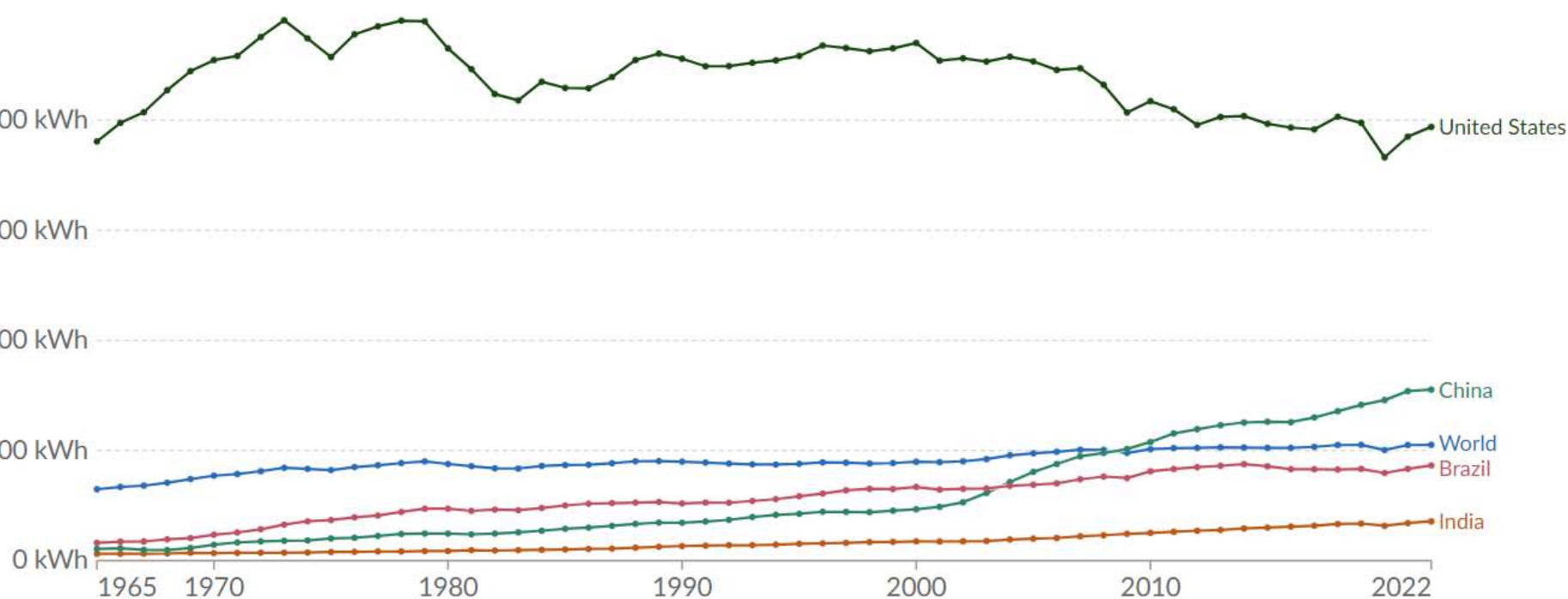


Zagađenje od energetike

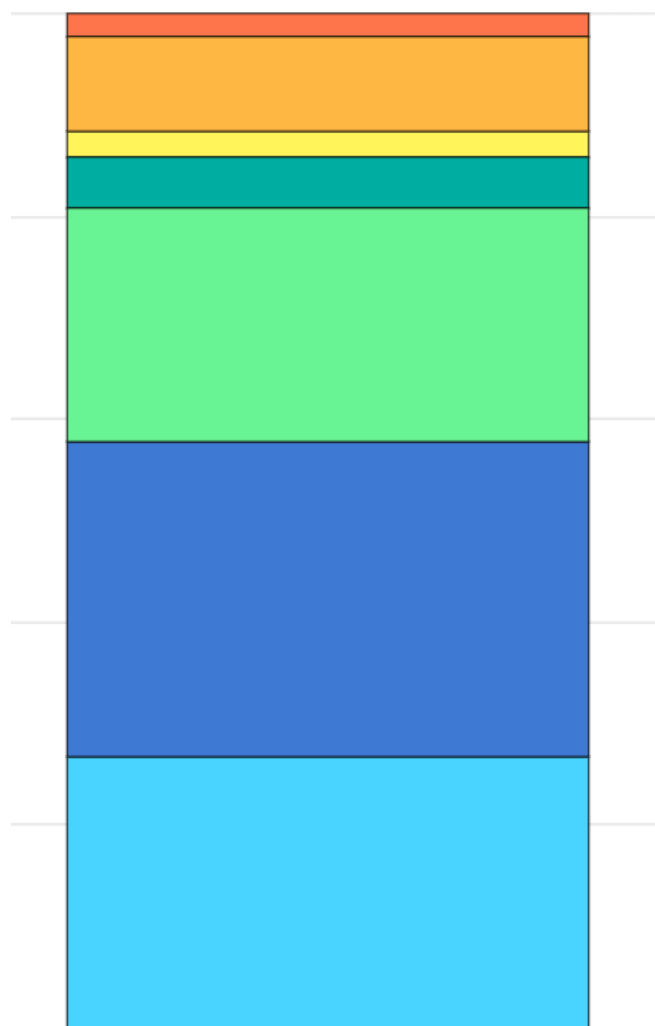
Proizvodnja električne i toplotne
energije

Energetske potrebe: primarna energija

- Primarna energija: Ukupna preuzata energija svih goriva (fosilna, nuklearna) i tokova (vode, vetar)
- Globalno: 160.000 TWh (8.000x Termoelektrana NT)



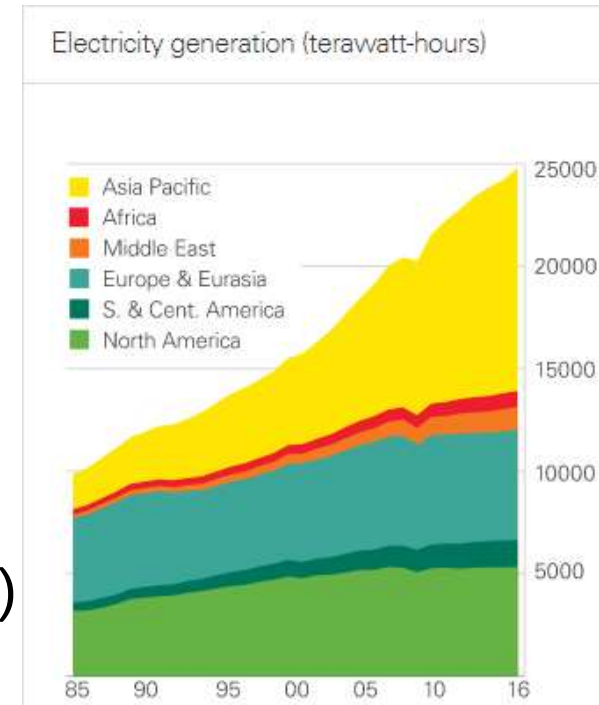
Svetski energetska mešavina



90-95% goriva
80-85% fosilna

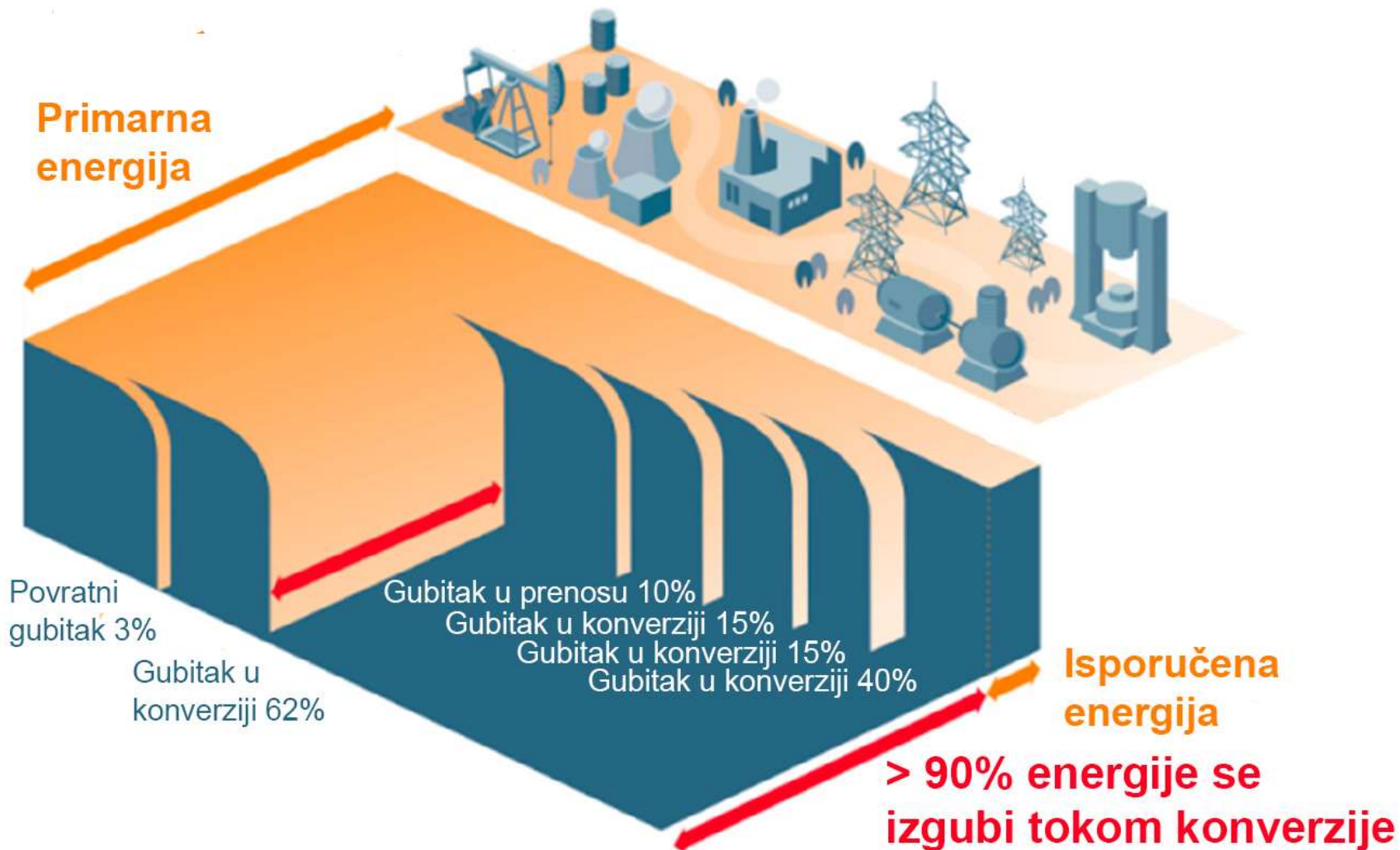
Elektroenergetika

- Javna proizvodnja električne energije, opciono tople vode i pare
- Izvori električne energije
 - Fosilna goriva:
ugalj, nafta i gas (67%)
 - Nuklearna (13%)
 - Odnovljiva:
hidro, geotermalna, solarna, vetar (19%)
 - Bio i drugo (1%)
- Izazovi
 - Ekonomična proizvodnja električne energije
 - Zaštita okoline



Visoki ukupni gubici energije

Izgubljena energija tokom proizvodnje i korišćenja



Zagađenje iz energetske aktivnosti

Sektor 1.A.1 prema EEA

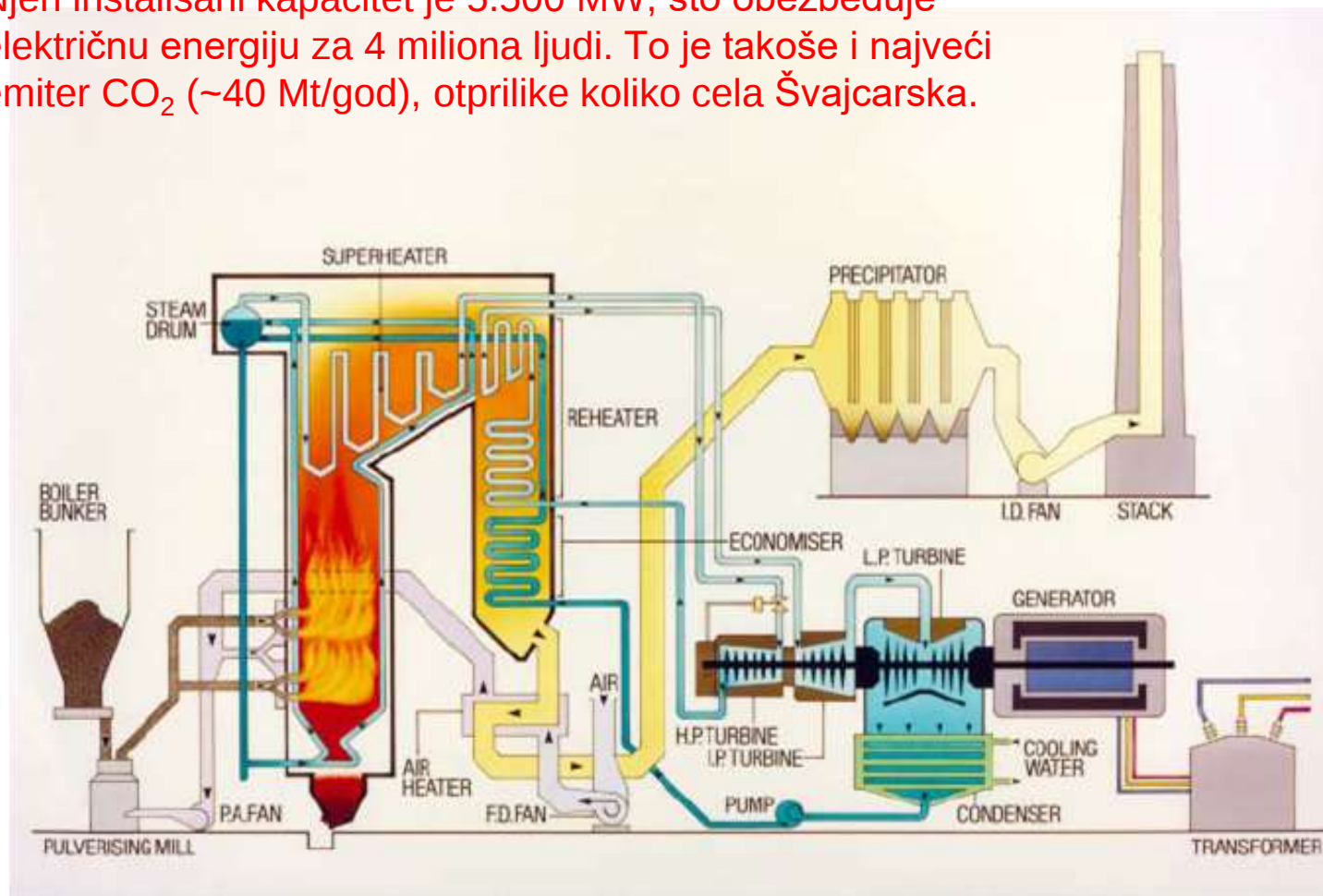
European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP)

Source releases	Substance														
Activity	PM (Total suspended particulates)	PM ₁₀	PM _{2.5}	Oxides of sulphur	Oxides of nitrogen	Oxides of carbon	Hydrogen chloride, fluoride	Volatile organic compounds	Metals (excluding mercury and cadmium) and their compounds	Mercury, Cadmium	PAH	Dioxins, PCB, HCB	Ammonia	Hydrogen sulphide	Black Carbon
Boilers and furnaces	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Gas turbine	X	X	X	X	X	X		X							X
CI engine	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				X
Refinery activities	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Coke ovens	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Termoelektrana



Najveća termoelektrana na svetu nalazi se u Taičungu, Tajvan. Njen instalisani kapacitet je 5.500 MW, što obezbeđuje električnu energiju za 4 miliona ljudi. To je takođe i najveći emiter CO₂ (~40 Mt/god), otprilike koliko cela Švajcarska.



TENT A

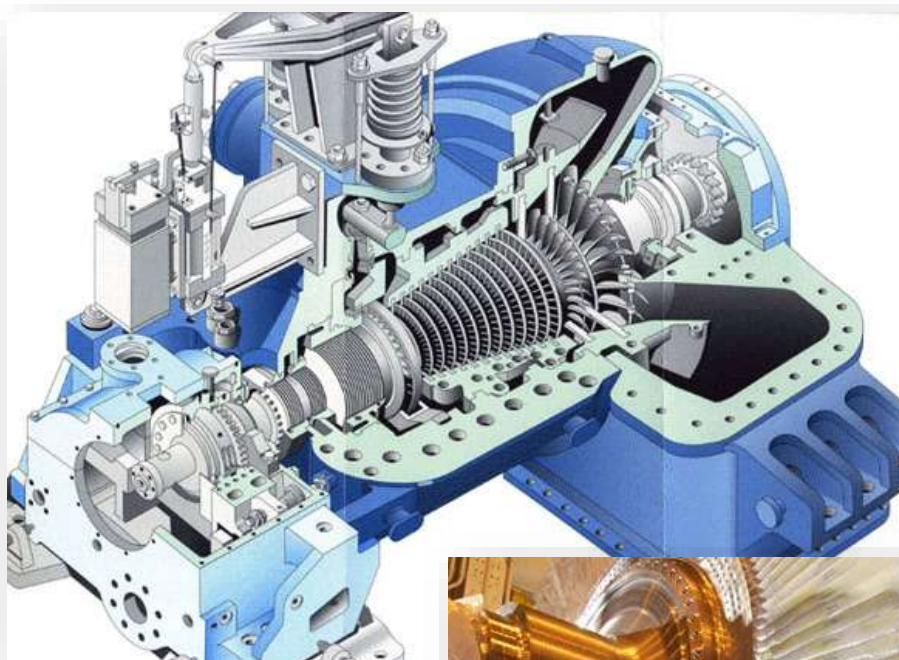
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Snaga bloka	MW	210	210	329	308,5	340	347,5
Nominalni kapacitet kotla	t/h	650	650	920	920	920	973,7
Količina međupregrejane pare	t/h	570	570	810	810	810	881
Temperatura napojne vode	°C	240	240	248	248	248	251,2
Pritisak sv pare na izlazu iz kotla	bar	140	140	182	182	182	182
Temperatura sv pare na izlazu iz kotla	°C	540±5	540±5	543±5	543±5	543±5	543±5
Pritisak u kondenzatoru	bar	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,054
Donja toplotna moć uglja	kJ/kg	6700	6700	6700	6700	6700	6700
Potrošnja uglja	t/h	350	350	440	440	440	490

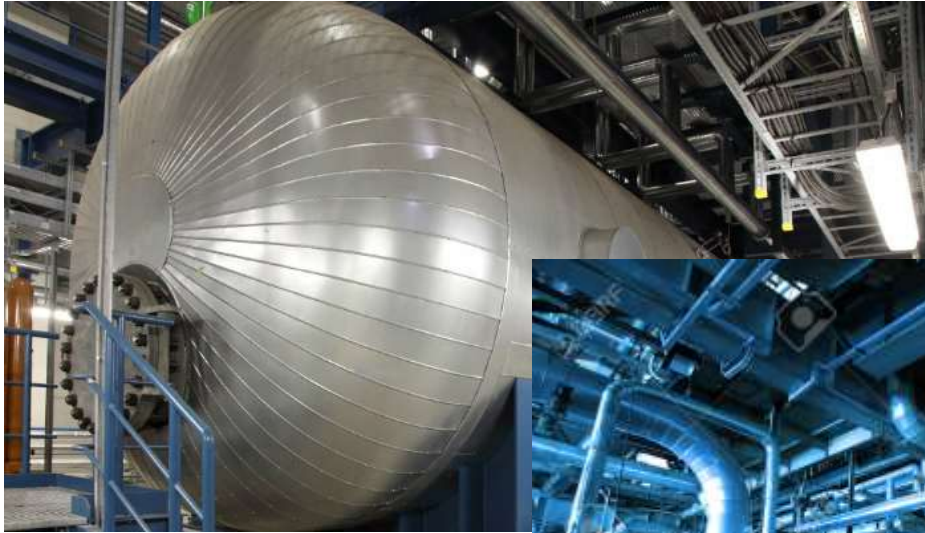
Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje

TENT B

		B1	B2
Snaga bloka	MW	650	620
Nominalni kapacitet kotla	t/h	1880	1880
Količina međupregrejane pare	t/h	1703	1703
Temperatura napojne vode	°C	259.2	259.2
Pritisak sv pare na izlazu iz kotla	bar	186.5	186.5
Temperatura sv pare na izlazu iz kotla	°C	540	540
Pritisak u kondenzatoru	bar	0,042	0,042
Donja toplotna moć uglja	kJ/kg	6700	6700
Potrošnja uglja (620 MW)	t/h	850	850
Potrošnja uglja (670 MW)	t/h	920	920







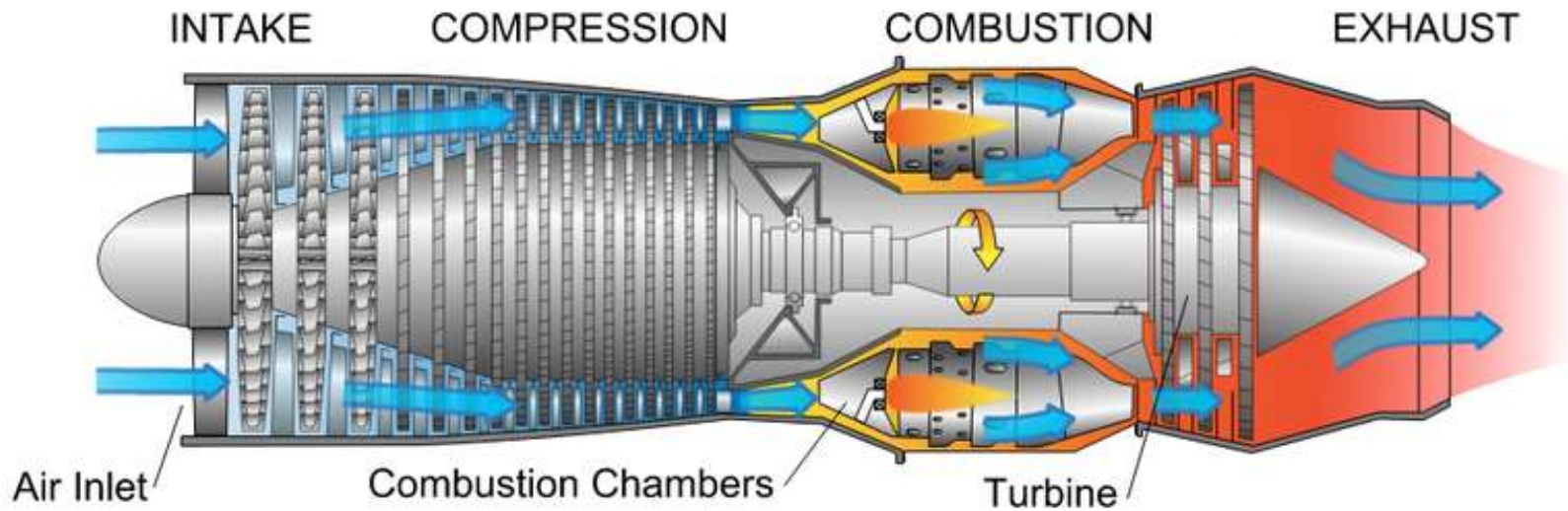
Tehnike sagorevanja uglja

- Sagorevanje u nepokretnom sloju
 - Na rešetci kotla
- Sagorevanje u sprašenom stanju
 - Sa suvim dnom (dry bottom boiler, DBB), 900-1200°C
 - Sa mokrim dnom (wet bottom boiler, WBB), ~1400°C
- Sagorevanje u fluidizovanom sloju
 - Prilagođen ugljevima i gorivima sa više čvrstog ostatka i manje toplotne moći, uključujući biomasu, pelet i otpad
 - Niža temperatura 750-950°C, sa dodatkom krečnjaka za smanjenje emisija

Drugi postupci i uređaji

- Kombinovana proizvodnja energije i toplote
 - Često u slučaju transformacije otpada u energije
- Gasne turbine
 - Sagorevanje gasovitih i tečnih goriva
 - Manje i srednje snage, visoka efikasnost
 - Često u kombinovanom ciklusu
- Stacionarni motori
 - Dizel ili benzinski agregati
 - Manje snage, za izolovane korisnike i iznenadne situacije

Gasna turbina



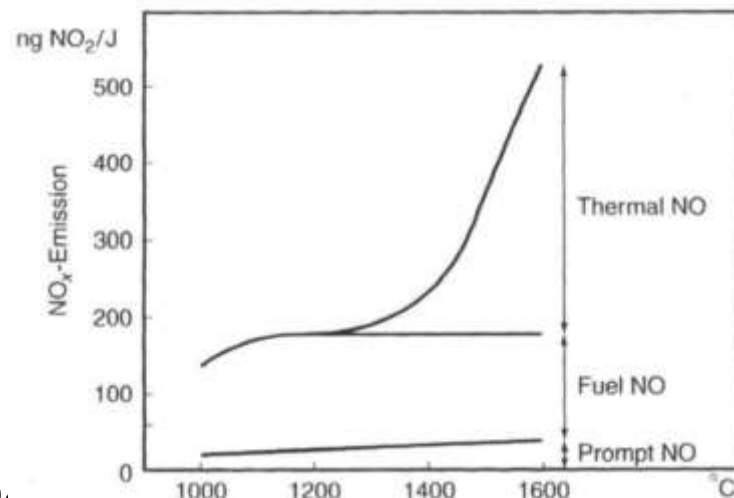
Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje

Emisije jedinjenja ugljenika

- CO₂ i gasovi staklene bašte
 - Oko 99% ugljenika iz goriva se pretvara u CO₂ → velike količine
 - U manjoj meri formira se u N₂O i metan
- VOC
 - Produkti nepotpunog sagorevanja i nereagovale komponentne iz goriva (etan)
 - Smanjuje se sa povećanjem veličine postrojenja, pa je kod velikih elektrana zanemarljiv
- CO
 - Intermedijarni produkt sagorevanja
 - Slično kao VOC, favorizovan lošim uslovima sagorevanja
 - Emisije manjeg značaja nego CO₂
- Faktori koji vode do nepotpunog sagorevanja:
 - Nedovoljno O₂
 - Loše mešanje vaduha i goriva
 - Smanjene T sagorevanja i vremena zadržavanja
 - Ekstremni višak vazduha, koji može dovesti do lokalnog gašenja
 - Gašenje plamena u blizini (hladnijih) zidova
 - Smanjenje intenziteta sagorevanja usled smanjenja opterećenja

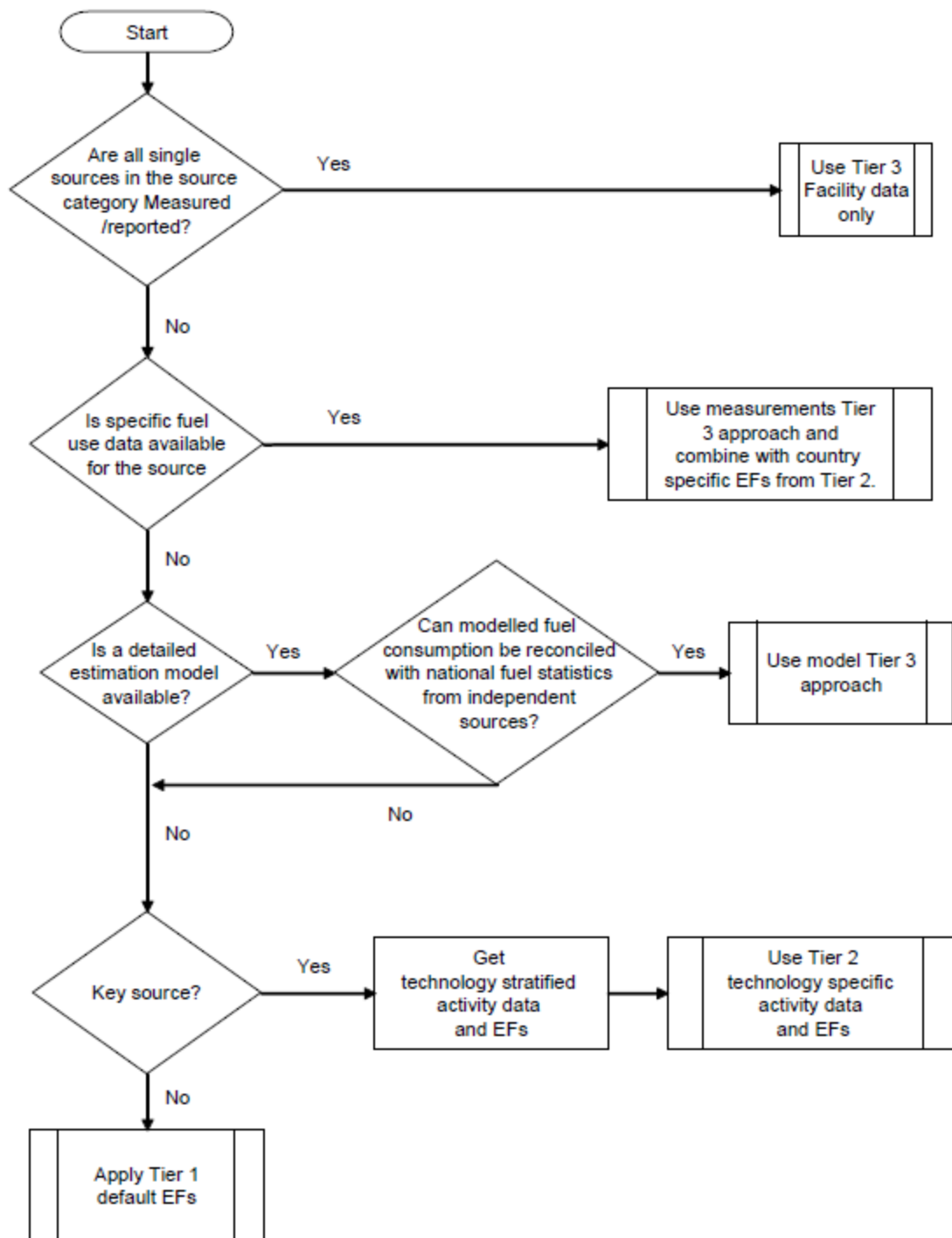
Emisije jedinjenja azota i sumpora

- NO_x
 - Preko 90% NO
 - Termički
 - Višak vazduha
 - Povećanje T sagorevanja i vremena zadržavanja
 - Organski vezan u gorivu
 - Dominantan kod kotlova na lignit, ~80%
- NH_3
 - Generalno nema, osim iz sistema za uklanjanje NO_x , koji rade sa amonijakom kao reaktantom
- SO_x
 - Prevažhodno SO_2 , koji potiče od S u gorivu
 - Kod ugljeva sa većim sadržajem Ca može doći do autoapsorpcije
 - Zanemarivo kod prirodnog gasa



Emisije čestica i metala

- Čestice
 - Zavise od goriva i tehnike sagorevanja, najveće zagađenje potiče od pepela uglja (10-70% SiO_2 , 8-38% Al_2O_3 , 2-50% Fe_2O_3 , 0,5-30% CaO , oksidi Mg, Na, Ti, K)
 - Za veća postrojenja su manja po jedinici proizvedene energije
 - Primarne čestične materije nalaze u struji gasa posle opreme za prečišćavanje, sekundarne se formiraju naknadno u atmosferi
- Čađ
 - Smeša organskih jedinjenja nastala sagorevanjem fosilnih goriva i biomase
 - Prepliće se sa čestičnim zagađenjem, posebno $\text{PM}_{2.5}$
- Teški metali
 - As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn i V kao jedinjenja (npr. oksidi i hloridi) u česticama
 - Hg i Se su delimično prisutni u parnoj fazi
 - Sadržaj teških metala u uglju je obično više redova veličine veći nego u tečnim i gasovitim gorivima
 - Ni i V mogu biti prisutni u teškim uljima
 - Kod prirodnog gasa mogu postojati emisije Hg i As



Tier 1 *default* pristup

$$E_{pollutant} = AR_{fuelconsumption} \times EF_{pollutant}$$

$E_{pollutant}$ – godišnja emisija zagađujuće materije

$EF_{pollutant}$ – emisioni faktor zagađujuće materije

$AR_{fuelconsumption}$ – stopa aktivnosti prema potrošnji goriva

Tier 1 Fuel type	Associated fuel types
Hard coal	Coking coal, other bituminous coal, sub-bituminous coal, coke, manufactured 'patent' fuel
Brown coal	Lignite, oil shale, manufactured 'patent' fuel, peat
Gaseous fuels	Natural gas, natural gas liquids, liquefied petroleum gas, refinery gas (EFs for refinery gas are available in section 4.2), gas works gas, coke oven gas, blast furnace gas
Heavy fuel oil	Residual fuel oil, refinery feedstock, petroleum coke, orimulsion, bitumen
Light oil	Gas oil, kerosene, naphtha, shale oil
Biomass	Wood, charcoal, vegetable (agricultural) waste

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.1.a	Public electricity and heat production			
Fuel	Brown Coal				
Not applicable					
Not estimated	NH3, PCB, HCB				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NOx	247	g/GJ	143	571	US EPA (1998), chapter 1.7
CO	8.7	g/GJ	6.72	60.5	US EPA (1998), chapter 1.7
NM VOC	1.4	g/GJ	0.84	3.36	US EPA (1998), chapter 1.7
SOx	1680	g/GJ	330	5000	See Note
TSP	11.7	g/GJ	1.2	117	US EPA (1998), chapter 1.7
PM ₁₀	7.9	g/GJ	1	79	US EPA (1998), chapter 1.7
PM _{2.5}	3.2	g/GJ	1	32	US EPA (1998), chapter 1.7
BC	1	% of PM _{2.5}	0.1	4	Kupiainen and Klimont, 2007
Pb	15	mg/GJ	10.6	24.7	US EPA (1998), chapter 1.7
Cd	1.8	mg/GJ	1.29	3	US EPA (1998), chapter 1.7
Hg	2.9	mg/GJ	2.09	4.88	US EPA (1998), chapter 1.7
As	14.3	mg/GJ	10.3	24.1	US EPA (1998), chapter 1.7
Cr	9.1	mg/GJ	6.55	15.3	US EPA (1998), chapter 1.7
Cu	1.0	mg/GJ	0.2	5	Guidebook (2006)
Ni	9.7	mg/GJ	7.06	16.5	US EPA (1998), chapter 1.7
Se	45	mg/GJ	32.8	76.5	US EPA (1998), chapter 1.7
Zn	8.8	mg/GJ	0.504	16.8	Guidebook (2006)
PCBs	3.3	ng WHO-TEG/GJ	1.1	9.9	Grochowalski & Koniecznyński, 2008
PCDD/F	10	ng I-TEQ/GJ	5	15	UNEP (2005); Coal fired power boilers
Benzo(a)pyrene	1.3	µg/GJ	0.26	6.5	US EPA (1998), chapter 1.7
Benzo(b)fluoranthene	37	µg/GJ	3.7	370	Wenborn et al., 1999
Benzo(k)fluoranthene	29	µg/GJ	2.9	290	Wenborn et al., 1999
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	2.1	µg/GJ	0.42	10.5	US EPA (1998), chapter 1.7
HCB	6.7	µg/GJ	2.2	20.1	Grochowalski & Koniecznyński, 2008

Tier 2 pristup

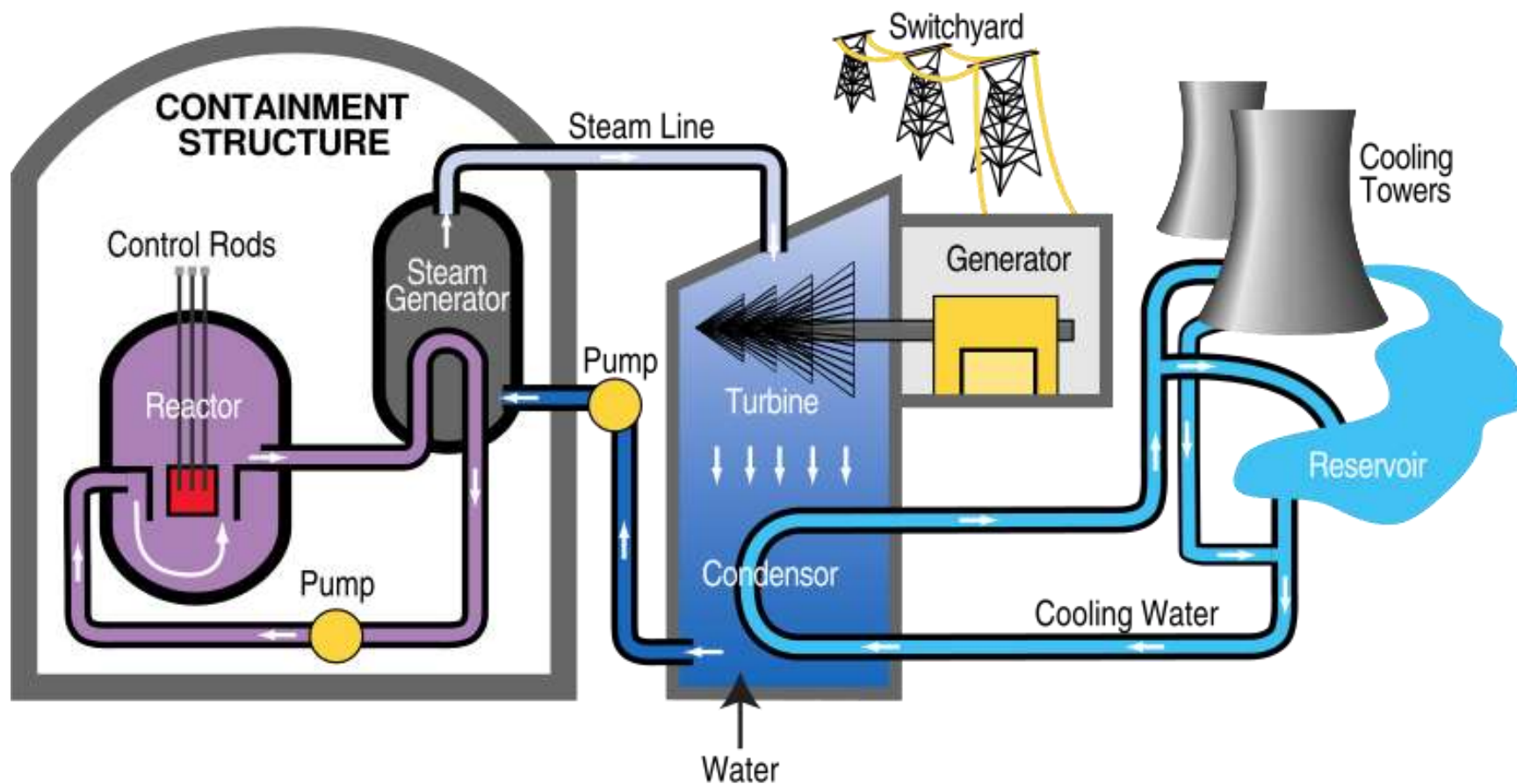
- Dekomponovanje potrošnje goriva u zemlji prema tipovima procesa sagorevanja i prečišćavanja u inventar
 - Definisanjem stepena aktivnosti za svaki proces (tehnologiju) i
 - Primenom specifičnih emisijonih faktora za svaki od procesa

$$E_{pollutant} = \sum_{technologies} AR_{production\ technology} \times EF_{technology\ pollutant}$$

Nuklearne centrale



Nuklearna energija emituje 3 puta manje gasova staklene bašte nego solarna energija, a 30 puta manje nego uglj .



Životni ciklus elektrane

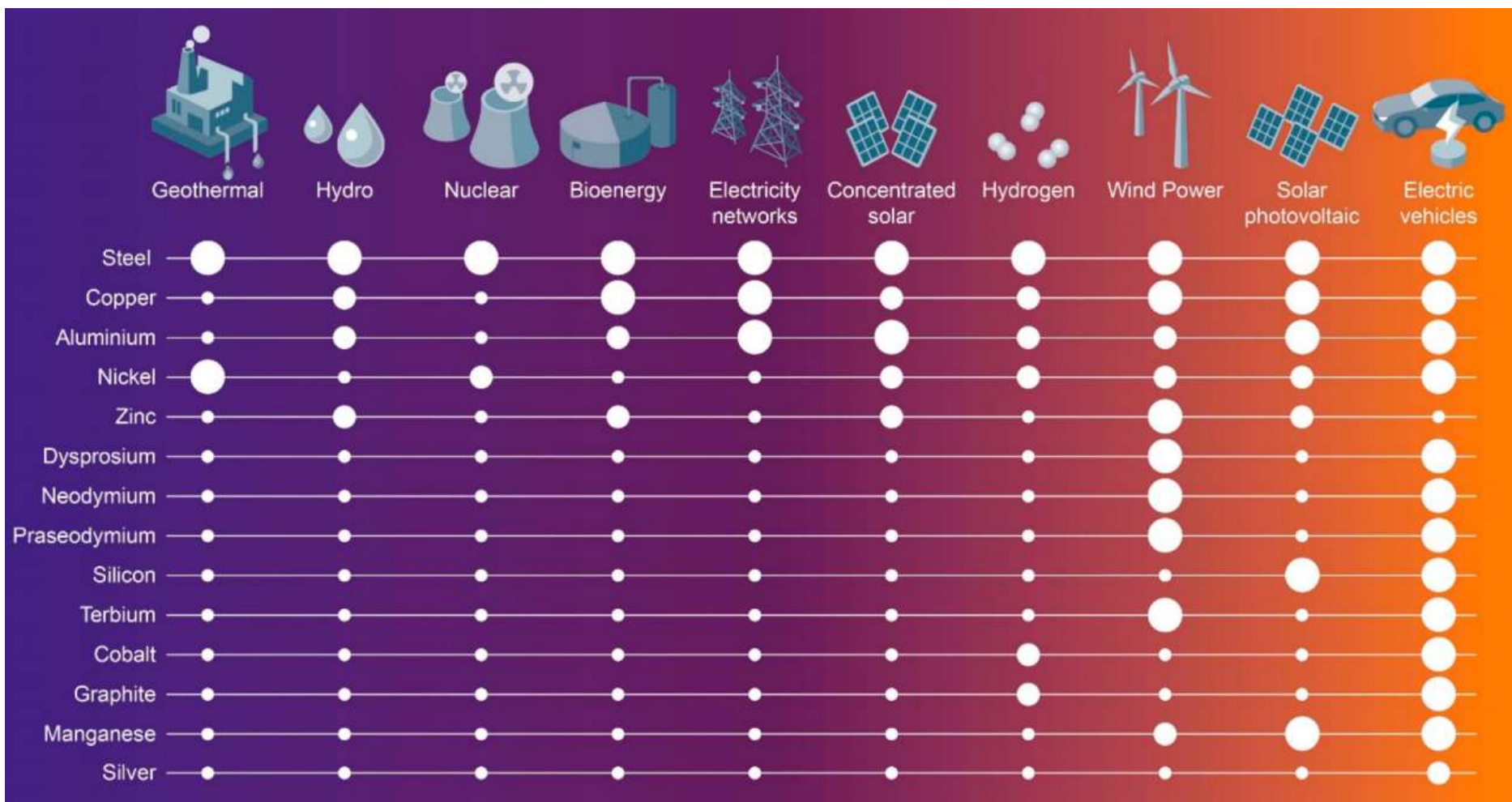


24

Obnovljivi izvori: primer vetrogenaratora



Obnovljivi izvori: potreba za materijalima



Obnovljivi izvori: negativni povratni efekat

