



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Teknologier til slamhåndtering

Jonathan Guld Christensen  
Teknologisk Institut

# Vandteknologi – Teknologisk Institut



Kortlægning af ressourcer



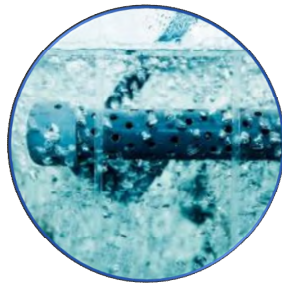
Vandrensning



Miljøfarlige stoffer



Oprensning af jord



Reduktion af vandforbrug



Jeg er din kontaktperson

**Jonathan Guld Christensen**  
Konsulent  
Vandteknologi

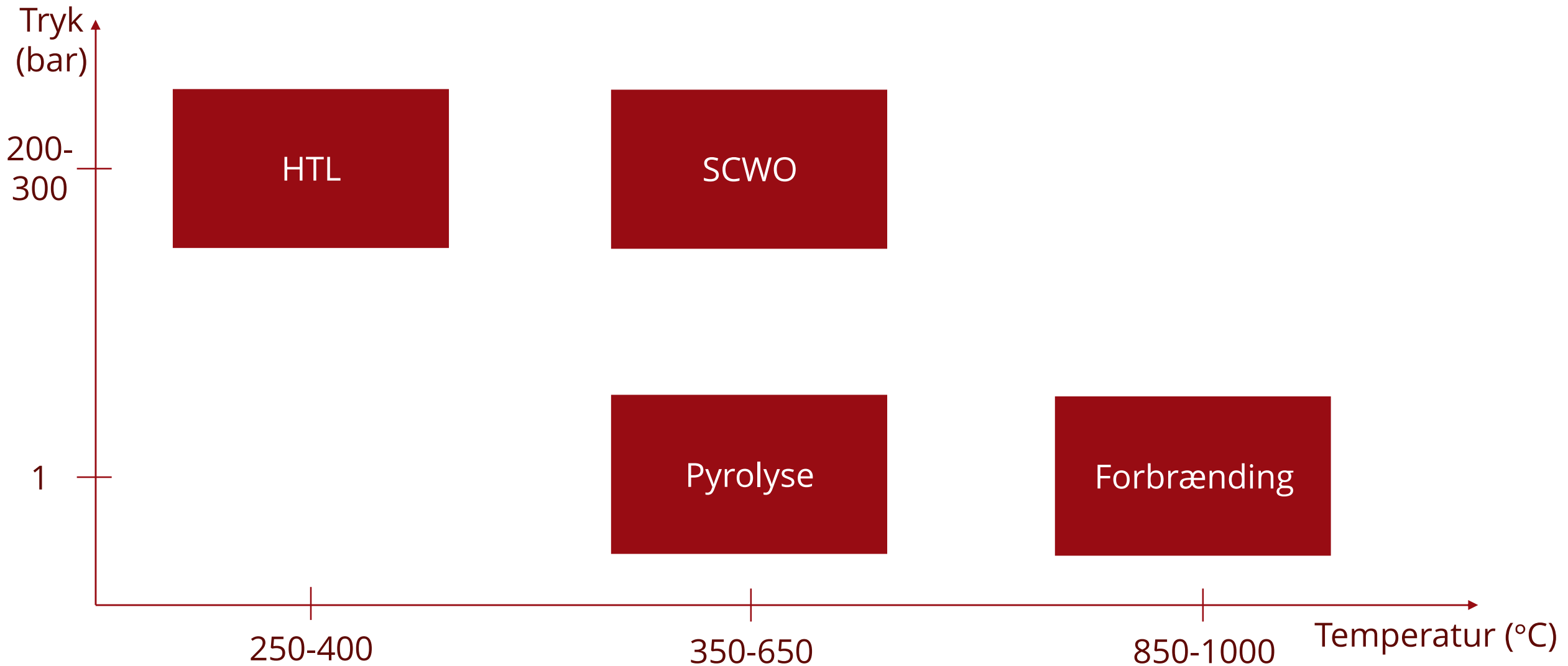
+45 72 20 22 43

✉ [jguc@teknologisk.dk](mailto:jguc@teknologisk.dk)

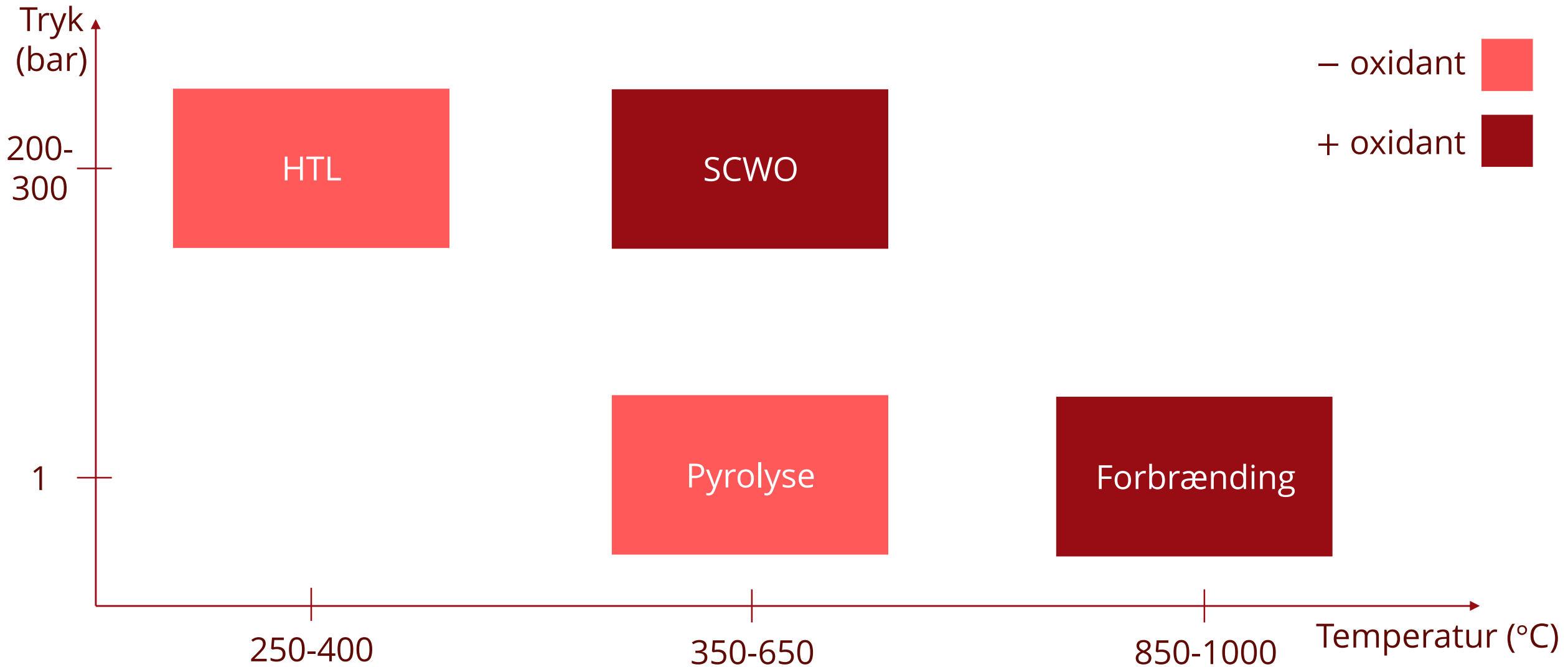


LinkedIn

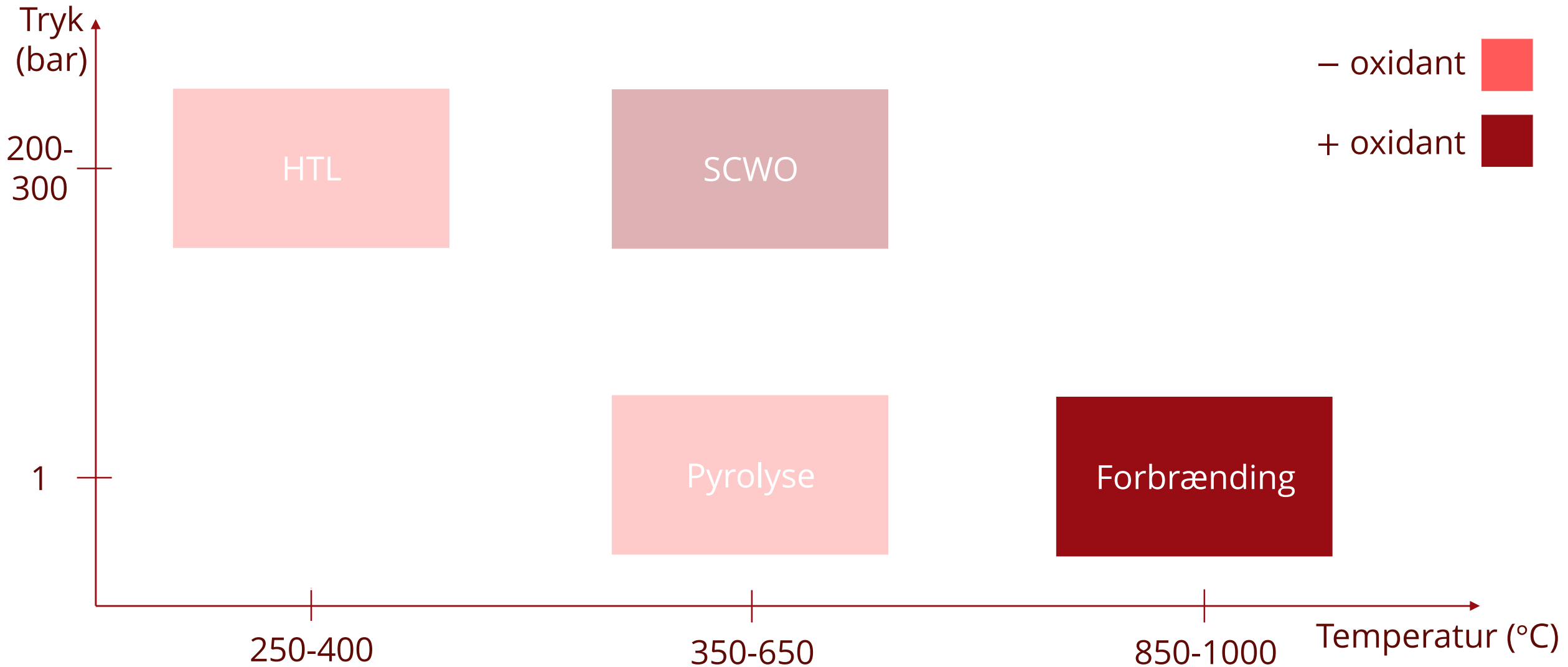
# Overordnede teknologikoncepter



# Overordnede teknologikoncepter



# Overordnede teknologikoncepter



# Monoforbrænding

## Teknologien

- Afbrænding ved 800-1000°C under tilstedeværelse af ilt
- Nedbrydning ved komplet oxidation
- Kræver ofte støttebrændsel
- Flere forskellige typer
- Etableret ved forsyninger i Danmark
- Technology Readiness Level (TRL) 9

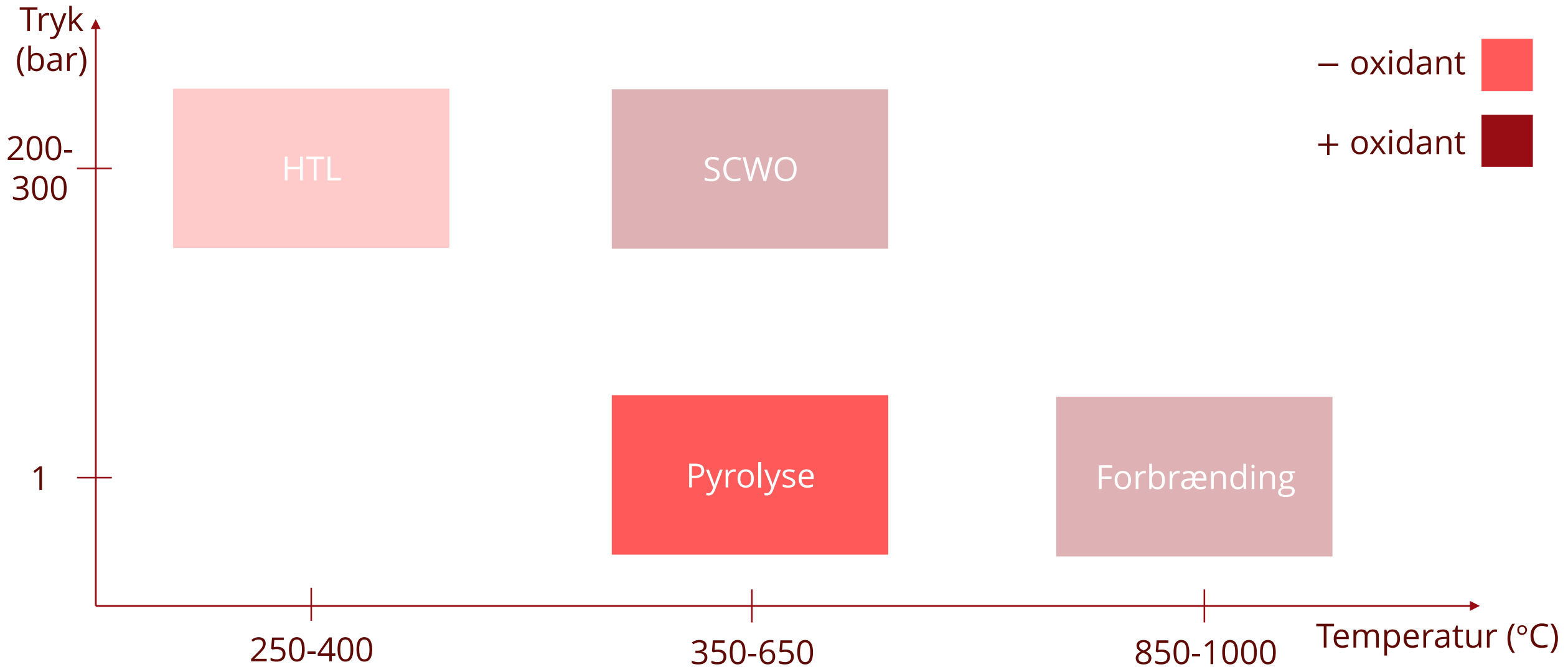
## Nedbrydning af MFS

- Lægemidler komplet nedbrudt
- PAH'er kan være tilstede hvis ufuldstændig oxidation
- Flygtige tungmetaller i røggas, resten i aske
- Hovedparten af PFAS forventes nedbrudt

## Produkter

- Forbrændingsvarme
- Røggas (kræver rensning)
- Flyveaske (deponeres)
- Aske (potentiel gødningskilde)
- Kondensvand

# Overordnede teknologikoncepter



# Pyrolyse

## Teknologien

- Opvarmning til 300-650°C under iltfrie forhold
- Varierende opholdstid, op til 3 timer
- Ufuldstændig forbrænding
- Kræver højt TS-indhold
- Under indtog i Danmark
- TRL 7-9

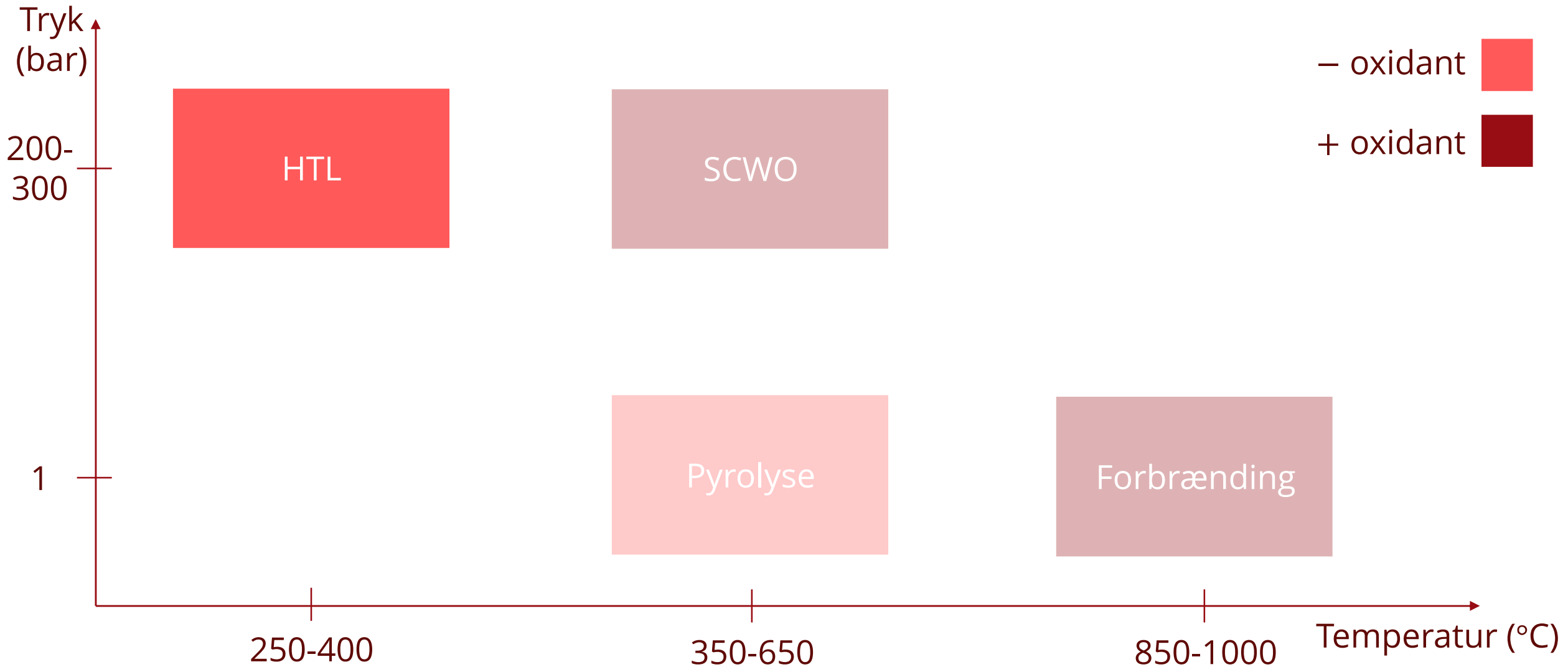
## Nedbrydning af MFS

- Lægemidler komplet nedbrudt
- PAH'er kan opstå under ufuldstændig oxidation
- Tungmetaller vil primært findes i biokul
- Nogle PFAS forventes omdannet, kan være at finde i kondensvand og biokul

## Produkter

- Biokul (primært produkt)
- Bioolie
- Rejektvand (skal renses)
- Pyrolysegas (rensning afhænger af indhold)
- Flyveaske (deponeres)

# Overordnede teknologikoncepter



# Hydrothermal liquefaction (HTL)

## Teknologien

- Hydrotermisk kondensering ved 300-400°C og 200-300 bar
- Vand i kritisk tilstand anvendes som katalyst og reaktant
- Accelereret olieredningsproces
- Opereres med "vådt" fødemateriale (TS < 25%)
- TRL 6-7

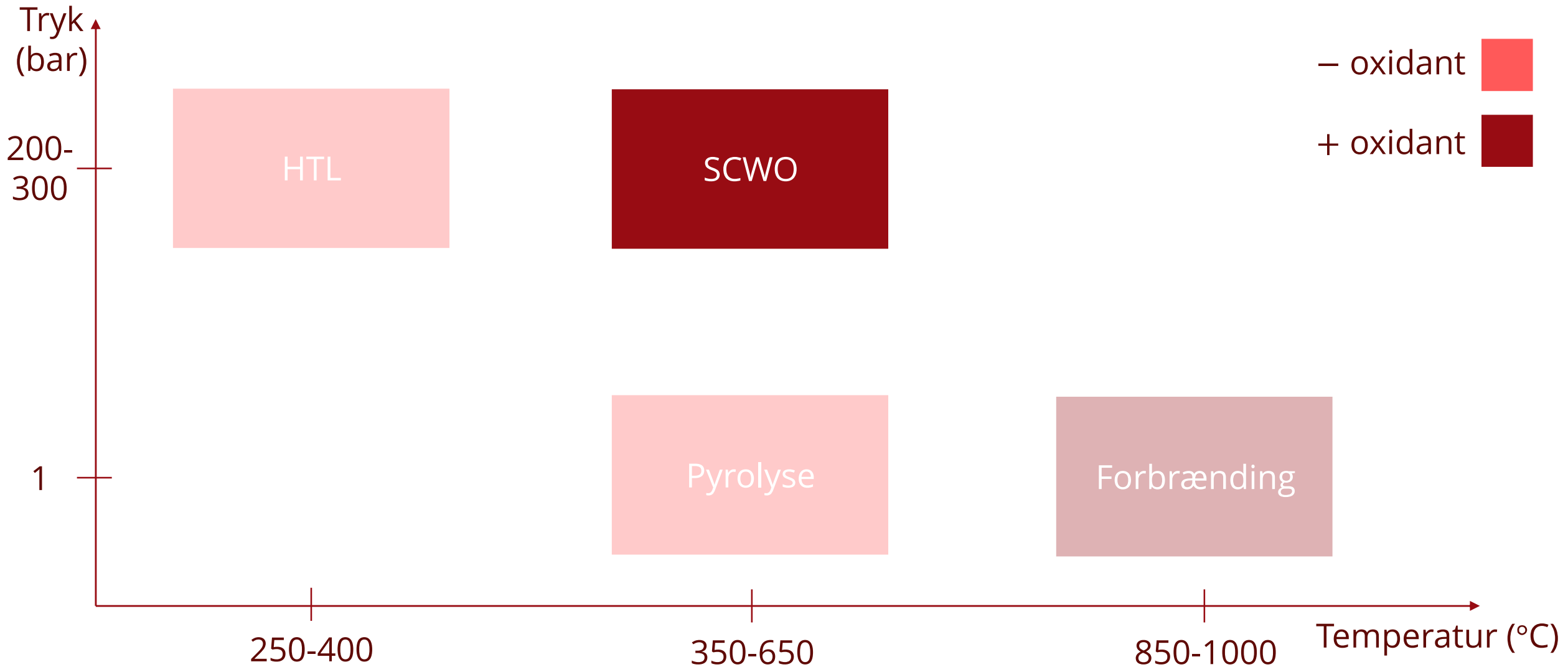
## Nedbrydning af MFS

- Lægemidler komplet nedbrudt
- PAH'er kan være tilstede
- Tungmetaller forventes opkoncentreret i biokul
- Ikke-nedbrudt PFAS forventes fundet primært i biooilen, kan også være i kul ved lavere temperatur

## Produkter

- Bioolie (primært produkt)
- Biokul (potentielt gødningskilde)
- Rejektvand (skal renses, primært for næringsstoffer)
- Syngas (rensning afhænger af indhold)

# Overordnede teknologikoncepter



# Supercritical water oxidation (SCWO)

## Teknologien

- Superkritisk oxidation med vand ved 450-600°C, 250 bar og oxidationsmiddel
- Komplet oxidation
- Opereres med "vådt" fødemateriale (TS < 25%)
- TRL 6-7

## Nedbrydning af MFS

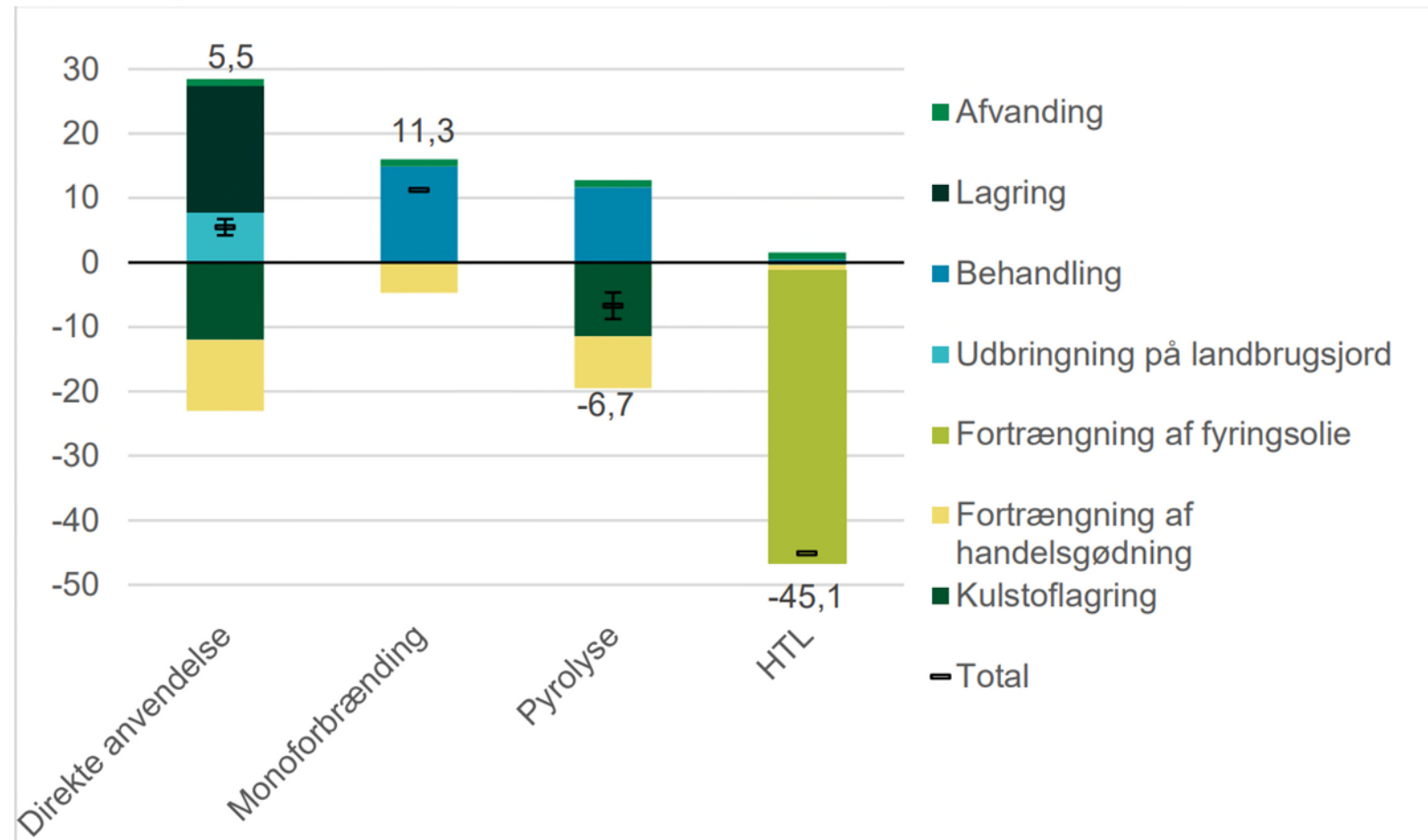
- Lægemidler forventes komplet nedbrudt
- PAH'er forventes nedbrudt
- Flygtige tungmetaller i gasfase, resten i fastfase
- PFAS forventes i høj grad nedbrudt

## Produkter

- Vandfase
- Gasfase
- Syre (svovl-, salt-, fosforsyre)
- Fastfase

# CO2-aftryk

- Stor forskel i CO2-aftryk mellem teknologier
- Forbrænding er negativt sammenlignet med direkte anvendelse
- Pyrolyse og HTL er CO2-negative, når man medtager de producerede produkter



# Opsummering af teknologier

Teknologi-koncept	Temperatur (°C)	Tryk (Bar)	Ilt eller iltfrit	Fortørring	Primært produkt	Pris pr. m <sup>3</sup> slam (dkk)
Forbrænding	850-1000	1	Brug af ilt	Ja	Forbrændingsvarme	~ 700
Pyrolyse	350-650	1	Iltfrit	Ja	Biokul	~ 550-700
HTL	250-400	200-300	Iltfrit	Nej	Bioolie	~ 250-300
SCWO	450-600	250	Brug af ilt	Nej	Vandfraktion	

Udbringning på landbrugsjord ~ 350-400

# Fordele og ulemper

Teknologi	Fordele	Ulemper
Udbringning på landbrugsjord	Genbrug af næringsstoffer, forbedring af jordkvalitet	Udbringning af MFS, udledning af drivhusgasser
Forbrænding	Moden teknologi, robust og driftssikker, nedbryder de fleste MFS	Kræver fortørring, usikkerhed om PFAS-destruktion, deponering af flyveaske
Pyrolyse	Producerer biochar til jordforbedring og kulstoflagring, destruerer mange MFS	Kræver fortørring, usikkerhed om PFAS-destruktion, ny til slambehandling, mulig dannelse af PAH'er, deponering af flyveaske
HTL	Kræver ikke fortørring, producerer bioolie mm., destruerer de fleste MFS	Ikke fuldt modnet teknologi, driftssikkerhed ukendt, usikkerhed om PFAS-destruktion, procesvand som biprodukt