

Bruk av biokarbon i prosesser

Biokarbon = Biologisk karbon, f. eks. trekull og treflis

Bodil E. Monsen,
SINTEF Materialer og kjemi
Trondheim

PROSIN-workshop for prosessindustrien
OSLO
2013-04-22



Bruk av biokarbon i prosesser

Innhold:

- Mulig bruk av biokarbon i prosesser
 - Ulike krav til biokarbon i ulike prosesser (FeSi, Si, FeMn, SiMn, SiC, Al)
- Forutsetninger for økt bruk av biokarbon
 1. Riktig kvalitet → Trekull egenskaper
 2. Tilstrekkelig trekull → Global trekull produksjon og internasjonal handel
 3. Konkurransedyktig pris → Trekull importert til Norge - trender
- Biokarbon prosjekter ved SINTEF
 - Eksempel på industrielt forsøk med kreosotimpregnert virke ved Finnfjord
 - Eksempler fra forsøk med trekull i pilotforsøk ved SINTEF
 - Arbeid med kartlegging av trevirke og mulighetsstudier
 - Fra trevirke til trekull (trekull-utbytte)
 - Tilsats av trekull til anoder for produksjon av aluminium
- Motivasjon for å bruke trekull og treflis ved produksjon av silisium

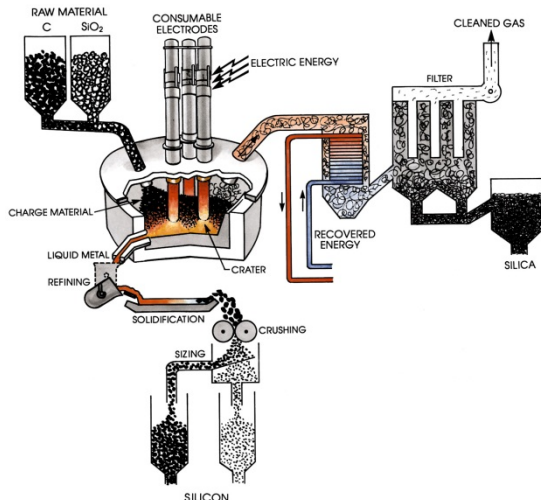
Mulig bruk av biokarbon i prosesser

Ulike krav til biokarbon i ulike prosesser

Forutsetter:

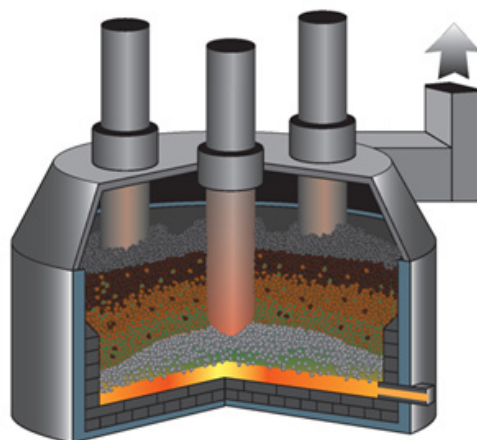
- Riktig biokarbon kvalitet, men kvalitet varierer
- Tilstrekkelig trekull
- Konkurransedyktig pris

Ferrosilisium (FeSi) og silisium (Si)



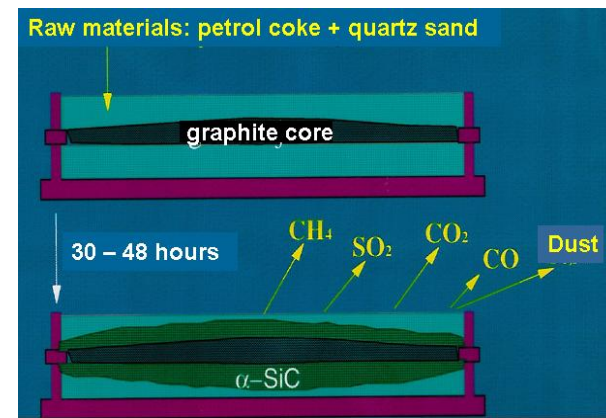
"Slagfri" prosess
Halvåpen – Luft inn

Ferromangan (FeMn) og silikomangan (SiMn)



Lukket slagg-prosess

Silisiumkarbid (SiC)



Acheson-prosessen
Åpen, batch

Mulig bruk av biokarbon i prosesser

Forutsetter:

1. Riktig biokarbon kvalitet, kvalitet varierer:

- Askeinnhold og sporelementer er f eks både avhengig av barking, type trevirke, vekstforhold etc
- Flyktighet og fix C er avhengig av oppvarmingshastighet og temperatur for trekulldannelse
- Volumvekt (tetthet) og styrke er bl a avhengig av type treslag

2. Tilstrekkelig trekull

- Knapphet i internasjonalt marked
- Nyetablering av trekullproduksjon er nødvendig
- Tilfredsstille miljøkrav for skogsdrift, transport og produksjon av trekull

3. Konkurransedyktig pris

Prosess	Biokarbon i prosesser i Norge	Må erstatte ulike karbon materialer	Ulike kvalitetskrav til biokarbon for ulike prosesser og produkt.
FeSi – Si	Noe, helst til Si Flis + trekull	Kull, char (koks)	God SiO-reaktivitet, lavt innhold av aske, elementer
FeMn-SiMn	Benyttes ikke	Metallurgisk koks	< 2% flyktighet God styrke, lav CO2-reaktivitet
SiC	Benyttes ikke	Petrolkoks, grønn	God SiO-reaktivitet en fordel
Aluminium	Benyttes ikke	Petrolkoks, kalsinert	Anode-krav. Være lite reaktiv

Forutsetter:

1. Riktig biokarbon kvalitet, kvalitet varierer:

- Renhet: Askeinnhold og sporelementer er f eks både avhengig av barking, type trevirke, vekstforhold, prosessering, etc.
- Flyktighet og fix C er avhengig av oppvarmingshastighet og temperatur for trekullproduksjon
- Volumvekt (tetthet) og styrke er bl a avhengig av type treslag

	Trekull fra Indonesia	Trekull fra Brasil	Trekull fra norsk gran lab. 850 °C	Trekull fra norsk lønn lab. 850 °C
Fix C (%)	81.6	80-82	96.7	95.8
Flyktighet (%)	15.5	17-18	2.5	2.1
Aske (%)	2.9	0,4-1,4	0.8	2.1

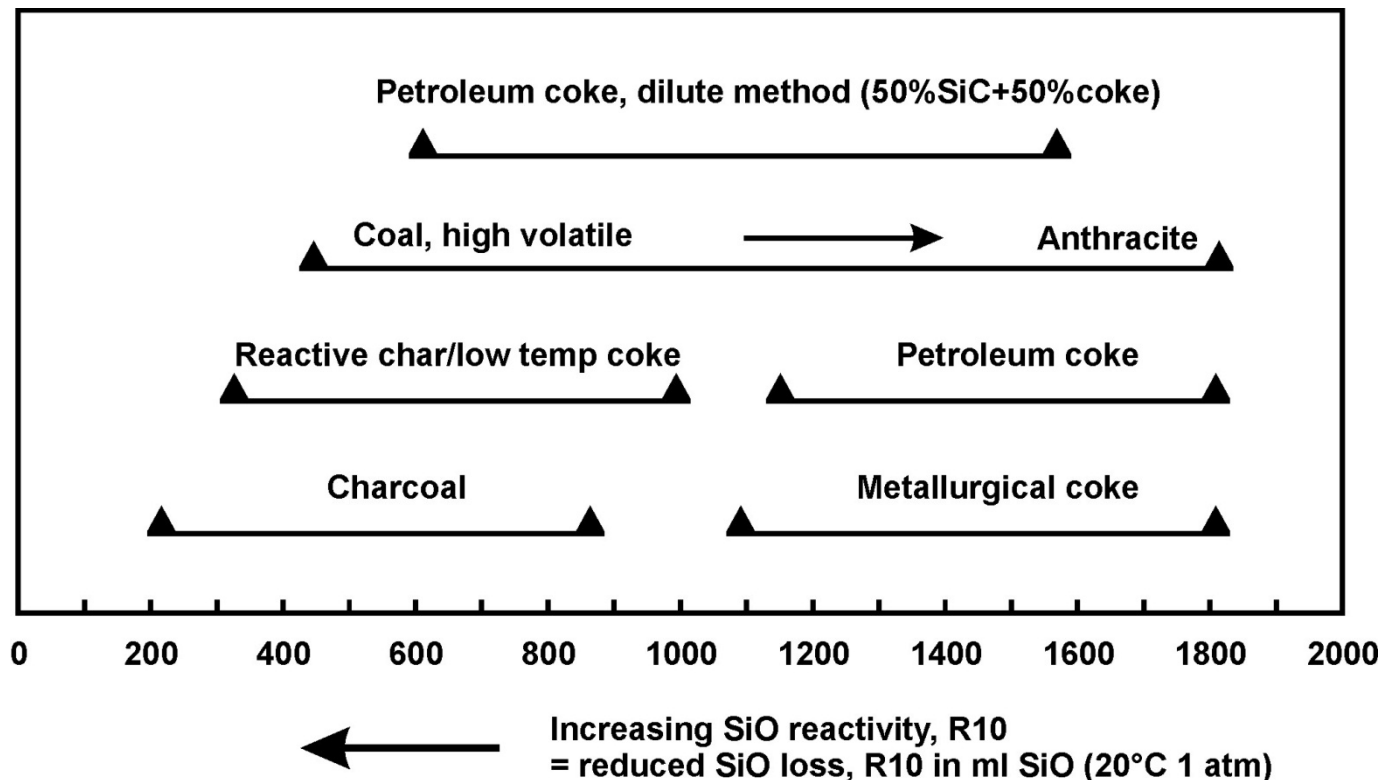
NB!

Det er det faste karbonet (fix C) som gjør reduksjonsarbeidet i prosessene.

God SiO reaktivitet – viktig for FeSi- og Si-produksjon

SINTEF's SiO reaktivitetstest

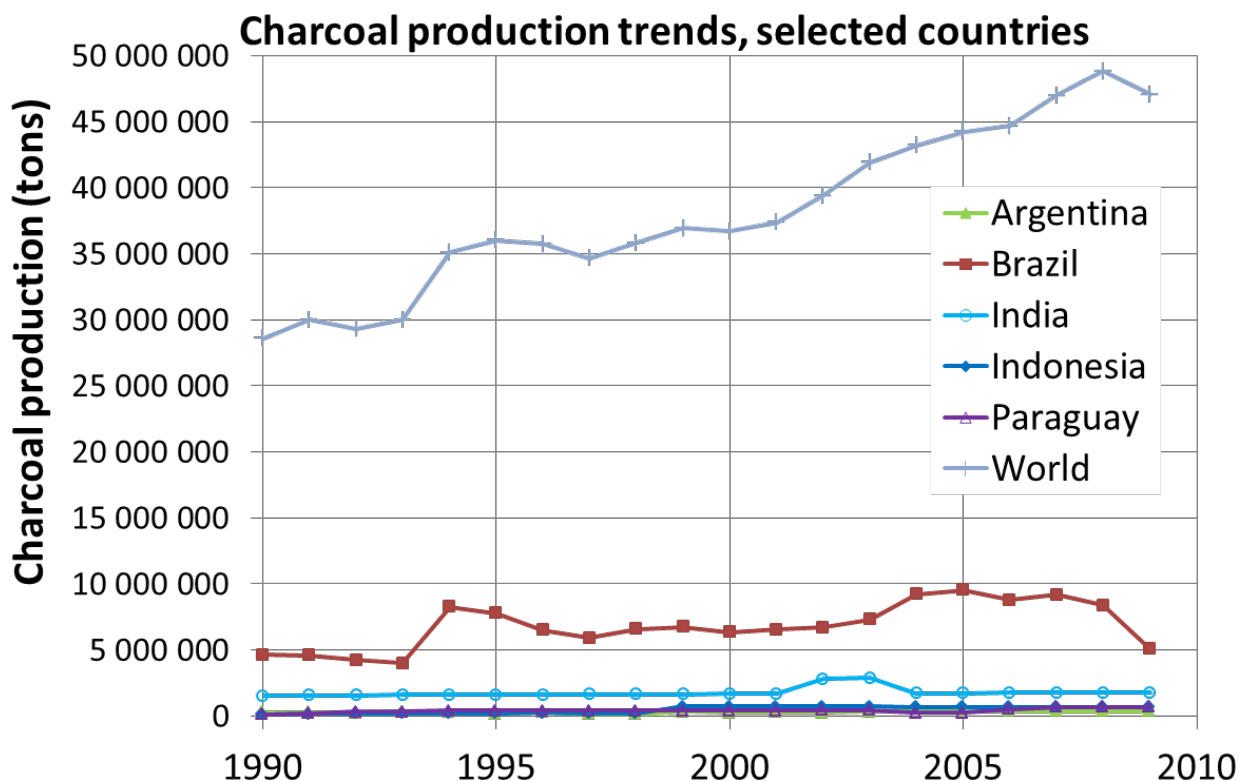
- Test for å velge reduksjonsmaterialer og vurdere hvor gode de er
- Basis: Reaksjonshastighet med SiO-gass



Forutsetter:

2. Tilstrekkelig trekull → Global trekull produksjon - trender

- Knapphet i internasjonalt marked
- Nyetablering av trekullproduksjon er nødvendig
- Tilfredsstille miljøkrav for skogsdrift, transport og produksjon av trekull



Mange små lokale trekullprodusenter i Afrika, Sør-Amerika og Asia

47 million tonn trekull ble produsert i 2009, hovedsakelig benyttet lokalt til matlaging og brensel

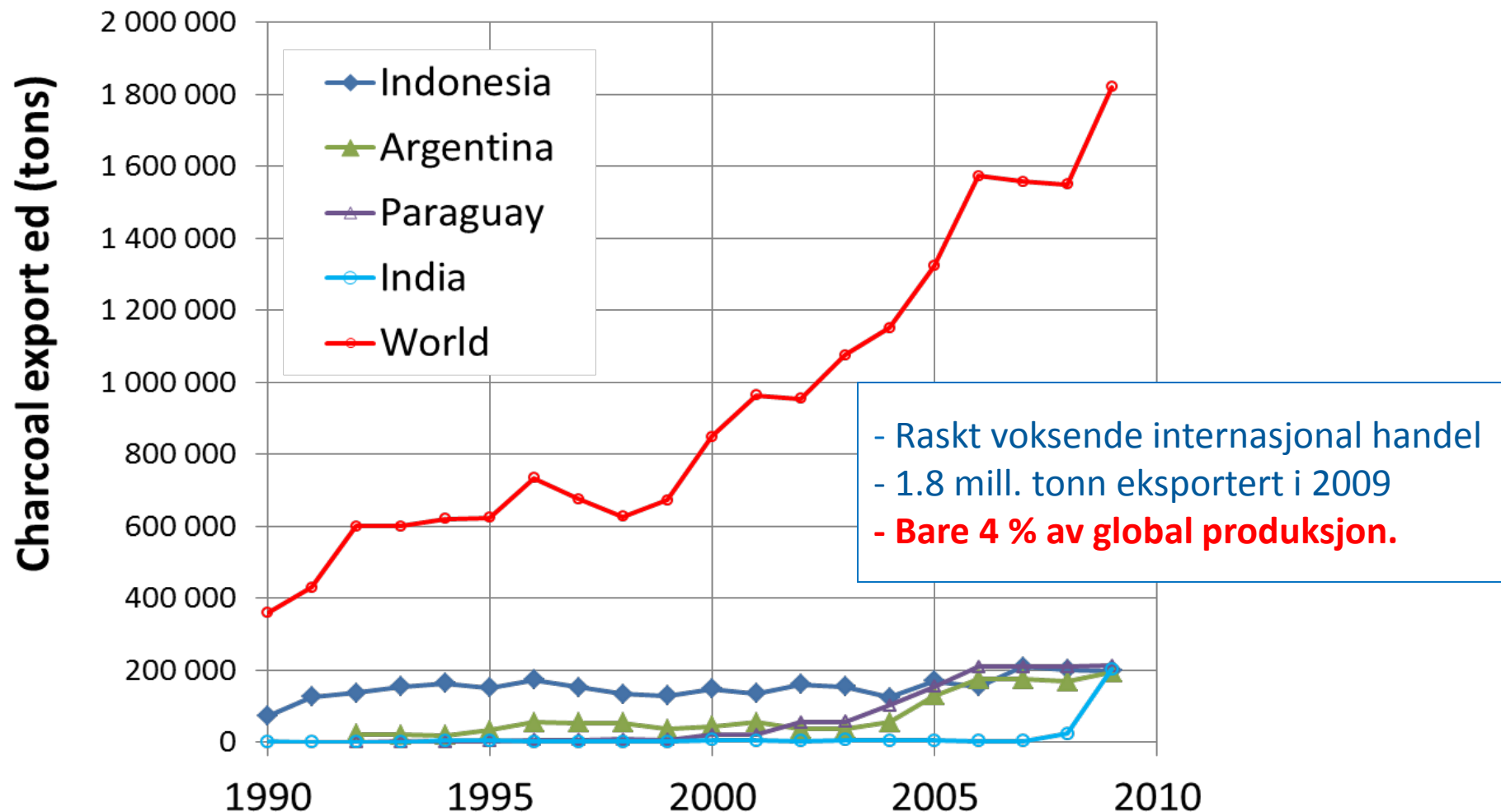
Brasil er fortsatt den største produsenten, til tross for nedgangen i 2009.

Kilde: FAO Statistikk database

FAO = Food and agriculture organisation of the United Nations

Internasjonal handel med trekull

Charcoal exporting countries



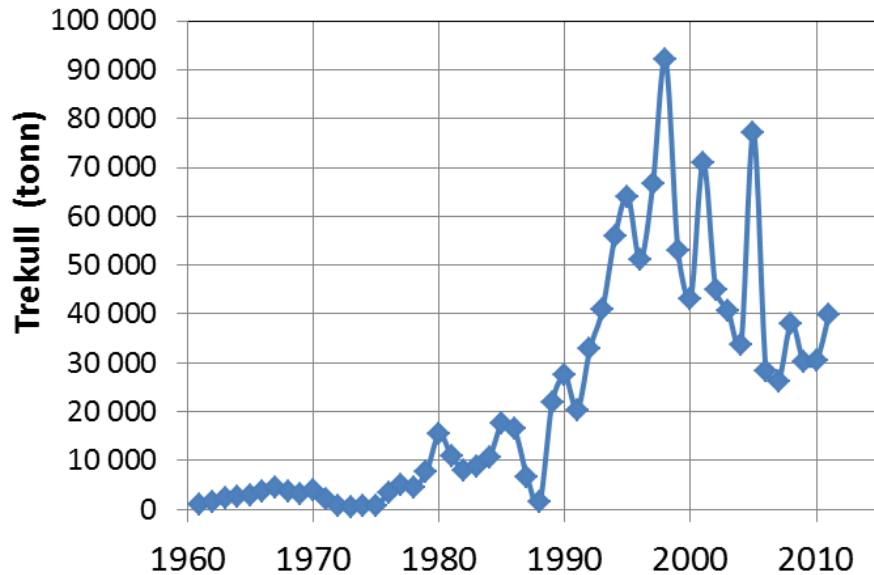
Kilde: FAO

Forutsetter:

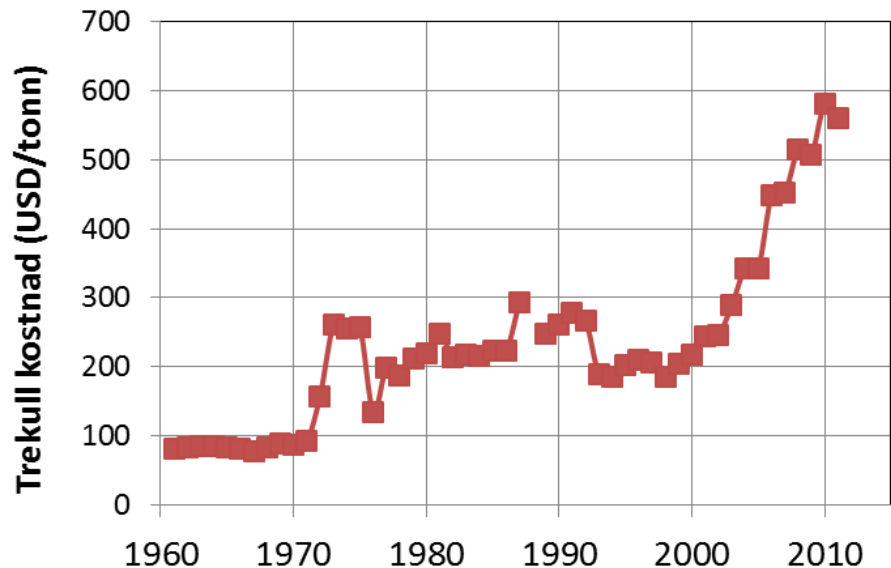
3. Konkurransedyktig pris

Trekull importert til Norge - Trender

Importert mengde trekull til Norge



Trekull kostnad, import til Norge



- Økende trekull import på 90-tallet med stabile priser (200-300 USD/t).
- Redusert import etter toppåret 1998 og økende priser
Det tenderer mot renere kvaliteter og kvalitet koster.

Kilde: FAO Statistikk database

FAO = Food and agriculture organisation of the United Nations

Biokarbon prosjekter ved SINTEF

Biokarbon-prosjekter (BIP) ved SINTEF for FFF

Støttet av Forskningsrådet og FFF

FFF = Ferrolegeringsindustriens Forskningsforening

1997-2001: "Use of biocarbon in Norwegian Ferroalloy Industry"

2002-2004: "Environmental friendly reduction processes"

2005-2007: "Biocarbon for ferroalloy production"

ROMA-prosjekt (KMB) ved NTNU/SINTEF, støttet av FFF og aluminiumsprodusenter

2008-2010: Trekull i anoder for produksjon av aluminium

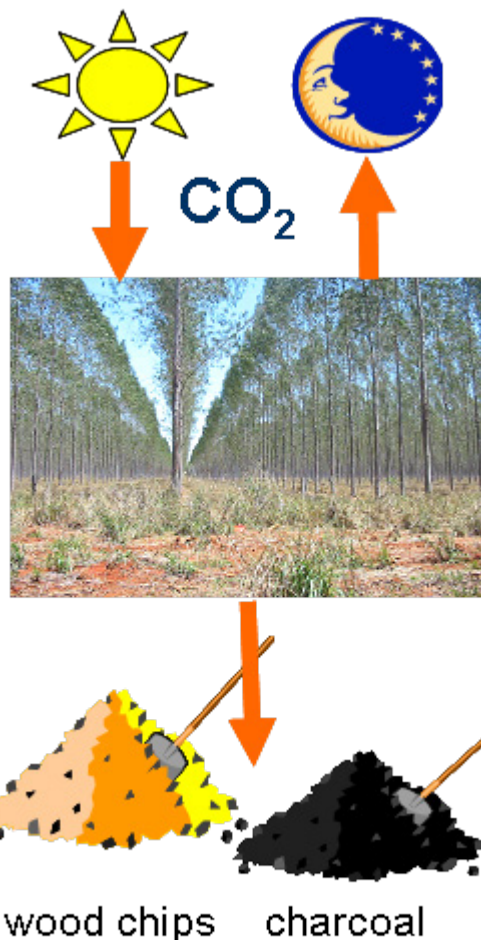
Klimakurprosjekt for SFT

2009: Tiltak og virkemidler for reduksjon av klimagasser i norsk prosessindustri

Prosjekter for Prosessindustriens Miljøfond (SO₂-utslipp):

2009: Mulighetsstudie for bruk av trekull i SiC-produksjon

2010: Pilotforsøk med trekull i produksjon av SiC



Arbeid for å nå målet – redusere CO₂-utslipp

- Gi norsk ferrolegeringsindustri et grunnlag for å etablere en økt bruk av biokarbon, og redusere tilsvarende bruk av fossilt karbon.
 - Mulighetsstudier (1997, 1999, 2001, med flere)
 - LCA analyser
 - Redusere kostnader, forbundet med økt bruk av biokarbon
 - Øke verdiskapningen fra trevirke - trekull – metall
 - Tilfangst av trevirke, Logistikk
 - Produksjon av trekull (ved pyrolyse)
 - Nyttiggjøre biprodukter til energiformål
 - Forsøk med bruk av biokarbon i smelteprosesser og ved SiC-produksjon
 - Utvikle et norskprodusert trekull til å bli billigere enn importert trekull.
 - Utvikle et høyrent biokarbon til produksjon av silisium for solceller.
 - Optimalisere karbonutbyttet ved trekullproduksjon (mål 50% → 90%)
 - 2-trinns høytrykksprosess (FFF patent)
 - Benytte avfallstrevirke og samtidig løse et avfallsproblem?
 - Trykkimpregnert CCA , 50-90 % (Cu, Cr, As) oppnådd fjernet ved rensing før bruk,
 - CCA impregnert virke ikke aktuelt uten kontroll med As
 - Kreosotimpregnert trevirke
- Øke kunnskapen om trekullets egenskaper og virkning i prosessene
 - PhD-utdannelse og Master-utdannelse ved NTNU

FORSØK VED FINNFJORD AS

Forsøk med kreosotimpregnert trevirke nov.2007

Egeninnsats i Biokarbon-prosjekt



35 år gamle stolper fra indre Troms
Finnfjord skaffet 41 tonn



Film Finnfjord Nordnytt_12_11_07_20_55.wmv

Kreosotvirke inneholder PAH

- 12 000 000 $\mu\text{g/kg}$ VV
- Er destruering ved FeSi-produksjon mulig?
- PAH i avgass er fortsatt lav, men kan synes å øke noe.
- Avdamping/lukt ved flising.

Forsøk ved SINTEF/NTNU

Produksjon av FeSi 75% i 150 kW enfase pilotovn



Staking ved ferrosilisiumfremstilling

- Trekull fra Brasil som reduksjonsmiddel
- 89 % utbytte i løpet av 10 timer stabil produksjon
- 10.0 kWh/kg metall

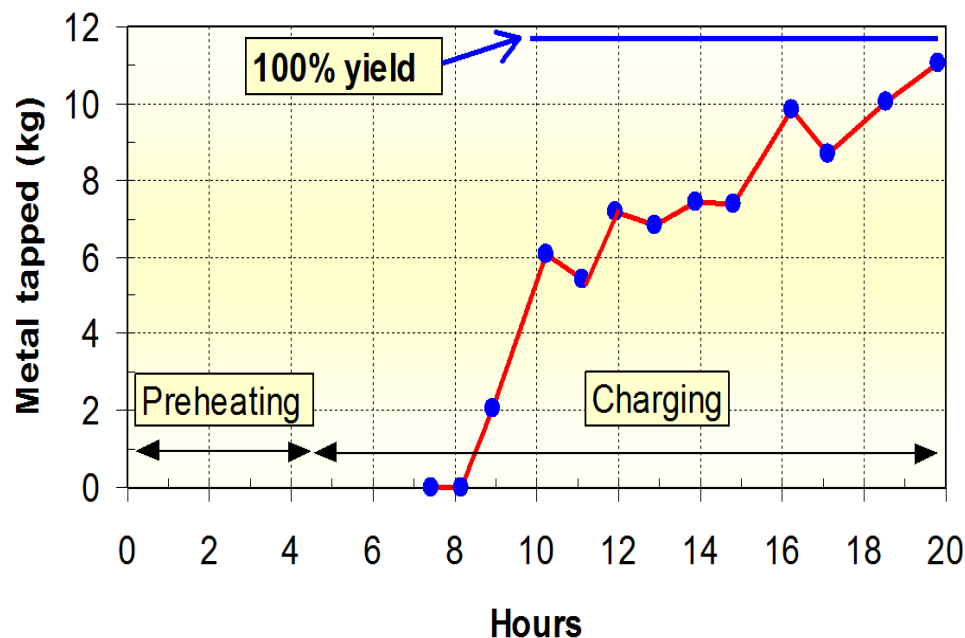
Forsøk ved SINTEF/NTNU

Produksjon av silisium i 150 kW enfase pilotovn



Tapping av silisium

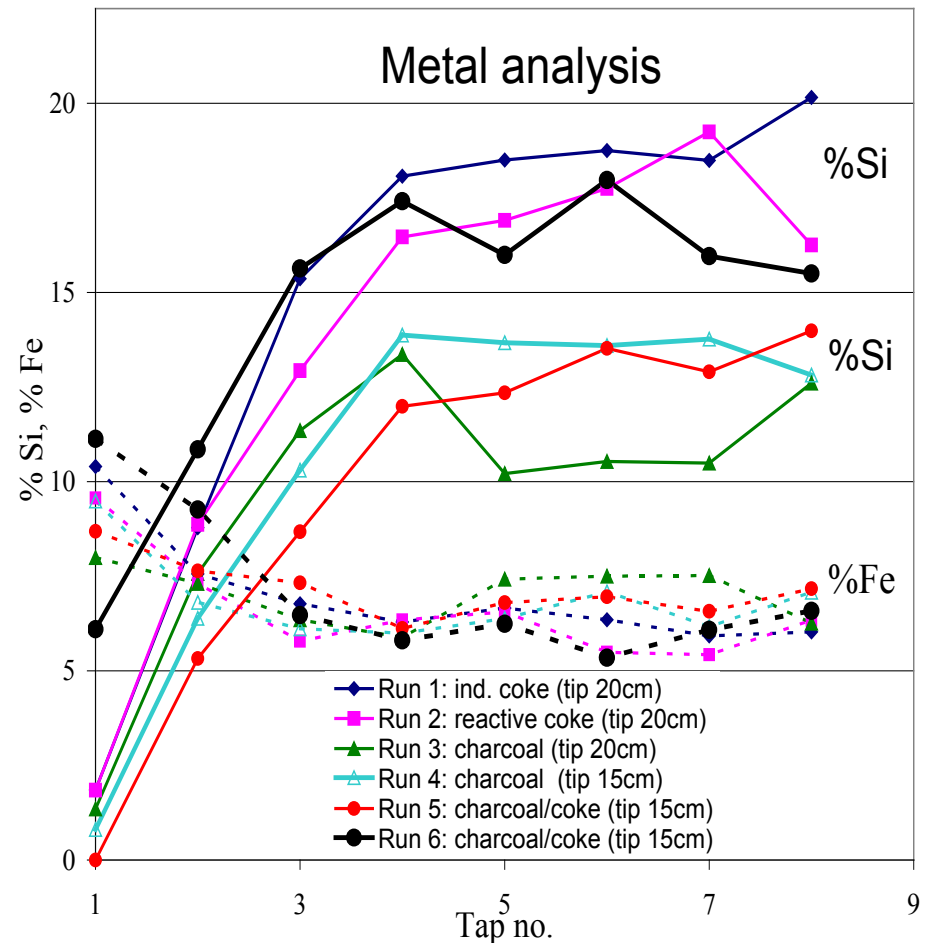
- Trekull fra Brasil som reduksjonsmiddel
- 84 % silisiumutbytte
- 14.1 kWh/kg metall



Forsøk ved SINTEF/NTNU

Produksjon av SiMn i 150 kW enfase pilotovn

Ulike reduksjonsmaterialer (trekull og koks)



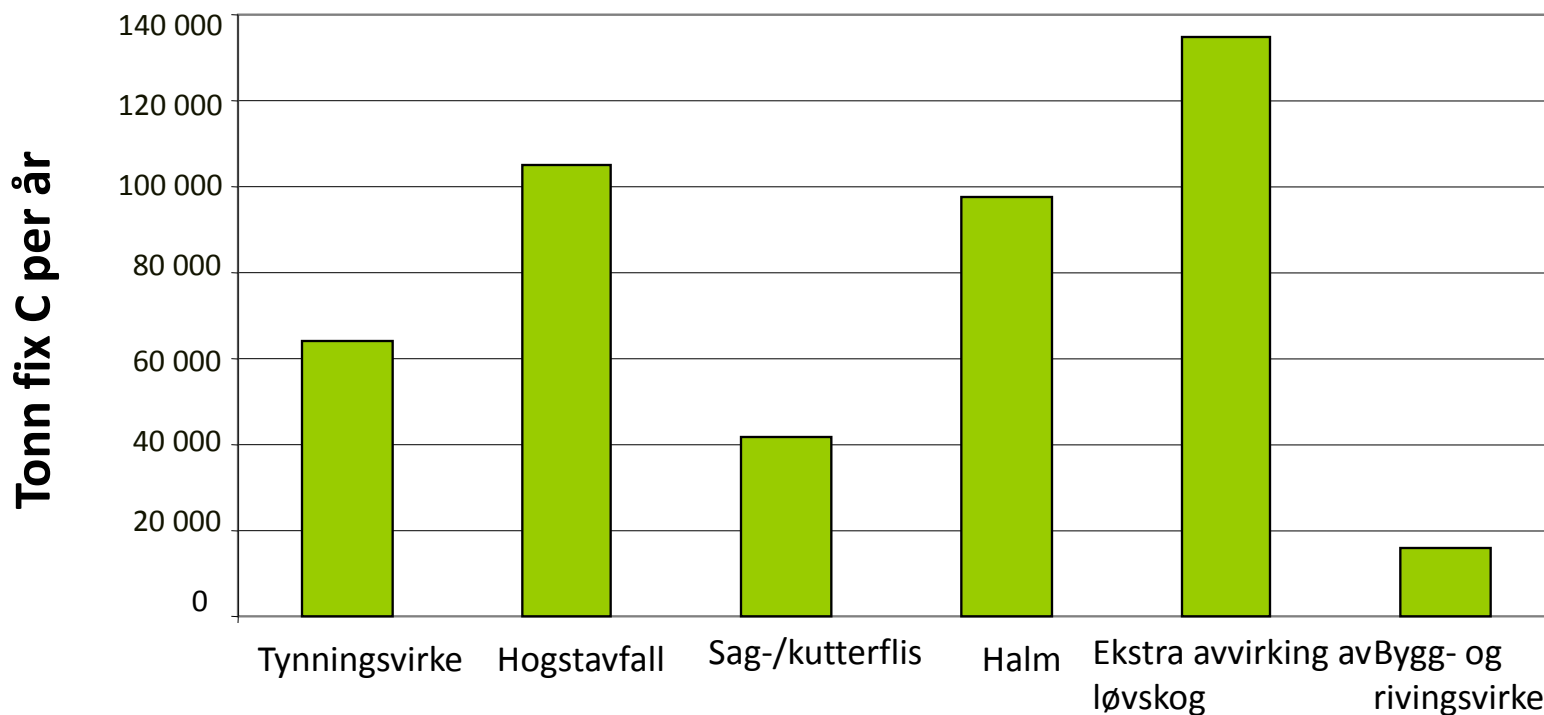
Ubrukte og lett tilgjengelige biokarbonkilder i Norge, kartlagt av STØ i 1996-7



Forutsatt 25% fix C-utbytte (fra tørt trevirke):

365 000 tonn fix C/år fra trevirke (eksklusiv halm)

80% av totalt fix C behov i norsk FeSi og Si-produksjon i 1997



Mulighetsstudier: Bruk av biokarbon i FeSi- og Si- prosesser

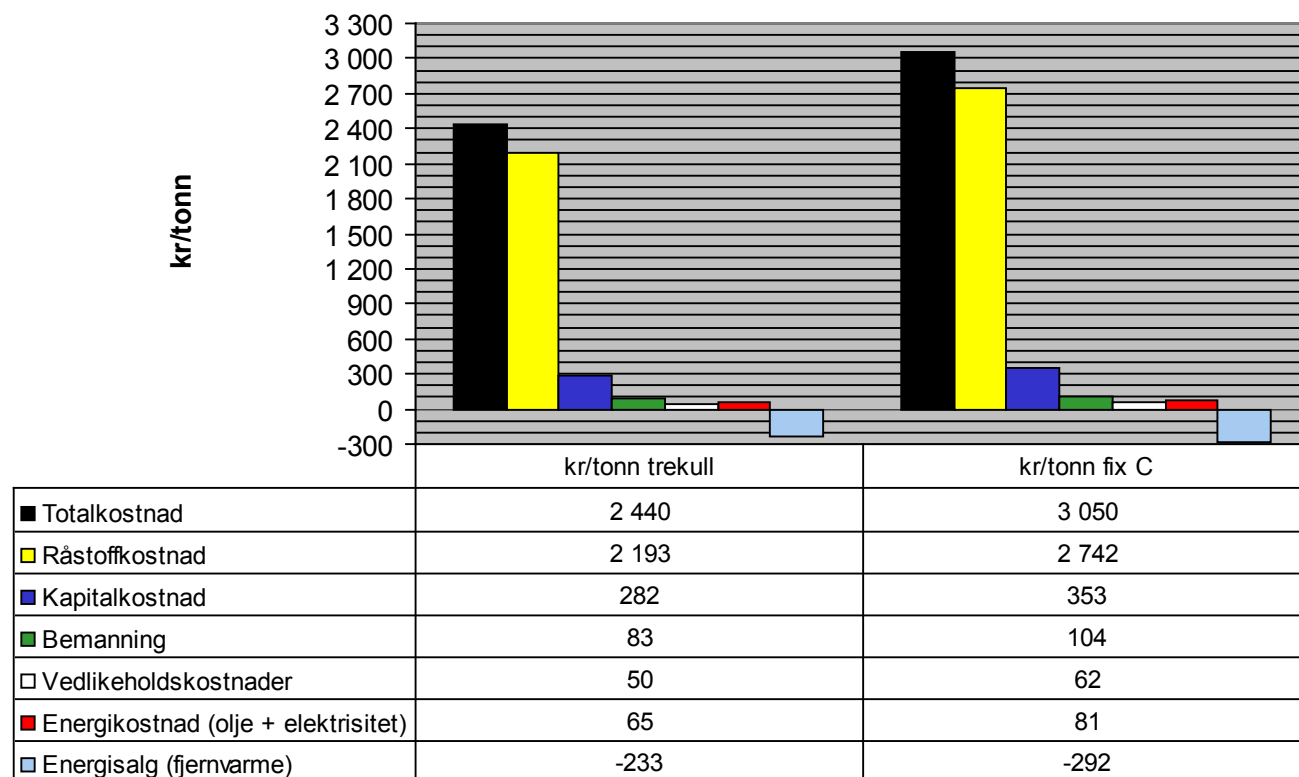
År	Ferro-prod.	Fossilt kr/t fix C	Trekull kr/t fix C v/smelteverk	Trekull teknologi	Tiltakskost Norge ¹ (kr/t CO ₂)	
1997 /5/	FeSi75	Koks 1500	2500	import	220	
	“	“	3050	N, Lurgi	285	
	Si	Kull 1000	2500	import	170	
	“	“	3050	N, Lurgi	230	
1999 /6/	FeSi75	Koks 1500	3350-3540	N, VMR	470 - 530	
	FeSi92	“			420 - 500	
	Si	Kull 1000			400 - 420	
2001 /7/	FeSi75	Koks 1600	2770 - 3070	N-Lambiotte	-	
			3200 - 3470	N-VMR	-	
			2800	import	-	

N = Norsk trekullproduksjon, prosjektert (trekull produseres ikke i Norge)

s = substitusjon (20% eller 40 % i eksemplene), 15 -20 år avskrivning, 7-7,5 % rente

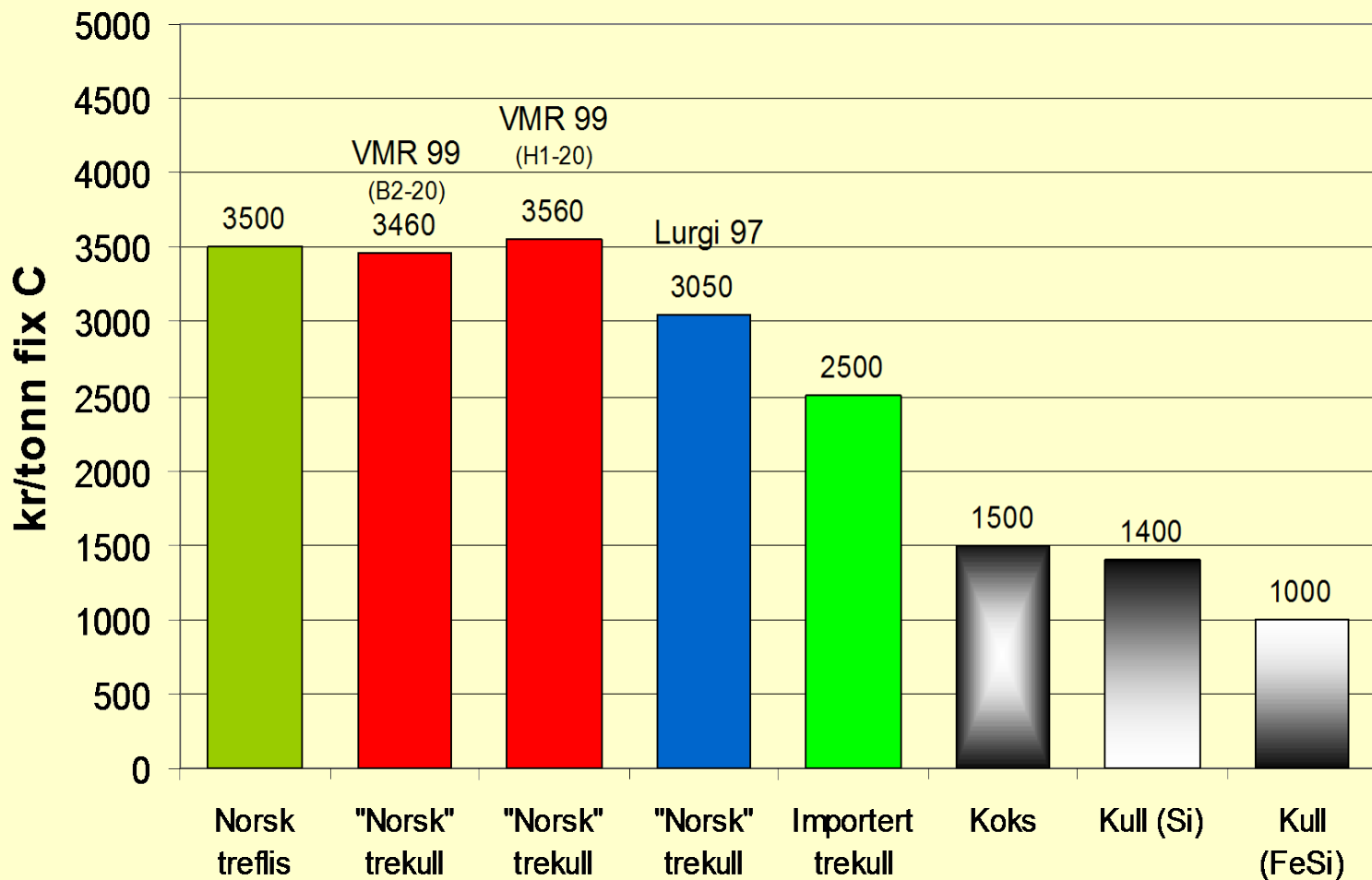
Råstoffet (trevirke) utgjør 67 – 90 % av kostnadene for prosjektert trekullproduksjon i N.

Feasibility- studie 1997



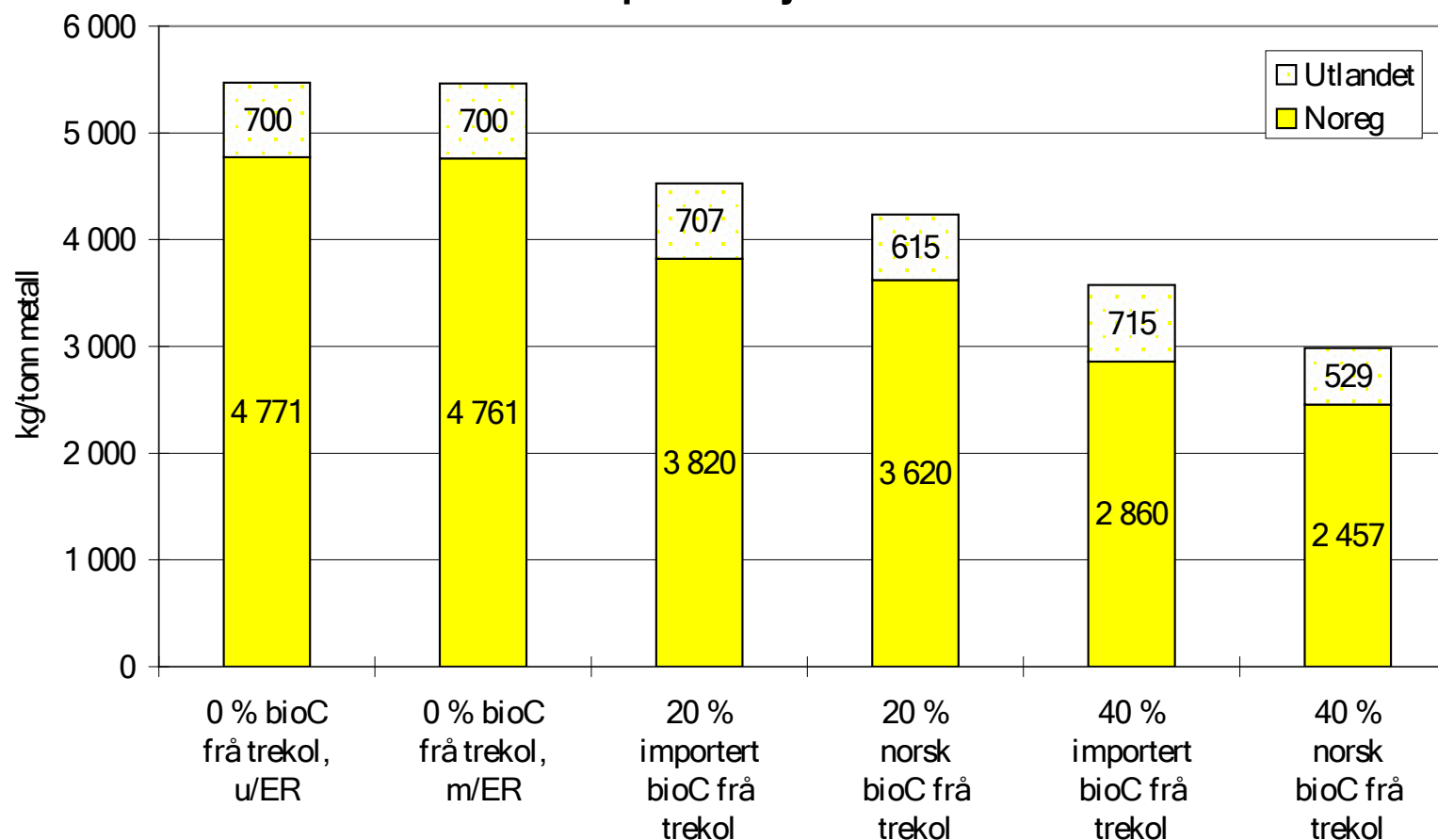
- Lurgi trekullprosess ble valgt og plassert i Trondheim
- Stor kapasitet: 60 000 tonn trekull/år
- Salg av overskuddsenergi til fjernvarme
- Beregnet produksjon: 48 000 tonn fix C/år
- ca 40% dekning av fix C-behovet i Trøndelag

Kostnader for ulike reduksjonsmaterialer for produksjon av FeSi og silisium i 1999



Mulig bruk av trekull – et CO₂-nøytralt tiltak

CO₂-rekneskap ved produksjon av 1 tonn Si



Fra trevirke til trekull

Typisk innhold i trevirke

- Element-analyse av norsk trevirke uten bark (gran, bjørk, furu og or):

C: 48 – 49 %

H: 6 %

O: 44 – 45 %

N: 0.1 – 0.3 %

S < 0.05 %

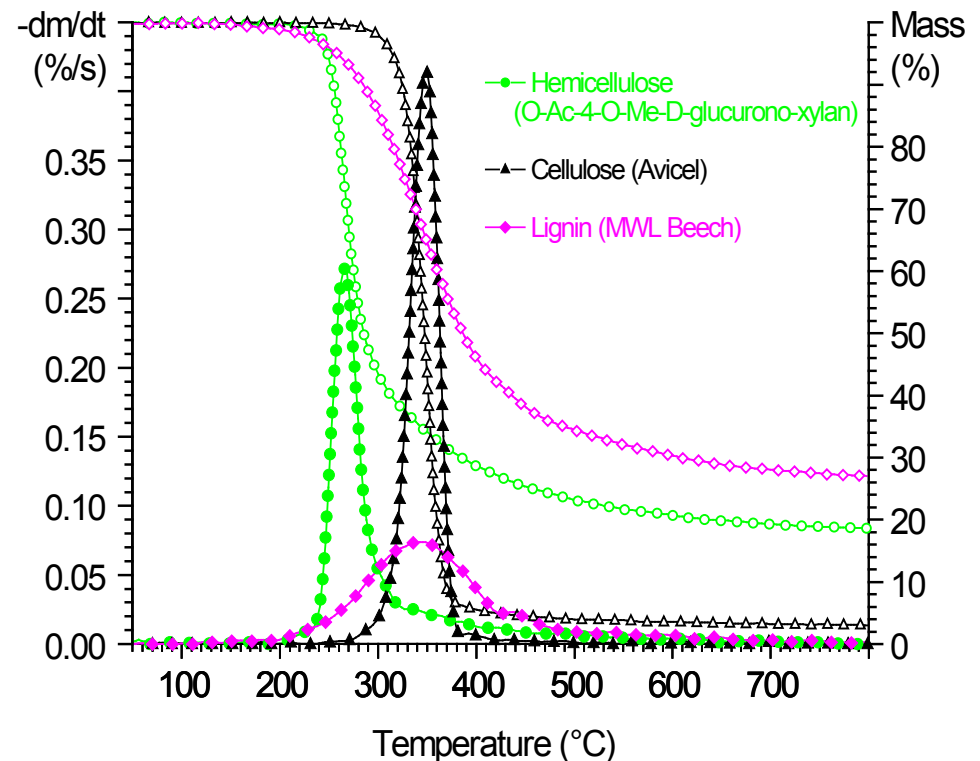
- Byggesteiner i trevirket:

Cellulose: 32 - 42 %

Hemicellulose: 18 – 25 %

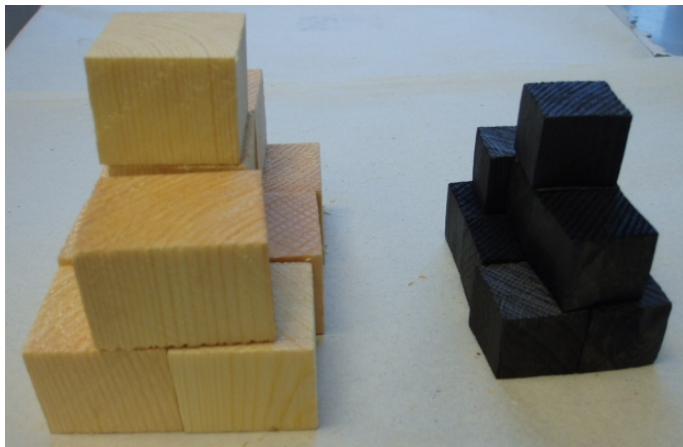
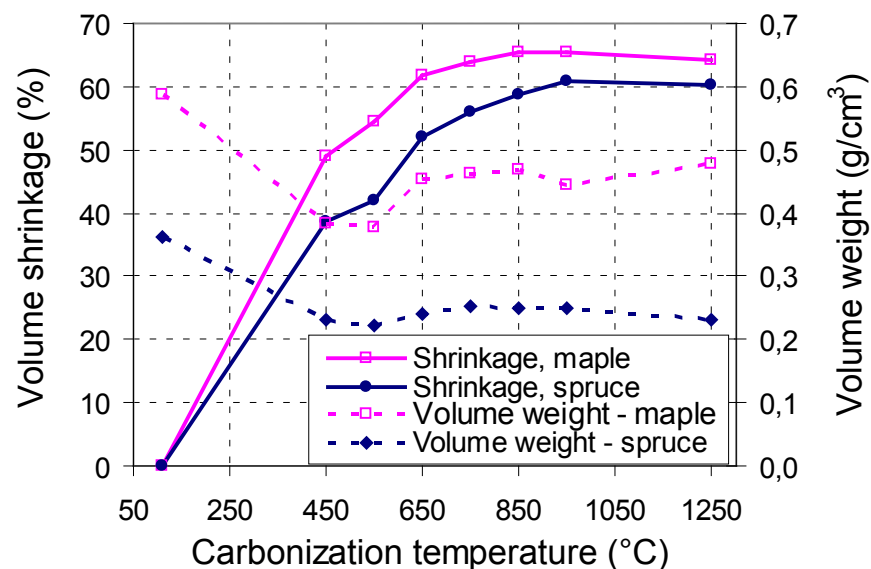
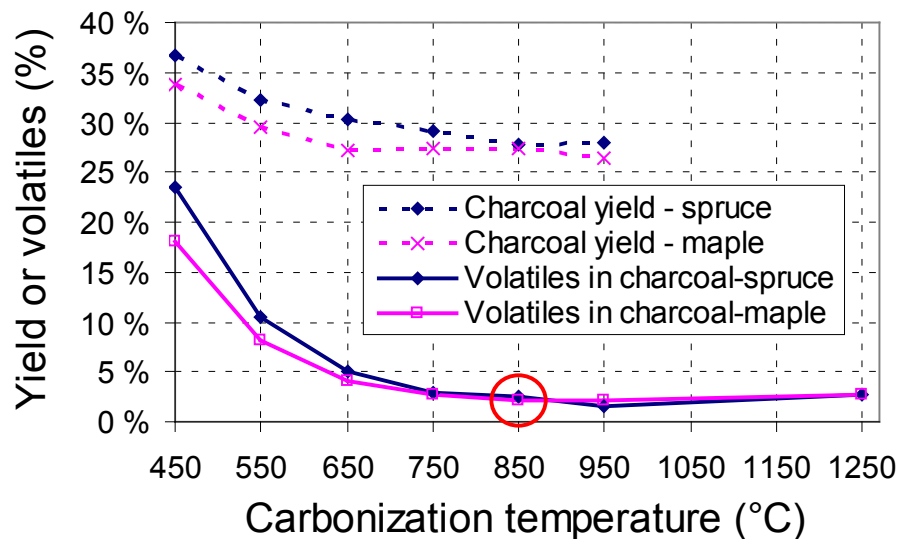
Lignin: 19 – 28 %

Pyrolyse av hemicellulose, cellulose og lignin



TGA-analyse av Dr. E. Jakab at Hungarian Academy of Sciences, 1999

Trekull produsert fra gran og lønn ved SINTEF



- Trekull tilvirket fra trevirke uten bark fordi bark inneholder mer aske enn trevirke
- Langsom oppvarming for godt utbytte
- Trekull produsert ved høy temperatur har lavt innhold av rest-flyktighet (ca 2 %) i forhold til industrielle trekull (15–30 %)
- Trekullutbyttet (kg trekull/kg tørt trevirke) avtar for økende temperatur.

Mulig bruk av trekull som tilsats i anoder for produksjon av aluminium

Forsøk med pilot-anoder

- Tilvirket pilotanoder med 2-10 % trekull
- Benyttet lab ved Hydro Årdal
- Testet egenskaper
- Sammenholdt egenskaper mot krav i spesifikasjoner for anoder
- Resultat publisert i USA på TMS 2010 "Light Metals"



Anode-diameter 13 cm, høyde 17–18 cm

Konklusjon

- Trekull kan ikke anbefales for bruk i anoder ved produksjon av aluminium, basert på dette arbeidet.
- Trekull har ugunstig virkning på anodens egenskaper, slik som tilsynelatende tetthet, CO_2 reaktivitet, styrke, motstand, og dette er uansett trekull type (med ulik tetthet og innhold av flyktighet, eller innhold av K).

Motivasjon for å bruke trekull og treflis ved produksjon av silisium

- **Prosess forbedringer**
 - Bedre fordeling av ovnsgass
 - Økt kondensasjonsareal og masse for SiO-gass
 - Bedre elektrisk motstand i ovnen
 - Bedre SiO reaktivitet
- **Produktkvalitet?**
- **Miljøeffekter**
 - Redusert utslipp av fossilt basert CO₂
 - Redusert utslipp av SO₂
 - Muligens redusert utslipp av sporelementer