

Bilag 1 Baggrund for højtemperaturprocesser

Baggrundsnotat for Grøn Industrianalyse

Kontor/afdeling

Center for Energieffektivisering

Dato

17-08-2021

J nr. 2021 - 491

/CHVA

Indledning

Dette bilag er et baggrundsdokument for Grøn Industrianalyse. Bilaget er udarbejdet af Viegand og Maagøe A/S, og fremsatte vurderinger er Viegand Maagøes egne hvis ikke andet fremgår.

Energistyrelsen har af hensyn til offentlig fremstilling af bilaget bortredigeret følgende fra det originale notat fra Viegand og Maagøe A/S:

- Uddrag fra Energistyrelsens spørgeskemaundersøgelse, der indeholdt fortrolige virksomhedsoplysninger.

I bilaget forekommer fortsat benævnelse af spørgeskemaundersøgelsen, idet denne har været baggrundsmateriale for arbejdet med bilaget.

Notat – Final

Projekt: Energistyrelsen
Emne: Grøn Industrianalyse – Højtemperaturprocesser
Dato: 24.08.2021

1 Indledning

Energistyrelsen er i foråret 2021 påbegyndt arbejder med at vurdere, hvordan de "vanskelige" dele af industriens fossile energiforbrug kan omstilles. Analysen er delt i fire delanalyser, og beskæftiger sig med omstilling af forbruget til Højtemperaturprocesser, Mellem- og lavtemperaturprocesser, Raffinaderier og til Intern transport. De fire analyser er udarbejdet hver for sig, og rapporteret i fire selvstændige notater.

Dette notat er således en del af den samlede analyse og afdækker muligheder og barrierer for omstilling af det fossile energiforbrug i industriens "højtemperaturprocesser".

Analysen er gennemført af Viegand Maagøe og har omfattet kortlægning af nuværende teknologier og anvendelsesområder med afdækning af muligheder for CO₂-reduktioner og barrierer herfor. Analysen bygger på et omfattende litteraturstudie samt en spørgeskemaundersøgelse hos udvalgte virksomheder og interview med 24 interessenter (virksomheder, rådgivere og leverandører). Endelig danner Viegand Maagøes mangeårige erfaring med energiarbejde i industrien rammen for vurdering og tilrettelæggelse af analysen. Wilke A/S har bistået i arbejde med tilrettelæggelse og gennemførelse interview. Spørgeguiden hertil er udarbejdet i samarbejde mellem de to partnere. Litteraturstudie og interviews er gennemført i perioden maj-juli 2021. Spørgeskemaundersøgelsen er gennemført af Energistyrelsen i foråret 2021.

Der har været en løbende dialog med Energistyrelsen undervejs i arbejdet med analysen.

En stor del af erhvervslivets energiforbrug finder sted i anlæg og processer, som kan karakteriseres som "højtemperaturprocesser", altså hvor fremstillingsprocessen foregår ved temperaturer over 150°C.

Grøn omstilling af disse anlæg og processer anses normalt som vanskelig, da processerne kan kræve direkte indfyrring af fossilt brændsel eller skal ske ved temperaturer, hvor mere bæredygtige opvarmningsteknologier, som for eksempel elektrificering, i nogle tilfælde kun vanskeligt kan anvendes eller endnu er uafprøvet.

Analyserne har først og fremmest omhandlet muligheder for grøn omstilling af højtemperaturprocesserne gennem elektrificere eller konvertering til biogas/ledningsgas, men har også vurderet tilgrænsende aktiviteter, først og fremmest energieffektivisering og udviklingen af mere bæredygtige produkter og/eller at anvende andre råvarer.

Nærværende notat sammenfatter analysen for højtemperaturområdet i industrien, og de bagvedliggende arbejder er medtaget som følgende bilag:

- Bilag A: Litteraturstudie
- [Bortredigeret af ENS] Bilag B: Uddrag af Energistyrelsens spørgeskemaundersøgelse (højtemperatur)
- Bilag C: Sammenfatning af interviews, udarbejdet af Wilke

2 Sammenfatning

På baggrund den gennemførte analyse kan det helt overordnet set konkluderes, at barriererne for en grøn omstilling af højtemperaturprocesser i industrien gennem elektrificering eller konvertering/øget anvendelse af biogas/ledningsgas primært er af økonomisk karakter. I tabellen nedenfor er de forskellige barrierer opsummeret sammen med en oversigt over proceskategorier, anvendte teknologier og brancher, hvor højtemperaturprocesserne anvendes.

Slutanvendelse	Anvendte teknologier	Brancher	Primære barrierer for konvertering til:	
			Elektricitet	Ledningsgas
Brænding/ sintring	Roterovne	Cement, LECA-nødder, kalk, molerprodukter, mineraler	Teknologisk	Økonomisk
	Tunnelovne	Tegl og mursten, keramik	Teknologisk	Ingen
Smeltning/ støbning	Glassmelteovne	Emballageglas, planglas, vinduesglas mm.	Økonomisk	Ingen
	Sten- og glasuldsovne	Mineraluld, glasuld	Økonomisk	Økonomisk
	Jern- og metalsmelteovne	Støberier, smelterier	Ingen	Ingen
Tørring	Tunnelovne	Tegl, keramik, brød, fødevarer	Teknologi (tegl, keramik) Økonomisk (fødevarer)	Ingen
	Tromletørrer	Grus, moler, asfalt	Økonomisk	Ingen
	Spraytørrer	Fødevarer, emulgatorer	Økonomisk	Ingen
Anden procesvarme over 150°C	Forskellige	Diverse afbrændinger, afspænding, destillation	Økonomisk	Ingen

Tabel 1. Sammenfatning af barrierer for omstilling af højtemperatur processer

For en grøn omstilling gennem elektrificering, er den samlede vurdering, at det kun er inden for fremstilling af cement og tegl, at der er egentlige teknologiske barrierer, og at omstillingen her således ikke umiddelbart vil være mulig. De teknologiske barrierer bygger såvel på virksomhedernes specifikke erfaringer, men også på at egentlige tekniske løsninger måske endnu ikke er udviklet eller demonstreret for et helt specifikt formål i industrien.

Grøn omstilling gennem konvertering til eller øget anvendelse af biogas/ledningsgas vurderes generelt at være teknisk muligt for alle kategorier og i alle brancher.

De økonomiske barrierer for grøn omstilling gennem både elektrificering og konvertering til biogas/ledningsgas dækker over to faktorer. For det første kræver omstillingen, at virksomhederne investerer i nye anlæg. For det andet vil det også lede til en betydelig forøgelse af virksomhedernes driftsomkostninger, hvor energi i forvejen ofte udgør en væsentlig andel af de samlede driftsomkostninger. Dette skyldes, at elektricitet er et langt dyrere "brændsel" end de

brændsler (kul og naturgas/ledningsgas), som i dag anvendes til højtemperaturprocesser. Tilsvarende gælder konvertering til biogas/ledningsgas, at også biogas/ledningsgas er langt dyrere at anvende end de brændsler (kul/koks), som anvendes i de teknisk vanskelige processer (brænding ved høj temperatur).

Analysen vurderer, at der ikke er nogle egentlige juridiske barrierer for grøn omstilling af højtemperaturprocesser i industrien. Det gælder hverken omstilling gennem elektrificering eller gennem anvendelse af biogas/ledningsgas. Dog nævner virksomhederne at de ser et stigende behov for at gøre standardiseringen af nye CO2-lette produkter mere smidig og hurtig. Den oplevede omstændige og langstrakte proces vurderes at være en barriere for udviklingen af "grønne produkter" og "cirkulær økonomi".

På tværs af alle teknologiområder er der især nogle videnskæssige barrierer, som analysen fremhæver. Der er en stor udvikling på hele energi- og klimaområdet for tiden med mange ny tiltag m.v. Det betyder, at virksomhederne oplever en betydelig usikkerhed om, hvordan området vil udvikle sig fremover, både i Danmark og i EU. Samtidig er der ingen tvivl om, at virksomhedernes klimafokus er øget betydeligt. Tilsammen betyder disse faktorer, at en række spørgsmål bliver afgørende for virksomhedernes beslutninger om at gennemføre større omstillingsprojekter:

- Hvad sker der med energipriser, afregningsregler, CO₂-afgift og kvotepriser m.m. fremadrettet?

Der har de senere år været væsentlige udsving i energipriser m.m., samtidig med at vilkårene for at etablere fx elkedler (systemydelse) har ændret sig betydeligt.

- Hvad sker der ift. rapportering af CO₂-regnskaber? Og hvilke krav kommer der i B2B- og B2C-markedet? Er der hold i rygterne om en CO₂-mur ift. Asien/USA?

Specielt en stigende tendens til at rapportere CO₂-udledninger iht. den "markedsbaserede" metode forventes at ville medføre store behov for køb af certifikater/Garanties of Origin (GoO), hvilket må forventes at øge prisen på disse. Især for grøn omstilling gennem elektrificering, vil dette være med til at ændre rammebetingelserne for at opnå grøn produktion betydeligt.

Specielt hos de mindre og mellemstore højtemperatur-virksomheder viser analysen, at der er en sidste central videnskæssig barrierer. Hos disse virksomheder er der en betydelig usikkerhed overfor, hvilke løsninger og teknologier den grønne omstilling skal bygge på. Der er altså usikkerhed omkring, hvilken udvikling der umiddelbart må forventes inden for de nærmeste år, specielt på varmepumpeområdet.

3 Højtemperaturprocessers energiforbrug

Overordnet er højtemperaturprocesser et bredt og komplekst område, som dækker over mange anvendelsesformål, procestyper og teknologier, se oversigten i nedenstående tabel 2.

Slutanvendelse	Eksempler på procesteknologier	Eksempler på virksomheder
Brænding/sintring	Roterovne	Aalborg Portland Imerys Saint Gobain Weber
	Tunnelovne	Teglværker
Smeltning/støbning	Smelteovne	Ardargh Holmegård Tasso
	Kupolovne	Rockwool
	Induktionsovne	Jern og metalindustri
	Rotationsovne	Wavin

Destillation	Tryksat destillation	Raffinaderier ¹ AAK Koppers
	Vakuum/atmosfærisk destillation	Farmaceutiske virksomheder
Tørring	Roterovne	Grus- og molerproduktion
	Tunnelovne	Teglværker
		Bagerier (Schulstad, Kohberg)
		Fødevareproduktion (Stryhns)
	Spraytørringsanlæg	Arla Foods
	Tromletørrere	Palsgaard
		Asfalt
Anden procesvarme over 150°C	Genopvarmning af "slabs"	Vorskla
	Flambering	Danish Crown
	Luftforbrændingsanlæg	Fiskemel-fabrikker
	Hærdeprocesser	Isover

Tabel 2. Slutanvendelser og teknologier for højtemperaturprocesser.

Iht. tidligere erhvervskortlægninger² og teknologikataloger³ udarbejdet af Energistyrelsen dækker højtemperaturprocesser over følgende energiforbrug (fra 2015-kortlægning):

Slutanvendelse	Andel af fremstillingsindustriens termiske energiforbrug (%)	Andel af fremstillingsindustriens elektriske energiforbrug (%)
Brænding/sintring	5,8	-
Smeltning/støbning	5,1	6,0
Destillation	3,4	-
Tørring	19,2	0,3
Anden procesvarme over 150°C	4,8	1,5

Tabel 3. Energiforbrug til slutanvendelser vedr. højtemperaturprocesser

Det ses, at der er tale om væsentlige energiforbrug til højtemperaturprocesserne – i alt op mod 35% af fremstillingsindustriens termiske energiforbrug. Dog ligger en større andel af "tørring" og "destillation" ved temperaturer under 150°C⁴, idet tørring typisk foregår ved atmosfærisk tryk.

CO₂-mæssigt spiller højtemperaturprocesser en noget større rolle end det umiddelbart angivne energiforbrug. Dette skyldes først og fremmest at en række større "roterovne" til brænding er fyret med kul og koks (Aalborg Portland m.fl.). Det skal desuden bemærkes, at erhvervslivets direkte procesemissioner i stort omfang også kan relateres til højtemperaturprocesser. For eksempel sker fremstilling af cement, kalk og molerprodukter ved høje temperaturer under samtidig omdannelse af kalkfraktioner ("kalcinerings"), hvorved der frigøres og udledes CO₂.

Det ses ligeledes i tabel 3 ovenfor, at slutanvendelsen "smeltning/støbning" anvender et betydeligt elforbrug, hvilket først og fremmest er induktions- og smelteovne på jernstøberier (f.eks. Valdemar Birn) og i aluminiumsindustri (Hydro).

¹ Grøn omstilling af højtemperatur destillationsprocesser på raffinaderier er behandlet i notat "Sammenfatning Grøn Industrianalyse Raffinaderier" udarbejdet parallelt med nærværende arbejde

² Energistyrelsens erhvervskortlægning (2015): https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/kortlaegning_energiforbrug_virksomheder.pdf

³ Energistyrelsens teknologikatalog for industrielle processer (2020): <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-procesvarme-og-carbon>

⁴ Specielt Aalborg Portlands afdampning af vand i forbindelse med cementproduktion udgør en stor del af forbruget til "tørring" i erhvervskortlægningen – dette sker ved 100°C. Slutanvendelsen "destillation" dækker bl.a. over destillering af alkohol og ethanol i farmaceutisk industri m.m., hvilket ligeledes foregår ved temperaturer under 150°C.

Temperaturmæssigt er der stor forskel på slutanvendelserne og de enkelte delprocesser under hver af disse, jf. oversigten i tabel 4.

Slutanvendelse	Procestemperatur (°C)
Brænding	
- Cement	1.500
- Mursten og tegl	>1.100
- Kalk	>850
- Moler	>700
Smeltning/støbning	
- Glas	>1.200
- Stenuld	>1.000
- Jern og metal	>1.000
- Plastprodukter	250-300
Destillation	
- Tjære	300
- Olie (deodorisering)	300
- Kemi	100-300
Tørring	
- Mursten og tegl	800
- Bagning og stegning	200-250
- Asfalt	200-250
- Grus og moler	150-700
- Fødevarer og ingredienser/emulgatorer	200-300
Anden procesvarme > 150°C	
- Genopvarmning metaller	800
- Hærde- og afspændingsprocesser	800
- Flambering og svideovne	800
- Luftafbrænding (lugtgener)	800
- Varmholdelse af produkter	100-300

Tabel 4. Typiske procestemperaturer for udvalgte slutanvendelser (højtemperatur).

Disse temperaturer er alle de maksimalt ønskede temperaturer i processerne, hvor for eksempel forbrændingsluft i flere tilfælde skal opvarmes fra omgivelsestemperatur og således udgør et energibehov, som delvist ligger ved lavere temperaturer end angivet i tabel 4.

I visse sektorer kan der være ønsker eller krav om direkte fyring af brændsel i produktet. Dette gælder først og fremmest ved:

- Fremstilling af cement, hvor en "hård" brænding af klinker er afgørende for den senere kvalitet af cementen
- Smeltning af glas, hvor glødevarme fra afbrænding af gas er vigtig for at varmen trænger ind i smeltmassen

Andre steder kan en sådan "direkte fyring" skyldes andre forhold (effektivitet, simpel installation, tradition m.m.).

4 Grøn omstilling af højtemperatur processer

Aktuelt arbejdes der i erhvervslivet intensivt med grøn omstilling af produktion og energiforbrug, hvilket blandt andet refereres i den gennemførte spørgeskemaundersøgelse, se bilag B, og i de af Wilke gennemførte interviews med en række højtemperaturvirksomheder, se bilag C.

Arbejdet med den grønne omstilling er ofte initieret af virksomhedernes CSR-politik samt af det forhold, at mange virksomheder i såvel B2B- som B2C-markedet er begyndt at mærke en efterspørgsel efter CO₂-neutrale produkter. Eller i det mindste en dokumentation for CO₂-footprintet for deres produkter.

Således er Novo Nordisk som én af de første virksomheder i Danmark begyndt at stille bæredygtighedskrav til deres ca. 60.000 underleverandører⁵. I første omgang som et krav om at underleverandørerne skal dokumentere brugen af "grøn" elektricitet.

Foranlediget af denne udvikling har Dansk Industri og Industriens Fond i 2021 iværksat det meget omfattende projekt "Klimaklar SMV", som skal klæde 50 små og mellemstore virksomheder på til at dokumentere CO₂-udledning for deres produkter, for herigennem at kunne være attraktive leverandører i bl.a. B2B-markedet⁶.

Da de fleste virksomheder indtil videre arbejder med klimastrategier for Scope 1 og 2⁷, kommer energispørgsmål til at stå centralt ift. at udarbejde CO₂-regnskaber og opgøre produkters CO₂-footprint.

På baggrund af den gennemførte spørgeskemaundersøgelse (se bilag B) og de gennemførte interviews (se bilag C) viser analysen, at de indsatsområder erhvervslivet iværksætter som led i deres grønne omstilling, overordnet set kan opdeles i følgende typer af indsatsområder:

- Elektrificering
- Biogas/ledningsgas og alternative brændsler
- Energieffektivisering
- Alternative råvarer og produkter

Muligheder for introduktion af CC/CCS/CCU (opsamling og genanvendelse af CO₂) behandles ikke i denne sammenhæng, da den antages kun at være relevant for meget få og store virksomheder i Danmark som for eksempel Aalborg Portland.

En detaljering af ovenstående indsatsområder gives i det følgende.

4.1 Omstilling ved elektrificering

Ifølge **elektrificering** af produktionsprocesser angives dette som teknisk muligt og relevant hos størstedelen af virksomhederne, da elektrificering med elektroder, elvarmelegemer m.m. umiddelbart kan dække temperaturbehov på op mod 1.300°C (se temperaturbehov i tabel 2 ovenfor).

Det er således indtrykket fra interviews og spørgeskemaundersøgelser, at mange virksomheder ser på elektrificeringspotentialer og der annonceres da også løbende om væsentlige landvindinger og omstillinger ift. at reducere traditionelt energitunge virksomheders energiforbrug i de forskellige medier i energisektoren.

⁵ Novo Nordisks krav til deres underleverandører om at dokumentere CO₂-udledninger for produkter er bla. omtalt hér: <https://energiwatch.dk/Energinyt/Renewables/article12427117.ece>

⁶ Dansk Industri og Industriens Fonds projekt "Klimaklar SMV" er omtalt her: https://www.danskindustri.dk/klimaklarSMV/?gclid=Cj0KCQjwu70IBhCsARIsALxCUaPShdMtMRFIEvxk1rG-eGeODrNk0_osf7xm1jLRa-FAo-ixhrids7GsaAnJGEALw_wcB

⁷ Under GHG-protokollens rapporteringsformater gælder følgende definitioner:

- Scope 1: Egen afbrænding af energi (olie, gas, benzin m.m.)
- Scope 2: Import af energi (elektricitet, fjernvarme)
- Scope 3: Råvarer og affaldsstrømme m.m.

Sådan landvindinger er for eksempel opnået hos Rockwool⁸, på trods af at stensmelting foregår ved en meget høj temperatur over 1.000°C. På fabrikken i Norge har Rockwool således erstattet den traditionelle "kupolovne" med en elopvarmet proces.

Også Isover (Saint Gobain) er i fremstillingen af glasuld gået elektrificeringsvejen⁹ og tilkendegiver, at der på fabrikken i Vamdrup er opnået samlede CO₂-reduktioner på op mod 70% ved blandt andet at elektrificere.

Desuden tilkendegiver en række virksomheder i interviews og spørgeskemaundersøgelsen, at de aktuelt ser mulighederne for at introducere elkedler og varmepumper. På disse virksomheder ligger større andele af varmebehovet desuden ved væsentligt lavere temperaturer end i de egentlige højtemperaturprocesser.

Det er således indtrykket fra litteraturstudiet (bilag A), spørgeskemaundersøgelsen (bilag B) og interviewene (bilag C), at der foregår en væsentlig indsats ift. at muliggøre elektrificering af højtemperaturprocesser i erhvervslivet.

Dette angår også den traditionelt vanskelige cementproduktion, hvor en potentiel ny løsning ("Plasma-Arc"-teknologi)¹⁰ i Sverige er demonstreret i lille skala. Det er uklart hvad tidshorizonten for etablering af fuldskalaløsninger for denne teknologi er, og der forudses desuden en række driftsøkonomiske udfordringer med denne løsning.

Også i teglindustrien pågår der undersøgelser af muligheder for at elektrificere teglproduktionen, først og fremmest ved at anvende mikrobølgeteknologi¹¹ i deres tørreprocesser.

4.2 Omstilling ved biogas/ledningsgas og alternative brændsler

Ift. anvendelse af **biogas/ledningsgas og alternative brændsler** anses det af virksomhederne umiddelbart for at være teknisk muligt og relativt nemt at konvertere alle højtemperaturprocesser til biogas/ledningsgas, der kan afbrændes direkte i processen uden større, tekniske eller procesmæssige komplikationer¹².

Således har Rockwool i 2020 omstillet deres fabrikker i Danmark fra anvendelse af kul/koks til stensmelting til nu at anvende ledningsgas¹³ med det sigte på sigt at kunne aftage CO₂-neutral biogas gennem ledningsnettet. Også Aalborg Portland ser anvendelse af biogas/ledningsgas som et centralt element i deres grønne omstilling¹⁴.

⁸ Om elektrificering hos Rockwool, se <https://klimamonitor.dk/nyheder/art7936233/Elektrificering-er-mulig-men-vi-har-fravalgt-det-i-Danmark>

⁹ Om elektrificering hos Isover, se <https://www.businesskolding.dk/om-os/presserum/nyheder/baeredygtighed-oe-verst-paa-agendaen-for-isover>

¹⁰ Om plasma-arc-teknologi, se <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/257463/257463.pdf>

¹¹ Om mikrobølger til fremstilling af tegl, se <https://www.teknologisk.dk/ydelser/nu-skal-tegl-braendes-af-mikroboelger/35307>

¹² Det er en central diskussion om brug af ledningsgas på sigt fører til større CO₂-neutralitet iht. GHG-protokollen med den stadig større andel af opgraderet biogas i nettet. Flere og flere virksomheder vælger således at opgøre deres CO₂-udledninger iht. til Science Based Targets (SBTi), hvilket for de mest ambitiøse virksomheder indebærer, at udledninger opgøres iht. den "markedsbaserede" opgørelsesmetode. Ved denne metode kan opgraderet biogas i ledningsnettet kun tages til indtægt i CO₂-regnskabet såfremt man samtidigt køber certifikater ("Guarantees of Origin, GoO"), som garanterer at biogassen er produceret additionelt. Andre - og mindre ambitiøse - virksomheder vælger at opgøre CO₂-udledninger "lokationsbaseret", hvor biogaseandelen i ledningsnettet tages til indtægt selvom dette ikke fører til etablering af ny biogasproduktion. Den markedsbaserede tilgang til CO₂-regnskaber er i vækst, og EU forventer, at et egentlig GoO-marked for biogascertifikater er etableret i løbet af 2021 svarende til hvad der allerede er sket med certifikater på elområdet (PPA'er).

¹³ <https://www.danskgasforening.dk/sites/default/files/inline-files/Rockwool%20skifter%20til%20biogas%20i%20DK.pdf> og <https://patents.justia.com/patent/10040712>

¹⁴ <https://www.aalborgportland.dk/investering-i-gas-skal-sikre-markant-co2-reduktion-hos-aalborg-portland/>

For visse højtemperaturprocesser (roterovne, tromletørrere) har der historisk delvist været, og er der fortsat, fokus på muligheder for at øge anvendelsen af fast biomasse (træflis, træpiller) eller affaldsstrømme (slagteriaffald, bildæk m.m.), men naturligvis under forudsætning af, atproduktkvalitet og produktionskapacitet ikke påvirkes negativt og det er muligt at man holder sig inden for lovens rammer.

Hos AAK Aarhus Karlshamn (der driver en række højtemperaturprocesser, herunder deodorisering/destillation) pågår der aktuelt forberedelse af en omlægning af en meget omfattende oliebaseret ("heavy fuel oil") dampforsyning til anvendelse af eget biogent affald fra produktionen. Dette er et af de sidste projekter, som realiseres med støtte fra Energistyrelsens tidligere tilskudsordning "VE til proces".

4.3 Omstilling ved energieffektivisering

Flere af de interviewede virksomheder beskriver en indsats, som tager udgangspunkt i **energieffektivisering** og en systematisk reduktion af behovet for energi gennem energiledelse eller andre systematiserede og programsatte indsatser. Dette gælder for et større antal virksomheder med lav/mellem-temperaturprocesser (se notatet "Grøn Industrianalyse – sammenfatning lav/mellemtemperaturprocesser" udarbejdet parallelt med nærværende notat).

Mange af højtemperaturvirksomhederne har således deltaget i Energistyrelsens aftaleordning helt tilbage fra starten af 1990'erne, og de har på baggrund af dette etableret energiledelsessystemer iht. ISO50001 og deraf etableret procedurer for løbende energieffektivisering.

Af de gennemførte interviews (bilag C) fremgår det, at bevidstheden om energieffektivitet hos virksomhederne generelt er stor, og enkelte virksomheder tilkendegiver, at energieffektivitet også har stort fokus ved indkøb og nyanlæg. Flere af virksomhederne tilkendegiver dog også i de gennemførte interviews tilkendegivet, at de vurderer at de fremtidige potentialer for energieffektivisering er relativt begrænsede¹⁵, og at dette spor derfor ikke fylder væsentligt ift. målsætningerne om på sigt at blive CO₂-neutrale.

Spørgsmålet om udnyttelse af overskudsvarme til fjernvarmeformål, som i høj grad må anses som en væsentlig del af energieffektivisering af industrien, nævnes som relevant af en leverandør og en virksomhed i de gennemførte interview (bilag C). Udnyttelse af overskudsvarme nævnes også som centrale elementer i de interviews, som er gennemført med raffinaderierne i delanalysen om raffinaderierne (se notatet "Sammenfatning Grøn Industrianalyse Raffinaderier" udarbejdet parallelt med nærværende arbejde).

4.4 Omstilling ved produktudvikling og alternative råvarer

Generelt har litteraturstudiet (bilag A) i denne analyse afdækket, at mange virksomheder ser arbejdet med **produktudvikling og alternative råvarer** som et væsentligt element i deres grønne omstilling.

Det gælder specielt inden for cement og teglindustri, hvor tilsætning af ler eller anvendelse af lertyper med lavt kalkindhold ses som en vej til at reducere kalcineringen af kalk og dermed reducerede procesemissioner¹⁶. For eksempel har Monier (Volstrup Teglværk) i en del af deres produktion erstattet 80% af deres traditionelle ler med en type ler, som ikke udleder CO₂ under forbrændingen (kalcinerer).

En tilsvarende udvikling ses i mange andre sektorer. For eksempel arbejdes der med at udvikle nye typer af asfalt¹⁷, dels med genbrug af asfalt, dels ved at processere ved lavere temperaturer.

¹⁵ Viegand Maagøes industrirådgivning har erfaret, at mange virksomheder fortsat har meget væsentlige effektiviseringspotentialer – af størrelsesordenen 20-30% - såfremt man gennemfører omfattende renoveringer af procesanlæg og forsyningsstrukturer. Dette er vanskeligere i højtemperaturprocesser, hvor procesanlæggene typisk er meget omfattende installationer, som er investeringstunge at ombygge eller udskifte

¹⁶ Der pågår mange udviklingstiltag ift. alternative cement- og teglprodukter, for eksempel:

- Erstatning af cement med skifer: https://ecoinnovation.dk/media/222666/mudp_beretning_2020.pdf (s. 7)
- Reduktion af cement-indholdet i beton: https://ecoinnovation.dk/media/222666/mudp_beretning_2020.pdf
- Om tilsætning/ anvendelse af ler: <https://www.danskbeton.dk/fabriksbeton/om-fabriksbetonforeningen/artikler-nyheder/2019/kalcineret-ler-og-kalkfiller-har-groen-effekt/>

¹⁷ Om miljøvenlige asfalttyper:

- <https://www.munck-asfalt.dk/45-klima-asfalt.html>
- https://www.colas.dk/wp-content/uploads/2018/05/Asfaltindustrien_fakta_nov2019.pdf

Energistyrelsen har i et tidligere projekt tilbage i starten af 2000-tallet afdækket en lang række muligheder for at producere mere "energirigtige produkter", for eksempel flydende salt til vejsaltning om vinteren eller fremstilling af flydende sukker til industrielle formål. For begge disse eksempler gælder det, at der kan undgås tørring, som er en meget energikrævende proces.

5 Barrierer imod grøn omstilling af højtemperatur processer

Virksomheder med højtemperatur processer har i spørgeskemaundersøgelsen og interviews anført en række barrierer i forhold til at gennemføre en grøn omstilling. Barriererne kan overordnet set opdeles i følgende kategorier:

- Tekniske barrierer
- Økonomiske barrierer
- Juridiske barrierer
- Videnskæssige barrierer

Disse barrierer beskrives i det følgende for hvert af de fire indsatsområder: Elektrificering, biogas/ledningsgas, energieffektivisering samt produktudvikling og alternative råvarer.

5.1 Barrierer ift. elektrificering

Ift. grøn omstilling ved elektrificering har virksomhederne i de gennemførte interviews og spørgeskemaundersøgelsen tilkendegivet en række barrierer, som beskrives i dette afsnit.

5.1.1 Tekniske barrierer

Det er overordnet indtrykket, at elektrificering af højtemperaturprocesser er mulig i langt de fleste tilfælde for processer med temperaturer op til omkring 1.100 til 1.300°C.

Som nævnt ovenfor er det fx lykkedes Rockwool og Isover at elektrificere centrale højtemperaturprocesser, medens elektrificering af cementproduktion endnu er på udviklingsstadiet. Elektrificering af fremstillingen af tegl og mursten anses ligeledes for teknisk mulig, men med den udfordring, at tunnelovne til brænding af tegl typisk har installeret et meget stort antal brændere, hvilket fordyrer en sådan omstilling og kan kræve udvikling af helt nye ovnkonstruktioner. Desuden har visse teglprodukter en overfladekvalitet, som er et resultat af en specifik brænding¹⁸, hvorfor det vil være vanskeligt at opnå denne kvalitet, hvis der anvendes elektricitet

På nær disse få områder, er der gennem litteraturstudiet, spørgeskemaundersøgelsen og interviews sammenfattende ikke identificeret områder, hvor elektrificering ikke er teknisk mulig. Til gengæld udtrykker mange virksomheder, at de er usikre overfor hvilke løsninger, som skal anvendes. Denne usikkerhed betyder, at visse virksomheder vurderer, at det er for risikofyldt at påbegynde en elektrificering på nuværende tidspunkt.

Ift. tekniske barrierer skal det desuden nævnes, at den nuværende varmforsyningsstrukturer, hvor der hovedsagligt anvendes damp som varmemedie, er en generel udfordring. Udfordringen er ikke klassisk teknisk, men det er dyrt og besværligt at omlægge energiforsyning fra damp til varmt vand (som bl.a. ville muliggøre varmepumpedrift), da der både skal etableres nye (og større) varmevekslere i processen og trækkes nye rørnet som erstatning for eller supplement til den eksisterende forsyningsstruktur¹⁹.

¹⁸ Viegand Maagøe har viden om at visse teglværker anvender kul/koks i brændingen for at opnå en bestemt overfladekvalitet for mursten.

¹⁹ Dette gælder ikke specifikt for de egentlige højtemperatur processer, der typisk er individuelt forsynede og ikke dækket via centrale forsyningsnet. Det er værd at bemærke, at mange virksomheder, for eksempel Arla Foods og CP Kelco, er langt i processen med at etablere lav-temperatur forsyningsnet for at muliggøre elektrificering med varmepumper. Nøglen til disse projekter er at kombinere energieffektivisering og elektrificering – den opnåede effektivisering er med til at finansiere investeringerne i en relativt dyr elektrificering.

En enkelt virksomhed anfører i de gennemførte interview, at de er nervøse for om en omstilling fra dampforsyning til vandbaseret opvarmning (ved anvendelse af varmepumper) vil reducere proceshastighed/-kapacitet pga. dårligere varmeovergang, hvilket kan kræve større og dyre ombygninger af procesanlægget (denne problemstilling angår først og fremmest lav/mellemtemperatur processer og ikke højtemperatur processer). En anden virksomhed anfører, at en elopvarmet proces kan være sværere at styre, hvilke kan forringe produktkvaliteten. Det er uklart om disse tilbagemeldinger bygger på en specifik teknisk erfaring hos virksomhederne, eller bunder i manglende erfaring med nye løsninger, og dermed mere er en videnskabsmæssig barrierer.

5.1.2 Økonomiske barrierer

Langt de fleste virksomheder, for eksempel Haldor Topsøe og de interviewede virksomheder, anfører høje elpriser som en altafgørende barriere ift. at gennemføre en grøn omstilling ved elektrificering. Tabel 5 viser således en sammenligning af typiske energipriser i større virksomheder. Priserne er angivet både med og uden CO₂-afgift.

Energiart	Pris excl. CO ₂ -afgift (kr./kWh)	CO ₂ -afgift (kr./kWh)	Pris incl. CO ₂ -afgift (kr./kWh)
Stenkul og koks	0,12	0,06	0,18
Ledningsgas	0,25	0,04	0,29
Elektricitet	0,50	-	0,50
Fuelolie	0,35	0,05	0,40
Træflis	0,17	-	0,17

Tabel 5. Typiske energipriser i erhvervslivet. Priserne er excl. NO_x og svovlafgifter, som anvendt i Viegand Maagøes industrirådgivning. Priser passer nogenlunde med Energistyrelsens energiprisstatistik, se <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/energipriser-og-afgifter>

Det ses, at specielt en elektrificering vil have store driftsøkonomiske barrierer, da elektricitet er betydeligt dyrere per kWh end kul og naturgas. Det betyder, at ud over selve investeringen, vil grønne omstillingsprojekter med de nuværende energipriser og afgifter direkte fører til højere driftsomkostninger. Investeringerne vil derfor aldrig tjener sig hjem, når kun de umiddelbare omkostninger betragtes og andre evt. markeds-mæssige fordele osv. ikke tages i betragtning.

Dette kan til dels imødegås med brug af varmepumper. Med varmepumpens effektfaktor (COP) på 3-4 vil det være muligt at opnå varmepriser, som er lavere end eller på niveau med hvad der kan opnås af varmepriser med naturgas. Detteforhold gælder dog kun ved lave temperaturer (< 100°C), og selv ved 150°C vil varmeprisen der kan opnås ved anvendelse af varmepumper være i hård konkurrence med naturgassen.

Det skal igen bemærkes, at det seneste års store variationer i naturgasprisen er en stor barriere ift. virksomhedernes mulighed og villighed til at beslutte at gennemføre elektrificeringsprojekter. Således har en typisk business case for etablering af typiske større varmepumper til procesformål for at udfase naturgas det seneste år gennemgået en udvikling, hvor tilbagebetalingstiden først 6 år, så 10 år og nu er 5 år²⁰.

En væsentlig og undertiden overset barriere ved elektrificering er, at etablering af ny elforsynings- og transformerkapacitet kan være temmelig bekostelig og forringe en business case betydeligt.²¹

²⁰ Denne business case er udarbejdet af Viegand Maagøe for en kemisk virksomhed.

²¹ For mange virksomheder med højtemperatur processer er elforbruget (i MW) i dag kun en brøkdel af det termiske energibehov (i MW) – måske 10-15% - hvilket betyder, at der skal etableres meget stor ekstra elkapacitet, hvis virksomheden ønsker at elektrificere.

En yderligere økonomisk barriere angår afregningsforholdene for elforbrug til elkedler og elvarmelegemer under Energinets systemydelse²². Her har mange virksomheder de senere år set på muligheden for at etablere elkedler med økonomisk bidrag fra Energinets systemydelse (frekvensstabilisering, aftag af overløbsstrøm fra vindmøller), hvilket i perioden 2019-2021 har haft en meget attraktiv økonomi. Energinet har primo 2021 annonceret, at ordningen ændres²³ til noget mindre attraktivt fra og med 2022²⁴, hvilket har sat tilsvarende projekter i stå andre steder²⁵.

Et bedre samspil mellem elforsyningsnet og industri vurderes umiddelbart at rumme meget store muligheder for grøn omstilling af erhvervslivet. Virksomhederne anser generelt elkedler og/eller elvarmelegemer for at være teknisk attraktive og nemme at integrere i deres nuværende damp-/energiforsyning.

Der skal her nævnes, at manglende tilskudsmuligheder til 1:1-elektrificering (elkedler, ikke varmepumper) udgør en økonomisk barriere for virksomhederne²⁶, hvilket kunne overvejes at indarbejde i Erhvervspuljen, da der ad denne vej kan realiseres væsentlige CO₂-reduktioner.

5.1.3 Juridiske barrierer

Der er som sådan ikke identificeret nogen juridiske barrierer ift. elektrificering gennem litteraturstudiet, spørgeskemaundersøgelsen og de gennemførte interviews. Viegand Maagøe vil dog anføre, at etablering af nye teknologier på visse områder vil have vanskeligt ved at opnå de garantier, som virksomhederne typisk opnår med mere traditionelle teknologier.

5.1.4 Videnskæssige barrierer

Overordnet fremstår de videnskæssige barrierer som centrale ift. virksomhedernes fremtidige elektrificering af højtemperatur processer.

Det er således indtrykket, at virksomhederne med højtemperaturprocesser fremstår i 2 grupper:

1. De store og energiintensive virksomheder som Aalborg Portland, Isover og Rockwool, som alle har en organisation af en størrelse som muliggør videnopbygning, leverandørdialog og eventuelle pilotprojekter/udviklingstiltag ift. at vælge nye løsninger
2. De mange mindre og mellemstore virksomheder, som ikke er kommet så langt med arbejdet og udtrykker tvivl om hvilke løsninger, som skal vælges, og hvor fremsatte forbehold ift. elektrificering ikke vidner om en dybere indsigt i eller erfaring med området

Sidstnævnte, se for eksempel flere udsagn i interviewundersøgelsen, fremsætter i spørgeskemaundersøgelse og gennem interviews således usikkerheder om hvad der sker på elektrificeringsområdet:

²² Energinets systemydelser er beskrevet hér: <https://energinet.dk/EI/Systemydelser> og omfatter dels et fast økonomisk bidrag ved at muliggøre frekvensstabilisering i elnettet, dels bidrag ved løbende at aftage et variabelt elforbrug bestemt af belastningen i nettet og overløb af vindmøllestrøm specielt relateret til elbalancen i Tyskland

²³ I notatet "Grøn Industrianalyse – sammenfatning lav/mellemtemperatur processer" nævner bla. Brdr. Hartmann om de ændringer, som har stoppet deres elkedelprojekt.

²⁴ Energinets nye regler for systemydelser er beskrevet hér: <file:///C:/Users/pmp/Downloads/Introduktion%20til%20systemydelser%20-%20juni%202021.pdf>

²⁵ Viegand Maagøe har arbejdet med en række af disse projekter, som først fremstod meget attraktive og siden er frafalt pga. usikkerheder og forventning om dårlig økonomi med nye regler

²⁶ Viegand Maagøes industrirådgivning oplever at mange virksomheder efterspørger tilskud til 1:1-elektrificering af naturgasforbrug, hvilket ikke er muligt i de nuværende ordninger

- Findes der standardteknologier til vores formål?
- Hvornår er dampproducerende varmepumper på markedet?
- Vi har fundet en løsning som går op til 300°C?
- M.m.

Disse usikkerheder betyder, at mange virksomheder forholder sig afventende ift. at vælge løsninger, da man har en forestilling om, at der med tiden kommer nye og mere kosteffektive løsninger, som vil gøre en elektrificering eller anden lignende grøn løsningnemmere eller mere økonomisk holdbar.

Flere virksomheder tilkendegiver behov for erfaringsudveksling; hvordan kan man elektrificere?, hvad er omkostningerne?, hvad har andre gjort? Dette er en central tilbagemelding fra de gennemførte interview (bilag C). Det samme gælder en entydig forståelse af, hvad varmepumperne rent temperaturmæssigt kan levere og hvilken udvikling, der forventes på såvel kort- som længere sigt²⁷.

5.2 Barrierer ift. omstilling med biogas/ledningsgas og alternative brændsler

Ift. omstilling med biogas/ledningsgas og alternative brændsler har virksomhederne gennem interviews og spørgeskemaundersøgelse tilkendegivet en række barrierer, som behandles i dette afsnit.

5.2.1 Tekniske barrierer

Der er som udgangspunkt ikke identificeret nogen tekniske barrierer ved at anvende biogas/ledningsgas til højtemperatur processer såfremt, der er tale om opgraderet biogas i ledningsnettet. Således har litteraturstudiet godtgjort, at opgraderet biogas kan bruges til alle formål, herunder også den traditionelt set vanskelige cementproduktion²⁸. I de gennemførte interview har flere virksomheder givet meldinger om risiko for rustdannelse eller udfordringer med svingende brændværdi for gassen. Flere udsagn herom er refereret i sammenfatningen af interviews i bilag C. Det fremgår dog ikke tydeligt, om disse forhold måske er foranlediget af specifikke erfaringer med direkte leverancer af ikke-opgraderet biogas fra lokale biogasanlæg.

Et enkelt teknisk forhold, som er blevet fremhævet i interviews, er, at geografisk beliggenhed udgør en udfordring for grøn omstilling med biogas/ledningsgas for visse virksomheder, som ligger uden for naturgasnettets forsyningsområde. Dette gælder fx inden for molerproduktion (Imerys).

5.2.2 Økonomiske barrierer

Som beskrevet ovenfor er der en stigende tendens til at større virksomheder opgør CO₂-udledninger iht. Science Based Targets og den "markedsbaserede" opgørelsesmetode, hvor rapportering af biogas i ledningsnettet kræver indkøb af certifikater (GoO), som garanterer at biogassen er additional, altså at øget biogasforbrug fører til etablering af nye biogasanlæg og øget biogasproduktion. En sådan opgørelsesmetode risikerer at medføre, at omstilling med biogas/ledningsgas fører til meget høje driftsomkostninger, da biogasprisen med dagens priser på GoO'er er tre gange højere end prisen for elektricitet²⁹ (som vist i tabel 5 ovenfor).

²⁷ Viegand Maagøes industrirådgivning oplever inden for energisektoren meget uensartede forventninger til udviklingen på varmepumpeområdet. Nogen virksomheder og leverandører anfører, at dampproducerende varmepumper op til 300°C er lige om hjørnet, andre at "en svensk leverandør kan levere 200°C varmepumper", og andre anser alene relativt traditionelle løsninger op til 120°C som realistiske.

²⁸ Omtale af Aalborg Portlands biogasplaner hér: <https://www.aalborgportland.dk/investering-i-gas-skal-sikre-markant-co2-reduktion-hos-aalborg-portland/>

²⁹ Ved køb af GoO (Guarantees of Origin) for biogas distribueret via naturgasnet, prisniveau opgjort af Viegand Maagøe efteråret 2020.

Spørgsmålet om energipriser spiller en meget stor rolle i barrierevurderingerne. Dette gælder specielt i virksomheder med højtemperaturprocesser, da energibudgettet i disse typisk kan ligge så højt som 30-40% af de samlede produktionsomkostninger. En fordobling af denne budgetpost vil alt andet lige øge produktpriserne betydeligt, hvilket vil forringe konkurrenceevnen betydeligt.

Det samme gælder usikkerheden om udviklingen af kvotepriser under ETS-ordningen, idet mange højtemperaturvirksomheder er ETS-virksomheder. Der er de seneste måneder sket en stor stigning i kvotepriserne, hvilket dels vil gøre en omstilling mere økonomisk attraktivt, men samtidigt betragtes som en usikkerhed, som er bremsende for villigheden til at investere.

5.2.3 Juridiske barrierer

Hverken litteraturstudiet, spørgeskemaundersøgelsen og interviews har peget på at der skulle være nogle erfaringer med juridiske barrierer ift. grøn omstilling med anvendelse af biogas/ledningsgas. Det skal dog nævnes, at "løddigheden" af GoO'er løbende betvivles, og at dette måske af nogle virksomheder anses for en barriere ift. køb af biogascertifikater. Når man ikke kan opnå nogen garanti for at løsningen er holdbar eller er korrekt på længere sigt, ønsker man ikke at investere.

Det skal ift. alternative brændsler bemærkes, at litteraturstudiet (bilag A) har afdækket, at muligheden for at øge anvendelsen af affaldsstrømme i større roterovnsanlæg til dels er begrænset af lovgivningen på affaldsområdet.

5.2.4 Videnskæssige barrierer

Et centralt spørgsmål ift. anvendelsen af biogas/ledningsgas – såvel som ved elektrificering – er at energi- og klimaområdet pt. er omgærdet af mange usikkerheder, for eksempel:

- Hvad sker der med kvoteprisen (EU ETS)?
- Hvordan udvikler energiprisen sig (alene fra 2020 til i dag har gasprisen udviklet sig meget anderledes end forventet i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020)?
- Kommer der en CO₂-afgift? – og hvor stor bliver den? – og hvordan spiller den sammen med ETS-kvoter?
- Bliver elektricitet gratis i visse tidspunkter i fremtiden pga. overløb?
- Hvordan vil prisen på GoO'er udvikle sig?
- Er der biogas nok? – og hvad nu hvis Aalborg Portland skal bruge en masse?
- Vedbliver man at betragte biogas som CO₂-netutralt? – se hvad der skete med træflis!
- M.m.

Det er for virksomhederne svært at håndtere sådanne usikkerheder, når større investeringer planlægges.

Ligeledes er der stor usikkerhed ift. GHG-protokollen og valg af opgørelsesmetoder relateret til Science Based Targets. Virksomhederne – måske specielt de mindre og mellemstore – er usikre på hvilke markedsæssige randbetingelser, som gælder for deres type af produktion, og hvordan konkurrenterne håndterer disse spørgsmål.

5.3 Barrierer ift. energieffektivisering

Ift. **energieffektivisering** har virksomhederne gennem interviews og spørgeskemaundersøgelse tilkendegivet en række barrierer ift. at realisere væsentlige CO₂-reduktioner ved en sådan indsats, som gennemgås i dette afsnit.

5.3.1 Tekniske barrierer

De tekniske barrierer angår først og fremmest, at mange virksomheder efter mange års effektiviseringsindsats synes at have realiseret de "lavthængende frugter", og at yderligere effektivisering derfor synes vanskelig. Flere virksomheder efterlyser således erfaringer og cases som beskriver, hvordan andre virksomheder er kommet videre med deres energieffektiviseringsindsats³⁰ (bilag C).

Såfremt der skal opnås væsentlige resultater i den grønne omstilling gennem yderligere energieffektivisering, vil det forventeligt derfor ofte komme til at angå udskiftning af de centrale produktionsprocesser, hvilket er investeringstungt og typisk er forbundet med meget lange tilbagebetalingstider. Dette angives for eksempel i sammenfatningen af interviews i bilag C.

Udskiftning af centrale produktionsanlæg fører i visse tilfælde desuden til at virksomheder må stoppe produktionen i en periode, hvilket giver produktions- og indtjeningstab, og dermed forøget tilbagebetalingstid. Det gælder specielt for højtemperaturprocesser, at disse som regel pågår i meget store anlæg, der ikke ude videre udskiftes eller ombygges, da anlæggene er i drift døgnet rundt gennem hele året.

Det kan måske være muligt at bygge helt nye anlæg (BAT) og ad denne vej opnå væsentlige effektiviseringer. Her skal man dog huske, at investeringerne forbundet med sådanne tiltag kan være endog meget høje, hvilket bl.a. fremføres af højtemperaturvirksomhederne i de gennemførte interviews (bilag C). Beslutninger om og praktiske muligheder for ombygninger med helt nye anlæg er erfaringsmæssigt også bestemt af mange andre forhold så som produktkvalitet, kapacitet, logistik osv.

5.3.2 Økonomiske barrierer

Det er et gennemgående problem, at væsentlige effektiviseringer har lange tilbagebetalingstider (>5 år). Typisk har højtemperaturvirksomhederne som nævnt realiseret de mest oplagte muligheder gennem deltagelse i bl.a. Energi styrelsens aftaleordning og resterende større energieffektiviseringsprojekter har derfor relativt lange tilbagebetalingstider med de nuværende energipriser og afgifter. Energieffektiviseringsprojekter er desuden ofte i "intern" konkurrence i virksomhederne med andre strategisk vigtige projekter med gode eller bedre tilbagebetalingstider, for eksempel automatisering, it m.m.

Spørgsmålet omkring tilbagebetalingstider for investeringer er vigtige for energieffektiviseringsområdet såvel som for øvrige projekter om grøn omstilling, og det er vigtigt at notere, at der er en tendens til at energieffektivisering og grøn omstilling får større strategisk betydning for virksomhederne. Virksomhederne er derfor begyndt at acceptere længere tilbagebetalingstider end tidligere³¹. Traditionelt har de fleste energieffektiviseringsprojekter skulle have en tilbagebetalingstid på 2-3 år for umiddelbart at kunne accepteres af virksomhederne, og i interview nævnes interne krav om helt ned til 1-2 års tilbagebetalingstid. Energistyrelsens aftaleordning har der dog været krav om 4 eller 5 år, afhængig af de forskellige perioder af aftaleordningen.

Generelt er spørgsmålet om tilbagebetalingstider for energieffektiviseringsområdet komplekst, men for omstilling af centrale processer og forsyningsstrukturer, som forventeligt er projekter der har lange levetider, accepteres typisk længere tilbagebetalingstid end for mindre ad-hoc effektiviseringer.

³⁰ Viegand Maagøe og Wilke gennemgik foreløbige erfaringer fra interviewrunden refereret i bilag C d. 6. juli 2021, hvor spørgsmålet om erfaringsudveksling og pilotprojekter blev nævnt som centralt for flere indsats.

³¹ Viegand Maagøe har i sin industrirådgivning oplevet at mange større virksomheder de senere år er begyndt at acceptere længere tilbagebetalingstider, nogen så vidt, at projekter med payback op til 8-10 år anses for acceptable. Det gælder typisk for virksomheder med ambitiøse klimamålsætninger, hvor man har indset, at alternativer som elektrificering eller anvendelse af biogas (med certifikater) er dyrere og måske aldrig tjener sig hjem.

Det skal bemærkes, at svingende energipriser, specielt for naturgas, gør at mange virksomheder er usikre på økonomien i effektiviseringsprojekter³².

5.3.3 Juridiske barrierer

Der er i interviews og spørgeskemaundersøgelsen ikke identificeret direkte juridiske barrierer ift. energieffektivisering. Dog anfører en enkelt leverandør (bilag C), at overskudsvarmeafgiften er en barriere ift. at udnytte overskudsvarme til fjernvarmeformål, hvilket er en fejlfortolkning af lovgivningen, som ses mange steder³³.

5.3.4 Videnskæssige barrierer

Af videnskæssige barrierer er den centrale tilbagemeldinger fra interviewarbejdet, se bilag C (og fodnote 22), at såvel virksomheder som leverandører udtrykker behov for erfaringsudveksling og cases, som muliggør fortsat energieffektivisering. Derudover kan manglende viden om overskudsvarme og afgifter også nævnes som en barriere.

5.4 Barrierer ift. produktudvikling og alternative råvarer

Ift. grøn omstilling gennem produktudvikling og alternative råvarer har virksomhederne kun givet relativt få tilbagemeldinger om barrierer, da dette emne ikke har været centralt i undersøgelsen.

5.4.1 Tekniske barrierer

Der er ikke nævnt nogle tekniske barrierer i interview eller spørgeskemaundersøgelse.

5.4.2 Økonomiske barrierer

Anvendelse af alternative råvarer samt produktudvikling vurderes at ville fordyre produkterne, hvilket kunderne ifølge de interviewede virksomheder, på nuværende tidspunkt ikke er parate til at betale ekstra for (bilag C).

³² Viegand Maagøe har gennem de senere år erfaret at for eksempel naturgasprisen har varieret meget med for eksempel en stigning af størrelsesordenen 40% fra 2020 til 2021, hvilket besværliggør beslutningsprocessen.

³³ Viegand Maagøe har været involveret i et meget stort antal overskudsvarmeprojekter til fjernvarmeformål og heri gennem oplevet store udfordringer hos virksomheder og leverandører ift. at tolke lovgivningen korrekt.

5.4.3 Juridiske barrierer

De virksomheder der er blevet interviewet nævner især, at fraværet af krav om grønne produkter i offentlige udbud både, nationalt og på EU-niveau, er en barriere for grøn omstilling gennem produktudvikling og anvendelse af alternative råvarer (bilag C). En efterspørgsel på mere grønne produkter fra det offentlige side, vil skabe et marked og dermed skubbe på udviklingen.

I denne sammenhæng nævner virksomhederne også et behov for at gøre standardisering af nye CO₂-lette produkter smidig og hurtig. For eksempel skal nye cementprodukter i dag gennem en række godkendelser for at kunne accepteres i byggeri- og anlægssektoren, hvilket er en omstændelig og langstrakt proces. Det er specielt Aalborg Portland som fremhæver dette, men det vurderes at være gældende på mange andre områder i takt med at "grønne produkter" og "cirkulær økonomi" for alvor begynder at finde fodfæste.

5.4.4 Videnskæssige barrierer

Ingen af de virksomheder, som har deltaget i interview eller spørgeskemaundersøgelse har nævnt nogle videnskæssige barrierer for grøn omstilling gennem produktudvikling og anvendelse af alternative råvarer.

Bilag A: Litteraturstudie

Dette bilag er et notat, som sammenfatter det gennemførte litteraturstudier. Litteraturstudiet er gennemført af Viegand Maagøe i perioden maj-juli 2021.

NOTAT

Projekt:	Energistyrelsen - Grøn Industrianalyse
Emne:	Litteraturstudie - højtemperaturprocesser
Dato:	24.08.2021
Til:	Energistyrelsen
Fra:	Viegand Maagøe

1 Baggrund

Omstillingen af erhvervslivets højtemperaturprocesser til CO₂-neutrale energikilder anses i flere tilfælde for at være vanskelig. Det skyldes dels, at mange processer gennemføres ved temperaturer på op mod 1.500°C, hvor traditionel biomasse og elektrificering har tekniske begrænsninger, dels at visse processer af procesmæssige årsager gennemføres med "direkte fyring", dvs. med afbrænding af et brændsel direkte i processen eller i produktet.

Nærværende notat udgør bilag til en bredere analyse af hvilke barrierer, der findes i Danmark ift. at omlægge erhvervslivets højtemperaturprocesser fra anvendelse af fossile brændsler som energikilde til enten elektricitet eller ledningsgas (biogas). Notatet er baseret på et litteraturstudie og Viegand Maagøes ekspertviden om teknologier på området.

2 Klassificering og afgrænsning

Energistyrelsens kortlægning af energiforbrug i erhvervslivet [1] inddeler højtemperaturprocesser i 5 slutanvendelser, som kan ses i

Tabel 1 herunder.

Her i ses det, at tørring har det største energiforbrug, men også at de andre processer ikke er af uvæsentlige størrelser.

De efterfølgende afsnit gennemgår hver af disse 5 slutanvendelser med henblik på at undersøge nuværende eller kommende teknologier, der først og fremmest kan muliggøre en konvertering fra fossile brændsler til elektricitet eller ledningsgas, sekundært hvad der sker af udviklinger, der kan reducere det fossile brændselsforbrug væsentligt.

Tabel 1: Kategoriinddeling af højtemperatursprocesser.
Kilde: [1]

Kategori	% af industriens termiske energiforbrug 2015	Anvendte teknologier	Brancher
Brænding	5,8%	Roterovne	Cement, LECA-nødder, kalk, molerprodukter, div. Mineraler
		Tunnelovne	Tegl og mursten, keramik
Smeltning/støbning	5,1%	Glassmelteovne	Emballageglas, plan- glas, vinduesglas mm.
		Sten- og glasuldsovne	Mineraluld, glasuld
		Jern- og metalsmelteovne	Støberier, smelterier
Destillation	3,4%	Atmosfæriske vs. tryk- satte kolonner	Sprit, opløsningsmid- ler, olier (fødevarer)
Tørring	19,2%	Tunnelovne	Tegl, keramik, brød, fø- devarer
		Tromletørrer	Grus, moler, asfalt
		Spraytørrer	Fødevarer, emulgato- rer
Anden procesvarme over 150°C	4,8%	<i>Mange</i>	Diverse afbrændinger, afspænding, destillationer

3 Brænding og sintring

3.1 Eksisterende teknologier og anvendelsesområder

Brænding og sintring er to energitunge processer, der særligt finder anvendelse inden for fremstilling af materialer til byggeindustri, for eksempel indenfor fremstilling af:

- cement
- tegl
- leca-nødder
- kalk
- diverse mineraler (moler m.m.)

Brændingen tillader sintringsprocessen, hvor atomer diffunderer på tværs af korn og binder materialet sammen. Sintring sker både ved tegl- og murstensproduktion for at øge styrken [2], men også ved cementproduktion, hvor de høje temperaturer får en række kemiske processer til at ske og materialet til at kombineres i cementklinker [3], der efterfølgende knuses for at få cement.

Roterovne anvendes typisk indenfor tørring og brændingsprocesser, eksempelvis ved cement-, LECA- og kalkproduktion, men finder også anvendelse ved bortskaffelse af farligt affald [4]. Roterovne bruges til

formalede råmaterialer, hvor produkterne typisk bliver små runde emner, såsom LECA-nødder og cementklinker eller pulver som ved produktion af brændt kalk.

Roterovnen er en lang roterende cylinder med en lille hældning, hvor materialet føres ind i toppen og varme røggasser ledes ind i bunden, hvor der bliver fyret direkte ind i roterovnen. Råmaterialet i en roterovn varmes op, efterhånden som det bevæger sig ned gennem ovnen og tørres, hvorved de temperaturer, som er nødvendige for de aktuelle reaktioner og processer, kan opnås [5].

Cementproduktion foregår ved ca. 1500 grader i en roterovn [3]. Specielt for cementproduktionsprocessen er, at der sker en kemisk proces under brændingsfasen som danner direkte CO₂ udledninger³⁴ og som derfor opstår uafhængigt af, hvilken opvarmningsteknologi der anvendes.

Overordnet set, stammer 40% af CO₂ udledninger fra cementproduktionen fra brændsler, 50% direkte udledninger fra processen, og 10% er øvrige kilde som f.eks. transport [6]. Fokus er derfor på 1) at finde alternative brændsler, og 2) at ændre den kemiske proces så der opstår færre direkte CO₂ emissioner.

En anden anvendt teknologi til brændingsprocessen er tunnelovnen, der fortrinsvis er til formfaste emner. Tunnelovnen anvendes primært til produktion af mursten og tegl, der kræver brænding for at øge styrken ved sintring. Når alt det kulholdige materiale er blevet oxideret, begynder den høje temperatur at få lerpartiklerne til at binde sig sammen [2].

3.2 CO₂ reduktionsmuligheder

3.2.1 Roterovne

Roterovne er en gammel teknologi som løbende er blevet og forventeligt fortsat vil blive forbedret. Der findes efterhånden mange måder at effektivisere processen på, bl.a. ved bedre anvendelse af røggassen, våde vs. tørreprocesser mm. [6]. Disse tiltag forventes at komme automatisk, da de ofte også er økonomisk rentable, når produktionsanlæg skal udskiftes eller moderniseres.

Da en stor del af de direkte udledninger fra brænding/sintring kommer i forbindelse med brændselsforbruget, der i dag primært er kul og koks [1] ligger der en væsentlig CO₂-reduktion ved at finde alternative brændsler. Det gælder først og fremmest cementproduktion, sekundært også fremstilling af leca-nødder og diverse mineraler.

Sammenfyring, hvor dele af det primære brændsel suppleres med alternativer som træ, plastik, bildæk, slam og/eller slagteriaffald kan integreres, men kræver ekstra udstyr til røgrensning, processtyring og brændselshåndtering, hvilket kræver væsentlige investeringer [6] [7]. Herudover kræver det, at de alternative brændsler har en høj nok brændværdi og at emissioner som f.eks. klor og svovl er på et niveau, der ikke påvirker produktkvaliteten. Aalborg Portland dækkede i 2018 30% af deres brændselsforbrug med affaldsfraktioner og biomasse, her primært slagteriaffald og tørret spildevandsslam, og har en målsætning om at nå op på 60% på enkelte af deres ovne.

Det samme ses i f.eks. Tyskland, hvor at processen drives af, at virksomheden modtager betaling i form af affaldshåndteringsgebyr, og hvor op til 70% af brændslet består af affaldsprodukter [8]. Affaldshåndtering og forbrænding er dog strengt reguleret i Danmark, og udsigterne til at anvende affald må derfor anses begrænsede.

³⁴ $3\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_3\text{SiO}_5 + 3\text{CO}_2$ [6]

En 100% erstatning af kul med alternative affaldsbrændsler som f.eks. bildæk anses ikke som realistisk, da dette vil kunne komme til at påvirke produktkvaliteten samt produktionsvolumen grundet varierende brændsels sammensætninger, og ses derfor ikke som et realistisk scenarie [6].

Anvendelse af ledningsgas med væsentlige biogasfraktioner anses som uproblematisk, selvom dette stadig kræver en moderat ombygning af ovnen [7]. Dette er Aalborg Portlands nuværende strategi³⁵.

Ved varierende gassammensætninger kan direkte ilttilførsel, typisk beskrevet som "Oxyfuel combustion", bruges til at øge flammemetemperaturen. Direkte, ikke-opgraderet biogas kan derfor også være et alternativ til ledningsgas [9]. Det grundlæggende princip er her, at forbrændingsprocessen foregår med ren ilt, så der ikke anvendes energi til at opvarme nitrogen-delen i atmosfærisk luft, som normalt står for ca. 70% af den atmosfæriske lufts sammensætning. Dette betyder også, at røggasserne fra en iltforbrændingsproces forbrænding primært kommer til at bestå af CO₂ og vand, hvilket gør denne proces oplagt at kombinere med Carbon Capture, fordi CO₂ densiteten af røggassen er langt højere end ved normale forbrændingsprocesser [10].

Direkte ilttilførsel er blevet afprøvet ved kulfyrede kraftvarmeværk, men selvom forbrændingsprocessen bliver mere effektiv, er det pt. ikke omkostningseffektivt pga. de øgede driftsomkostninger bl.a. ifm. indkøb af ilt [11]. Da ilt er et bi-produkt i mange power-to-X processer, kan omkostningen hertil blive reduceret som følge af en øget udbredelse af disse teknologier [12]. En kombination af power-to-X, der giver lettere tilgængelighed af ilt og en forøgelse af effektiviteten af carbon capture processen gør, at oxyfuel forbrændingsprocessen kan blive relevant på sigt. Tidshorisonten er dog svær at bedømme, da de økonomiske aspekter ved dette ikke er belyst grundigt i litteraturen.

Den direkte CO₂ procesudledning, som f.eks. fremkommer ved produktion af brændt kalk og cement, kan reduceres ved at ændre den kemiske sammensætning af produkterne, bl.a. ved at blande kalksten, flyveaske, gips eller kalcineret ler [13]. Dette kan reducere udledningen væsentlig (op til 70% [14]). Disse nye cementtyper er allerede markedsmodne ("Aether", "Celitement", "Solidia"), men en konservativ industri reducerer udbredelsen af disse, da det reelt set er et helt nye produkter med ændrede styrke og holdbarhed [15]. Hertil kommer, at standardiseringskravene³⁷ indenfor cementproduktion og -brug er store og komplekse³⁶ med langsomme godkendelsesprocesser, hvilket også kan ses som en barriere ift. udrulningen af nye cementprodukter. I Danmark har Aalborg Portland en strategi, som vil reducere de direkte procesemissioner med 50% som følge af nye cementtyper mod 2030³⁷.

Udover at ændre den kemiske sammensætning, er der mulighed for, at cementklinker kan erstattes med skifer eller kalcineret ler og kalkfiller, eller blot reducere cement-indholdet i beton [16].

En decideret elektrificering af roterovne er udfordrende grundet de høje temperaturkrav samt høje elforbrug. Det er dog muligt, selvom både drift- og investeringsomkostningerne kommer til at stige væsentligt [17], specielt da elprisen i dag er ca. det dobbelte af naturgasprisen, som igen er højere end kulprisen³⁸. Der findes eksisterende el-opvarmede modeller af roterovne tilgængelige på markedet³⁹ ⁴⁰, men kun som maksimalt kan nå op på 1350 °C. Dette er ikke nok til at dække f.eks. kalk- eller cementproduktion, men er nok til at dække dele af tørringsfasen (se afsnit 6 om tørring).

³⁵ <https://www.aalborgportland.dk/investering-i-gas-skal-sikre-markant-co2-reduktion-hos-aalborg-portland/>

³⁶ <https://www.astm.org/Standards/cement-and-concrete-standards.html>

³⁷ <https://www.aalborgportland.dk/baeredygtighed/2030-roadmap/>

³⁸ Den forventede i 2025 elpris til proces er ca. 575 DKK/MWh, og for naturgas ca. 565 DKK/MWh [18]. Kulprisen er lidt lavere end gasprisen, men er meget afhængig af ETS kvoteprisen hvilket det sidste år er steget voldsomt.

³⁹ <http://www.rotarykilnfactory.com/electric-heating-rotary-kiln/>

⁴⁰ <https://feeco.com/rotary-kilns/>

En mulig teknologisk løsning er el-opvarmede ovne baseret på plasma-arcning, som i stedet for traditionelle modstands-varmeelementer kan nå højere temperaturer. Denne teknologi er testet op til 7 MW, men vil betyde op imod en tredobling af specifikke produktionsomkostninger på grund af dyr vedligehold, lave driftstimer og højere energipriser [19]. Teknologien vil derfor kræve stor teknologisk modning før den kan blive kommercielt attraktivt ift. nuværende alternativer. Det forventes derfor ikke at denne teknologi – og dermed en 100% elektrificering – kan nås inden for de næste mange år [20]. Aalborg Portland har i sit roadmap mod bæredygtig cementproduktion, ikke inkluderet elektrificering som et skridt før efter 2030.

En anden måde at elektrificere cementindustrien er ved gøre råvarerudvindings- og processeringsprocesser elektriske, f.eks. ved elektriske køretøjer, hvilket der er stigende opmærksomhed på bl.a. pga. faldende elpriser [21].

3.2.2 Tunnelovne

Tunnelovnene bygger på mange af de samme principper som roterovnene, hvorfor mange af de samme konklusioner herfra kan overføres til tunnelovnen. Dog med en væsentlig forskel, nemlig at tunnelovnene typisk er længere og har et højt antal brændere, som besværliggør anvendelsen af faste brændsler [22].

Yderligere energieffektivitetstiltag er grundet den meget modne nuværende teknologi begrænsede, og der kan kun forventes 10% reduktion i energiforbrug over de næste 20 år, primært ved at de-koble tørre- og brændefasen, samt ved at anvende af højtemperatursvarmepumpe [9] [15].

Der anvendes pt. mest gas til tunnelovnene i Danmark [1], og biogas konvertering via ledningsgas er derfor allerede i gang med at blive indfaset, og er muligt at anvende direkte. Forsøg med lavkvalitetsbiogas er afprøvet uden problemer, og direkte anvendelse af biogas ses derfor også en som mulighed [23]. Pulveriserede træpiller kan enkelte steder godt anvendes som alternativ brændselskilde, men kræver nye brændere og derfor væsentlige investeringer for ovnen [24].

Elektriske tunnelovne findes pt. ikke på markedet, og der er en begrænset mængde litteratur på området, hvilket indikerer, at en sådan teknologi er langt fra markedsmoden. Enkelte kilder indikerer dog at der findes et behov, og at løsninger snart skal og må udvikles [25]. Enkelte virksomheder kigger ind i direkte anvendelse af solenergi til at dække dele af varmebehovet ⁴¹, men dette er også stadig på forsøgsstadiet og forventes ikke relevant for Danmark grundet relativ lav solindstråling. I øvrigt vil denne teknologi ikke kunne komme over 1000 °C og vil derfor aldrig kunne dække hele varmebehovet [26].

Specifikt for teglproduktion er der forskellige projekter i gang, som vil undersøge alternative ler-kompositioner og former. Dette kan optimere brændingsprocessen og derved reducere energiforbruget. Dette forventes at ske gradvist, og effekterne er ikke store [9].

For at opnå CO₂ neutralitet indenfor teglproduktion, kræves en udfasning af fossile karbon i teglproduktionen. Dette er en central del af teglproduktionen og noget som der pt. arbejdes med [9]

3.3 Konklusion og perspektivering

Overordnet set kan det konkluderes, at både tunnelovne og roterovne uden væsentlige problemer kan konverteres til biogas. Tunnelovne kører allerede i dag på ledningsgas, og en biogaskonvertering her vil derfor ske gradvist som følge af at biogasfraktionen i gasnettet stiger [18]. For roterovne vil det kræve nye brændere, men overordnet set kun en begrænset merinvestering.

⁴¹ <https://www.solpart-project.eu/>

Fast biomasse kan ligeledes delvist anvendes som brændsel i begge ovntyper, men nemmest i roterovnene, hvor biogene affaldsprodukter ligeledes kan sammen-fyres med primære brændsler. Dette kan give store reduktioner i kul og koksforbruget, men kan betyde signifikante udgifter til etablering af udstyr til at håndtere nye brændselstyper mm., og anses mest relevant ved større ombygninger ifm. vedligehold eller end-of-life udskiftning af det nuværende produktionsudstyr.

Elektrificeringen af brændingsprocessen er umiddelbart ikke en markedsmoden teknologi pga. de ekstraordinært høje temperaturkrav, som er ud over, hvad eksisterende elopvarmede roterovne kan klare (1.350°C)

Indledende undersøgelse peger på, at produktionsomkostningerne for kulfyrede roterovne vil tredobles ved en el-baseret ovn, da både investeringsomkostningerne samt de variable driftsomkostninger er højere end traditionelle teknologier, pga. at teknologien er mindre markedsmoden og elprisen er langt højere end kulprisen per kilowatt-time. For gasfyrede tunnelovne er 100% elektrificering er ikke teknisk mulig. En delvis elektrificering vil fordoble den andel af energiforbruget, som elektrificeres alene pga. enhedsprisen på elektricitet vs. ledningsgas. Et elektrificeringsscenarie med de nuværende forudsætninger anses derfor ikke realistisk i den nærmeste fremtid.

Det skal tilføjes, at udvikling af nye produkter, specielt inden for cement, anses for at være en hjørnesten i den grønne omstilling af visse højtemperaturprocesser.

4 Smeltning

4.1 Eksisterende teknologier og anvendelsesområder

Smeltning er den fysiske proces som omhandler faseovergangen fra fast til flydende stof, typisk ved tilførsel af varme. I Danmark dækker smeltningsskategorien først og fremmest over følgende hovedanvendelser⁴²:

- Større ovne til fremstilling af glas
- Kupolovne og rotationsovne til fremstilling af stenuld
- Fremstilling af glasuld
- Industriovne til fremstilling jern og metaller
- Rotationsovne til fremstilling af plastprodukter
- Stålvalsning

Glassmeltning sker ved temperaturer fra 1300 – 1700°C med ledningsgas som varmekilde, som brændes af tæt på materialet og sker typisk i en glassmelteovn [27].

For sten- og glasuldsproduktion er der tidligere primært anvendt kupolovne, hvor f.eks. sten placeres i et lodret kammer og tilføres varmt luft på over 1500°C, som er produceret på enten kulstøv eller ledningsgas [28]. I Danmark er der kun 1 producent af stenuld, som i 2020 overgik til en ny type cyklon-ovn, der udelukkende bliver fyret med biogas (ledningsgas med tilkøb af certifikater) [29].

Herudover anvendes smelteprocessen i jern og metalindustrien, hvor 90% af smelteprocesserne foregår i el-induktionsovne, mens resten anvender diverse modstandsovne eller gasfyrede digelovne [1]. Ved stålvalsning anvendes ledningsgas, hvor stålet, som vales, opvarmes til glødepunkt.

⁴² [1]

Smeltning anvendes også til produktion af plastikemner i sprøjtestøbningsmaskiner eller ved rotationsstøbning. Dette er ved en langt lavere temperatur (250°C) og er for sprøjtestøbningsmaskiner udelukkende opvarmet med el i dag, enten med direkte varmeelementer eller via et hedt-olie eller dampkredsløb [30]. Ved rotationsstøbning afbrændes ledningsgas direkte i støbekammeret.

4.2 CO2 reduktionsmuligheder

Af processerne beskrevet i afsnit 4.1, er kun enkelte relevante at nævne i nærværende notats sammenhæng, primært fordi mange af smelteprocesserne allerede er elektrificerede.

4.2.1 Glassmelteovne

Glassmelteovne er "gammel" teknologi, og er løbende blevet forbedret for at reducere energiforbruget, bl.a. ved at genanvendelse af røggassen og forvarmning af emnerne [31]. Dette kan og har reduceret det specifikke energiforbrug med 10 – 20% over de sidste 20 år, men har ikke ændret på den grundlæggende teknologi. En gasflamme er nødvendig i de nuværende ovne, da strålingsvarmen er en central del af opvarmningsprocessen, fordi denne er skånsom og har en begrænset påvirkning på produktkvaliteten.

Direkte anvendelse af ubehandlet biogas fra et spildevandsanlæg er blevet testet som en direkte substitut for naturgas, og selvom det krævede små justeringer, var det fuldt kompatibelt med processen [32]. Det må derfor antages, at opgraderet biogas distribueret via ledningsnettet i Danmark er fuldt kompatibelt med en glassmeltningsproces, som et alternativ til ren naturgas, men at også biogas direkte fra f.eks. et spildevandsanlæg kan anvendes uden store vanskeligheder. Store europæiske glasproducenter er allerede i gang med at indføre biogas-fyrede smelteovne⁴³. Andre steder er biogas anvendt som supplerende brændsel, hvilket også er en mulighed [33]

Elektrificeringen af glassmelteovne er muligt og er en kendt og kommerciel tilgængelig teknologi⁴⁴. Selve opbygningen af ovnen er dog signifikant anderledes end for en gasfyret ovn, hvorfor en komplet udskiftning af en meget central del af produktionsprocessen er nødvendig [34]. Dette giver en stor økonomisk barriere, og er derfor nok kun relevant i scenarier, hvor de nuværende ovne ikke kan levetidsforlænges yderligere. Effektiviteten af elovnene er dog højere end ved gasfyrede ovne, og derfor vil det samlede energiforbrug også reduceres med ca. 20% ved elektrificering af glassmelteovne [35], hvilket kan hjælpe lidt på de økonomiske forudsætninger for en elektrificeringsproces.

Et alternativ til en ren elektrificeringsproces er anvendelse af elektriske varmeelementer til "boosting" af smelteprocessen. Dette kan dække op til 20% af energiforbruget og bruges pt. i stor stil, da dette kan forbedre produkttegenskaberne [36].

4.2.2 Sten- og glasuldsovne

Rockwool, som er Danmarks eneste stenuldsproducent, gik i 2020 over til at bruge biogas i enkelte af deres ovne, hvilket derfor må antages muligt at udbrede til hele deres produktion [29].

Rockwool har etableret elektriske ovne i Frankrig⁴⁵ og Norge⁴⁶ via elektriske lysbue-ovne ("arc-funace"), som kan producere de krævede temperaturer på ca. 1500°C [37]. I Danmark har der været satset på biogas ift. økonomiske forudsætninger, men teknologien er markedsmoden og veltestet.

⁴³ <https://www.glassonweb.com/news/biogas-glass-melting-process>

⁴⁴ <https://teco.com/capabilities/electric-melt-furnace>

⁴⁵ <https://miljoogklima.dk/nyheder/art8257420/Rockwool-bygger-ny-fabrik-med-el-ovn-i-Frankrig>

⁴⁶ <https://miljoogklima.dk/nyheder/art7936233/Elektrificering-er-mulig-men-vi-har-fravalgt-det-i-Danmark>

For glasuldsproduktion er tendenserne de samme, da produktionsprocesserne er meget lig hinanden. Den danske producent, Isover, er i gang med at teste en elektrisk ovn på en af deres produktionslinjer, og overvejer, om de resterende ovne også skal elektrificeres, eller om de skal fyres med ledningsgas/biogas i stedet [38].

Barriererne for en fuld elektrificering må derfor antages at være økonomiske og ikke tekniske, dog med det forbehold, at nye løsninger altid rummer en vis risiko i indkøringsfasen. Merprisen for en elektrisk ovn kan ikke umiddelbart findes, men selv uden meromkostninger for produktionsudstyret, er de nuværende elpriser langt højere end ledningsgas (ca. det dobbelte), og lidt højere end biogas per kWh energi [18]. Før en elektrificering bliver økonomisk rentabelt for virksomhederne, vil det enten kræve, at elprisen bliver reduceret, eller at netto-prisen for en kubikmeter gas inkl. afgifter skal stige.

4.2.3 Jern og metalsmelteovne

Langt størstedelen af de nuværende ovne er allerede elektrificeret. Bl.a. hos Valdemar Birn i Holstebro⁴⁷ og Tasso i Odense⁴⁸ (der dog også anvender ledningsgas). De resterende eksisterende ovne der ikke anvender induktionsprincippet, må antages også på sigt at kunne elektrificeres, da selv ikke-magnetiske metaller godt kan smeltes i induktionsovne⁴⁹. Selv små smelteovne, som anvendes af f.eks. guldsmede, kan erstattes, da elvarmede smelteovne findes og er kommercielt tilgængelige⁵⁰.

4.2.4 Sprøjttestøbemaskiner

Smeltning i plastikindustrien sker stort set udelukkende i sprøjttestøbemaskiner. Disse anvender i dag kun el, og er derfor allerede elektrificerede [39]. For rotationsstøbning sker der i dag en opvarmning af luft til 250-300°C med ledningsgas, hvilket umiddelbart vil kunne elektrificeres.

4.3 Konklusion og perspektivering

Alle identificerede smelteprocesser er enten allerede elektrificerede eller har markedsmoden teknologi, der kan indføres som alternativ til nuværende fossile-fyrede teknologier. Merprisen for etableringen af ovne med el som varmekilde har ikke kunne findes gennem litteraturstudiet, men de variable produktionsomkostninger i form af en relativ høj elpris er umiddelbart den største barrierer for en fuld elektrificering af smelteprocesserne.

Alternativ til en elektrificering er anvendelse af ledningsgas som brændselskilde, hvilket i dag anvendes flere steder. For ingen af de undersøgte områder er der blevet identificeret teknologiske barrierer for konverteringen fra fossile brændsler til enten ledningsgas eller el.

5 Destillation

5.1 Eksisterende teknologier og anvendelsesområder

Destillation er et område, som dækker over en række forskellige teknologier og processer, først og fremmest:

- Destillation af sprit og opløsningsmidler i kemisk og farmaceutisk industri
- Deodorisering af olier til fødevarerformål
- Splitning af olie i raffinaderilignende processer

⁴⁷ <http://www.themissinglink.dk/media/1269/induktionsovn.pdf>

⁴⁸ <https://www.tasso-bar.com/competences/continuous-casting/>

⁴⁹ <https://www.inductotherm.com/applications/aluminum-aluminium-melting/>

⁵⁰ <https://www.expondo.dk/goldbrunn-smelteovn-1-kg-10070003>

For et stor dels vedkommende ligger varmebehovet ved destillation ved temperaturer omkring eller under 100°C. Dette gælder først og fremmest destillation af sprit og opløsningsmidler, som typisk finder sted i kemisk og farmaceutisk industri, sekundært i enkelte fødevarer virksomheder (ingredienser, fiske-mel).

Deodorisering af olier (fjernelse af lugtstoffer) ligger ved højere temperaturer, og foregår typisk i tryksatte kolonner ved temperaturer i intervallet 200-300°C.

Egentlige olieraffineringsprocesser ligger uden for nærværende notats afgrænsning, men sker ved temperaturer på op til 500-600°C.

5.2 CO2 reduktionsmuligheder

Grundet relativt lave temperaturniveauer vil destillationskolonner relativt nemt kunne omstilles ved elektrificering i form af dampproducerende elkedler, eller anvendelse af biogas i ledningsnettet.

For visse anvendelsesformål, typisk lavtemperaturformål, vil MVR-anlæg⁵¹ kunne anvendes, hvilket kræver investering i kompressor anlæg og varmevekslere, men til gengæld reducere energiomkostningen (elektricitet) til processen væsentligt.

5.3 Konklusion og perspektivering

Overordnet set vurderes det, at der ingen teknologiske udfordringer er med enten at elektrificere destillationskolonner eller omdanne de få destillationsprocesser, der ikke allerede er gasfyrede, til ledningsgas. Den primære barriere ved omstilling vil angå investeringsomkostninger eller høje driftsomkostninger sammenlignet med den nuværende drift.

6 Tørring

6.1 Eksisterende teknologier og anvendelsesområder

Tørring er et bredt område der anvendes i en lang række af industrier, og i et meget bredt temperatur-område. Specifikt for højtemperaturprocesserne, er følgende teknologier identificerede:

- Tunnelovne til tørring af tegl før brænding (>800°C)
- Tunnelovne til bagning af brød, småkager, leverpostej m.m. (180°C – 250°C)
- Tromletørreanlæg / roterovne til tørring af grus, moler, asfalt m.m.
- Spraytørringsanlæg til fremstilling af fødevarerprodukter, vitaminer, emulgatorer m.m.

Tørreprocesser er ofte stærkt integreret med andre anlæg, for eksempel brænding og kalcinering af moler- og kalkprodukter, og kan direkte være drevet af spildvarme fra brændeprocessen, f.eks. via anvendelse af røggassen fra ovnene direkte [6].

Tunnelovne er lange ovne, hvor produktet langsomt bliver ført igennem, og hvor brændere langs ovnen sørger for at opretholde den ønskede temperatur. Tørringen sker i disse ovne ofte i den første sektion af ovnen, hvor temperaturen derfor holdes lavere end i resten af ovnen. Tunnelovne er i dag primært naturgasfyrede (ledningsgas) [1].

Tromletørringsanlæg kan sidestilles med en roterovn, men hvor materialet i stedet for at brændes eller sintres, tørres. Produktet drejes rundt i en stor tromle med en lille hældning på, hvor en gasbrænder eller lignende i den ene ende sørger for at lave en varm luftstrøm, der tørrer produktet. Typiske materialer, der tørres i et tromletørringsanlæg, er grus, sand, asfalt, moler mm.

⁵¹ <https://www.gea.com/en/products/distillation-fermentation/distillation/mvr-tvr-heated-distillation-plants%20.jsp>

Spraytørringsanlæg er en tørringsteknologi som kan producere pulver ud fra væsker. Et spraytårn fungerer ved, at produktet på væskeform føres ind i en spraykop og hvirvles rundt, hvorved væsken forstøver til dråber. Samtidig blæses varm luft ind i spraytårnet, hvorved vandet fordampes fra dråberne og et pulver opsamles i bunden. Energibæreren er typisk opvarmet luft, hvor luften varmes indirekte, typisk med damp, og eventuelt boostes med elektricitet til den nødvendige procestemperatur som typisk ligger på mellem 180°C og 300°C [40].

6.2 CO2 reduktionsmuligheder

6.2.1 Tunnelovne

De traditionelle tørreprocesser i tunnelovnene for tegl og keramik, følger de samme konklusioner beskrevet for brændingsprocessen i afsnit 3.2.2.

Specifikt for tørringsdelen for tegl og keramik er der dog blevet indført en lang række alternative teknologier, oftest som en for-tørringsproces før at produkterne bliver tilført tunnelovnene. Disse inkluderer ohmsk-opvarmning, infrarød tørring, di-elektrisk tørring, varmepumpetørring, mikrobølgetørring samt på sigt vakuum tørring [9] [15], [41], [32] [43].

Fælles for disse teknologier er, at de bruger elektricitet som energikilde, samt at de er langt mere energi-effektive end traditionelle tørreprocesser, hvor varm luft – uanset hvad denne er opvarmet af – bliver cirkuleret omkring produktet. Det skyldes først og fremmest at procestiden kan reduceres, således at varmetab fra processen reduceres. En delvis elektrificering af tørringsprocessen, og hertil en væsentlig energireduktion, er derfor mulig og er allerede i gang med at blive integreret flere steder ⁵²⁵³.

For tunnelovne, der anvendes til bagning i fødevarer virksomheder, er flere danske virksomheder i gang med at kigge ind i elektrificeringsprojekter, som skal udskifte de nuværende gasfyrede ovne med elektriske [44]. Teknologien er derfor markedsmoden⁵⁴, og ofte kan disse processer også betale sig økonomisk, hvis de eksisterende ovne er ved at være slidt op. Det vurderes at over 97% af fødevarerprocesser kan elektrificeres og resten kan fyres med biogas [45].

6.2.2 Tromletørrer / roterovne

Specifikt for cementindustrien, er den mest energieffektive proces at for-tørre cementen før den bliver indført i roterovnen via 3 til 6 cyklonprocestrin, som anvender røggassen fra roterovnen. Dette kan reducere det samlede energiforbrug med op til 20%, og er pt. den mest effektive og anvendelige løsning [46] [15]. Dette er en standardløsning på alle nye cementovne og anvendes også i Danmark.

Asfalttørring i tromletørrer kræver mellem 150 og 200°C og bliver i dag primært opvarmet med naturgas eller oliebrændere [47]. De sidste par år er der undersøgt alternative "kolde" former for asfalt, som kræver langt lavere temperaturer og derfor markant mindre energi til tørringsprocessen. Dette forventes at kunne reducere CO2 udledningen med 30% [48] [49], og forventes på sigt at kunne reducere energiforbruget væsentligt til asfaltproduktionsprocessen. NCC anvender en kombination af lavtemperaturasfalt og ledningsgas, som i kombination reducerer den samlede CO2 udledning i forbindelse med produktion og tørring af asfalten væsentligt⁵⁵. Varmepumpedrift vil rent teknisk være muligt for en del af processen, for eksempel ved at udnytte varme i afkastluft til forvarmning af tørreluft.

⁵² <https://www.dti.dk/specialists/masonry-and-tile-roofing/ceramic-production-using-microwaves/23527.3>

⁵³ <https://www.ehpa.org/about/news/article/heat-pumps-for-brick-drying-at-wienerberger/>

⁵⁴ <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/events/interpack-2020/world-of-bakery.html>

⁵⁵ <https://www.ncc.dk/vi-tilbyder/asfalt/ncc-green-asphalt/>

Anvendelse af ledningsgas og elektrificering af tromletørrere følger konklusionerne fra sektion 3.2.1. Der vurderes ingen teknologiske begrænsninger i hverken elektrificering eller i anvendelsen af ledningsgas, som pt. anvendes de fleste steder. De væsentligste barrierer er derfor økonomiske, og sandsynligvis ift. til driftsomkostningerne som følge af en relativt høje energipriser.

Erstatning af råmateriale med genbrugsprodukter, f.eks. bildæk, asfaltstagedækning, plastik, og ødelagt asfaltbelægning er en oplagt mulighed for at øge den cirkulære økonomi omkring asfaltsproduktion, hvilket kommer til at være en naturlig reaktion på et faldende udbud af flydende asfalt, som er et biprodukt af olieraffinering [50] [51]. Der pågår ligeledes undersøgelser af alternative asfaltsformer uden bitumen [52].

6.2.3 Spraytørring

Langt de fleste spraytørringsanlæg er i dag primært forsynet med damp som varmekilde, suppleret med elektrisk boost til at nå den ønskede temperatur [1]. Procesdamp kan produceres ud fra stort set alle energikilder, bl.a. gas, flis, halm, kul, samt el [53]. Elkedler er blevet mere populære som følge af lavere elpriser og en modning af teknologien, men er stadig begrænset af, at el rent driftsmæssigt stadig er dyrere end traditionelle brændsler.

Eldrevne, dampproducerende varmepumper med leveringstemperaturer op i mod 200°C er i øjeblikket under stor udvikling, og forventes inden for de næste 5 år, at kunne blive kommercielt tilgængeligt på det danske marked. Dette vil potentielt set kunne elektrificere en væsentlig del af den nuværende dampforbrug, da varmepumpeteknologien reducerer elforbruget markant sammenlignet med traditionelle elkedler [54] [55].

Specifikt for spraytørringsanlæg kan der integreres varmepumper direkte inde i processen, hvilket kan fjerne dampforbruget væsentligt, men kun ved temperaturkrav på under 160°C⁵⁶. Dette er dog ikke nok til at dække spraytørring af mælk, som typisk ligger på over 210°C, og som er en væsentlig del af det samlede energiforbrug i mejerisektoren [1] [40], men nok til at dække f.eks. spraytørring af vitaminer, som ligger på ca. 120°C [56].

6.3 Konklusion og perspektivering

Overordnet set, vurderes der ingen teknologiske udfordringer med enten at elektrificere eller omdanne de få processer, der ikke allerede er gasfyrede, til ledningsgas. Flere af områderne er allerede i fuld gang med at undersøge og udrulle teknologier med el som varmekilde, og i takt med at bl.a. varmepumper stiger i temperatur, og teknologier som mikrobølgetørring bliver mere markedsmoden, må det forventes at de økonomiske barrierer også vil blive reduceret med tiden. Det må forventes at der sker væsentlige teknologiske landvindinger på varmepumpeområdet inden for de næste 5-10 år, men hvornår sådanne løsninger er kommercielt konkurrencedygtige er uvist.

7 Anden procesvarme over 150°C

7.1 Eksisterende teknologier og anvendelsesområder

For øvrige procesvarmebehov over 150°C, må det forventes, at de samme overordnede konklusioner for brænding, smeltning, og tørring også kan anvendes. Antallet af teknologier er her for højt til at liste, da dette inkluderer små niche-industrier med specielle proceskrav.

Et par eksempler kan nævnes⁵⁷:

⁵⁶ <http://dry-f.eu/Demonstrations/Agrana-Food-industry>

⁵⁷ [1]

- Genopvarmning af "slabs" på jernstøberier før valsning
- Opvarmning og varmholdelse af bitumen ved fremstilling af asfalt
- Flamberingsovne i svineslagterier
- Hærdning af glasuld
- Afspænding af glas
- Afbrænding af luft (fiskemel, kød/benmel)

Fælles for mange af dem er, at de allerede i dag anvender gas som varmekilde, da dette brænder rent og er nemt at håndtere. En biogaskonvertering vil her ske automatisk som følge af en øget mængde af biogas i ledningssgasen, for virksomheder der er tilsluttet gasnettet. Elektrificeringspotentialerne for de fleste af disse teknologier/områder er begrænsede, da de meget specifikke proceskrav gør, at teknologi-leverandørerne skal specialfremstille komponenter/udstyr, hvorfor det kan øge investeringsomkostningerne, samt at driftsomkostningerne jf. energipriserne tilsvarende må forventes at stige. En undtagelse er her opvarmning af slabs på jernstøberierne før valsning, hvor enkelte leverandører er begyndt at kigge på at bruge elvarme i stedet for gas [57] [58].

8 CCS (Carbon Capture and Storage)

Carbon capture (CC) er et område med stor interesse [59], da dette er en håndgribelig måde at reducere en virksomheds CO₂-udledning på, uden at ændre fundamentalt ved produktionsprocessen. For flere brancher er det tilmed en nødvendig teknologi for at opnå fuld CO₂ neutralitet, i hvert fald indenfor scope 1 og 2 emissioner (jf. [60]). Flere EU støttede projekter via Innovation Fund er i gang med at kigge ind i CC løsninger, bl.a. indenfor cement [61].

Der findes forskellige områder indenfor CC, lagring og udnyttelse. Mest interessant for nærværende notat er direkte fangst og lagring af industrielle procesemissioner fra fossile brændsler eller kemiske processer, f.eks. CO₂ emissioner fra gasbrændere eller CO₂ emissioner fra den kemiske proces i cementproduktionen [62].

De primære begrænsninger inden for CC-teknologi er etableringspris, driftsomkostninger, og anvendelse eller efterfølgende bortskaffelse af CO₂[63]. Selvom lagringspotentialerne i Danmark er gode [64], giver dette et meget begrænset incitament for virksomhederne til at etablere CC løsninger, da det i første omgang er langt billigere at f.eks. anvende biogas eller elektrificere processen for at reducere de samlede CO₂ emissioner.

Kun i tilfælde hvor de direkte procesudledninger er svære at begrænse, f.eks. indenfor cementproduktion, vil det blive omkostningseffektivt at etablere CC, og dette kun hvis CO₂ kvoteprisen eller andre CO₂ afgifter stiger [15]. Aalborg Portland kigger pt. ind i en CC-løsning⁵⁸, men relevansen for mindre virksomheder forventes at være meget begrænset indenfor den nærmeste årrække.

Nye teknologier indenfor CC-området er på vej. Det gælder bl.a. carbon-looping, oxyfuel capture og "direct separation" [65] [15] [66]. Hertil kommer teknologier, der vil anvende CO₂ direkte til at producere f.eks. andre bygningsmateriale, i stedet for først at lagre den [67]. Disse teknologier vil formegentlig reducere de samlede omkostninger ift. pris per kg-CO₂, men udsigterne er stadig uvisse, da mange af disse teknologier stadig er på prototypestadiet. Det må derfor forventes at der er en tidshorisont som er længere end 5 år, før disse er markedsmodne.

9 Konklusion

Overordnet set vurderes det, at der ud fra et teknologisk synspunkt ikke er nogen af de nuværende højtemperaturprocesser, som ikke kan konverteres fra fossile brændsler til ledningssgas.

⁵⁸ <https://www.aalborgportland.dk/stort-eu-projekt-udvikler-teknologier-til-co2-fangst/>

En elektrificeringsproces er for mange af områderne ret simple; enkle, elektriske varmelegemer kan nå temperaturer op på ca. 1300 grader, hvilket for langt de fleste processer er tilstrækkeligt til at kunne dække varmekonsumet, og som i fysiske størrelser er på niveau med eller mindre end f.eks. en gas-, træ- eller kulbrænder. De kan derfor i stor stil erstatte eksisterende brændere på de nuværende processer, f.eks. ovne.

Kun for processer med meget høje temperaturkrav så som teglbrænding og cementproduktion, hvor der kræves temperaturer over 1500 grader, er der en teknologisk barriere, fordi en elektrificering her kræver en lysbue/plasma-arcning teknologi. På trods af at denne teknologi er ved at blive indført enkelte steder, kræver den stadig markedsmodning før den kan ses som et realistisk alternativ i den skala, som disse typer produktioner typiske afvikles i. Dette bl.a. fordi teknologien de første mange år vil kræve mange vedligeholdelsestimer, som potentielt set vil reducere virksomhedens produktionsvolumen.

For langt de fleste brancher og proceskategorier er den største barrierer de økonomiske forudsætninger for at integrere alternative teknologier eller brændsler. Elprisen er lige nu ca. det dobbelte per kilowatt-time sammenlignet med naturgas, og dette vil kræve, at en elektrificering kan reducere over 50% af energiforbruget før man rammer et break-even punkt, og mere hvis der benyttes billigere brændsler så som kul eller olie. Dette er for langt de fleste tilfælde urealistisk. Den økonomiske barriere for konverteringen til ledningsgas er mindre, og i mange tilfælde er en stor del af højtemperaturprocesserne allerede forbundet til gasnettet.

Dertil skal det nævnes, at cement-, tegl-, glas-, samt og jern- og metalproducenter næsten udelukkende producerer på store og ofte gamle anlæg, der løbende bliver udbygget og forbedret, men meget sjældent bliver helt udskiftet. Hvis helt nye produktionsmetoder skal indføres, f.eks. via elektrificering, kræver det enorme investeringer, som kombineret med energipriserne, nok aldrig vil kunne betale sig alene ift. energiomkostningerne.

Carbon capture er på nuværende tidspunkt, og forventeligt i den nærmeste fremtid, – kun relevant for cementindustrien, som allerede er i gang med at undersøge teknologien i et udviklingsprojekt. Dette skyldes primært, at en stor del af deres CO₂ udledninger stammer fra kemiske reaktioner, som er vanskelige at reducere. For andre virksomhedstyper med højtemperaturprocesser vurderes det at være billigere at omlægge til el- eller biogas/-masse ift. CO₂ reducerende tiltag, hvorfor CC-teknologien med dens nuværende udfordringer og forudsætninger ikke antages realistisk at udbrede i mindre skala i den nærmeste årrække.

Tabel 2 herunder opremser de forskellige proceskategorier, og hvad de umiddelbare primære barrierer er for konvertering til hhv. el og ledningsgas.

Tabel 2: Kategorisering af områder og klassificering af nuværende primære barrierer for konvertering til elektricitet eller ledningsgas.

En teknologisk barriere angiver, at der ikke findes en markedsmoden teknologi der kan erstatte den nuværende teknologi. Økonomisk barriere angiver, at drifts- eller investeringsomkostningerne er for høje til at teknologien er rentabel at indføre. Ingen barrierer angiver, at processen allerede er konverteret.

Kategori	Anvendte teknologier	Brancher	Primære barrierer for konvertering til:	
			Elektricitet	Ledningsgas
Brænding	Roterovne	Cement, LECA-nødder, kalk, molerprodukter, div. Mineraler	Teknologisk	Økonomisk
	Tunnelovne	Tegl og mursten, keramik	Teknologisk	Ingen
Smeltning/ Støbning	Glassmelteovne	Emballageglas, planglas, vinduesglas mm.	Økonomisk	Ingen
	Sten- og glasuldsovne	Mineraluld, glasuld	Økonomisk	Økonomisk
	Jern- og metalsmelteovne	Støberier, smelterier	Ingen	Ingen
Tørring	Tunnelovne	Tegl, keramik, brød, fødevarer	Teknologi (tegl, keramik) Økonomisk (fødevarer)	Ingen
	Tromletørrer	Grus, moler, asfalt	Økonomisk	Ingen
	Spraytørrer	Fødevarer, emulgatorer	Økonomisk	Ingen
Anden procesvarme over 150°C	Forskellige	Diverse afbrændinger, afspænding, destillation	Økonomisk	Ingen

Referencer

- [1] Energistyrelsen, Viegand Maagøe, 'Kortlægning af energiforbrug i virksomheder', https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning_af_energiforbrug_i_virksomheder.pdf, 2015.
- [2] O. Akinshipe and G. Kornelius, 'Chemical and thermodynamic processes in clay brick firing technologies and associated atmospheric emissions metrics-a review', 2017.
- [3] J. H. Potgieter, 'High temperature chemistry in a cement clinker kiln', *South Afr. J. Chem.*, vol. 50, no. 3, pp. 111–114, 1997.
- [4] S. Telschow, 'Clinker burning kinetics and mechanism', 2012.
- [5] T. Engin and V. Ari, 'Energy auditing and recovery for dry type cement rotary kiln systems—A case study', *Energy Convers. Manag.*, vol. 46, no. 4, pp. 551–562, 2005.
- [6] M. S. Imbabi, C. Carrigan, and S. McKenna, 'Trends and developments in green cement and concrete technology', *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 1, no. 2, pp. 194–216, 2012.
- [7] A. Adesina and P. Awoyera, 'Utilization of biomass energy in cement production: a pathway towards sustainable infrastructure', in *Renewable Energy and Sustainable Buildings*, Springer, 2020, pp. 791–799.
- [8] F. Schorcht, I. Kourti, B. M. Scalet, S. Roudier, and L. D. Sancho, 'Best available techniques (BAT) reference document for the production of cement, lime and magnesium oxide', *Eur. Comm. Jt. Res. Cent. Inst. Prospect. Technol. Stud. Luxemb.*, 2013.
- [9] Ziegel, 'Roadmap for a greenhouse gas neutral brick and roof tile industry in Germany', 2019.
- [10] M. B. Toftegaard, J. Brix, P. A. Jensen, P. Glarborg, and A. D. Jensen, 'Oxy-fuel combustion of solid fuels', *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 36, no. 5, pp. 581–625, 2010.
- [11] R. M. Davidson and S. O. Santos, *Oxyfuel combustion of pulverised coal*. IEA Clean Coal Centre London, UK, 2010.
- [12] M. Bailera, P. Lisbona, L. M. Romeo, and S. Espatolero, 'Power to Gas—biomass oxycombustion hybrid system: Energy integration and potential applications', *Appl. Energy*, vol. 167, pp. 221–229, 2016.
- [13] Dansk Beton, 'Kalcineret ler og kalkfiller har grøn effekt', 2019. [Online]. Available: <https://www.danskbeton.dk/fabriksbeton/om-fabriksbetonforeningen/artikler-nyheder/2019/kalcineret-ler-og-kalkfiller-har-groen-effekt/>
- [14] M. C. Juenger and R. Siddique, 'Recent advances in understanding the role of supplementary cementitious materials in concrete', *Cem. Concr. Res.*, vol. 78, pp. 71–80, 2015.
- [15] Y. Chan, L. Petithuguenin, T. Fleiter, A. Herbst, M. Arens, and P. Stevenson, *Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry*. Part, 2019.
- [16] Stefan Larsen, 'Cement med meget mindre CO₂-aftryk', *MUDP Årsberetning*, 2020. [Online]. Available: https://ecoinnovation.dk/media/222666/mudp_beretning_2020.pdf
- [17] Global Cement, 'Cementa completes feasibility study on electrified cement production', <https://www.globalcement.com/news/item/8701-cementa-completes-feasibility-study-on-electrified-cement-production>, 2019.
- [18] Energistyrelsen, 'Klimastatus og -fremskrivning 2021', 2021. [Online]. Available: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning>
- [19] Bodil Wilhelmsson et al., 'CemZero. A feasibility study evaluating ways to reach sustainable cement production via the use of electricity', Vattenfall, 2018.
- [20] T. Burman and J. Engvall, 'Evaluation of usage of plasma torches in cement production', 2019.
- [21] Thomas Schulz, 'electrification is driving sustainability in cement and mining', *Foresight*. [Online]. Available: <https://foresightdk.com/electrification-is-driving-sustainability-in-cement-and-mining/>
- [22] F. Moedinger, F. Ast, M. Ragazzi, E. C. Rada, and C. Callegati, 'The use of renewable and alternative Fuel in the Heavy Clay Industry', *Energy Procedia*, vol. 36, pp. 68–75, 2013.
- [23] Alemayuhu Beyene, 'Biogas Clay Brick Kiln Burner', *AJEAS*, 2018.
- [24] R. Niyomrath, 'Effect of Biogas Burners and High Temperature Biofuels Furnaces to the Ceramics Products', 2020.
- [25] Jens Petzold, 'The electric tunnel kiln – challenge, heat transfer', *zi-online*. [Online]. Available: https://www.zi-online.info/en/artikel/zi_The_electric_tunnel_kiln_challenge_heat_transfer_3464349.html
- [26] G. Flamant et al., 'Solar processing of reactive particles up to 900° C, the SOLPART project', in *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 2033, no. 1, p. 020004.
- [27] R. Conradt, 'The industrial glass-melting process', in *The SGTE Casebook*, Elsevier, 2008, pp. 282–303.
- [28] B. Sirok, B. Blagojevic, and P. Bullen, *Mineral wool: production and properties*. Elsevier, 2008.

- [29] Niels Bjarne Rasmussen, 'Rockwool skifter til biogas på de danske fabrikker', *Dansk Gasteknisk Center*, 2020. [Online]. Available: <https://www.danskgasforening.dk/sites/default/files/inline-files/Rockwool%20skifter%20til%20biogas%20i%20DK.pdf>
- [30] G. Singh and A. Verma, 'A Brief Review on injection moulding manufacturing process', *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 1423–1433, 2017.
- [31] K. Khoshmanesh, A. Z. Kouzani, S. Nahavandi, and A. Abbassi, 'Reduction of fuel consumption in an industrial glass melting furnace', in *TENCON 2007-2007 IEEE Region 10 Conference*, 2007, pp. 1–4.
- [32] J. Leicher, A. Giese, K. Görner, B. Fleischmann, and H. Wuthnow, 'Investigations on the Use of Biogas for Glass Melting'.
- [33] M. Fiehl, J. Leicher, A. Giese, K. Görner, B. Fleischmann, and S. Spielmann, 'Biogas as a co-firing fuel in thermal processing industries: implementation in a glass melting furnace', *Energy Procedia*, vol. 120, pp. 302–308, 2017.
- [34] René Meulema, 'The efficient future for the glass industry is "all-electric"', *Eurotherm, Schneider Electric*, 2019. [Online]. Available: <https://www.eurotherm.com/glass-news/the-efficient-future-for-the-glass-industry-is-all-electric/>
- [35] Krista Grayson, 'Are Electric Furnaces the Future of Glass Manufacturing?', 2019. <https://mo-sci.com/electric-furnaces-future-glass-manufacturing/>
- [36] K. Seo, T. F. Edgar, and M. Baldea, 'Optimal demand response operation of electric boosting glass furnaces', *Appl. Energy*, vol. 269, p. 115077, 2020.
- [37] Thomas Willms, 'Electric Arc Furnace – an alternative to the Cupola furnace for mineral wool production', *Conf. 4th Int. Glass Fiber Symp. 201*, 2018.
- [38] Katrine Raun, 'Saint-Gobain har i årevis arbejdet med genanvendelse, men materialerne forsvinder stadig', *Børsen*, 2021. [Online]. Available: <https://borsen.dk/nyheder/baeredygtig/saint-gobain-har-i-aarevis-arbejdet-med-genanvendelse-men-materialerne-forsvinder-stadig>
- [39] D. V. Rosato and M. G. Rosato, *Injection molding handbook*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [40] R. P. Patel, M. P. Patel, and A. M. Suthar, 'Spray drying technology: an overview', *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 10, pp. 44–47, 2009.
- [41] N. Vorhauer, A. Tretau, A. Bück, and M. Prat, 'Microwave drying of wet clay with intermittent heating', *Dry. Technol.*, vol. 37, no. 5, pp. 664–678, 2019.
- [42] P. Rattanadecho and N. Makul, 'Microwave-assisted drying: A review of the state-of-the-art', *Dry. Technol.*, vol. 34, no. 1, pp. 1–38, 2016.
- [43] 'Heat Pumps for Brick Drying at Wienerberger', *EHPA*, 2019. [Online]. Available: <https://www.ehpa.org/about/news/article/heat-pumps-for-brick-drying-at-wienerberger/>
- [44] Frederik Vincent, 'Schulstad sætter strøm til bageri for 70 mio kr', *Børsen*, 2021.
- [45] Jette Ellegaard Vejen, 'Nye rapporter viser enormt potentiale ved elektrificering', 2021. [Online]. Available: <https://eliindustrien.dk/nye-rapporter-viser-enormt-potentiale-ved-elektrificering/>
- [46] V. Hoenig and C. Twigg, 'Development of State of the Art Techniques in Cement Manufacturing: trying to look ahead', *World Bus. Counc. Sustain. Dev. Sustain. Initiat.-Eur. Cem. Res. Acad.*, vol. 4, 2009.
- [47] A. Chowdhury and J. W. Button, 'A review of warm mix asphalt.', 2008.
- [48] G. Flores, J. Gallego, L. Miranda, and J. R. Marcobal, 'Cold asphalt mix with emulsion and 100% rap: Compaction energy and influence of emulsion and cement content', *Constr. Build. Mater.*, vol. 250, p. 118804, 2020.
- [49] MALCOLM SWANSON, 'Industry Incorporates Sustainability at Asphalt Production Plants', *theasphaltpro*. [Online]. Available: <https://theasphaltpro.com/articles/asphalt-sustainability-lower-carbon-footprint/>
- [50] MALCOLM SWANSON, 'Industry Incorporates Sustainability At Asphalt Production Plants - Part 3'. [Online]. Available: <https://theasphaltpro.com/articles/asphalt-sustainability-part-3/>
- [51] Miljøstyrelsen, 'Cirkulær Asfaltproduktion i Danmark', 2018. [Online]. Available: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/10/978-87-93710-95-5.pdf>
- [52] Skanska AB, 'On the road to 2045: Carbon-neutral asphalt', 2020. [Online]. Available: <https://group.skanska.com/sustainability/net-zero-carbon-emissions-to-2045/a-carbon-neutral-future/on-the-road-to-2045-carbon-neutral-asphalt/>
- [53] D. Einstein, E. Worrell, and M. Khrushch, 'Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials', 2001.
- [54] D. H. Kang, S.-I. Na, J. W. Yoo, J. H. Lee, and M. S. Kim, 'Experimental study on the performance of a steam generation heat pump with the internal heat exchanging effect', *Int. J. Refrig.*, vol. 108, pp. 154–162, 2019.

- [55] Teknologisk Institut, 'SuPrHeat – Sustainable process heating with high-temperature heat pumps using natural refrigerants', *Teknologisk Institut*. [Online]. Available: <https://www.dti.dk/suprheat/42516>
- [56] B. N. Estevinho, I. Carlan, A. Blaga, and F. Rocha, 'Soluble vitamins (vitamin B12 and vitamin C) microencapsulated with different biopolymers by a spray drying process', *Powder Technol.*, vol. 289, pp. 71–78, 2016.
- [57] R. Berger, A. Kopp, and H. Philipson, 'A feasibility to electrify the combustion heated walking beam furnace: Applying induction and resistance heating', 2018.
- [58] Arvind Thekdi, 'Development of Next Generation Heating System for Scale Free Steel Reheating', 2010. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1004059>
- [59] IEA, 'Carbon capture, utilisation and storage', *Energy Technology Perspectives 2020*, 2020. [Online]. Available: https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS_in_clean_energy_transitions.pdf
- [60] W. WBCSD, 'The greenhouse gas protocol', *Corp. Account. Report. Stand. Rev Ed Wash. DC Conches-Geneva*, 2004.
- [61] Innovation Fund, 'List of projects presented at the Innovation Fund workshops'. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/sites/default/files/innovation-fund/public_project_database_en.pdf
- [62] F. Nocito and A. Dibenedetto, 'Atmospheric CO2 mitigation technologies: carbon capture utilization and storage', *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, vol. 21, pp. 34–43, 2020.
- [63] P. Gabrielli, M. Gazzani, and M. Mazzotti, 'The role of carbon capture and utilization, carbon capture and storage, and biomass to enable a net-zero-CO2 emissions chemical industry', *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 59, no. 15, pp. 7033–7045, 2020.
- [64] Maj Wendorff and Mette Buck Jensen, 'CCS er fangst og lagring af CO2 i undergrunden', *GEUS*. [Online]. Available: <https://www.geus.dk/udforsk-geologien/fangst-og-lagring-af-co2-ccs>
- [65] T. Wilberforce, A. G. Olabi, E. T. Sayed, K. Elsaid, and M. A. Abdelkareem, 'Progress in carbon capture technologies', *Sci. Total Environ.*, p. 143203, 2020.
- [66] P. Tilak and M. M. El-Halwagi, 'Process integration of calcium looping with industrial plants for monetizing CO2 into value-added products', *Carbon Resour. Convers.*, vol. 1, no. 2, pp. 191–199, 2018.
- [67] 'RECODE', *European Union's Horizon 2020*, 2021. [Online]. Available: <https://recodeh2020.eu/project>

Bilag B: Uddrag spørgeskemaundersøgelse (højtemperatur)

Energistyrelsen gennemførte i perioden maj-juni 2021 en spørgeskemaundersøgelse blandt 47 udvalgte større danske produktionsvirksomheder. Dette uddrag er ikke gengivet her, da der foreligger virksomhedsfølsomme oplysninger. Data har dannet baggrund for notatet

Bilag C: Sammenfatning af interviews

Dette bilag er Wilkes sammenfattende rapport fra de gennemførte interview med 24 virksomheder.



Grøn industrialanalyse

Barrierer for udfasningen af fossile brændsler i dansk erhverv

Indholdsfortegnelse

Introduktion.....	39
Baggrund for undersøgelsen	39
Metode.....	39
Målgruppe	40
Dataliste: gennemførte interviews.....	40
Indsigter.....	41
Virksomhedernes holdning til grøn omstilling og udfasning af fossile brændsler	41
Virksomhederne incitammenter til grøn omstilling	41
Virksomhederne oplever en øget efterspørgsel på grønne produkter	41
Anbefalinger til regeringen for at sikre et efterspørgselstræk på grønne produkter:	42
Barrierer for udfasningen af fossile brændsler i dansk erhvervsliv.....	42
Indsatsområde 1: energieffektivisering.....	42
Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser	42
Økonomiske barrierer	42
Tekniske barrierer.....	43
Videnskæssige barrierer.....	43
Virksomheder med højtemperaturprocesser.....	43
Økonomiske barrierer	43
Tekniske barrierer.....	43
Videnskæssige barrierer.....	44
Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer	44
Indsatsområde 2: elektrificering	44
Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser	45
Økonomiske barrierer	45
Tekniske barrierer.....	45
Juridiske barrierer.....	46
Videnskæssige barrierer.....	46
Andre barrierer	46
Virksomheder med højtemperaturprocesser.....	46
Økonomiske barrierer	46
Tekniske barrierer.....	47
Juridiske barrierer.....	48
Andre barrierer	48

Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer	48
Indsatsområde 3: skift til biogas.....	49
Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser	50
Økonomiske barrierer	50
Tekniske barrierer.....	50
Andre barrierer.....	50
Virksomheder med højtemperaturprocesser.....	51
Økonomiske barrierer	51
Tekniske barrierer.....	51
Videnskæssige barrierer.....	51
Andre barrierer.....	51
Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer.....	52

1 Introduktion

1.1 Baggrund for undersøgelsen

Af klimaaftalen for energi og industri mv. d. 22. juni 2020 fremgår det:

'Partierne er desuden enige om, at der skal igangsættes en analyse, der skal identificere potentialer og barrierer for udfasning af fossile brændsler i erhverv, herunder i de dele af virksomhedernes procesenergiforbrug hvor der i dag er begrænsede muligheder for fossiludfasning, fx højtemperatur processer. Analysen forelægges partierne.'

Baggrunden for analysen er, at der aktuelt savnes svar på, hvordan især højtemperaturprocesenergi (dvs. over 150° C) omstilles mest hensigtsmæssigt, herunder navnlig teknologisk set. Det samme gælder bl.a. direkte fyrede anlæg og olieraffinaderier. Omvendt eksisterer der teknologiske svar på en grøn omstilling af mellem- og lavtemperaturprocesenergi (op til 150° C) samt også i nogen grad af den lettere interne transport (fx trucks).

Med Klimaaftalen for industri og energi mv. af 22. juni 2020 blev Erhvervspuljen på den baggrund udvidet og fremrykket til 2020, og der er samlet set afsat omkring ca. 3,5 mia. kr. i 2020-30. Det er forventningen, at puljen blandt andet skal drive en grøn omstilling af lav- og mellemtemperaturesegmentet. I hvilket omfang dette sker, afhænger dog af flere faktorer, som ikke er direkte påvirket af virkemidlet, herunder tilgængeligheden af skalérbare teknologier, som dækker forskellige behov i industrien, samt virksomhedernes samlede incitamenter til omstilling.

Formål med undersøgelsen

Analysen vil afdække virksomhedernes incitamenter til omstilling og kortlægge tekniske og økonomiske barrierer for udfasningen af fossile brændsler. På den baggrund præsenteres tekniske muligheder for en fossiludfasning, set i lyset af et større samspil med problemstillinger af fx økonomisk og regulativ karakter.

Barriererne inddeles umiddelbart efter:

- Tekniske barrierer
- Økonomiske og finansielle barrierer
- Juridiske barrierer
- Videnskæssige barrierer

I forløbet med kortlægningen er det dog oplagt at flere barrierer vil give sig til kende f.eks. at enkelte virksomheder ikke har et selvstændigt ønske om omstilling. Hvis betydningen af disse vurderes at være tilstrækkeligt tungtvejende, kan strukturen af kortlægningen tilpasses dette.

1.2 Metode

For at afdække virksomhedernes holdning, har vi anvendt kvalitativ metode i form af individuelle dybdeinterviews med virksomheder i dansk erhvervsliv. Den kvalitative metode er, qua sin problemfølgende og åbne tilgang, velegnet til at komme både i dybden med og 360 grader rundt om problemstillingen. Det individuelle dybdeinterview tillader den enkelte at komme til orde og redegøre for såvel holdninger som den baggrund og erfaring, der ligger til grund for holdningerne.

Der er gennemført 24 individuelle dybdeinterviews med en interviewlængde på 60 minutter. Interviewene er gennemført online via Teams af hensyn til den aktuelle COVID-19 pandemi.

1.3 Målgruppe

Virksomheder i dansk erhvervsliv, som repræsenterer væsentlige fossile energiforbrug både hvad angår højtemperatur og hvad angår lav/mellemtemperatur.

- Højtemperaturprocesser i erhverv, som anvender kul og olie i dag
- Højtemperaturprocesser i erhverv, som anvender gas i dag
- Mellem- og lavtemperatur i erhverv, hvor konvertering kan være vanskeligt i praksis

1.4 Dataliste: gennemførte interviews

Område	Virksomhed
Lav-/mellemtemperaturprocesser	Triple Nine (Thyborøn)
Lav-/mellemtemperaturprocesser	DuPont Nutrition Biosciences, Grindsted
Lav-/mellemtemperaturprocesser	CP Kelco ApS
Lav-/mellemtemperaturprocesser	Gærfabrikken Grenå
Lav-/mellemtemperaturprocesser	FF Skagen A/S, Skagen
Lav-/mellemtemperaturprocesser	Carlsberg
Lav-/mellemtemperaturprocesser	De Danske Gærfabrikker
Lav-/mellemtemperaturprocesser	Arla Foods Energy afd HOCO
Højtemperaturprocesser	Knauf (Gips)
Højtemperaturprocesser	Ardargh (glassmelteri)
Højtemperaturprocesser	Vesterled Teglværk, Egersund Wienerberger
Højtemperaturprocesser	LECA-nødder
Højtemperaturprocesser	NCC
Højtemperaturprocesser	Munck Asfalt
Højtemperaturprocesser	Monier A/S Volstrup Teglværk
Højtemperaturprocesser	Aalborg Portland
Højtemperaturprocesser	Saint Gobain
Rådgivere	Dansk Energirådgivning
Rådgivere	Niras
Rådgivere	Energy Solutions
Rådgivere ¹	Danske Tegl
Leverandør	FL Smidth
Leverandør	Envotherm
Leverandør ⁵⁹	Siemens (Siemens Mobility A/S)

⁵⁹ Selv om vi i undersøgelsen kun har interviewet rådgivere og leverandører inden for lav-/mellemtemperaturprocesser udtaler disse sig også om højtemperaturprocesser.

2 Indsigter

2.1 Virksomhedernes holdning til grøn omstilling og udfasning af fossile brændsler

Analysen viser, at størstedelen af virksomhederne forholder sig positivt overfor regeringens grønne omstillingsplan og mål om at reducere CO₂-udledningen drastisk inden 2030 – og derfor allerede har igangsat større eller mindre energireducerende initiativer for egen vindings skyld. Mange virksomheder er nemlig kommet til den erkendelse indenfor de seneste år, at deres evne og villighed til at omstille deres virksomhed til en grønnere praksis med stor sandsynlighed bliver udslagsgivende for deres evne til at konkurrere – eller ligefrem deres eksistensgrundlag – inden for de kommende år.

*Det er med til at gøre, vi kan blive ved med at være konkurrencedygtige i fremtiden. Højtemperaturprocesser
Vi taler om license to operate. Cementvirksomheder udleder alt for meget CO₂ til det på sigt holder. Det er kun et spørgsmål om tid, før det lukkes ned for, hvis ikke vi gør noget. Højtemperaturprocesser*

2.1.1 Virksomhederne incitamenter til grøn omstilling

Det er således først og fremmest de økonomiske og forretningsmæssige incitamenter, som baner virksomhedens vej til en grøn og cirkulær omstilling, frem for idealistiske, bæredygtige intentioner om at reducere virksomhedens CO₂-udledning.

Nogle af de potentialer, virksomhederne vurderer, der er forbundet med den grønne omstilling er:

- Energibesparelser – da energi er en stor omkostningspost
- Sænke afgiftsbetalinger og kvotepriser
- Optimering af drift og produktion, herunder effektivisering og produktforbedringer
- Positionering og differentiering fra konkurrenter
- Grøn foliering og forbedring af virksomhedens image udadtil
- Reduktion af CO₂-udledning

Vi vil selvfølgelig rigtig gerne ned i energiforbrug, da udgifter til brændstof er rigtig dyre. Men derudover mærker vi også et øget pres for vores kunder, som gerne vil have bæredygtige produkter. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.2 Virksomhederne oplever en øget efterspørgsel på grønne produkter

Virksomhederne bekræfter, at deres kunder indenfor de seneste år er blevet mere optaget af bæredygtighed, hvorfor de i stigende grad mærker en efterspørgsel på grønne produkter og løsninger, som tager hensyn til klimaet og miljøet.

Vi mærker helt sikkert, der er et større fokus på det nu, end der har været tidligere. Mange vil gerne have grønne produkter. Højtemperaturprocesser

Dog oplever virksomhederne, det kan være en stor udfordring at få selvsamme kunder til at vælge de grønne – og ofte dyrere – produkter.

Problemet er bare, de ikke altid vil betale for det. Man kunne godt ønske sig, regeringen fik skabt nogle modeller, der favoriserer grønne produkter og derved skaber efterspørgsel i markedet frem for blot at presse med afgifter. Højtemperaturprocesser

Når det gælder den grønne omstilling, ligger det springende punkt derfor ikke alene hos industrien, men også i efterspørgslen efter bæredygtige produkter til en dyrere pris. Der er derfor et udtalt behov for, at regeringen udtænker initiativer og strategier, som bidrager til at modne markedet og gøre det er parat til at tage imod virksomhedernes grønne produkter, inden man presser virksomhederne i en grønnere retning.

2.2.1 **Anbefalinger til regeringen for at sikre et efterspørgselstræk på grønne produkter:**

1. **Krav om bæredygtighed i offentlige udbud:** ved at man i fremtiden baserer købsbeslutninger på miljøbetingede kriterier kan man bidrage til et offentligt marked for bæredygtige produkter.

Man kunne godt ønske sig der blev sat krav til for eksempel den cement, som skal bruges til i de offentlige infrastrukturprocesser. Højtemperaturprocesser

2. **Sikre kundebevidsthed om produktets CO₂-aftryk:** ved at man i fremtiden introducerer produktmærkninger kan man øge transparensen om bæredygtighed blandt slutforbrugeren.

2.3 **Barrierer for udfasningen af fossile brændsler i dansk erhvervsliv**

2.3.1 **Indsatsområde 1: energieffektivisering**

Analysen viser, at mange virksomheder længe har haft fokus på at energieffektivisering og derfor allerede har foretaget investeringer, som har reduceret deres energibehov markant – såsom optimering af produktionsprocesser og investering i mere energieffektivt maskineri.

Det er jo noget, som efterhånden er blevet gjort i mange år. Men det betyder også, at alle de lavthængende frugter efterhånden er taget. Rådgiver, højtemperaturprocesser

Det er noget, som hele tiden har været i fokus – fx når vi alligevel skal investere i nye maskiner, så sikrer vi selvfølgelig de er energioptimeret. Højtemperaturprocesser

Det store fokus skyldes, at energien ofte udgør en rigtig stor omkostningspost for virksomhederne, hvorfor de økonomiske besparelser har været den primære drivkraft til, de har forfulgt denne mulighed.

Energien er typisk den største udgift, og derfor er det også et væsentligt konkurrenceparameter. Rådgiver, højtemperaturprocesser

Mange af virksomhederne refererer dog til energieffektiviseringer som de lavt hængende frugter – de er langt mere plukke-modne – og ikke mindst mindre investeringstunge – end andre indsatsområder, hvilket gør dem fordelagtige. Dog vurderes det ikke at være et tilstrækkeligt tiltag til at skabe de nødvendige CO₂-reduktioner frem mod 2050, hvilket leder virksomhederne til at afsøge andre løsninger.

Vi har længe arbejdet på at bruge mindre energi i vores processer (udskiftning af komponenter og ændring i adfærd), men det er en lavpraktisk løsning, som ikke kan få os i mål med mission 0 – der kræver det, vi elektrificerer eller opsamler og lagrer CO₂ (carbon capture). Højtemperaturprocesser, leverandør

Man energieffektiviserer i det små – men skal det virkelig batte noget, skal man investere i nyt udstyr – elektrificere. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.2 **Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser**

2.3.2.1 **Økonomiske barrierer**

Det kan være vanskeligt – for særligt de mindre virksomheder – at finde den nødvendige likviditet og tilgængelige finansieringsmuligheder til at fokusere på energieffektivisering.

Det er lige med at finde midlerne til det, og det store spørgsmål er, hvordan vi får fat i en finansieringskilde? Rådgiver

Der kan desuden være et manglende økonomisk incitament, hvis det vurderes, at det ikke er en rentabel investering eller tilbagebetalingstiden er for lang (hvor mange opererer med tilbagebetalingshorisonter på maks. 3-4 år). Det gør det vanskeligt at:

- 1) fremlægge en god business case overfor direktionen og 2) konkurrere med andre interne investeringer.

En barriere kan være økonomi – hvis vi har en for høj tilbagebetalingstid. Vi laver en business case, hvor vi vurderer, hvad det vil koste at implementere. Vi arbejder inden for termor, der hedder, at vores energibesparende projekter kun skal have en tilbagebetaling inden for 1-2 år, hvis det skal være en god business case. Så sommetider bliver vi udfordret på det område. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Det kan være svært at adressere grøn omstilling overfor ejerne, medmindre der er en økonomisk gevinst. Det er en forretning, og de ser jo gerne det skal være billigt. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.2.2 Tekniske barrierer

De tekniske barrierer forbundet med energieffektivisering vurderes at være små og langt hen ad vejen overkommelige, dog bliver det påtalt, at man ved genindvinding af spildvarme fra procesforbrug har svært ved at opnå den samme hurtige opvarmning, hvorfor slutproduktets karakter ændres.

Kogeprocesser ved lave grader kan vi i princippet godt bruge spildvarme til, men problemet er, vi gerne vil have en hurtig opvarmning, og det giver en for langsom opvarmning, og det resulterer i produktet bliver anderledes. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.2.3 Videnskæssige barrierer

Til trods for energieffektivisering har været på agendaen længe, er der forsat nogle virksomheder, som mangler viden om mulige energieffektiviseringsløsninger – og selv, hvis de har kendskab til løsningen, mangler de viden om investeringsrentabiliteten, hvorfor det er vanskeligt for dem at vurdere fordele, ulemper, økonomi og tilbagebetalingstid forbundet med investeringen.

Der er jo stadig mange virksomheder, som slet ikke kender til de løsninger, der er derude. Leverandør

2.3.3 Virksomheder med højtemperaturprocesser

2.3.3.1 Økonomiske barrierer

Mange af de samme økonomiske barrierer, som gjorde sig gældende blandt virksomheder med lav-/mellem temperaturprocesser, går også igen blandt virksomhederne med højtemperaturprocesser. Det kan være en udfordring at finde midler, som kan finansiere effektiviseringstiltag, og hvis ikke der foreligger en god business case, bliver projektet ofte nedprioriteret til fordel andre investeringer.

Vi er en privatejet virksomhed, og de forventer en tilbagebetalingstid inden for 3 år – og derfor er der nogle af de energiprojekter, som ikke bliver til noget. Man skal ikke glemme det er en forretning først og fremmest. Højtemperaturprocesser

2.3.3.2 Tekniske barrierer

Virksomheder og leverandører har svært ved at forstå lovgivningen på overskudsvarmeområdet og kommer med udtalelser som indikerer, at de har truffet de forkerte konklusioner eller ligefrem giver forkert rådgivning til deres kunder. For eksempel nævnes der, at virksomheder ikke har en finansiel fordel ved at udnytte deres overskudsvarme til fjernvarme, da de belægges af afgifter – og her sondres der ikke mellem, hvorvidt procesvarmen er baseret på fossile brændsler eller grønne alternativer.

Som det er i dag, bliver man beskattet, når man bruger sin spildvarme. Der kunne et ønske godt være, at reglerne blev lavet om, så det rent faktisk var fordelagtigt. Ellers går det bare til spilde. Leverandør

2.3.3.3 Videnskæssige barrierer

Der er mange mindre virksomheder, som ikke har ressourcerne til at arbejde dedikeret med området, og de finder det vanskeligt at identificere yderligere potentiale for energieffektiviseringstiltag – de har hverken mandskab internt, som har tid til at kigge på det selv, eller økonomi til at ansætte eksterne rådgivere til at gøre det for dem – hvorfor det ender med at blive nedprioriteret.

Det er ikke altid man ved, hvad vej man skal gå. Nogle løsninger kender vi jo slet ikke til. Men jeg tænker vi i fremtiden kan komme til at trække på vores leverandører i forhold til at søge de her tilskud. Højtemperaturprocesser

2.3.4 Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer

Information og rådgivning er et nødvendigt onde for at støtte særligt de mindre virksomheder i deres arbejde med energieffektivisering. En anbefaling kunne derfor være at:

1. **Udvikle informationsmateriale i form af et energisparekatalog**, hvor virksomhederne kan få et overblik over mulige tiltag, finansieringsmuligheder og tilbagebetalingsberegninger.

Det har i andre brancher fungeret rigtig godt med et energisparekatalog, med inspiration til hinanden, så andre kan få glæde af samme gode løsninger. Rådgiver

2. **Facilitere netværksmøder**, hvor virksomheder kan inspirere, spare og vidensdele med andre i branchen om gode løsninger.

2.3.5 Indsatsområde 2: elektrificering

Mange virksomheder er positivt indstillet overfor elektrificering som omstillingsmulighed. De bekræfter, at der er et stort energibesparelspotentiale forbundet med elektrificering af særligt lav- og mellemtemperaturprocesser – samt visse højtemperaturprocesser. Dog kræver det ofte meget store investeringer i ny og endnu uprøvet teknologi, hvilket gør, at mange virksomheder fortsat forholder sig afventende.

Jeg vurderer at muligheden for elektrificering er meget til stede – hvis bare vi får bevist, at det er noget, der virker, er der god sandsynlighed for at arbejde videre med det. Der ligger i hvert fald store besparelser i det, så det er meget interessant. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Langt hen ad vejen er de fleste teknikker udviklet, så jeg føler mig overbevist om, at det tekniske kan løses. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Vi skal køre med el, ikke gas – så hvorfor investere 2 gange? Lav-/mellemtemperaturprocesser

Omvendt har reduktionerne været begrænsede for virksomheder, der opererer med meget høje temperaturer, da disse processer kan være svære og dyre at elektrificere. For disse virksomheder afhænger denne omstillingsmulighed til dels af udvikling og udbredelse af nye teknologier, som i nogen tilfælde indtil videre kun er på tegnebrættet eller udrullet i mindre skala.

Den er jo, det er den vej, vi skal, men vi har det problem, at vi er oppe i meget høje temperaturer. Men fx tørreprocesserne kan vi få elektrificeret, men selve brændingen, hvor vi er oppe i 1100 grader er svært at elektrificere, det er dyrt og ikke færdigudviklet, så derfor har vi købt biogas certifikater. Højtemperaturprocesser

Jeg tænker at små enheder kan vi sagtens elektrificere og store enheder som brænderen kan ikke elektrificeres på nuværende tidspunkt – du har for stort energitab – lige nu er teknologien ikke til at varme på el. Højtemperaturprocesser

2.3.6 Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.6.1 Økonomiske barrierer

En af de største barrierer forbundet med elektrificering er, at det dyrt at investere i nye eldrevne processer. Adgang til kapital synes derfor at være et tilbagevendende problem, da mange virksomheder er udfordret med at finde finansieringsmuligheder til for eksempel nye varmepumper.

Der mangler finansiering til at føre det ud i livet og vi er ikke robuste nok, at kunne køre det igennem med egne midler. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Desuden er el meget dyrere per enhed (kWh) end fossile brændsler, blandet andet på grund af afgifter, hvilket er med til at hæmme udbredelsen, da virksomhederne kan opnå en lavere pris ved brug af andre konkurrerende varmekilder. Samtidig er der blandt enkelte en opfattelse af, at virksomhedens konkurrenceevne påvirkes af udgifter, som virksomheder i andre lande ikke oplever.

Det kræver store mængder el, så bare det at betale til elnettet er dyrere end det, vi betaler i dag (naturgas). Lav-/mellemtemperaturprocesser

Jeg ved, de bruger elkedler på Island, men der er også nogle andre forhold – der er lavere strømpriser. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Ydermere er der enkelte virksomheder som mener, der fortsat er en vis risiko forbundet med investeringerne, da de vurderer nogle af teknologierne endnu er tidlig i deres modningsproces – og de er derfor i tvivl om fortjenesten kan stå mål med de risici, de tager. Samtidig rejser det spørgsmål om, hvem der bærer ansvaret, hvis noget går galt. Visse virksomheder er derfor fristet til at vente og se, indtil andre virksomheder i branchen har testet og udfaset de værste børnesygdomme.

Alle kommer frem til godt resultat, men det er risikoen, som ejeren ikke er villig til at løbe, det er både om man det har effekt og at man kan styre det og ikke afleder nye udfordringer. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Selvom der findes udmærkede tilskudsordninger, er det mange penge man skal lægge i et projekt, hvor man ikke er sikker på, at risikoen opvejer muligheden for fortjenesten. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Sidst, men ikke mindst, nævner enkelte virksomheder, at en større konvertering vil kræve en omlægning af virksomhedens processer eller en decideret midlertidig nedlukning af produktionen, hvilket selvsagt har store økonomiske konsekvenser.

Vi kan ikke bare skifte en dims, det er nærmere hele vores setup, som skal skiftes – her taber man også en investering. Det her med, at vi skal lave et helt setup om, gør at vi får en periode, hvor vi ikke ville kunne producere noget. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.6.2 Tekniske barrierer

Da det i visse tilfælde er en ny og forholdsvis uprøvet teknologi, er nogle virksomheder tilbageholdende, da de endnu ikke kan udelukke, om det vil have en negativ effekt på deres produktion og produktkvalitet.

For nogle af de her virksomheder er det her jo svarende til dengang, man skulle flyve til månen første gang. Rådgiver

Man skal ikke glemme, der er en vis risiko forbundet med at investere i de her maskiner – hvad hvis de ikke performer som forventet? Det er så nyt det hele, så man har ikke 20 års driftsdata, man kan læne sig op ad. Rådgiver

En teknisk barriere synes dog at være, at visse eldrevne varmeprocesser er sværere at styre, hvorfor dele af produktionen udsættes for alt for høj varme og derfor må kasseres.

En el-ovn kan være sværere at styre. Derfor er det afgørende, man får styr på det og sikrer, den samme opvarmning, som vi kender i dag. Ellers risikerer vi at skulle kassere nogle af vores produkter. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Det er sværere at styre – tænk på det som en mikrobølgeovn, du har hjemmet i køkkenet – den bliver også hurtig for varm. Rådgiver

2.3.6.3 Juridiske barrierer

De konstante ændringer i afgifter og CO₂-kvoter gør det vanskeligt for virksomhederne at beregne den reelle tilbagebetalings-tid og dermed afgøre, om en given investering er rentabel for dem. Mange efterspørger derfor mere klarhed og en stabilisering, så virksomhederne kan beregne vinding på et kvalificeret grundlag.

CO₂-kvoter kostede 25 euro i oktober, nu koster de 50 euro – hvor ender vi henne? Det gør det svært at vurdere, hvor meget vi taber økonomisk, hvis ikke, vi gør noget nu. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.6.4 Videnskæssige barrierer

Størstedelen af de virksomheder, som har medvirket i undersøgelsen, synes at kende til deres muligheder for elektrificering, men der er fortsat nogle, som forholder sig skeptiske, eller decideret ikke har kendskab til teknologierne.

Mange virksomheder ved ikke, der findes de her teknologier. Og det er dyrt, og der er stadig en risiko forbundet. Så længe, der ikke er krav, venter de i stilhed. Leverandør.

Der er en umiddelbar ulempe, da varmepumper max kan nå 100 grader, men nu har vi endelige fundet et firma i Sverige, som kan lave varmepumper, som kan håndtere højere temperaturer. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Af dem, som kender til teknologierne, har det krævet blod, sved og tårer at finde frem til de helt rigtige løsninger og teknologier, hvilket givetvis forhindrer andre virksomheder i at gøre det samme.

Det har taget os 2 år at finde frem til den rigtige løsning (varmepumpe, som kan håndtere de temperaturer, vi har brug for). Lav-/mellemtemperaturprocesser

Desuden opleves det som tungt og yderst besværligt at navigere i de efterhånden mange forskellige støtteordninger og søge tilskud til ens energiprojekter, hvilket ikke hjælper processen på gled.

Det er svært at navigere i de forskellige tilskudsordninger. Det er virkelig tungt arbejde, som man ikke bare selv kan gøre. Det kræver man investerer i eksterne konsulenttimer, og det er ikke alle, der har råd til det. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.6.5 Andre barrierer

Den fortsat store omstilling fra fossile brændsler til elektrificering, får enkelte virksomheder til at tvivle på den danske forsyningssikkerhed og den generelle infrastruktur ift. elnettet. Der stilles ligeledes spørgsmålstejn til, hvorvidt det vil medføre forhøjede el-priser, hvis Danmark i fremtiden løber ind i manglende effekttilstrækkelighed.

Dem der skal levere det til os, tror ikke de har strøm nok til at levere til os om 5 år – der er ikke kabler nok til at få strøm nok frem. Det er forsyningskædens problem, men hvis de får problemer, får jeg også problemer. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.7 Virksomheder med højtemperaturprocesser

2.3.7.1 Økonomiske barrierer

De processer, som virksomheder med høje temperaturer kan elektrificere, er typisk forbundet med en rigtig stor investering. Ydermere er der hele den indledende omkostning med at skulle udvikle det rigtige setup og en proces, som kan bruges. Det er ikke noget, man som virksomhed bare gør: det skal times og planlægges med de eksisterende maskiners levetid.

Det er voldsomt dyrt, det er en ny teknologi og nye teknologer er dyrere – og der mangler reference anlæg, så der kan også være nogle barrierer der. Og mange gange er det nogle konservative personer, der sidder i bestyrelsen og bestemmer i de her virksomheder. Højtemperaturprocesser

Vores strategi er at udskifte til en el-ovn på sigt, men det er en dyr investering – og det er dyrt taget i betragtning, at teknologien stadig ikke er langt fremme. Vores ovn skal først gå i stykker, før vi investerer i en ny – den koster 150 millioner sådan en ovn, så det er sådan noget man udskifter hvert. 20. år” Højtemperaturprocesser

Der er helt klart en økonomisk barriere, og den er kæmpestor. Og ovnen er ikke engang udviklet endnu, den skal først udvikles, men det tager jo nok en 2-3 år og den udvikling vil ske ved store virksomheder, - så der er både en teknisk og en økonomisk udfordring (investering). Højtemperaturprocesser

Til trods for, der findes gode tilskudsordninger, kan det være vanskeligt for virksomhederne at navigere i – og har man ikke de rette kompetencer eller ressourcer til at administrere den del internt, koster det penge at investere i ekstern rådgivning.

Vi har hele det her med tilskudsordninger: det er en jungle at finde rundt i. De reklamerer meget med, de har dem, men jeg kan ikke finde ud af, hvordan og hvornår og hvad der skal til – og det er ikke engang sikkert, at man får tilskuddene alligevel. Højtemperaturprocesser

Ovenstående gør, at alene de indledende omkostninger forbundet med elektrificering er rigtige store – og kombineret med det faktum, at teknologien i visse tilfælde fortsat er umoden, vurderer mange virksomheder, der fortsat er for store økonomiske risici forbundet med investeringen.

Så er der jo hele den indledende omkostning i at skulle udvikle den her proces, som man kan være sikker på, kan bruges. Og selvom der findes udmærkede tilskud, er det mange penge, man skal lægge i et projekt, hvor man ikke engang er sikker på, at risikoen opvejer muligheden for fortjenesten. Højtemperaturprocesser

Ydermere nævnes det, at det kan være vanskeligt at udskifte en maskine, da mål på en ny maskine, kan være markant større, hvorfor den ikke passer ind i den eksisterende fabriks økosystem. Derfor ville de nye teknologier være nemmere at indtænke, hvis man stod og skulle bygge en ny fabrik, frem for at integrere det i en ældre fabrik, som ikke har de rette dimensioner.

Man prøver jo helt klart at finde løsninger, som kan passe ind i ens eksisterende fabrik. Og det er ikke altid nemt. Rådgiver

2.3.7.2 Tekniske barrierer

Den klart største barriere blandt virksomhederne med højtemperaturprocesser er dog først og fremmest, at teknologierne i nogle tilfælde ikke er på plads i dag, da ikke alle højtemperaturprocesser kan håndteres med elektricitet.

Varmepumper kan ikke generere høje nok temperaturer. Så der er helt klart en højtemperaturproblemstilling, men vi håber på bedre varmpumper i fremtiden. Højtemperaturprocesser

Præcis, hvor grænsen går ift. hvor høje temperaturer, som allerede kan elektrificeres, synes dog at variere afhængig af, hvem man spørger – men størstedelen tilslutter sig de 100-150 grader.

Dog virker det til, at de store virksomheder, som indtager positionen som firstmovers på området, er begyndte at opsnuse flere leverandører rundt omkring i verden, som i stigende grad kan hjælpe dem med at håndtere højere temperaturer – helt op til de 300 grader – men disse teknologier er fortsat under test og kræver udviklingsarbejde.

Vores hærdeovn er gasstyret nu (300 grader), men vi tror på, vi kan elektrificere den. Det er noget, vi er i gang med at teste pt., men det kræver udviklingsarbejde – teknologien er ikke modnet helt endnu. Højtemperaturprocesser

Det er ikke udviklet endnu – der er tale om en helt anden type ovn med andet udseende og med anden teknologi – men jeg synes jeg kan lytte mig frem til, at man anser det som værende teknisk muligt. Man er i gang med at afprøve. Højtemperaturprocesser

Men ikke alle virksomheder har reelle alternativer til deres nuværende produktion, hvorfor der er behov for store innovationsinvesteringer for at sikre den umodne teknologi kan udvikles og skaleres op – som for eksempel i Carbon Capture og Storage-teknologier.

Når det kommer til vibrering af selve ulden (som udgør 2/3 del af vores forbrug af gas), der er teknologien der slet ikke endnu. Vi har ikke engang en ide til det, så der foretages ingen test. Højtemperaturprocesser

Mange virksomheder nævner, at fordi teknologien fortsat er så umoden, er man slet ikke bevidst om de andre tekniske barrierer, som kan være forbundet med dem.

I og med ovnen ikke er udviklet endnu, så har jeg slet ikke kendskab til de andre problemstillinger, der kan være forbundet med den rent teknisk. Men jeg forestiller mig, der må være nogle, og dem skal man først til at tage højde for der. Højtemperaturprocesser

Dog forestiller nogle sig, det kan resultere i lavere virkningsgrader eller at produktet ændrer karakter og udseende, hvorfor der vil komme modstand blandt slutbrugerne. Andre påtaler, det kan øge risikoen for eksplosionsfare i selve arbejdsprocesserne grundet en øget trykstigningshastighed i rørene.

Der kan være, farverne på vores produkter bliver anderledes, hvor kunderne så siger, det er ikke et teglprodukt, de er vant til. Højtemperaturprocesser

Vi skal også tænke på vores medarbejders sikkerhed. Et øget tryk i rørene kan betyde, der er en større risiko for eksplosion. Højtemperaturprocesser

2.3.7.3 Juridiske barrierer

Ligesom vi så gjorde sig gældende blandt virksomheder med lav-/mellem temperaturprocesser, gives der også her udtryk for, at de konstante ændringer i afgifter og CO₂-kvoter gør det vanskeligt for virksomhederne at beregne den reelle tilbagebetalingstid og dermed afgøre, om en given investering er rentabel for dem. Mange efterspørger derfor mere klarhed og en stabilisering, så virksomhederne kan beregne vinding på et kvalificeret grundlag.

2.3.7.4 Andre barrierer

De store omkostninger, som er forbundet med denne konvertering, vil givetvis betyde, at virksomhedernes produkter på sigt vil blive dyrere – en difference, som i sidste ende vil blive presset ned over deres kunder. Som det er i dag, er ikke alle kunder villige til at betale ekstra for grønne produkter, hvorfor virksomhedens konkurrenceevne forværres – særligt blandt de virksomheder, hvis konkurrenter ikke er danske, eller hvis produkt ikke er unikt.

Der er nogle brancher, hvor marginen er så lille – der er virkelig hård konkurrence – fx for teglværkerne, der er ekstra udgifter nærmest gift. De kan ikke tillade sig at sætte prisen op, hvis de vil fastholde deres konkurrencesituation. Rådgiver

Det kan komme til at koste arbejdspladser – det er lettere at flytte produktionen over på den anden side af landegrænsen. Højtemperaturprocesser

Vi kan sagtens producere dem med el nu, men det ville blive så dyrt, at så ville der ikke være nogen, der byggede med mursten – de mursten skulle opbevares i pengeskabet. Højtemperaturprocesser

2.3.8 Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer

Finansiering og innovationsmidler er et nødvendigt onde for at støtte virksomhederne i deres arbejde med elektrificering. En anbefaling kunne derfor være at sikre:

1. Hjælp til at finansiere de nødvendige tilskud til modning og spredning af ny grøn teknologi, samt sikre de rette finansieringsrammer for større pilotprojekter, der kan elektrificere de mest udfordrende højtemperaturprocesser

Det er simpelthen forskning og udvikling vi venter på. Selvfølgelig hvis man kunne hælde offentlige penge i forskning og udvikling ville det hjælpe meget på det. Højtemperaturprocesser

Det er jo ingen tvivl om, at hvis man kunne få et engangsbeløb ville flere gå ind i det for det er noget dyrt udstyr der bliver sat op. Højtemperaturprocesser

Jeg savner jo fornyelsesfonden, som gav en garanti på nye teknologier. Det var med til at gøre det nemmere for virksomhederne at turde satse på nye teknologier. Leverandør

2. Klarhed og stabilisering af elpriser og -afgifter – så virksomhederne kan beregne vinding på et kvalificeret grundlag.
3. Nogle teknologier er der allerede, men de anvendes i dag ikke i stor skala og kræver derfor demonstration i storskala, inden de kan udrulles (fx gode cases og road shows).

Man kunne godt blive bedre til at udbrede de gode historier, så flere virksomheder kender til deres muligheder og tør gå den vej – bare sådan noget som at man hos os kan leje de her maskiner i stedet for et købe dem. Det kunne måske gøre investeringen lidt mere overskuelig. Men det kræver, de ved det. Leverandør

4. Simplificering af tilskudsordningerne, så det bliver nemmere for virksomhederne at få hjælp til at finansiere deres grønne energiprojekter.

Hvad angår funding skal vi blive bedre til at spille en proaktiv rolle, så det bliver mere gennemskueligt for virksomhederne, hvad de kan få af støttemidler. Mange virksomheder ved ikke hvordan de skal finansiere det her, og støtteordningerne er et komplekst landskab. De store virksomheder skal nok finde ud af det – de har ressourcerne til at ansætte folk til at finde ud af det – men de mindre virksomheder ved ikke, hvor de skal starte henne. Rådgiver

5. En plan for høj elforsyningssikkerhed i fremtiden, for at sikre, at udbuddet af el kan møde virksomhedernes efterspørgsel.

Ja de kan understøtte os i, at vi får den elforsyning, som vi har behov for – der kan de jo virkelig hjælpe til. Jeg ved ikke konkret, hvordan de kan gøre, det er jo lidt noget med at gå ud til elforsyninger og få klarlagt med dem, hvor meget el de egentlig kan levere, og få overblik over, hvordan de vil klare det. Højtemperaturprocesser

2.3.9 **Indsatsområde 3: skift til biogas**

Biogas synes at spille en væsentlig rolle i den grønne omstilling – først og fremmest blandt virksomheder med svære højtemperaturprocesser, som ikke umiddelbart kan elektrificeres. Her vælger mange enten at satse fuldt på biogas, eller en delvis konvertering til el og biogas.

Hvis ikke biogas, hvad så? Findes der en teknologi, som kan klare det? Højtemperaturprocesser

Modsat elektrificering som indsatsområde, er en konvertering til biogas en nem affære, som størstedelen af virksomhederne i princippet kan skifte til i morgen uden de store investeringsomkostninger og produktionsomlægninger.

Biogas vil tage få måneder at skifte over til, men en el-ovn vil tage flere år. Højtemperaturprocesser

Når det er sagt, er de største barrierer forbundet med biogas – hvis du spørger virksomheder med højtemperaturprocesser – prisen og tilgængeligheden, hvorfor der er behov for et mere forudsigeligt og økonomisk attraktivt udbud af biogas.

Den største barriere er, at biogas er dyrere end almindelig gas og så er der hele problemstillingen med forsyningssikkerheden. Højtemperaturprocesser

Jeg tror det er forsyningen der er den værste og største barriere. Og den mindste vil jeg tro er den tekniske.

Højtemperaturprocesser

Enkelte virksomheder med højtemperaturprocesser forholder sig dog afventende, da de strategisk hellere vil satse på elektrificering i fremtiden, hvorfor de ikke ønsker at foretage en investering i biogas, da det blot vil være en dobbeltinvestering.

Vi vil egentlig hellere elektrificere frem for at konvertere til biogas. Der er for mange variabler i spil, og spørgsmålet er, om det overhovedet er CO₂-neutralt om 20 år? Folk siger forskellige ting. Højtemperaturprocesser

Undersøgelsen viser, at langt færre virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser har fokus på at bruge biogas i deres grønne strategi, da det er langt dyrere sammenlignet med andre energikilder, og betragtes som en mindre holdbar løsning end elektrificering.

Biogas er den lette løsning – lidt som at springe over hvor gærdet er lavest. Den helt store forskel vil ligge i elektrificering – det er det, som batter. Hvis vi fx skifter til træflis, så vil det ikke kræve vi ændrer vores processer, men det er ikke en holdbar løsning – så skal vi jo også have transporteret alt den træflis, jeg tænker ikke det er meget bedre. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.10 Virksomheder med lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.10.1 Økonomiske barrierer

En af de største barrierer ved biogas er, at det for nærværende ikke er en rentabel løsning, da prisen simpelthen ikke kan konkurrere med naturgas. Det vil derfor fordyre slutproduktet, hvilket markedet ikke er klar til.

Det er svært at finde en løsning, der er billigere end naturgas – det er bare svært at konkurrere med – og vi er også begrænset af, at vi ikke kan lave noget, der er meget dyrere end vores konkurrenter på markedet. Lav-/mellemtemperaturprocesser

Det er meget dyrere! Jeg mindes det er 4. gange dyrere at bruge end naturgas. Så der er tale om nogle helt andre priser. Rådgiver

2.3.10.2 Tekniske barrierer

Af tekniske barrierer nævnes det, at (ikke-opgraderet) biogas og naturgas har forskellige egenskaber – blandt andet er der mere vand i biogassen, og det kan være skadeligt for anlæggene, hvis der kommer fugt ind i systemet, da de kan ruste og blive forringet.

Jeg er ikke interesseret i at få biogas ind i vores anlæg – det rustet og tærer på kedlerne, så de bliver ringere og dyrere at bruge. Lav-/mellemtemperaturprocesser

2.3.10.3 Andre barrierer

Biogas har fået hård kritik for at være CO₂-belastende (pga. metan-tab fra utætheder), hvorfor nogle virksomheder på et etisk plan er imod brugen af biogas som energikilde, mens andre blot mener, der er en risiko forbundet med at konvertere til biogas, da der ikke er nogen garanti for, det stadig betragtes for at være lige så CO₂-rigtigt om 20 år. De ønsker derfor ikke lægge alle deres æg i denne kurv, da der er en risiko for, de blive tvunget til at skulle konvertere igen inden for nogle få år.

Hvis vi går hen og bliver lidt mere filosofisk, så kan man også rejse spørgsmålet, hvad er biogas egentlig for en størrelse? Redder det overhovedet noget, hvis vi bruger biogas i stedet for? Rådgiver

2.3.11 Virksomheder med højtemperaturprocesser

2.3.11.1 Økonomiske barrierer

Også blandt virksomheder med højtemperaturprocesser er en af de største barrierer ved biogas, at det er en meget dyr energikilde holdt op imod naturgas, og det er derfor en økonomisk belastning at konvertere til biogas.

Biogas er dyrere end naturgas, så det vil fordyre produktet – og jeg har spurgt nogle kunder om de vil betale mere for brug af biogas, og det vil de ikke. Højtemperaturprocesser

Vi overvejer at konvertere til biogas, men det koster kassen! Prisen på biogas er høj. Højtemperaturprocesser

Der er den økonomiske barriere, at man afgiftspålægger biogas som man pålægger naturgas, den afgift burde man fjerne. Hvis den blev fjernet, ville vi være lidt nærmere, at det kunne blive økonomisk attraktivt. Højtemperaturprocesser

2.3.11.2 Tekniske barrierer

Som tidligere fastslået, er der ikke de store tekniske barrierer forbundet med denne konvertering, hvorfor de fleste virksomheder med højtemperaturprocesser mener, det er en løsning, de vil kunne skifte over til relativt hurtigt.

Det er heller ikke noget problem at skifte til biogas. Det er bare at trykke på en knap, det er lige til. Højtemperaturprocesser

Dog nævnes det, at der ikke er den samme varme i biogassen som naturgassen, og flere virksomheder gruer for en varierende biogaskvalitet og brændværdi⁶⁰.

En anden teknisk udfordring kan være, at få brændværdien op. Jeg er ikke sikker på den har den samme kvalitet. Højtemperaturprocesser

2.3.11.3 Videnskabelige barrierer

Undersøgelsen viser, der er en vis usikkerhed omkring, hvordan biogaspriserne og CO₂-kvoterne udvikler sig i fremtiden, hvorfor det for virksomhederne er svært at forudsige rentabiliteten ved en konvertering.

Vi har brug for mere klarificering og sikkerhed. Mange af os er med på den grønne omstilling, men vi har også en forretning, som skal løbe rundt. Det er vigtigt med mere klarhed, så vi kan beregne vores tab, hvis ikke vi gør noget. Højtemperaturprocesser

2.3.11.4 Andre barrierer

En anden væsentlig barriere, er den geografiske: ikke alle virksomhederne er placeret i nærheden af gasnettet, hvorfor de efterspørger en bedre gasinfrastruktur, hvis det skal være muligt for dem at konvertere til biogas.

Det vil kræve vi bygger rørledninger hertil – som igen vil være med til at fordyre produktet. Højtemperaturprocesser

Men den største barriere, som størstedelen af virksomhederne nævner, er den begrænsede kapacitet. Hertil sås der tvivl om, hvorvidt der overhovedet er tilstrækkelig med biogas nu og i fremtiden – hvortil der rejses spørgsmål til, hvorvidt en udvidelse kan foretages, da det forventes at være svært at finde velegnede placeringer til nye biogasanlæg på grund af lugtgener.

Der hvor det bliver begrænset er forsyningsnettet, det er ikke clearet endnu. Højtemperaturprocesser

⁶⁰ Såfremt der er tale om opgraderet biogas i naturgasnettet bør dette ikke være et problem.

Det er ikke nemt at opføre biogasanlæg i dag, der er så mange der ikke vil have det – det er det samme som med vindmøller: der er ingen der vil kigge på dem. Højtemperaturprocesser

Selve forsyningssikkerheden er derfor en stor barriere, hvorfor en udvidelse af gasnettet vurderes at være nødvendigt. Og derudover ligger det, der er svært at spå om og forberede sig fuldt ud på: fx hvis svineproduktionen rammes af sygdom, og der derfor bliver en yderligere mangel på biogas produceret af husdyrgødning.

Der er også en usikkerhed forbundet med det. Det forudsætter at dansk landbrug kører som det skal, og at et sygdomsudbrud ikke rammer griseproduktionen. Det er jo sådan nogle ting, som kan påvirke produktionen af biogas. Højtemperaturprocesser

2.3.12 Forslag til tiltag, der kan imødegå barrierer

Vished og konkurrencedygtige priser er et nødvendigt onde for at støtte virksomhederne i deres arbejde med biogas. En anbefaling kunne derfor være at sikre:

1. Klarhed omkring det fremtidige udbud, infrastruktur og pris. Herunder en strategi for, hvordan man vil øge produktionen af biogas i fremtiden – eventuelt kombineret med en garanti for, at virksomheder med højtemperaturprocesser, hvor der endnu ikke er et andet grønt alternativ til biogas, er sikret biogas i fremtiden.

Jamen jeg synes det er fint hvis man allokerer biogas til de industrier, der skal op i høje temperaturer – jeg synes det giver mest mening, at vi bruger biogassen til de industrier indtil man får det elektrificeret. Højtemperaturprocesser

2. Støtte, så biogaspriserne kan konkurrere med fossile brændsler i fremtiden – eventuelt ved hjælp af subsidier og øget kapacitet, så der kan ske en reduktion i udbudsprisen.
3. Investeringer med det formål at øge produktionen af biogas og udbygningen af gasinfrastrukturen i Danmark, så biogas bliver nemmere tilgængeligt.