

# ”POT DO ZELENEGA PROIZVODA TRAJNOST IZVEN OKVIRJEV“

## *ZELENI MATERIALI*

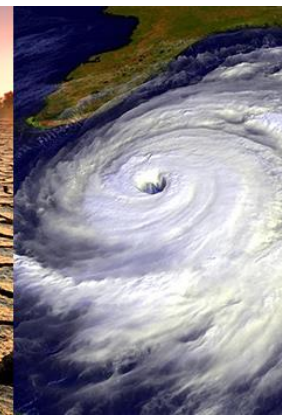
***BOJAN PODGORNIK, JOŽEF MEDVED, ANDREJ KRŽAN***

# Skrb za okolje - Trajnost

- ▶ onesnaževanje, toplogredni plini, globalno segrevanje



- ▶ poraba energije, zaloge materiala, klimatske spremembe



# Skrb za okolje

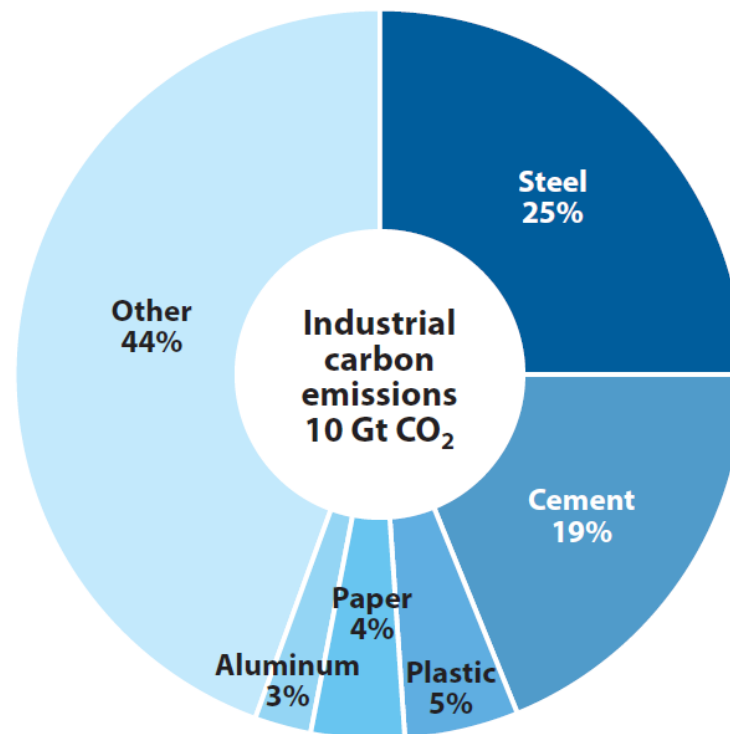
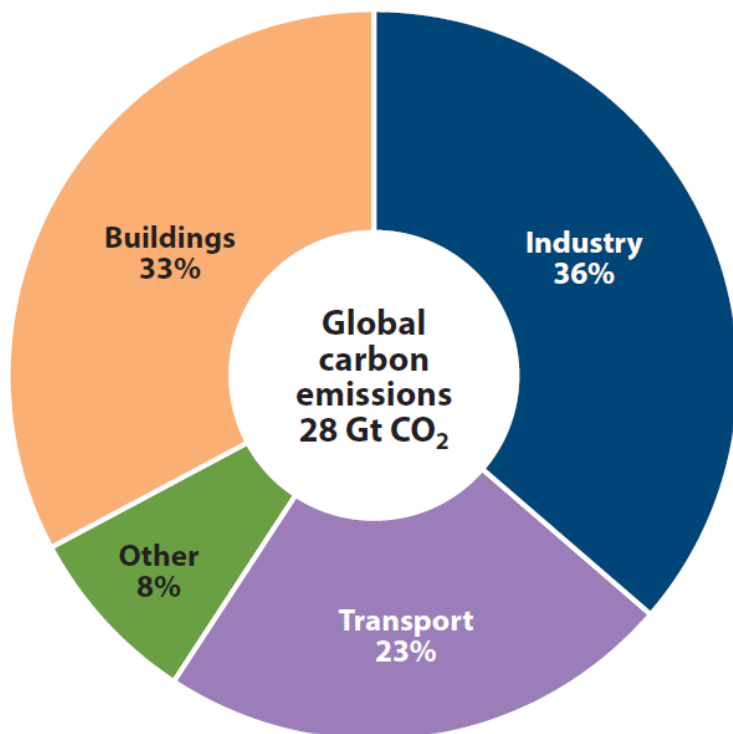
## ► Ukrepi:

- Geneva and Rio Conventions
- Paris Agreement
- U.S. Clean Air Act
- European Waste Electrical and Electronic Equipment Directive
- Japanese Home Electronics Recycling Law
- European Green Deal (first climate neutral continent by 2050)

## ► Dejavnosti potrebne v vseh sektorjih:

- povečanje učinkovitosti proizvodnje in rabe energije,
- uporaba obnovljivih virov energije,
- nizko-emisijska mobilnost,
- “C-free” transport,
- zmanjšanje porabe materiala,
- 100% reciklabilnost,
- biokompatibilnost,
- Proizvodnja brez odpadkov

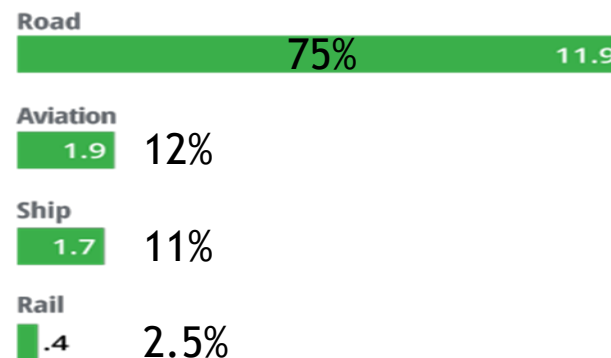
# Akterji



# Akterji

## ► TRANSPORT (5% BDP, 10M ljudi v EU, globalna veriga vrednosti)

- 16% globalnega izpusta toplogrednih plinov
- znaten vir onesnaženja in hrupa
- prispevek h klimatskim spremembam
- širjenje urbanih področij
- poškodbe, smrti, zastoji
- povečevanje emisij



## ► Cilji

- 50-55% zmanjšanje CO<sub>2</sub> emisij do 2030, 0 emisij do 2035
- “low-carbon zero-emission” mobilnost
- priključne baterije,
- zelen vodik,
- gorivne celice
- biogoriva
- lahki materiali

# Akterji

## ► ENERGIJA (obnovljivi viri, učinkovitost)

- 75% GHG emisij
- 31% globalnega GHG proizvodnja elektrike, ogrevanje
- 60% elektrike proizvedeno s plinom in ogljem
- nizko-ogljčni viri, kombinacija obnovljivih virov (veter, sonce, voda) in nuklearna

## ► Cilji

- veter in sonce največja vira do 2025
- 40% obnovljivih virov (kombinacija) v EU do 2030
- zmanjšanje porabe energije za 35-40%
- “net-zero” oz. ničelni energijski sistemi
- dominacija veterne in solarne energije
- biogoriva in metan, zajemanje ogljika, geotermalna, nuklearna
- materiali za transport, skladiščenje in dobavo

### Residential buildings

10.9

### Unallocated fuel combustion (biomass, nuclear, etc)

7.8

### Commercial buildings

6.6

### Oil and natural gas

3.9

### Coal

1.9

# Akterji

## ► PROIZVODNJA (industrija in material)

- 28% globalnih GHG emisij
- največji sector porabe energije (na vsakem koraku)
- naraščajoči trendi
- poraba energije (37% GHG), direktne emisije
- odpadki (produkcija in po koncu uporabe)
- naraščanje globalne porabe
- uvajanje energijsko in CO<sub>2</sub>-intenzivnih materialov.

## ► Cilji

- bolj učinkovita raba energije in materiala, optimizacija tehnologij
- boljši materiali
- zelen vodik, elektrifikacija, zajemanje ogljika pri proizvodnji mat.
- aditivne tehnologije, vitka proizvodnja, krožno gosp., reciklaža
- potreba po novih in tradicionalnih materialih z nizkim CO<sub>2</sub>-odtisom

Other industry (mining, textiles, construction, etc.)

10.9

Iron and steel

7.2

Chemical and petrochemical (energy)

3.6

Cement

3

Chemical and petrochemical (industrial)

2.2

Nonferrous metals

.7

Paper, pulp, and printing

.6

Machinery

.5

# Zahteve - materiali

- ▶ **Materiali povezani praktično z vsemi okoljskimi strategijami.**
- ▶ **Izzivi**
  - Zmanjšati intenziteto uporabe materialov
  - Zmanjšati intenziteto uporabe energije pri izdelavi
  - Povečati reciklabilnost uporabljenih materialov
  - Zmanjšati uporabo in izločanje nevarnih snovi in substanc
  - Maksimizirati trajnostno rabo obnovljivih virov
  - Podaljšati uporabo izdelkov in povečati ponovno uporabo
- ▶ **Zahteve**
  - Zmanjšanje teže (lažje)
  - Povečanje zmogljivosti (močnejše)
  - Zmanjšanje izgube energije (zmanjšanje trenja)
  - Odpornost na korozijo in temperaturo (zahtevnejši delovni pogoji)
  - Zmanjšanje CO<sub>2</sub>-odtisa (v celotni verigi)
  - 100% reciklabilnost

**“Light-weight, energy-efficient, environmentally-friendly design”**



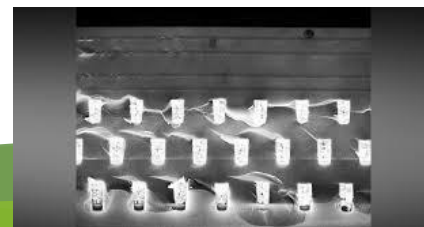
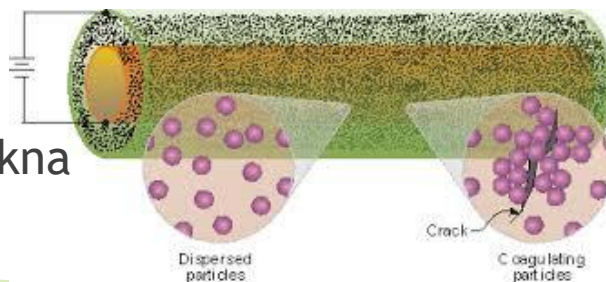
# Napredni materiali

- ▶ Materiali z novimi izboljšanimi lastnostmi, ki izboljšujejo učinkovitost delovanja izdelkov v primerjavi s konvencionalnimi materiali in postopki.

- ▶ Napredni večfunkcionalni materiali:

- “Lightweight” materiali
- Nano-materiali
- Pametni materiali
- “Self-Healing” materiali
- “Self-Diagnostic” materials
- Fotonski materiali
- Bio-inspired materiali

- Polimerni kompoziti
- MMC kompoziti
- Ogljikova (karbonska) vlakna
- Ogljikove nanocevke
- Titanovi aluminidi
- Zlitine s spominom oblike

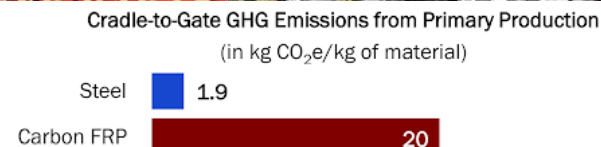
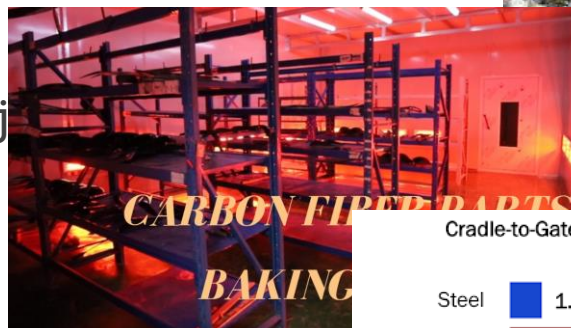


# Omejitve in problemi

- ▶ Veliko prednosti zaradi posebnih lastnosti, vendar problem trajnosti in nevarnost za okolje.

- ▶ Poezано:

- Dostopnost virov
- Energijsko intenzivna proizvodnja
- Visok CO<sub>2</sub>-odtis
- Razgradljivost in reciklabilnost
- Bio-kompatibilnost
- Produktivnost



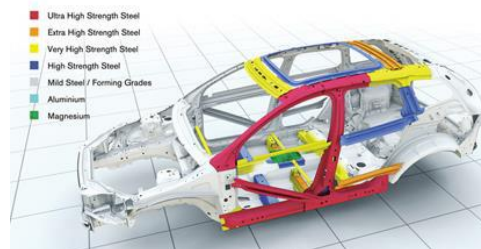
- ▶ Dejstva

- 32% plastike konča v oceanih
- Ogljikova vlakna 14x bolj energijsko intenzivna
- 10x višje GHG emisije
- 1/5 konča kot odpadek
- Kompozite ni moč 100% reciklirati
- Indij najredkejši element na zemlji
- 10x povečanje zahtev po Litijevih baterijah



# Kovine

- ▶ Odličen trajnostni karakter
- ▶ Kovine kot železo (Fe) in aluminij (Al) ne moremo uničiti ali izčrpati
- ▶ Zaloge se ne zmanjšujejo, zgolj menjajo obliko in lokacijo
- ▶ Kovine moč skoraj popolnoma reciklirati in ponovno uporabiti
- ▶ Trajno dostopne preko recikliranja
- ▶ Ohranjajo svoje lastnosti - edini “cradle to cradle” materiali (od zibke do groba)
- ▶ Izjemne lastnosti pri pravilni proizvodnji in obdelavi



## Ključne kovine za zeleno, nizkoogljico prihodnost

**Litij, Kobalt, Nikelj, Jeklo, Aluminij, Titan, Magnezij, Baker**  
(baterije) (lahke konstrukcije) (prevodnik)

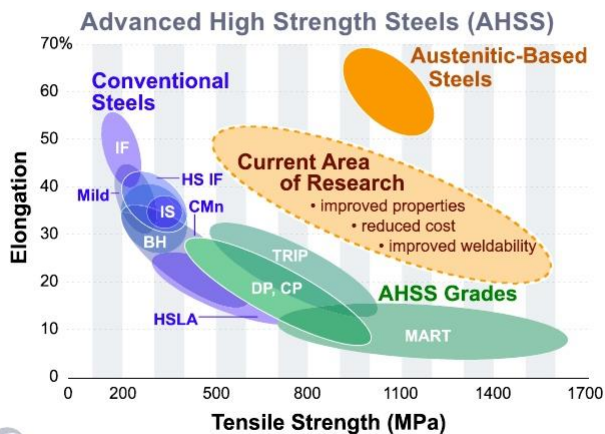


## JEKLO in jeklene zlitine

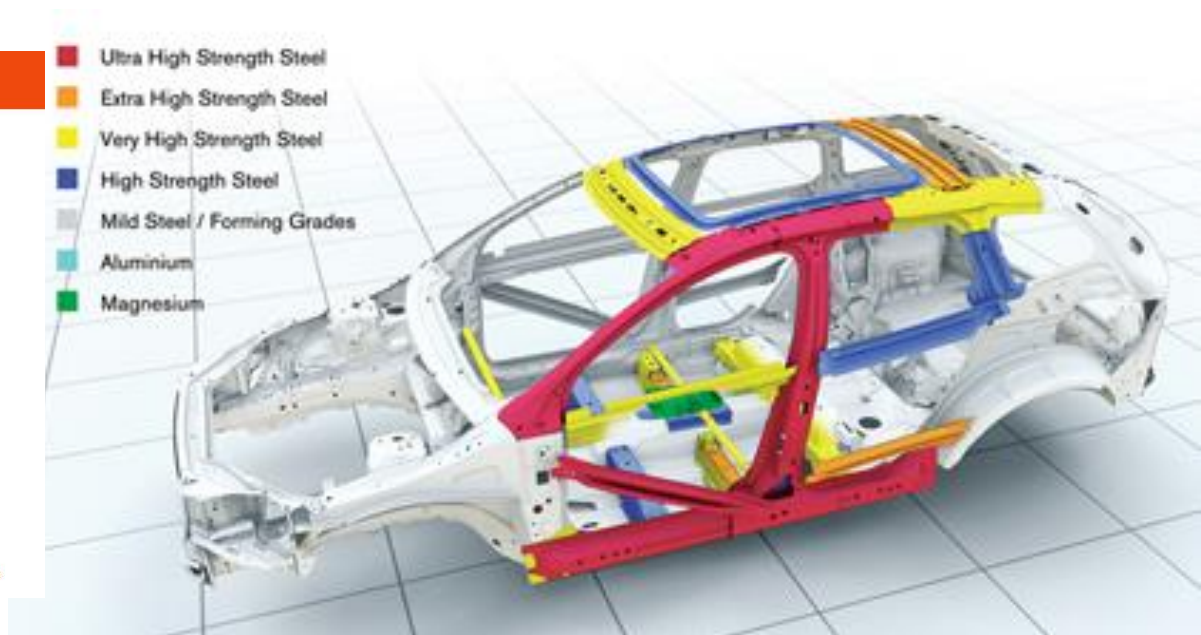
1.600 Mt (2016) -> 1.900 Mt (2020)

- 3. generacija lahkih, visoko-trdnih konstrukcijskih jekel (združevanje nosilnih in varnostnih funkcij)  
25 B€ (2019) -> 35-40 B€ (2024)

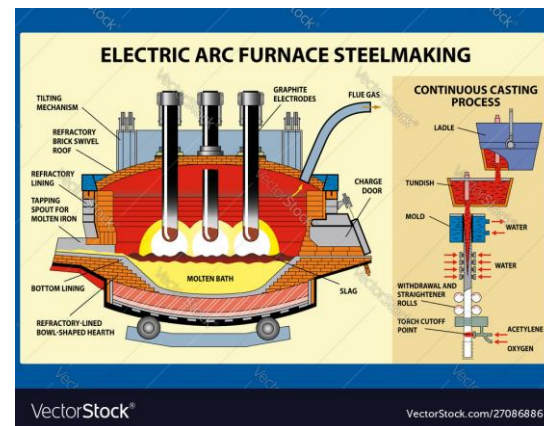
### Re-Inventing Automotive Steel



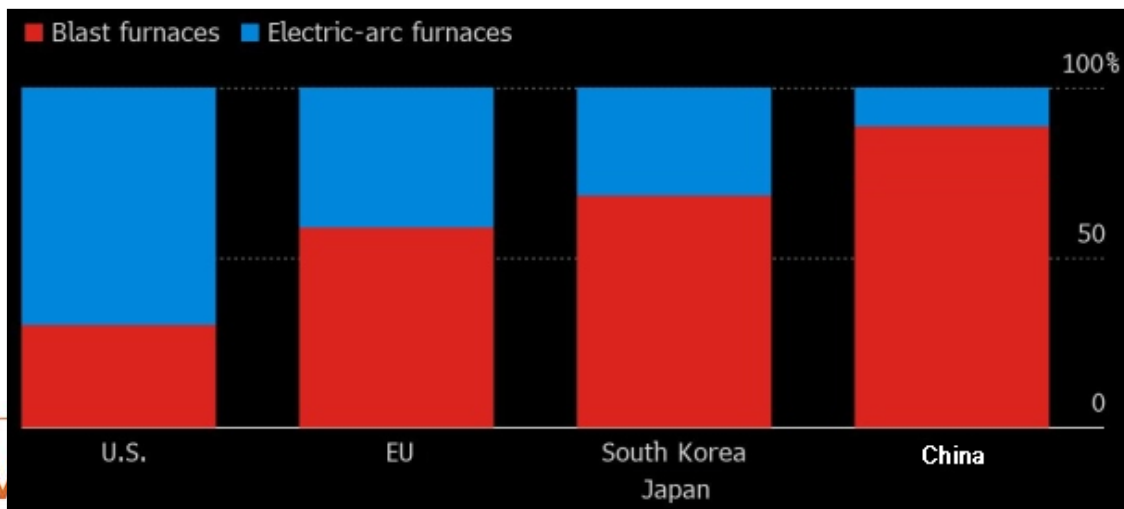
- Ultra High Strength Steel
- Extra High Strength Steel
- Very High Strength Steel
- High Strength Steel
- Mild Steel / Forming Grades
- Aluminium
- Magnesium



## “C-neutral” ali C-nevtralnno jeklo



-  $H_2$  - vroča predelava



$H_2$ :

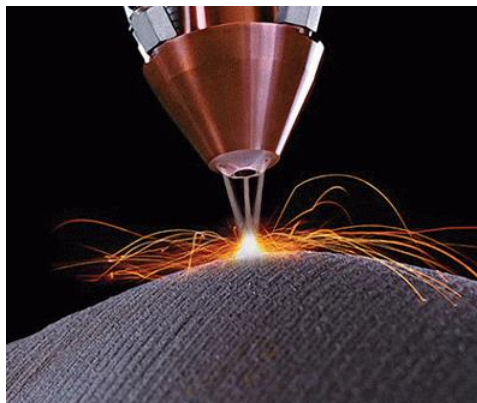
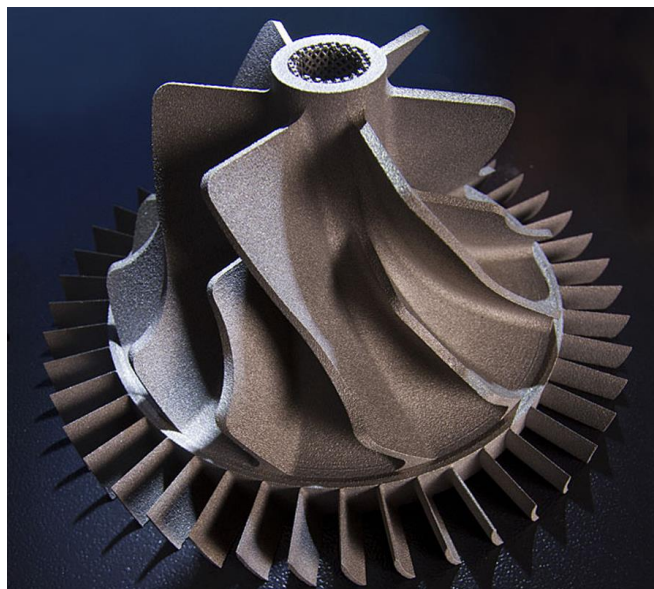
- 50 kg  $H_2$ /1t jekla
- 2500 - 3000 kWh

EOP:

- 300 - 400 kWh

## ZELENE TEHNOLOGIJE

- Aditivne tehnologije (“light-weight” & “no-waste” technology)



## ZELENE TEHNOLOGIJE

- Funkcionalizacija površin (“super-low friction” - no energy loss  
“self-healing”, - no material loss)



# Skupen R&R

**Potencial kovin in zlitin še daleč od raziskanega in izkoriščenega v praksi**

**Materiali za zeleno družbo in prihodnost**

- Znanje
- Digitalizacija
- Napreden razvoj
- High-tech raziskovalna oprema in kapacitete
- **Sodelovanje Univerze-Raziskovalni inštituti-Industrija-Država (zakonodaja)**





# CIRCI - Norway grant

## Circular Industry - The application of circular economy principles in industry processes

### ▶ Input material:

- ▶ Scrap (180.000 t)
- ▶ Alloys (5.000 t)
- ▶ Non-metallic elements

### ▶ Energy:

- ▶ Electricity (118 GWh)
- ▶ Gas (120 GWh ; 2 GWh)
- ▶ Compressed air (31.1 t)
- ▶ Cooling water (15.7 t)

### ▶ Planned Energy Investments:

- ▶ Solar panels & batteries
- ▶ Gas recovery (4,5 MW)
- ▶ Hydrogen production

### Side stream (1/3):

#### ▶ Metallic excrement / Scrap (non-hazardous / by product)

- ▶ 24.712 t/year
- ▶ 100% inner-recycled
- ▶ Chemical composition

#### ▶ Slag (non-hazardous)

- ▶ 25.385 t/year
- ▶ 100% external processed
- ▶ Chemical composition
- ▶ Has potential of being recycled

#### ▶ Filter dust (hazardous)

- ▶ 2.360 t/year
- ▶ 100% external processed
- ▶ Risk of self-combustion

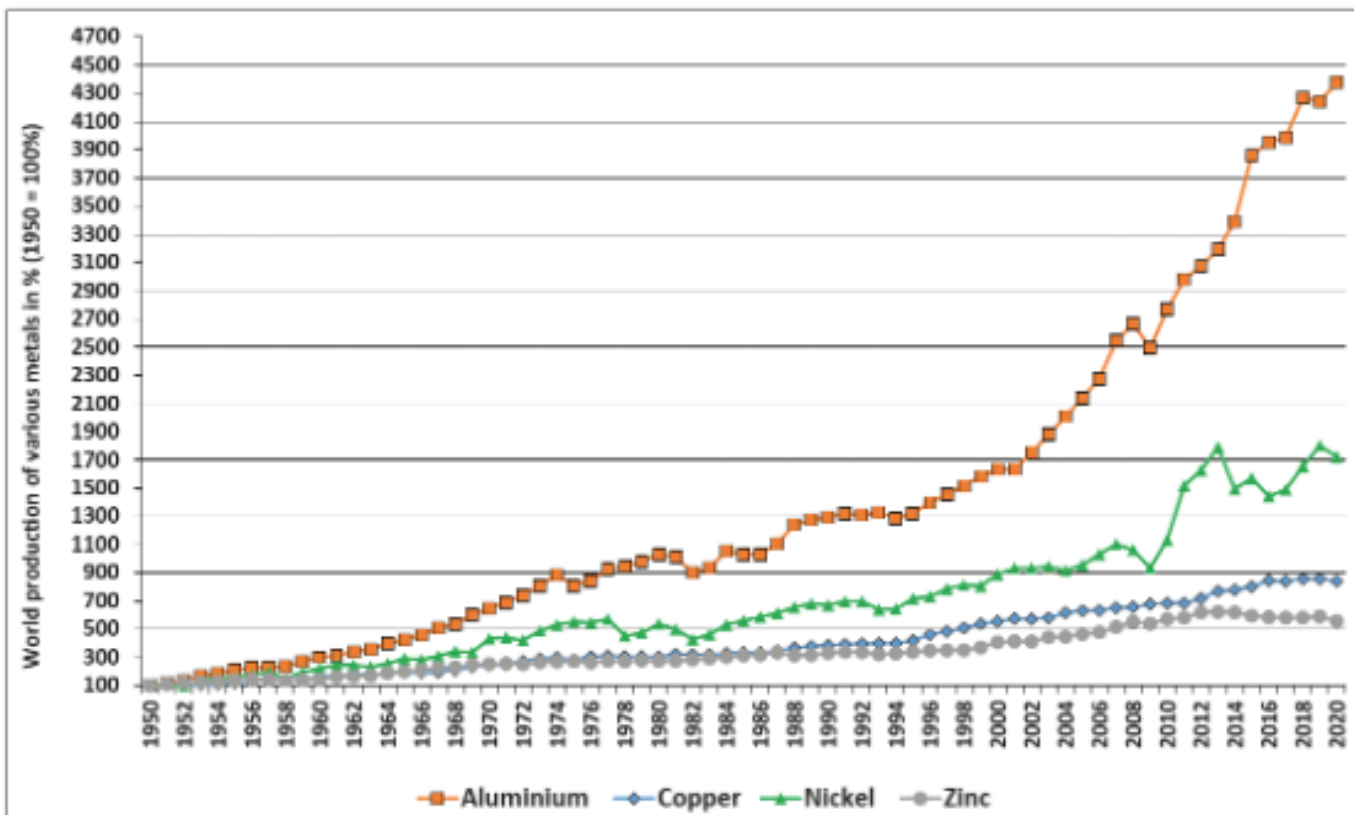
0,1	Podjetje / ime podjetja	Store Steel d.o.o.			
0,2	Obrat				
1	Ime stranskega toka materiala oz. produkta	Kovinski izmeček			
2	Komercialno ime materiala (če obstaja)				
3	Tretirano kot stranski proizvod ali odpadek?	Stranski proizvod			
4	Če je odpadek, kako klasificiran (izberite 00, če nič ne ustreza).	01 – Odpadki iz iskanja, rudarjenja, dejavnosti kamnolomov, fizičnih			
5	Na kateri točki v procesu pride do stranskega proizvoda (npr. procesni korak)				
6	Letni obseg proizvodnje (tonaža/prostornina)	24712 t / leto			
7	Ali se proizvod/material proizvaja kontinuirano ali občasno?	Neprekinjeno			
8	Agregatno stanje (trdno, tekoče, plinasto ...), po potrebi na kratko komentirajte.	Trdna			
9	Ali je material organski oziroma anorganski, po potrebi na kratko komentirajte.	Anorgansko			
10	<b>Trenutna uporaba in odlaganje materiala</b>				
10,1	Začasno skladiščenje odpadka (skladiščenje na viru nastanka v podjetju)	%			
10,2	Zunanje skladiščenje (skladiščenje pri zbiralcu, predelovalcu, posredniku, trgovcu)	%			
10,3	Notranje recikliranje	100 %			
10,4	Prodaja zunanjemu prejemniku	%			
10,5	Sežig materiala?	Ne			
10,6	Ali ima stranski proizvod/material potencial boljše izkoriščenosti?				
10,7	Druge pomembne informacije o stranskem proizvodu/materialu				
11	<b>Klasifikacija nevarnosti</b>				
11,1	Ali je material klasificiran kot nevaren odpadek?	Ne			
11,2	R stavki - tveganja				
11,3	S stavki - varnost				
11,4	H stavki - oznaka nevarnostnega razreda kemikalije				
11,5	Ali obstajajo omejitve ali druge vladne zahteve za ravnanje z materialom? (Kratek opis vseh zahtev za ravnanje z odpadkom in opombe vezane na zakonodajo)	Ne			
11,6					
11,7	Reaktivnost z vodo	Ne			
11,8	Nevarnost samovžiga	Ne			
15,8	Velikost delcev	mm	D50	Minimum	Maksimum
16,8	Vsebnost vlage, običajno	%			
16,9	Opravljen kemijska sestava	Da			
12,8	Opravljen meritve fizikalnih in mehanskih lastnosti	Ne			
13,8	Ali potekajo notranje razvojne dejavnosti za recikliranje in uporabo materiala?	Ne			
14,8	Ali potekajo razvojne aktivnosti z zunanjimi partnerji za recikliranje in uporabo materiala?	Ne			



## ZELENI MATERIALI

Dvojni zeleni in digitalni prehod EU, omogočajo sinergije med naprednimi materiali, tehnologijami in krožnostjo.





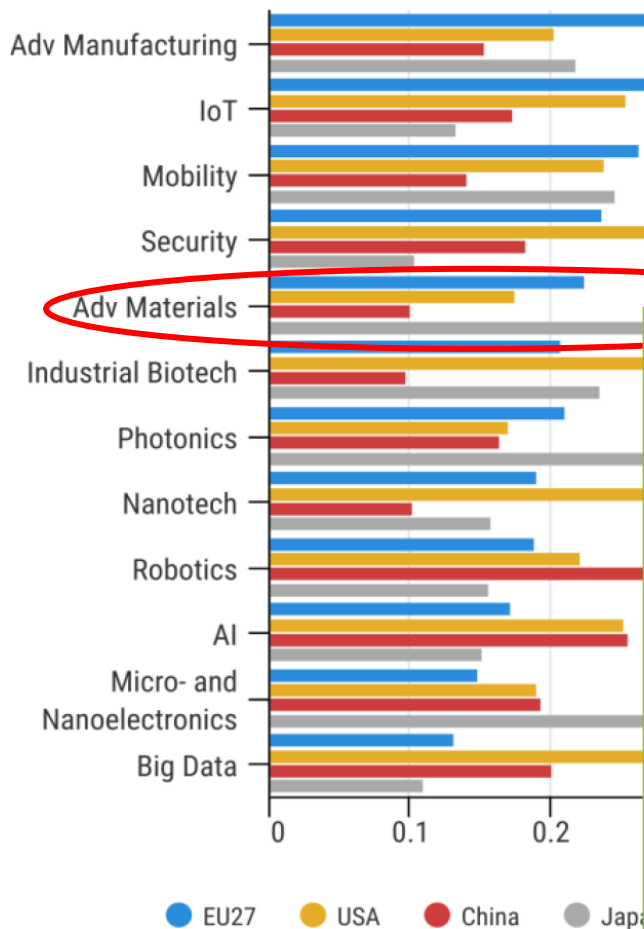
## Rast proizvodnje neželeznih kovin v svetu



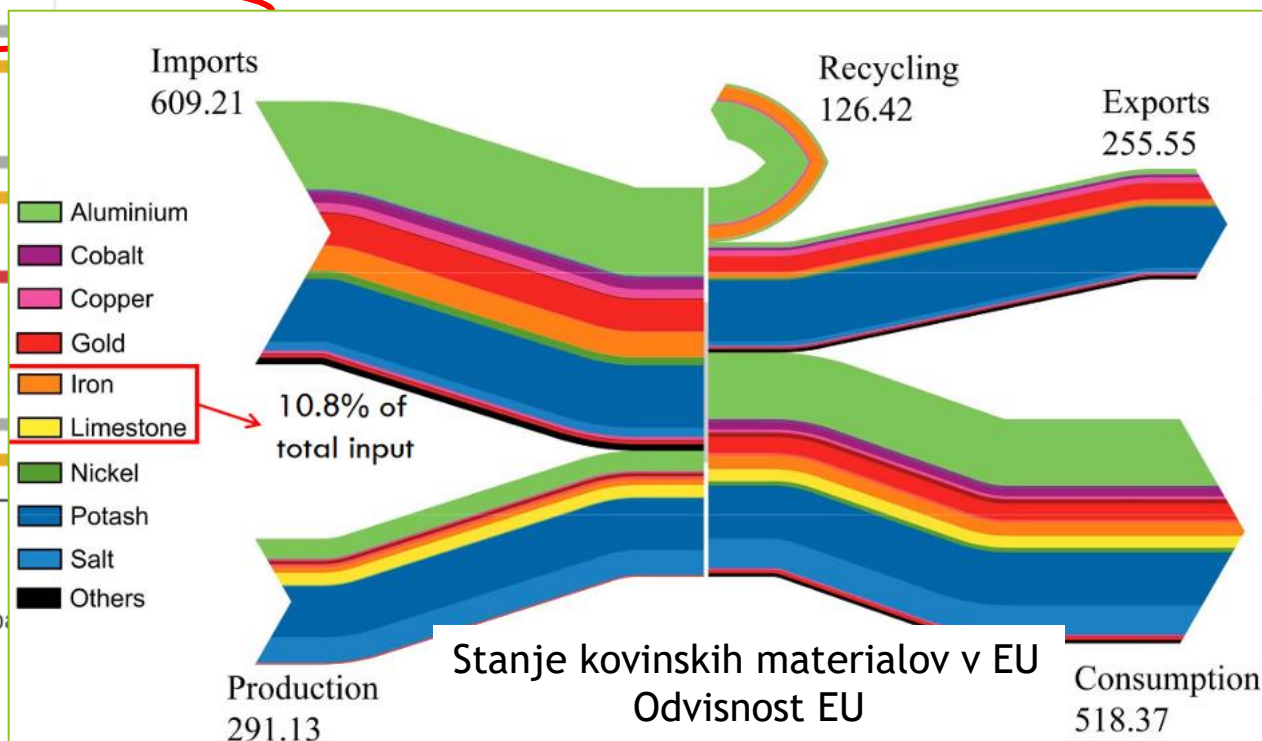
Za doseg teh rešitev mora Evropa nadgraditi trajnostne lastnosti novih naprednih materialov.

Trajnostni napredni materiali so ključno gonilo inovacij, ki ustvarjajo nove priložnosti.

## STANJE V EU



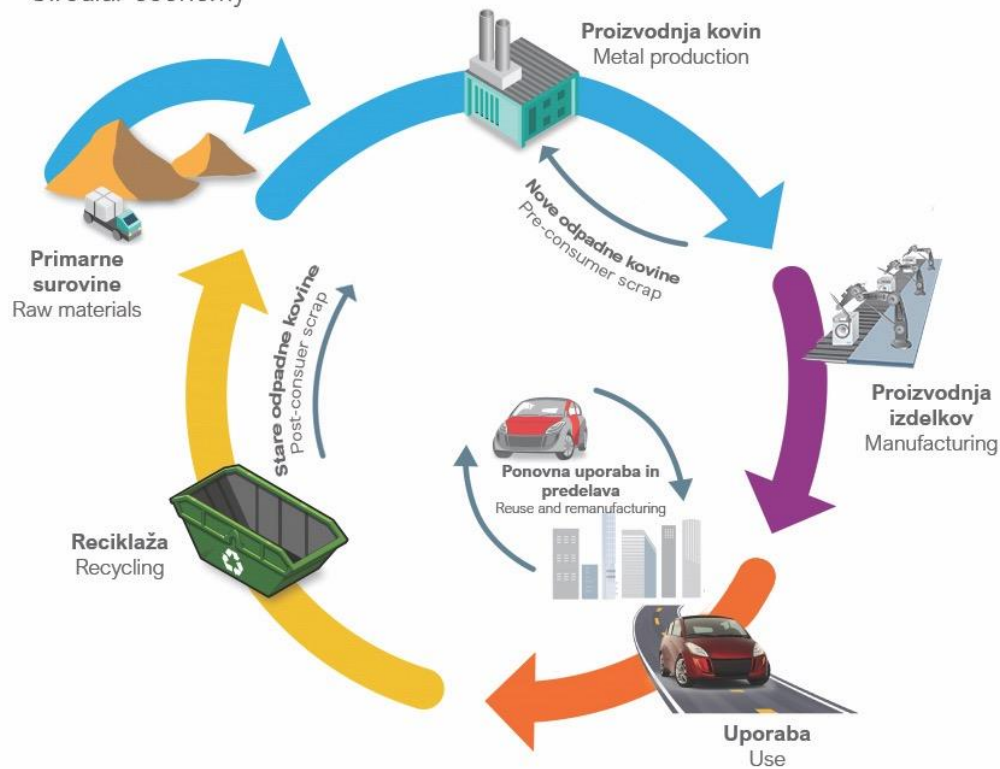
Razvrstitev uspešnosti ključnih tehnologij v primerjavi EU z ZDA, Kitajsko in Japonsko



## Nekaj zahtev za **ZELENE MATERIALE**

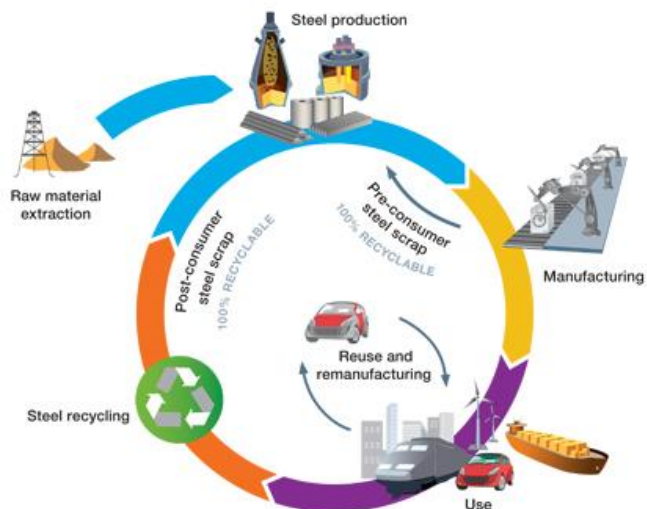
- **Proizvodnja iz sekundarnih surovin**
- **Zmanjšanje porabe energije in okoljskega odtisa**
- **Zmanjšanje teže**
- **Odpornost proti koroziji**
- **Sledljivost "MATERIALU"**
- **Reciklaža - reciklabilnost**
- **Zagotavljanje strateške avtonomije**

### Krožno gospodarstvo Circular economy



## RECIKLAŽA ŽLINDRE

THE LIFE CYCLE OF STEEL



ODPADKI DRUGIH PANOG

NPR. OSTANEK PROIZVODNJE  
BRUSOV, KERAMIKE,  
ULITKOV,...



VISOKO  
KAKOVOSTN  
O ČISTO  
JEKLO

ŽLINDRA

PROIZVODNJA IZOLACIJSKE VOLNE

PROIZVOD

PROIZVOD

USTVARITI ŠIROKE RECIKLAŽNE VERIGE - INFORMIRANOST



## ALUMINIJ

### Aluminij je strateški material v EU:

- Aluminij in njegove zlitine je mogoče popolnoma reciklirati, zato je aluminij okolju prijazen material. (25-30 mil. t Al/ leto)
- **Aluminij je material za čiste tehnologije v EU** (aplikacije: vetrna, sončna in vodikova energija, baterije, električna vozila, prenos električne energije in energetsko učinkoviti gradbeni sistemi, transport, embalaža,...)
- Poraba energije pri recikliranju je nizka in znaša le 5 % porabe pri proizvodnji primarnega aluminija – hranik energije.
- Povpraševanje po aluminiju se bo v EU samo za čiste tehnologije povečalo iz 14 (2020) na 21 mil. t (2050).
- EU: okoli 40 milijard letnega prometa in več kot 1 milijon delovnih mest.



*Juicy Salif*, the aluminium citrus squeezer designed by Philippe Starck in 1990. (© Philippe Starck)

## Proizvodnja aluminija

## Proizvodnja primarnega aluminija v svetu

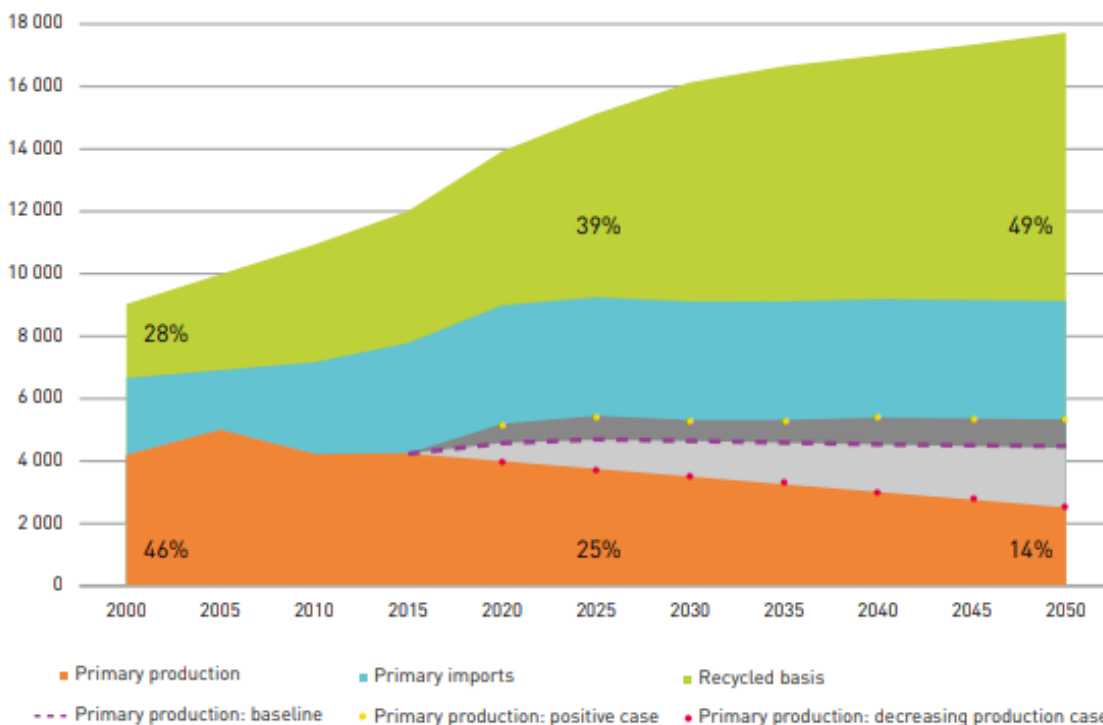
2019: **63,657 mil. t**

2020: **65,3 mil. t**

2021: **67.24 mil. t**

### European aluminium demand for aluminium ingot (2000 - 2050)

Including a decreasing production case, a positive and a baseline scenario for the primary production in Europe (i.e. EU28+EFTA)



## Proizvodnja v Sloveniji

2014 /t:

- IMPOL: 183.000
- TALUM: 140.000
- Foundries: 37.200

Total: 360.200

2021 /t:

- IMPOL: 258.000
- TALUM: 113.300
- Foundries: 53.000

Total: 424.000



## Vzpostaviti popolno-zelena aluminijško verigo



**MATERIAL**

- Produkcija primarnega aluminija
- Skladiščenje sekundarnih surovin v ozkih kakovostnih skupinah (baza podatkov)
- Določanje lastnosti (kemična sestava, delež površinskih nečistoč, delež vključkov, specifična površina, velikost, oblika, ...)
- ...



**TEHNOLOGIJA**

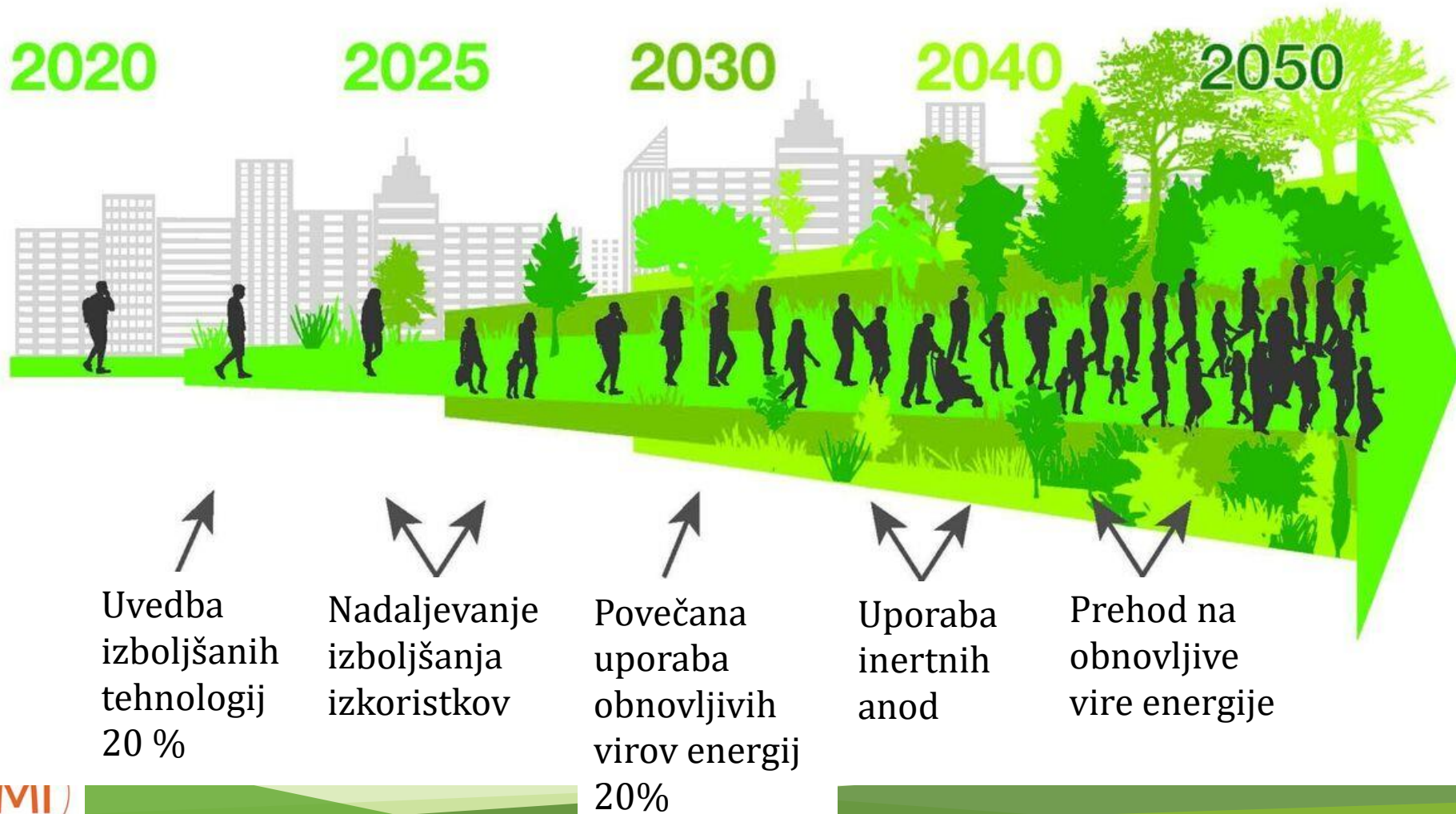
- Zbiranje (baza podatkov)
- Razvrstitev odpadkov v ožje kakovostne skupine
- Priprava sekundarnega materiala
- Ustrezno taljenje primarnega in sekundarnega aluminija, legiranje, homogeniziranje in rafiniranje taline
- ...

UMETNA INTELIGENCA

**ZELENI IZDELEK**  
z zahtevanimi lastnostmi in kakovostjo



## Pot do brezogljičnega pridobivanja primarnega aluminija



## ZMANJŠANJE PORABE ENERGIJE IN IZPUSTOV CO<sub>2</sub>

**Transport** je največji posamezni sektor za izdelke iz aluminija v Evropi (>40 %).

**Zmanjšanje teže vozil (letala, avtomobili, vlaki,...) poveča učinkovitost porabe energije in zmanjša emisije CO<sub>2</sub>.**



Uporaba 100 kg aluminija v avtomobilu zmanjša emisije CO<sub>2</sub> za 8g/km in prihrani do 46 litrov goriva na leto.

### Zmanjšanje izpustov v podjetju Talum

<https://www.talum.si/pdf/Okolje%20energija%20ter%20varnost%20in%20zdravje%20pri%20delu%20v%20Skupini%20Talum-maj%202022.pdf>





## TRANOST IN ZMANJŠANJE PORABE ENERGIJE

**Gradbeništvo (prib. 25 %) - vse več** inovativnih aplikacij za izboljšanje energetske učinkovitosti, udobja, trajnosti in zmanjševanje potreb po vzdrževanju stavb.



Aluminij se uporablja v gradbeništvu zaradi svojih lastnosti kot sta nizka gostota in odpornosti proti koroziji.

Aluminij se uporablja v zunanjih fasadah, strehah in stenah, v oknih in vratih, v stopniščih, ograjah, policah in na drugih področjih.



## ALUMINIJ VSESTRANSKI EMBALAŽNI MATERIAL

Aluminij ima široko paleto aplikacij za **pakiranje (17 %)**, od pločevink za pijače do posod za hrano, aerosolov, tub, folije ...



**Nizka teža embalaže, poljubna oblika, nima vpliva na vsebino, reciklabilnost ...**



Aluminijasto zapiranje prinaša koristi tako proizvajalcem kot potrošnikom; ohranja arome, okuse in svežino, hkrati pa zagotavlja konsistenco steklenice za steklenico.



## ALUMINIJ POVSOD OKROG NAS

Aluminij je povsod; tako zelo, da tega pogosto ne opazimo. Je del:

- kolesa,
- kuhinjskih pripomočkov
- elektronskih naprav
- ...

**Aluminij je idealen material za sodobno življenje. Je eleganten, lahek, močan, vzdržljiv in ga je mogoče reciklirati.**



Zaradi nizke gostote, dobre korozijske odpornosti in ustreznih mehanskih lastnosti se uporablja za športne rekvizite.

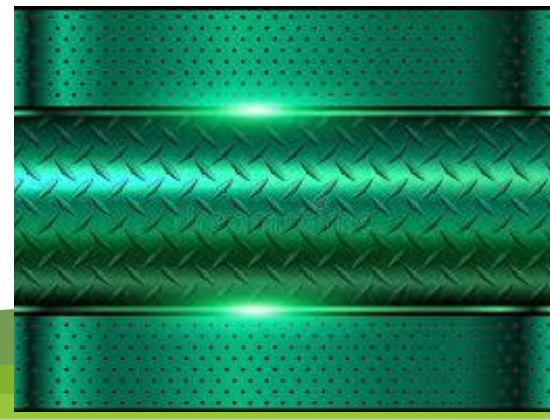
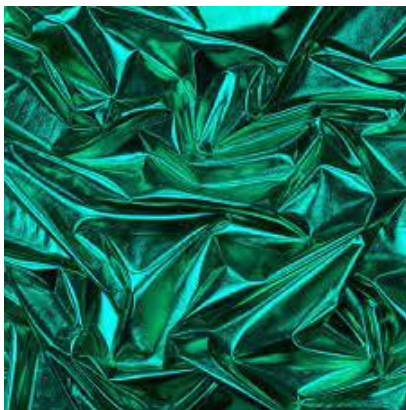
# KOVINSKI MATERIALI – ZELENİ MATERIALI

## Zeleni aluminij

**Aluminij je osnovna kovina za zeleni prehod in ima neprecenljivo vlogo pri preoblikovanju Evrope in Slovenije.**

**Evropa in Slovenija se mora izogibati odvisnosti od uvoza aluminija (MATERIALOV) iz tretjih držav in se osredotočiti na spodbujanje varne in trajnostne oskrbe z evropskim (Slovenskim) aluminijem.**

*Evropsko aluminijsko združenje*



# Zeleni polimerni materiali

dr. Andrej Kržan



**KEMIJSKI  
INŠTITUT**

**Kemijski inštitut**

**Strateško Razvojno Inovacijsko Partnerstvo -  
Materiali za končne Produkte (SRIP-MATPRO)**



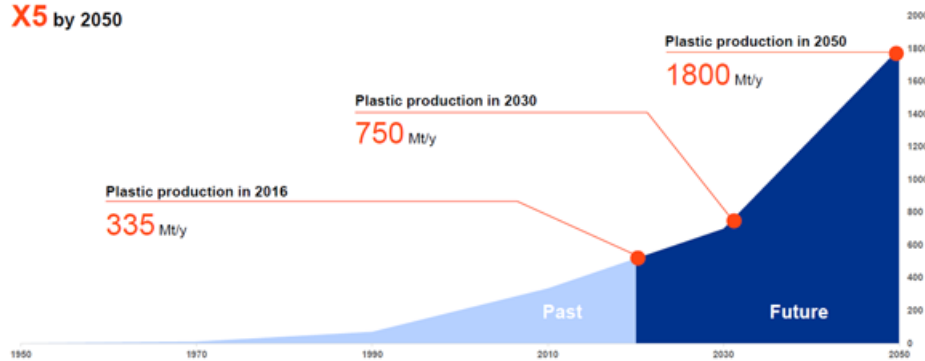
## Živimo v materialnem svetu

- ▶ Materiale (še vedno!) potrebujemo!
- ▶ Velike količine >> velik odtis
- ▶ Znatna poraba virov in energije
- ▶ Večja učinkovitost pri uporabi
- ▶ **Več odpadkov!**
- ▶ Kako slediti trajnostnim načelom?

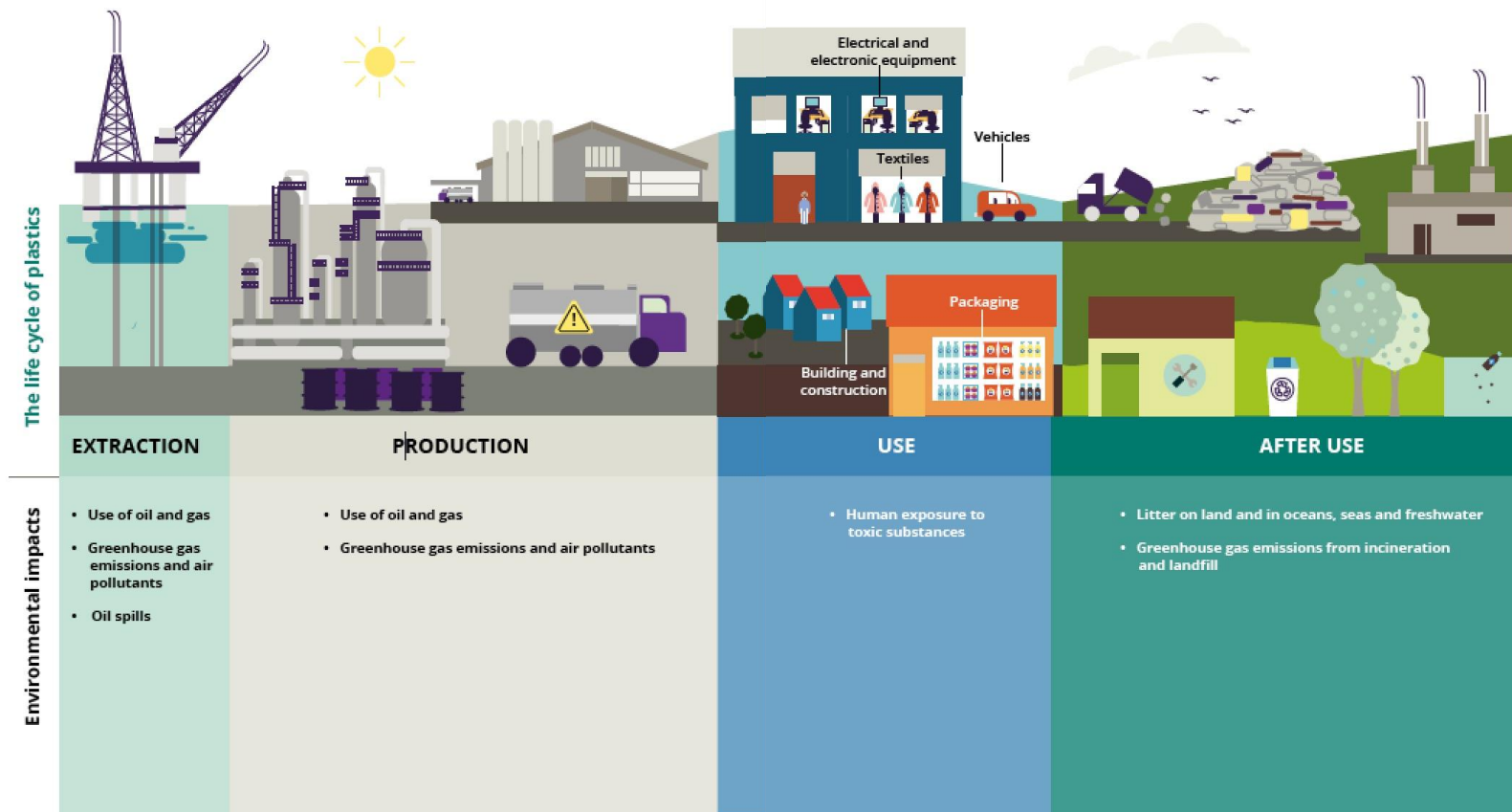


Figure 1: Global plastic production forecast<sup>1</sup>

**X5 by 2050**



# Kako narediti materiale bolj zelene?



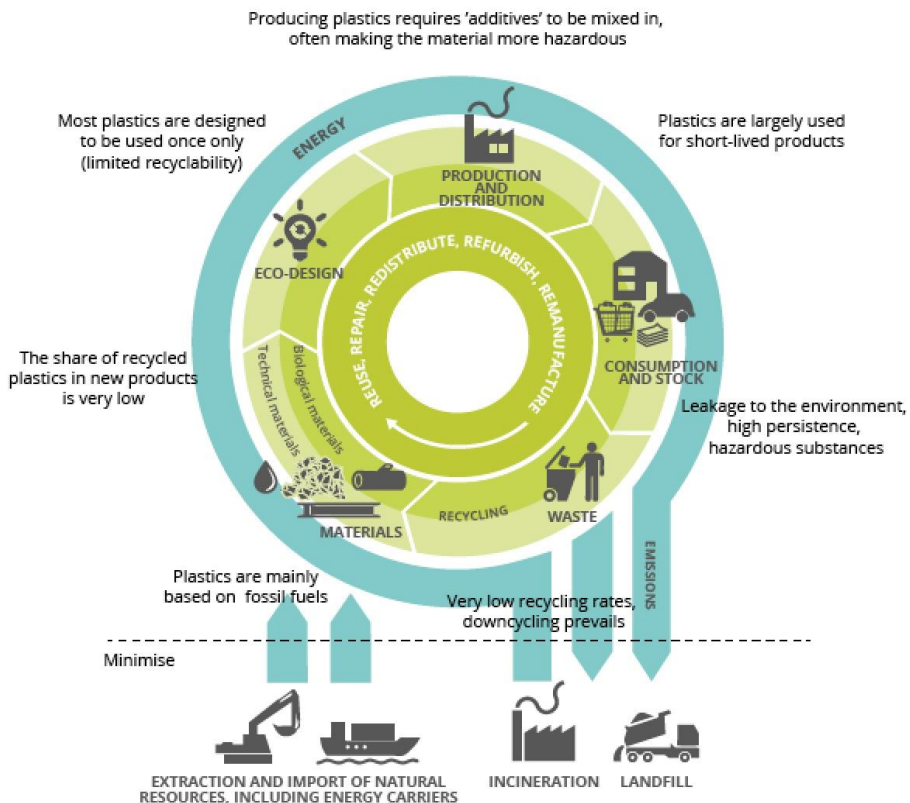
Source: EEA.

# Kako narediti materiale bolj zelene?

Priložnosti so na vseh stopnjah:



Source: EEA



Source: Adapted from EEA (2019b).



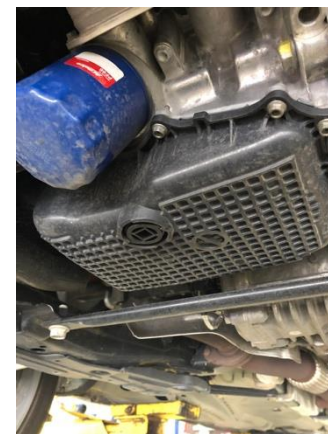
# 1. Napredek v materialih

Plastika

Kompoziti

**Multikomponentni materiali!**

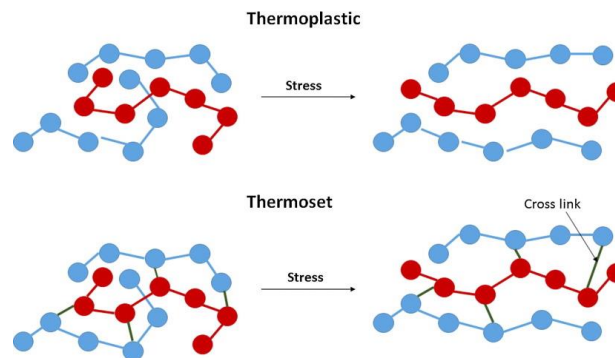
- ▶ Nove izvedenke, nove kombinacije (materialov)
- ▶ Biosnovane komponente (0-100%), biorazgradljivi materiali (0,100%)
- ▶ Nove strukture



- Primer: vitrimeri - reverzibilne polimerne mreže

- ▶ Sproščanje napetosti
- ▶ Materiali z oblikovnim spominom
- ▶ Samoozdravljivi materiali
- ▶ Recikliranje

Cilj: Nižanje bremen  
Pozitivni učinki v uporabi



## (Novi) Procesi

- ▶ Izhodišče:  
Plastika - hitra in učinkovita proizvodnja  
- primer: tisk in barva pri oblikovanju

**ROTOBOX**



Nove proizvodne metode

Hitra avtomatska proizvodnja  
(kompoziti)

Recikliranje  
Kemijsko (depolimerizacija)  
Piróliza...

Cilj: nižanje bremen iz proizvodnje  
boljša izraba virov



## Lahke strukture

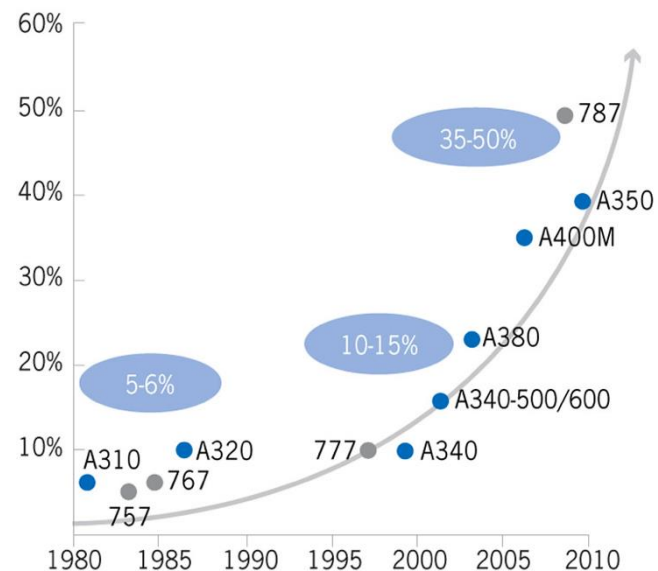
Nižanje teže je ključno za nižjo porabo goriva  
Odpornost na korozijo

Napredek v veliko-serijski proizvodnji

Recikliranje kompozitov še vedno izziv!

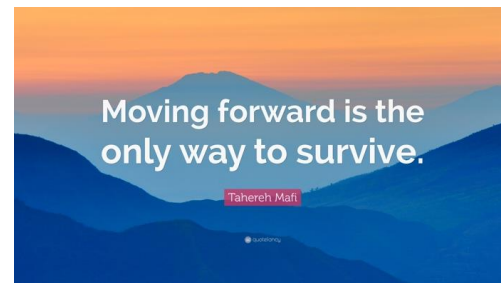


Aircraft composite content over time



## Zakaj

- ▶ Slovenija ima dober položaj, ki ga je potrebno ohranjati
- ▶ Materiali predstavljajo znatno dodano vrednost, izvoz, v BDP in zaposlitvam
- ▶ 2020:
- ▶ Dod. vrednost 822 M Euro, Prihodki 3547 M Euro
- ▶ Izvoz 2466M Euro, 16 k + zaposlenih
- ▶ Strateški pomen
- ▶ Konkurenčna in strateška prednost  
... ki jo je potrebno razvijati



## Zakaj

- ▶ Zeleni in digitalni prehod sta ključni
- ▶ strateški usmeritvi EU
- ▶ >> jasni cilji in zahteve
- ▶ To so tudi zahteve trga in potrošnikov
- ▶ Okoljsko, socialno in upravljavsko (ESG) poročanje postaja zahteva:  
(Corporate Sustainability Reporting Directive )
  - ▶ Od 2023 za velika podjetja, ki kotirajo na borzi
  - ▶ Od 2025 za podjetja z > 250 zaposlenimi
- ▶ Ker je prav





## Materiali omogočajo višjo trajnost ... In jo bodo tudi v prihodnje

SRIP-MATPRO s partnerji bo prispeval k tej prihodnosti

Hvala za pozornost!

andrej.krzan@ki.si



**KEMIJSKI  
INŠTITUT**