



# Om flyveaske Betonhåndbogen 2016

Nicolai Bech

StandardConsult ApS

Møde i Betonforeningen 24. februar 2016

# OverSIGT

- Den historiske side af askeanvendelsen
- Hvor kommer flyveasken fra
- Hvad er der i flyveasken
- Hvordan kontrollerer vi den
- Hvilke krav skal vi leve op til
- Hvad med fremtiden

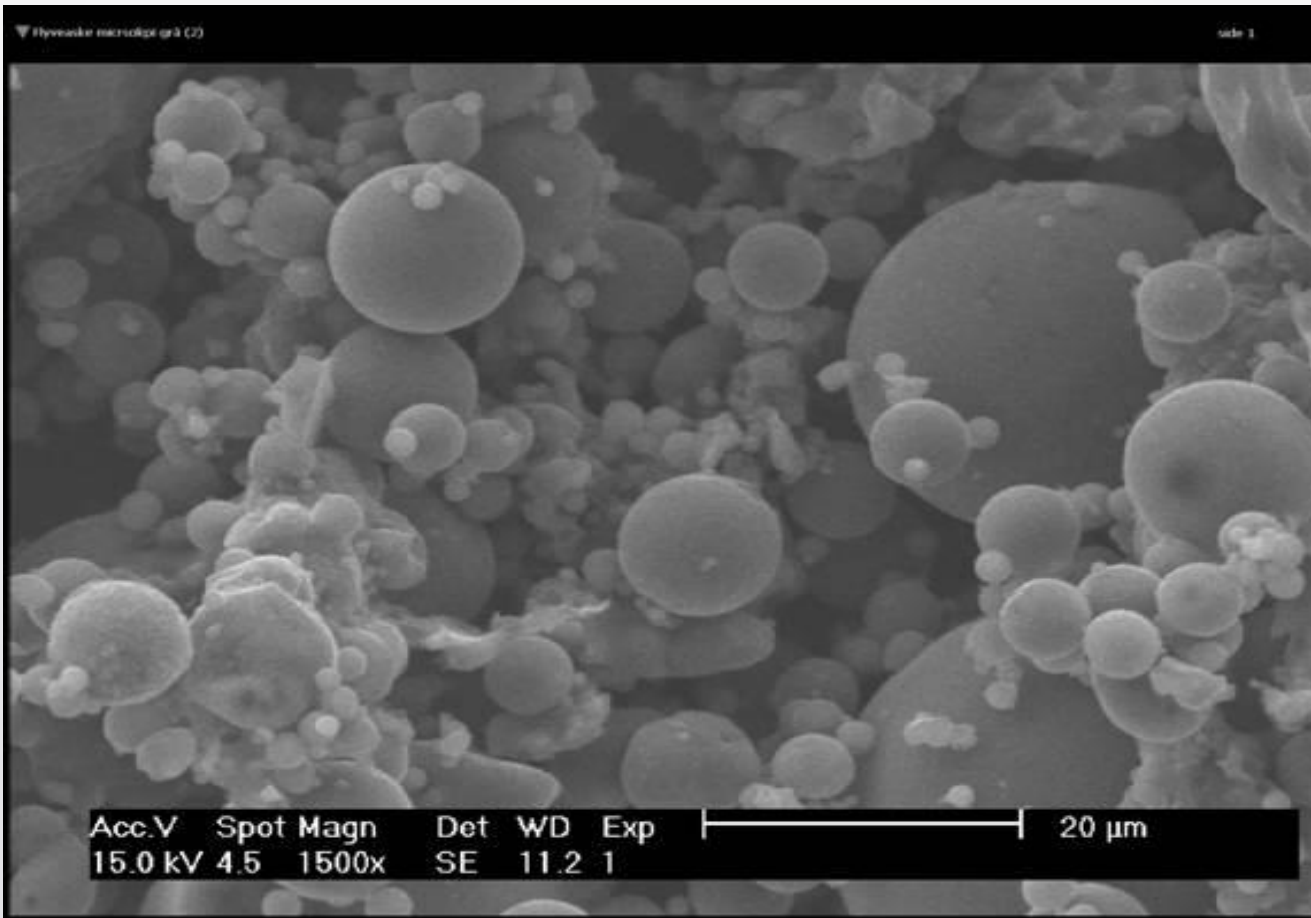
# Hvad er flyveaske

- Ifølge DK/EN 450-1 "Flyveaske til beton" er flyveaske et fint pulver, der i hovedsagen består af kugleformede glaspartikler, dannet ved forbrænding af pulveriseret kul.
- Asken har puzzolane egenskaber og består især af  $\text{SiO}_2$  og  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , hvoraf det reaktive indhold af  $\text{SiO}_2$  er mindst 25 w/w%.
- Flyveasken tilbageholdes ved elektrostatisk eller mekanisk udfældning af askepartikler fra røggassen i anlæg fyret med kul eller kul/biomasse.
- På grund af sammensætningen og brændselsvalget betegnes de danske flyveasker som silikatrige ("silicious"; engelsk betegnelse )

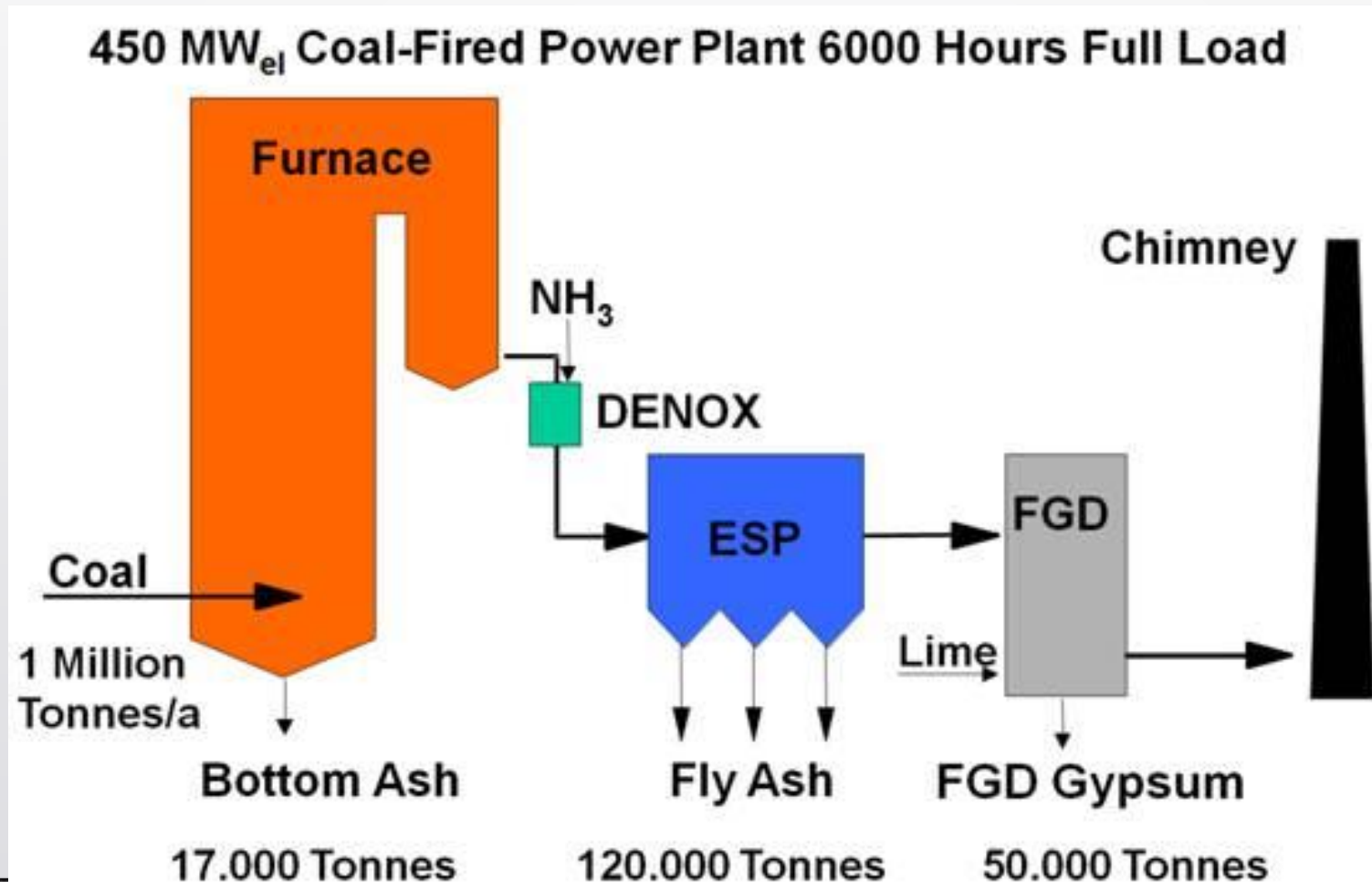
# Flyveaskens historie

- I 1930'erne var der aktiviteter i gang i USA og Europa for at finde en anvendelse for de stigende mængder aske, som råmateriale til byggemateriale industrien. Et forslag gik på at anvende aske som delvis erstatning for cement i gasbeton. I USA blev der anvendt flyveaske til delvis erstatning for cement ved byggeriet af Hungry Horse Dam i Montana i 1948- 1950. Der blev brugt ca 2,2 mio m<sup>3</sup> beton til byggeriet.
- I Tyskland var det først i 1960'erne at man for alvor begyndte at bruge flyveaske til beton. Det skyldtes de stigende mængder aske der blev produceret allerede da. Fra 1970'erne steg forbruget yderligere på grund af både økonomiske og miljømæssige årsager.
- Før 1973 anvendte kraftværkerne i Danmark næsten udelukkende olie som brændsel, men med oliekrisen i 1973 begyndte en hurtig omstilling på kraftværkerne fra olie til kul som primært brændsel.

# Flyveaske set I elektronmikroskop



# Hvor kommer flyveasken fra





# Hvilke krav stilles der flyveaske

- EN 450 1-2
- REACH godkendelse
- Certificering af eksternt myndighed
- Daglig kontrol af kvaliteten, især uforbrændt og finhed
- Flyveasken sælges gennem Eminent A/S, der håndterer certificering og varetager klager og miljøhændelser
- Flyveasken klassificeres som affald i Danmark, mens det i en række lande klassificeres som biprodukt
- Flyveasken opfylder samtlige betingelser for at skulle klassificeres som biprodukt og ikke affald.

# Hvad er sammensætningen

<u>Komponent</u>	Masse%, min	Masse% <u>maks</u>
SiO <sub>2</sub>	36	59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	19
<u>CaO</u>	1	12
<u>MgO</u>	0,7	4,8
K <sub>2</sub> O	0,5	6
Na <sub>2</sub> O	0,1	3,5
SO <sub>3</sub>	0,1	2
TiO <sub>2</sub>	0,5	1,8
<u>Uforbrændt</u>	0,5	5



# Fysiske parametre

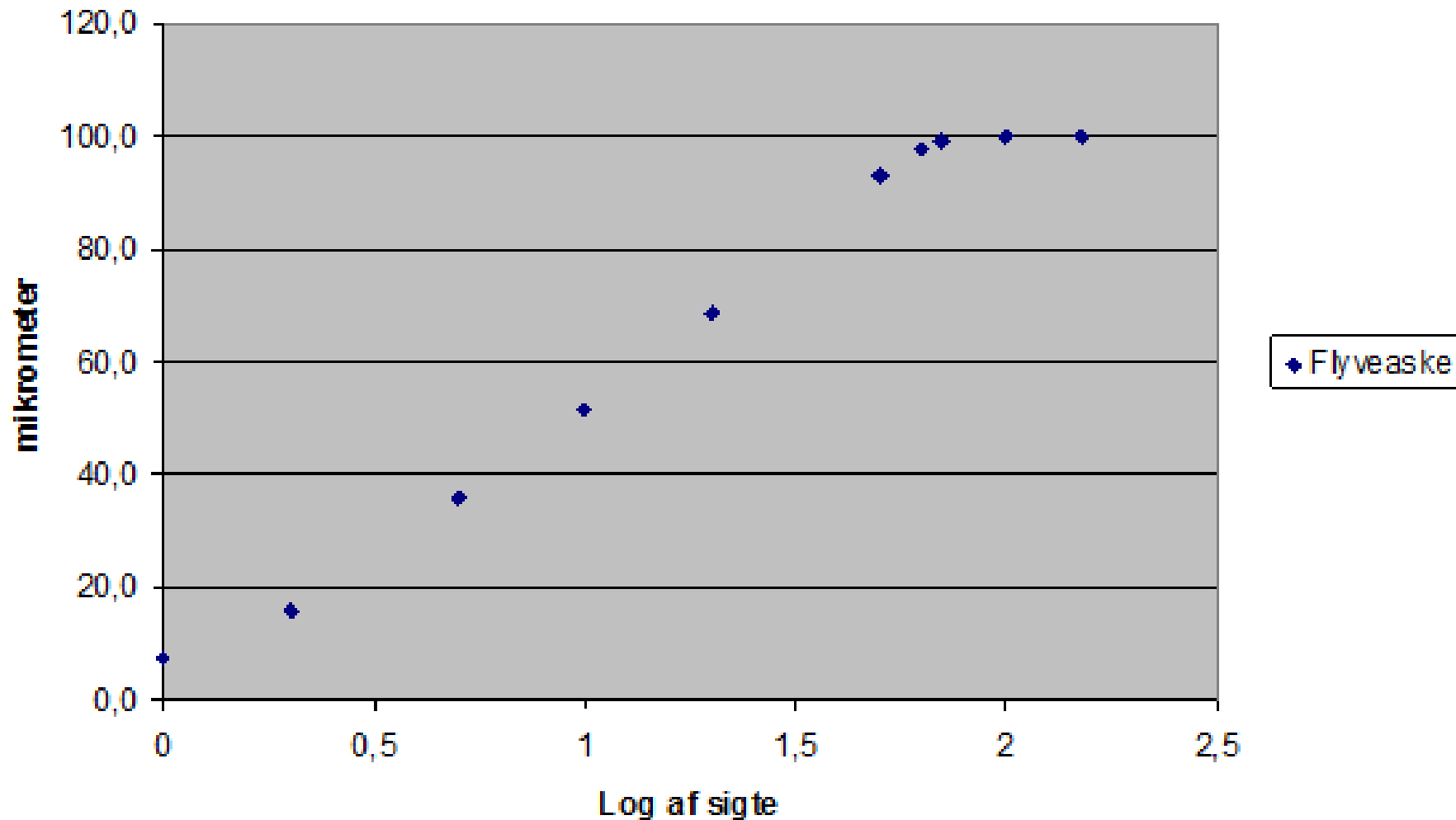
Egenskab	Enhed	Interval
Partikel densitet	Kg/m <sup>3</sup>	2.000 – 2.500
Bulk densitet	Kg/m <sup>3</sup>	800 – 1.100
Middel korn størrelse d <sub>50</sub>	µm	10 - 30
Specifik overflade areal	Cm <sup>2</sup> /g	10.000 – 50.000

En af fordelene for flyveaskes anvendelse til betonformål har direkte at gøre med askepartiklernes størrelse og form.

En størrelsesfordeling af partiklerne er derfor vigtig. Når asken fra det pulveriserede kul smelter i fyrrummet nedsættes overfladespændingen og smeltefasen danner derfor kugleformede partikler.

Oftest vil de være som solide kugler, men der dannes også en lidt anden type partikler, der nærmest er som små "glaskugler".

## Flyveaske kornkurve



# Sporstofindhold I flyveaske

Sporstof	Flyveaske
Antimon	0,5 → 45
Arsen	0,6 → 460
Barium	600 → 2.300
Bly	20 → 1.000
Cadmium	0,2 → 12
Chrom	25 → 400
Kobolt	35 → 125
Kobber	33 → 620
Nikkel	40 → 500
Kviksølv	0,1 → 4
Thallium	0,1 → 45
Vanadin	75 → 625
Zink	50 → 1.500

Hvad er indholdet I  
vitaminpiller:

Jern: 2,1 mg

Calcium: 200 mg

Jod: 0,1 mg

Kobber: 0,5 mg

Mangan: 2,0 mg

Magnesium: 135 mg

Fosfor: 105 mg

Chrom: 0,04 mg

Molybdæn: 0,05 mg

Selen: 0,03 mg

Zink: 5 mg

Tabel 3. Typisk indhold af sporstoffer i mg/kg (ppm) i flyveaske

## Eksempel på Flyveaske krav

- For Fehmarn tunnel projektet er det sandsynligt at der vil blive stillet særlige skærpede krav til et anlæg der skal garanteres 100 års holdbarhed:
- Basis er EN 450 kravene.
- Forventede yderligere krav:
  - Uforbrændt  $\leq 4,0\%$  ( 5% )
  - Kloride  $\leq 0,04\%$  ( 0,1% )
  - Total alkali  $\leq 3,5\%$  ( 5% )
  - Alle andre parametre deklarerer af leverandøren

# Hvordan håndteres flyveaske på værket:



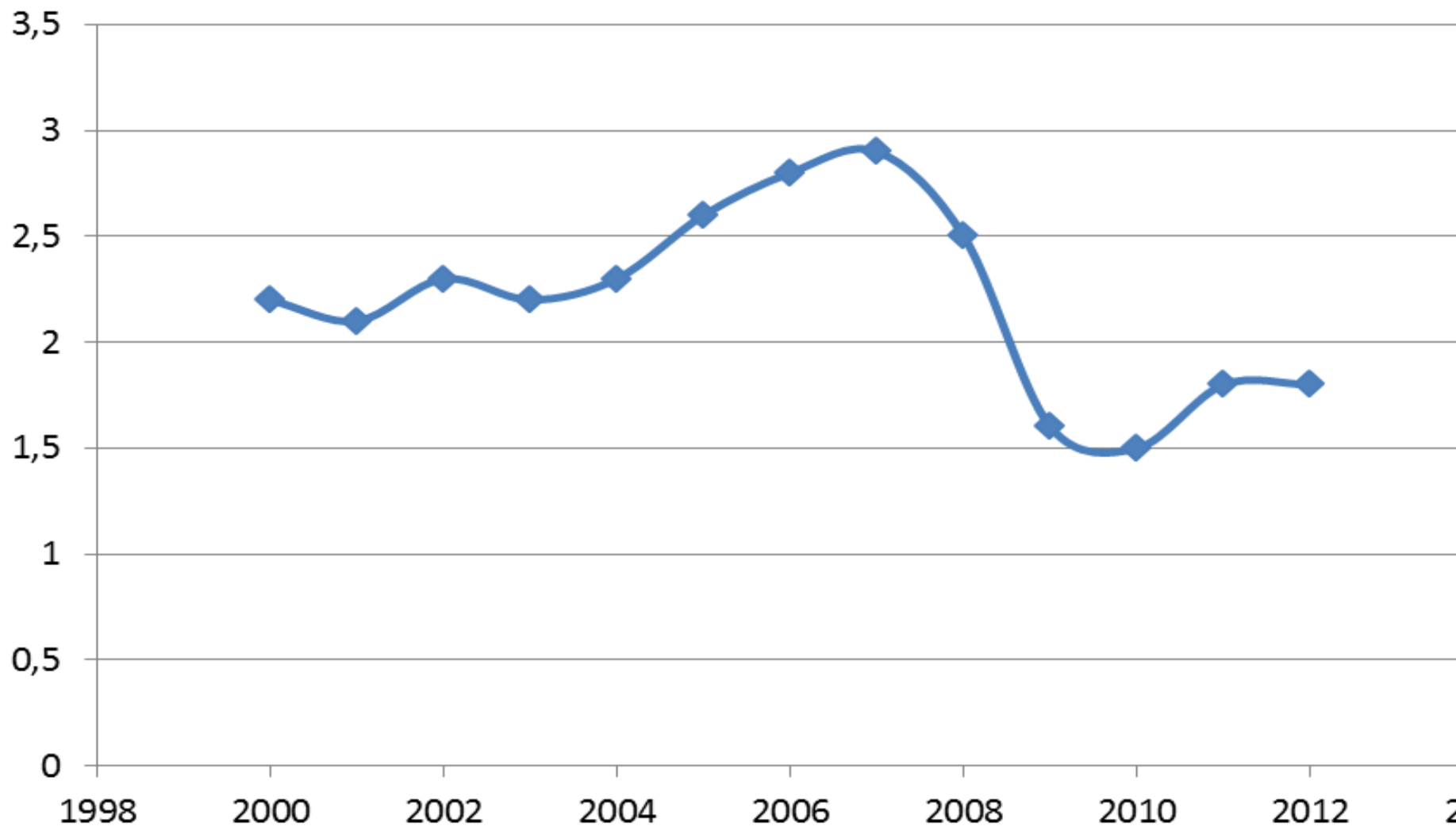
# Hvor meget flyveaske bruges egentlig i Danmark

- En officiel statistik fra 1999 oplyser, at der bruges 247.000 tons flyveaske til beton.
- Hovedparten af flyveasken bruges til færdigbeton.
- Baseret på sammenligning af produktionen af færdigbeton i 1999 og 2006 kan man konkludere at der i gennemsnit bruges ca. 200.000 tons flyveaske om året til beton.
- Forbruget er jo selvfølgelig afhængig af den almindelige byggeaktivitet, men introduktionen af selvkompakterende beton har betydet en vis øgning.

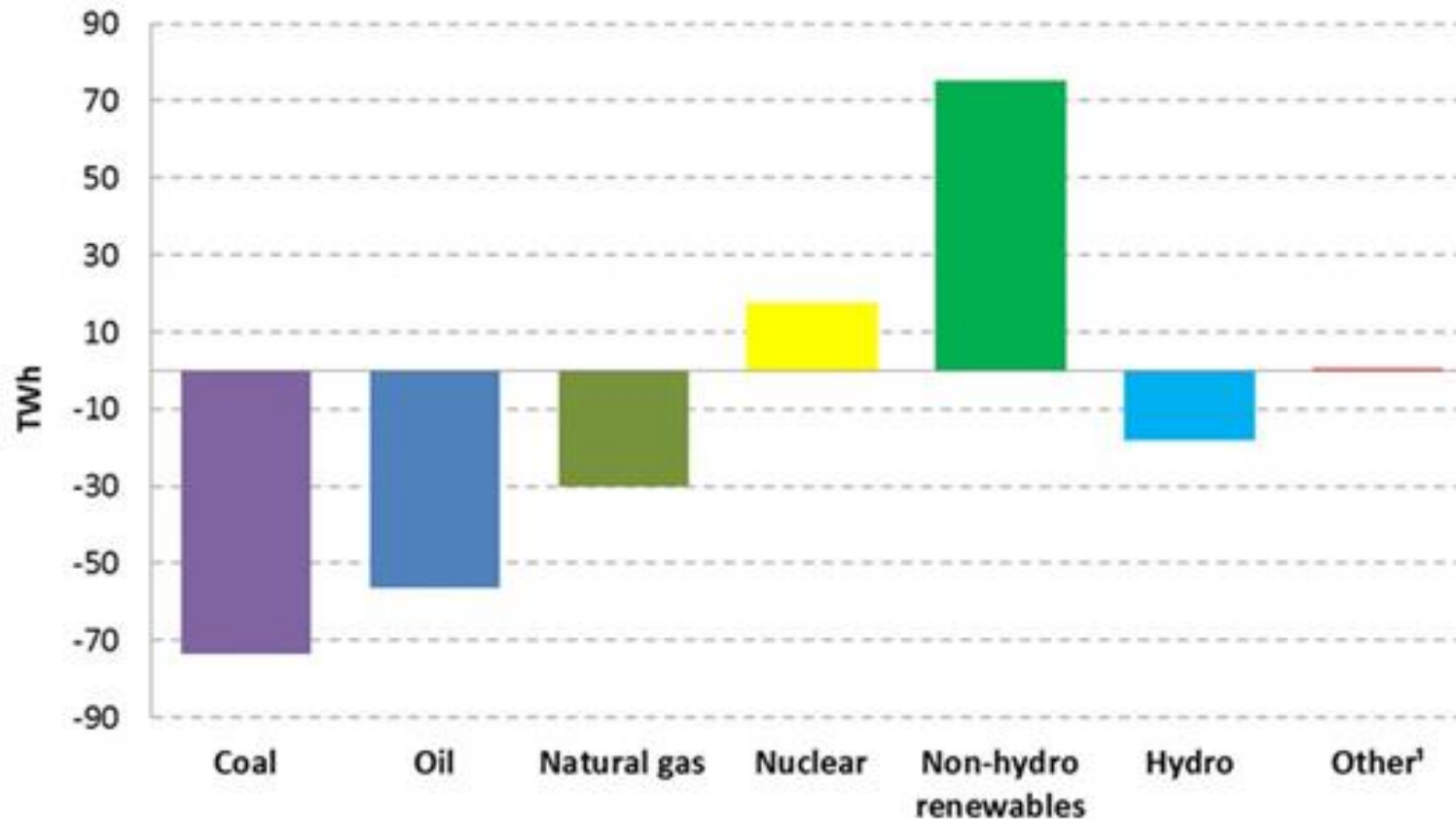


Chart Area

## Produktion af fabriksbeton i DK i mio. m<sup>3</sup>

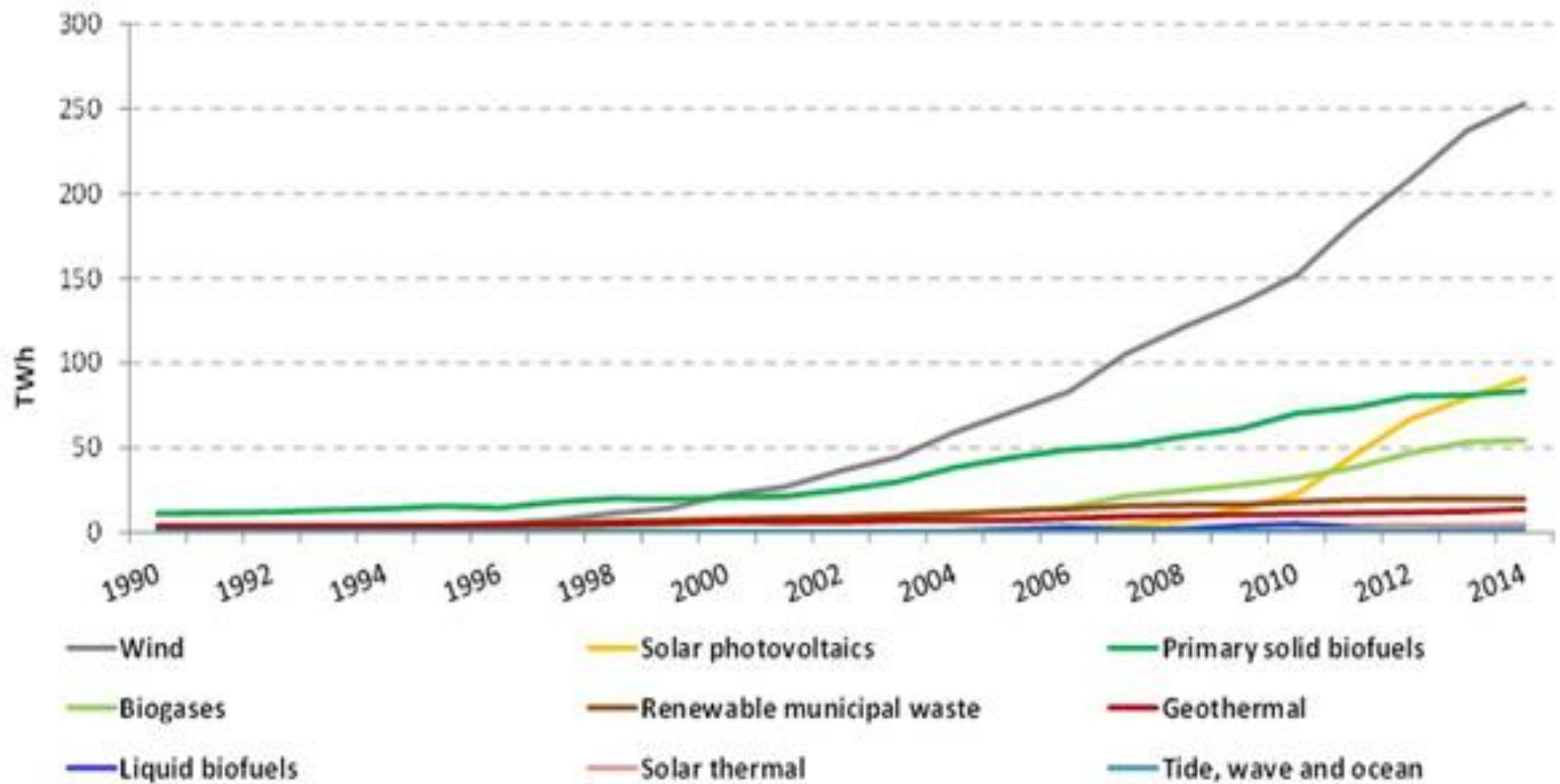


# OECD: Elproduktion oprindelse



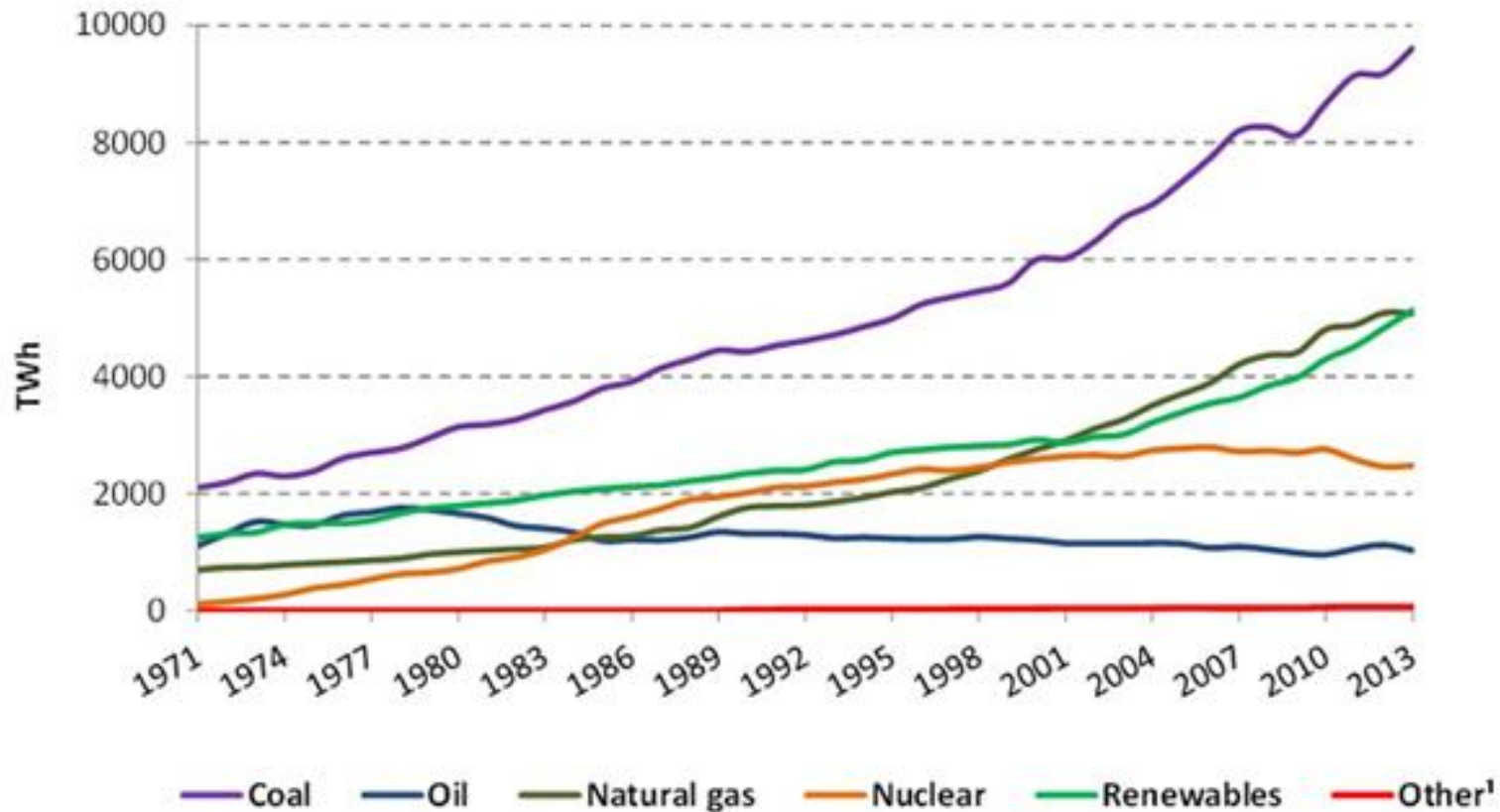
1. Includes non-renewable wastes, electricity from chemical heat and other sources (e.g. fuels cells).

# OECD EUR Non-hydro vedvarende



# Kul stadig vigtigt brændsel

World electricity production by source from 1973 to 2013



1. Includes non-renewable wastes, electricity from chemical heat and other sources (e.g. fuels cells)



# De laveste el priser meget længe

- Energistyrelsen oplyste at elprisen i juli 2015 var 10,2 DKK/MWh. Mindre end det halve af prisen i en gennemsnitlig Juli måned.
- I en weekend i April 2015 var det vindenergi, der for første gang alene stod for hele elproduktionen i Danmark
- Fra et statistisk synspunkt udgjorde vindenergi 42,1 % af elforsyningen i Danmark i 2015. Solceller stod for mindre end 2%, med er i stigning.

# Fremtidens danske flyveaske marked

- Der forventes en konstant nedgang i dansk kulbaseret elproduktion for de næste 15 år.
- Det fører selvfølgelig til en nedgang i produktionen af flyveaske.
- Men der er stadig et marked for flyveaske.
- Så hvordan balanceres den danske situation ?
  - Koncentrer leverancer til den danske betonbranche
  - Samfyring af befugtet flyveaske fra lagre om sommeren
  - Opbevare vinter produktion i siloer.
  - Muligvis importere flyveaske til egne siloanlæg
  - Muligvis samarbejde med andre producenter i askeindustrien



# Konklusion

- Flyveaske har i mange år med sikkerhed vist sig som et værdifuldt additiv til beton.
- Flyveasken er stadig til rådighed for betonindustrien til konkurrencedygtige priser. Men det kræver opmærksomhed for at sikre markedet.
- Implementering af balancerende instrumenter vil sikre tilgangen til flyveaske i de næste mange år.
- Andre produkter kan komme til at spille en rolle i fremtiden. Det kunne være øget anvendelse af cement eller jernslaggecement og måske kalk.
- Under indtryk af EU's planer om cirkulær økonomi kan andre materialer, som vi ikke i dag kender, komme til at spille en rolle.



# Spørgsmål ???

