimalt må udgøre 60% af den samlede tørstofmængde. Den høje accepterede sandprocent hænger naturligvis sammen med de faktiske kystforhold; men den høje procent sætter samtidig en grænse for den mængde tang/ålegræs, der på årsbasis kan tilføres anlægget.

(3) På anlægget: I biogasanlæggets modtageanlæg sker der en vis separering af sand gennem omrøring af tangmaterialet i modtagetanken. Effektiviteten af denne separering har vist sig meget begrænset. Efterfølgende forsøg har vist, at en forholdsvis stor del af sandet kan frigøres fra tangen ved en forbehandlingstemperatur på ca. 48-52°C, som kan opnås ved at anvende materiale fra biogasreaktorerne, som har en procestemperatur på op til 55°C som en følge af den termofile biogas-proces.

2. Hvor kommer tangmaterialet fra?

Tang og ålegræs ender på stranden, men kun en mindre del af tangmaterialet vokser kystnært, fordi de nødvendige vækstbetingelserne ikke umiddelbart er til stede her. Ålegræs og de fleste typer tang vokser primært på strandrevler med en typisk dybde på op til 5 meter. Ved strøm og efter udvækst føres tang/ålegræs gennem det dybere vand (truget) ind på stranden. Det kan illustreres med nedenstående figur 2.¹⁾

Figur 2. Opvækst og transport af tang og ålegræs ind til kysten, enten transport gennem »truget« eller direkte transport i havoverfladen ved kraftig strøm og storm.



Tang/ålegræs, der indsamlet på stranden, kan således fremkomme gennem to ruter, nemlig:

- Direkte ved kraftig strøm og storm,** hvor der dog overvejende vil være tale om ålegræs, bl.a. som følge af en lavere vægtfylde, som får løsrevet ålegræs til med strømmen at flyde ovenpå ind på kysten ved kraftig storm
- Gennem »truget«,** hvor transporten typisk vil være mere langvarig, og hvor tangmaterialet nedbrydes og opblandes med sand, både i »truget«, men især ved opskylningen på stranden (se en typisk opskylningsrest på billedet i figur 1).

¹⁾ Ikke alle strande har denne struktur med »truget« og strandrevle, men det er dog meget typisk for mange af de danske kyster; der kan være stor variation i typer af tangmateriale. I Køge Bugt finder vi især disse typer: **Ålegræs** (levested: ned til 5 meter på sand, fint grus eller mudderet bund), **havsalat** (levested: kystnært, lavt saltindhold, ned til 20 meter), **dunalge** (levested: på sten eller frit flydende på lavt vand), **blæretang** (levested: vokser på lavt vand på op til 5 meters dybde) og **fedtemøg** (levested: lavbundet kystområder med store mængder næringsstoffer). Bortset fra havsalat vil ålegræs og de fleste tangtyper vokse på lavt vand (strandrevle især) og f.eks. ikke i »truget«, hvor dybden vil være for stor, som betyder, at lysindfaldet for fotosyntesen vil være for lille.

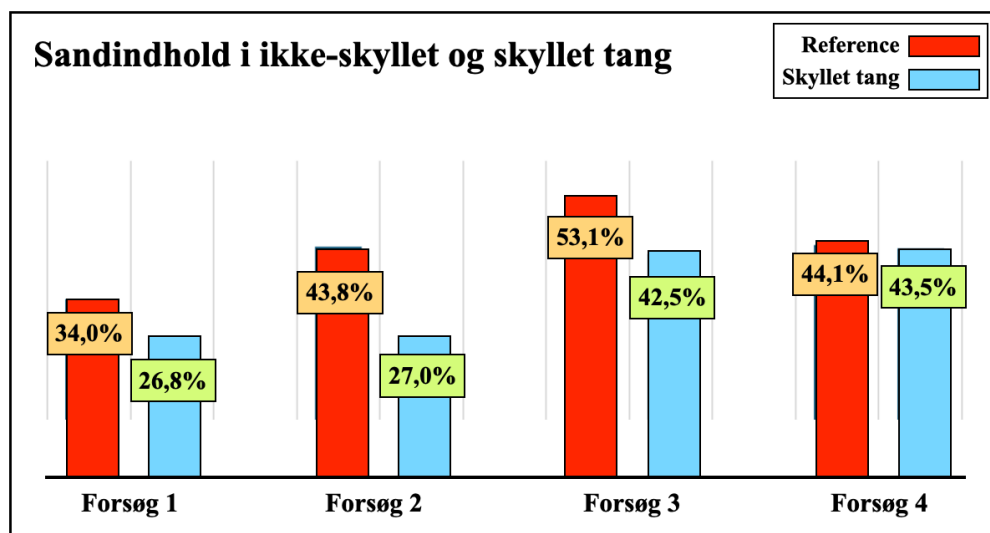
Denne rapport handler om det andet punkt i indsatsen (2) *Indsamling af tang* med særlig fokus *afrensning af tangmaterialet* ved eller på selve stranden, som - hvis det lykkes - har den fordel, at det frasorterede sand kan blive på stranden. Afrensning af tangmaterialet omfatter følgende undersøgelser: (1) skylning af tangmaterialet med havvand og (2) rensning af tangmaterialet med mobil tromlerenser.

3. Skylning af tangmaterialer med havvand

Forsøget undersøgte om opskyllet tangmateriale kan renses for sand ved, at tangmaterialet først indsamles på stranden, og dernæst skylles ved at bringe det ud i vandet, med en efterfølgende opsamling ude i vandet.

Tankegangen bag forsøget var, at skyllingen skulle foregå på selve stranden for at undgå en kompliceret logistik med tilbageføringen af sandet til stranden, som efter gældende regulering ikke umiddelbart vil kunne lade sig gøre. Hovedresultaterne er belyst med figuren nedenfor.²⁾

Figur 3. Fire forsøg: Sandindhold i tang, angivet som procentandel af tørstofmængden ved skylning af tang. Procenterne angiver sandets andel af den samlede tørstofmængde.



Hovedtendensen i de fire forsøg er, at der – i varierende omfang – opnås en reduktion af sandmængden i den indsamlede tang ved skylning af tangen. Den største reduktion er på 16,8% (forsøg 2); den mindste er på 0,6%, altså i praksis ingen reduktion. Det gennemsnitlige niveau efter skyllingen vil svare til 40% sand på tørstofniveau.

Forsøgene har dannet grundlag for den efterfølgende udvikling af indsamlingsmetoderne. Den er anvendt på tangmateriale, som er skyllet op på stranden; hvor den indsamles med en frontmonteret grab på en frontlæsser, transporteres ud i vandet, og efter en periode indsamles efterfølgende med en reduceret sandmængde.

Den samlede indsamlingsmetode er følgende: Tangen indsamles hurtigst muligt efter at den ankommer (f.eks. ved strøm og pålandsvind). Den hurtige indsamling mindsker den sandmængde, som skyldes, at dele af tangen lander på stranden og efterfølgende – gennem ebbe/flod og ved vind og vejr - opblandes med sand.

²⁾ Forsøgene med skylning af tangmaterialet er nærmere dokumenteret i rapporten *Udvikling af strandrensning – test af tangindsamlingsmateriel 2013*; Anders Fredenslund, Roskilde Universitet, oktober 2013; se især tabel 4, s. 6. Det bør bemærkes, at sandindholdet i praksis kan være langt højere end det niveau, som de ovenfor nævnte forsøg viser.

Den sandbelastede tang, der skylles op på stranden, føres ud i vandet med en frontlæser, og kan - efter nogen tid - efterfølgende indsamles ude i vandet en med reduceret sandmængde; se nedenstående billedet i figur 4.

Figur 4. Tang fra stranden transporteres ud i vandet for at skylle tangen for sand.



I den praktiske anvendelse af denne metode optimeres processen, både ved den første opsamling på stranden og ved den efterfølgende indsamling ude i vandet, så man opnår den maksimale sandreduktion, jvf. den store variation i sandindholdet fra forsøgene i figur 3. Som nævnt vurderes metoden til i gennemsnit at reducere sandniveauet til ca. 40% af tørstofindholdet.

4. Rensning af tang med mobil tromlerenser

Et sandindhold på 40% er for højt, hvis der skal tilføres en større mængde tang til biogasanlægget. Dette forhold førte til yderligere forsøg på at reducere sandindholdet ved at rense tangmaterialet med en mobil tromlerense-anlægget på stranden.

Solrød Biogas A/S har en årlig råvaremængde på 226.000 tons. Hvis vi antager, at de øvrige råvarer til biogasanlægget indeholder 220 tons sand, vil man kunne tilføres tangmateriale med maksimalt 300 tons sand.

Tangen indsamles som nævnt af det lokale strandlag. Det tangmateriale, der leveres til biogasanlægget, må efter den aktuelle leverance-aftale maksimalt udgøre 60% af tørstofmængden. Tørstofprocenten i den tilførte tang varierer mellem 15-30% med en typisk værdi på 24 %. Med en tilførsel af tang på 1.500 tons vil det svare til en tørstofmængde på 360 tons. Hvis sandet udgør 60% (den maksimale leverancekrav), så vil sandet udgøre 216 ton pr. år af den samlede tørstofmængde. I forlængelse heraf kan man stille spørgsmålet: Hvor meget tang kan der tilføres ved forskellig sandprocent? Det er belyst med nedenstående tabel.

Tabel 1. Hvor meget tang kan der tilføres til biogasanlægget med forskellig sandprocent, hvis den maksimale mængde sand, tilført med tangmaterialet, er på 300 tons.

	Sandindhold i tangmaterialet, procent af tørstof (ts 24%)			
	60%	50%	40%	10%
Maksimalt sandmængde:	300 tons	300 tons	300 tons	300 tons
Maksimalt tangmateriale:	2090 tons	2.500 tons	4.170 tons	12.500 tons

Tabellen viser, at der med et sandindhold på 60% tørstof kan tilføres 2.090 tons tangmateriale under de anførte forudsætninger. Hvis sandindholdet reduceres til 50%, kan der tilføres i alt 2.500 tons. Hvis sandindholdet kan bringes ned på 10%, vil der kunne tilføres i alt 12.500 tons tangmateriale på de anførte tekniske forhold.

Med det laveste sandindhold i indsamlingsforsøgene på 26,8% i skyllet tang (jvf. forsøg 1 i figur 3) vil der med forudsætningen om maksimalt 300 tons sand fra tangmaterialet pr. år kunne tilføres godt 4.600 tons tangmateriale.

Det er oprindeligt skønnet, at der vil være 7.000 tons tangmateriale i oplandet til Solrød Biogas, som vil kunne udnyttes i større skala ved en betydelig reduktion af sandindholdet til under **18% tørstofmængden** i det tilførte tangmateriale.

For at øge den mulige tilførsel af tang blev der iværksat et forsøg med afrensning af sand på stranden med en tromlerenser i 2014. En tromlerenser er typisk et tungt anlæg, som derfor vil kræve, at der udlægges køreplader på stranden og den nærmeste tilkørselsvej. Anlægget er illustreret med figuren nedenfor:

Figur 5. Rensning af tang med mobil tromlerenser. Se nærmere i bilaget.



Målsætningen med tromlerenseren var en reduktion af sandindholdet til **10% tørstof** af det tangmateriale, der kan opsamles på stranden (jvf. billedet i figur 1). Med udgangspunkt i undersøgelsen af sandindhold vil det betyde en reduktion fra et niveau på 34-53% (jvf. figur 3's røde søjler) til et nyt niveau på 10% af tørstofindholdet.

Forsøget og forsøgsopstillingen er nærmere belyst i bilaget. Resultatet fra forsøget kan sammenfattes i følgende punkter:

- a) **Tekniske forsøgsresultater:** Tangmaterialet føres for hurtigt igennem tromlen, fordi de indre profiler er for lave. Si-hullerne kunne med fordel være mindre, idet si-tromlen kun afsamler materiale større end 60 mm.
- b) **Tangmaterialets kvalitet:** Det indsamlede materiale - strandopskyllet – er delvist nedbrudt som følge af vejen fra opvækstområdet gennem »truget« og ved opskylning på stranden. Det medførte på den ene side, at det frasorterede sand indeholdt betydelige mængder nedbrudt tangmateriale, og på den anden side, at der også var betydelig mængde sand i det frasorterede tangmateriale.

- c) **Tromleanlægget:** Det mobile anlæg skal i sagens natur ikke være permanent opstillet. Selv med mindre tunge mobile tromleanlæg vil installation og drift af anlægget være for krævende (køreplader, mv.) til at være en realistisk løsning.

Konklusionen er derfor, at rensning af tang med mobil tromlerenseqnlæg ikke er en relevant løsning på sandindholdet i strandopskyllet tangmateriale.

5. Videre perspektiver

Indsamling af tangmateriale indebærer to fordele: dels en mere attraktiv stand uden ildelugtende tangmateriale, og dels en reduktion af næringsstofbelastningen ved at fjerne det tangmateriale, som gennem sin opvækst har optaget næringsstoffer fra havmiljøet. Fremtidig fokus på sandproblemet må fortsat være, hvad kan der gøres i indsamlingen og hvad kan der gøres på det anlæg, som anvender tangen (biogasanlæg eller anlæg til oparbejdelse af især ålegræsfraktionen).

Hovedudfordringen er det nedbrudte tangmateriale, som lander og nedbrydes yderligere på opskylsområdet. En mulig løsning kunne være at opsamle tangmaterialet inden materialet når stranden. Det kan gennemføres ved at opsætte tangspærringer eller flydespærringer.³⁾

På selve biogasanlægget vil en mulighed bestå i at opvarme tangmaterialet til en temperatur på 50°C eller højere.⁴⁾

³⁾ Jvf. forslaget i Notat 8 • Bio Power: *Etablering af tangspærring*. Delundersøgelse i Bio Power projektet, RUC, den 18. november 2024.

⁴⁾ Jvf. *Beach cleaning and pre-treatment methods for seaweed*, Coastal Biogas; 5th Coastal Biogas Conference; 17th June 2021, se slide 14.

Bilag til Sandrensning på stranden

Rensning af tang med mobil tromlerenser

Kort redegørelse for forsøget med rensning af tang på stranden

Leverandørkravene:

Som udgangspunkt var kravet til den tang, der indsamles og tilføres biogasanlægget, at sandindhold maksimalt må udgøre 60% af tørstoffet. Da tørstofindholdet typisk svinger mellem 15-30% vil krav på de 60% sand af tørstoffet betyde det en maksimal sandmængde på 90-100 kg pr. tons våd tang

Forsøg i august 2014:

Det almindelige vurdering af procesforløb på biogasanlægget var forud for opstart af anlægget, at det vil være en vigtig fordel, hvis maksimalkravet om 60% sand af tørstoffet kunne sænkes, f.eks. med 10%. Det var grundlaget for forsøgene i 2014, som blev iværksat ca. 1 år inden opstarten af biogasanlægget.

Målsætning: Reducere sandindholdet hen mod 10%

Mobil tromlerenser - vægt på 14 tons; derfor nødvendigt med køreplader.

Dieseldrevet. Tang indsamlet på strand og vandkant med en gummiged/frontlæser

Tyge Kjær
Roskilde Universitet
Institut for Mennesker og Teknologi
Forskningsenheden Klima og Energi



Rensning af tang med mobil tromlerenser

Forsøg i august 2014:

Målsætning: Reducere sandindholdet hen mod 10%

Mobil tromlerenser - vægt på 14 tons; derfor nødvendigt med køreplader. Dieseldrevet.

Tang indsamlet på strand og vandkant med en gummiged/frontlæser



Solrød Strand

Frasorteret sand

De to fraktioner:

- Sandfraktionen (billedet) har for højt et indhold af nedbrudt tang (betydelig biomassetab)
- Tangfraktionen (containeren - se foregående billede) har reduceret sandindhold, men ikke tilstrækkeligt



Solrød Strand

Rensetrumlen



Konstatering fra forsøget:

- Materialet føres for hurtigt igennem tromlen, fordi de indre profiler er for lave
- Sihullerne kunne med fordel være mindre, idet si-tromlen kun afsamler materiale større end 60 mm.

Solrød Strand

Mobil tromlerenser: Farwick-Mustang



Anlægget
- dieseldrevet
- vægt på 14 tons