



# CALAMITES

MÉRNÖKI, ÜZLETI ÉS TANÁCSADÓ KFT.

## Tiszta széntechnológiák

Mítosz és valóság

dr. Kalmár István  
ügyvezető igazgató  
Calamites Kft

Magyar Tudományos Akadémia  
2014 június 11

Miért foglalkozunk a szénnel ?



# Tartalomjegyzék

- ➔ Hagyományos erőműi alkalmazások hatásfoknövelése
- ➔ CO<sub>2</sub> leválasztás módszerei és a fejlődés útjai
- ➔ CO<sub>2</sub> betárolás és hasznosítás lehetőségei
- ➔ A szén anyagában való átalakításainak lehetőségei

- 
- 
-

# Tiszta széntekológia fogalma és technológiája 1

## erőműi hatások

- olyan megoldások összessége amelyek növelik az alkalmazás hatásfokát és leválasztják a keletkező környezetre káros anyagokat (SO<sub>2</sub>, koromrészecskék, nehézfémek stb. már jelenleg gyakorlat, CO<sub>2</sub> technológiailag lehetséges de gazdaságossága kérdéses) illetve a szén anyagában hasznosítják
- **Hatások növelése** elektromos energia előállítás/ erőművek esetében  
(a magasabb hatásfok kevesebb CO<sub>2</sub> kibocsátással jár minden megtermelt MWh-ra)  
Technológiai lehetőségek és gazdaságosság:  
**porszentüzelés**(akár 1000 MW vagy feletti blokk nagyság)  
38% hatásfok érhető el kb. 250 at és 550 °C gőzparaméterű kazánokban szénacél szerkezetekkel  
44% hatásfok érhető el kb. 250-300 at és 650 °C kazánokban krómötvözetekkel szuperkritikus kb.30-40% felárral az első berendezések már üzemelnek a gyerekbetegségeket küzdik le  
48% hatásfok 330 at és 720 °C kazánokban ultra szuperkritikus kb.+ 100 % felárral kutatás alatt  
2020 után építhető, de gazdaságosság nem látható  
**fluidágy** (oxyfuel) (lebegőágy oxigén befúvással)  
44-48% hatásfok 200 mW de max 460 MW blokk méret kb + 40 %  
**ICGGT** (szénből szintézisgáz majd ennek égetése gázturbinában) Gázturbina méret kb. 300 MW  
55-60% de kb. 100% felárral
- A beruházási költség mérettől is függ  
1000 MW blokk porszenes kb. 1300 €/kW  
750 MW blokk kb. 1500 €/kW  
300 MW blokk kb.1700 €/kW  
Fluidágyas kb 1900-2300 €/kW  
ICGGT kb 3000 €/kW
- **Megtérülés villamos energia előállítás**  
folyamatos legalább 7000 órás teljes kapacitás átvétel esetében nagyobb blokk méretnél  
**70-80 €/MWh (Törökország),**  
Németországban nagyméretű lignittüzelésű blokkok folyamatos kihasználása esetében **50 €/MWh felett**



# Tiszta széntekológia fogalma és technológiája 2 erőmű és más CO<sub>2</sub> leválasztás és tárolás vagy átalakítás

- A füstgázokból több különböző leválasztási technológia létezik (CC, Carbon Capture) de mindegyik számára előnyös kiindulás a nagyobb CO<sub>2</sub> sűrűség a füstgázokban ezért a tiszta oxigénben való égetés alkalmazása javasolt a levegővel szemben

**Mosás aminokkal** jelenleg a legelterjedtebben alkalmazott módszer ma már 2,5- 3 GJ/t CO<sub>2</sub> alatt van a fajlagos érték, de ez kb. 10% feletti hatásfokromlást eredményez a villamos energia előállításakor

A **membrános leválasztás** lehetőségét is kutatják (Jülich) ennek kereskedelmi alkalmazása kb. 10 évre tehető

A **vizes mosás** majd a szódavíz alkohollá alakítás magyar elképzelés szintén kísérleti stádiumban van (Raisz Iván)

Vannak más alternatívák pl. **algák**, üvegházak, **Ca kőzetben** való lekötés ezek már átvezetnek a tárolás és átalakítás fogalomkörébe, ilyen lehet az EOR a szénhidrogén kutakba való lesajtolás teljesítményfokozásra

- A jelenleg széles körben propagált megoldás a CO<sub>2</sub> eltárolása (**Sequestration CCS**) Ennek során a leválasztott CO<sub>2</sub> a leválasztás helyéről csővezetékkel vagy tehergépkocsival elszállításra kerül és általában valamilyen geológiai formációba betárolják (kimerült szénhidrogén mező, mélyebb sós vizek, régi sóbánya stb.) Vita van ennek a törvényi háttéréről, hogy lakott területen is megengedhető -e, vagy csak pl. az Északi tengeren (ld. Kivu tó CO<sub>2</sub> kitörés)
- Már sok helyen működik a CO<sub>2</sub> vegyipari nyersanyagként való hasznosítása, azaz haszonanyaggá alakítása (CCR/CCU) Kiemelendő Oláh Görgy magyar származású Nobel díjas kémikus a CO<sub>2</sub> metanollá való alakítása területén kifejtett tevékenysége és konkrét létesítményei (pl. Izland). Sok üzem épült Kínában, de a BASF is gyárt kísérletileg műszálat Több elképzelés ismert a CO<sub>2</sub> újrahasznosítására pl. napenergia segítségével CH<sub>4</sub> gyé alakítására, de a mesterséges fotoszintézis kísérletek is ezt eredményezhetik. (Hollandiában üvegházakban nagy növekedést mutattak a növények az emelt CO<sub>2</sub> koncentrációban, az algás megkötésre már utaltam)
- A **CCS** technológia költségeit jelenleg **80-100 USD/t Co<sub>2</sub>** köré teszik ami enyhén csökken
- **CCR** technológiáról ismert adat, hogy 10-12 GJ energia ráfordításával lehet 4,6 GJ energiatartalmú metanolt előállítani ami nagy energiatemető, ha egyébként másképpen nem hasznosítható energiaforrás nem áll rendelkezésre (éjszakai áram atom erőmű, szélenergia völgyidő, geotermikus energia, hulladék hőhasznosítások. Ez egyúttal energiatárolást is jelent meglévő infrastruktúrában (pl hidrogén esetében nagy ráfordítással újat kell létesíteni).

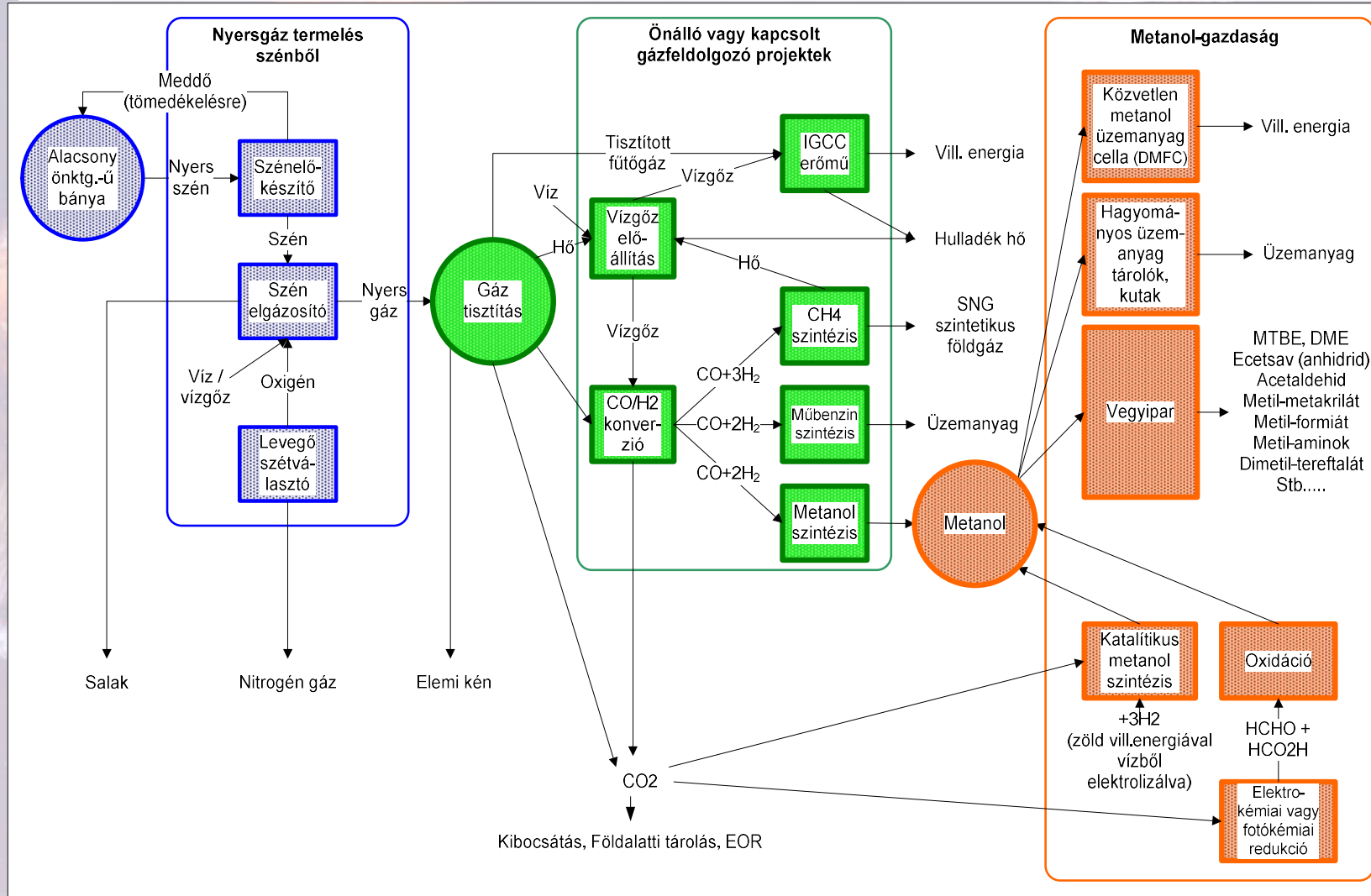


## A tiszta széntechnológia fogalma és technológiája 3 anyagában való hasznosítás/vegyipari alkalmazás

- Szénből minden előállítható, ami a szénhidrogénekből, de mivel a beruházási költség kb. kétszerese a földgáz alapú beruházásoknak és fűtőérték re vetítve 20% -kal magasabb az alapanyag igény ezért a **szén ára a földgáz árának 40%-a lehet**
- Az alaptechnológia a szén elgázosítása , a szintézisgáz gyártása a forró szén és a bevitt vízgőz reakciójaként magas H<sub>2</sub> és CO tartalmú gáz keletkezik, ami tisztítás után további feldolgozásra kerül
- A technológia is nagy fejlődésen ment keresztül, így az átalakítási hatások a korábbi egylépcsős rendszerekkel szemben többlépcsős ,tipikusan 3 hőmérsékleti lépcsős megoldással 40% -ról 60% körüli értékre nőtt
- Igen sok technológiai megoldás és gyártó van a piacon különböző állagú hamutartalmú és fűtőértékű szenekre
- Kína, USA, Dél-Korea, Japán a kutatás és beruházások Németország a kutatás és technológia területén jár az élen
- A szintézisgáz feldolgozásával , átalakításával pedig a világ vezető vegyipar cégei foglalkoznak
- A szintézis gázgyártás meghatározó elem , de a teljes vegyipari beruházás 10% a alatt van az értéke
- A vegyipari feldolgozás sokcélú lehet, metanol, etanol, műtrágya stb .stb
- A szintézisgáz ugyan villamos energiatermelésre is használható, de a szén vegyipari alkalmazásának igazi gazdasági célja a **poligeneráció**, a szén értéke a poligenerációs alkalmazásban az erőműi égetéshez képest legalább háromszoros. A poligeneráció során több vegyipari termék mellett villamos és hőenergia is keletkezik (ilyen termékösszetétel lehet pl: ammónia, urea, benzin, dízel, metanol )



# A szénfeldolgozás lehetséges irányai



# A szénár összehasonlítása a többi fosszilis energiahordozóéval(1 Euró 310 Ft, 1 USD 225 Ft)

	energiatartalom	Eredeti ár ca.	USD/GJ	1998 ban
1 hordó kőolaj	6,1 Gjoule	100 USD	16,39 3605 Ft	700 Ft/GJ
1000 m3 földgáz	34 Gjoule	550 USD + és++	16,17 3557 Ft	600 Ft/GJ
1 t szén ARA*	25 Gjoule	100 USD	4,00 880 Ft**	428 Ft/GJ

+ orosz importár a sajtó hírei alapján

\* Amsterdam Rotterdam Antwerpen kikötők a szén európai tőzsdei jegyzésének paritása

\*\* Szállítási költsége kb.28 Euro/tonna kb.313 Ft/Gjoule

++ 12,70 Euro/GJ azaz **45,73 Euró/MWh** árat jelent

Magyar közlések olajkövető orosz importárra 120 000-130 000 Ft/m<sup>3</sup>

12,60 Euro/GJ- 13,65 Euro/GJ

Lakossági kevert ár nyugati import és hazai termelés 100 000 Ft/m<sup>3</sup>

10,50 Euro/GJ 37,80 Euro/MWh

Fogyasztói ár 80 000 - 100 000 Ft /m<sup>3</sup>

8,40 Euro/GJ 30,25 Euro/MWh

Fenti adatok elosztási költségek (ca.30% nélkül értendők)

- Európai energiatőzsde azonnali gázárak **27,50 Euró/MWh**

- Német importár ennél is alacsonyabb

- Energia mértékegység összehasonlításra szokták még használni

- ~ kőszén tonna egyenértéket (29,3 GJ) és a

- ~ kőolaj tonna egyenértéket (41,86 GJ)

- Az import szén Magyarországra leszállítva kb. 1200 Ft/GJ

- A Mecsekben a kitermelt szén önköltségi ára 1200 Ft/GJ alatt lesz a tervek szerint

- Bakonyi erőmű szénbányászati önköltsége 1998 ban kb 500 Ft/GJ volt





# A tiszta széntechnológia és Magyarország lehetőségei 1

- Nagy szénbányászati hagyományokkal rendelkezik az ország és valamelyes szénkémiai tapasztalattal is
- (Veszprémi Egyetem szénkémiai tanszék stb.)  
Péten 1929- ben már szénből benzin készült a városi gázgyártás széles körben folyt az erőműi tüzelésről nem beszélve  
Nehézvegyipari gyakorlat a mai napig fennmaradt
- Erőműi alkalmazás gazdaságosan nem lehetséges ,mert a magyar energetikai rendszerhez nem illeszkedik a gazdaságos blokkméret, a rendszer árait a külföldről importált környezetvédelmi előírásokkal nem terhelt valamint a hazai amortizációs/beruházási költséget nem számoló erőműi árak határozzák meg. A CO2 árak pedig nem fedezik a környezetvédelmi elvárások technológiai költségeit. Vannak előírások, de annak piaci fedezete nincs.
- Ha nem vennénk figyelembe a CO2 kibocsátás kérdését (EU 3000- 3100 TWh elektromos energiatermelésből kb. 1000 TWh szénalapú, Csehország 90 TWh ból 58 TWh, Németország 600 TWh-ból kb 270 TWh, Magyarország 40 TWh ból 6,5TWh (gyakorlatilag a Mátrai erőmű és ez kb. 2500 ember munkájával évi kb. 500 mio USD energiainportot vált ki) akkor sem lenne gazdaságos a szénbázisú villamos energiatermelés új beruházásban a jelen körülmények között
- A CO2 kibocsátás kérdéséhez, azért is pragmatikusan kellene hozzáállni, mivel az IGCC előírások nem a teljes életciklus kibocsátást veszik figyelembe, hanem csak a határon belülit, így az importált energiahordozók alkalmazása nem járul hozzá az amúgy vita alatt lévő klímahatás mérsékléséhez , mert globális mértékben nem következik be csökkenés sőt.  
(ld. Életciklus ábra) Németország 11 GW szenes erőművet épít ez a teljes magyar erőműi kapacitás majd duplája
- A vegyipar nagy beruházásokat igényel, de hosszú távú gazdaságossága látszik. 40% szénár /szénhidrogénár kb.1330 Ft /GJ mélybányászati költségből kiindulva 3300 Ft/GJ határköltséget jelent (ez kőolajnál 20 130 Ft 89,50USD/hordó, 112 200 Ft azaz 498 USD/1000 m3 árat jelent) Egy másik közelítésben viszont 10€ /GJ az erőműbe érkező földgáz aktuális ára ami 3100 Ft ( 105 400 Ft/1000 m3)  
Ha nem számolunk a szénhidrogének árának tartós csökkenésével akkor érdeemes a munkahelyeket és beruházásokat jelentő szénbányák megnyitását a vegyiparra alapozni.  
Végtermék a hazai mezőgazdaságban felhasználható műtrágya , üzemanyag lehet többek között. A bányászat pedig folyamatos szolgáltatás és iparfejlesztést generál a maga környékén
- alapvető kritérium még, hogy a szén mint bányatermék feldolgozásra kerüljön ipari alapanyaggá



# Tervezett és építés alatt álló szenes erőművek Németországban

Németország beruház 11 133 MW szenes erőmű kapacitás ebből 1760 MW hazai barnaszén

## Liste geplanter Kohlekraftwerke in Deutschland

Die folgende Liste enthält geplante und in Bau befindliche Kohlekraftwerke (Braun- und Steinkohle) in Deutschland. [1][2]

Standort	Bundesland	Energie-träger	Brutto-leistung in MW	CO <sub>2</sub> -Ausstoß [Mio. t/a] (geschätzt)[3]	Antragsteller/ Betreiber	Inbetrieb-nahme (geplant)	Status
<a href="#">Datteln (Block 4)</a>	NRW	Steinkohle	1110	8	E.ON	-	In Bau. Bebauungsplan nachträglich für ungültig erklärt.[4]
<a href="#">Duisburg-Weisum (Block 10)</a>	NRW	Steinkohle	750	4,2	STEAG mit EVN	2013	In Bau (seit 2006)
<a href="#">Hamburg-Moorburg (Neubau an Stelle eines alten Gaskraftwerks)</a>	Hamburg	Steinkohle	1640	9,2	<a href="#">Vattenfall</a>	2014	<a href="#">In Bau (seit 2007, unter Aufsicht)</a> [5]
<a href="#">Hamm (Westfalen Block D+E)</a>	NRW	Steinkohle	1800	9	RWE, DEW21 und Stadtwerke Hamm	2013/6	In Bau
<a href="#">Karlsruhe (Rheinhafen, Block B)</a>	Baden-Württemberg	Steinkohle	912	4,6	EnBW	2013	In Bau (seit 2008)[7]
<a href="#">Lünen (Erweiterung/Umbau)</a>	NRW	Steinkohle	750	4,2	<a href="#">Evonik</a>	-	Planung ruht
<a href="#">Lünen, Stummhafen (Neubau)</a>	NRW	Steinkohle	750	4,5	Thanel	2013	Großbauarbeiten abgeschlossen, Betriebsgenehmigung von OVG vorerst aufgehoben[8]
<a href="#">Mannheim (GKM, Block B)</a>	Baden-Württemberg	Steinkohle	911	4,6	<a href="#">GKM</a>	2015	In Bau (seit 2009). Inbetriebnahme voraussichtlich erst Ende 2015 (2 Jahre später als ursprünglich geplant)[9]
<a href="#">Profen (Neubau)</a>	Sachsen-Anhalt	Braunkohle	660	5	<a href="#">MBRAG</a>	2020	In Planung
<a href="#">Stade (Neubau)</a>	Niedersachsen	Steinkohle	900	5,6	Dow Chemical	?	In Planung
<a href="#">Niederußem (Neubau)</a>	NRW	Braunkohle	1100	-	RWE	-	In Planung [10]
<a href="#">Wilhelmshaven (Neubau)</a>	Niedersachsen	Steinkohle	800	4,5	GDF SUEZ Energie Deutschland	2013	Großbauarbeiten abgeschlossen, Betriebsgenehmigung im Januar 2012 erteilt [11]



# A közvetlen és közvetett ÜHG kibocsátás az egyes fosszilis tüzelőanyagokra

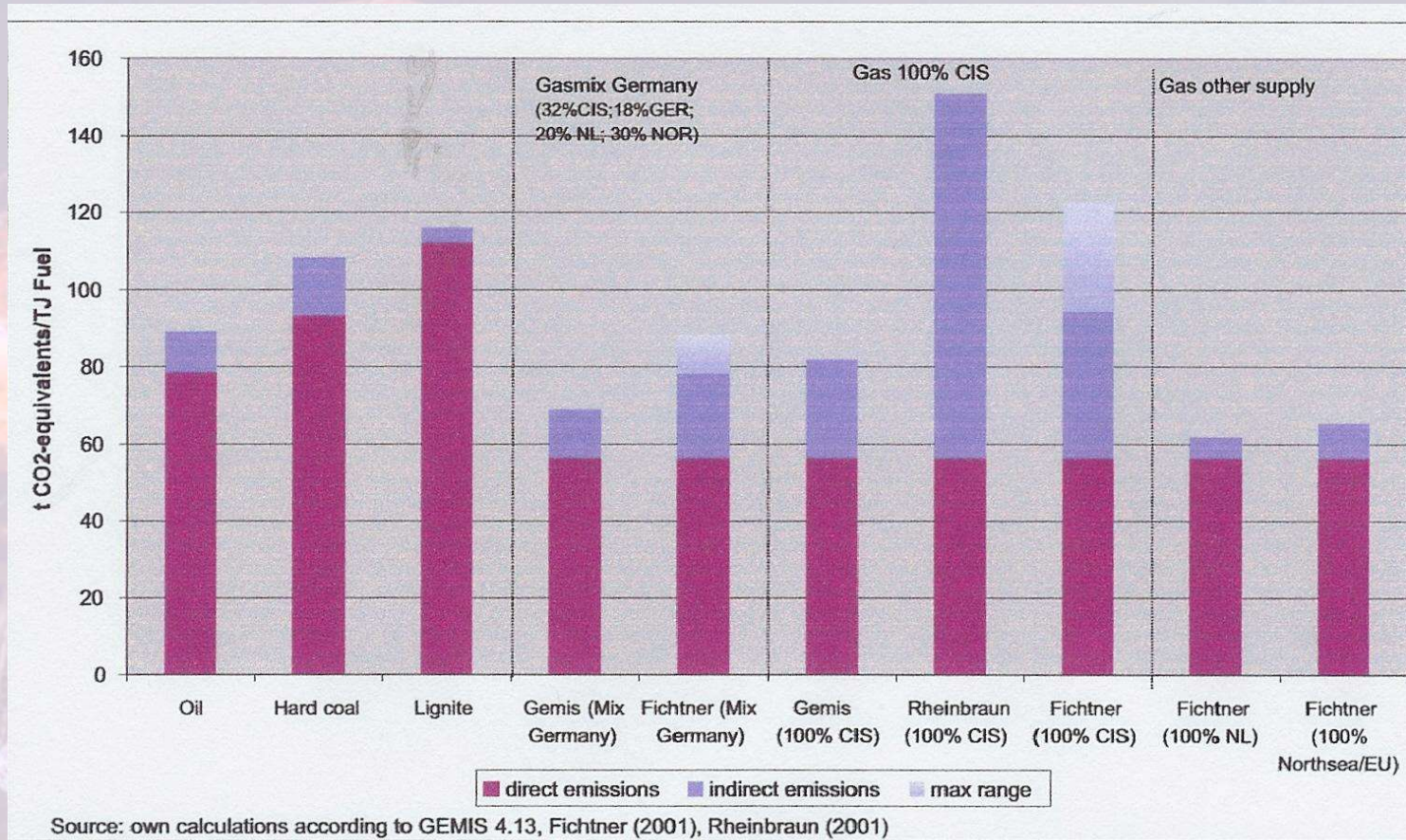
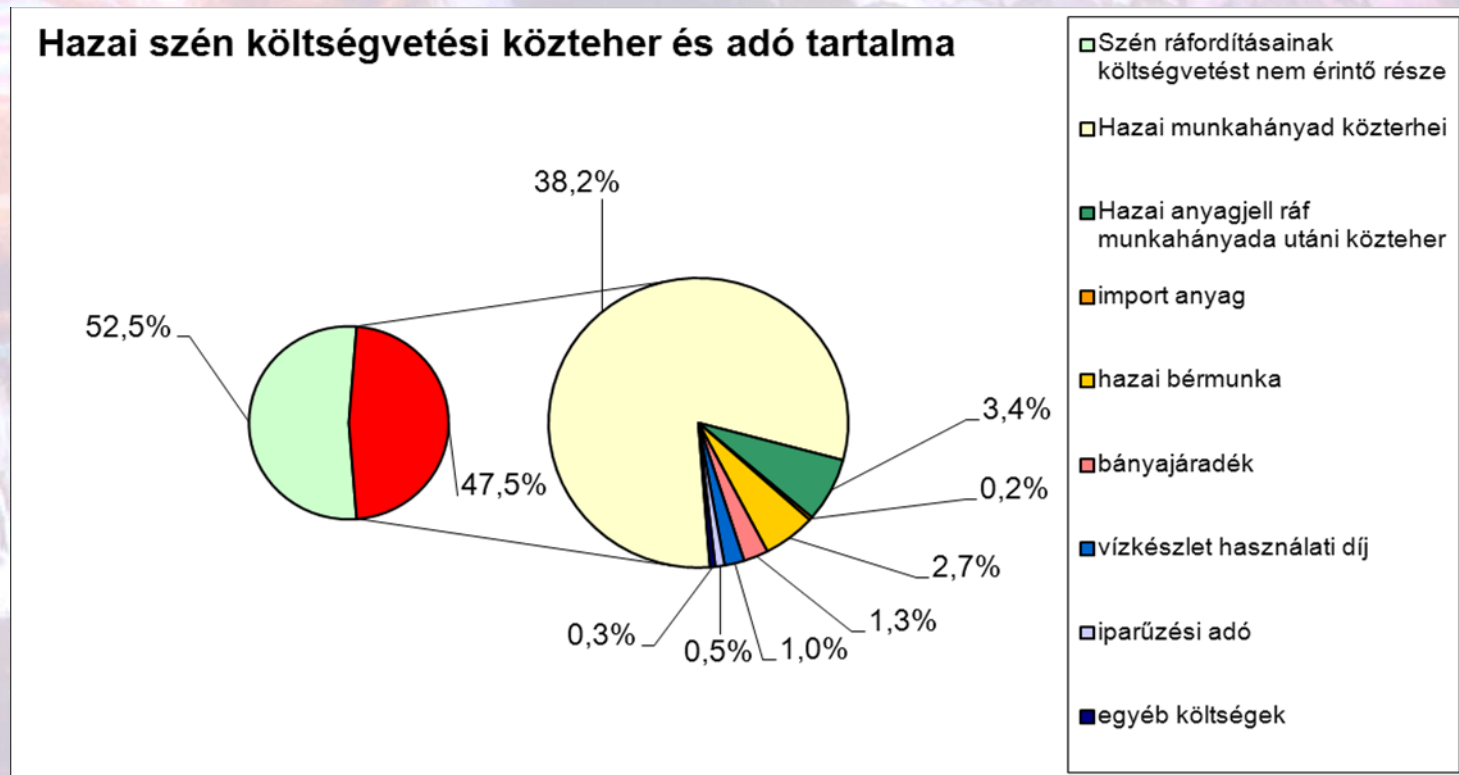


Fig. 2: Direct and indirect GHG-emissions (in CO<sub>2</sub>.equivalents) of different fuel-types in comparison with the emissions from the natural gas life cycle under different assumptions and LCA's

# A hazai mélybányászat közvetlen élőmunka igényének költségvetési kapcsolata

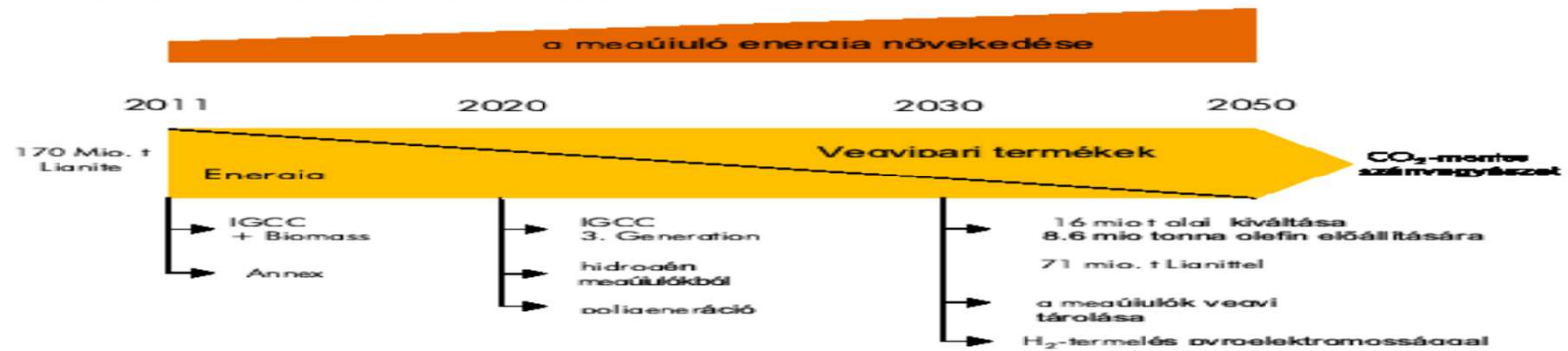
Nemzetközi tapasztalati érték, hogy minden bányász munkahely kb. 4-5 másik munkahelyet generál



# Szén mérőkövek

Forrás: Bergakademie Freiberg

## Szén mérőkövek 2030



The University of Resources. Since 1765.

3



