



Ea Energianalyse

Udnyttelse af overskudsel i Ilulissat til produktion af brint

**Analyse af mulighederne for brintproduktion og
andre afsætningsmuligheder**

25-01-2018

Udarbejdet af:

Ea Energianalyse
Frederiksholms Kanal 4, 3. th.
1220 København K
T: 88 70 70 83
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

1	Sammenfatning og konklusion	6
	Analyse af afsætningsmuligheder	7
	Konklusion og anbefalinger	10
2	Energibalance i Ilulissat	12
	Bruttoenergiforbrug	12
	Slutanvendelser	13
	Elforbrug i Ilulissat.....	15
	Sektoropdelt forbrug.....	16
	Konverteringspotentiale.....	20
3	Produktionspotentiale i Ilulissat	21
	Produktionspotentiale.....	21
	Back-up behov	22
	Økonomi	26
4	Afsætningsmuligheder	31
	Brint	31
	Konvertering til afbrydelig elvarme.....	43
	Elektrificering af transport	49
	Energiintensive industrier	52
	Turisme og lufthavn	59
	Sammenligning af afsætningsmuligheder	64
5	Referencer	68
	Bilag 1: Olieforbruget i Ilulissat	69
	Olieforbrug fra olieforhandler	70
	Fordelingsmetode	71
6	Bilag 2: Omkostninger til opvarmning	74

1 Sammenfatning og konklusion

Ilulissat ligger i Vestgrønland på østkysten af Diskobugten og har knap 4.600 indbyggere. Byen, hvis primære erhverv er fiskeri og turisme, er bl.a. berømt for Ilulissat Isbræ, som er en af verdens mest produktive gletsjere og optaget UNESCOs verdensarvsliste i 2004

Siden indvielsen af vandkraftværket Paakitsoq ved Ilulissat i 2012 har det vist sig, at værket produktionspotentiale er større end forventet. Det skyldes bl.a. igangværende klimaændringer, som betyder, at den ene af de søer, som forsyner anlægget, er vokset en del i løbet af de seneste 5 år.

Elforbruget i Ilulissat ligger i dag på ca. 70.000 MWh, og vandkraftværkets produktionspotentiale er af Landsvirkjun beregnet til ca. 100.000 MWh. Der er således et årligt produktionspotentiale ca. 30.000 MWh, som kan udnyttes, uden nævneværdige merproduktionsomkostninger.

Formålet med denne analyse er at undersøge, hvilke afsætningsmuligheder for overskudsproduktionen, der giver den største værdier for det grønlandske samfund. Herunder at pege på eventuelle barrierer for en hensigtsmæssig udnyttelse af produktionen.

En mulighed er at anvende produktionsoverskuddet til produktion brint, som kan anvendes til nye anvendelser som fx transport og potentielt at forsyne andre byer i Grønland. Det grønlandske parlament (Inatsisartut) har vist interesse for denne løsning og har pålagt den grønlandske regering (Naalakkersuisut) og dermed Nukissiorfiit at belyse økonomi og fordele og ulemper i et brintanlæg.

Elektrolyseanlæg til produktion af brint er imidlertid forholdsvis dyre, og de fleste teknologier til anvendelse af brint er relativt umodne. Denne analyse behandler derfor også en række andre afsætningsmuligheder herunder:

- Konvertering af oliefyr til afbrydelig elvarme
- Elektrificering af lokaltrafik
- Muligheden for at tiltrække energitunge produktionserhverv

Da der er betydelige afstande til de nærmeste byer og bygder, er det som udgangspunkt ikke realistisk at afsætte overskudsproduktionen til andre steder i Grønland.

Analyse af afsætningsmuligheder

I det følgende gennemgås perspektiverne i de enkelte afsætningsmuligheder. I det omfang, det har været muligt, er det økonomiske potentiale i løsningerne beregnet.

Produktion af brint

Brint kan bl.a. anvendes til elproduktion eller i transportsektoren i brintdrevne køretøjer. Selve produktionen af brint sker på elektrolyseanlæg, som er en kendt teknologi, der dog indebærer et betydeligt energitab (ca. 30 %) og har forholdsvis høje investeringsomkostninger. Der har gennem mange år været forsket i udvikling af brændselsceller, der kan konvertere brint til el med høj virkningsgrad, men brændselscellerne er stadigvæk investeringstunge.

Anvendelse af brint til elproduktion i Ilulissat er hverken energimæssigt eller økonomisk hensigtsmæssigt. Der er betydelig lagerkapacitet forbundet med vandkraftværket i Paakitsoq, og der er derfor ikke behov for at bruge brint til energilagring i Ilulissat med henblik på at balancere elsystemet.

Heller ikke i transportsektoren er brint oplagt som drivmiddel i Ilulissat. En brintbil er grundlæggende det samme som en elbil, men med et brintlager og en brændselscelle til at forlænge rækkevidden. I Ilulissat er transportafstandene imidlertid så begrænsede – det samlede vejnet er 35 km – at eldrevne køretøjer vil give tilstrækkelig rækkevidde i næsten alle sammenhænge. Principielt vil brint også kunne anvendes til fremdrift af fiskerfartøjer eller -både, men det er en anvendelsesmulighed, som der er yderst begrænsede erfaringer med på globalt plan.

Det er derfor mest oplagt, at producere brint og transportere den til nærliggende byer eller bygder, hvor den kan erstatte olie til produktion af el og fjernvarme. En hensigtsmæssig afsætningsmulighed er Aasiaat, der ligger i en afstand af godt og vel 90 km, og med sine ca. 3.100 indbyggere har et betydeligt forbrug af olie til både el- og fjernvarmeproduktion. Potentielt vil hele overskudsproduktionen på 30.000 MWh kunne anvendes til brint, der kan afsættes i Aasiaat.

Den økonomiske analyse peger imidlertid på, at der vil være en nettoomkostning ved at producere brint og afsætte det til Aasiaat, selvom elproduktionsoverskuddet på vandkraftværket forudsættes at være gratis. Det skyldes, at de omkostninger, der er forbundet med at producere brinten på elektrolyseanlægget, lagre den og transportere den til Aasiaat og her konvertere brinten til el og fjernvarme vha. en særlig tilpasset gasmotor eller en brændselscelle, er væsentligt højere end værdien af den sparede olie. Særligt omkostningerne til transport og lagring gør det vanskeligt, at få økonomi i projektet. Det skal samtidig understreges, at der er væsentlig

usikkerhed knyttet til omkostningsvurderingen, pga. den begrænsede erfaring med flere af teknologierne i brintkæden – særligt i arktiske egne.

Ud fra et økonomisk perspektiv kan det derfor ikke anbefales at anvende produktionsoverskuddet til brintproduktion. Et videre fokus på brintproduktion skal således være drevet af et ønske om at demonstrere og skabe erfaringer med anvendelsen af brintteknologier i en grønlandsk sammenhæng. Det anbefales i den forbindelse, at undersøge mulighederne for at opnå medfinansiering fra forsknings-, udviklings- og demonstrationsprogrammer.

Konvertering af oliefyr til afbrydelig elvarme

Der er i dag ca. 1500 husholdninger i Ilulissat, som opvarmes med oliefyr. Med et varmeforbrug svarende til det gennemsnitlige niveau for fjernvarmekunder i Ilulissat på 25,5 MWh/år, kan det samlede opvarmningsbehov opgøres til 38.200 MWh årligt for olieopvarmede husholdninger. Den samfundsøkonomiske omkostning til opvarmning med olie udgør ca. 25.000 kr. årligt for en typisk bolig, heraf vedrører langt størstedelen selve olie købet. Ved konvertering til afbrydelig elvarme reduceres den årlige omkostning til knap 9.000 kr., når man tager højde for, at det er gratis at øge produktionen på vandkraftværket. Altså en gevinst på 16.000 kr. per bolig. Udnyttes det fulde produktionsoverskud på ca. 30.000 MWh til at konvertering af oliefyr til afbrydelig elvarme opnås en samlet årlig samfundsøkonomisk gevinst på ca. 18 mio. kr. Med Nukissiorfiits nuværende tarifstruktur, betaler kunder med afbrydelig elvarme ca. det samme som kunder med oliefyr, og gevinsten ved at konvertere til afbrydelig elvarme vil derfor primært tilfalde Nukissiorfiit.

Anvendelsen af individuelle varmepumper (luft-vand eller luft-luft) kan øge den virkningsgrad hvormed el omsættes til varme, og dermed få det begrænsede el-overskud til at strække længere. Varmepumpeløsningerne har ikke været undersøgt indenfor projektets rammer, men kan indeholde interessant økonomiske perspektiver, som bør belyses nærmere.

Eldrevne køretøjer

Elektrificering af køretøjsparken i Ilulissat kan være et interessant indsatsområde – og vil have stor synlighed – hvilket kan være vigtigt i forhold til turismen. Set fra et samfundsøkonomisk økonomisk perspektiv er elbiler i dag, fortsat en del dyrere end benzin- og dieslbiler set over levetiden. Det skyldes, at selve elbilen er dyrere i indkøb, og den post fylder meget i bilens samlede regnskab i Ilulissat, fordi der køres forholdsvis få kilometer. Fra et privatøkonomisk perspektiv er elbiler allerede attraktive i dag, fordi de er afgiftsfritagede frem til 2019.

De store bilfabrikker satser i dag voldsomt på elbiler, og det forventes, at elbilerne bliver billigere og billigere over de kommende år. Derfor kan det være hensigtsmæssigt, at Ilulissat allerede inden for en årrække begynder udbygningen af infrastruktur til el-ladestander. Forhandlere og serviceteknikere i Ilulissat har begrænsede erfaringer med håndteringen af elbiler, og dette vurderes at være en barriere for udbredelsen af elbiler. For at fremme omstillingen kunne Ilulissat (Avannaata Kommunia) vælge at gå foran ved at omstille sin flåde af kommunale køretøjer til elbiler.

Energiforbruget af benzin og diesel til vejtransport er forholdsvist moderat og en fuld omstilling af vejtransporten til eldrift vil blot medføre et øget elforbrug i størrelsesordenen 1.900 MWh årligt.

Tiltrække produktionserhverv

Indenfor nogle typer af erhverv er omkostningerne til energikøb så betydelige, at adgangen til billig energi er en selvstændig 'driver' for virksomhedernes lokalisering. Blandt industrier med høj elintensitet kan nævnes aluminiumsproduktion, smeltning af stål, ammoniakproduktion og produktion af visse industrielle gasser. Det er imidlertid vurderingen, at disse industrier vil kræve større energimængder, end der er til rådighed fra produktionsoverskuddet i Ilulissat.

Sammenlignet med de industrielle anvendelser har gartneri den fordel, at produktionen kan startes op i mindre skala og let opskaleres, hvis betingelserne tilsiger det. Derudover er markedspriserne for frugt og grønt meget høje i Ilulissat sammenlignet med fx Danmark. En Canadisk undersøgelse af væksthuse i arktisk klima peger på, at energiudgifterne har stor betydning for afgrødernes pris, og om hvorvidt de kan være konkurrencedygtige med tilsvarende importerede varer. Hvis Ilulissat skal dække halvdelen af sit forbrug af udvalgte grøntsager vil det kræve et energiforbrug til opvarmning på ca. 1.000 MWh årligt. Erfaringerne fra Canada peger desuden på, at lokal produktion af grøntsager kan bidrage til det lokale og sociale sammenhold, ligesom der kan indgå et sundheds- og uddannelseselement i produktionen.

Sammenligning af afsætningsmuligheder

Elforbrugspotentialet, økonomiske forhold og oliefortrængningen ved de forskellige anvendelsesmuligheder er opsummeret i tabellen nedenfor. Konvertering af individuel olieopvarmning til afbrydelig elvarme har en positiv effekt på samfundsøkonomien med en årlig gevinst på 18 mio. kr. pr. år. Dertil kommer, at løsningen reducerer forbruget af olie med 37.500 MWh årligt svarende til 3,8 mio. liter olie.

Både brint til kraftvarme og elektrificering af vejtransporten udviser negativ samfundsøkonomi med tab på hhv. 21 mio. kr. årligt og 2 mio. kr. årligt. Særligt brintløsningens økonomi er behæftet med betydelig usikkerhed, fordi der er tale om teknologi, hvor erfaringsgrundlaget er begrænset. Selv med optimistiske forudsætninger for teknologiomkostninger, forekommer det dog usandsynligt, at brintløsningen bliver konkurrencedygtig, selvom overskudsellen forudsættes at være gratis.

Elektrificeringen af vejtransporten er imidlertid yderst attraktivt fra en privatøkonomisk vinkel, så længe afgiftsfritagelsen er gældende, og teknologiudviklingen inden for området tyder på, at det kan blive samfundsøkonomisk attraktivt inden for en årrække.

Der er ikke beregnet en samfundsøkonomisk gevinst ved lokal grønsagsproduktion i drivhus, men muligheden er i forhold til potentiale kun et begrænset forbrug af el på ca. 1000 MWh årligt.

	Elforbrugs - potentiale	Omkost- ning	Alternativ om- kostning	Break even elpris	Gevinst ved fuld udnyttelse	Oliefortræ ngning ved fuld udnyttelse	Fortræng olie i liter
	MWh	Mio. kr./år	Mio. kr./år	kr./kWh	Mio. kr./år	MWh	1000 liter
1. Konvertering til afbrydelig elvarme	30.000	10,4	28,1	0,58	17,8	37.500	3.763
2. Elektrificering af persontransport	1.900	10	8	<0	-2	5.700	572
3. Brintproduktion til elproduktion	30.000	28,9	8,0	<0	-20,9	14.400	1.445
4. Drivhus	1.000	4,46	-	-	-	-	-

Tabel 1. Samfundsøkonomisk sammenligning af afsætningsmulighederne for overskudsel i Ilulissat. Break-even elprisen angiver, ved hvilken elpris en afsætningsmulighed balancerer i forhold til alternativomkostningen.

Konklusion og anbefalinger

Konvertering af oliefyr til afbrydelig elvarme fremstår, som den økonomisk mest attraktive mulighed for at udnytte overskudsproduktionen. Det anbefales, at Nukissiorfiit påbegynder detailprojektering for konvertering af ca. 30.000 MWh olieforbrug. Da der er tale om konvertering til afbrydeligt elforbrug, hvor kunder beholder oliefyret som back-up, bør Nukissiorfiit ikke

være tilbageholdende med at konvertere ud fra et hensyn til forsyningsikkerheden.

Desuden anbefales det, at Ilulissat og Nukissiorfiit tager initiativer til at fremme anvendelse af el i transportsektoren, fx ved at kommunen fremadrettet indkøber elbiler.

Det anbefales ligeledes, at Ilulissat nærmere belyser perspektiverne i at etablere et gartneri med henblik på at forsyne byen med lokale grøntsager. Etablering af gartnerivirksomhed kræve et samarbejde mellem offentlige og private aktører i byen, hvis de fulde gevinster i projektet skal høstes.

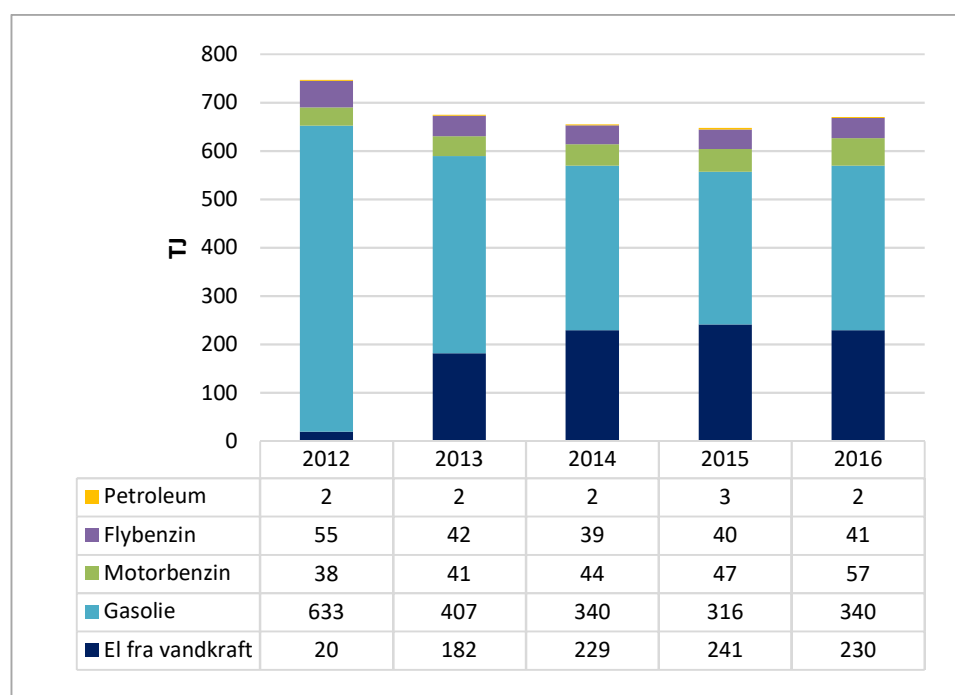
Etablering af brintproduktion fremstår ikke som en attraktiv løsning, fordi de alternative afsætningsmuligheder, særligt erstatning af oliefyr, giver væsentligt bedre økonomi. Gennemførelsen af et brint-pilotprojekt bør derfor kun ske af hensyn til udvikling og demonstration teknologi og hvis muligt bør størstedelen af finansieringen ske med forskningsmidler.

2 Energibalance i Ilulissat

Bruttoenergiforbrug

I Ilulissat består det primære energiforbrug af olieprodukter, dvs. dieselolie, benzin, petroleum og flybenzin, mens elforbruget næsten udelukkende forsynes af vandkraft. Dertil kommer en mindre mængde affald til fjernvarmeproduktion.

Ilulissats primære energiforbrug er vist i Figur 1 nedenfor fordelt på brændsler og el fra vandkraft. I 2016 blev der i alt forbrugt ca. 670 TJ primær energi samlet set i Ilulissat, hvoraf el fra vandkraft betegnede sig for 34%, motorbenzin udgjorde 8%, flybenzin stod for 6% og gas- og dieselolie udgjorde 51%. Af figuren fremgår det tydeligt, dels at det samlede forbrug er faldet over perioden, og dels at el fra vandkraft har fortrængt forbrug af gas- og dieselolie.



Figur 1. Totalt energiforbrug i Ilulissat i perioden 2012-2016. Kilde: Nukissiorfiit, Polaroil og Grønlands Statistik. Bemærk affaldsforbruget er ikke vist i figuren

El fra vandkraft har både erstattet diesel til elproduktion og varmeproduktion. Elproduktion på en dieselgenerator er desuden forbundet med tab, hvorfor en del af forklaringen på faldet i forbruget af primær energi er, at el fra vandkraft indregnes 1:1, mens dieselforbruget bliver omsat til en mindre mængde el, og

der derfor forbruges mindre vandkraft end diesel til at producere den samme mængde el.

Slutanvendelser

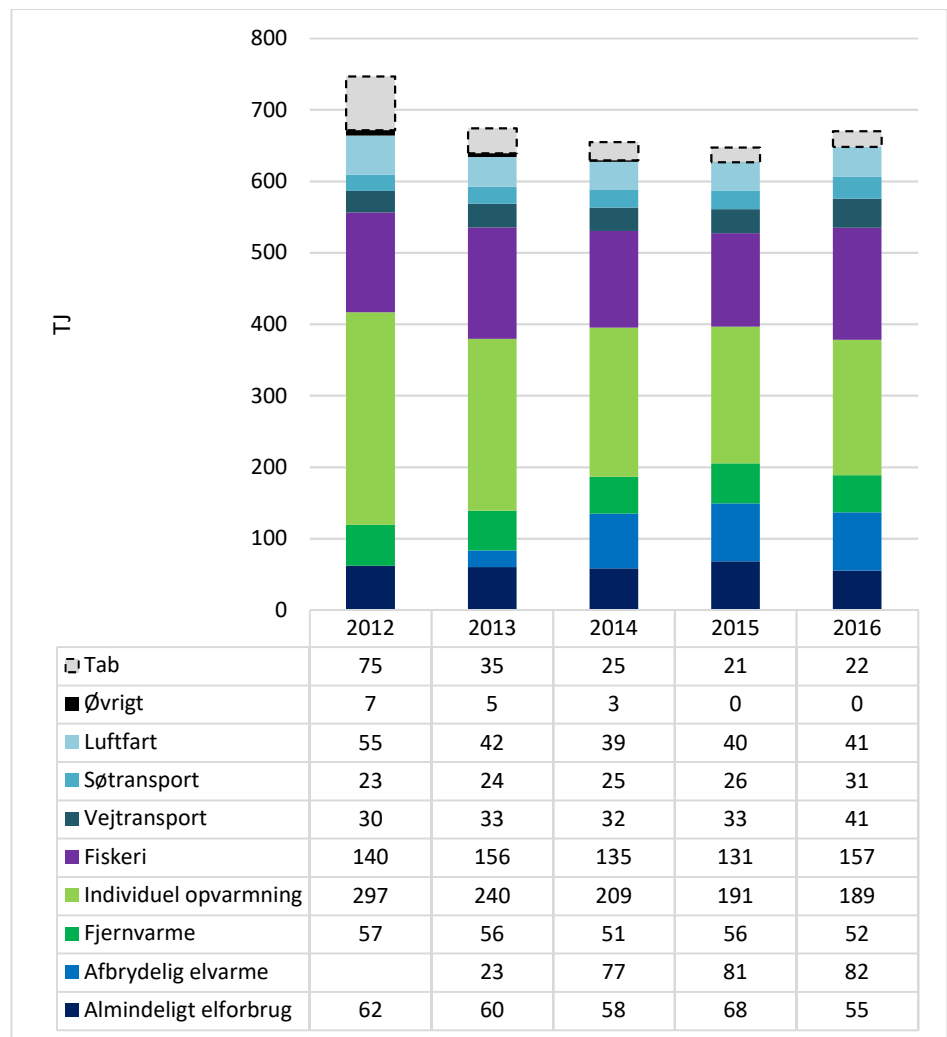
Slutforbruget af energivarer og -tjenester i Ilulissat omfatter energi til lys og kraft, industri, varme og transport. Her skelnes der mellem følgende kategorier:

- Almindeligt elforbrug
- Afbrydelig elvarme
- Fjernvarme
- Individuel opvarmning (olie)
- Fiskeri
- Vejtransport
- Søtransport
- Luftfart
- Tab

Udviklingen i slutanvendelser er vist i Figur 2 nedenfor. Fordelingen på slutanvendelser er behæftet med en del usikkerhed, idet det har været nødvendigt at gøre flere antagelser om fordelingen af forbruget af olieprodukter. Det har ikke været muligt, at opnå et tilstrækkeligt detaljeret data for olieforbruget, og usikkerhederne gælder derfor primært fordelinger mellem transport, fiskeri og individuel opvarmning. En nærmere beskrivelse af olieforbruget i Ilulissat og fordelingsmetoder er beskrevet i bilag 1.

Helt overordnet anvendes der ca. 70% til opvarmning, 17% til transport og 12% til lys og kraft. Det almindelige elforbrug el til lys- og kraft og dækker over elforbrug til husholdninger, erhverv og offentlige services. I perioden 2012-2016 har elforbruget været nogenlunde konstant i Ilulissat omkring 16-18.000 MWh/år.

Det øvrige elforbrug er generelt steget i Ilulissat, fordi el siden vandkraftværkets idriftsættelse også anvendes til varmeproduktion. Det omfatter både fjernvarmeproduktion, men også fordi der i flere bygninger er installeret afbrydelige elvarme. Som det fremgår af Figur 2, figurerer der ikke noget afbrydeligt elvarme i 2012, men indgår i de efterfølgende år med ca. 21-23.000 MWh/år i perioden 2014-2016.



Figur 2. Slutanvendelser af energi i Ilulissat. Fordelingen på anvendelser er behæftet med stor usikkerhed, idet det ikke har været muligt at opnå data for fordelingen på sektorer. Se bilag 1 for en metodisk gennemgang af fordelingen. Tabet i figuren angiver tab til el- og varmeproduktion

Fjernvarme blev i 2012 produceret som overskudsvarme fra elproduktionen på dieselgeneratorer. Efter vandkraftværkets idriftsættelse var der ikke længere tilgængelig overskudsvarme og i den forbindelse installeret en række elkedler. Fjernvarmeproduktionen blev i perioden 2014-2016 primært produceret på el. Fjernvarmeforbruget har perioden været nogenlunde konstant på ca. 55 TJ årligt.

Olieforbruget til individuel opvarmning (husholdninger, offentlig service og erhverv) er faldet betydeligt i perioden 2012-2016, som det fremgår af figuren. Fra i 2012 at udgøre knap 300 TJ er olie reduceret med ca. 1/3 til 190 TJ i 2016. Den primære årsag er, at afbrydelig elvarmeinstallationer har reduceret olieforbruget til individuel opvarmning. Faldet i olieforbruget 108 TJ

sammenlignet med 82 TJ til afbrydelig elvarme. Forskellen stemmer fint overens med, at der er et højere tab ved at bruge oliekedler frem for elkedler.

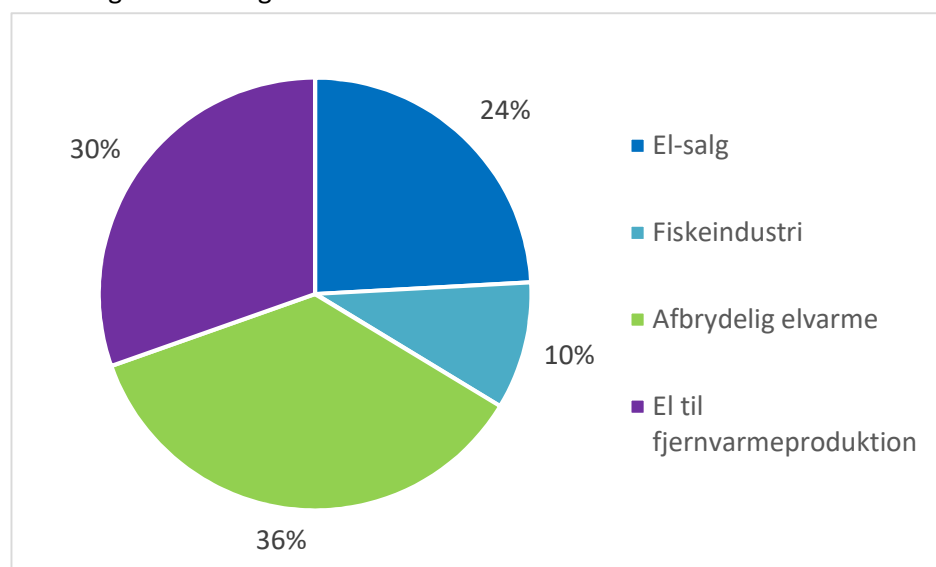
Fiskeriets energiforbrug dækker både el og olie, som både anvendes til fiskeri, skibsfart, rederi og fiskerifabrikker. Energiforbruget har svinget lidt mellem 130 TJ og 160 TJ i perioden 2012-2016.

Transportens energiforbrug udgør kun en mindre del af det samlede energiforbrug i Ilulissat. Vejtransporten udgør ca. 30-40 TJ årligt, søtransporten udgør ca. 25-30 TJ årligt og luftfart udgør 40-50 TJ. Der er ikke nævneværdige udviklinger for transport, men opgørelserne for vej- og søtransport er forbundet med en del usikkerhed.

Tabet vist i figuren angiver tabet ved levering af el- og fjernvarme. Nettabet forbundet med fjernvarme er ca. 25%, mens tabet i el-transmission er ca. 4%. I 2012 er der desuden et tab ved elproduktion, fordi den blev produceret på olie.

Elforbrug i Ilulissat

Elforbruget i Ilulissat bliver anvendt til almindelig lys og kraft, el til fiskeindustrien, afbrydelig elvarme og fjernvarmeproduktion. I 2016 blev der leveret ca. 64.000 MWh til Ilulissat fra vandkraftværket. Heraf blev der forbrug ca. 15.300 MWh til almindeligt el-salg, 6.000 MWh til fiskeindustrien, 22.700 MWh til afbrydeligt elvarme og 19.200 MWh til fjernvarmeproduktion. Elforbrugets fordeling er vist nedenfor.



Figur 3. Elforbruget fordelt på anvendelser i 2016. Kilde: Nukissiorfiit (Faktureringsdata og Fordelingsregnskab 2016)

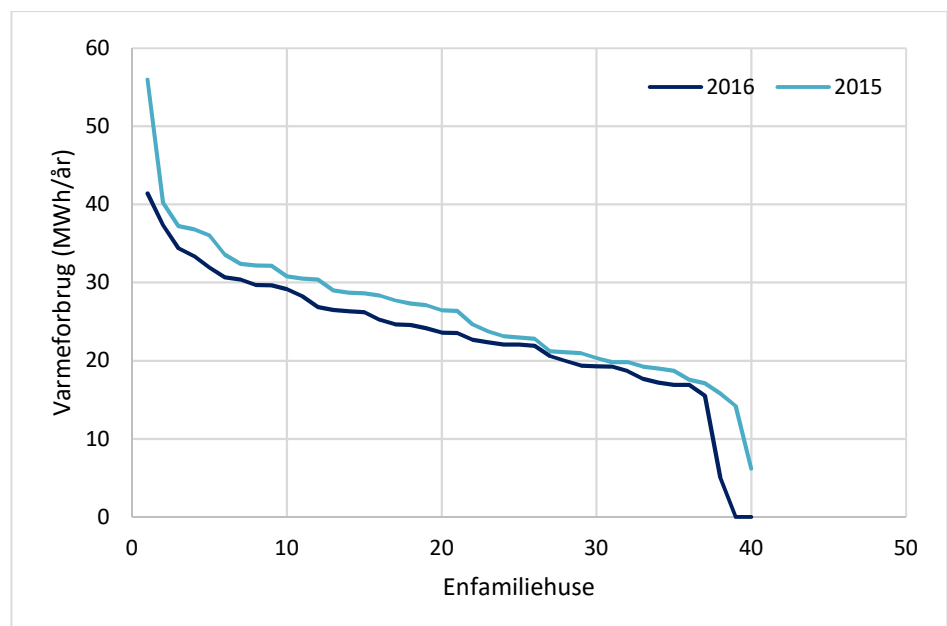
Fjernvarmeproduktionen er forbundet med tab på ca. 25%, der både dækker primært nettabet, men også et mindre tab i kedler. Elproduktion og elforbrug beskrives yderligere i afsnit 2.

Sektoropdelt forbrug

Her gennemgås kort, hvordan der forbruges energi inden for husholdninger, erhverv, offentlige services, fiskeri og transport samt en kort beskrivelse af forholdene i Ilulissat. Det har ikke været muligt at få nøjagtige opgørelser over, hvordan energiforbruget fordeler sig på sektorer, men fordi det er afgørende i forhold til at opgøre potentialet for konverteringsmuligheder, er det inkluderet. Husholdningssektoren og transportsektoren er nærmere beskrevet i baggrundsnotaterne hørende til vurderingen af mulighederne for konvertering af individuel opvarmning til elvarme og muligheden for konvertering af transportsektoren til elbiler.

Husholdninger

Der er 1.869 boliger i Ilulissat, hvoraf 758 er enfamiliehuse, 384 er rækkehuse og 723 er etageboliger (4 er uoplyst)¹. Husholdningerne i Ilulissat anvender el til lys og kraft, men langt størstedelen af energiforbruget går til opvarmning. I Grønland generelt fordeler energiforbruget sig for husholdninger med knap 10% til el til apparater mm. og 90% til opvarmning. I 2016 brugte den gennemsnitlige husholdning i Grønland 22,3 MWh energi til varme og 4500 kWh el.



¹ Grønlands statistik 2010

Figur 4. Varmeforbrug pr. enfamiliehus for 40 fjernvarmeforbrugere i Ilulissat i 2015 og 2016. Forbruget er sorteret fra højest til lavest. Kilde: Nukissiorfiit varmemålerdata. Bemærk der er tale om et udsnit af varmeforbrugere i Ilulissat

Det individuelle varmeforbrug til husholdninger i Ilulissat er ikke særskilt opgjort, men på baggrund af data for fjernvarmeforbruget for et udsnit af husholdninger har det været muligt at lave et overordnet estimat af, hvor meget der anvendes til opvarmning. Det årlige varmeforbrug pr. enfamiliehus er vist i figuren ovenfor. Her fremgår det, at der forbruges fra 5 til 56 MWh/år fjernvarme i enfamiliehuse. Det gennemsnitlige niveau ligger ud fra varmemålerdata på ca. 25,5 MWh/år. Ilulissat ligger i den nordlige del af Grønland, og det er derfor sandsynligt, at der anvendes mere energi til opvarmning i Ilulissat i forhold til det gennemsnitlige niveau.

2016	Antal huse (-)	Bebygget areal (m ²)	Opvarmning (TJ)
Olie	1.498	101.585	138
Fjernvarme	73	16.404	7
Afbrydelig elvarme	88	13.655	8
Total	1.659	131.644	153

Tabel 2. Oversigt over antallet af boliger, opvarmningsform og energiforbrug i Ilulissat i 2016. Boligarealet for olieopvarmning er et estimat.

Opvarmningsbehov på 138 TJ svarer til ca. 153 TJ olie, hvis det antages at en oliekedel har en virkningsgrad på 90%.

Erhverv og offentlige services

Erhverv og offentlige services omfatter hhv. virksomheder og skoler, sygehuse, børnehjem, plejehjem mm. Energiforbruget til erhverv og offentlige services er ligesom for husholdninger ikke opgjort særskilt.

En del virksomheder og offentlige institutioner er i dag opvarmet med afbrydelig elvarme. Under etableringen af vandkraftværket, blev det vurderet, at en del af den overskydende elproduktion kunne anvendes til elvarme, når det blev udbudt som en afbrydelig kontrakt. Tilbage i 2010 blev det besluttet, at elvarme i første omgang skulle installeres hos en række større forbrugere, dvs. hos erhverv og offentlige institutioner. I alt blev der installeret afbrydelig fjernvarme hos ca. 45 større forbrugere.

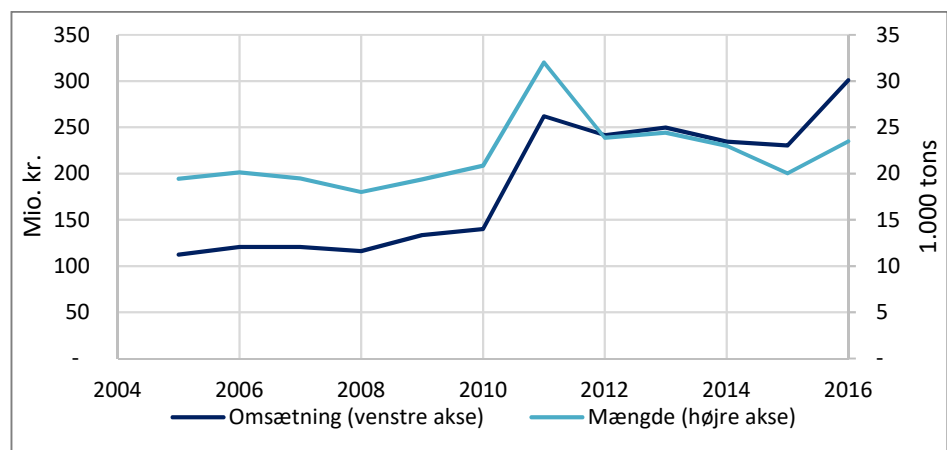
For både erhverv og offentlige services, er olieforbruget derfor faldet efter etableringen af afbrydelig elvarme. Et overslag over energiforbruget for erhverv og offentlige services er vist i Tabel 3 nedenfor.

MWh	Olie	Afbrydelig elvarme	Total
Offentlige services	3.149	4.478	7.627
Erhverv	6.851	9.741	16.592
Total	10.000	14.219	24.219

Tabel 3. Overslag over olie- og elforbrug til opvarmning for erhverv og offentlige services for 2016

Fiskeri

Fiskeri er et af de primære erhverv i Ilulissat. I perioden 2012-2016 har fiskeriet i Ilulissat omsat for 250-300 mio. kr. årligt og fanget 25-30.000 tons fisk (se Figur 5/figur 9 nedenfor).



Figur 5. Fiskeri i Ilulissat (Omsætning og mængder). Kilde: Grønlands statistik

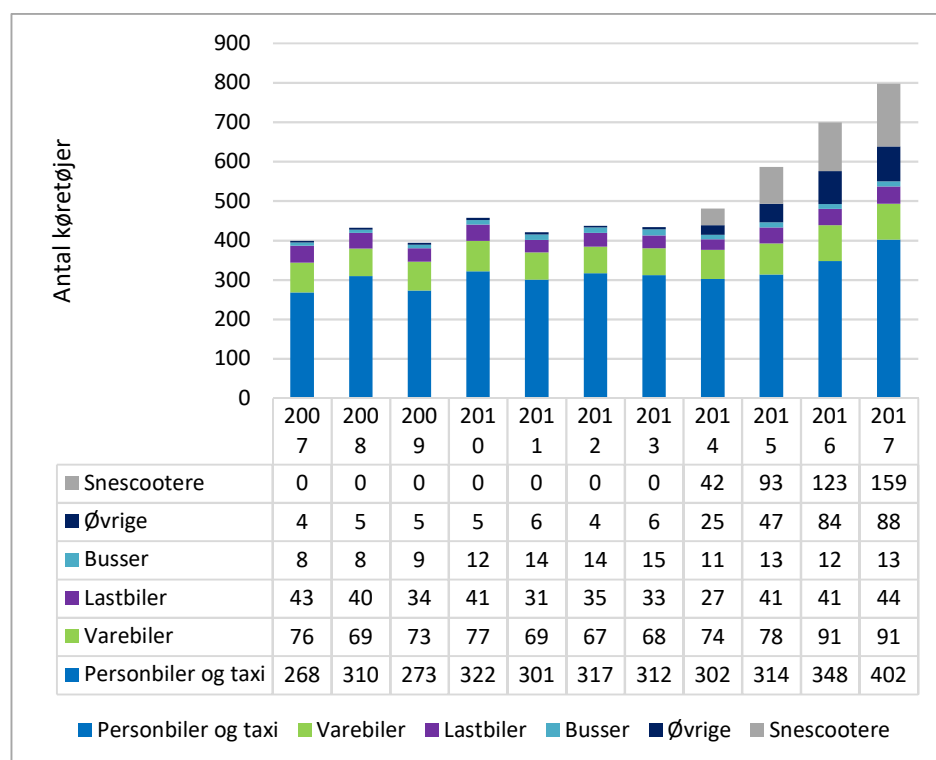
Energiforbruget til fiskeri udgør ca. 1/4 af alt energiforbrug i Ilulissat og udgjorde i 2016 totalt set 157 TJ. Heraf er ca. 15% elforbrug og de resterende 85% olieforbrug. Olieforbruget dækker bunkring, skibsfart, fiskeri, fiskefabrikker og rederi.

Energiforbruget til fiskeri er svært substituerbart med el, da det primært anvendes til både og skibsfart. El- og brintfiskerbåde eksisterer, men er på så tidligt et udviklingsstadium, at det er langt fra kommercielt., og derfor ikke anses som en reel mulighed. Alternativt kunne landstrøm til fiskerbåde være en mulighed. Det er imidlertid tidligere blevet undersøgt i Nuuk, hvor det viste sig ikke at være rentabelt. (DNL, 2016)

Vejtransport

I 2017 var der i alt ca. 800 køretøjer i Ilulissat. Heraf var der 333 personbiler, 159 snescootere, 91 varebiler, 44 lastbiler, 13 busser og 88 øvrige køretøjer (bl.a. udrykningskøretøjer og entreprenørmaskiner). I perioden 2007-2013 har

køretøjsbestanden været forholdsvis konstant på godt 400 køretøjer, mens der i perioden 2014-2017 er sket næsten en fordobling af antallet af indregistrerede køretøjer. Stigningen skyldes primært, at snescootere først figurerer i statistikken fra 2014, som ikke nødvendigvis betyder, at snescootere ikke har eksisteret før. Derudover er øvrige køretøjer (herunder primært entreprenørmaskiner) steget meget i perioden. Indbyggertallet har i samme periode været konstant ca. 4600.



Figur 6. Antallet af indregistrerede køretøjer i Ilulissat i perioden 2007-2017. Kilde: Grønlands statistik, ENEMO2DI

Der findes ikke en statistik over, hvor meget der køres i Grønland og dermed heller ikke i Ilulissat. Det samlede vejnet i Ilulissat er opgjort til 35,4 km², og det daglige kørselsbehov må derfor forventes at være kortere ture.

Energiforbruget til vejtransport er som tidligere beskrevet opgjort til ca. 30-40 TJ årligt i Ilulissat. Sammenholdes det med antallet af køretøjer svarer det i 2016 til, at hvert køretøj inkl. snescootere bruger 45 GJ svarende til ca. 1.200 liter diesel. Det er uklart, hvor meget køretøjer i Ilulissat anvender i gennemsnit, men antages det, at det ligger på i størrelsesordenen 5-10 km/l i gennemsnit svarer det til, at hvert køretøj kører 6-12.000 årligt. Det virker

² (Grønlands Statistik, 2017)

umiddelbart som et højt niveau taget i betragtning af vejnettets størrelse. Sammenlignes dette med hele Grønland er niveauet faktisk marginalt lavere, idet det gennemsnitlige køretøj i 2016 brugte 51 GJ eller 1.450 liter diesel. I den sammenhæng ligger niveauet i Ilulissat derfor på et acceptabelt niveau.

Konvertering fra konventionelle brændsler til el, vil for transporten kun være relevant for personbiler, varebiler og busser. For øvrige køretøjer (og snescootere) findes der ikke på samme måde relevante eldrevne alternativer.

Energiforbruget til søtransport og luftfart anses her ikke som relevante at konvertere til elforbrug.

Konverteringspotentiale

Overskudsel kan udnyttes ved at konvertere en del af det eksisterende energiforbrug til elforbrug eller ved at tiltrække nyt forbrug. Forbruget af olieprodukter udgør i den sammenhæng et konverteringspotentiale.

Det samlede konverterbare energiforbrug kan her opgøres ud fra ovenstående kategoriseringer af olieforbruget i Ilulissat. Olie til opvarmningsformål og brændstof til personbiler og varebiler anses som reelle muligheder for konvertering af det eksisterende energiforbrug i Ilulissat, mens olieforbrug til fiskeri, søfart, luftfart samt brændstof til andre køretøjer end person- og varebiler anses for ikke konverterbare. Derudover er olieforbruget til el- og varmeproduktion heller ikke muligt at konvertere.

2016	Estimat (TJ)
Konverterbart olieforbrug	
Olie til individuel opvarmning - husholdninger	153
Olie til individuel opvarmning - erhverv og off. services	36
Brændstof til vejtransport	26
I alt konverterbart	216
Ikke konverterbart olieforbrug	
Fiskeri	133
Søtransport	31
Luftfart	41
Vejtransport	15
El- og varme back-up	2
I alt ikke konverterbart	222

Tabel 4. Oversigt over konverterbart og ikke konverterbart olieforbrug i Ilulissat. Bemærk resultatet baserer sig på en række forudsætninger om, hvordan forbruget fordeler sig, som er behæftet med usikkerhed.

3 Produktionspotentiale i Ilulissat

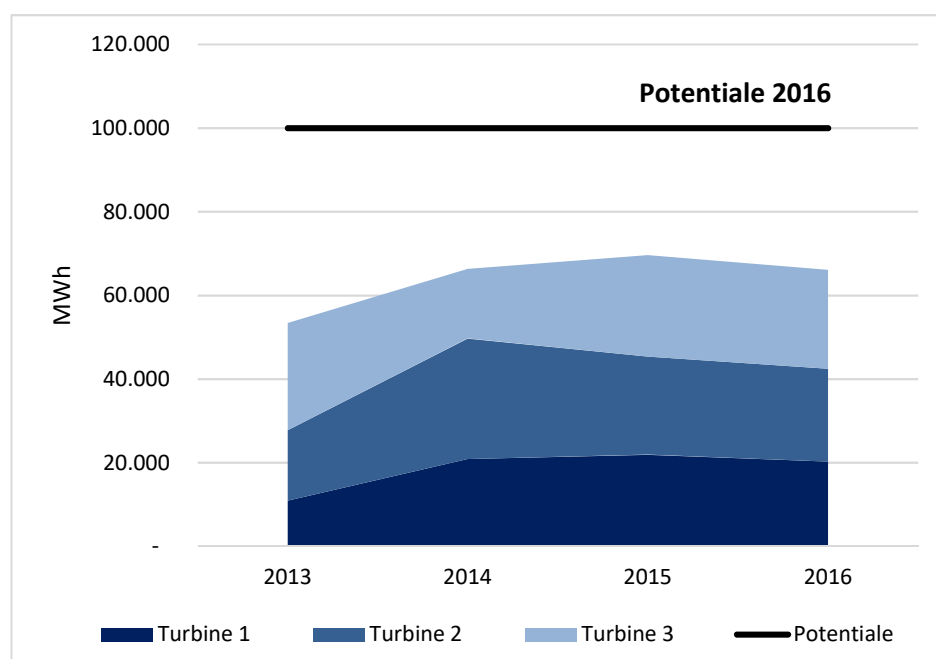
Vandkraftværket ved Ilulissat forsyner byen med el og bidrager til den lokale fjernvarmeforsyning, idet en stor del er elvarme. Vandkraftværket har en samlet kapacitet på 22,5 MW, og i dag udnyttes værkets fulde kapacitet langt fra.

Her gennemgås det uudnyttede potentiale, back-up behovet og økonomien ved at udvide elforbruget i Ilulissat.

Produktionspotentiale

Vandkraftværket Paakitsoq blev indviet i 2012 og var i fuld drift fra 2013. Det har en samlet kapacitet på 22,5 MW fordelt på 3 turbiner a 7,5 MW. Ved fuldlast (8000 timer) kan værket derfor producere ca. 180.000 MWh årligt, men produktionen er begrænset af reservoir-beholdningen om vinteren, og kan derfor ikke levere fuldlast hele året. Landsvirkjun vurderer på baggrund af modelberegninger af værket, at der kan produceres ca. 100.000 MWh årligt uden at forholdet mellem belastning og produktion forringes væsentligt. Det svarer til at der produceres el ved fuldlast i ca. 4700 timer årligt.

Siden værket kom i drift har det produceret 50-70.000 MWh årligt. Det svarer til en udnyttelse på 45-65% af produktionspotentialet, og en del af værkets kapacitet udnyttes således ikke i dag. Figur 7 illustrerer produktionen og potentiale fra 2013-2016. Det årlige potentiale for udnyttelse af overskudsel er således ca. 30.000 MWh årligt, når der tages udgangspunkt i 2016.



Figur 7. Vandkraftværkets årlige produktion og produktionspotentiale 2013-2016

Da vandkraftværket er placeret 45 km fra Ilulissat er der et transmissionstab forbundet med at levere el til forbrugerne. Transmissionstabet har ligget på ca. 2.500 MWh årligt i perioden 2014-2016 svarende til knap 4% af produktionen. Derudover er der et lokalt distributionstab, som ikke er medregnet her. Sammenhængen mellem produktion, forbrug og uudnyttet potentiale er opsummeret i tabellen nedenfor, når det antages, at der kunne produceres 100.000 MWh el i perioden 2014-2016. Idet sø 233 gradvist er udvidet, vil det uudnyttede potentiale være mest retvisende for 2016.

MWh	2013	2014	2015	2016	2017*
Elproduktion	53.420	66.300	69.664	66.080	43.016
Transmissionstab	2.885	2.555	2.593	2.318	1.465
Leveret el til Ilulissat	50.535	63.745	67.071	63.762	41.551
Udnyttet potentiale	-	31.145	27.743	31.602	13.769

Tabel 5. Elproduktion og -forbrug samt uudnyttet potentiale (MWh), *Indeholder kun produktion for perioden januar til juli 2017

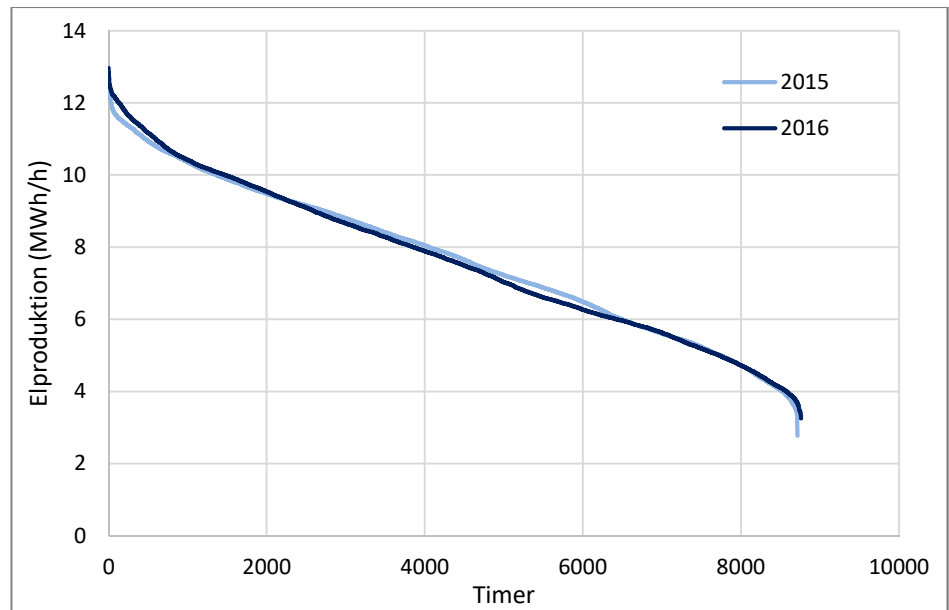
Back-up behov

For at kunne udnytte overskudsstrøm, vil det kræve, at der kommer nyt elforbrug til Ilulissat. I den forbindelse, er det nødvendigt at kigge på, om nyt elforbrug vil udfordre behovet for back-up kapacitet til at kunne dække elforbruget. Derfor undersøges det her, hvad back-up behovet består i, og hvilke back-up kapaciteter og systemer, der gør sig gældende i Ilulissat.

Spidslast

El-spidslastbehovet udgøres af elforbruget i den time på året med det højeste elforbrug. Varighedskurven i Figur 8 viser elproduktionens fordeling over årets timer for 2015 og 2016 sorteret fra højeste til det laveste forbrug.

Produktionen tilpasses efterspørgslen på el, og en tilsvarende kurve for forbruget vil derfor have samme form, men ligge marginalt lavere pga. nettab. Kurven viser, hvor stor variation, der kan være i elforbruget (produktionen) hen over året. I 2015 udgjorde elforbruget i den højeste time 13 MW og i 2016 udgjorde den 12,5 MW. Hvis det alene er vandkraftværket, der forsyner forbruget betyder det, at 55%-60% af kapaciteten udnyttes i spidslastperioden.



Figur 8. Varighedskurve for Ilulissat: Elproduktionen på timeniveau fordelt fra højeste til laveste niveau. Kilde: Nukissiorfiit, produktionsdata for vandkraftværket

En af de større udfordringer ved at øge elforbruget i Ilulissat er en mulig stigning i spidslastbehovet og dermed også en stigning i back-up behovet. Når vandkraftværket er ude, dvs. ikke producerer, skal back-up kapaciteten kunne dække elforbruget. Optimalt set vil back-up kapaciteten skulle kunne dække el-efterspørgselen på alle tidspunkter, dvs. også i den højeste time.

En del af elforbruget i Ilulissat består imidlertid af el til varmeproduktion, som beskrevet har egne back-up systemer og kan afbrydes, når elproduktionen er knap. Det gælder både el til fjernvarmeverkerne og el til afbrydelig elvarme. På fjernvarmeverkerne er der oliebaseret back-up af alle elkedler. Derudover sælges en del af fjernvarmen som afbrydelig fjernvarme, hvor den enkelte har ansvaret for back-up. Dertil kommer, at elvarmekunder i Ilulissat alle er afbrydelige, og det derfor ikke er nødvendigt med en central el-back up til at forsyne disse.

Back-up el-kapacitet

Foruden vandkraftværket med en kapacitet på 22,5 MW findes der i byen back-up-el-kapacitet, der skal dække el-behovet, når vandkraftværket er ude. Back-up-kapaciteten består af 3 dieselgeneratorer:

- Dieselgenerator fra 2010: 4,2 MW
- Dieselgenerator fra 1991: 3,22 MW
- Dieselgenerator fra 1986: 1,93 MW

Dvs. i alt 9,35 MW installeret el-kapacitet. Dieselgeneratorerne fra 2010 og 1991 står på kraftvarmeværket, mens generatoren fra 1986 er placeret i det gamle elværk. Det er planen, at det gamle elværk skal fjernes, men det forventes, at reservekapaciteten opretholdes ved at overføre en container-el-generator fra en anden by (Paamiut). Dvs. back-up el-kapaciteten vurderes uændret fremover.

Idet el-spidslastforbruget er opgjort til ca. 12,5-13 MW kan el-back up systemet ikke umiddelbart dække spidslast-el-behovet. Det skal imidlertid ses i sammenhæng med, at fjernvarmesystemet og elvarme-forbrugerne har egne back-up kapaciteter. Idet størstedelen af elforbruget anvendes til at producere varme, er behovet for el-back-up derfor langt lavere end de 12,5-13 MW, som udgør det højeste timelige elforbrug i Ilulissat.

Fjernvarmekapacitet

Fjernvarmen i Ilulissat er opdelt på 2 fjernvarmenet: Et større sammenhængende system og et mindre net. Fjernvarmen på det større vandbårne net produceres fra 3 varmecentraler, som alle producerer varme fra elkedler med oliekedler som back-up. Der er i alt 10,3 MW varmekapacitet på det større fjernvarmenet, hvoraf 6,4 MW er fra elkedler, 2,9 MW er fra oliekedler og 1 MW er overskudsvarme fra dieselgeneratoren, som kun er tilgængelig, når dieselgeneratoren er i drift til elproduktion. På det lille fjernvarmenet er der i alt 1,65 MW varmekapacitet (+ evt. noget affald) fordelt på 450 kW fra en elkedel og 1,22 MW fra oliekedler. Tabel 6 opsummerer eksisterende varmeproducerende enheder i Ilulissat.

kW_{varme}	Kedler	Elkedler	Oliekedler
Større fjernvarmenet			
Varmeværk B738	1 el + 2 olie	600 kW	2 x 580 = 1.160 kW
Varmeværk B499	3 el + 3 olie	3 x 600 = 1.800 kW	3 x 580 = 1.740 kW
Dieselværket og overskudsvarme	1 el + overskudsvarme	4.000 kW	1.000* kW
I alt større net	5 el + 5 olie	6.400 kW	3.900 kW
Lille fjernvarmenet			
Varmeværk B1440	1 el + 3 olie	450 kW	290 + 2 x 465 = 1.220 kW
I alt lille net		450 kW	1.220 kW

Tabel 6. Oversigt over eksisterende kedler til fjernvarmeproduktion i Ilulissat. Kilde: Nukissiorfiit.
*Overskudsvarme fra dieselgeneratoren

Det fremgår heraf, at elvarmekapaciteten overstiger kapaciteten på oliekedlerne på det større fjernvarmenet. Fjernvarmespidslastbehovet, er imidlertid ikke kendt, og det er derfor ikke muligt at afgøre, om oliekedlerne til fjernvarme back-up er tilstrækkelige til at dække fjernvarmebehovet i den time med højest fjernvarmeforbrug.

Afbrydelig elvarme

Der eksisterer foruden elbaseret fjernvarme også afbrydelig elvarme. Den afbrydelige elvarme er individuelle forbrugere, som har en lokal elkedel til varmforsyning, og som indgår en kontrakt med Nukissioffiit om at deres elforsyning kan afbrydes, når Nukissioffiit finder det nødvendigt. Afbrydelige elvarmekunder takseres lavere end øvrige elvarmekunder, fordi de selv har ansvaret for back-up. Det vil typisk være i form af en lokal installeret oliekedel.

I Ilulissat er der i alt 9.125 kW installeret elvarme, hvor der findes en afbrydelig kontrakt. Det dækker over 7.545 kW elvarme, som Nukissioffiit fra central hånd kan afbryde og 1.580 kW, som Nukissioffiit manuelt kan afbryde. Tabel 7 viser, hvordan afbrydelige elvarmeinstallationer fordeler sig på kundegrupper. Fordelingen er lavet skønsmæssigt ud fra en oversigt over eksisterende kontrakter.

kW	Centralt afbrydelig	Manuelt afbrydelig	Total
Husholdninger	2.550	75	2.625
Erhverv	2.585	1.340	4.205
Offentlige services	1.455	165	1.620
Lufthavn	375		675
Total	6.965	1.580	8545

Tabel 7. Oversigt over afbrydelig elvarme eksklusiv elkedler til fjernvarmeproduktion i Ilulissat. Fordeling på kategorier er lavet skønsmæssigt

Back-up oversigt

Da elforbruget til varmeproduktion udgør ca. 2/3 af det gennemsnitlige elforbrug, er behovet for el-back-up derfor langt lavere end de 12,5-13 MW, som spidslast-elforbruget i dag udgør i Ilulissat. For præcis at vurdere, hvor meget af det ikke afbrydelige elforbrug udgør af el-spidslasten, ville det være nødvendigt at kende fordelingen af elforbruget på timebasis. Det har imidlertid ikke været muligt at få en tilstrækkelig detaljeret opgørelse af elforbruget på timebasis, og derfor er der lavet et estimat ud fra det

gennemsnitlige elforbrug på årsbasis baseret på 2016. Estimatet er stillet op i tabel 8 nedenfor.

MW	Spidslastforbrug 2016
El-spidslast	13,0 MW
Heraf fjernvarme (inkl. afbrydelig fjernvarme)	3,2 MW
Heraf afbrydelig elvarme	4,7 MW
El-spidslast ikke afbrydelig	5,1 MW
Eksisterende back-up	9,4 MW
Potentiale for nyt ikke afbrydeligt elforbrug	4,3 MW

Tabel 8. Estimat af el-spidslastforbrug i Ilulissat samt potentiale for, hvor meget ikke afbrydeligt elvarme, der kan indføres i Ilulissats el-system

Det ikke afbrydelige el-spidslastforbrug udgjorde med den anvendte metode 5,1 MW i 2016. Idet den eksisterende back-up kapacitet er 9,35 MW, vil der derfor i princippet være potentiale for ca. 4,3 MW nyt ikke-afbrydeligt elforbrug. Nukissiorfiit oplyser imidlertid, at det kan være problematisk at regulere effekten, og at alle dieselgeneratorer ikke er til rådighed samtidig. Det vil derfor være nødvendigt at belyse back-up nærmere før, der udvides med nyt ikke afbrydeligt elforbrug. Det er ydermere nødvendigt, at nyt elforbrug ikke overstiger det samlede potentiale på ca. 30.000 MWh årligt.

Det skal dog bemærkes, at der her er tale om et estimat. Det er sandsynligt, at der findes timer, hvor forbruget af ikke-afbrydelig el er højere end dens proportionale andel på årsbasis, men det er mindre sandsynligt, at det er tilfældet i timer med meget højt elforbrug. Varmeforbruget er væsentligt mere sæsonafhængigt, og det er derfor sandsynligt, at spidslastforbruget afspejler en høj varmeefterspørgsel. Det indikerer, at det ikke-afbrydelige el-spidslastforbrug på 5,1 MW er i den høje ende, og udgør dermed et konservativt estimat.

Økonomi

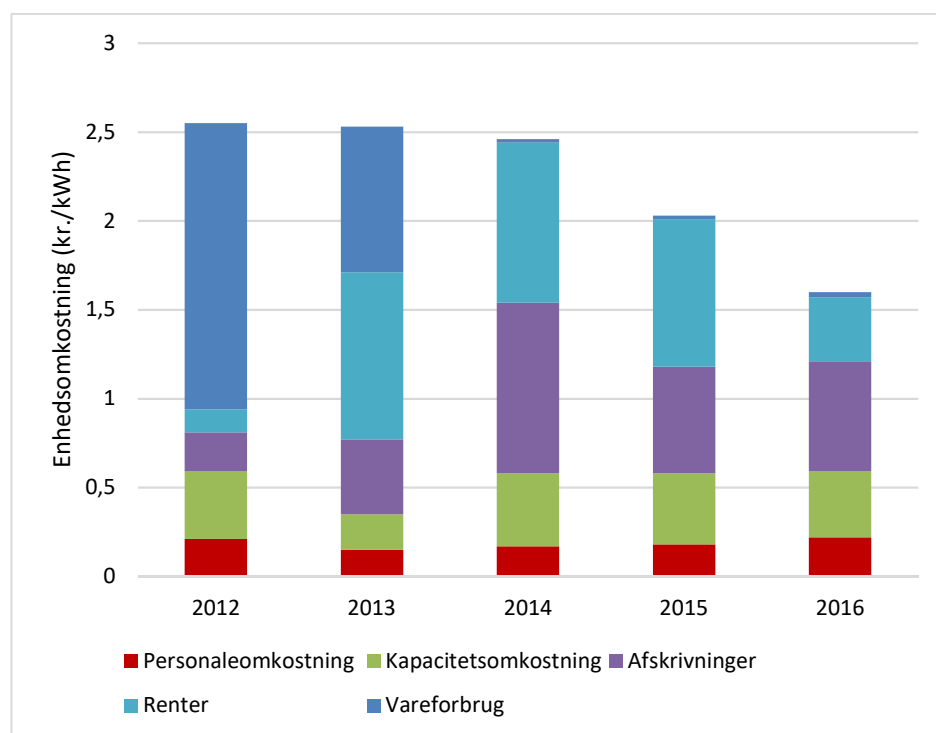
Produktionen af el fra vandkraft er forbundet med store faste omkostninger og kun en lille del variable omkostninger. Det betyder, at marginalomkostningen ved at producere mere el er meget lille (ca. 0). Udnyttelse af en større produktion fra vandkraftværket ville derfor kunne betyde, at de gennemsnitlige omkostninger til at producere el i Ilulissat ville falde. Idet priserne på el og varme fastsættes årligt af Nukissiorfiit, vil en udvidelse af el-afsætningen kunne medføre en betydelig merindtægt for

Nukissiorfiit. Det afhænger dog til en vis grad af, hvordan elforbruget udnyttes.

Her gennemgås kort omkostningerne til at producere el i Ilulissat samt indtægtsmulighederne for Nukissiorfiit ved at udnytte det fulde potentiale på vandkraftværket.

El- og varmeproduktionsomkostninger

Nukissiorfiit opgør årligt enhedsomkostningerne forbundet med at producere el og varme for hver by og bygd i Grønland. Enhedsomkostningerne for elproduktion til lys og kraft i Ilulissat er vist i Figur 9 nedenfor. Omkostningen var i perioden 2012-2014 ca. 2,5 kr./kWh, som faldt til ca. 2 kr./kWh i 2015 og yderligere til 1,6 kr./kWh i 2016.

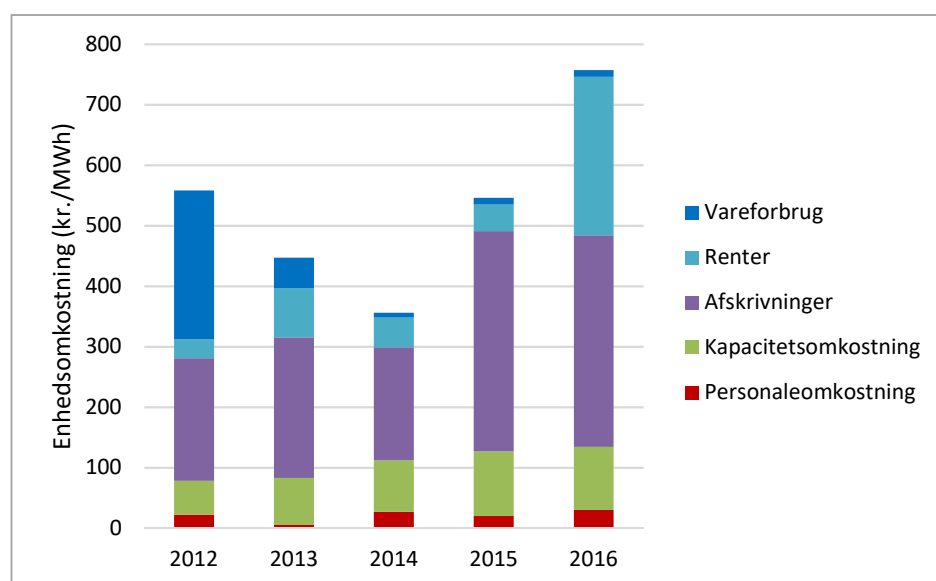


Figur 9. Enhedsomkostninger forbundet med at producere el til lys og kraft i Ilulissat. Kilde: Nukissiorfiits fordelingsregnskaber 2012-2016

Enhedsomkostningen opdeles på omkostninger til vareforbrug, personale, kapacitet, afskrivninger og renter. Vareforbruget afspejler primært brændselsforbruget, som for Ilulissat næsten er helt bortfaldet efter idriftsættelsen af vandkraftværket. Kapacitetsomkostningerne afspejler alle omkostninger til transmission og distribution af el samt omkostninger til det eksisterende back-up system i form af dieselgeneratorer i Ilulissat.

Afskrivninger og renter afspejler delvist kapitalomkostningerne til vandkraftværket, men indeholder også en delmængde af Nukissiorfiits samlede kapitalomkostninger.

Varmeproduktionsomkostningerne for fjernvarmeproduktion er vist i Figur 10 nedenfor. Den fordeler sig på samme poster, men fordeler sig noget anderledes. I modsætningen til el-produktionsprisen er varmeproduktionsomkostningen steget i perioden 2014-2016. Det skyldes, en stigning i afskrivninger og renter.



Figur 10. Enhedsomkostningen ved at producere fjernvarme i Ilulissat. Kilde: Nukissiorfiits fordelingsregnskaber 2012-2016

El- og varmepriser

Nukissiorfiit fastsætter årligt priser for el, vand og varme for alle forbrugere i Grønland, som godkendes af den grønlandske regering (Naalakkersuisut).

Nukissiorfiit fastsætter 4 forskellige takster for el:

- El til almindeligt forbrug
- El til fiskeindustri
- Elvarme
- Afbrydelig elvarme

Elprisen til almindeligt forbrug afspejlede i 2017 som udgangspunkt omkostningen til at producere el i en by eller bygd, men er underlagt en årligt fastsat minimums- og maksimumspris. Hvis enhedsomkostningen, som vist i

ovenstående afsnit ligger inden for spændet af minimums- og maksimumsprisen, fastsættes elprisen som enhedsomkostningen. Alternativt vil elprisen være minimums- eller maksimumsprisen, hvis enhedsomkostningen ligger hhv. under eller over prisspændet. I 2017 er minimumselprisen 1,63 kr./kWh og maksimumsprisen er 3,25 kr./kWh. I Ilulissat ligger prisen i mellem dette spænd på 2,5 kr./kWh i 2017.

I 2017 blev det vedtaget at gennemføre en prisreform af prissætningen for el i Grønland, som indebar en genindførelse af enspriser på el. Fra 2018 vil der kun være én elpris i Grønland for almindelige el-forbrugere af el til lys og kraft, som i 2018 er fastsat til 1,6 kr./MWh for alle byer og bygder i Grønland. Prisen gælder for el til almindeligt elforbrug, dvs. lys og kraft for husholdninger og alle erhverv bortset for fiskeindustrien. Fiskeindustrien fik før reformen en reduceret takst på 41,5% af den lokale elpris. Dette princip fastholdes med elprisreformen, således at fiskeindustrien fortsat betaler 41,5% af elproduktionsomkostningerne lokalt. Elvarmeprisen bestemmes ud fra varmeprisen.

I dag fastsættes der for prisen på el årligt en minimumspris og en maksimumspris for, hvad der må opkræves for el. Samtidig opgøres årligt enhedsomkostningen ved at producere og levere én kWh el for hver by og bygd. Såfremt enhedsomkostningen i en by ligger under den fastsatte minimums- og under den fastsatte maksimumspris, betales lokalt den omkostningsægte pris.

2018	Enhed	2017	2018
El til lys og kraft (kunde-gruppe 1)	kr./kWh	2,5	1,6
El til fiskeri mm. (kunde-gruppe 2)	kr./kWh	1,03	1,04
Fast elvarme	kr./kWh	0,77	0,77
Afbrydelig elvarme	kr./kWh	0,71	0,71
Fjernvarme	kr./MWh	770	770
Afbrydelig fjernvarme	kr./MWh	710	710

Tabel 9. Aktuelle priser på el og varme i Ilulissat

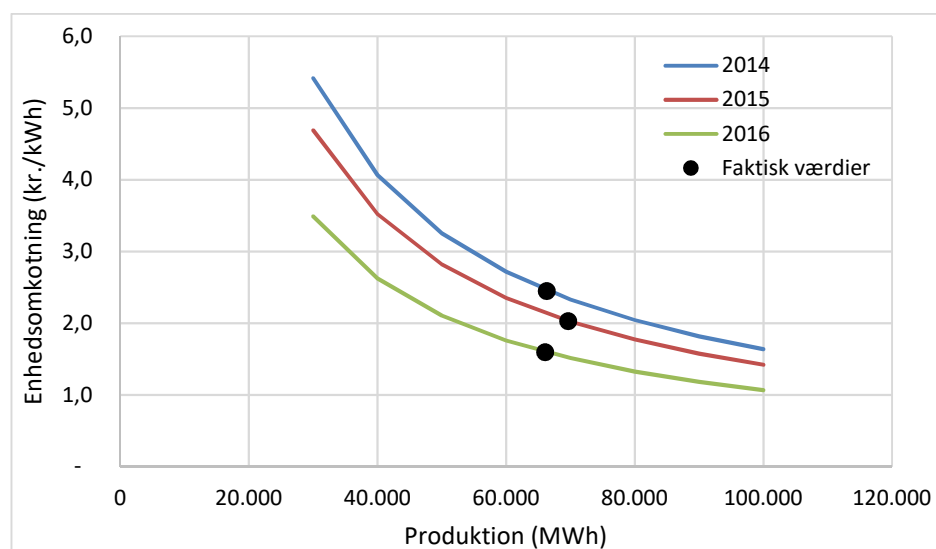
Nukissiorfiit fastsætter landsdækkende varmepriser, som både gælder for forsyning af fjernvarme og elvarme. Ved fastsættelsen af varmeprisen skelnes der mellem, om varmeleverancen kontraktmæssigt er afbrydelig, dvs. om back-up ansvaret ligger hos Nukissiorfiit eller hos varmekunden selv, hvor de afbrydelige kontrakter har en lavere pris. I 2017 var prisen for ikke afbrydelig varme 770 kr./MWh, dvs. fjernvarme og fast elvarme. Prisen på afbrydelig

varme var 710 kr./MWh i 2017 for både afbrydelig fjernvarme og afbrydelig elvarme. Priserne er gældende for alle byer og bygder i Grønland.

Prissætningen på varme baserer sig på et oliesubstitutionsprincip, hvor prisen bestemmes af, hvad det alternativt ville koste at dække varmebehovet med en individuel oliekedel. Ifølge den grønlandske regering er det problematisk at prissætte varmen, fordi den er et restprodukt fra elproduktion, og fordi det vil kræve at kraftvarmeanlæggets fællesomkostninger som fx afskrivninger og renter fordeles på el- og varmesiden. (Naalakkersuisuts, 2012).

Økonomiske konsekvenser af øget forbrug

På baggrund af de oplyste enhedsomkostninger for årene 2014, 2015 og 2016, er det muligt at udlede, hvordan de historiske enhedsomkostninger ville have afhængt af produktionen. Resultatet fremgår af Figur 11. I og med langt størstedelen af omkostningerne består af faste betalinger, vil de samlede produktionsomkostninger falde betydeligt, når produktionen øges. Hvis hele vandkraftværkets kapacitet udnyttes, og der produceres 100.000 MWh, kunne enhedsomkostningen reduceres fra 1,6 kr./kWh i 2016 til ca. 1 kr./kWh svarende til en reduktion på 38%. Det antages her, at alle faste omkostninger fastholdes.



Figur 11. Estimat af enhedsomkostningen som funktion af produktionen på vandkraftværket, Paakitsoq. Kurverne er afledt de faktiske årlige omkostninger

4 Afsætningsmuligheder

Overskudsel kan udnyttes ved enten at konvertere en del af det eksisterende energiforbrug til elforbrug eller ved at tiltrække nyt elforbrug til Ilulissat. Her analyseres følgende udnyttelsesmuligheder:

1. Elektrolyseanlæg til produktion af brint
 - a. Kraftvarmeanlæg i andre byer
 - b. Brint til transport
2. Konvertering af olieopvarmning til afbrydelig el-opvarmning
3. Elektrificering af lokaltrafik
4. Tiltrække energitung industri

Ved investering i afbrydelig elvarme og elektrificering af vejtransport konverteres olie til el, mens tiltrækning af energitung industri vil medføre et øget energiforbrug i Ilulissat. Brint vil i Ilulissat betyde et øget energiforbrug, men erstatter olieforbrug i andre grønlandske byer eller bygder, som samlet set vil være en konvertering til elforbrug.

Her gennemgås de enkelte afsætningsområder med fokus på de tekniske og økonomiske forhold og på elforbrugspotentialet.

Brint

Når brint produceres på et elektrolyseanlæg fra VE-baseret elproduktion vil det udgøre et fleksibelt VE-brændsel med potentiale for erstatning af fossile brændsler. Elprisen udgør ubetinget den største omkostningspost for elektrolysebaseret brintproduktion, og muligheden for at aftage el til en lav pris kan gøre brint attraktiv. Elektrolyseanlæg kan let afbrydes, og produktionen kan dermed tilpasses elforbruget i Ilulissat, så der produceres brint, når efterspørgslen efter el i øvrigt er lav.

Elektrolyseanlæg til produktion af brint er imidlertid forholdsvis dyre, og de fleste teknologier til anvendelse af brint er relativt umodne. Energitalet ved brintproduktion, transport og afsætning kan ydermere være forholdsvis stort, som i nogle tilfælde kan resultere i, at kun 20% af energien udnyttes i sidste ende. Til håndteringen af brint vil det desuden kræve ekstra sikkerhedsforanstaltninger, som kan være omkostningstungt.

Produktion af brint ved elektrolyse

Elektrolyse er en elektrokemisk proces, hvor vand spaltes til ilt og brint, når der tilføres en elektrisk strøm. Processen foregår i en elektrolysecelle, som

består af en negativ og en positiv elektrode, der er adskilt og anbragt i en saltholdig vandopløsning. Der findes forskellige teknologier til at adskille elektroderne. Der i dag særligt er tre teknologier i spil:

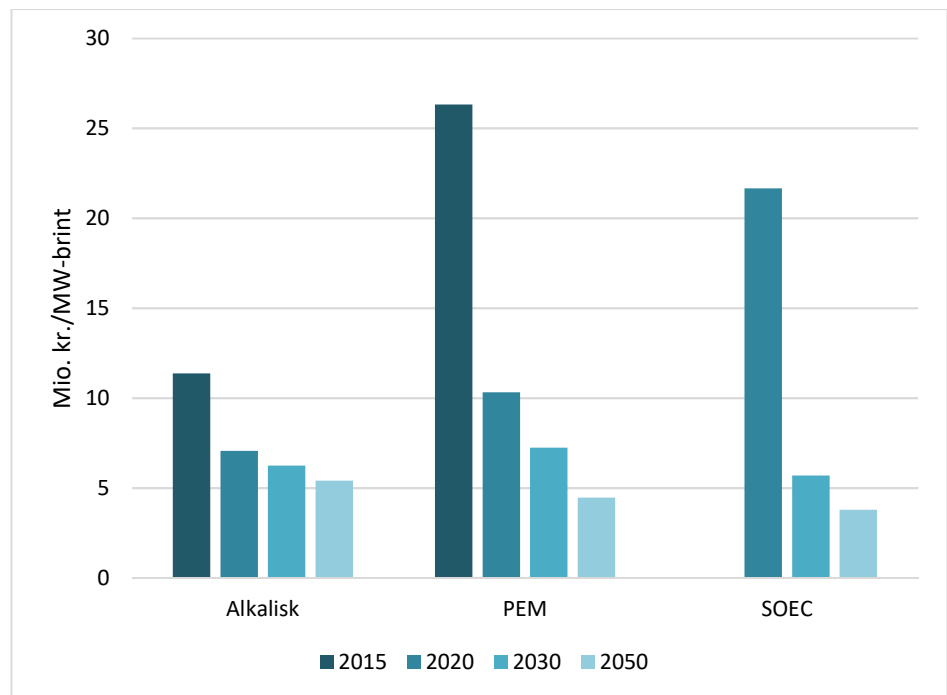
- Alkaliske anlæg
- PEM-anlæg
- SOEC-anlæg

Alkaliske anlæg er kendt teknologi, og er den mest udbredte teknologi kommercielt, men er udfordret af, at virkningsgraden er forholdsvist lav. Der er dog en række igangværende F&U aktiviteter, som sigter mod at øge effektiviteten og desuden nedbringe omkostningerne, bl.a. ved at producere modulære anlæg.

Med PEM-teknologien sker adskillelsen med en protonudvekslende membran placeret i midten af elektrolysecellen. PEM-elektrolyseanlæg er i dag på prækommercielt niveau og har potentiale for at blive billigere end alkaliske anlæg. Der er en forventning om, at PEM kan nedbringe både D&V-omkostninger og investeringsomkostningen, mens alkaliske anlæg ikke har samme udviklingspotentiale. (Dansk Energi, 2016)

I SOEC anlæg sker processen ved forholdsvis høje temperaturer, og anlægget har demonstreret højere virkningsgrader end både PEM og alkaliske anlæg og på sigt også kan blive billigere. Hvis teknologien udvikles til et kommercielt niveau kan der opnås virkningsgrader på op til 80%. SOEC anlæg er der dog i dag endnu på demonstrationsstadiet.

Som en del af EUDP-projektet 'Kommercialisering af brintteknologier' er der udarbejdet et teknologikatalog, hvor de tekniske og økonomiske forhold for en række brintteknologier er fremskrevet. De forventede omkostningsreduktioner som følge af teknologiske fremskridt er vist i Figur 12 nedenfor.



Figur 12. Forventet udvikling investeringsomkostningen pr. MW-brint ved investering i et 1 MW-elektrolyseanlæg med hhv. alkalisk, PEM eller SOEC-teknologi (faste priser). Kilde: (Energistyrelsen, 2016)

Anvendelsesmuligheder

Brint produceret ved elektrolyse i Ilulissat kan anvendes til:

- Brint til transport
- El- og varmeproduktion i nærliggende by eller bygd

Brint til transport

Brint til transport dækker både over brint til vejtransport og brint til søfartøjer. Anvendelsen af brint til vejtransport er udfordret af, at udvalget af tilgængelige køretøjer på markedet er begrænset og merprisen betydelig. Indenfor personbiler har Toyota, Hyundai og Honda markedsført brintdrevne personkøretøjer. Inden for erhvervstransport er udvalget af brintdrevne køretøjer endnu mere begrænset. Ifølge Energistyrelsens analyse 'Alternative drivmidler' fra 2016 er brintbilen i dag ca. 50% dyrere pr. kørt km sammenlignet med en konventionel bil. (Energistyrelsen, 2016)

En brintbil er grundlæggende det samme som en elbil, men med et brintlager og en brændselscelle til at forlænge rækkevidden. I Ilulissat er transportafstandene imidlertid så begrænsede, at eldrevne køretøjer vil give tilstrækkelig rækkevidde i næsten alle sammenhænge. Fordelen ved brint kan imidlertid være, at brinten kan produceres, når der er overskud i systemet, og

der i forbindelse med opladningen, derfor ikke er behov for at forstærke el-systemet. Omdannelsen af el til brint, og derefter brint til el i en brændselscelle i brintbilen, vil imidlertid blot føre til større tab sammenlignet med elbiler, og fleksibiliteten i brint vurderes ikke at være tilstrækkeligt til at godtgøre de økonomiske meromkostninger, der er ved brint fremfor el.

Det er også en mulighed at anvende brint til fiskefartøjer. Island har haft et ønske om at omstille sin fiskeriflåde til brint, men efter finanskrisen blev Islands visioner om at overgå til et brintbaseret system indstillet. Omstilling af fiskefartøjerne er derfor ikke påbegyndt, og erfaringerne med anvendelse af brint i indenfor det maritime område er meget begrænsede. I Ilulissat anses det derfor ikke som realistisk at omlægge søfarten til brint med så begrænsede erfaringer, som der er i dag.

Brint til kraftvarme

Den mest oplagte afsætningsmulighed for brint er anvendelsen i mini-kraftvarmeanlæg i andre grønlandske byer, hvor brint kan erstatte olie til elproduktion. Brinten produceres i Ilulissat, lagres og transporteres til en nærliggende by. Her er Aasiaat en relevant mulighed, idet Aasiaat med et elforbrug på ca. 11.000 MWh el om året har en tilstrækkelig størrelse til, at der kan afsættes nok brint.

Inden for el/kraftvarmeproduktion kan brint finde anvendelse i

- brændselsceller
- forbrænding i eksisterende dieselmotorer eller
- forbrænding i deciderede brintgasmotorer.

Til at belyse mulighederne for el- og varmeproduktion med brint er erfaringer fra bl.a. Siemens inddraget for at undersøge, hvilke teknologier kommercielle aktører i øjeblikket udvikler på.

Siemens oplyser, at de i øjeblikket har projekter med udvikling af:

- Brintgasmotor
- Brintgasturbiner

Begge teknologier anvender brint direkte i en forbrændingsproces til produktion af el, hvor der samtidig er mulighed for at udnytte overskudsvarmen til fjernvarmeproduktion. Udviklingen af teknologierne er imidlertid endnu kun på demonstrationsniveau. Siemens oplyser, at de har en prototype på en brintgasmotor med en kapacitet på 250-300 kW-el, som kunne være relevant, mens udviklingen af en brintgasturbine endnu ikke har nået prototype-niveauet.

Brintgasmotoren er væsentligt dyrere end en almindelig gasmotor (til naturgas), primært fordi materialerne i brintgasmotoren er dyrere. Siemens angiver som et overslag, at en brintgasmotor koster ca. det dobbelte af en almindelig gasmotor. Dertil kommer, at virkningsgraden af motoren er lavere end i en naturgasmotor - i størrelsesordenen 5%-point lavere.

Elforbrugspotentiale

Brint kan produceres fleksibelt på et elektrolyseanlæg og har dermed mulighed for at blive produceret, når der potentielt er et stort overskud af elproduktion på vandkraftværket. På den måde kan hele potentialet på 30.000 MWh i princippet udnyttes til brintproduktion. Da brintproduktionen er afbrydelig vil der tilmed ikke påvirke Ilulissats el-back-up behov.

Der er imidlertid to forhold, der er vigtige at medtage i overvejelser ved at investere i et brintanlæg. For det første fordeler overskudselen sig ikke ligeligt over året, men er væsentligt større i sommerhalvåret. Det betyder, at for at udnytte overskudselproduktionen fuldt ud, vil det kræve en stor installeret brinteffekt om sommeren, som ikke kan få lige så stor en udnyttelse om vinteren. For det andet er det nødvendigt at overveje, hvor meget brintproduktion, der realistisk kan afsættes til nærliggende byer og bygder. I Aasiaat vurderes der at være tilstrækkeligt elforbrug til, at al overskudsel i Ilulissat kan udnyttes gennem brint. Dvs. det samlede potentiale udgør mindst 30.000 MWh.

Økonomi

Der regnes her på et anlæg med en el-effekt på 4,35 MW, der producerer brint i 6000 fuldlasttimer årligt. Det svarer til forbruget på 26.000 MWh pr. år. Dertil kommer et elforbrug på 4000 MWh årligt til tryksætning, dvs. elforbruget udgør det samlede potentiale på 30.000 MWh. Brinten produceres i Ilulissat og anvendes i Aasiaat.

	Enhed	Værdi
El til elektrolyse	MWh	26.000
El til komprimering	MWh	4.000
Overskudsvarme	MWh	3.600
Brintproduktion	MWh	16.600
Elproduktion Aasiaat	MWh	6.500
Fortrængt olie Aasiaat	MWh	14.400

Tabel 10. Energiflow ved brintproduktion til kraftvarmeformål i nærliggende by

Brintproduktion

Omkostningerne til produktion af brint ved et alkalisk, PEM og et SOEC-anlæg sammenlignes i det følgende, hvor der fokuseres på enhedsomkostningen ved at producere brint. Beregningerne baserer sig på de økonomiske og teknologiske forudsætninger fra teknologikataloget for brintteknologier, som er udarbejdet under EUDP-projektet 'Analysis for Commercialization of Hydrogen Technologies' fra 2016.

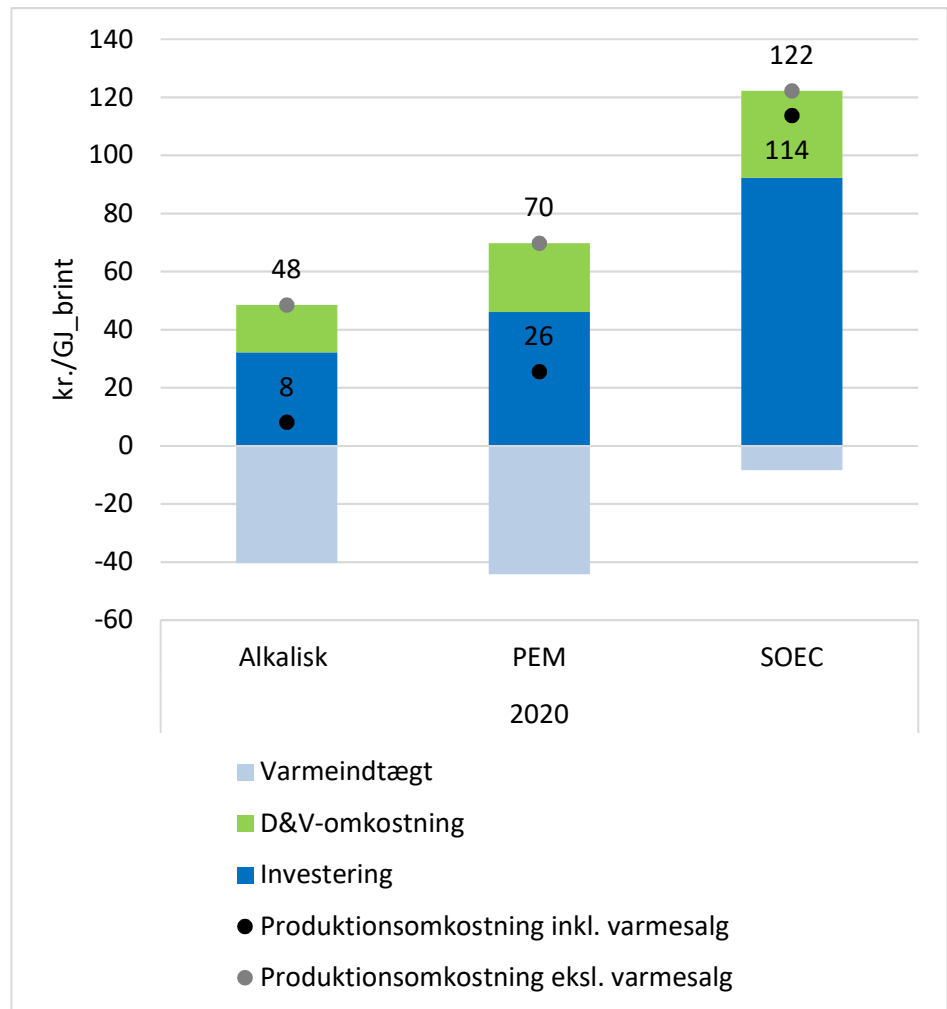
Idet det alkaliske anlæg i dag er det mest udbredte kommercielt, er det i denne sammenhæng det mest interessante, og det anlæg, hvis omkostninger er forbundet med mindst usikkerhed. PEM- og SOEC-anlægget er medtaget for dels at sammenligne teknologierne og dels for at illustrere, hvordan det kan komme til at se ud på lidt længere sigt. De tekniske og økonomiske forudsætninger for et brintproduktionsanlæg er opsummeret i Tabel 11 nedenfor.

2020	Alkalisk	PEM	SOEC
Tekniske forudsætninger			
Størrelse (MW)	4,35	4,35	4,35
Levetid	25	15	15
Brintvirkningsgrad (% af el-input)	64%	58%	76%
Varmevirkningsgrad (% af el-input)	12%	0%	3%
Fuldlasttimer	8000	8000	8000
Økonomiske forudsætninger			
Investering (Mio. kr./MW_el)	4,5	6,0	16,5
Fjernvarmetilslutning (Mio. kr./MW_el)	0,4	0,4	0,4
D&V-omkostninger (kr./år/MW_el)	225.000	300.000	495.000
Prisforudsætninger			
Realrente	4%	4%	4%
Varmepris (kr./MWh)	770	770	770

Tabel 11. Oversigt over tekniske og økonomiske forudsætninger til beregning af brintproduktionsomkostningerne

Omkostningerne til at producere brint uden omkostninger til el, lager og transport er vist i Figur 13 nedenfor. Det alkaliske anlæg har umiddelbart de laveste omkostninger, idet brint kan produceres til 48 kr./GJ, hvis overskudsvarmen ikke udnyttes og giver en nettogevinst på 8 kr./GJ, når der indregnes varmeindtægter. Det bør dog bemærkes, at varmeindtægten ikke nødvendigvis kan indregnes hele året. PEM-anlægget og SOEC-anlægget har begge højere omkostninger på hhv. 70 kr./GJ og 122 kr./GJ.

De endelige produktionsomkostninger er meget afhængige af, hvilken elpris, der indregnes. Antages en elpris på blot 10 øre/kWh stiger produktionsomkostningerne med ca. 40 kr./GJ.



Figur 13. Nettoenhedsomkostning ekskl. el-omkostning ved produktion af brint for alkaliske anlæg, PEM og SOEC

Transport og lagring

For lagring af brint i Ilulissat vil de relevante muligheder være flasker, metalbeholdere eller containere, idet brinten skal transporteres med søfart væk fra produktionsområdet til anvendelse i nærliggende byer. Der er her fokus på container-beholdere med en kapacitet på ca. 4000 Nm³ brint.

Lagerkapacitet til lagring af brint er forholdsvis dyrt, og det er derfor nødvendigt at udnytte lagerfaciliteterne bedst muligt. Des flere cyklusser en

lagerenhed kan opnå i løbet af et år, des bedre økonomi er der i lageret. Omkostningerne til lager skal imidlertid ses i sammenhæng med omkostninger til transport. Des flere gange en lagerenhed anvendes des oftere skal den transporteres og dermed stiger transportomkostningerne.

Nukissiorfiit har tilbage i 1993 undersøgt mulighederne for at distribuere brint fra vandkraftbaseret elproduktion i Buksefjorden til forsyning af andre grønlandske byer. De økonomiske og teknologiske forudsætninger i rapporten må formodes at være forældede, men overvejelserne om transportlogistikken er i denne sammenhæng interessante. Her indregnes der en uge til fyldning, en uge til transport og en uge til tømning, når brinten transporteres helt fra Paamiut til Aasiaat. På den måde vil hver gasbeholder have en cyklus på 3 uger og kan derfor udnyttes 17 gange på et år. (Nukissiorfiit, 1993).

Tages der udgangspunkt i afstanden mellem Ilulissat og Aasiaat, vil fragten udgøre 100 km pr. tur. Der er imidlertid ikke jævnlige transport mellem Ilulissat og Aasiaat, som gør den oprindelige cyklus på 3 uger et realistisk bud. Det betyder, at der skal investeres i 81 containere til at transportere brinten. Forudsætninger anvendt til at estimere lager- og transportomkostningerne er opsummeret i Tabel 12.

	Værdi
Forudsætninger lagring	
Årlig brintproduktion	69.000 GJ / 6.360.000 m ³
Daglig brintproduktion	17.400 m ³
Indhold pr. container	3.900 m ³
Cyklus pr. container pr. år	17
Antal containere	81
Omkostning pr. container	1.600.000 kr.
Omkostning kompressor	4.000.000 kr.
D&V-omkostninger pr. container pr. år	32.000 kr./år
Årlig lagringsomkostning	11.500.000 kr./år
Forudsætninger transport	
Fragt pr. container pr. gang	5.000 kr.
Håndtering i havn pr. container	1.993 kr./år
Årlige fragtomkostninger	19.300.000 kr./år

Tabel 12. Forudsætninger ved beregning af lagring og transport. Bemærk investeringsomkostningerne er i beregning af de årlige omkostninger annuieret over en forventet levetid med en rente på 4%

Transport af fragt i Grønland foregår i dag via Royal Arctic Line A/S, som har monopol på levering. Den officielle fragtrate for transport af fagligt gods er i

dag ca. 25.000 kr. pr. container. I tilfælde af jævnlig fragt frem og tilbage kan imidlertid være muligt, at der kan laves en særaftale. Derfor anvender vi i beregningerne derfor et estimat på 5000 kr. at fragte en container én vej og derudover officielle håndteringsomkostninger i hver ende for hver container. Det giver en uforholdsvist høj omkostning til transport.

Fragten frem og tilbage kan tilmed være udfordret af en række forhold. Bl.a. oplyser Royal Arctic Line A/S, at der i perioder med tilfrysning ikke vil være muligt at have jævn fragt mellem Ilulissat og Aasiaat. Derudover kan alle almindelige fragtskibe ikke altid have en 40 fods container med om bord. Det er ifølge Royal Arctic Line A/S ikke umiddelbart tilladt at investere i eget specialskib til fragt af containers.

Omkostningerne til lager baserer sig på vurderinger af det amerikanske Department of Energy (DoE), som estimerer at en brintcontainer, der kan rumme 3.900 Nm³ brint i 2006 kostede ca. 165.000 \$ (Berry and Weisberg, 2006). Kompressoromkostningerne er baseret på omkostninger til kompressorer til naturgasdistribution.

Estimatet for både lager og transport er behæftet med stor usikkerhed og bør undersøges nærmere, hvis man ønsker at fortsætte undersøgelserne af brint til kraftvarmeformål.

Afsætning til elproduktion i en brint-gasmotor

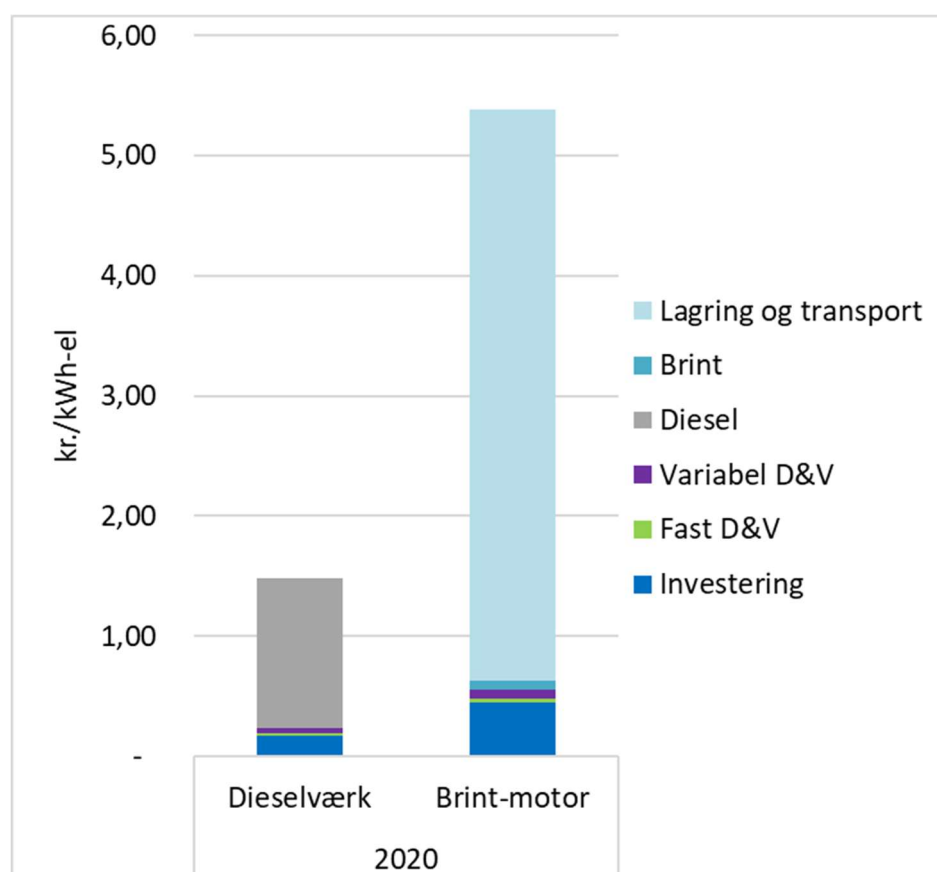
Til at vurdere om brint kan være en attraktiv løsning for kraftvarmeproduktion i nærliggende byer sammenlignes omkostningerne ved at producere, lagre, transportere og anvende brint i en gasmotor med, hvad det koster at producere el på en lokal dieselgenerator. Sammenligningen tager udgangspunkt i et brintanlæg på 5 MW-el, hvor økonomidata baserer sig på oplysninger fra Siemens om forholdene for en brintgasmotor. Resultatet fremgår af Figur 14 nedenfor, hvor der ikke er indregnet omkostninger til el.

Der kan med de anvendte forudsætninger produceres el på en dieselgenerator til ca. 1,5 kr./kWh i både 2015 og 2020, når der indregnes omkostninger til dieselgenerator, D&V-omkostninger og diesel. I flere mindre byer og bygder er enhedsomkostningen ifølge Nukissiorfiits årlige opgørelse over 3 kr./kWh, og det bør derfor bemærkes, at der kun er indregnet teknologiomkostninger, og ikke omkostninger til bygninger, administration

mm., som betyder, at forbrugerprisen i sidste ende kan være højere. Det er ikke indregnet af hensyn til sammenligneligheden med brint-gasmotoren.

Omkostningerne ved at producere el fra brint på en brint-motor er langt højere på ca. 5,4 kr./kWh i 2020, dvs. ca. 4 gange prisen ved produktion på dieselgeneratorer vel og mærke før der indregnes omkostninger til elforbrug til elektrolyseanlægget og tryksætning.

Transport og lageromkostningerne ved at transportere så lille en mængde brint til en nærliggende by bliver alt for høje til at udgøre en rentabel løsning. Resultatet vil derfor også gøre sig gældende for andre el-producerende teknologier som brændselsceller eller til tilsætning i dieselmotorer.



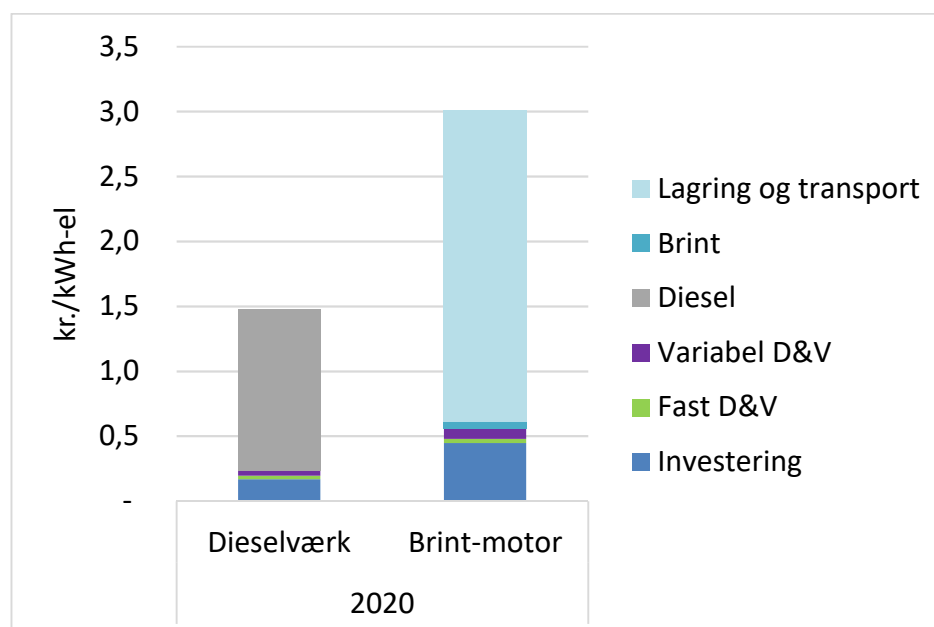
Figur 14. Omkostninger ved at producere el fra diesel og ved brint fra Ilulissat eksklusiv omkostninger til el

Alternative lagrings- og transportteknologier

Analysen ovenfor tager udgangspunkt i lagring af komprimeret brint ved knap 200 bar i konventionelle rørformede metaltrailere. Givet at transportomkostningerne er så høje, som det er tilfældet, vil det givetvis

kunne betale sig, at anvende alternative lagringsmetoder, der kan reducere det volumen, der skal transporteres. Det kan fx opnås ved at tryksætte brinten yderligere til fx 700 bar. Dette kræver containere i kompositmaterialer for at håndtere det kraftige tryk og desuden højere omkostninger til tryksætning. En anden mulighed er at transportere brinten som væske. Det forudsætter, at brinten køles ned til -253 grader Celsius – dvs. 20 grader over det absolutte nulpunkt. Nedkølingen er energikrævende (12-25 % brintens energiindhold), og for at undgå at brintvæsken koger, er det nødvendigt at foretage en meget kraftig isolering af containerne ved brug af vacuum. Endelig er det en mulighed at binde brinten i metalhydrider eller i særlige olieholdige væsker. Den tyske virksomhed Hydrogenious³ tilbyder eksempelvis en løsning, hvor brinten lagres bindes til en diesellignende væske, hvilket også reducerer de sikkerhedsmæssige problemstillinger forbundet med brinttransport.

Det har ikke været muligt at udrede økonomien i ovenstående indenfor projektets rammer, men selvom man antog, at det var muligt at reducere omkostningen til transport til en femtedel ved at anvende mere avancerede lagringsteknologier og samtidige fastholde omkostningerne til selve lageret på uændret niveau, vil brintløsningen fortsat være betydeligt dyrere end dieselløsningen, selvom overskudsel forudsættes at være gratis (jf. figuren nedenfor).



Figur 15. Følsomhedsanalyse: Omkostninger ved at producere el fra diesel og ved brint fra Ilulissat eksklusiv omkostninger til el. Transportomkostningen forudsættes reduceret med 80%

³ <http://www.hydrogenious.net/en/technology/>

Konklusion

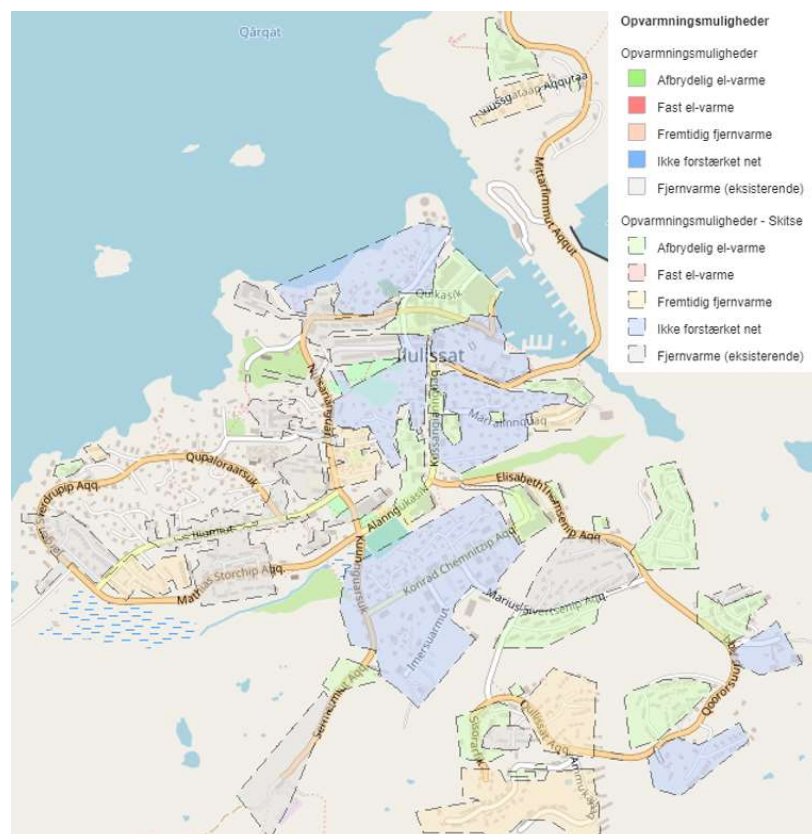
- Brint til køretøjer er ikke relevant i Ilulissat, fordi elbiler med elforbrug fra vandkraftværket kan dække transportbehovet billigere og mere effektivt uden begrænsninger i rækkevidden
- Brint til søfart er langt fra markedsmodent og derfor endnu ikke relevant i Ilulissat
- Ved at producere brint til kraftvarme i nærliggende byer kan al overskudsel i Ilulissat udnyttes, men er fortsat en meget dyr løsning. Selv ved en elpris på 0 kr./kWh er brintløsningen ca. 4 gange så dyr som produktion fra en lokal dieselgenerator
- Omkostningerne til lagring og transport bliver meget dominerende, og konklusionerne vil derfor for gælde for både brændselsceller, gasbrintmotorer og tilsætning til eksisterende dieselgeneratorer

Konvertering til afbrydelig elvarme

I grønlandske byer med vandkraftforsyning er opvarmningsbehovet typisk dækket ved følgende muligheder:

- Individuelt oliefyr
- Fjernvarme
- Afbrydelig fjernvarme
- Fast elvarme
- Afbrydelig elvarme

I Ilulissat er langt størstedelen af husholdningerne (ca. 1500) fortsat forsynet med olie til opvarmning, selvom der er sket en væsentlig udbygning med elvarme. I skitsen nedenfor (Figur 15) er der vist en oversigt over opvarmningsmulighederne i Ilulissat. Grå og gule viser hhv. fjernvarme og planlagte fjernvarmeområder. Grønne områder viser afbrydelig elvarme, mens de blå områder ikke har forstærket net, og det derfor antages at være områder med olieopvarmning. Alle øvrige områder uden farve antages ligeledes at være dækket af olie.



Figur 16. Skitse over opvarmningsmulighederne i Ilulissat. Kilde: <http://asiaq.maps.arcgis.com>

Varmepriser

Prisen på fjernvarme og elvarme fastsættes som tidligere beskrevet af Nukissiorfiit og er den samme i alle byer og bygder. I 2017 er prisen for fjernvarme 770 kr./MWh, og prisen for afbrydelig elvarme og afbrydelig fjernvarme 710 kr./MWh.

Prissætningen på varme baserer sig på et oliesubstitutionsprincip, dvs. prisen for alternativt at dække varmebehovet med en individuel oliekedel. På den måde sidestilles fjernvarme og elvarme privatøkonomisk med at bruge olie til opvarmning. Oliesubstitutionsprisen fastsættes ud fra en formel med den aktuelle oliepris som eneste variabel, og prisen på varme følger derfor udsving i olieprisen:

$$p_{varme} = 0,126 \frac{\text{liter olie}}{\text{kWh fjernvarme}} \cdot p_{olie} + 0,065 \frac{\text{kr}}{\text{kWh fjernvarme}}$$

hvor p_{varme} angiver fjernvarmeprisen, og p_{olie} angiver olieprisen inkl. transporttillæg. Det sidste led på 0,065 kr./kWh svarer til drift- og vedligehold af et eksisterende oliefyr.

Ud fra ovenstående formel kan udledes, at der som udgangspunkt indregnes en virkningsgrad på en oliekedel på 80%. Det er uvist, hvilket varmeforbrug, der ligger til grund for fastsættelsen af D&V-omkostningen, men tager man udgangspunkt i et hus med et forbrug på 25,5 MWh⁴ svarer det til en D&V-omkostning til 1.650 kr./år. Disse værdier anvendes i de økonomiske beregninger.

Potentiale vurdering

Som udgangspunkt har alt olieforbrug til opvarmning potentiale i forhold til at blive udskiftet til afbrydelig elvarme. Der er i dag ca. 1500 husholdninger i Ilulissat, der anvender olie som primær opvarmning. Med et varmeforbrug svarende til det gennemsnitlige niveau for fjernvarmekunder i Ilulissat på 25,5 MWh/år, kan det samlede opvarmningsbehov opgøres til 38.200 MWh årligt for olieopvarmede husholdninger.

Potentialet på 38.200 MWh årligt overstiger det ledige potentiale på vandkraftværket på 30.000 MWh årligt. Selvom det er sandsynligt, at elproduktionen kunne udvides til at dække 38.200 MWh årligt, regnes der af hensyn til øvrige muligheder her på 30.000 MWh årligt.

⁴ Svarende til et estimat af det gennemsnitlige varmeforbrug pr. husholdning i Ilulissat

Hvis nyt forbrug af afbrydelig elvarme fordeler sig ligesom det øvrige elforbrug af afbrydelig elvarme, vil det betyde, at der vil være store variationer hen over året.

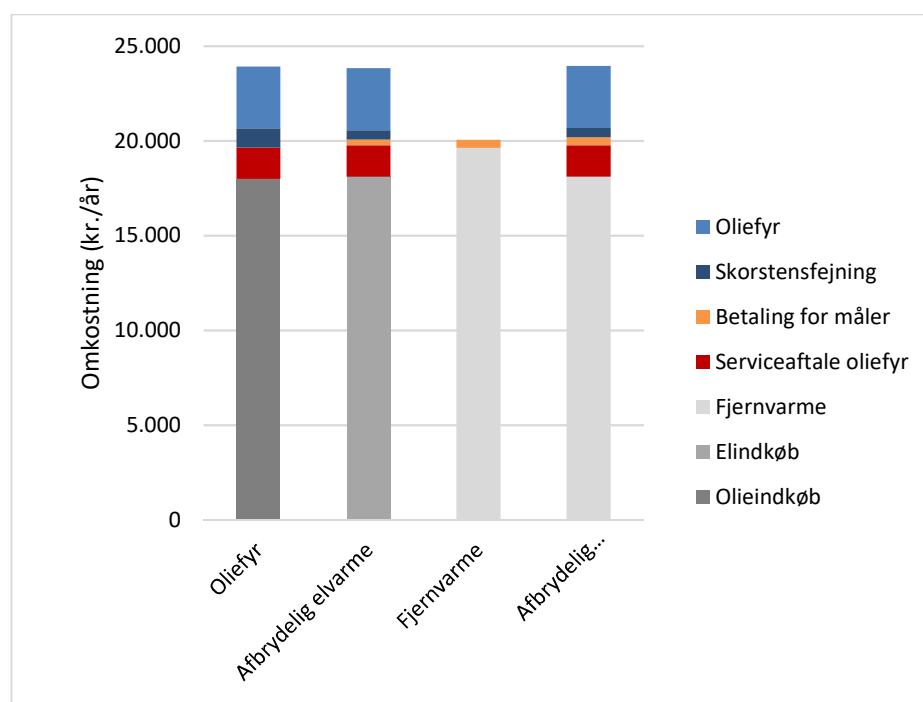
Økonomi

Her sammenlignes de økonomiske forhold for opvarmningsmulighederne:

- Individuel oliekedel
- Afbrydelig elvarme
- Fjernvarme
- Afbrydelig elvarme

Varmeforbrugeren

Her sammenholdes varmeforbrugers omkostninger til forskellige opvarmningsløsninger for en standard varmeforbruger med et forbrug på 25,5 MWh/år. Resultatet fremgår af Figur 16 nedenfor.



Figur 17. Privatøkonomisk omkostninger ved forskellige opvarmningsløsninger for varmeforbrugere i Ilulissat

Omkostningerne ekskl. indkøb af oliefy og målerabonnement er den samme for alle fire opvarmningsformer på lige knap 20.000 kr. Det følger af den måde, Nukissiofiit sætter deres varmetariffer på. Det er i visningen antaget, at oliekedlen har samme virkningsgrad, som Nukissiofiit anvender i beregningen af varmeprisen (80%) for på den måde vise, at de er sidestillet. Der er antaget en afskrivningsperiode på oliefyret både, når det anvendes

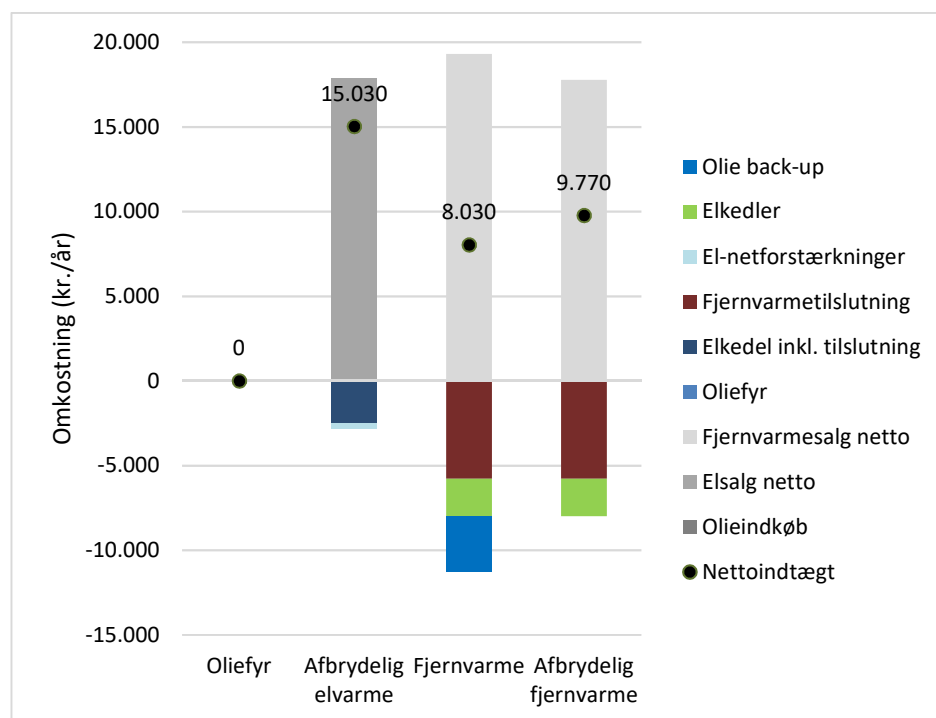
som hovedforsyning, og når det anvendes som back-up. Man kunne måske argumentere for, at afskrivningsperioden for et oliefyr til back-up er længere, men for sammenlignings skyld, er de her antaget at være ens.

Resultatet viser umiddelbart, at det for varmemeforbrugeren er billigst med fjernvarme. For alle øvrige opvarmningsformer vil der være behov for eget back-up system, hvor selve indkøb og installation af en oliekedlen betyder en meromkostning. I fastsættelsen af varmetariffen tages der ikke højde for indkøb og installation af oliekedlen og elkedlen.

Hvis virkningsgraden er bedre fx 90%, vil oliekedlen komme bedre ud i sammenligningen.

Nukissiorfiit

Figur 17 viser Nukissiorfiits marginale nettoindtægter ved én ekstra varmemeforbruger, hvor nettoindtægter for fjernvarme og elvarme er indregnet som indtægten fratrukket produktionsomkostningerne.



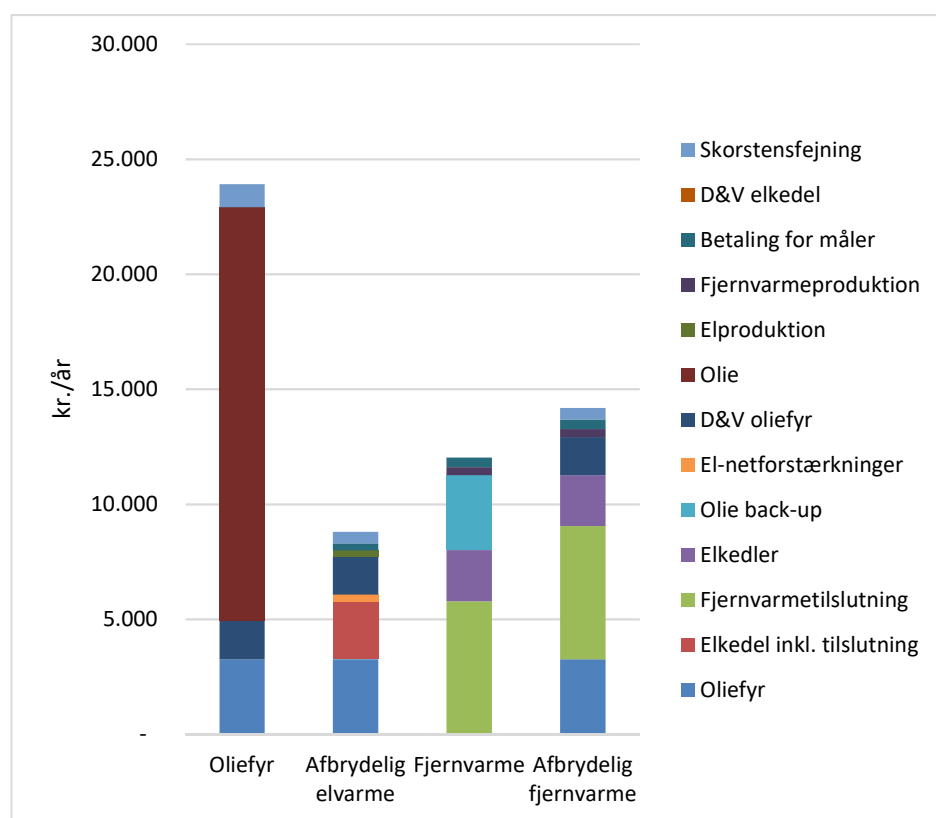
Figur 18. Nettoindtægt og omkostninger for Nukissiorfiit ved forskellige opvarmningsløsninger 2017. Bemærk indtægten for fjernvarme- og el-salg er fratrukket marginalomkostningen til at producere hhv. fjernvarme og el. Bemærk der ikke er indregnet omkostninger til forstærkning af elnettet eller fjernvarmenettet generelt.

Resultatet viser, at det marginalt vil medføre højere indtægter end omkostninger for Nukissiorfiit at tilføje elvarmekunder og fjernvarmekunder

til deres portefølje i Ilulissat. Gevinsten er størst for afbrydelige elvarmekunder, fordi tilslutningsomkostningerne er langt lavere for elvarme end fjernvarme. Det er her estimeret, at en elvarmekunde vil medføre en gevinst på 15.030 kr./kunde/år. Nettoindtægten for fjernvarme er 8.030 kr./år for almindelige fjernvarmekunder og 9.770 kr./år, når der indregnes investeringer i ekstra fjernvarmekapacitet.

Samfundsøkonomi

De samfundsøkonomiske omkostninger relaterer sig til de samlede omkostninger, der er forbundet med de forskellige løsninger. Her indregnes kun omkostninger til at producere el og varme, og betalinger mellem varmeforbruger og Nukissiorfiit anses her alene som en omfordeling.



Figur 19. Samfundsøkonomiske omkostninger ved forskellige opvarmningsformer i Ilulissat 2017

Resultatet viser, at afbrydelig elvarme har de laveste samfundsøkonomiske omkostninger med samlet set ca. 9.000 kr. pr. husholdning. Hvis afskrivningsperioden for et oliefyr til back-up forlænges ud over standardlevetiden, vil resultatet blive forstærket, dvs. gevinsterne vil blive højere.

Samlet oversigt

Her vises de samlede omkostninger forbundet med at forsyne, hvad der svarer til 30.000 MWh elvarmeforbrug.

Totale omkostninger Mio. kr.	Varme- forbruger	Nukissiorfiit	Samfunds- økonomi
Oliekedel	28,1	-	28,1
Afbrydelig elvarme	28,0	-17,7	10,3
Fjernvarme	23,6	-9,4	14,1
Afbrydelig fjernvarme	28,2	-11,5	16,7

Tabel 13. Totale omkostninger ved at anvende olie, afbrydelig elvarme, fjernvarme og afbrydelig fjernvarme til hvad der svarer til 20.000 MWh afbrydelig elvarme

De samlede samfundsøkonomiske gevinst ved at konvertere olieforbrug til afbrydelig fjernvarme er her opgjort til 17,8 mio. kr. Det svarer til en gevinst for Nukissiorfiit på 17,7 mio. kr.

Gevinst Mio. kr. pr. år	Varmeforbruger	Nukissiorfiit	Samfundsøkonomi
Afbrydelig elvarme	0,1	17,7	17,8
Fjernvarme	4,5	9,4	14,0
Afbrydelig fjernvarme	0,0	11,5	11,5

Tabel 14. Gevinst ved at konvertere olie til hhv. afbrydelig elvarme, fjernvarme og afbrydelig fjernvarme

Konklusion:

- Konvertering af individuelle oliefyr til afbrydelig elvarme udgør den mest attraktive løsning og kan give en samfundsøkonomisk gevinst på 17,8 mio. kr. årligt
- Både varmeforbrugere og Nukissiorfiit vil have en fordel af afbrydelige elvarmekontrakter, idet varmeforbrugeren sparer omkostninger til dyr olie, og Nukissiorfiit kan sælge en stor del varme uden ret store ekstraomkostninger

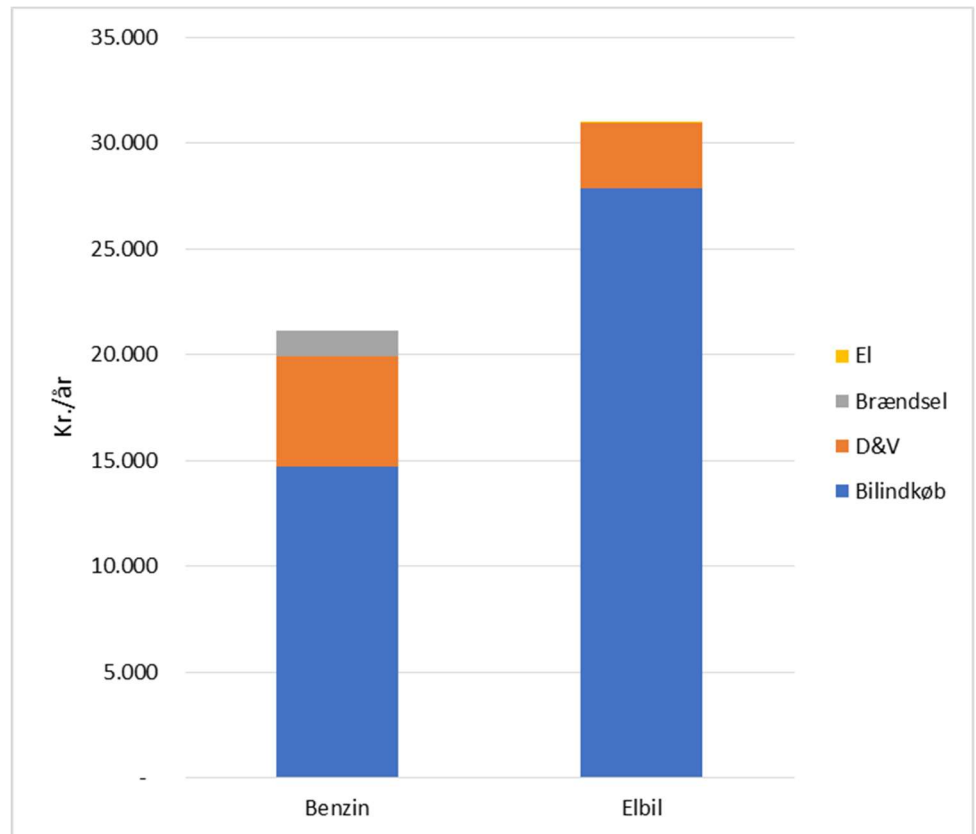
Elektrificering af transport

Energiforbruget til vejtransport udgør ca. 30-40 TJ årligt, søtransporten udgør ca. 25-30 TJ og luftfart udgør 40-50 TJ. Det skal understreges, at splittet i energiforbrug mellem vej- og søtransport er behæftet med en vis usikkerhed.

På kort sigt vurderes alene konvertering af vejtransporten at være relevant. På længere sigt kan søtransporten også komme i spil. I flere lande, bl.a. de skandinaviske, foretages pt en omstilling til eldrift af færgeruter med korte afstande, hvilket indikerer, at elbaseret søtransport kan blive relevant i fremtiden.

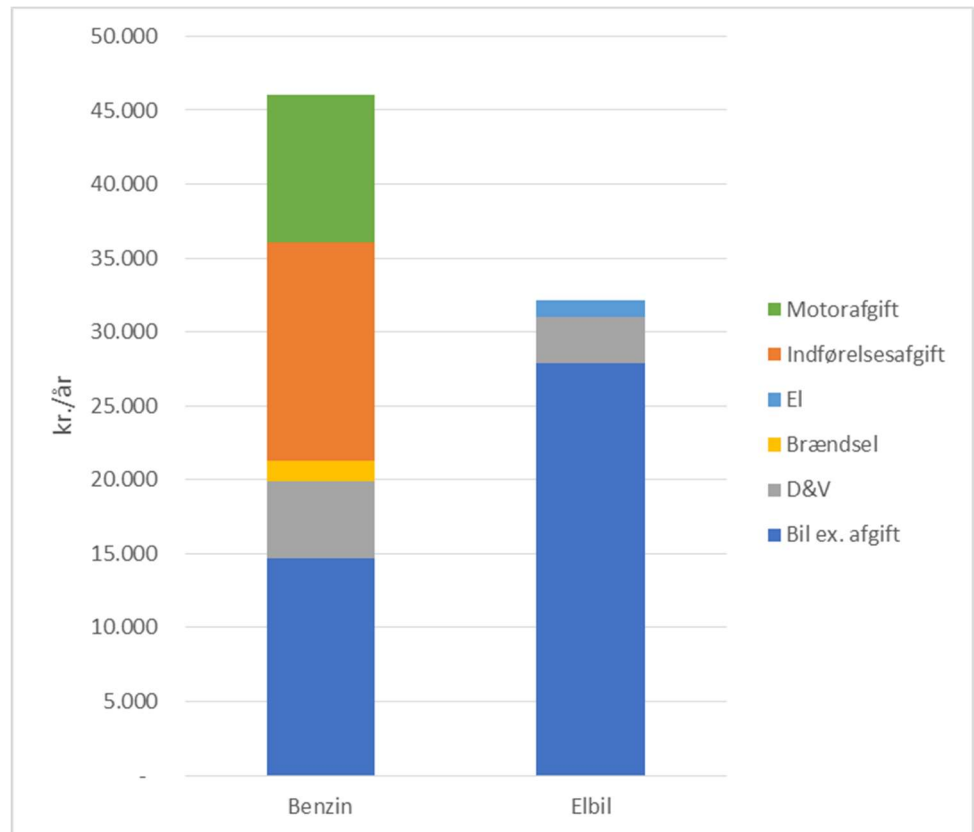
Elektrificering af vejtransporten i Ilulissat kan være et interessant indsatsområde – og vil have stor synlighed – hvilket kan være vigtigt i forhold til turismen. Set fra et samfundsøkonomisk økonomisk perspektiv er elbiler i dag, fortsat noget dyrere end benzin- og dieslbiler set over levetiden. Det skyldes, at selve elbilen er dyrere i indkøb, og den post fylder meget i bilens samlede regnskab i Ilulissat, fordi der køres forholdsvist få kilometer.

I figuren nedenfor har vi sammenlignet de årlige omkostninger for hhv. en mindre benzin- og en mindre elbil i dag. I sammenligningen indgår ikke afgifter og tilskud, ligesom der ikke er sat beløb på de eksterne omkostninger, fx forurening. Som det fremgår, har elbilen tæt ved 50 % højere omkostninger, hvilket skyldes den højere investeringsomkostning (180.000 kr. vs. 95.000 kr.). Brændstofbesparelsen ved at skifte fra benzin til el er moderat, pga. det lave årlige kørselsbehov i Ilulissat (3000 km). Der indgår i eksemplet en symbolsk elpris på 0,02 øre/kWh svarende til den marginale produktionsomkostning.



Figur 20: Sammenligning af de årlige omkostninger til hhv. en benzin og en elbil i 2017. Vist som simpel samfundsøkonomi, dvs. uden afgifter og eksternaliteter.

Fra et privatøkonomisk perspektiv er elbiler allerede attraktive i dag, fordi de er fritaget for at betale både indførelsesafgift og den årlige motorafgift frem til 2019.



Figur 21: Sammenligning af de årlige privatøkonomiske omkostninger til hhv. en benzin og en elbil i 2017.

De store bilfabrikker satser i dag voldsomt på elbiler, og det forventes, at elbiler bliver billigere og billigere i løbet af de kommende år. Det skyldes både, at batterierne forventes at falde i pris, samt at elbilerne sælges i større styktal, således at der kan opnås de samme storskala gevinster i produktionen, som for benzin- og dieslbiler. Analyser af den danske transportsektor peger på, at elbiler kan blive samfundsøkonomisk konkurrencedygtige med benzin- og dieslbiler omkring år 2025. I Ilulissat vil tidspunktet formentlig ligge senere, fordi bilerne kører mindre og brændstofbesparelsen ved skift til el, derfor også er mindre.

Forhandlere og serviceteknikere i Ilulissat har begrænsede erfaringer med håndteringen af elbiler, og dette vurderes at være en barriere for udbredelsen af elbiler. For at fremme omstillingen kunne Ilulissat by vælge at gå foran ved at omstille sin flåde af kommunale køretøjer til elbiler.

Energiforbruget af benzin og diesel til vejtransport er forholdsvis moderat og en fuld omstilling af vejtransporten til eldrift vil blot medføre et øget elforbrug på i størrelsesordenen 1.900 MWh årligt.

Fordele	Ulemper
Direkte konvertering af olieforbrug	Kræver kendskab til elbiler fra forhandlere og serviceteknikere
Privatøkonomisk attraktiv når afgiftsfritaget	Ikke samfundsøkonomisk i dag. Besparelser i brændstof opvejer ikke merinvesteringer
Prisen på elbiler forventes at falde	Begrænset udbud af modeller i dag
Støjsvag	Kræver ladeinfrastruktur
Ingen luftforurening	Korte afstande – mindre fordel af lave variable omkostninger
Grønt image - turisme	Dårlig virkningsgrad af både motor og batteri i koldt vejr

Energiintensive industrier

Indenfor nogle typer af erhverv er omkostningerne til energikøb så betydelige, at adgangen til billig energi er en selvstændig driver for virksomhedernes lokalisering. Blandt industrier med høj el-intensitet kan nævnes aluminiumsproduktion, smeltning af stål, ammoniakproduktion og produktion af visse industrielle gasser. Landbrug og gartneri er ligeledes kategoriseret som en høj energiintensiv branche i Danmark (31 % af bruttoværditilvækst kommer fra energikøb), og indenfor dele af landbrugssektoren fx drivhusgartnerier kan den antages at være endnu højere. I Island har man betydelige erfaringer med at udnytte overskudsenergi (el og geotermisk varme) til produktion af grøntsager i drivhuse.

Aluminiumproduktion

Der har siden 2006 været tanker om at etablere en aluminiumsmelter i Grønland, og i 2007 undersøgte Inatsisartut muligheden for, at få energiintensiv industri til Grønland. Et af fokusområderne var muligheden for, at etablere en aluminiumsmelter i Grønland, som kunne udnytte overskudselen fra vandkraftværkerne til produktion af aluminium. (Inatsisartut, 2007)

Med henblik på udnyttelse af overskudselen fra de grønlandske vandkraftværker blev den amerikanske virksomhed Alcoa interesseret i, at

etablere en aluminiumsmelter i Maniitsoq. I sammenhæng med Alcoas interesse i Maniitsoq blev der d. 25. maj 2007 indgået en Vandkraftaftale, hvor søerne i Maniitsoq blev reserveret til Alcoa med det formål at levere energi til aluminiumsmelteren. I 2015 meddelte Alcoa, at der siden 2008 har været et fald i aluminiumspriserne (-47 %), hvilket betyder at det ikke længere anses som fordelagtigt for Alcoa at etablere en aluminiumsmelter i Maniitsoq indenfor nærmeste fremtid. (Naalakkersuisut, 2015)

Både Grønland og Alcoa er fortsat interesseret i, at projektet gennemføres, såfremt projektet igen bliver økonomisk rentabelt. I forlængelse af Alcoas udmelding om faldende aluminiumspriser blev der udarbejdet et tillæg til den oprindelige Vandkraftaftale fra 2007. I tillægget blev der åbnet op for, at søerne i Maniitsoq ikke længere udelukkende skulle være reserveret til Alcoa og dennes formål, og det blev således muligt for andre virksomheder at byde ind på anvendelse af det uudnyttede overskudsel. Til trods for at der i Vandkraftaftalen er åbnet op for at andre selskaber kan udnytte overskudsellen i Maniitsoq, fastholder Alcoa den langsigtede interesse i Grønland. (Sermitsiaq, 2015) (businessgreenland.gl, 2015)

I forlængelse af ovenstående fremgår det af Grønlands Erhvervsportal, at en moderne aluminiumsmelter kræver flere hundrede MW. Vandkraftværket i Ilulissat har en kapacitet på 22,5 MW. Selvom Ilulissat ikke udnytter det fulde vandkraftpotentiale anses det ikke at være relevant, at undersøge muligheden for etableringen af en aluminiumsmelter nærmere, da kapaciteten ikke er tilnærmelsesvis i den størrelsesorden, der kræves.

Drivhuse og gartnerier

I Grønland er prisniveauet på fødevarer generelt noget højere end i Danmark, fordi langt størstedelen af alle varer er importeret. Ifølge Grønlands Statistik var fødevarer i 2016 ca. 60% dyrere end i Danmark. (Grønlands Statistik, 2017).

Prisniveaui indeks (indeks DK=100) efter varegrupper (2014-2016)		
	2014	2016
01.1.1 Brød og kornprodukter	124,6	148,0
01.1.2 Kød	121,1	142,9
01.1.3 Fisk	82,3	82,8
01.1.4 Mælk, ost og æg	122,5	141,0
01.1.5 Smør, spiseolie og margarine	126,7	134,9
01.1.6 Frugter	132,3	145,9
01.1.7 Grønsager	148,2	160,1
01.1.8 Sukkervarer, marmelade, chokolade mv.	116,6	160,3

Figur 22 Grønlands Statistik, prisniveaui indeks 2014 og 2016.

I tilknytning til den grønlandske målsætning om højere selvforsyningsgrad, samt det højere prisniveau på fødevarer, kan det være fordelagtigt, at styrke lokalt producerede grøntsager i drivhus, for at sikre et lavere prisniveau og flere friske råvarer. I den sammenhæng er der mulighed for, at udnytte overskudsel til drivhusets produktion.

Erfaringer fra Grønland, Island og Canada

Der findes en del erfaringer med at producere grønsager i drivhuse i arktiske områder som Island og Canada, men også i andre områder af Grønland. Følgende erfaringer kan være relevante for Ilulissat:

- Arctic Greens, Nuuk
- Friðheimar, Island
- Growing Green, Canada

Arctic Greens er placeret i Nuuk og er et containerbaseret drivhus, der har et hydroponisk dyrkningssystem. Det betyder, at dyrkningen af grøntsager foregår uden jord og med kunstig belysning. Arctic Greens mål er en fuld produktion på 900 salater om ugen året rundt, som skal kunne konkurrere med tilsvarende importerede salater. (Arctic Greens, 2017)

Det islandske firma *Friðheimar* har eksisteret siden 1995, og har stor erfaring med at dyrke grøntsager hele året rundt. Friðheimar har 2.174 m² drivhus med kunstig belysning, der er nødvendig som følge af Islands lange og mørke vinterperiode. De producerer årligt 370 tons tomater. Friðheimar har i tråd med deres tomatproduktion bl.a. opstartet et privat turisttilbud, hvor turister har mulighed for at besøge drivhuset med rundvisning samt spise frokost på

drivhusets restaurant, hvor der serveres mad baseret på de tomater, der produceres i drivhuset (Fridheimar, 2017)

I det canadiske nordlige territorium Nunavut er der et igangværende projekt i Naujaat gennem not-for-profit-organisationen *Growing North*, der handler om at sikre fødevarerforsyningen og -sikkerheder i Canadas nordligste områder. Forholdene i Naujaat vanskeliggør produktionen af lokale fødevarer, hvilket betyder at størstedelen importeres via skibs- eller flytransport. Derudover har Growing North et socialt aspekt i form af et sundheds- og undervisningselement i sammenhæng med produktionen i drivhuset.

Det centrale i Growing North-projektet i Naujaat er, at sikre billige lokalt producerede afgrøder. På grund af klimaet i Naujaat foregår produktionen af grønsager i drivhuse af typen *Geodesic greenhouse/dome* med hydroponiske dyrkningssystemer, der muliggør dyrkning af grøntsager uden jord, og hvor næringsstofferne til grøntsagerne tilføres via dyrkningssystemets vand. (growfarnorth.com, 2015)

Drivhusteknologier

I en canadisk undersøgelse af Agriteam Canada Consulting fra 2013 undersøges muligheder og barriere for at etablere og drifte drivhuse i koldere klimaer i Canada. I den sammenhæng undersøges fordele og ulemper ved forskellige forretningsmodeller og drivhustyper ud fra udvalgte parametre som energiforbrug, driftsperiode økonomi mm. (Agriteam Canada Consulting LTD, 2013)

Der undersøges her fire drivhustyper: High-tunnel style greenhouse, Stand-alone greenhouse, Gutter-connected greenhouse, og Chinese-style solar greenhouse. Figur 22 viser eksempler på drivhusene.



Figur 23. Illustration af forskellige drivhuse til produktion af grønsager i arktiske områder (a) High Tunnel (b) Stand alone (c) Gutter connected (d) Chinese Style Solar Greenhouse

Fordele og ulemper ved de forskellige drivhustyper er opsummeret i tabellen nedenfor. Der kan desuden læses en mere detaljeret beskrivelse i bilag 3.

	Fordele	Ulemper
High tunnel	<ul style="list-style-type: none"> • Simpel konstruktion. • Lav investering. • Kræver ikke teknisk viden og uddannelse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tilføjer maksimum én ekstra produktionsmåned. • Lav produktivitet pga. lav kontrol med og styring af miljø- og produktionsvilkår. • Tilføjer ikke flere grøntsager til produktionen. • Ikke muligt at levere friske grøntsager udenfor sæson.
Stand alone	<ul style="list-style-type: none"> • Stål konstruktion med dobbelt poly-dække/lag. • Mulighed for at anvende forskellige teknologi niveauer i produktionen. • Mulighed for at levere friske afgrøder udenfor den primære produktionsperiode. • Mulighed for forskellige anvendelsesmuligheder 	<ul style="list-style-type: none"> • Kræver en uddannelse alt efter teknologi niveau, og dermed også lønninger til personale. • Større investering.
Gutter connected	<ul style="list-style-type: none"> • Mulighed for produktion året rundt. • Mulighed for at levere friske grøntsager udenfor sæson. • Høj produktivitet. • Kendt teknologi i koldere klimaer. • Mulighed for forskellige anvendelsesmuligheder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investeringstung. • Højt teknologiniveau kræver uddannelse og dermed lønninger til personale. • Stor skala giver kun mening, hvis markedet er stort nok.
Chinese style solar	<ul style="list-style-type: none"> • Energieffektiv. • Kræver marginal opvarmning (lille skala). • Mulighed for tilknytning af solceller 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktivitet påvirkes af udsving og/eller ændringer i det omkringliggende klima. • Kendt frem Kina, men fortsat prototypeniveau i arktiske klimaer. • Manglende erfaringer med kommerciel produktion. • Omkostningstung

Tabel 15. Fordele og ulemper ved udvalgte drivhustyper

I henhold til de økonomiske forudsætninger for etableringen af et drivhus i koldere klimaer peger undersøgelsen på seks nøglebetragtninger, som er centrale for de økonomiske effekter i forhold til udgifter og indtægter ved hver af de undersøgte drivhustyper. De seks nøglebetragtninger omhandler:

- 1) Drivhusets størrelse skal tilpasses markedets størrelse
- 2) Valg af afgrøder
- 3) Afgrøders produktivitet og omsættelig produktion
- 4) Markedspriser for omsættelig produktion
- 5) Energiforbrug og -priser
- 6) Mængden af arbejdskraft og prisen herpå

Dertil peger konklusionen både på økonomiske fordele og ulemper samt andre positive sideeffekter, som lokal beskæftigelse, sundhed og uddannelse, ved etableringen af et drivhus i mindre samfund med koldere klima. (Agriteam Canada Consulting LTD, 2013)

Energiforbrug og økonomi

I Agriteams undersøgelse estimeres det nødvendige energiforbrug til at producere tomater, agurker, peber og salat for gennemsnitlige forbrugere. På baggrund af rapportens estimater er der her opstillet et regneeksempel for, hvor meget energiforbrug det vil kræve, hvis 1/2 af Ilulissats indbygges behov for udvalgte grønsager dækkes fra lokale drivhuse. Ifølge undersøgelsen kræves der et areal på 2.000-11.000 m² afhængigt af, hvilken drivhusteknologi, der anvendes til at producere i alt ca. 89.700 kg grønsager.

	Forbrug pr. person	Produktion Ilulissat	High- tunnel	Stand- alone	Gutter connected
	kg/år	kg/år	m ²	m ²	m ²
Tomater	8,5	19.550	2.212	644	504
Agurk	15	34.500	2.670	525	407
Peber	4	9.200	3.382	637	495
Salat	11,5	26.450	2.992	678	520
Total	39	89.700	11.256	2.484	1.927

Tabel 16. Forudsat årlig produktion af grønsager i Ilulissat og nødvendig t produktionsareal.
Kilde: Canadisk undersøgelse

Der er medtaget 3 typer af drivhuse: High Tunnel, Stand-alone og et gutter connected, der kan producere 9-10 måneder om året og 12 måneder om året. High-Tunnel kan kun producere grønsager i sommermånederne, mens stand-alone kan producere i 8-10 måneder om året.

	High Tunnel	Stand-alone	Gutter connected
Driftstid	4-6 md.	8-10 md.	9-10 md.
Energiforbrug (GJ/m ²)	0	1,795	1,897
Nødvendigt areal (m ²)	11.256	2.484	1.927
Årligt energiforbrug (MWh)	0	1238	1015
Økonomi (mio. kr.)			
Investeringsomk.	4,05	2,90	2,24
D&V-omkostninger	1,66	1,52	1,50
Årlige omkostninger	5,72	5,30	4,46
Omkostning pr. kg (kr./kg)	24,1	21,0	19,8

Tabel 17. Energiforbrug og økonomi forbundet ved drivhusdrift. Bemærk der ikke er indregnet omkostninger til energi i økonomiberegningerne

Resultatet viser, at der kan produceres fødevarer til en omkostning på ca. 20-25 kr./kg uden omkostninger til energiforbrug. Indregnes der energiforbrug til en pris på 71 øre/kWh svarende til den aktuelle varmepris, vil prisen pr. kg stige med ca. 10 kr./kg.

Økonomiberegningen er et overordnet estimat baseret på Agriteams økonomiske nøgletal. De er medtaget her for at give en indikation om, hvorvidt lokalt producerede fødevarer kunne være attraktivt, og hvilken betydning det eventuelt kunne have, at omkostningerne til energi potentielt kunne være lave.

Konklusion

- Gartnerier kan bidrage positivt til sundhed, uddannelse, lokal beskæftigelse
- Energiforbruget til at forsyne ca. halvdelen af forbruget af udvalgte grønsager medfører et øget energiforbrug på ca. 1000 MWh/årligt.
- Grønsagsproduktion i et drivhus kan resultere i omkostninger til ca. 20-25 kr./kg inden der indregnes omkostninger til energiforbrug. Det kan potentielt give en besparelse for indbyggerne i Ilulissat
- Etprissystemet for el kan udfordre økonomien i lokal produktion af grønsager, idet energiomkostningen har stor betydning for prisen

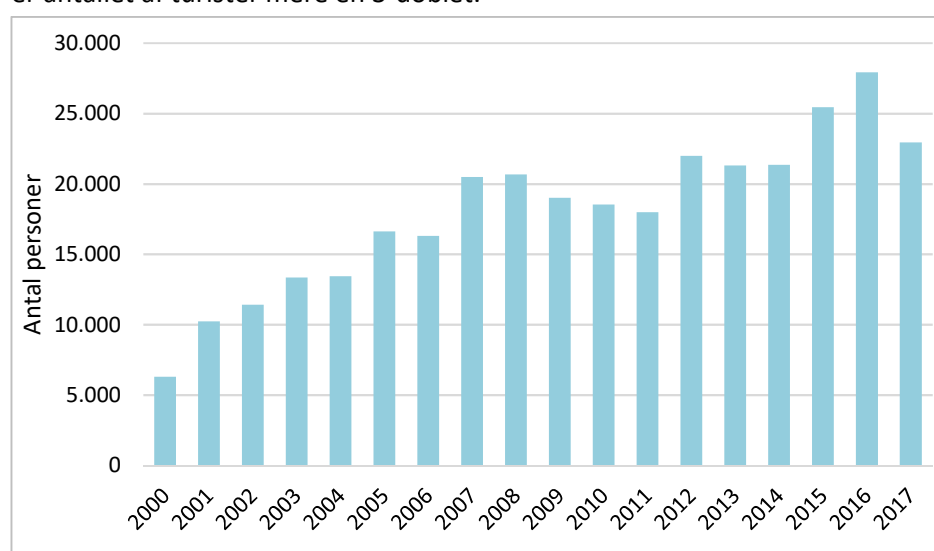
Turisme og lufthavn

Foruden mulighederne for aktivt at tiltrække nyt elforbrug enten i form af konverteringer af eksisterende olieforbrug eller i form af nyt elforbrug, kan

der komme en naturlig stigning i efterspørgslen efter i el fra turisme, og hvis den lokale lufthavn udvides. Det kan betyde en reduktion i potentialet på 30.000 MWh, som det i udgangspunktet vurderes muligt at udnytte til nye afsætningsmuligheder.

Turisme

Ilulissat er den by i Grønland, der har flest turister i Grønland, og ca. 30% af alle turister kommer til Ilulissat. I 2016 var der ca. 28.000 gæster på hoteller i Ilulissat, som i 2017 faldt til ca. 23.000. Den overordnede tendens er imidlertid, at antallet af gæster i Ilulissat er stigende. På de seneste ca. 15 år er antallet af turister mere en 3-doblet.



Figur 24. Antallet af overnattende gæster i Ilulissat. Figuren viser det samlede antal gæster, der har opholdt sig i betalte overnatningssteder, og inkluderer både indbyggere og turister. Kilde: (Grønlands Turismestatistik, 2017)

Turismen i Grønland har imidlertid overordnet været faldende i perioden 2011-2014. Ud fra hotelstatistikken⁵ fremgår det, at antallet af overnattende turister er faldet med 1,3 %, og at det samlede antal overnatninger er faldet med 4,1 % i perioden 2012-2014. I forhold til krydstogtturismen har der været et fald i antal krydstogtpassagerer på 33 % i 2011-2014.

Den grønlandske regering har formuleret en national turismestrategi for perioden for Grønland, hvor der bl.a. er opsat målsætninger for at øge både landbaseret turisme og krydstogtturisme i Grønland. Udgangspunktet for turismestrategien er, at det er realistisk at øge andelen af landbaserede turister fra 37.000 til 74.500 og antallet af krydstogtturister fra 20.000 til 39.000 frem

⁵ Hotelstatistikken er den eneste direkte opgørelse over antallet af turister i Grønland. I den nærværende turismestrategi 2016-2020 bliver hotelstatistikken anvendt som gennemgående reference.

mod 2040. Hvis vækstscenarierne for turismen realiseres kan de samfundsøkonomiske effekter anslås til at bidrage til ca. 888 årsværk og en omsætning på 492 mio. kr. i 2040.

I turismestrategien fremgår det, at ved at have fokus på oplevelseserhvervene er der bl.a. opnået større opmærksomhed på grønlandske fødevarer. Det har resulteret i forskellige tiltag som f.eks. en årlig fødevarefestival i Sydgrønland og en produktion af en række tv-programmer, *Taste of Greenland*⁶, der har sat fokus på anvendelsen af grønlandske råvarer. Derudover fremgår det i strategien, at der skal være en udbygning af oplevelsesmulighederne i Grønland er centrale for turismeudviklingen, da netop oplevelsesmulighederne er afgørende i forhold til, at tiltrække turister samt øge den positive oplevelse af Grønland. Dertil skal den private sektors incitament til, at investere i nye oplevelsesmuligheder styrkes, hvilket bl.a. skal være i forhold til privatfinansierede oplevelshoteller som f.eks. vildmarkshoteller samt øget samarbejde om etablering af (flere) Visitorcentre. I den sammenhæng er der i turismestrategien et særligt fokus på etableringen af offentlige-private samarbejder (Naalakkersuisut, 2015).

I forhold til en fremtidig udvidelse i antallet af hoteller i Grønland vurderes det i den nationale turismestrategi, at hotelbranchen selv er i stand til at foretage nødvendige investeringer i takt med stigende efterspørgsel samt at der på nuværende tidspunkt fortsat er en stor overkapacitet, der vil være tilstrækkelig for at modtage et øget antal turister. Samtidig anbefales det, at der i de kommunale helhedsplaner udlægges arealer og byggemodnes til fremtidigt hotelbyggeri.

I Ilulissat brugte indkvartering og hoteller samlet set ca. 1250 MWh i 2016. Siden 2013 er forbruget steget med ca. 13% fra 1100 MWh svarende til en årlig vækstrate på 3% årligt. Antallet af gæster er i samme periode steget med ca. 30%. Fortsættes denne udvikling kan det betyde, at der i 2030 bruges ca. 1930 MWh, dvs. en stigning på knap 700 MWh. Dertil kommer, at flere turismeaktiviteter også kan føre til øget elforbrug. Denne udvikling bør der tages højde for, når forbruget til nye anvendelsesmuligheder dimensioneres. Foruden en stigning i elforbruget til lys og kraft, vil forbruget til varme og dermed elvarme også kunne stige fremover.

⁶ www.atasteofgreenland.dk

Der er to større hoteller i Ilulissat: Hotel Arctic og hotel Icefiord. Til sammen udgjorde elforbruget til disse ca. 65% af det samlede elforbrug i 2016. De to hoteller har i dag installeret afbrydelig elvarme med samlet effekt på 555 kW-varme. Et groft estimat er derfor at det afbrydelige elvarmeforbrug fra hotellerne var ca. 1500 MWh i 2016, hvis hotellernes andel af den samlede afbrydelig elvarmeeffekt (555 kW af 8545kW) også svarer til deres andel af det samlede elvarmeforbrug (23.221 MWh i 2016). Det er uklart, om de øvrige indkvarteringsmuligheder har afbrydelig elvarme, men de figurerer umiddelbart ikke over listen af afbrydelig elvarmekontrakter. Øvrige indkvarteringsmuligheder og turismeaktiviteter antages derfor, at de er olieopvarmet.

MWh	2013	2014	2015	2016
Elforbrug til hotel/indkvartering	1.101	1.140	1.226	1.247
Afbrydelig elvarme til hotel/indkvartering				1.508
I alt				2.755

Tabel 18. Elforbruget fra hotel/indkvartering i Ilulissat i perioden 2013-2016. Tallene baserer sig på en kobling mellem faktiske målerdata og en opgørelse over bygningstyperne i Ilulissat samt et estimat af afbrydeligt elvarmeforbrug.

Det samlede elforbrug til turisme er som et estimat opgjort til 2.659 MWh i 2016. Hvis elvarmeforbruget antages at stige i samme takt som øvrige, kan det betyde, at det samlede elforbrug i 2030 udgør 4.260 MWh svarende til en samlet stigning på godt 1.500 MWh.

Det bør imidlertid bemærkes, at turismeindustrien har mest aktivitet om sommeren, hvor søen har overløb, og der ikke er begrænsninger i, hvor meget elproduktion, der kan leveres. I 2016 var ca. 60% af alle besøgende til Ilulissat i perioden juni-september.

Der forventes derfor ikke betydelige ændringer i el-behovet som følge af turisme, selvom det er et erhverv i vækst. Forbruget forventes at kunne stige med op til 1.500 MWh frem til 2030, hvoraf en stor del vil være afbrydeligt og ligge i sommerperioden, men afhænger af, hvordan turismen forventes at udvikle sig. Forholdene bør undersøges nærmere inden der tages beslutninger om at udnytte overskudsel til andre anvendelser.

Lufthavn

Lufthavnen i Ilulissat er ved at blive udvidet fra i dag at have en banelængde på 845 m til en banelængde på 2200 m. Det er i dag kun muligt at lande med mindre propelfly og turbopropfly, men med udvidelse er tanken, at større fly

også skal kunne lande i Ilulissat. Udvidelsen kan ligesom øget turisme betyde, at elforbruget fremover vil stige, og stigningerne bør derfor indregnes, før elforbruget til nye anvendelser fastsættes.

Elforbruget fra den eksisterende lufthavn er imidlertid relativt beskedent sammenlignet med det samlede forbrug. I 2016 blev der brug ca. 30 MWh el til lys og kraft. Der er imidlertid installeret afbrydelig elvarme med en effekt på 375 kW-varme. Det svarer til et elvarmeforbrug på ca. 1000 MWh årligt, hvis der anvendes samme metode, som tidligere beskrevet (afsnittet om turisme ovenfor).

MWh	2013	2014	2015	2016
Elforbrug fra lufthavn	22,5	28,8	29,5	30,5
Afbrydelig elvarme				1019
Total				1049

Tabel 19. Elforbruget fra lufthavnen i Ilulissat i perioden 2013-2016. Tallene baserer sig på en kobling mellem faktiske målerdata og en opgørelse over bygningstyperne i Ilulissat samt et estimat af afbrydeligt elvarmeforbrug.

Udvidelsen af lufthavnen vil sandsynligvis føre til en stigning i både el- og varmeforbruget, men størrelsesordnerne kan være svære at spå om, idet det er usikkert, hvor meget antallet af passagerer forventes at stige som følge af udvidelsen, og fordi det er ukendt, hvor meget passagerterminalen forventes at vokse. Det har i den forbindelse været undersøgt, om det er muligt at finde data fra lignende større lufthavne i Grønland. Det har imidlertid ikke været muligt, og der kan derfor være behov for at undersøge udvidelsernes påvirkning på elforbruget inden der tages beslutninger om udnyttelsen af overskudsel til andre anvendelser. Et overordnet estimat er en faktor 2-3 af det nuværende niveau.

Konklusion

- Samlet set kan udvidelsen af lufthavnen og stigende turisme føre til en stigning i elforbruget på 2500-3000 MWh årligt frem mod 2030. En stor del af forbruget forventes imidlertid at ligge i sommerperioden, hvor vandkraftværket ikke har kapacitetsbegrænsninger. Der er tale om et overordnet estimat.
- I og med der for en stor del af forbruget er tale om afbrydeligt forbrug samt forbrug om sommeren, vurderes det ikke, at være nødvendigt at nedskrive potentialet for udnyttelse af overskudsel
- Turismen i Ilulissat er voksende og er siden 2000 mere end 3-doblet og 2016 besøgte knap 28.000 gæster Ilulissat

- Elforbruget til turisme var ca. 1250 MWh til lys og kraft og ca. 1400 MWh til afbrydelig elvarme i 2016 (samlet 2660 MWh)
- Elforbruget til hoteller (eksl. varme) er steget med ca. 3% årligt i perioden 2013-2016
- Frem mod 2030 kan det samlede elforbrug til turismeaktiviteter stige med op til 1.500 MWh årligt, hvis de senere års tendenser fortsættes
- Lufthavnen anvender i dag ca. 30 MWh til almindeligt el og ca. 1000 MWh i afbrydelig elvarme. Lufthavnens planlagte udvidelser kan påvirke elforbruget positivt

Sammenligning af afsætningsmuligheder

Overskudsel udnyttes bedst til afsætningsmuligheder, der giver den største gevinst pr. tilført el. Dertil kommer en vurdering af, om elforbruget har afledte effekter som fx omkostninger til forstærkning af el-nettet, hvis nyt forbrug ikke er afbrydelig, og hvor meget fossil energi, der fortrænges.

Elforbrugspotentialet, omkostninger, gevinsten og oliefortrængning er sammenholdt for de fire afsætningsmuligheder, der er analyseret i ovenstående afsnit i nedenstående tabel.

	Elforbrugs- potentiale	Omkost- ning	Alternativ om- kostning	Break even elpris	Gevinst ved fuld udnyttelse	Oliefortræn- gning ved fuld udnyttelse
	MWh	Mio. kr./år	Mio. kr./år	kr./kWh	Mio. kr./år	MWh
1. Konvertering til afbrydelig elvarme	30.000	10,4	28,1	0,58	17,8	37.500
2. Elektrificering af persontransport	1.900	10	8	<0	-2	5.700
3. Brintproduktion til elproduktion	30.000	28,9	8,0	<0	-20,9	14.400
4. Drivhus	1.000	4,46	-	-	-	-

Tabel 20. Sammenligning af afsætningsmulighederne for overskudsel i Ilulissat. Break-even elprisen angiver, ved hvilken elpris en afsætningsmulighed balancerer i forhold til alternativomkostningen.

Ved afsætning til brintproduktion og konvertering af elvarme kan det fulde potentiale i vandkraftværket på overskydende 30.000 MWh udnyttes. Elektrificering af vejtransporten og muligheden for at etablere et gartneri i drivhus vil kun kunne udnytte dele af potentialet på 1-2.000 MWh pr. år.

For de økonomiske forhold fremstår muligheden for at konvertere individuel olieopvarmning til afbrydelig elvarme langt mest attraktivt. Muligheden udviser som den eneste en positiv samfundsøkonomi med en samlet gevinst på ca. 18 mio. kr. årligt. Samtidig er det den løsning, der fortrænger mest olie, idet 37.500 MWh olie kan erstattes af el.

Mulighederne ved at udnytte overskudsel til brintproduktion udviser ikke en økonomisk attraktiv løsning. Hverken brint til transport eller til kraftvarme i andre byer har økonomi i sig, da det medfører store energitab, og fordi omkostningerne til at transportere brinten har høje omkostninger.

Lokal produktion af grønsager er ikke beregnet direkte, men fremstår umiddelbart som en interessant mulighed. Ikke mindst fordi det kan have flere positive afledte effekter som sundhed, uddannelse, beskæftigelse mm. Energiomkostningen kan imidlertid blive relativt stor, hvis det ikke er muligt at differentiere elprisen.

De vigtigste fordele og ulemper ved de forskellige anvendelsesmuligheder er opsummeret i SWOT-analysen i Tabel 18 nedenfor.

Analyse	STRENGTHS	WEAKNESSES	OPPORTUNITIES	THREATS
1. Konvertering til afbrydelig elvarme	<ul style="list-style-type: none"> • Reducere forbruget af fossile brændsler til varme. • Baseret på velkendt teknologi. • Relativt billig investering • Afbrydelige elvarmekontrakter påvirker ikke behovet for back-up. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilstrækkelig kapacitet til at forsyne hele Ilulissat. • Vil kræve netforstærkninger. • Stort behov for individuel back-up. 	<ul style="list-style-type: none"> • Konvertering til elvarme kan give en samfundsøkonomisk gevinst • Højere indtægter end omkostninger for Nukissiorfiit ved konvertering. • Mulighed for at indtænke varmepumpeløsninger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stor variation i varmemforbruget over året. • Gevinsten for en konvertering vil tilfalde Nukissiorfiit og ikke forbrugerne direkte.
2. Brintproduktion til elproduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Fleksibelt VE brændsel • Fortrænger fossile brændsler • Produktion kan tilpasses forbrug • Det fulde potentiale i vandkraftværket kan udnyttes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sikkerhedsforanstaltninger kan udfordre projektets økonomi • Transport og lagring af brint er forbundet med store omkostninger • Dyr teknologi trods billig el 	<ul style="list-style-type: none"> • Lav elpris grundet Vandkraftværket • Fremtidig teknologiudvikling kan resultere i prisfald • Udvikling af brintgasmotorer og -turbiner • Mulighed for beskæftigelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrolyseanlæg er fortsat dyre • Relativt umodne teknologier • Brintgasmotorer og -turbiner er fortsat prototyper • Konkurrence fra andre lagringsteknologier • Størrelsen af brintproduktion ift. behov og tilgængeligt overskudsel.
3. Gartneri	<ul style="list-style-type: none"> • Erfaringer fra Sydgrønland, Island, Norge og Nordcanada • Kan indgå aftale om afbrydelig el-varme • Kombination af produktion og socialt aspekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Koldt klima • Økonomiske forhold er usikre • Afhænger af efterspørgsel fra lokalbefolkningen 	<ul style="list-style-type: none"> • Styrkelse af selvforsyningsgraden • Mulighed for at samtænke med turismestrategier • Beskæftigelse • Lav pris på el grundet Vandkraftværket • Flere anvendelsesmuligheder 	<ul style="list-style-type: none"> • Manglende aktører til kommerciel drift • Manglende lokal erfaring med drift og produktion • Konkurrenceevne ift. pris på importerede varer • Enprissystemet kan gøre det uforholdsmæssigt dyrt at producere
4. Elektrificering af transport	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte konvertering af nuværende olieforbrug. • Ingen luftforurening. • Elbilen er støjsvag. • Privatøkonomisk attraktiv så længe elbilen er afgiftsfritaget. • Positive erfaringer fra elbiler i Nuuk. • Elbilens rækkevidde er ikke en hindring for det daglige brug i Ilulissat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elbilen er dyr trods afgiftsfritagelse. • Kræver udbygning af ladeinfrastruktur. • Dårlig virkningsgrad for både motor og batteri i koldt vejr. • Korte køreafstande betyder at forbrugerne får mindre fordel af de lave variable omkostninger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre import af fossile brændsler til transport. • Elbiler medfører et mindre øget elforbrug, hvilket gør plads til flere anvendelsesmuligheder. • Turismeaspekt – ”Grøn turisme”. • Fremtidig teknologiudvikling kan medføre billigere elbiler. • Fremtidssikret udbygning af ladeinfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Manglende kendskab til elbiler fra lokale forhandlere og serviceteknikere. • Fremtidige ændringer i afgiftsfritagelsen for elbiler. • Fortsat konkurrence fra benzin- og dieselbiler.

Tabel 21. SWOT-analyse af fire afsætningsmuligheder for udnyttelse af overskudsel i Ilulissat

5 Referencer

- Agriteam Canada Consulting LTD. (2013). *Understanding Sustainable Northern Greenhouses Technologies for Creating Economic Development, Opportunities and Supporting Food Security*. Calgary: Agriculture and agri-food Canada.
- Arctic Greens. (2017). *Arctic Greens*. Nuuk: Facebook.
- buisnessgreenland.gl. (2015). *Vandkraft og aluminium*. Nuuk: buisnessgreenland.gl.
- Dansk Energi. (2016). *Energibærere - Delrapport 1 under 'Kommercialisering af brintteknologier'*. København: Dansk Energi baseret på EUDP-projektet 'Kommercialisering af brintteknologier'.
- DNL. (2016). *Opportunities and barriers for onshore power supply in Sikuki Nuuk Harbour*. Nuuk: DNL.
- Energistyrelsen. (2016). *Alternative Drivmidler*. København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2016). *Technology Data for Hydrogen Technologies*. København: Energistyrelsen.
- Fridheimar. (2017). *Tourist Services*. Reykjavik: Fridheimar.is.
- growfarnorth.com. (2015). *Growing North*. growfarnorth.com.
- Grønlands Statistik. (2017). *Statistik Årbog 2017*. Nuuk: Grønlands Statistik.
- Inatsisartut. (2007). *Redegørelse om energiintensiv industri i Grønland*. Nuuk: Inatsisartut.
- Nukissiorfiit. (1993). *Vandkraft-brint systemer i Grønland - Prefeasibility studie af brint som energibærer for vandkraft*. Nuuk: Nukissiorfiit.
- Nukissiorfiit. (2012). *Opvarmningsformer i Nuuk*. Nuuk: Nukissiorfiit.
- Naalakkersuisut. (2015). *Naalakkersuisut og Alcoa forhandler om tillæg til aluminiumsaftale*. Nuuk: Naalakkersuisut.
- Naalakkersuisuts. (2012). *Forslag til Inatsisartutbeslutning om ændringer i vand- og energiprissystemet 2013 (GrønVækst og Velfærd)*. Nuuk: Naalakkersuisuts.
- Sermitsiaq. (2015). *Naalakkersuisut skruer bissen på overfor Alcoa*. Nuuk: Sermitsiaq.

Bilag 1: Olieforbruget i Ilulissat

I forbindelse med dette projekt, har Ea Energianalyse og Nukissiorfiit fået adgang til Polar oils salg af olie i Ilulissat, som gennemgås i det følgende. Mulighederne for at konvertere olie til el afhænger dels af hvilke sektorer olie forbruges og hvad slutanvendelsen af olien er. Derfor er en detaljeret opgørelse af olieforbruget central for at vurdere det egentlige potentiale. Det har imidlertid ikke været muligt at få en tilstrækkeligt detaljeret opgørelse af olieforbruget, og derfor vil underopdelingen af forbruget være baseret på skøn.

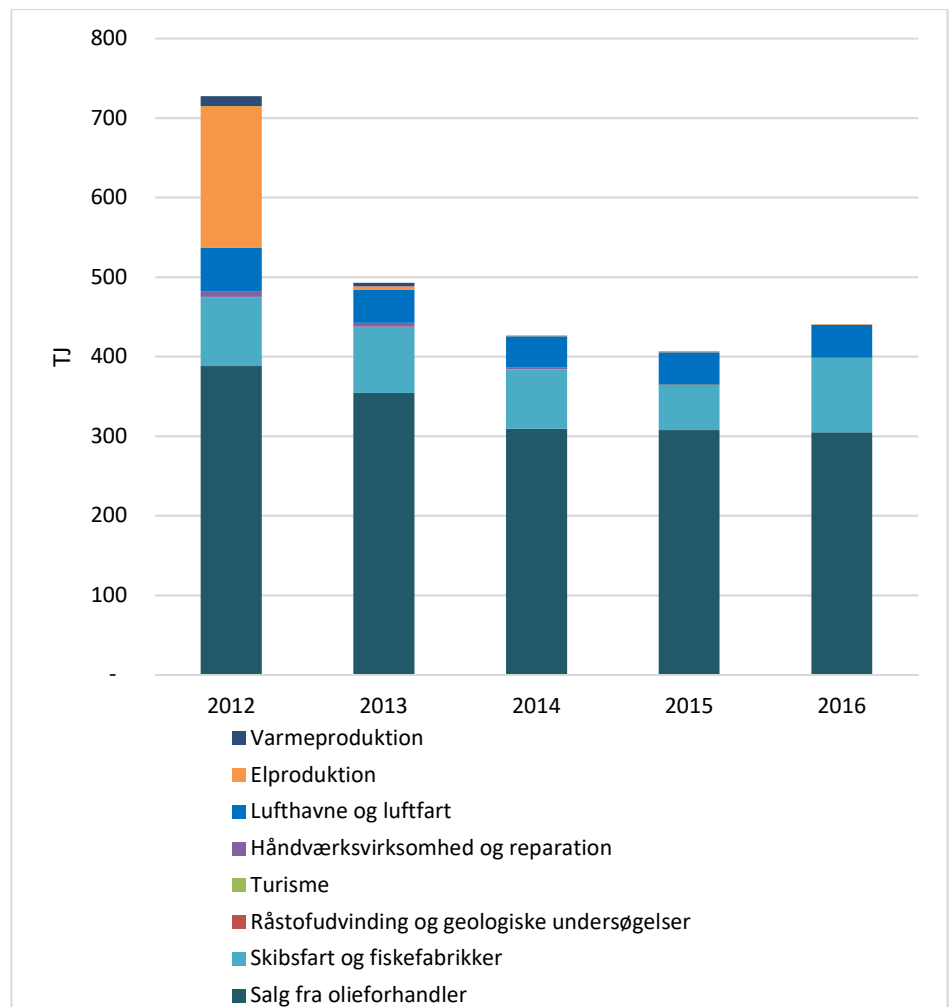
Olieforbruget i Ilulissat består overordnet af et forbrug af arktisk gasolie, motorgasolie 20 (diesel), motorbenzin, jet A-1 og petroleum, som også er vist i Figur 1. Her er arktisk gasolie og motorgasolie 20 slået sammen under betegnelsen gas- og dieselolie⁷. Forbruget fordeler sig på følgende sektorer:

- Bunkring
- Lufthavne og luftfart
- Fiskeri og fiskefabrikker
- Rederi, spedition, skibsfart og transport til søs
- Råstofudvinding og geologiske undersøgelser
- Turisme
- Håndværksvirksomhed og reparation
- El- og varmeproduktion (Nukissiorfiit)
- Olieforhandler

Forbrugets fordeling er vist i Figur 25, hvor bunkring, fiskeri og fiskefabrikker samt rederi, spedition, skibsfart og transport til søs er samlet under den samme kategori: Skibsfart, fiskeri og fiskefabrikker. Salg af olie fra olieforhandler dækker over Polar oils salg af olie til den lokale olieforhandler, Tankeeraq. Den lokale olieforhandler videresælger olien til private forbrugere, dvs. både til transport, husholdningernes indkøb af olie til opvarmning samt offentlige services, erhvervets og fiskeriets olieforbrug.

Som det fremgår af figuren sælges størstedelen af olieforbruget i Ilulissat gennem den lokale tankstation, og det gør det vanskeligt, at skabe en oversigt over, hvordan olieforbruget fordeler sig på sektorer.

⁷ Sammenlægningen følger Grønlands statistiks praksis



Figur 25. Oversigt over olieforbruget i Ilulissat. Olieforbruget dækker arktisk gasolie, motorgasolie, motorbenzin, jet A-1 og petroleum

Olieforbruget er faldet fra ca. 730 TJ til ca. 400 TJ fra 2012 til 2015 svarende til et fald på ca. 45%. Som tidligere beskrevet skyldes det, at elproduktion er overgået fra at være oliebaseret til at blive produceret på vandkraftværket. Det har fortrængt ca. 170 TJ olie fra 2012 til 2013. Olieforbruget gennem den lokale olieforhandler er imidlertid også faldet med knap 25%. En del af forklaringen er sandsynligvis, at der i forbindelse med idriftsættelsen af vandkraftværket er installeret afbrydelig elvarme hos en del større kunder, og olieforbruget til opvarmning derfor er faldet.

Olieforbrug fra olieforhandler

En stor del af olieforbruget i Ilulissat bliver ifølge Polaroids opgørelse solgt gennem Tankeeraq, og er ikke yderligere underopdelt på sektorer eller slutanvendelse. For at kunne opgøre et konverteringspotential er

olieforbruget her underopdelt baseret på, hvordan forbruget i Grønland generelt fordeler sig ifølge Grønlands statistik.

TJ	2012	2013	2014	2015	2016
Gas- og dieselolie	348	311	262	257	246
Motorbenzin	38	41	44	47	57
Jet A-1	0	-	0	0	-
Petroleum	2	2	2	3	2
Total	388	354	309	307	305

Tabel 22. Oversigt over olieforbruget fra den lokale olieforhandler, Tankeeraq

Forbruget fordelt på brændsler er vist i Tabel 22. I 2016 blev der solgt 302 TJ-olie fra Tankeeraq. Heraf var 57 TJ motorbenzin, 243 TJ gas- og dieselolie og 2 TJ-petroleum. Motorbenzin formodes at være gået til transport, herunder både vejtransport og søtransport, og motorbenzin antages ikke at blive anvendt til opvarmningsformål. Forbruget af gas- og dieselolie antages at dække over både transport og opvarmning.

Der er her opstillet en underopdelinge på vejtransport, søtransport, fiskeri og opvarmning baseret på nationale grønlandske fordelinger. Det er i det følgende antaget, at motorbenzin i Ilulissat har været anvendt til vejtransport, søtransport og fiskeri, mens gas- og dieselolie foruden disse kategorier også har været anvendt til opvarmning. Vejtransport, søtransport og fiskeri antages at følge de nationale fordelinger, mens forbruget til opvarmning i første omgang udregnes som en residual. Der følger dernæst et tjek af, om det stemmer med det forventede forbrug til opvarmning.

Fordelingsmetode

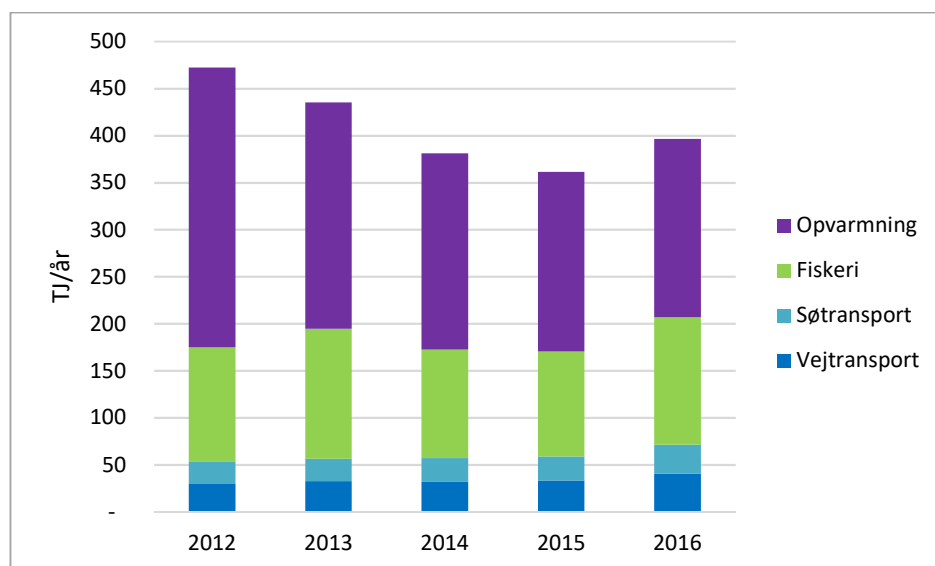
Ifølge Grønlands statistik blev der i 2015 i alt anvendt 427 TJ energiforbrug til vejtransport, som bestod af ca. 40% benzin og 60% diesel. Søtransport og fiskeri anvender primært diesel og fordelte sig i 2015 med hhv. 28% benzin og 72% diesel for søtransport og 22% benzin og 78% diesel for fiskeri. Det nationale forbrug er vist i Tabel 23. nedenfor, hvor fordelingen i forhold til forbruget af diesel og benzin ligeledes er vist.

2015	Forbrug (TJ)			Andel af forbrug (%)		
	Diesel	Benzin	Total	Diesel	Benzin	Total
Vejtransport	250	177	427	59%	41%	100%
Søtransport	233	92	325	72%	28%	100%
Fiskeri	1061	307	1368	78%	22%	100%
Total	1544	576	2120	73%	27%	100%

Tabel 23. Grønlands samlede forbrug af diesel og benzin til vejtransport, søtransport og fiskeri i 2015. Bemærk øvrige brændsler er udeladt af visningen. Kilde: Grønlands statistik

Hvis det antages, at benzinforbruget fordeler sig på vejtransport, søtransport og fiskeri proportionalt til de nationale fordelinger svarer det til, at de 57 TJ motorbenzin i 2016 fordelte sig med 18 TJ til vejtransport, 9 TJ til søtransport og 30 TJ til fiskeri. Med udgangspunkt i fordelingen ovenfor kan det samlede dieselforbrug til vejtransport, søtransport og fiskeri ligeledes opgøres til 150 TJ⁸.

Polaroils salgstal for Ilulissat indeholder imidlertid foruden opgørelsen over salget fra olieforhandler også en opgørelse over dieselforbruget til skibsfart, fiskeri og fiskefabrikker på 94 TJ i 2016. Grønlands statistik oplyser, at der formentlig stadig er en delmængde energiforbrug til søtransport og fiskeri indeholdt i oliesalget fra olieforhandler. Derfor antages det, at 56 TJ (150-94) af gas- og dieselolieforbruget fra olieforhandler går til vejtransport, søtransport og fiskeri. De resterende 189 TJ (246-56) antages at være blevet anvendt til opvarmningsformål.



Figur 26. Estimerede slutanvendelser af diesel- og benzinforbruget i Ilulissat. Fordelingen er behæftet med stor usikkerhed

⁸ $150/(150+57)=73\%$ Det svarer til diesels samlede andel af forbruget til vejtransport, søtransport og fiskeri

Figur 26 viser, hvordan diesel- og benzinformbruget solgt fra Tankeraaq antages at fordele sig på slutanvendelser, når der tages udgangspunkt i de nationale forbrugstal. Af oversigten fremgår det, at olieforbruget til opvarmning er aftaget fra 2012 til 2016, og at energiforbruget til fiskeri er nogenlunde konstant over perioden. Opvarmning dækker her både over opvarmning af husholdninger og opvarmning af virksomheder. I 2012 blev der anvendt knap 300 TJ olie til opvarmning, som er faldet til ca. 190 TJ olie 2016.

For at tjekke om det virker som et rimeligt niveau i Ilulissat, kan man beregne, hvor meget varmekonsum, olieforbruget forventes at dække. Der er som tidligere beskrevet ca. 1500 boliger, der opvarmes med olie. Hvis boligerne anvender samme gennemsnitlige forbrug på 25,5 MWh/år som fjernvarmekonsumterne i Ilulissat, svarer det til, at der anvendes 38.200 MWh/år eller 138 TJ varme. Da der virkningsgraden på en oliekedel ikke er 100%, vil der skulle bruges mere olie til at levere den samme mængde varme. Med en virkningsgrad på 90% vil det svare til et olieforbrug på 153 TJ. Idet olieforbruget både dækker opvarmning af husholdninger, offentlige services og erhverv, vurderes det at være et rimeligt niveau.

6 Bilag 2: Omkostninger til opvarmning

Her gennemgås omkostninger til opvarmning med individuelt oliefyr, fjernvarme, afbrydelig fjernvarme og afbrydelig elvarme, som er de relevante opvarmningsformer i Ilulissat. Der tages i første omgang udgangspunkt i opvarmning for husholdninger, men resultaterne kan efterfølgende overføres til mindre virksomheder og offentlige institutioner som skoler, plejehjem, fritshjem mm. Omkostningerne opgøres som årlige omkostninger og opgøres fra 3 vinkler:

- Varmeforbrugers privatøkonomiske omkostninger
- Samfundsøkonomiske omkostninger - alle omkostninger
- Nukissiorfiits selskabsøkonomiske omkostninger

Opvarmning med olie

En husholdning med en oliekedel som opvarmningsform har omkostninger til:

- Investering i oliekedel og olietank
- Indkøb af olie
- Transport af olie
- D&V-omkostninger (serviceaftale)
- Omkostning til skorstensfejer

Det antages her, at der som udgangspunkt ikke skal indkøbes en ny olietank, men det er relevant at overveje, hvorvidt det er nødvendigt at indregne omkostninger til en oliekedel. I Grønland er levetiden på en oliekedel ca. 30 år.

Alle omkostningerne forbundet med en individuelt installeret oliekedel dækkes i udgangspunkt af den enkelte husholdning. Grønlands selvstyre skønnede i 2009, at udskiftning af et oliefyr ville koste ca. 50.000 kr. I dagens priser svarer det til en omkostning på 56.500 kr.

2017	Enhed	Værdi
Ny oliekedel og installation	kr./stk	56.500
Levetid oliekedel	år	30
Oliepris	kr./l	5,55
Transport af olie	kr./l	0,05
D&V-omkostning	kr./år	1500
Skorstensfejning	kr./år	1000

Tabel 24. Omkostninger forbundet med opvarmning med en individuel oliekedel

Det er som udgangspunkt lovpligtigt at få skorstensfejning 2 gange årligt for alle familiehuse i Grønland. Omkostning for skorstensfejning antages i 2017 at være ca. 500 kr. Der indregnes derfor 1000 kr. Ved afbrydelig elvarme og afbrydelig fjernvarme indregnes kun ét skorstensfejerbesøg.

Afbrydelig elvarme

Ved installation af afbrydelig elvarme skal der investeres i en elkedel eller en elpatron hos den enkelte husholdning. Nukissioffiit kan i byer med vandkraft pålægge kunder at få installeret afbrydelig elvarme, når der som i Ilulissat er overskudsel og i områder, hvor elnettet ikke har behov for forstærkning. (Nukissioffiit, 2012)

Omkostninger til installationen og nettilslutningen af en elkedel bæres typisk af Nukissioffiit, mens omkostninger til el og back-up system afholdes af varmemeforbrugeren. Det betyder, at varmemeforbrugeren har omkostninger til:

- Indkøb af oliekedel
- D&V-omkostning for oliekedel (serviceaftale)
- D&V-omkostning for elkedel
- Indkøb af olie
- Transport af olie
- Omkostning til skorstensfejer
- Elindkøb til opvarmning

Nukissioffiit har omkostninger til:

- Indkøb og installation af elkedel hos varmemeforbrugeren
- Nettilslutning hos varmemeforbrugeren
- Evt. netforstærkninger

Da der blev etableret afbrydelig elvarme hos en række større forbrugere i Ilulissat i år 2010-2012, blev det estimeret, hvad en installation ville koste. På daværende tidspunkt blev det som tidligere nævnt installeret hos 43 større forbrugere. Derudover blev det også undersøgt, hvad det ville koste at installere afbrydelig elvarme hos 420 husholdninger - et projekt, som dog aldrig blev gennemført. Her blev det anslået, at indkøb, installation og nettilslutning af afbrydelig elvarme ville koste 30.000 kr. samlet. Omregnet til dagens priser giver det 33.900 kr. pr. installation.

2017	Enhed	Værdi
Indkøb, inst. og tilslutning af elkedel	kr./stk.	33.900
Levetid elkedel	år	20
D&V-omkostning elkedel	kr./år	200
Netforstærkning	kr./inst.	5.785
Levetid netforstærkning	år	30
Elpris	kr./kWh	0,71
Marginal el-produktionsomk.	kr./kWh	0,01

Tabel 25. Antagelser til at beregne omkostningerne til afbrydelig elvarme installation ekskl. omkostninger til olie-back up system

Da der her analyseres mulighederne for at udnytte overskudsel, indregnes alene marginalomkostningen ved at producere ekstra el.

Fjernvarme og afbrydelig fjernvarme

Der blev oprindeligt etableret fjernvarme i Ilulissat for at kunne udnytte overskudsvarmen fra dieselgeneratorerne. Da fjernvarmenettet er etableret, er det fortsat en billig måde at levere varme på, selvom det i dag leveres fra kedler.

Hvis der skal tilsluttes nye fjernvarmeforbrugere skal der indregnes omkostninger til:

- Fjernvarmetilslutning
- Ny fjernvarmekapacitet
- Omkostninger til elforbrug

En fjernvarmetilslutning antages her at koste 100.000 kr. pr. hus svarende til omkostningerne for en tilslutning i Danmark. Omkostningerne er dog meget afhængige af forholdene, afstanden til fjernvarmenettet mm.

Der indregnes omkostninger til ny fjernvarmekapacitet, når der tilsluttes en fjernvarmeforbruger. På marginalen vil det formentlig ikke være nødvendigt at udvide fjernvarmekapaciteten, men hvis et større antal huse tilsluttes, må det antages, at der både bør installeres mere elkapacitet og back-up kapacitet.

Nye elkedler indregnes med en omkostning på 5 mio. kr./MW, som svarer til omkostningerne til nye el-fjernvarmekedler i 2010.

Omkostninger til netforstærkninger

I forbindelse med installationen af 14,1 MW afbrydelig elvarme og elkedler til fjernvarme i 2010-2012, var det nødvendigt at forstærke elnettet i Ilulissat. Det indebærer omlægninger og forstærkninger af byens 10 kV-net, etablering af

nødvendige 10 kV kabelforbindelser for tilslutning af bynettet til den nye 60/10 kV transformerstation samt etablering af 11 nye transformerstationer og udskiftning af 6 eksisterende transformerstationer. Dertil skulle der indregnes omkostninger til et centralt styringsystem, som gjorde det muligt at afbryde forbindelserne centralt.

2010	Mio. kr.	Kr./kW
Udskiftning af transformerstationer	1,35	96
Tilslutning til 10 kV-nettet	10,70	759
Styringsanlæg for afbrydelig elvarme	1,10	78
Total	13,15	933

Tabel 26. Omkostninger til netforstærkninger i Ilulissat i forbindelse med tilslutningen af 14,1 MW afbrydelig elvarme i 2010. Kilde: Ilulissat - Opdatering af forundersøgelse og beslutningsgrundlag for afsætning af afbrydelig elvarme

Tilslutning til 10 kV-nettet må antages både at omfatte nye transformerstationer, forstærkninger og tilslutning til 60/10 kV-stationen. Forstærkningsomkostningerne beløb sig til 13,2 mio. kr. svarende til en omkostning på 933 kr./kW for 14,1 MW.

Hvis der etableres yderligere elvarme i Ilulissat, vil det ifølge Nukissiorfiit kræve yderligere forstærkninger af elnettet. Der er ikke lavet en særskilt undersøgelse af, hvad det reelt vil koste i netforstærkningsomkostninger i dette studie, men i stedet antages det, at omkostningerne til netforstærkning svarer til samme niveau som i 2010. For at holde det simpelt antages, den samme omkostning pr. installeret kW til netforstærkninger. Dog antages det, at det dengang etablerede styringsystem også vil kunne styre nye afbrydelige kontrakter. Derfor indregnes der en omkostning på 854 kr./kW til netforstærkninger, som omregnet til 2017-priser svarer til **965 kr./kW**. For en husholdning antages det, at der etableres en 6 kW forbindelse, og det svarer til, at der pr. installation skal indregnes en omkostning på **5.785 kr./husholdning**. Omkostningen dækkes af Nukissiorfiit.

Omkostningen er muligvis lidt overvurderet, idet det ikke vil være nødvendigt, at etablere en ny tilslutning til 60/10 kV-transformerstationen, og at flere af de udskiftede eller nyetablerede transformerstationer fra 2010 også ville kunne håndtere nyt afbrydeligt elforbrug.

7 Bilag 3: Drivhuse

High-tunnel style greenhouse

Drivhusets stålkonstruktion har et enkelt polydække, der skal fjernes om vinteren for at kunne påsættes i foråret. Det vil sige at afsættet for drivhuset er overdækning af det naturlige miljø, hvilket betyder at det ikke er muligt at kontrollere miljøet i drivhuset. Det gør drivhustypen til den simpleste og billigste form af de fire typer. Drivhusets overdækning vil typisk være omkring 250 m², men kan variere alt efter efterspørgslen. Der skal ikke tilføres opvarmning og vækstlys. Denne type af drivhus tilfører omkring én ekstra måned til produktionen. Produktionsperioden for drivhustypen bliver mellem 4-6 måneder. Det er usikkert, hvorvidt det også er gældende i Ilulissat grundet de klimatiske forhold. I og med at der kun tilføres én måned til produktionsperioden vil der ikke tilføres flere afgrøder til produktionen.

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Simpel konstruktion.• Lav investering.• Kræver ikke teknisk viden og uddannelse.	<ul style="list-style-type: none">• Tilfører maksimum én ekstra produktionsmåned.• Lav produktivitet pga. lav kontrol med og styring af miljø- og produktionsvilkår.• Tilfører ikke flere grøntsager til produktionen.• Ikke muligt at levere friske grøntsager udenfor sæson.

Stand-alone greenhouse

Drivhustypen er baseret på en stålkonstruktion med dobbelt polydække. Der er mulighed for, at produktionsperioden kan være på mellem 8-10 måneder. Dermed er der mulighed for at levere friske afgrøder udenfor den primære sæson, hvilket betyder at der kan være en høj produktivitet i drivhuset. Der er mulighed for mere eller mindre kontrol af miljøet i drivhuset, hvilket betyder at der kan være behov for uddannet personale alt efter teknologiniveauet i drivhuset. Der er erfaringer med mindre kommerciel produktion med drivhustypen. Størrelsen på drivhuset er ikke fastsat, men er i samme størrelsesorden som *High-tunnel style* og *Gutter-connected*. Dog har størrelsen en betydning for drivhusets samlede produktivitet samt mængden og typen af arbejdskraft. Dette har en betydning for afgrødernes endelige pris.

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Stål konstruktion med dobbelt polydække/lag.• Mulighed for at anvende forskellige teknologi niveauer i produktionen.	<ul style="list-style-type: none">• Kræver en uddannelse alt efter teknologi niveau, og dermed også lønninger til personale.• Større investering.

- Mulighed for at levere friske afgrøder udenfor den primære produktionsperiode.
- Mulighed for forskellige anvendelsesmuligheder.

-

Gutter-connected greenhouse

Konstruktionen af drivhustypen betyder at den kan modstå de klimatiske udfordringer, der kan være i Ilulissat. Der er erfaringer med denne type drivhuse i Canadas nordligste områder. Derudover er drivhustypen normalen for kommerciel produktion i canadiske sammenhænge. Drivhusets konstruktion resulterer i muligheden for produktion året rundt. Produktionsperioden er mellem 9-12 måneder alt efter drivhusets størrelse. Størrelsen på denne type drivhus varierer mellem 2.000 m² til 90.000 m² alt efter markedets størrelse samt efterspørgslen. Drivhusets miljø er kontrolleret med opvarmning og vækstlys, hvilket betyder at drivhuset vil have en høj produktivitet. I den sammenhæng er der behov for uddannelse af personale i forhold til driften, og det vil samtidig generere et behov for højere lønninger, hvilket vil have en betydning for afgrødernes endelige pris.

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Mulighed for produktion året rundt. • Mulighed for at levere friske grøntsager udenfor sæson. • Høj produktivitet. • Kendt teknologi i koldere klimaer. • Mulighed for forskellige anvendelsesmuligheder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investeringstung. • Højt teknologiniveau kræver uddannelse og dermed lønninger til personale. • Stor skala giver kun mening, hvis markedet er stort nok. <p>-</p>

Chinese-style solar greenhouse

Drivhustypens konstruktionens nordside er baseret på et varmeabsorberende materiale (f.eks. mursten), som i løbet af dagen opvarmes. De resterende sider er baseret på klassisk polydække. Drivhusets varmeabsorberende nordside betyder at drivhustypen er energieffektiv og har behov for marginal opvarmning. Der har været forsøg i Holland med tilknytning af solceller til drivhusets ikke-varmeabsorberende sider. Drivhusets produktivitet er højere end *High-tunnel*, men lavere end *Gutter-connected*. Produktiviteten afhænger af miljøet omkring drivhuset, hvilket betyder at produktiviteten er udsat i forhold til udsving i de klimatiske forhold. Drivhustypen er udbredt i Kina, men der er begrænset erfaringer med anvendelsen af denne type til kommerciel produktion. I den sammenhæng er drivhustypen fortsat på prototypeniveau, og der er usikkerheder forbundet med drivhusets design i forbindelse med arktiske klimaer.

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Energieffektiv. • Kræver marginal opvarmning (lille skala). • Mulighed for tilknytning af solceller. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktivitet påvirkes af udsving og/eller ændringer i det omkringliggende klima. • Kendt frem Kina, men fortsat prototypeniveau i arktiske klimaer. • Manglende erfaringer med kommerciel produktion. • Omkostningstung. -