



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Mikrobølger til teglbrænding (MAGF)

v/ Abelone Køster, Center for Murværk

Et unikt dansk byggemateriale

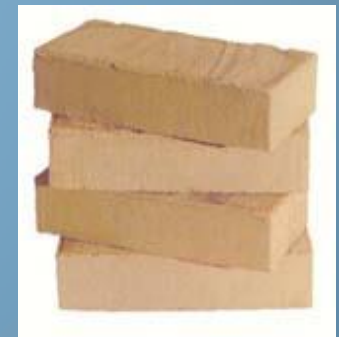
- Gult tegl er lavet af ler med højt kalkindhold
- Første periode er 1450-1500 men det forsvinder igen
- Fra ca. 1650 kendes Flensborg formatet
- Rundetårn 1636 – men også "baggårdsstenen"



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Vesterl, Aalborg (1926 af Einar Packness).



Gult tegl. Særlige egenskaber

- - har i visse tilfælde lav frostfasthed, men større tolerance overfor saltforvitring end rødt tegl.
- - indeholder mobile mineraler som gips i større mængde end rødt tegl.
- Gult tegl er mere energikrævende under brænding pga. det høje kalkindhold
- Råmaterialet giver mulighed for unikke farver, som er stærkt efterspurgt i vore nabolande
- Der er nok af det -
- - men det giver desværre også bøvl og misfarvninger....



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Teglproduktion og innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Produktion af tegl sker typisk i meget lange serier, hvor resultatet først ses efter flere uger.
- Man ændrer højst en smule ad gangen på de mange parametre, som man primært har erfaringsbaseret viden om.
- Dristige eksperimenter og teknologispring passerer sjældent disse barrierer. Det kan koste dyrt!



Hvor er vi i dag. Viden om tegl.



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- **E. Jensen, 1978: 'The Typical Danish Brick';**
- Lille hæfte på 10 sider. 2 fasediagrammer, 1 rød og 1 gul type.
- **C. Ditlefsen, 1988: 'Kortlægning af ler til teglproduktion', Skov- og Naturstyrelsen**
- Dansk ler til teglproduktion ud fra en råstofgeologisk synsvinkel.
- **"Noget om ler", artikelsamling, Skov- og Naturstyrelsen 1989**
- **T. Holmboe, 2001: 'Teglværksler i Danmark'**
- Om lerforekomster i Danmark. Der er undersøgt 6 danske lertyper, alle rødbrændende.
- **Teknologisk Institut, Murværk: Gult tegl, temahæfte 2005**



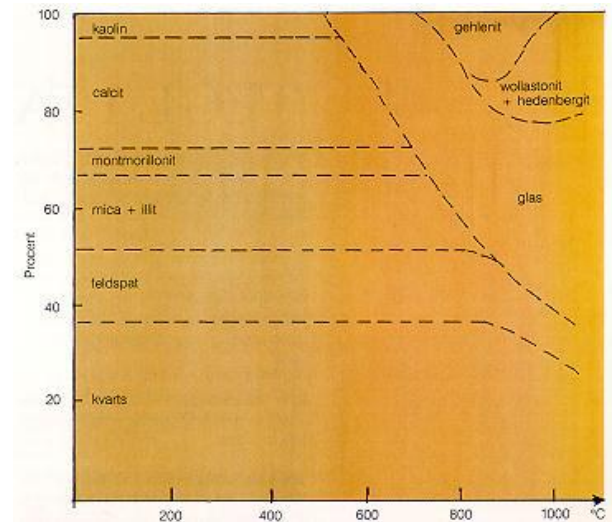
+ masser af erfaring!!!

Fra undren til udvikling



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Vi har brug for mere viden om råmaterialer, om brændingsatmosfærens betydning for resultatet, om de kemiske forhold og ikke mindst mere viden om de mineralogiske faseomdannelser omkring 900-1100 °C.
- Vi vil kunne forklare og *styre* de tekniske egenskaber.
- Ny viden om keramisk/mineralogiske processer og teknologi til hurtig opvarmning skal bane vejen for bedre styring af kritiske faser i teglbrændingen – fx kvartspunkt og kalkspaltning





Visionen

- Rationel og bæredygtig produktion i Danmark af tegl til mur og tag
- Eksport af unikke farver i tegl
- Robuste produkter til fremtidens klima

Visionen trinvis:



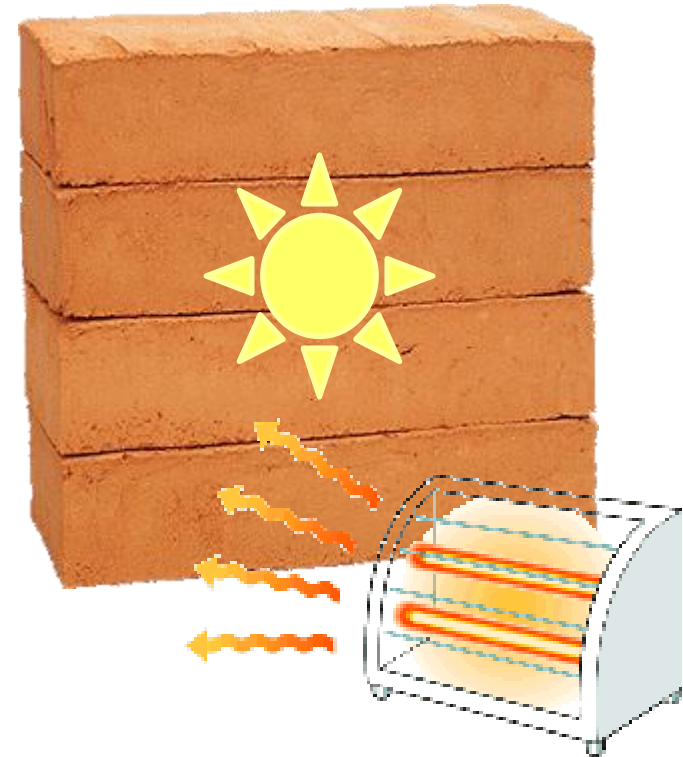
TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. Skaffe forskningsmidler til en ny platform inden for viden og teknologi til tegl.
2. Skabe et projekt i samarbejde med universiteter og danske teglværker
3. Etablere et anlæg for højteknologisk pilotproduktion af tegl på Instituttet
4. Opnå afgørende ny viden om råmaterialer og proces, og stille denne viden til rådighed kommercielt.
5. Spille hovedrollen i den kommende omlægning af danske teglværkers energikilde fra naturgas til vedvarende energi (el).

Resultat: Ny viden og et eksperimentelt pilotanlæg kan spare millioner i fejlslagne eksperimenter og skabe innovation

Ny teknologi MAGF

- **Mikrobølger** udnytter di-elektriske egenskaber i materialet til at skabe et hurtigt skiftende elektrisk felt som skaber varme i emnet.
- Efterfølgende varmetab fra emnet opleves som om, at opvarmning sker "indefra og ud"
- Varmetabet fra emnet modvirkes med samtidig gasfyring
- Opvarmningen bliver mere ensartet, temperatur spændinger undgås, og bedre kvalitet opnås.

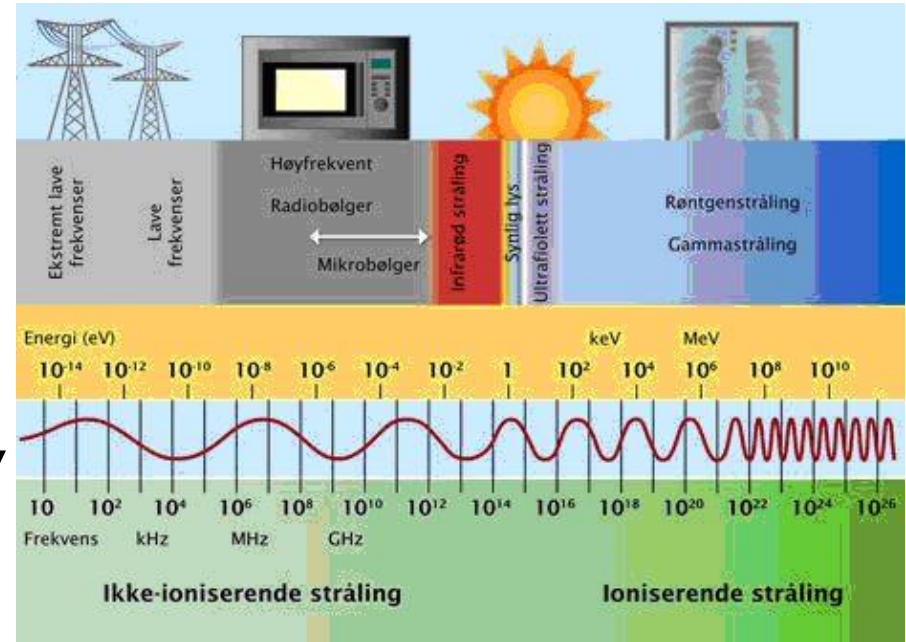


Di-elektrisk opvarmning



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- giver mulighed for direkte og hurtigere opvarmning af råmaterialet – både mht. tørring og brænding
- 2,45 GHz "køkkenbordsovn"
896 MHz "mobiltelefon"
- Samt også HF radiobølger
- Omsætning af energi til teglmaterialet bliver mere effektiv og energikilderne kan skifte fra naturgas til grøn energi



Teknologi – potentiale - mulighed

Mikrobølger har potentiale til at initiere et paradigmeskift i den keramiske industri fra 'sort' til grøn produktion



Teglværkerne er blandt de mest energitunge virksomheder i Danmark

Der er afsat 3,75 mia (milliarder) offentlige støttekroner i perioden 2013-20 til omstilling af den danske industri til grøn energi.



Inspiration: Pilotprojekt i UK



TEKNOLOGISK

- Gennemført i England 1993-99
- Deltagelse af 42 virksomheder
- Sanitet, bordservice, ildfast gods, pigmenter, heavy clay, teknisk keramik og mursten
- 3 ovne fra laboratorieskala til tunnelovn blev anvendt til forsøg og opskalering
- Laboratorieovn ca. 150 liter volumen
- Batch ovn ca. 1 m³, og plads til palle læs
- Tunnelovn 14 m, 23 vogne



Pilotprojekt brænding. resultater



TEKNOLOGISK
INSTITUT

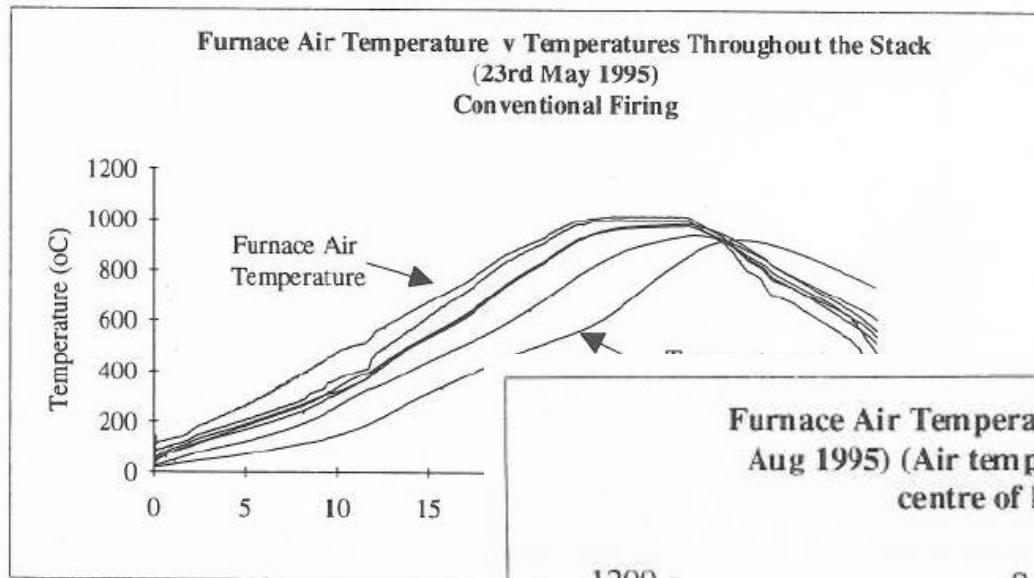


Figure 1: Conventional Firing, differences in

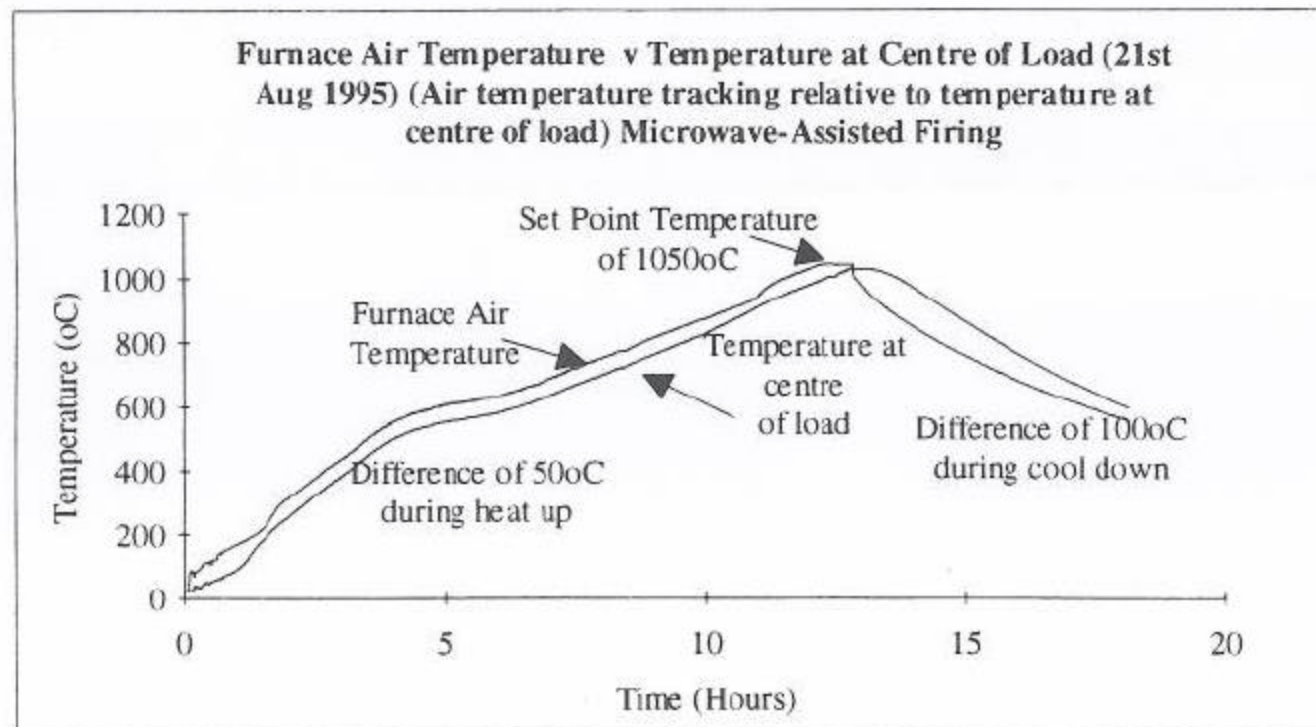


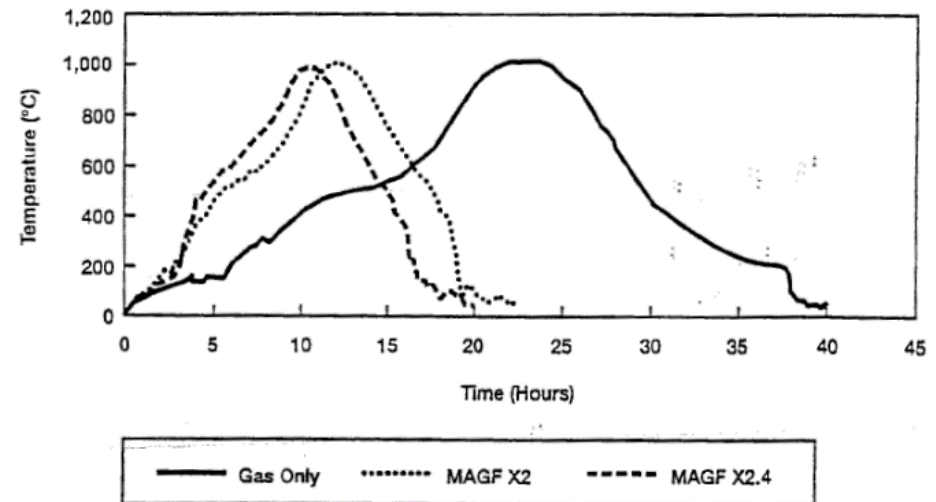
Figure 2: Microwave-Assisted Firing of one tonne of clay product, using strategy No. 1; focusing on temperature uniformity and firing twice as fast as conventional

Fordele og resultater



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Brændetider reduceres med 30-50 % (altså op til 2 x hurtigere proces)
- Samlet energibesparelse på op til 50 %
- Ca. 10 % af forbrugt energi går til MW (altså 90 % gas)
- NB i England fokus på at bruge mindst mulig elektrisk energi pga. pris
- Reduceret flourid emission
- Forbedret produktkvalitet pga. mindre temperaturgradient i gods



Udfordringerne

- Energiprisen på el steg pludselig voldsomt i UK, derfor gik projektet i stå
- Der var usikkerheder, eksempler på "løbsk" opvarmning fandt sted. Manglende viden og test af råmaterialer og mineralomdannelser
- Alt var eksperimentelt
 - godset blev blot brændt i forsøgsovnene
- Vurdering af produkterne var ikke systematisk, ingen måling
- Ingen æstetisk vurdering af mursten
- Optimering af rette bølgelængde, HF eller MW

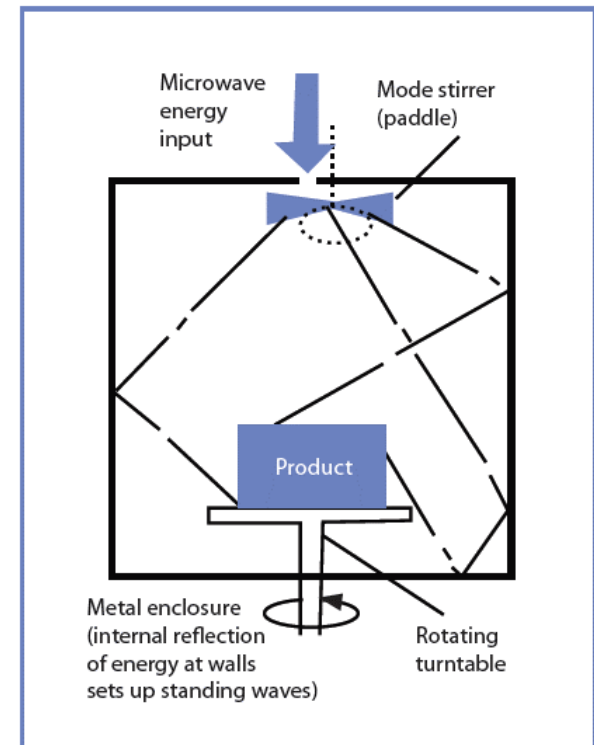
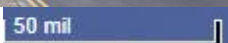


Figure 7 multimode microwave cavity



Internationale
samarbejds partnere



The National Centre for Industrial Microwave Processing (NCIMP)

- Forskning i materialers optagelse af mikrobølger og opskalering til industrielle processer
- Grundig proces fra bittesmå prøver til færdige anlæg, flere trin og kan simulere processen
- Fokuserer mest på processer, hvor vand i materialerne opvarmes



The University of
Nottingham

UNITED KINGDOM · CHINA · MALAYSIA



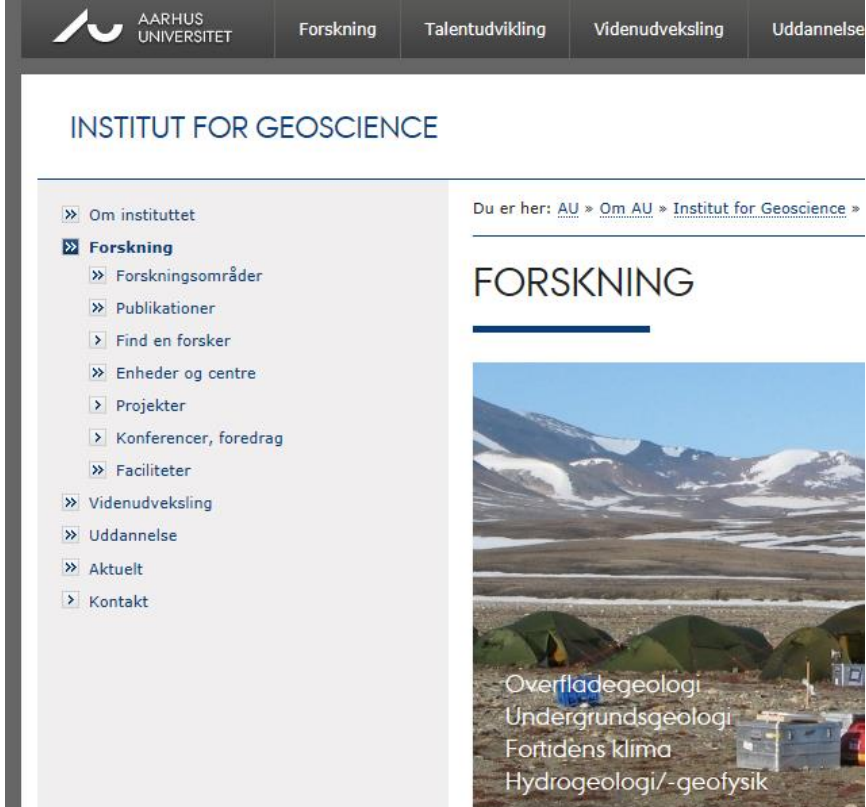
- Privat selvejende institut (nogenlunde som TI)
- Har arbejdet med mikrobølge- og radiobølgeteknologi til opvarmning i 20 år.
- De designer og leverer både laboratorie- og pilotskala mikrobølge og mikrobølge/gas-hybrid ovne (MAGF)
- Arbejder meget på erfaringsbasis med dielektricitet i materialerne

Danske partnere

3 Teglværker

- Hammershøj Teglværk
- Strøjer Tegl
- Helligsø Teglværk

- Aarhus Universitet
Institut for Geoscience



AARHUS
UNIVERSITET

Forskning Talentudvikling Videnudveksling Uddannelse

INSTITUT FOR GEOSCIENCE

Du er her: [AU](#) » [Om AU](#) » [Institut for Geoscience](#) »

FORSKNING

- » Om instituttet
- » **Forskning**
 - » Forskningsområder
 - » Publikationer
 - > Find en forsker
 - » Enheder og centre
 - > Projekter
 - > Konferencer, foredrag
 - » Faciliteter
- » Videnudveksling
- » Uddannelse
- » Aktuelt
- > Kontakt

Overfladegeologi
Undergrundsgeologi
Fortidens klima
Hydrogeologi/-geofysik

Forsknings- og udviklingsprojekt



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- MÅL:
at en ny energieffektiv brændingsteknologi er modnet og klar til implementering på danske teglværker ved at
- At kortlægge de di-elektriske egenskaber i danske råmaterialer i alle faser af fremstillingen
- At opstille termodynamiske og reaktionskinetiske modeller som kan forudsige den mineralogiske udvikling fra råler til tegl
- Udnytte de naturlige variationer i danske råmaterialer til at skabe de ønskede fysiske, kemiske og æstetiske egenskaber i mursten og tagsten
- Kombinationen af den kendte gas- og den helt nye mikrobølgeteknologi vil blive testet i et nyt pilotanlæg på Teknologisk Institut



Energiteknologisk udvikling og demonstration

Investering i pilotanlæg



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Første prøvebrændinger i eksisterende MAGF ovn hos C-Tech Innovation i efteråret 2014
- Samtidig testes HF som alternativ, det vil sige optimal bølgelængde skal findes
- Bygge en ny ovn med 300 liter kammer og gasbrændere
- Bestykses med MW eller HF generator
- Temperatur ca. 1350 °C
- Forholdet mellem gasbrænding og bølgeenergi kan varieres
- Placering Teknologisk Institut i Aarhus



Stade – indsats for at ydelsen kan blive kommerciel



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Mikrobølger er i kommerciel anvendelse til mineralsk proces.
- Bygningstegl har endnu ikke set produktionsanlæg.
- Afklaring af optimal bølgelængde.
- Det er muligt at "retrofite" eksisterende anlæg (MW generatorer, sikkerhed/dæmpere, ny isolering)
- F&U projekt skal skabe videngrundlaget, herunder en PhD
 - i gang 2014
- Pilotanlæg i DK fra januar 2015



Omlægning fra naturgas til vedvarende energi (el)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

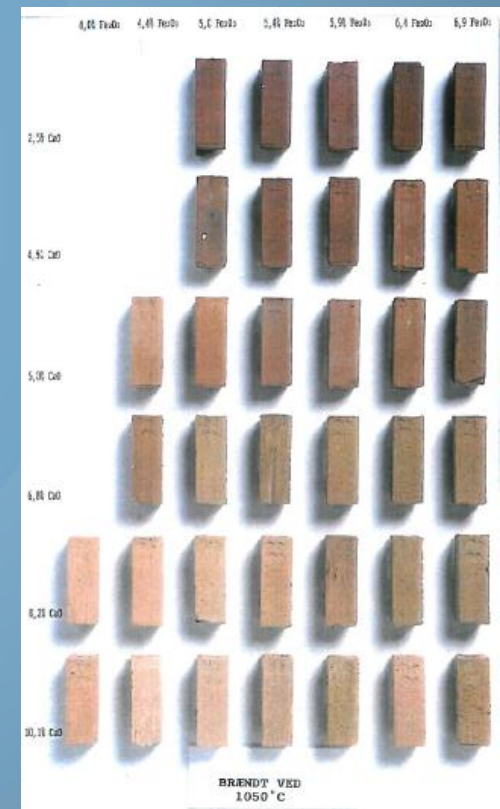
- Der er foreløbig naturgasreserver til 30 års forbrug, men der er et stort og kritisk fokus på, at branchen anvender fossile brændstoffer.
- Di-elektrisk opvarmning er den eneste realistiske mulighed for at bruge el som energikilde til brænding af tegl.
- Der er afsat 3,75 mia (milliarder) offentlige støttøkroner i perioden 2013-20 til omstilling af den danske industri til grøn energi.
- *Teknologispring:* Ny viden om de mineralogiske omdannelsesprocesser ved teglbrænding, og om råmaterialernes præcise betydning for teglets egenskaber, er nødvendig
- Brændingsteknologi er i dag erfaringsbaseret, og omstilling til el ville uden den nævnte viden kræve nye "generationers" erfaring!

Kommerciel produktudvikling. Pilotanlæg

- Pilotanlægget kan bruges til fremstilling af prototyper såvel som mere eksperimentelle produktioner.
- Her fremstilles små serier af mursten som kan testes i fuld skala med opmuring, æstetik, holdbarhed mv.



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Kommerciel produktudvikling. Markedsmuligheder

- Anvende restprodukter til fremstilling af tegl
- Test af f.eks. specielle lerarter fra Grønland i en lille, men realistisk skala
- "Redde" produktion af tagsten i DK
- Efterspørgsel efter spændende tagsten med glasurer er stor
- Integreret solceller i tagfladen på en smuk måde – nye tagstenstyper kan understøtte udviklingen



TEKNOLOGISK
INSTITUT





TEKNOLOGISK
INSTITUT

Spørgsmål?

muligheder

it's all about ~~innovation~~

