



PRIHODNOST PROIZVODNJE ALUMINIJA IN RAZISKOVALNIH AKTIVNOSTI

e - delavnica

Petek, 18.12.2020 ob 10:00



Potek delavnice:

1. Pozdrav udeležencev in predstavitev delavnice, *Jožef Medved, Marko Drobnič*
2. Svetovni trendi in izzivi na področju aluminija:
 - Razvoj materialov na osnovi Al, *Maja Vončina, UL-NTF*
 - Razvoj Al zlitin in izdelkov, *Peter Cvahte, IMPOL*
 - Tlačno litje Al, *Mitja Petrič, UL-NTF*
 - Trendi v aluminijški industriji, *Stanislav Kores, TALUM*
 - *Goran Kugler, UL-NTF*
3. Prihodnost raziskav materialov in tehnologij na področju aluminija
 - Predvideni projekti v letu 2021
4. Diskusija
5. Zaključek



Fokusna področja Akcijskega načrta SRIPMATPRO:

Aluminij

Nove visoko-trdnostne in ultra-čiste zlitine Al

Alternativni postopki izdelave in maksimalna reciklaža Al

Tlačno litje Al zlitin

Tehnologije

Modeliranje procesov izdelave materialov

Strateško razvojno-inovacijsko partnerstvo Materiali kot končni produkti (SRIP MATPRO) je bilo oblikovano leta 2017 na pobudo Strateškega sveta za metalurgijo. Vključuje področja metalurgije - kovinskih materialov in multikomponentnih - nekovinskih materialov.

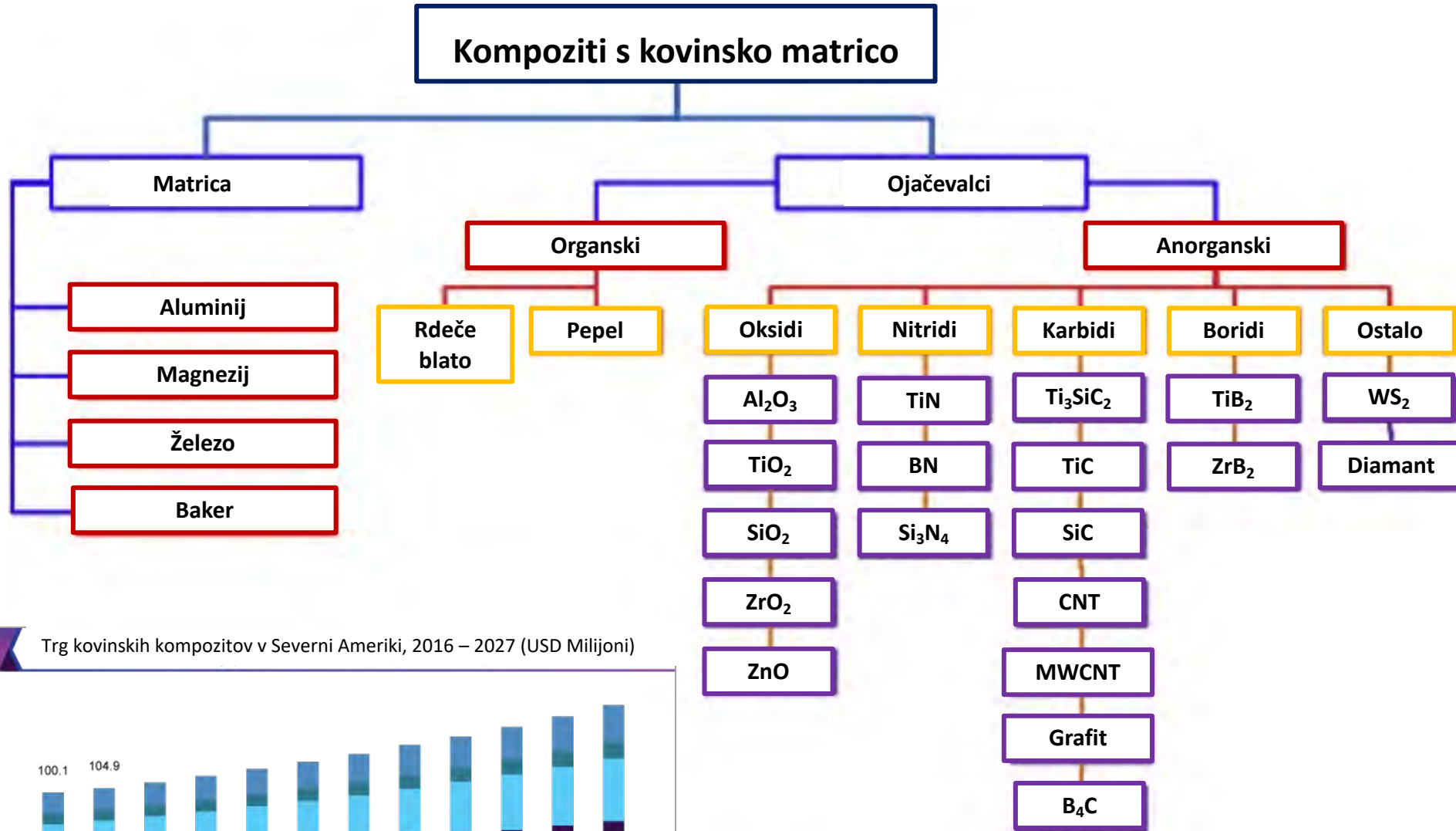
ALUMINIJ

Poleg avtomobilske in letalske industrije imajo aluminijeve zlitine ogromen potencial tudi v širokem spektru ostalih področij, kot so medicina, farmacija, vojaška industrija, interierji itd. Pri tem se zahteva razvoj novih visoko-trdnostnih in korozijsko odpornih zlitin aluminija, ki naj bi združevale 100 % reciklabilnost, nizko težo, visoko nosilnost in maksimalno absorpcijo energije.

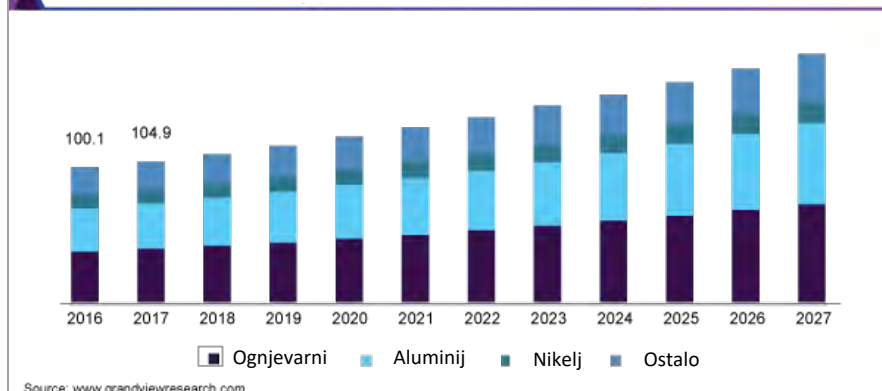
PRIHODNOST PROIZVODNJE ALUMINIJA IN RAZISKOVALNIH AKTIVNOSTI

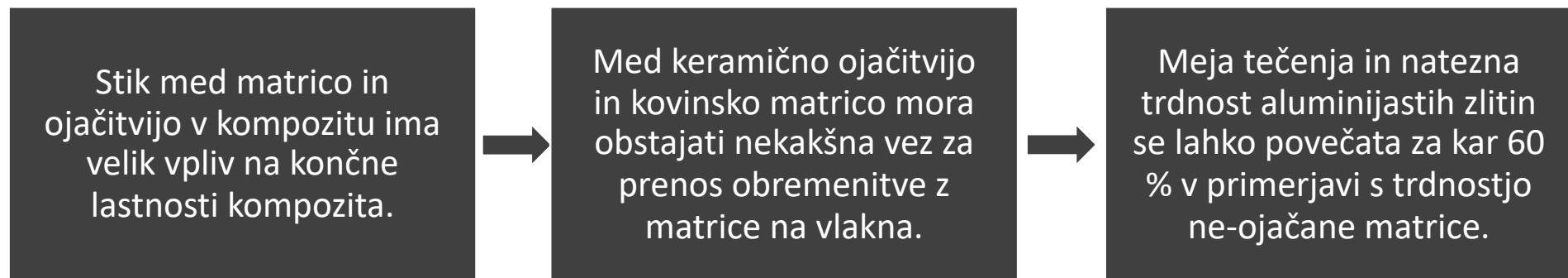
Doc. dr. Maja Vončina
e - delavnica

Kompoziti z aluminijevo kovinsko matico



Trg kovinskih kompozitov v Severni Ameriki, 2016 – 2027 (USD Milijoni)





Kompoziti s kovinsko matrico

AMC ojačani z ločenimi delci

AMC ojačani s kratkimi vlakni

AMC ojačani s kontinuitnimi vlakni ali monofilamenti



Delci



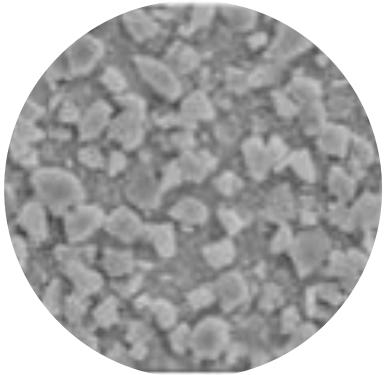
Kratka vlakna



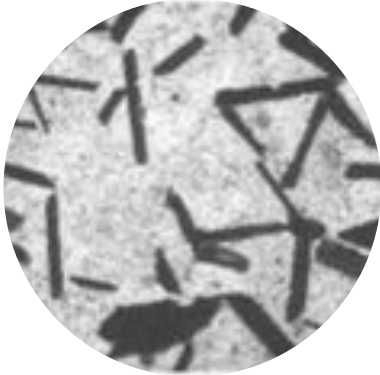
Kontinuirna vlakna



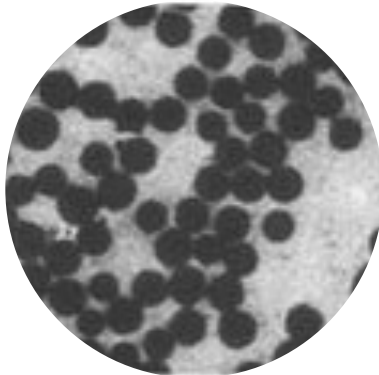
Monofilamenti ali plošče



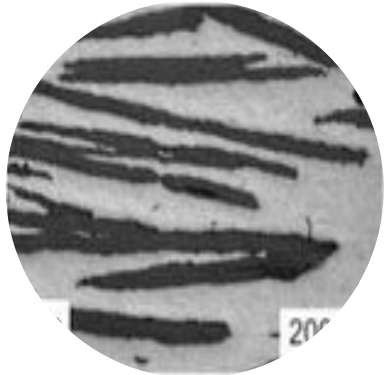
Al/SiC delci



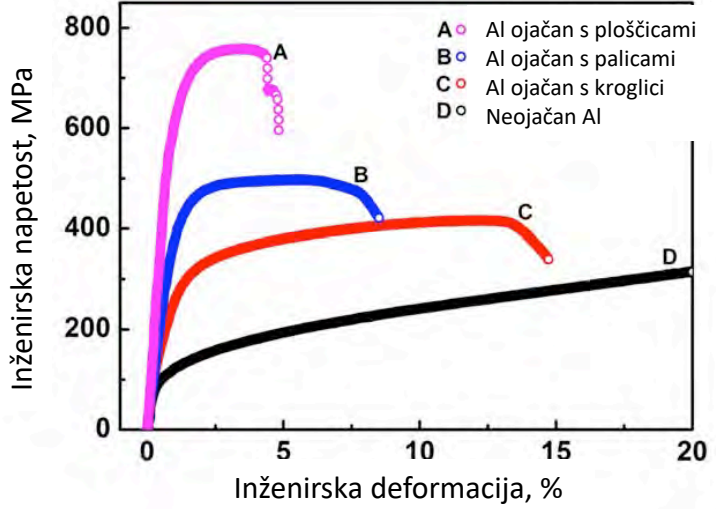
Al/Al₂O₃ ploščice

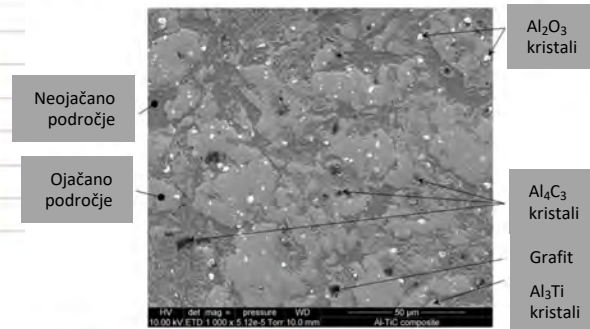
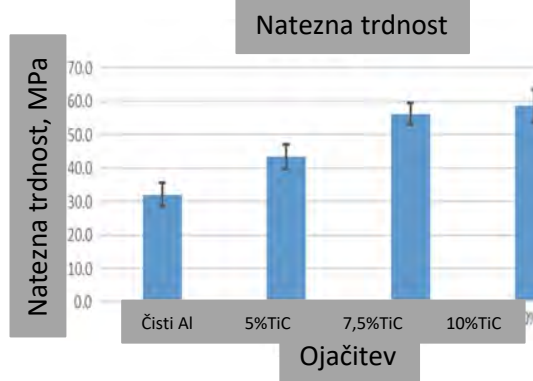
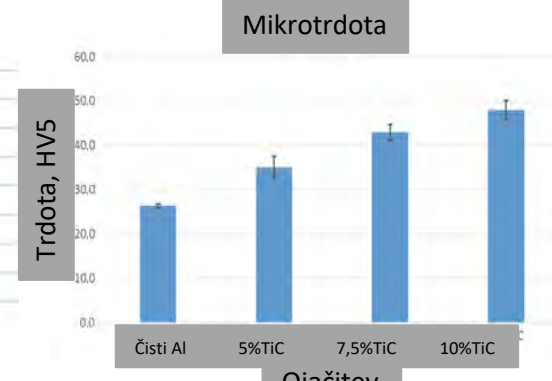
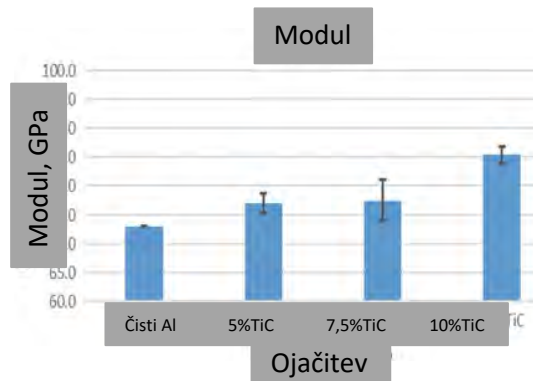
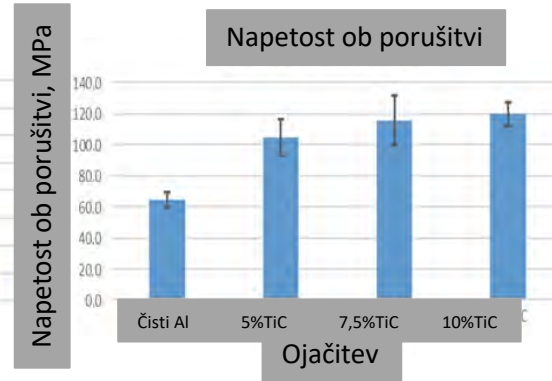
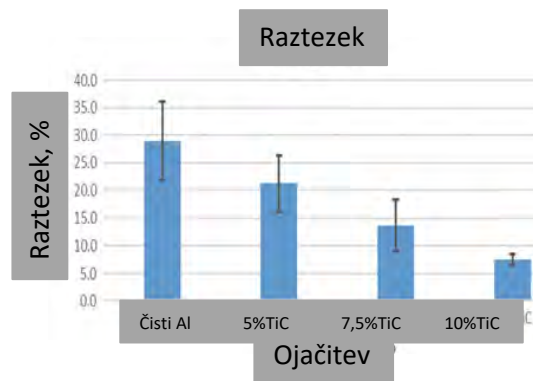


Al/Al₂O₃ kontinuirana vlakna



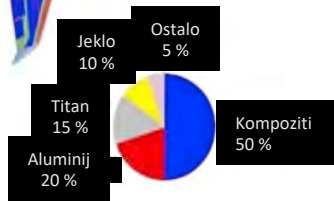
Al/grafit



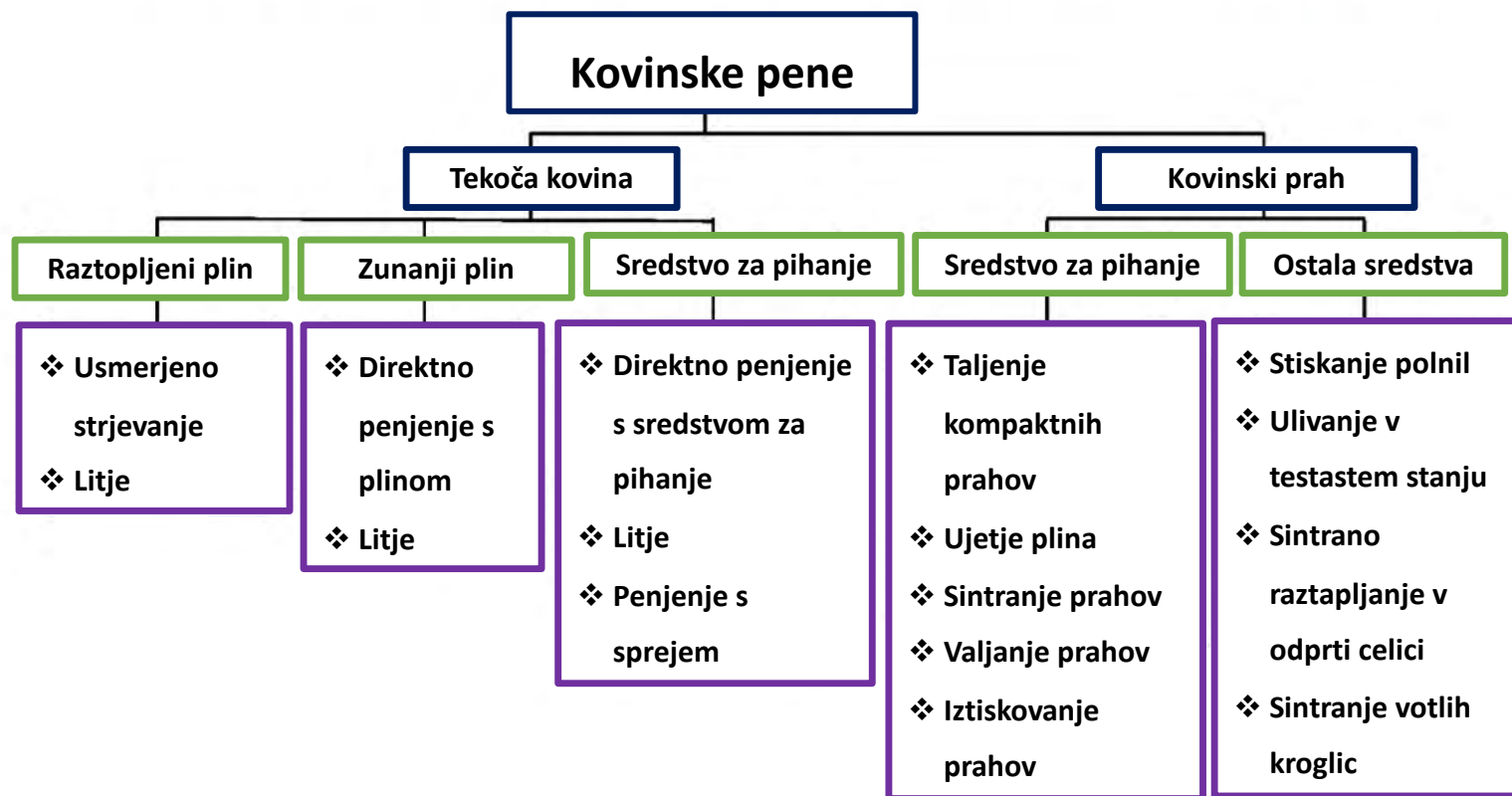




- Ogljikova vlakna
- Karbonski sendvič
- Steklena vlakna
- Aluminij
- Aluminij/jeklo/titan steber

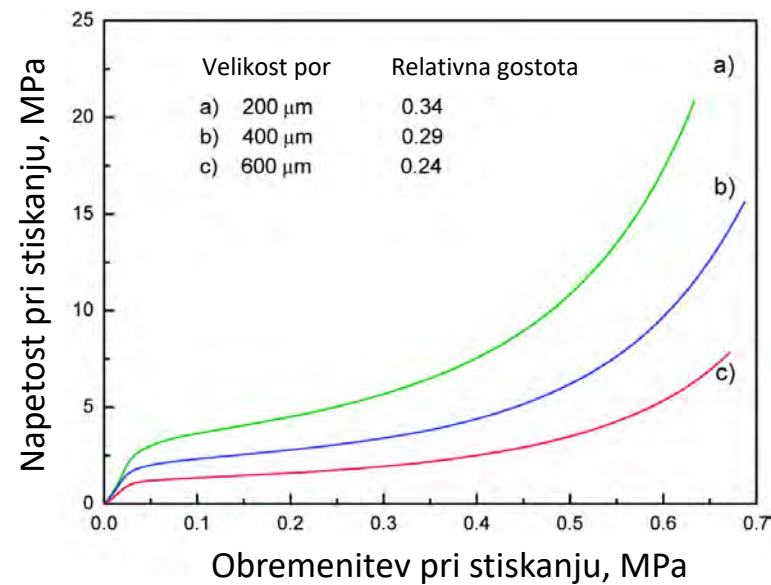
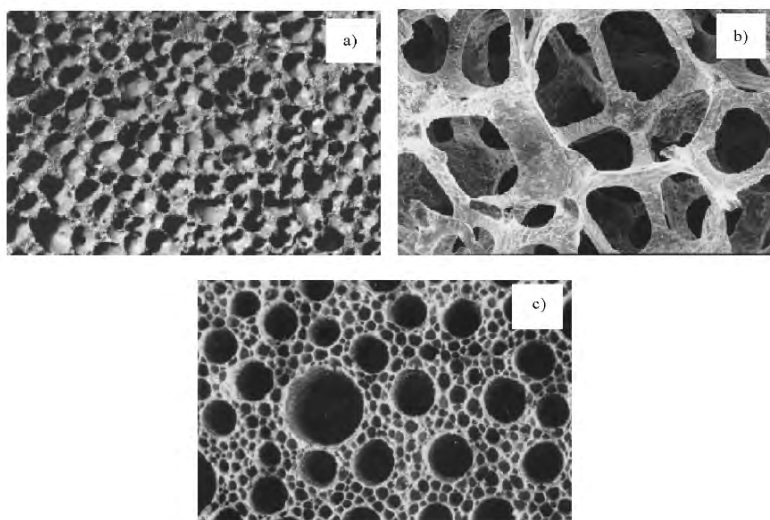
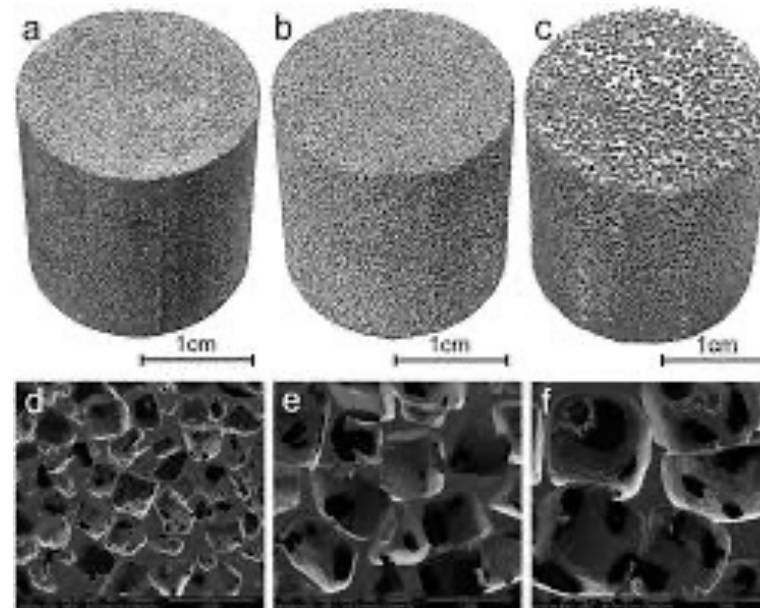
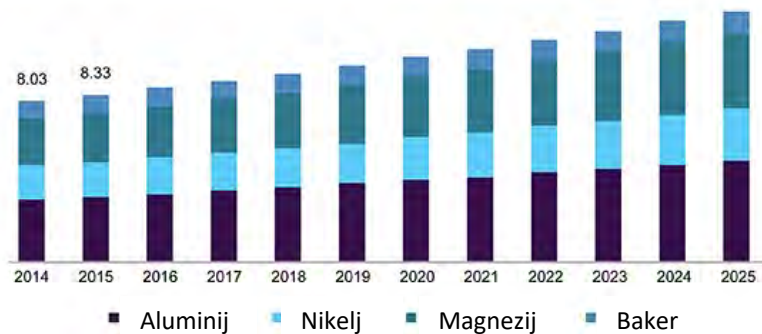


Kovinske pene

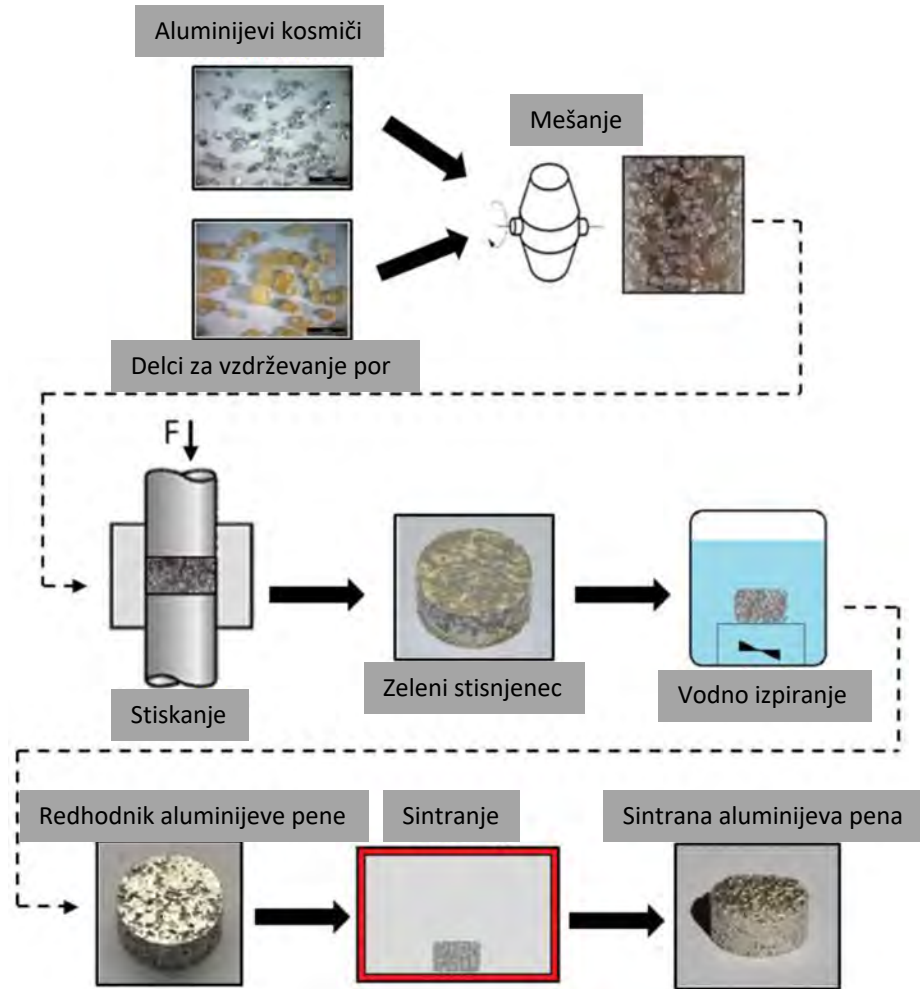


- Kovinske pene so lahko iz aluminija, jekla, bakra, titana ali niklja in njihovih zlitin.
- So nova generacija poroznih funkcionalnih materialov z edinstveno strukturo in lastnostmi.

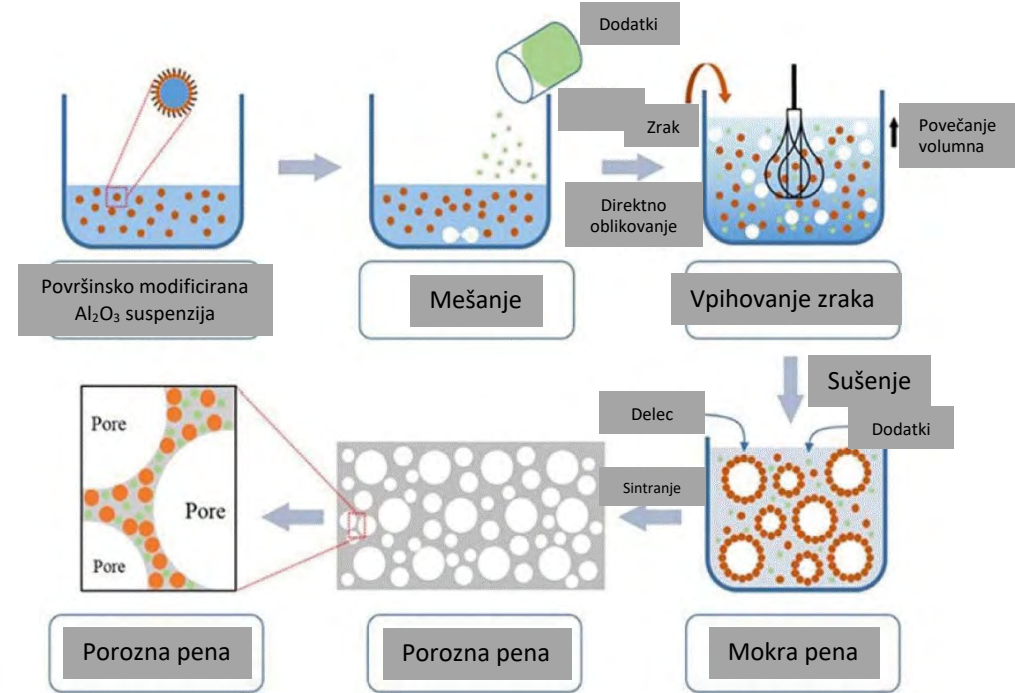
Trg kovinskih pen po vrsti materiala v ZDA, 2015 – 2025 (USD Milijoni)



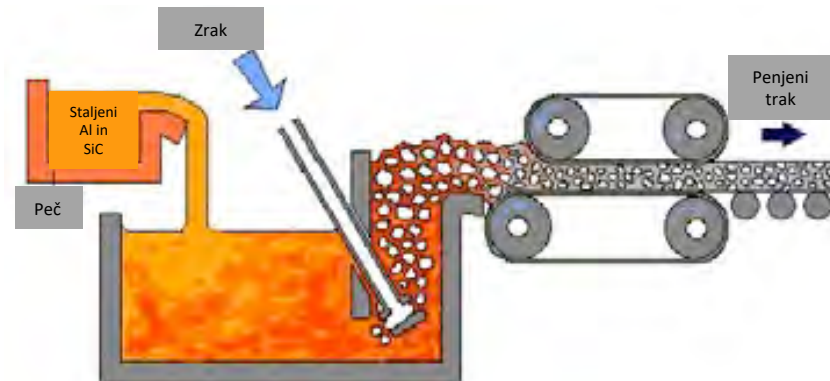
Princip proizvodnje Al pen z metalurgijo prahov



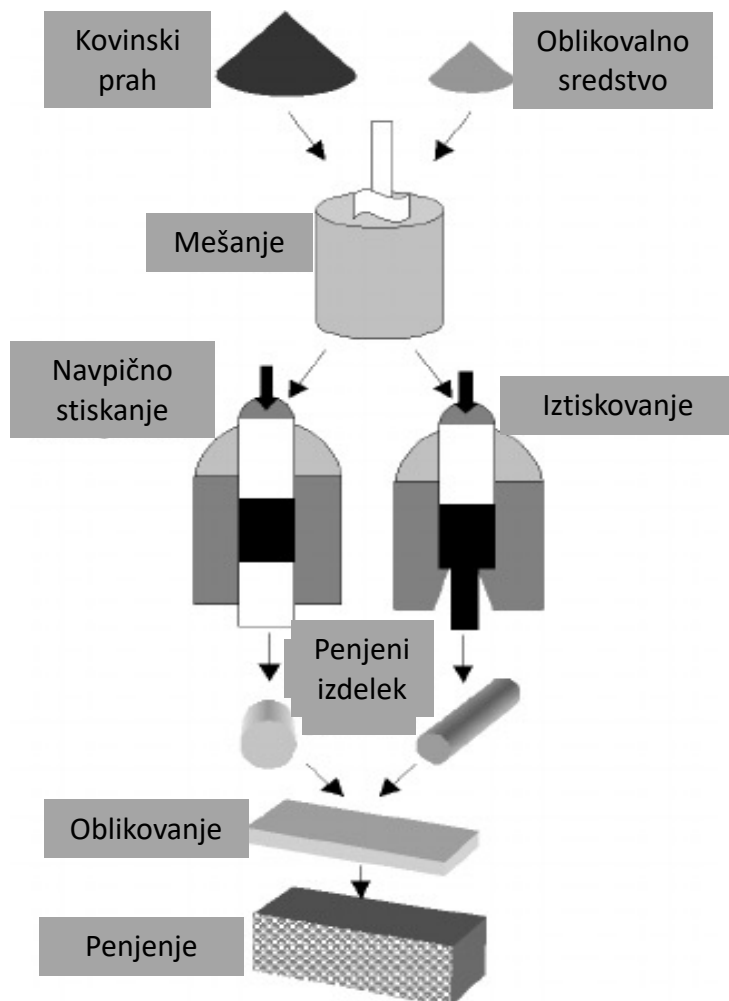
Proces direktnega penjenja



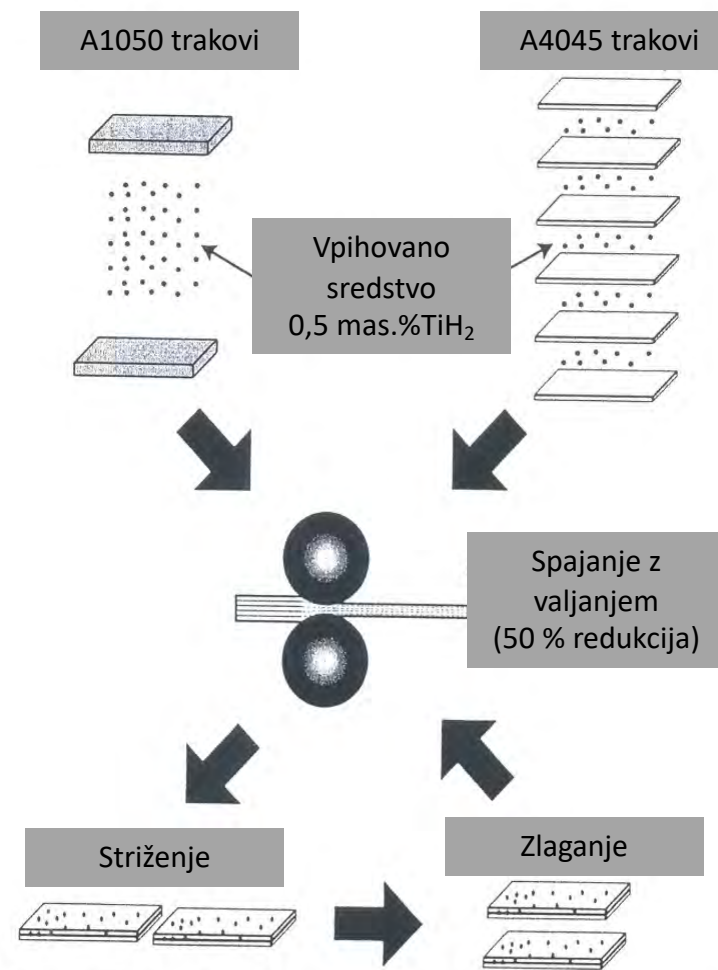
Penjenje taline z vpihavanjem plina

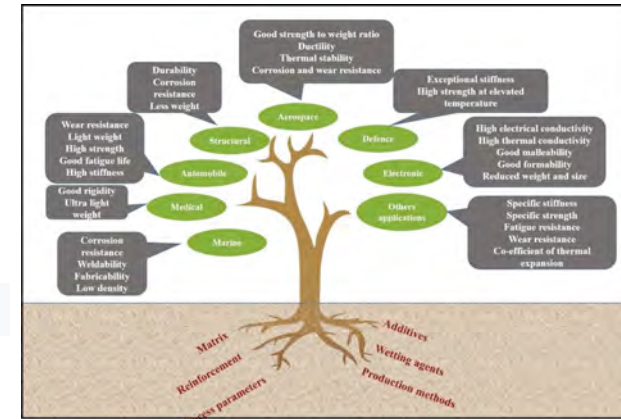
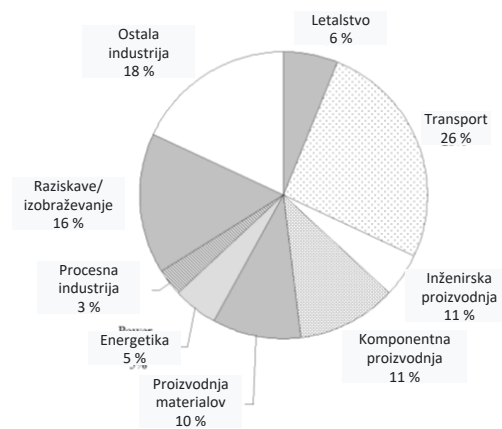


Kompaktno taljenje v prahu

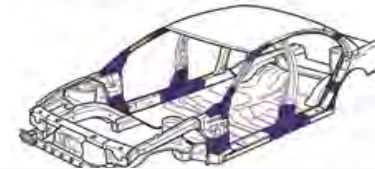


Vročevaljniški postopek ARB

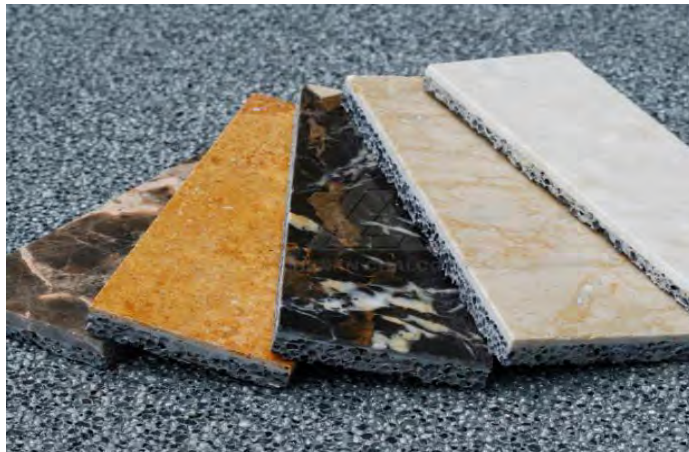




— Mesta iz penjenega materiala



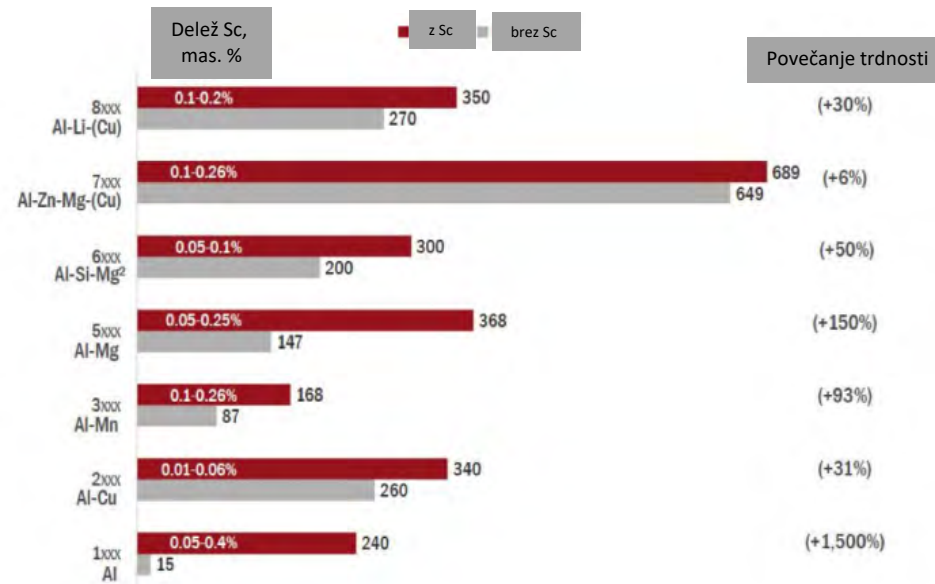
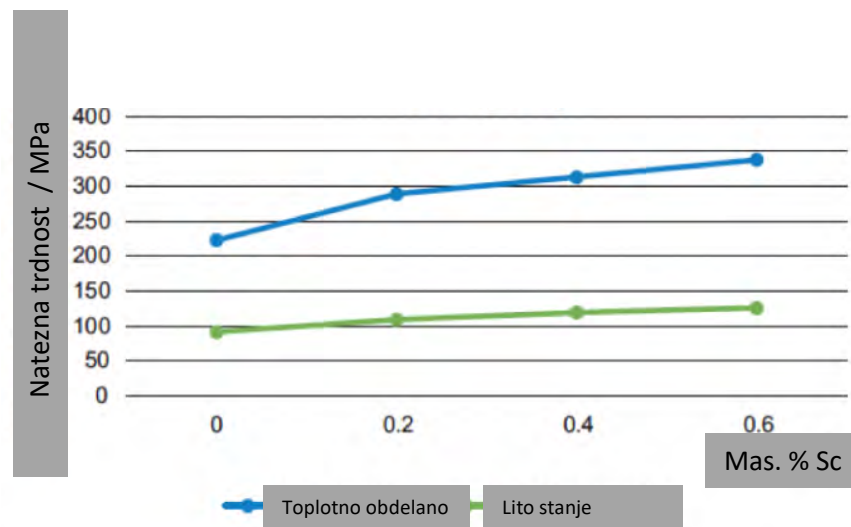
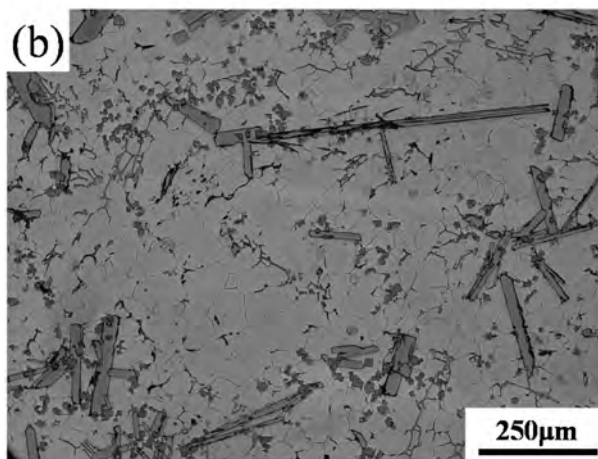
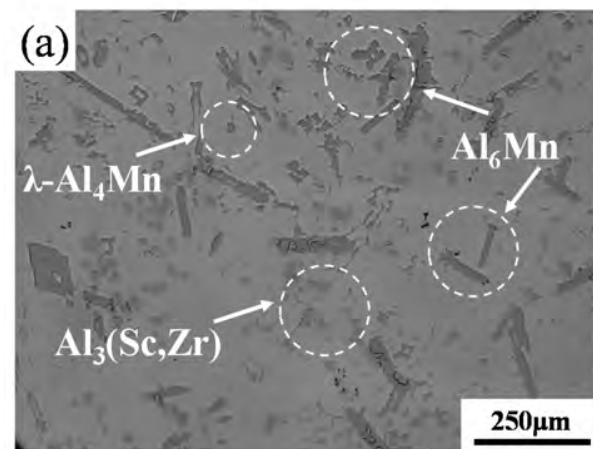
Pena se uporablja po celotnem vozilu, predvsem pa iz zadnjega dela stebra Al in seveda v sistemu sprednjega in zadnjega odbijača

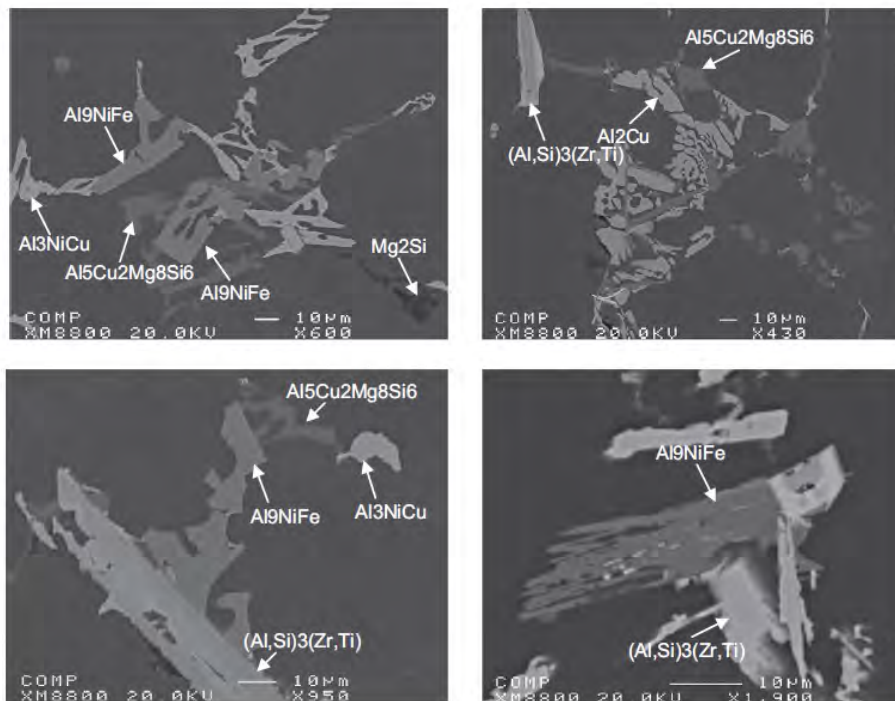


- ❖ Material za ločevanje olja in vode - filter.
- ❖ Elektromagnetni zaščitni material.
- ❖ Prah sintrane solne granule.
- ❖ Toplotnoizolacijski material.
- ❖ Streha avtomobila s sendvič ploščami.
- ❖ Zvočno izolacijski material.
- ❖ Material, ki absorbira zvok.
- ❖ Material vlakovnega prostora.

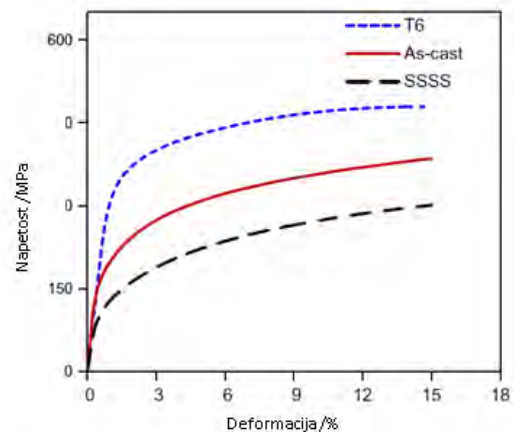
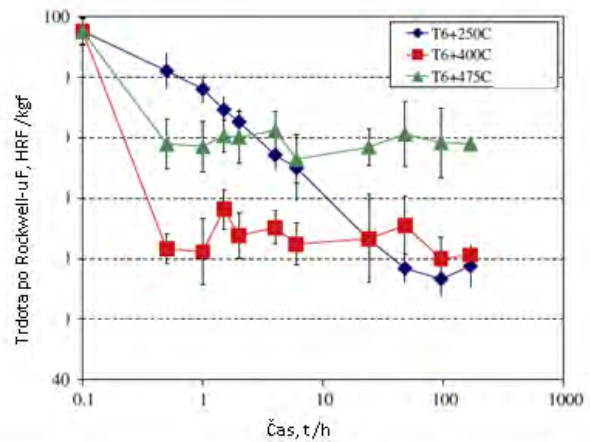
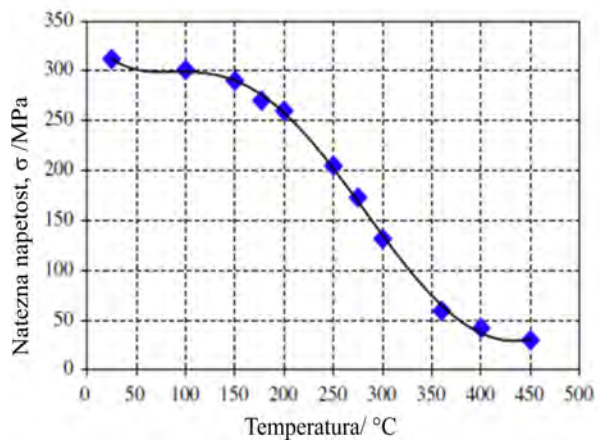
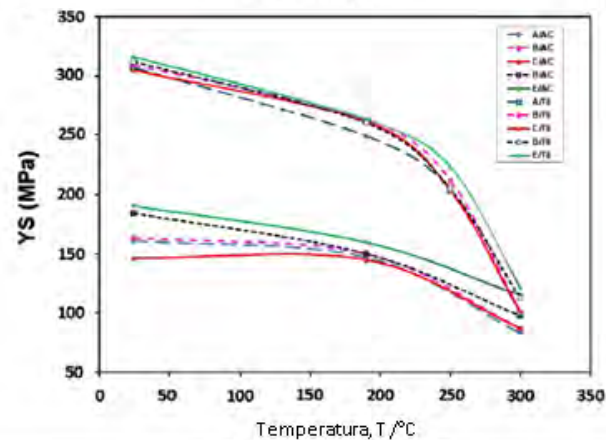
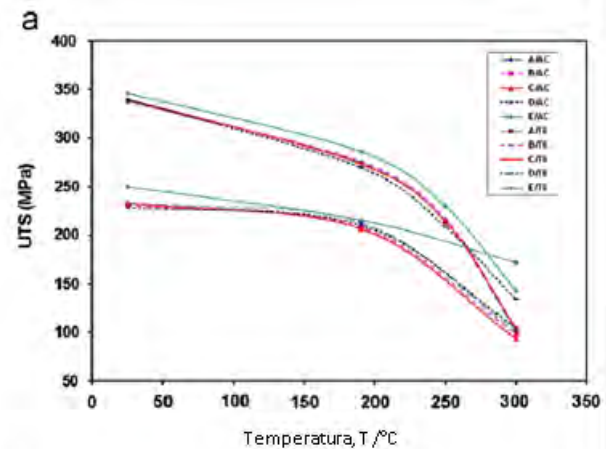


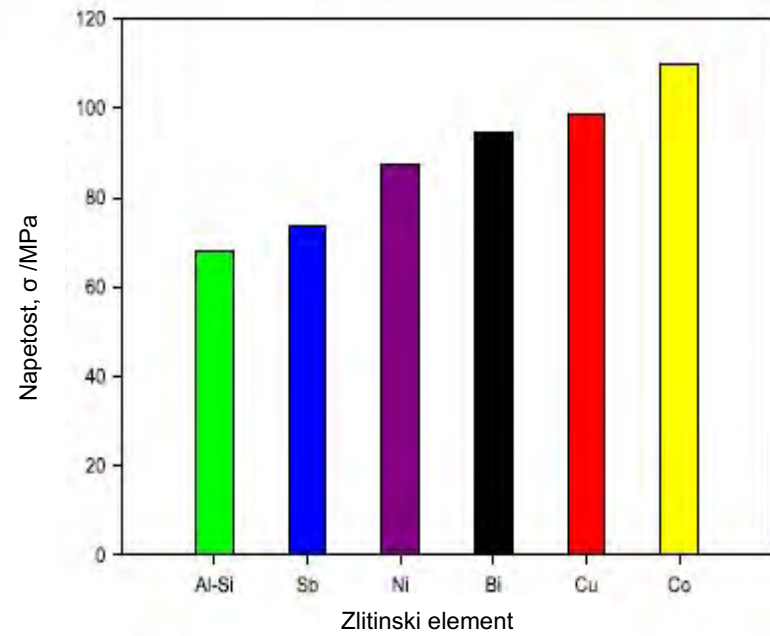
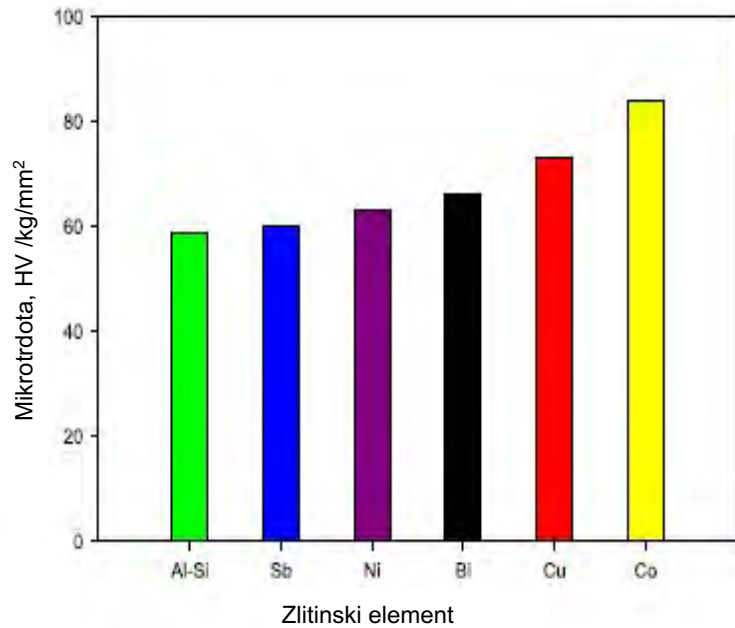
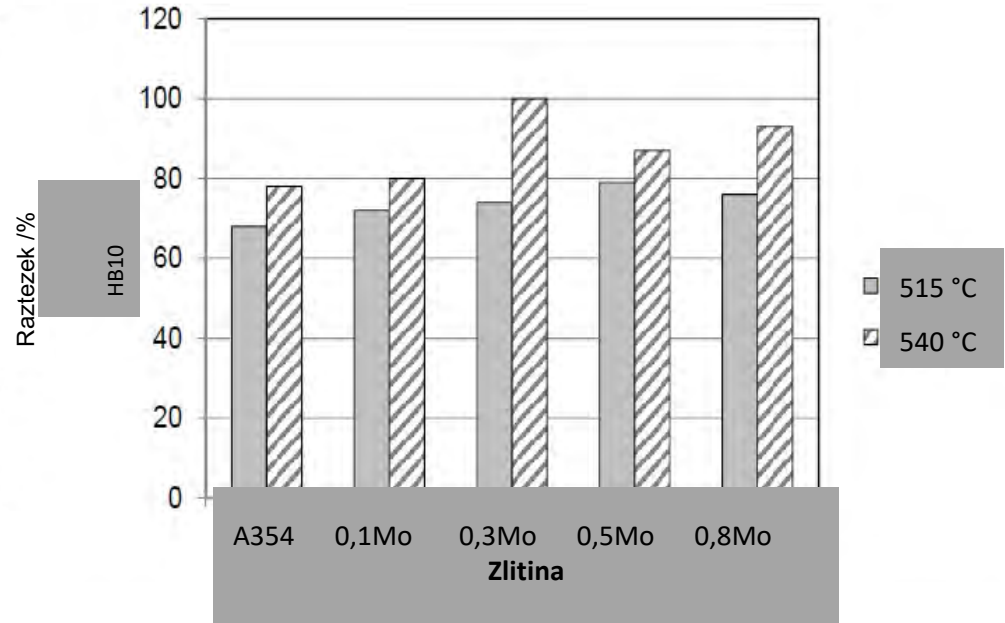
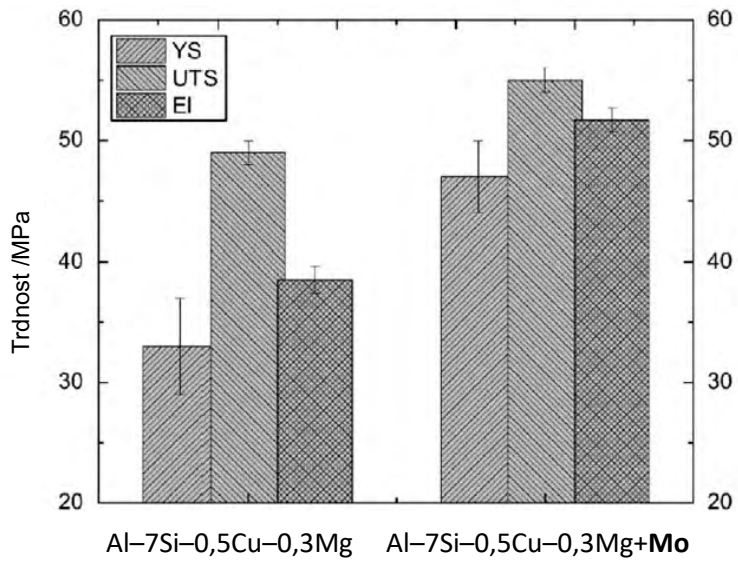
Zlitine z dodatki posebnih legirnih elementov

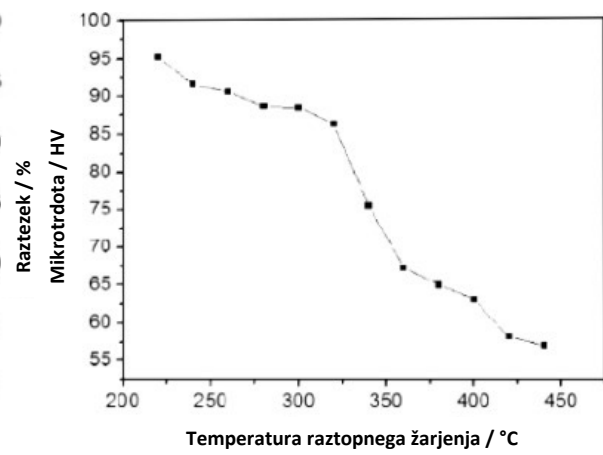
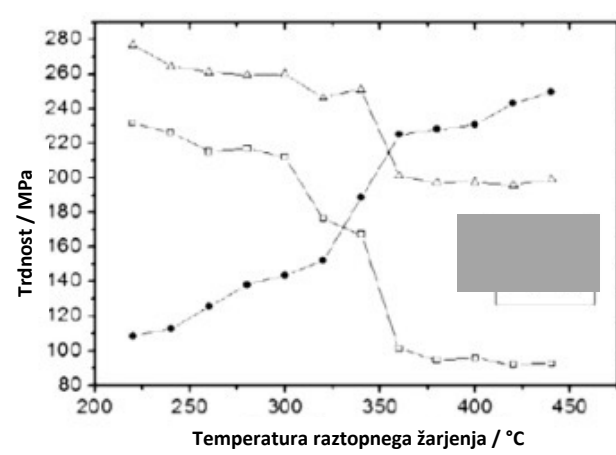
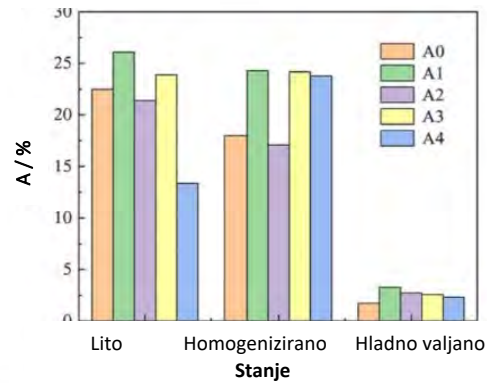
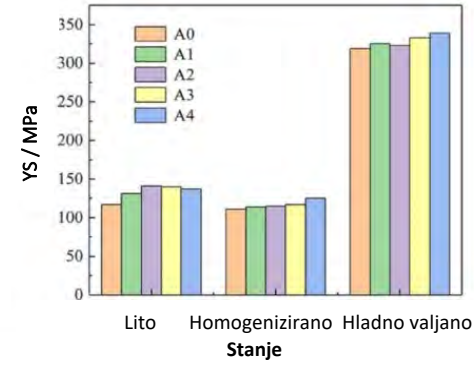
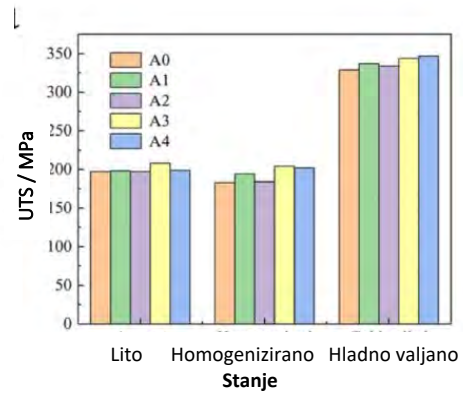
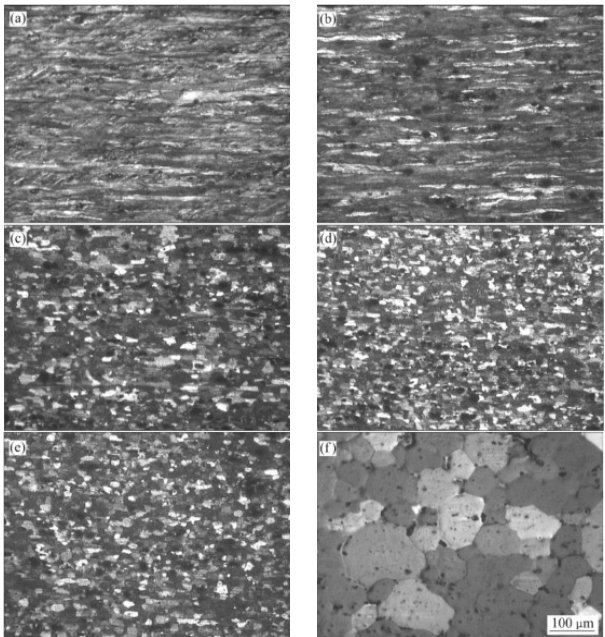
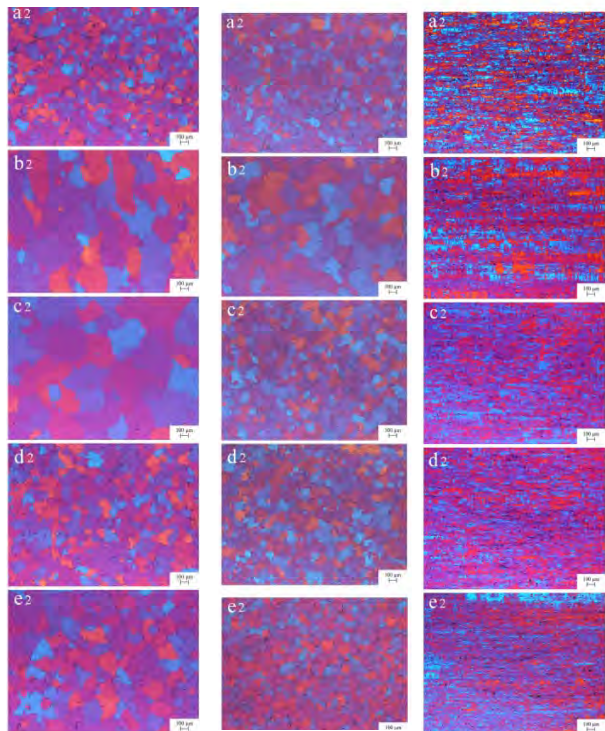




Mikrostruktura zlitine A354 + Ni, Zr, Ti







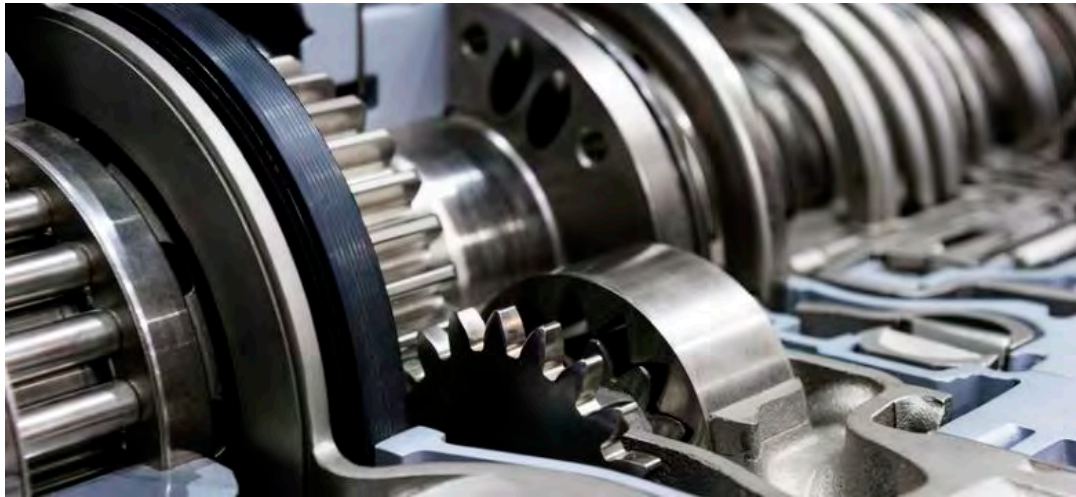
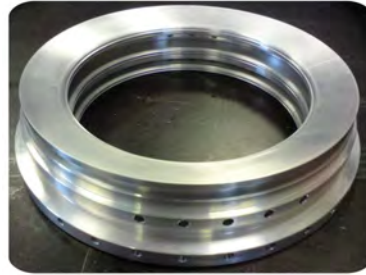


FIGURE [8] / Air-cooled head



FIGURE [9] / Al-Ce air-cooled head

Aplikacije

Razvoj Al zlitin in izdelkov

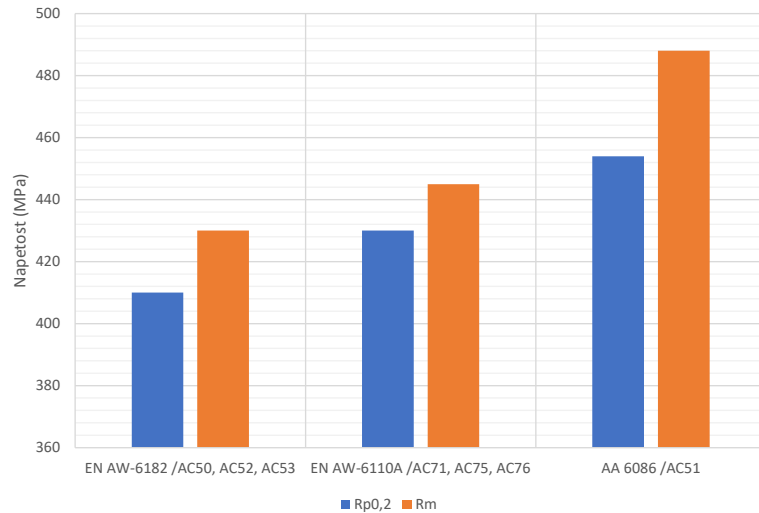
Dr. Peter Cvahte

Impol 2000, d.d.

December, 2020

Visokotrdne zlitine za kovanje

Primerjava mehanskih lastnosti

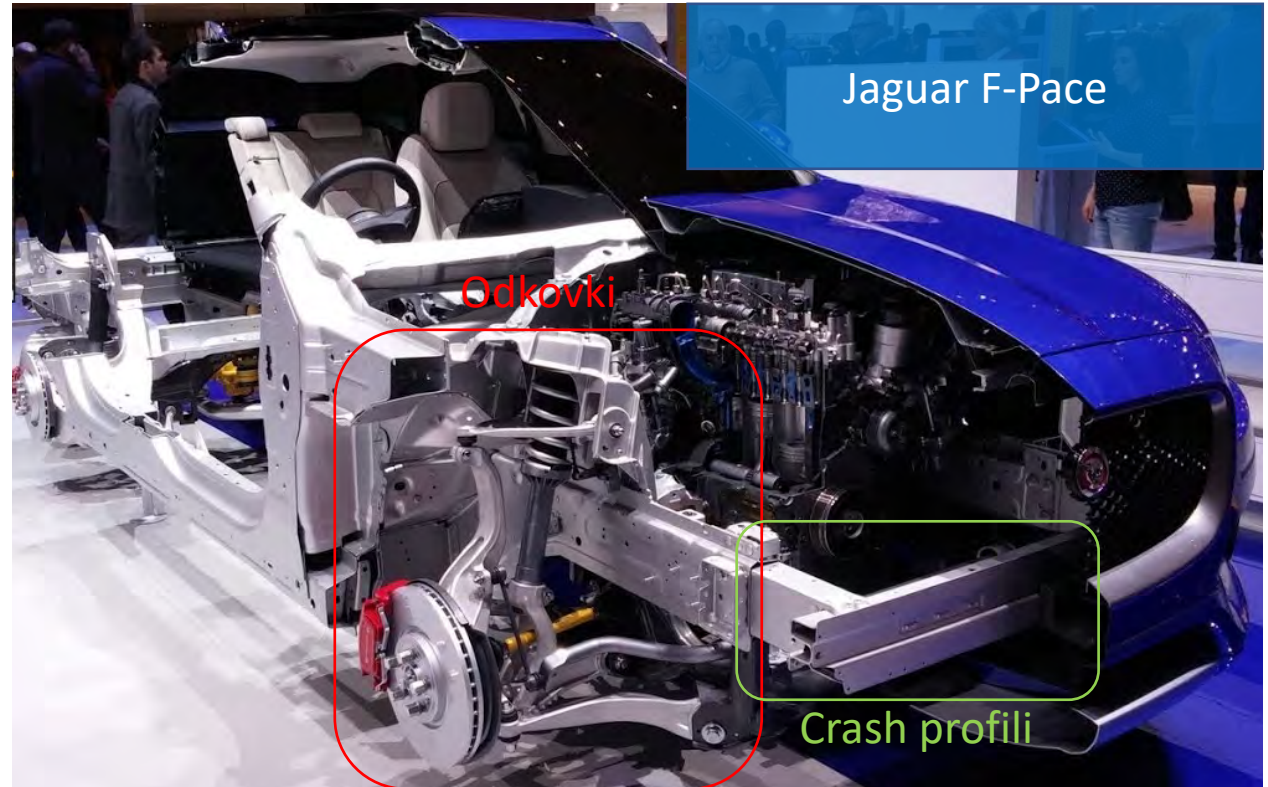
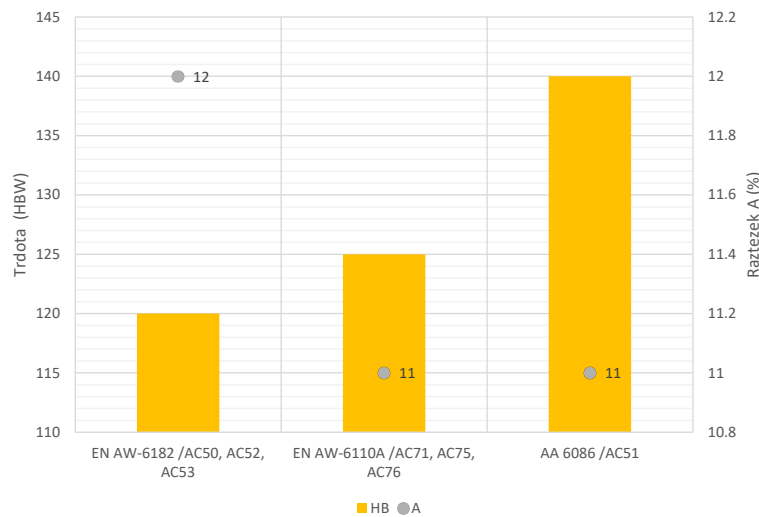


Standardne vrednosti tanje T6:

EN AW 6182 - Rm=360 MPa, Rp0,2=330 MPa, A=9 %,

EN AW6160A – Rm=410 MPa, Rp0,2=380 MPa, A=10 %, HBW=120

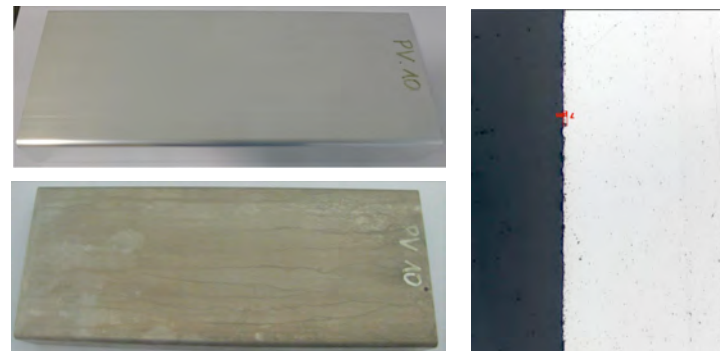
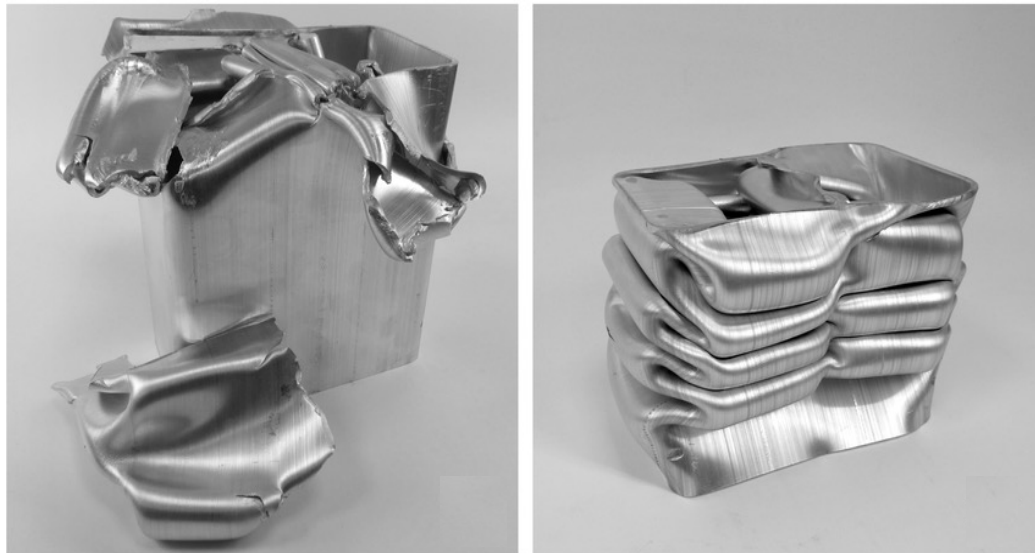
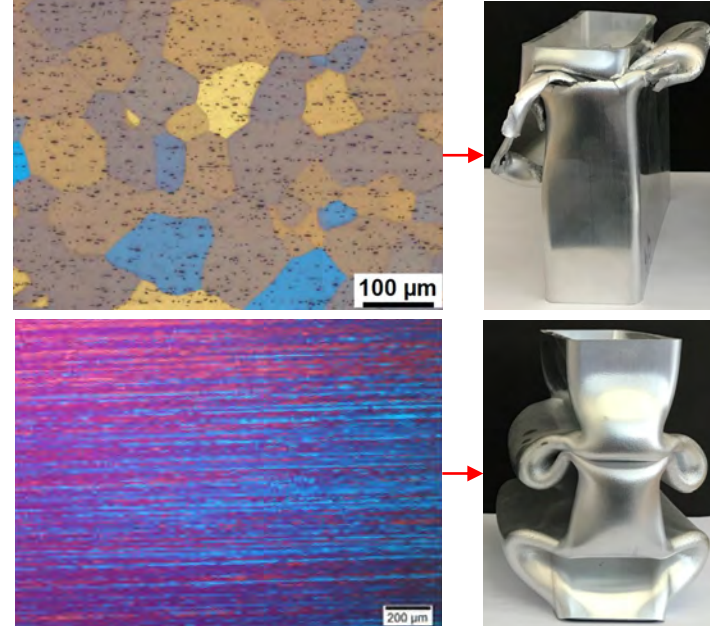
Primerjava mehanskih lastnosti



Visokotrdni profili za adsorpcijo energije

„Crash profili“

	$R_{p0,2}$ /MPa	R_m /MPa	A %
1	200-239	>215	>10
2	240-279	>260	>10
3	280-319	>300	>10
4	320-359	>340	>10
5	360 - 390	>390	>10

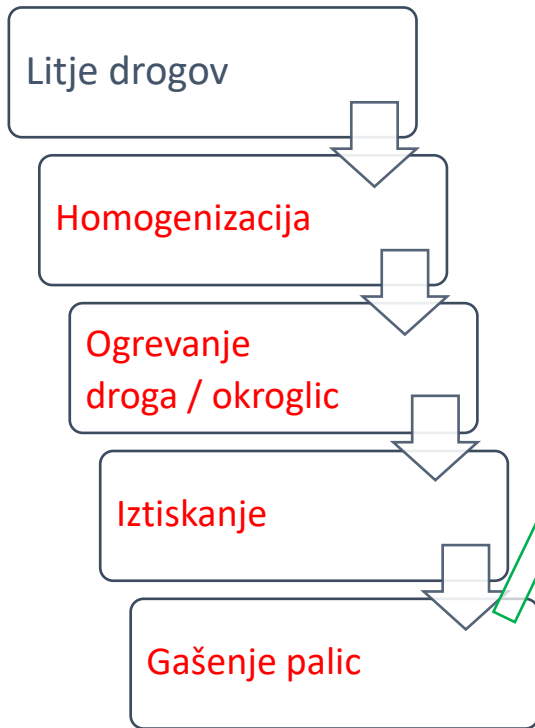


Drop Tower Test.

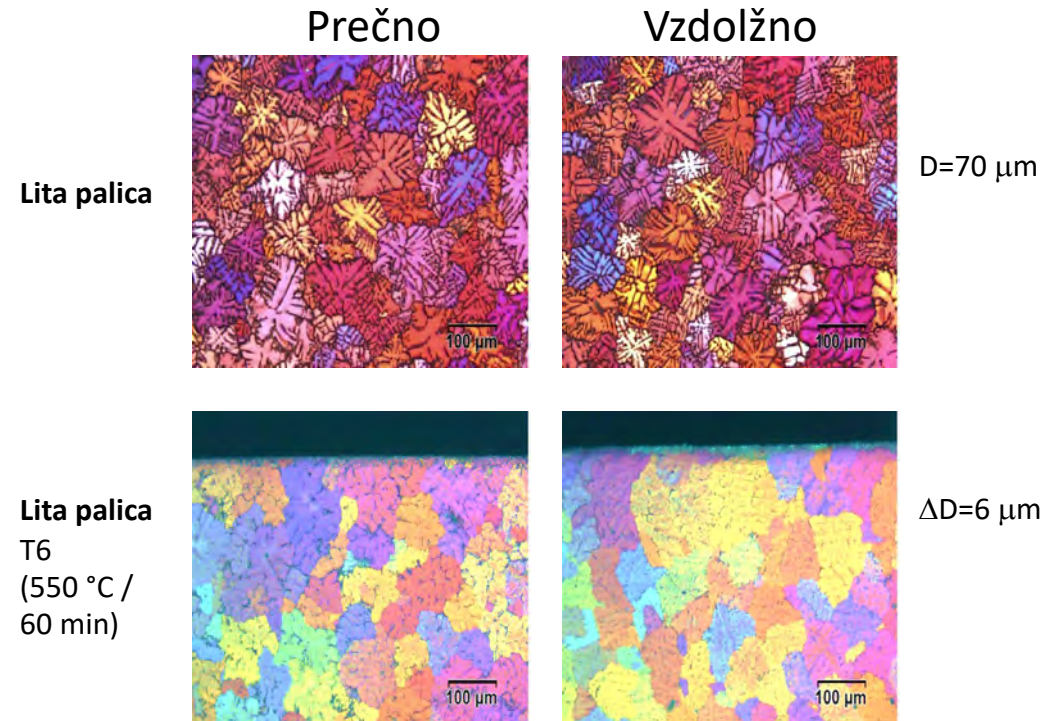
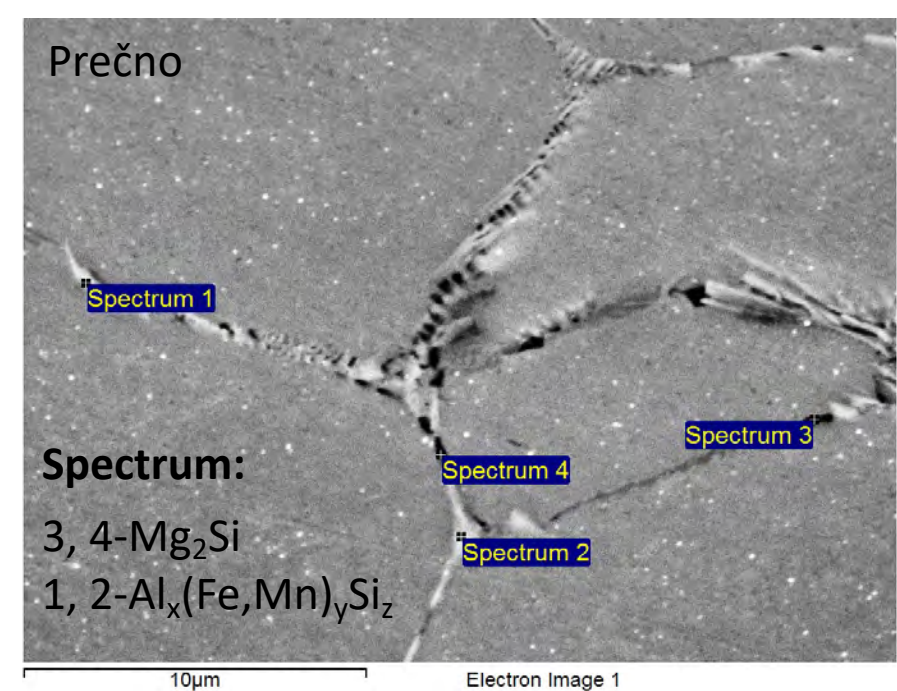
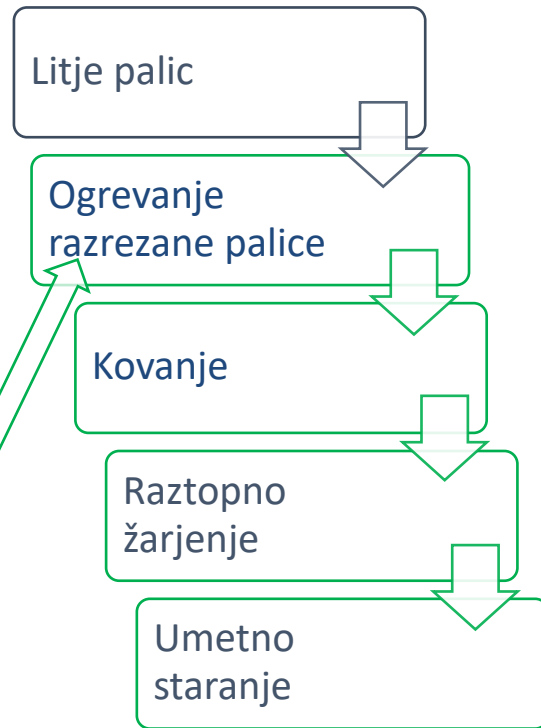


Lite palice za kovanje

- Iztisnjene palice

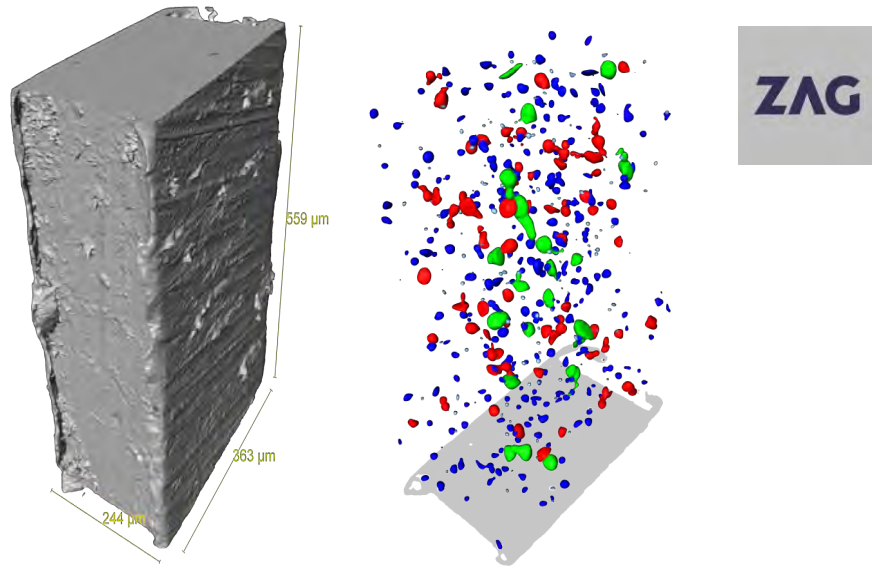


- Lite palice



Zlitine za obdelavo na avtomatih brez Pb

Tomografska analiza



Povprečna velikost vključka

- svetlo modra od 0 do 0,75, 31 vključkov, 0,103 % celotne prostornine,
- temno modra od 0,75 do 0,85, 78 vključkov, 0,212 % celotne prostornine,
- rdeča od 0,85 do 0,93, 112 vključkov, 0,198 % celotne prostornine,
- zelena od 0,93+, 400 vključkov, 0,324 % celotne prostornine

Grobo struženje



Fino struženje



Zlitine:

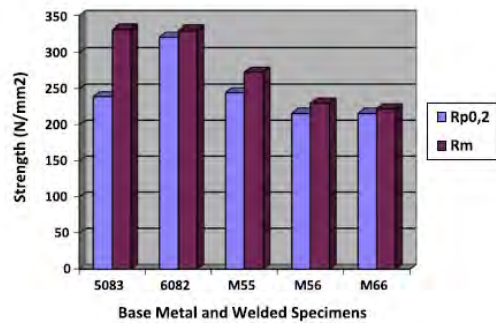
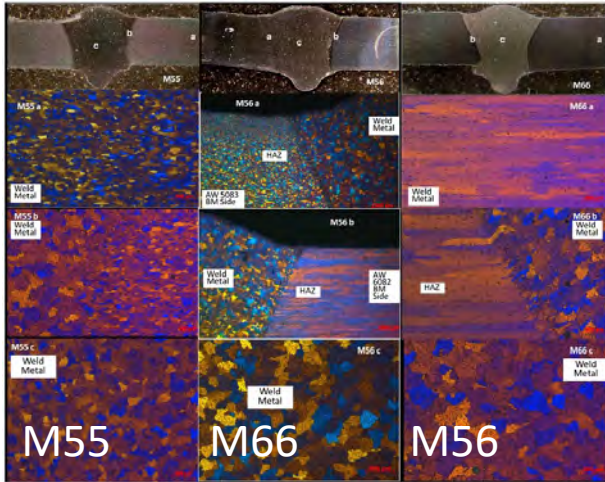
EN AW 2011,

AA 2007

AA 6023

EN AW 6026

CMT (Cold Metal Transfer)



Base Metal and Welded Specimens	Rp0,2	Rm
5083	239	331
6082	321	330
M55	244.6	272.3
M56	216	230
M66	216	222

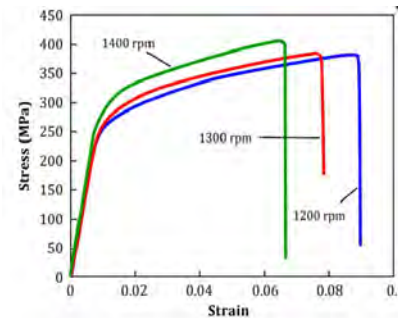
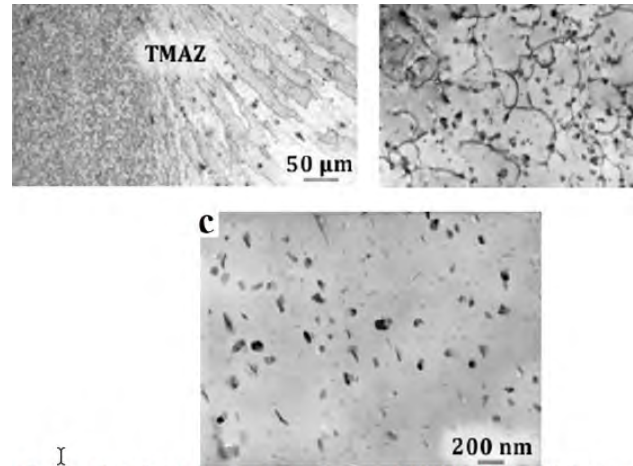
Debelina plošč 6mm.

5083 / 5083-H111 (M55, M66)

5083-H111 / 6082-T651 (M56)

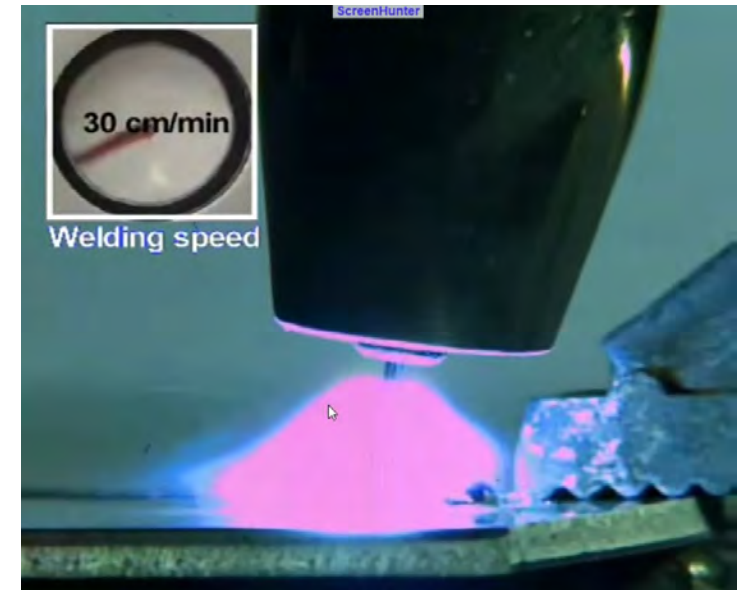
Mechanical and microstructural properties of robotic Cold Metal Transfer (CMT) welded 5083-H111 and 6082-T651 aluminum alloys; Beytullah Gungor, Erdinc Kaluc, Emel Taban, Aydin SIK; Materials and Design, 2013

FSW (friction stir welding)



Zlitina EN AW 7075

A review on friction stir welding, parameters, microstructure, mechanical properties, post weld heat treatment and defects; Material Science & Engineering International Journal, Seyed Mahmoud Bayazid, Mahmud Mohamed Heddad, Ibrahim Cayiroglu; 2018



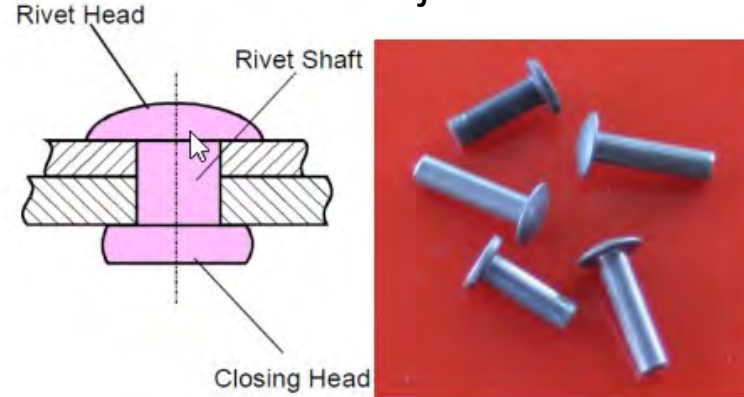
FSW



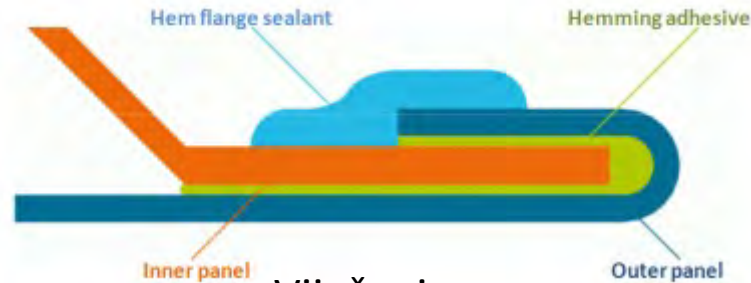
Postopki spajanja

- Kovičenje
- Robljenje (hemming)
- Vijačenje
- Vtiskovanje (clinching)
- Mehansko spajanje
- Leplenje
-

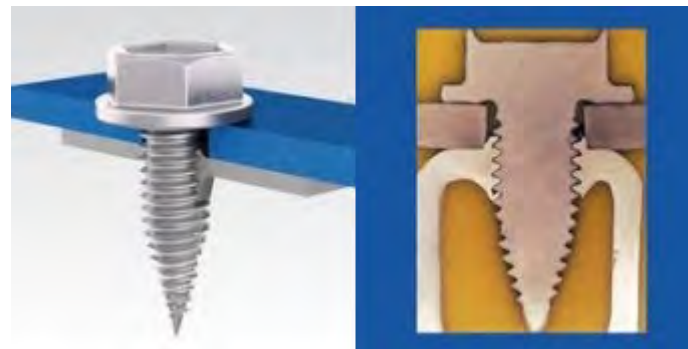
Kovičenje



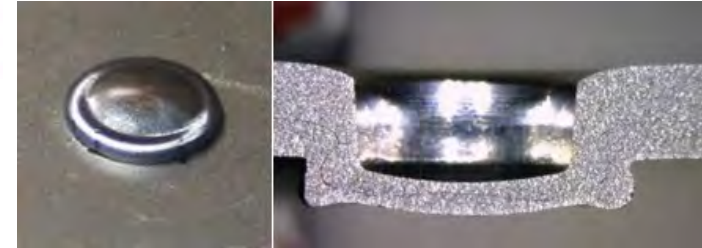
Hemming



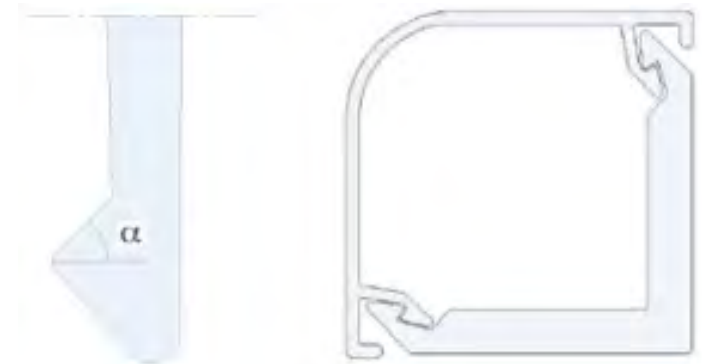
Vijačenje



Clinching



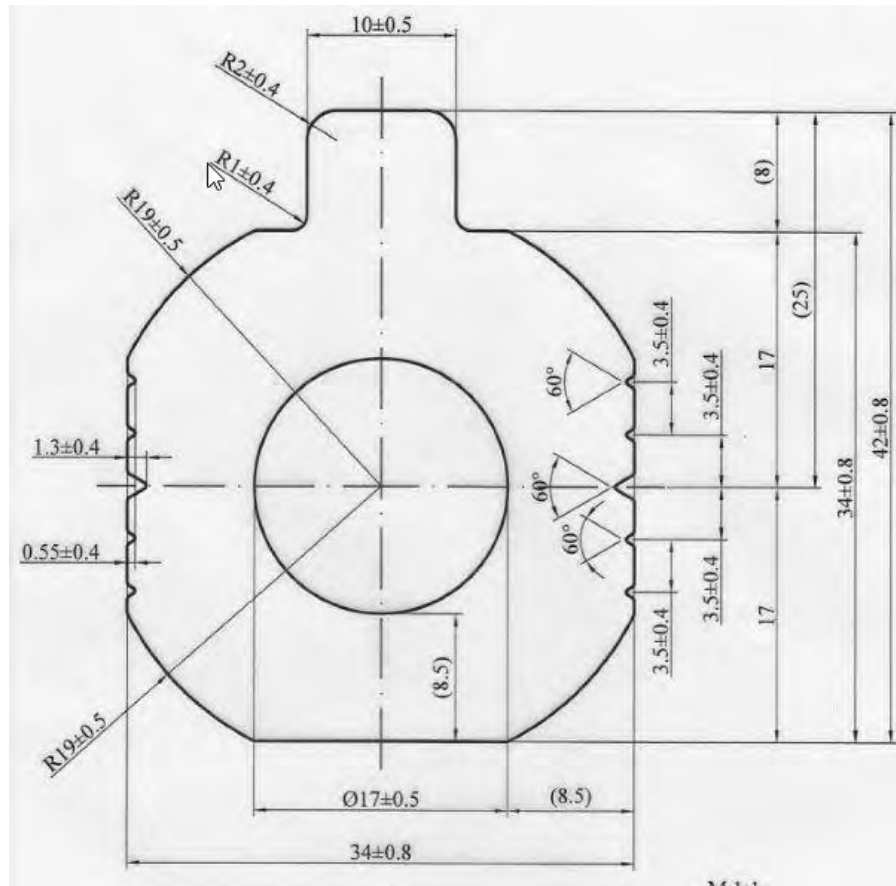
Mehansko spajanje



3D oblikovanje profilov

- <https://youtu.be/uo6WMIoK7Jo>
- <https://youtu.be/4GfKnD61BGA>

Iztiskanje profilov skupine 7xxx



Predpisane meje:

- $R_{p0,2}$ (MPa): 290

- R_m (MPa): 350

- A_5 (MPa): 10

-HB: /

Stanje	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_5 (MPa)	HB
T1	287	410	12,6	89,7
135°C/12h	384	436	15,6	121,3
135°C/16h	403	450	12,3	121
150°C/8h	374	425	15,0	113,4

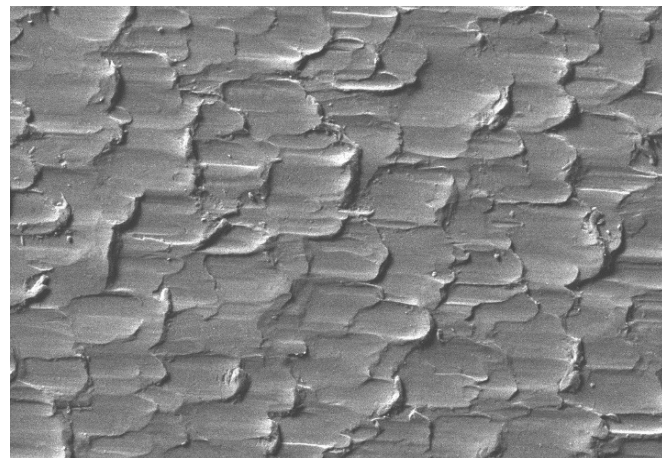
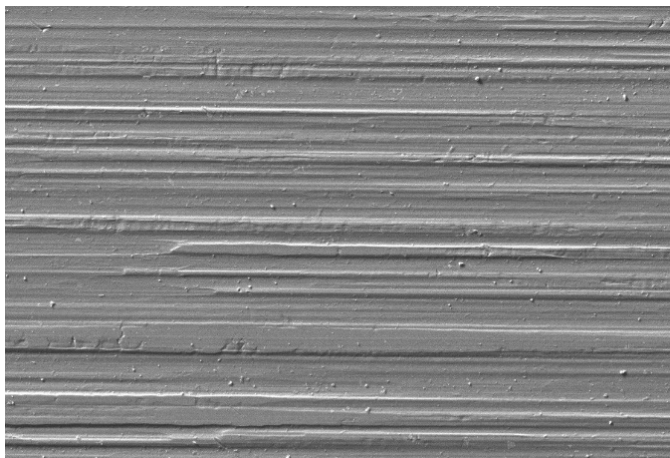
Pločevina za avtomobilsko industrijo

EDT (Electric Discharge Texturing)

MF - »mill finish« odvaljana
površina

EDT- teksturirana površina

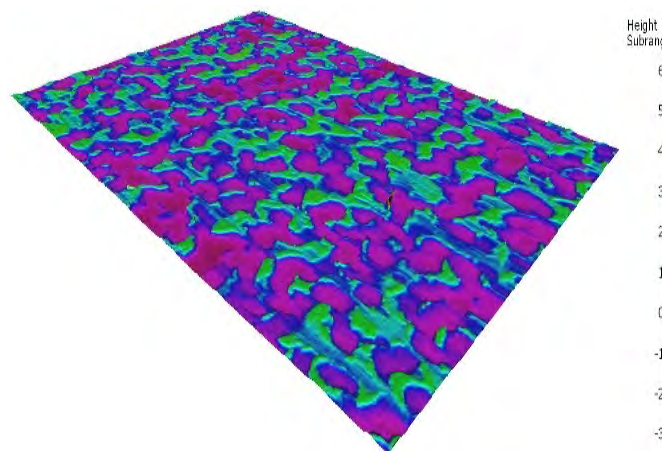
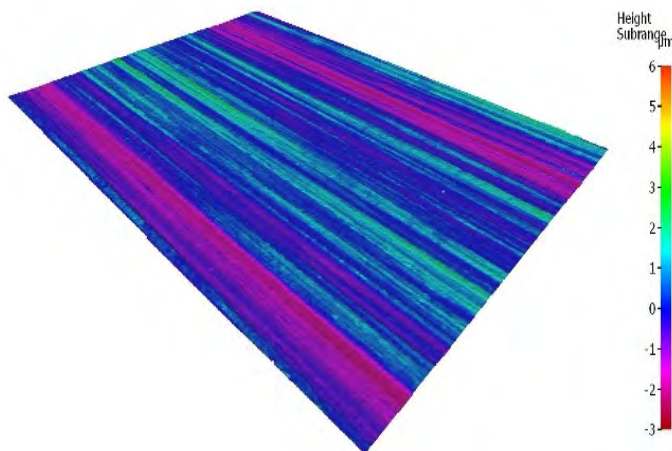
Vrstična
elektronska
mikroskopija
(SEM)



Lastnosti

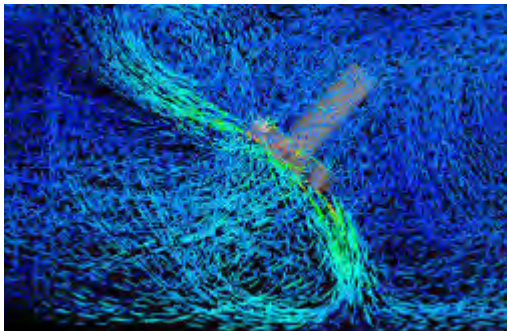
- Brezhibna površina
- Odlične globokovlečne lastnosti
- Izotropija lastnosti
- Ustrezne mehanske lastnosti
- Korozijska obstojnost

3D - optični
mikroskop za
merjenje forme
in hrapavosti
Alicona
InfiniteFocus

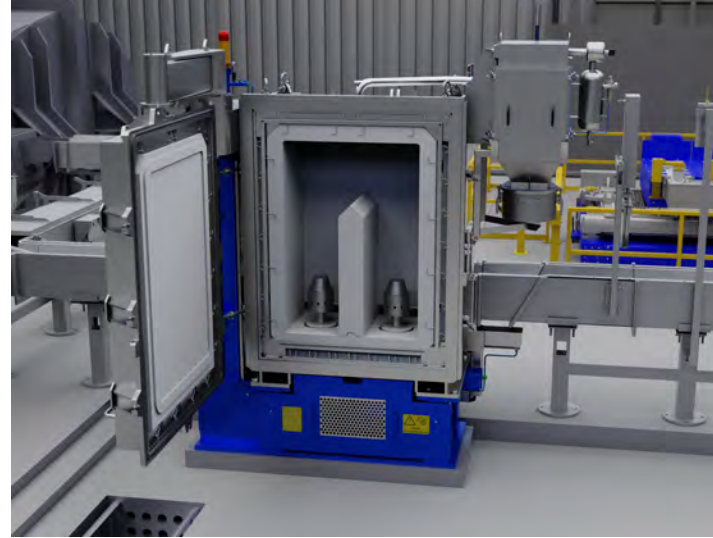


Povečan delež sekundarne surovine in postopki rafinacije

RFI - Rotary Flux Injection



Hycast I-60SIR – Siphon Inert Reactor



Hertwich multi-chamber melting furnace



Kognitivno računalništvo in strojno učenje

OptiAI

Big Data priprava podatkov in napovedni algoritmi

BigData; VSADA, KEMIJA, MEHANSKE, LIVARNA, CEVARNA, VALJARNA, NPV



Ekosistem

Pilotni projekt - Impol Watson Metallurgy

impol^{RS}

IBM Watson

Alcad

BIG DATA

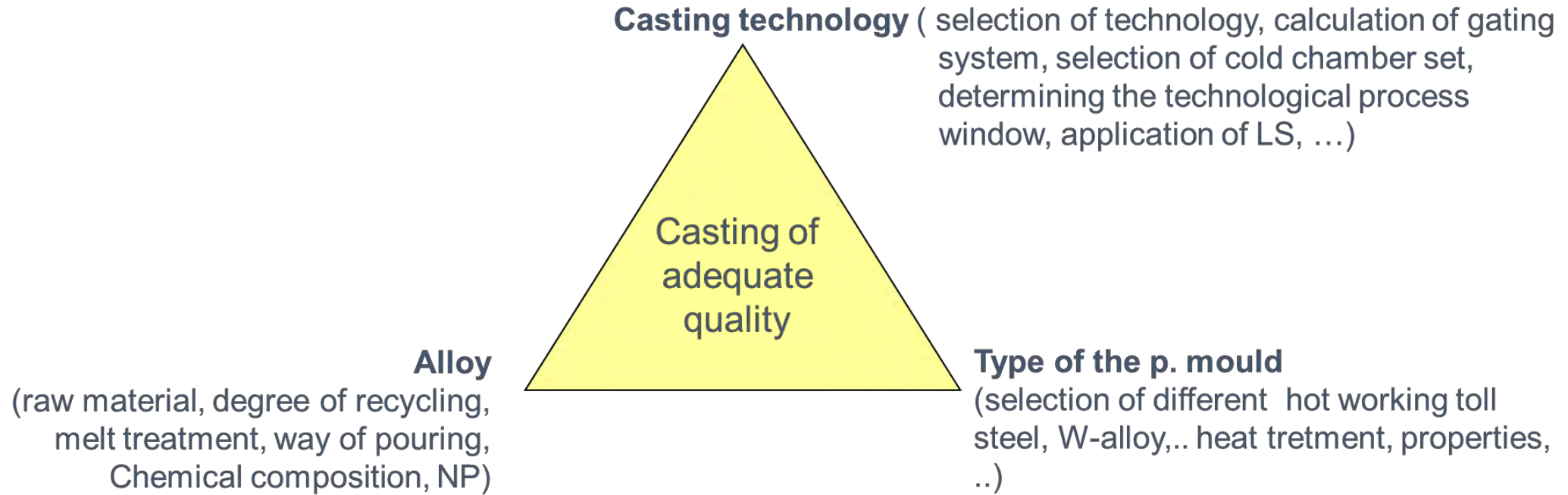
KNOWLEDGE GRAPH

Možni projekti

- Predstavljeni projekti (strani 2-11).
- Razvoj komponent za električne avtomobile.
- Izgradnja novega IS sistema v livarni (digitalni zapis tehnologije, posodobitev proizvodnega operacijskega sistema, vpeljava planiranja in terminiranja) (za vse tri lokacije).
- Razvoj informacijskega sistema za valjarništvo (digitalni zapis tehnologije, posodobitev proizvodnega operacijskega sistema, vpeljava planiranja in terminiranja) (za vse tri lokacije).
- Razvoj IS za stiskalništvo (digitalni zapis tehnologije, posodobitev proizvodnega operacijskega sistema, vpeljava planiranja in terminiranja) (za vse tri lokacije).
- BI (business intelligence) za procese (korporacijski/divizijski/procesni).
- Širitev proizvodnega procesa z novo iztiskalnico, vlečno linijo, kontrolo palic in pakirno linijo. Zagotavljanje digitalne sledljivosti.
- Projekt vertikalnega litja palic/površinska obdelava, UZ kontrola, vzorčenje, razrez in sledljivost.
- Širitev modela IWM in širitev umetne inteligence (AI) na najpomembnejše procese (ML strojno učenje).
- Povezava različnih nadzornih sistemov ENIS, ProCOSY (zajemanje procesnih parametrov iz iztiskalnic), livarniškega IS v platformo za analitiko procesnih parametrov.
- Vpeljava sledljivosti surovinske oskrbe z vidika ASI.
- Izgradnja sledljivosti procesne izdelave izdelkov s tehnologijo blockchain.

Tlačno litje Al-zlitin

Mitja Petrič

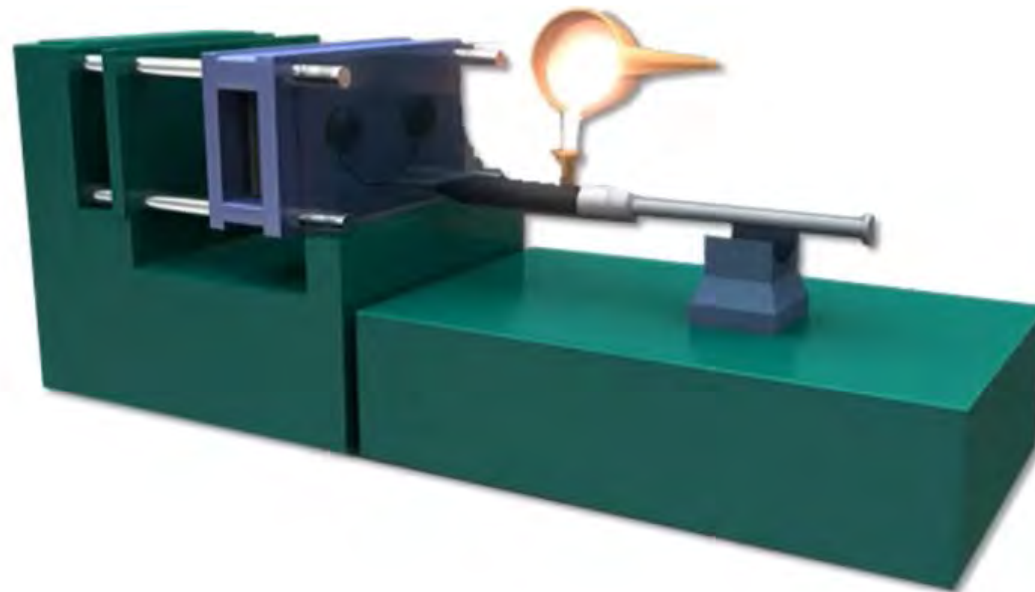


- Visoka produktivnost
- Nizka cena izdelka
- Visoka kakovost izdelka

Tlačno litje s hladnokomornim strojem



COLD CHAMBER DIE CASTING

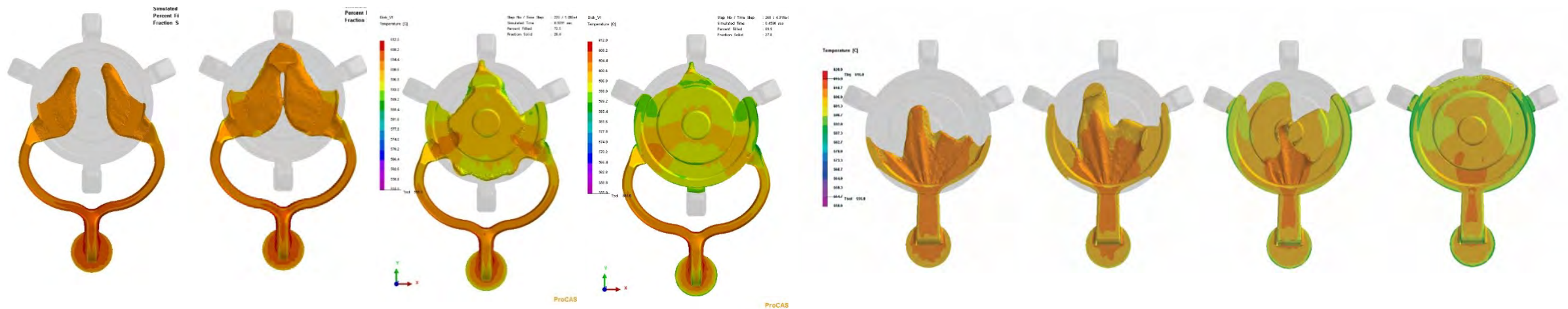


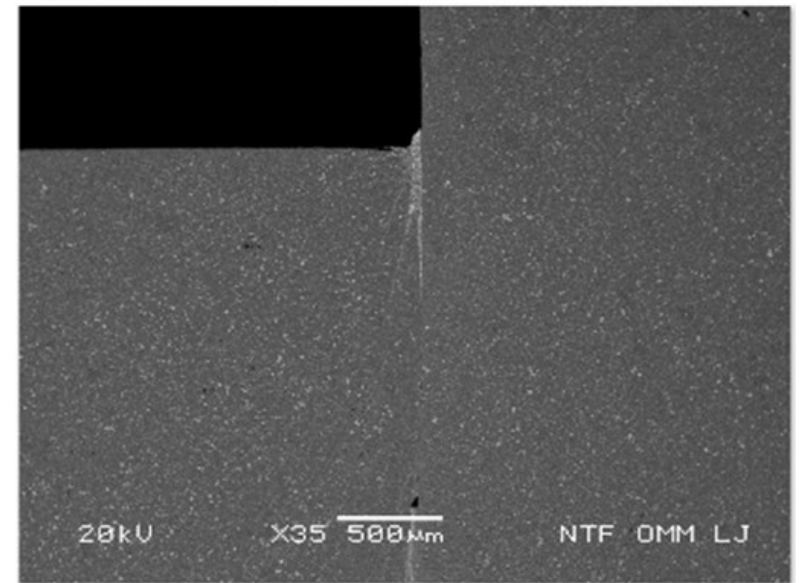
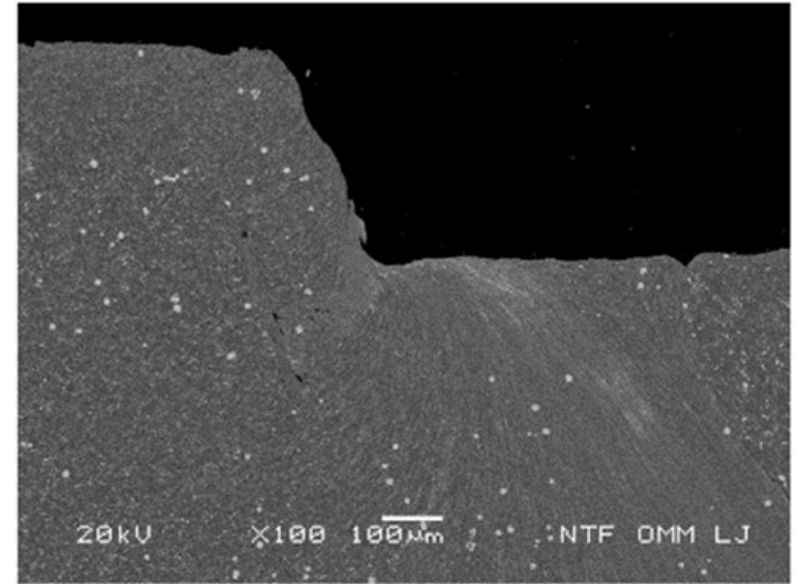
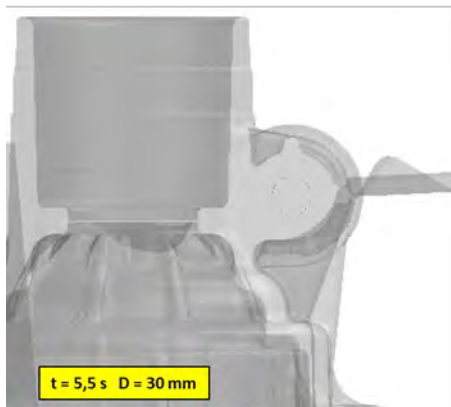
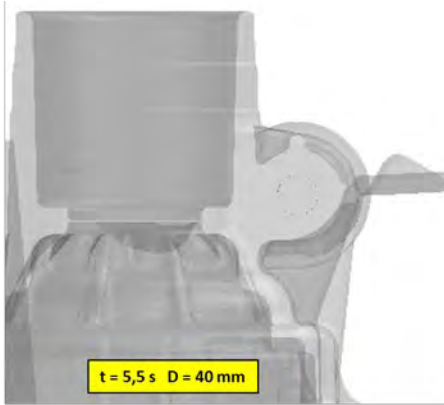
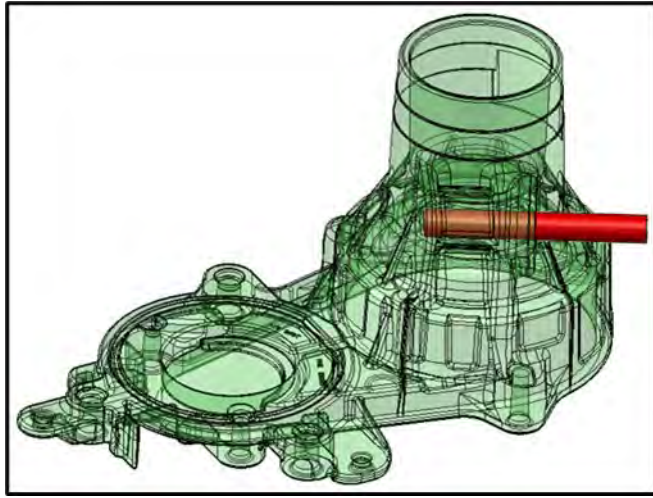
Težave pri tlačnem litju

- Zagotavljanje ustreznega poteka polnjenja
- Zagotavljanje usmerjenega strjevanja in napajanja
- Odvajanje toplote iz orodja
- Življenjska doba orodij

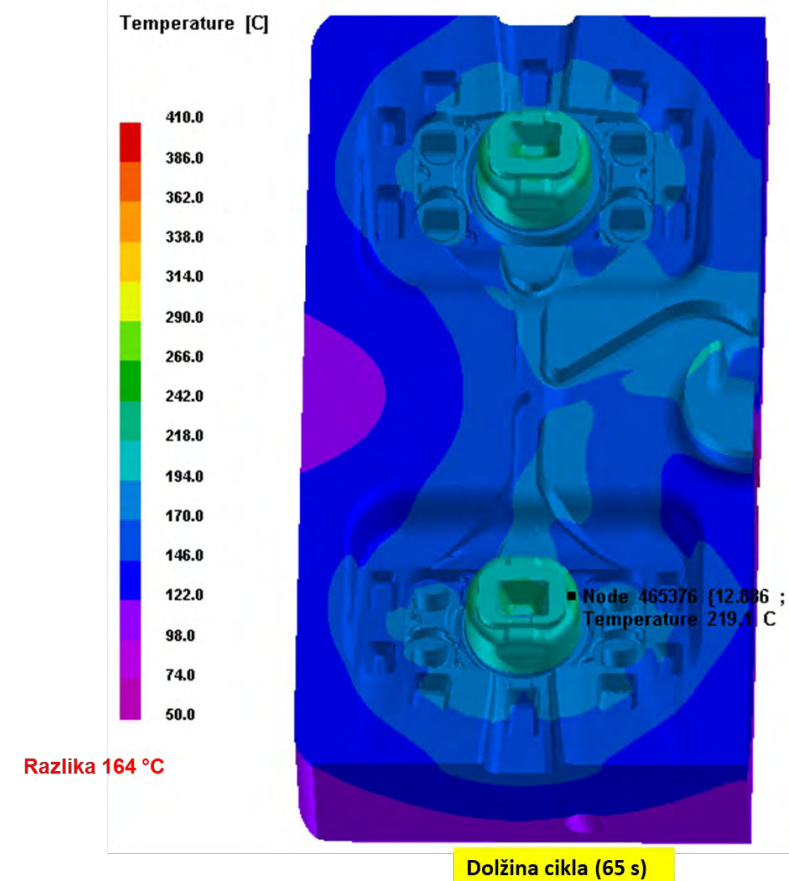
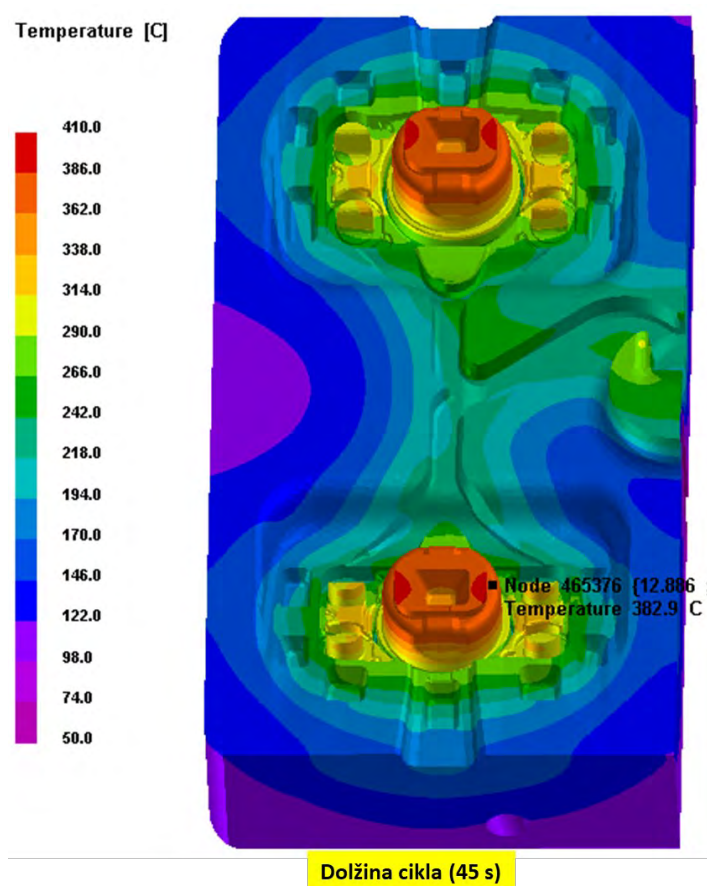
Novosti in trendi

- Tehnologije delno strjene taline (semi-solid state)
 - Thixocasting – dvostopenjska tehnologija
 - Rheocasting
 - Pin squeezing





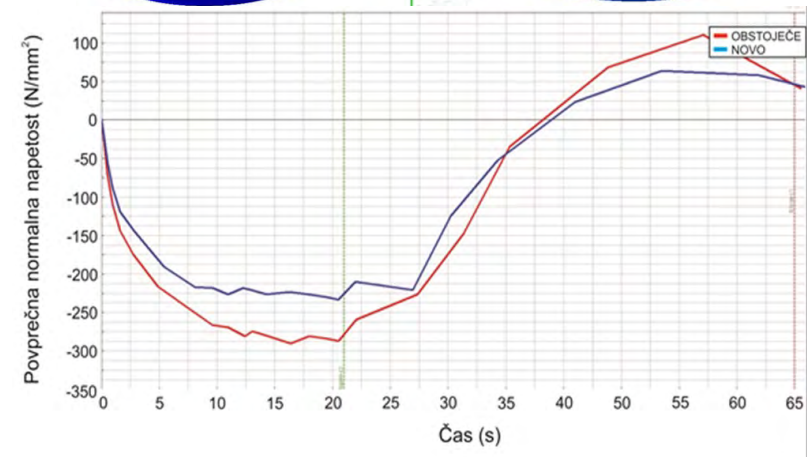
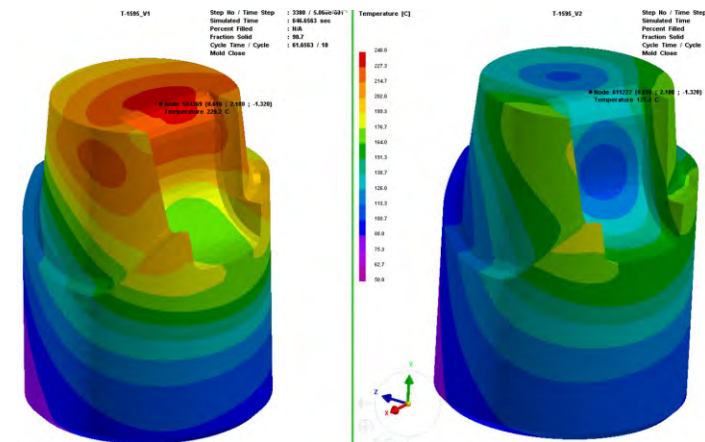
- Vakuumski sistemi – boljše zapolnjevanje livne votline, manj ujetega zraka, manj oksidnih kož in poroznosti
- Mazanje orodij – mikro mazanje – krajši cikli, manjše toplotno utrujanje orodij

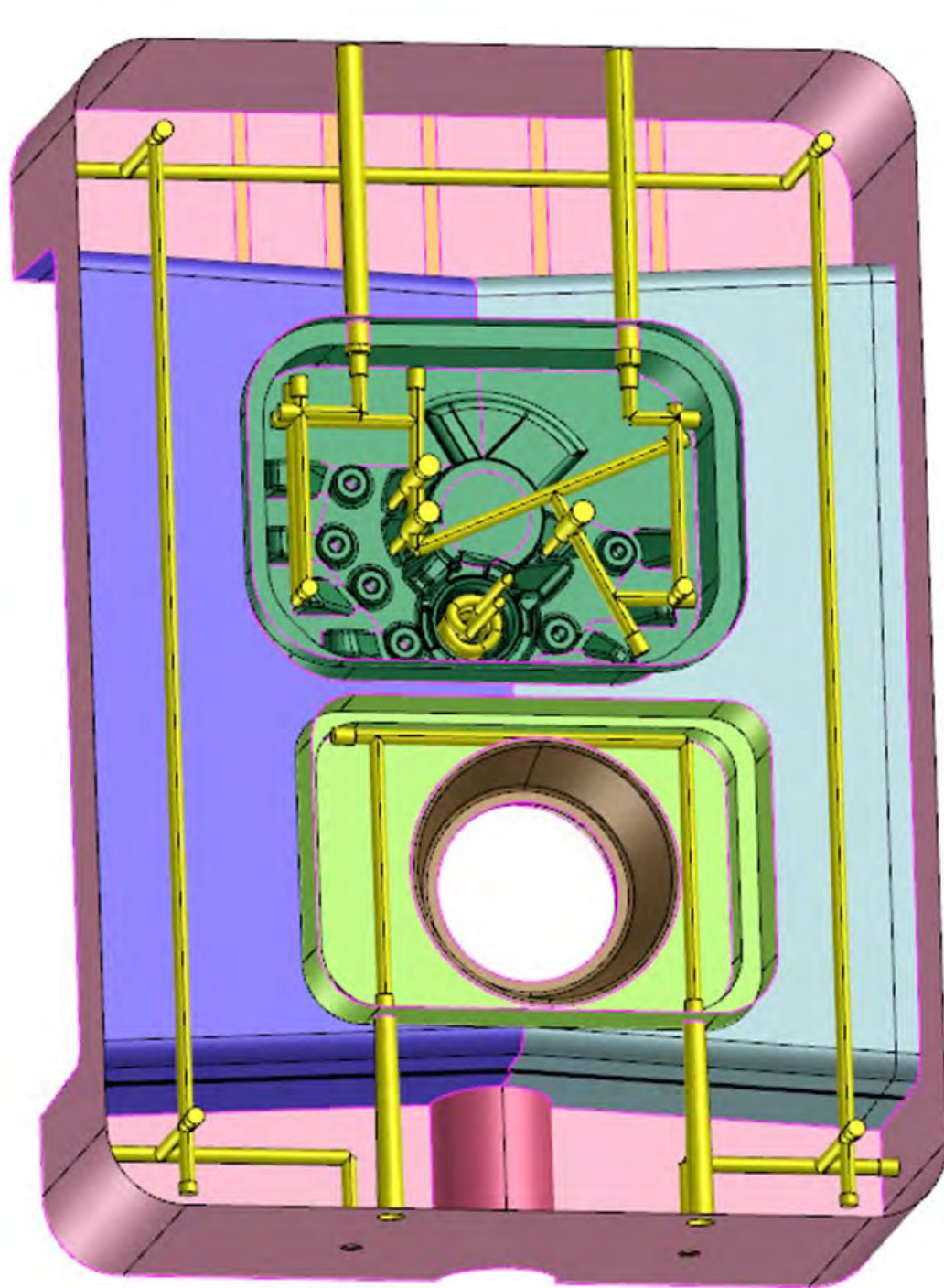
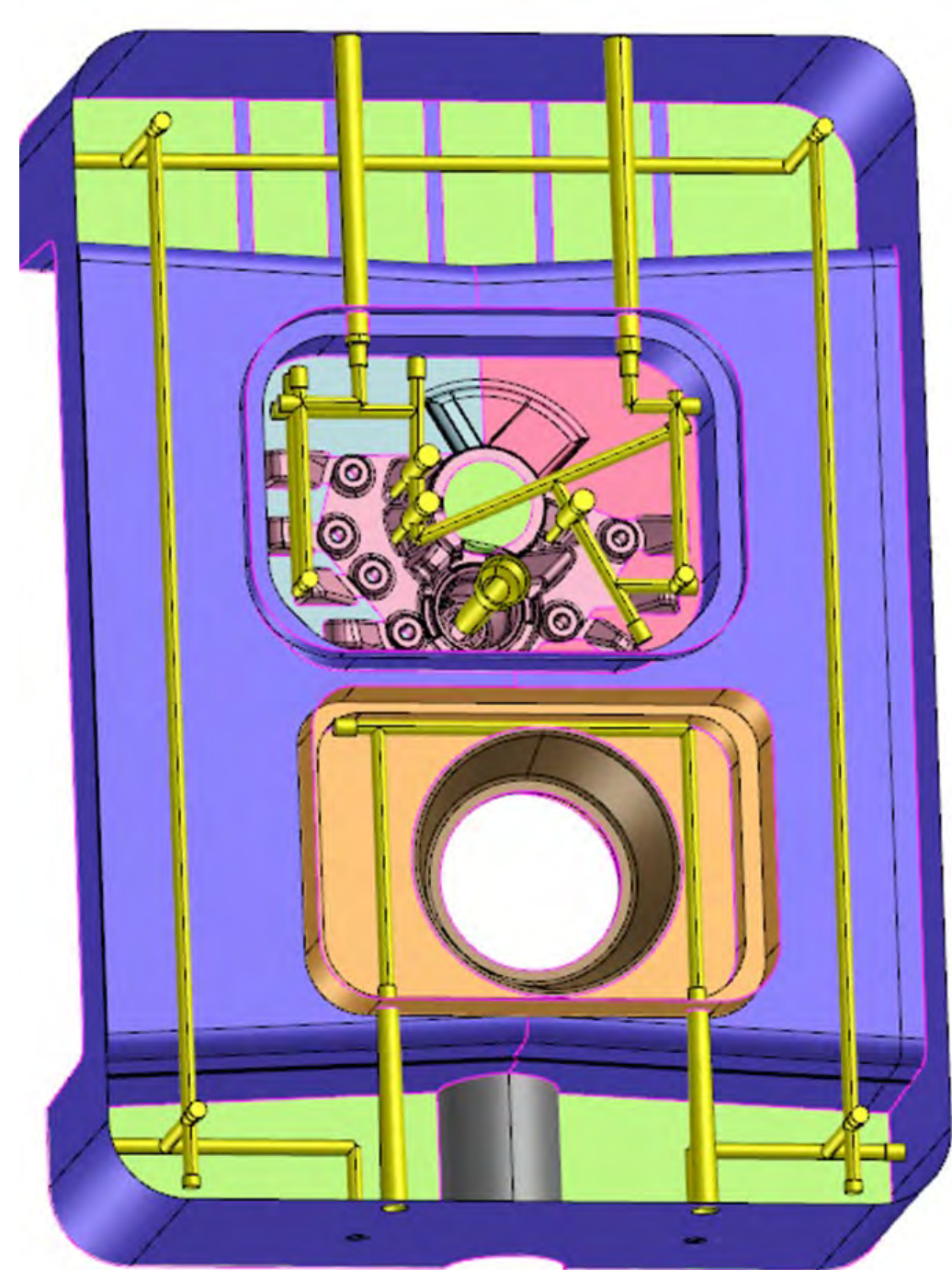


- Učinkovitejše hlajenje orodij – lokalno hlajenje – jet cooling

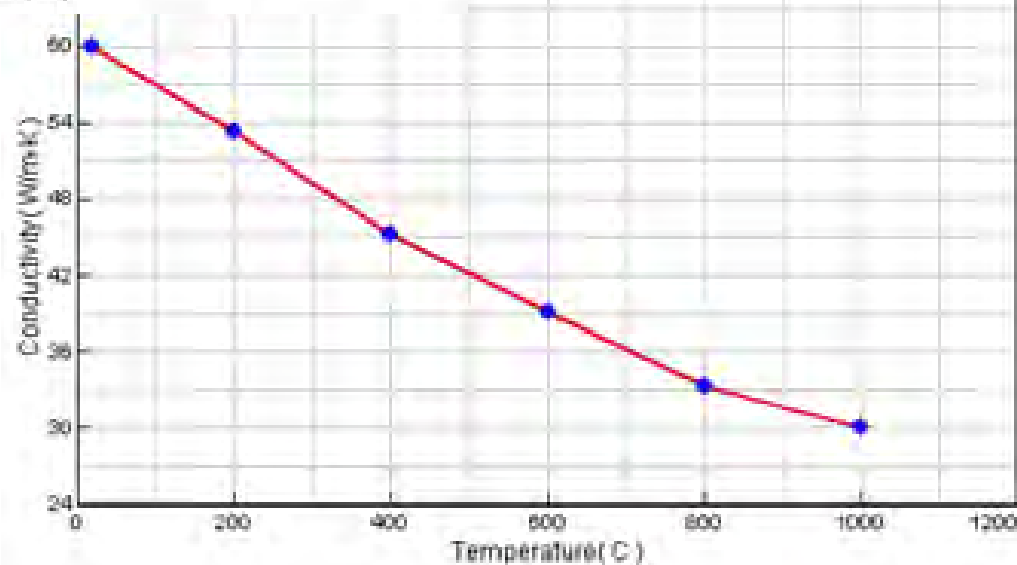
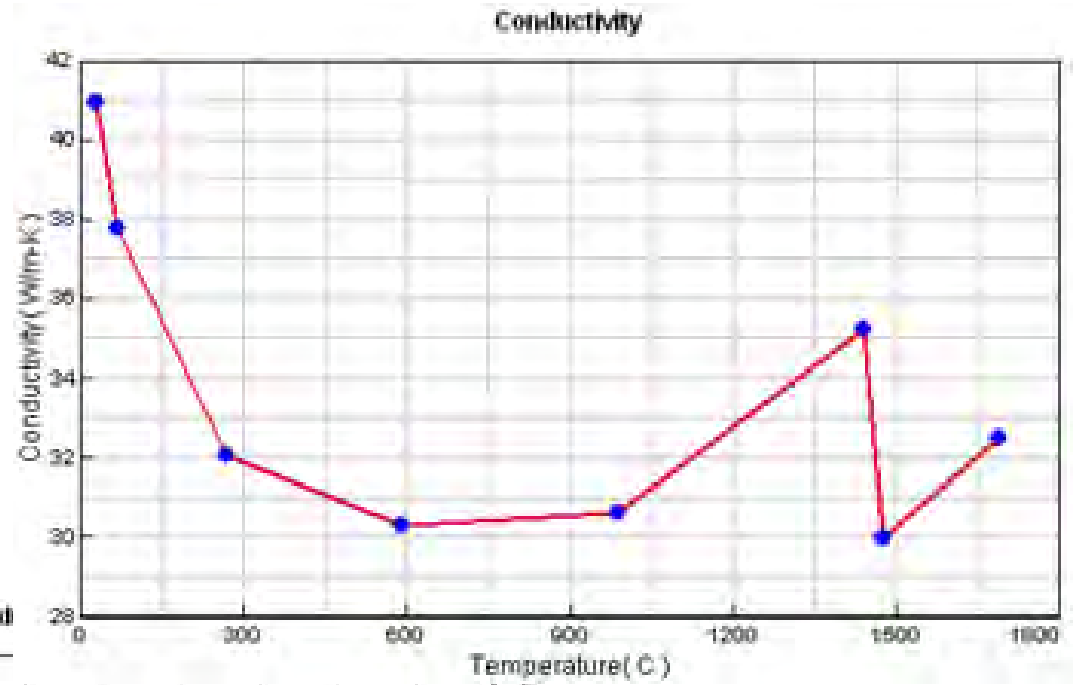
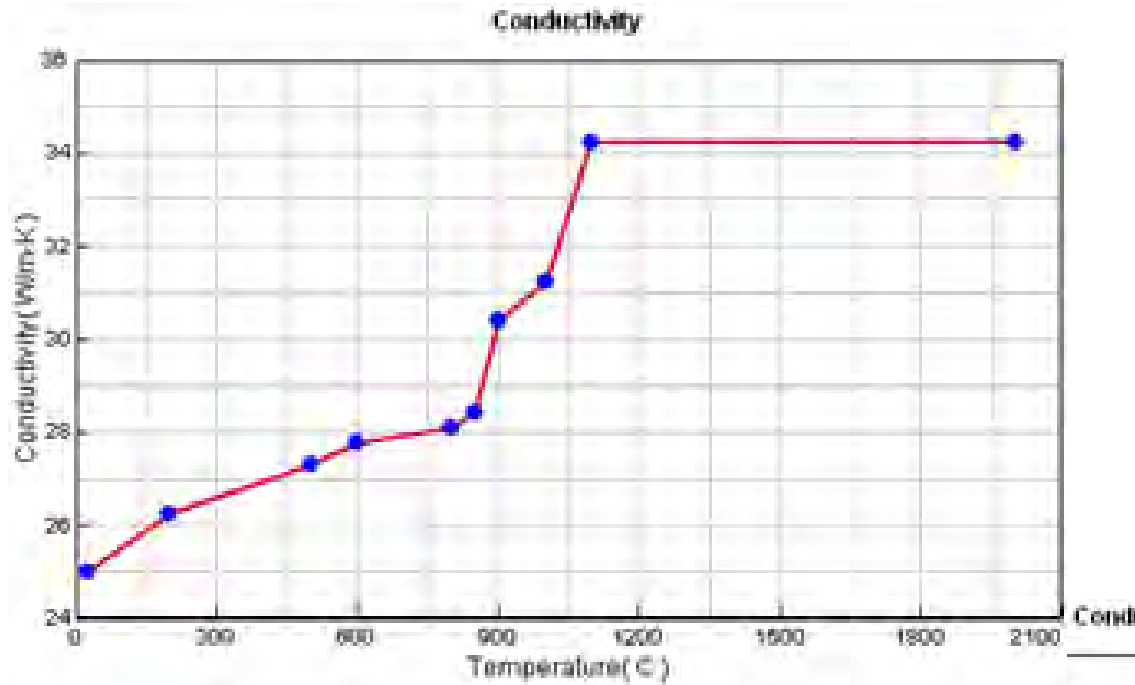


- Hlajenje orodij in komor – konformno hlajenje
 - Lotana orodja
 - 3D natisnjena orodja
- Učinkovitejše odvajanje toplote, manj brizganja z vodnimi emulzijami in manjši termošok, krajši cikli, zagotavljanje usmerjenega strjevanja

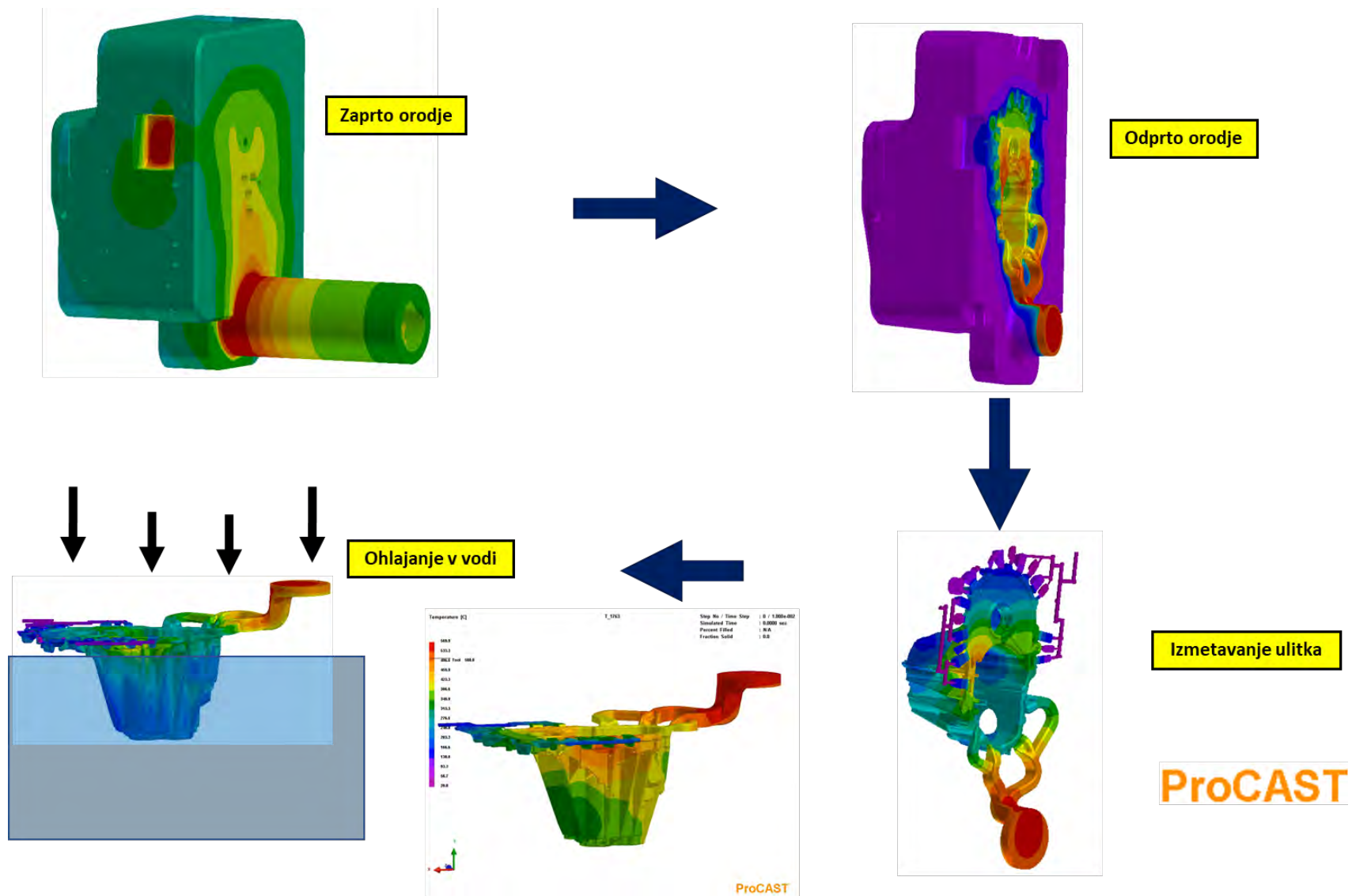




- Razvoj novih jekel z izboljšanimi toplotnimi lastnostmi

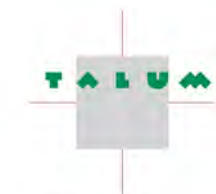


- Izračun celotne poti izdelave ulitka



H V A L A





Lahkota prihodnosti

Trendi v aluminijski industriji

dr. Stanislav Kores

Vodja strateškega razvoja, Talum d.d.

PRIHODNOST PROIZVODNJE ALUMINIJA IN RAZISKOVALNIH AKTIVNOSTI

e - delavnica

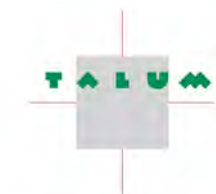


REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKI
RAZVOJ IN TEHNOLOGIJO



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SKLAD ZA
REGIONALNI RAZVOJ
NABUĐEVA VAŠO PRIHODNOST

18. December 2020



Lahkota prihodnosti

VIZIJA 2050

(EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION)



Globalna potreba po primarnem aluminiju se bo do leta 2050 podvojila in dosegla 108 Mio t. Evropska potreba po primarnem aluminiju bo dosegla v povprečju 9 Mio t v naslednjih desetletjih.



V Evropi bo potreba aluminija v transportnem sektorju zrasla za 55 % v primerjavi z letom 2017.



V Evropi bo potreba po polizdelkih za gradbeno in pakirno industrijo zrasla za 28 % in 25 % v primerjavi z letom 2017.

PRIORITETE



Atraktivnost aluminijske industrije: Biti zaposlovalec za ženske in moške. Visoko tehnološka industrija z dobrim ugledom v družbi, ki privablja vrhunske talente za spodbujanje potrebnih inovacij.



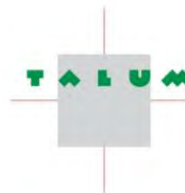
Podnebna agenda: Zaščititi našo delovanje z zmanjševanjem CO² emisij. Spodbujanje inovacij s prebojnimi tehnologijami za izboljšanje energetske učinkovitosti in premiku z obnovljivim virom energije.



Krožni poslovni modeli: Razvoj portfelja rešitev usmerjenih k trajnosti in kroženju. Izboljšati in optimirati reciklažo aluminija. S pametnim načrtovanjem, sodelovanjem v vrednostni verigi, promovirati odgovorno uporabo in porabo aluminija.

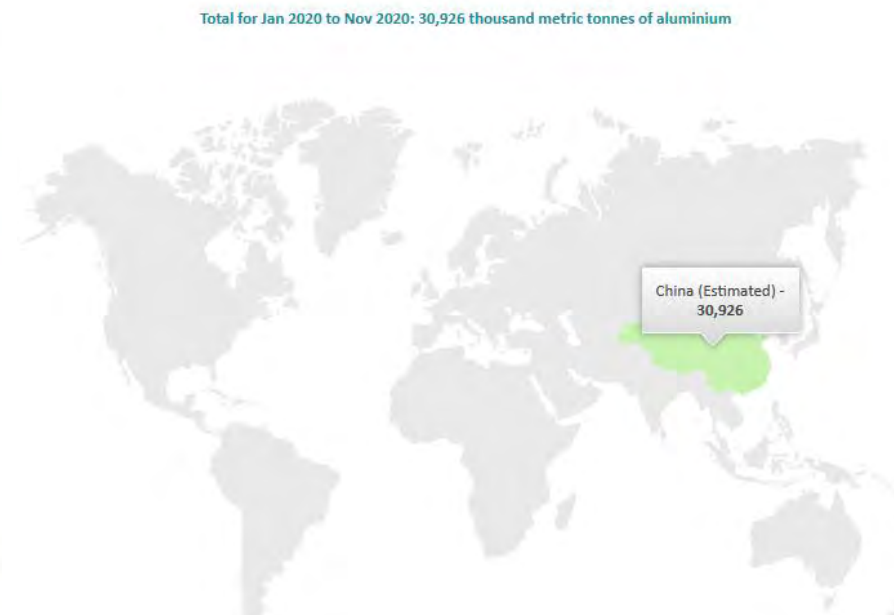
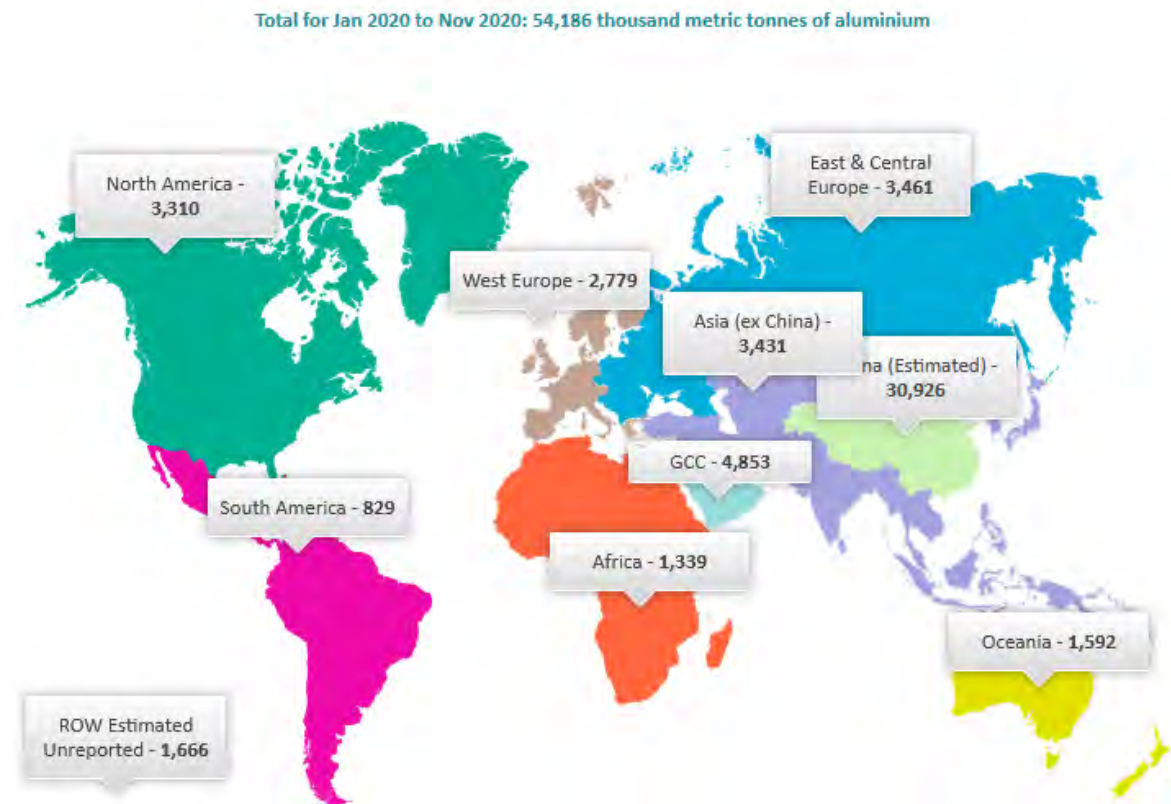


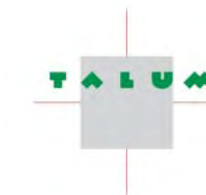
Sodelovanje: Biti izbirni partner političnim odločevalcem, porabnikom, inštitucijam znanja. Sodelovanje izven običajnih mej.



Lahkota prihodnosti

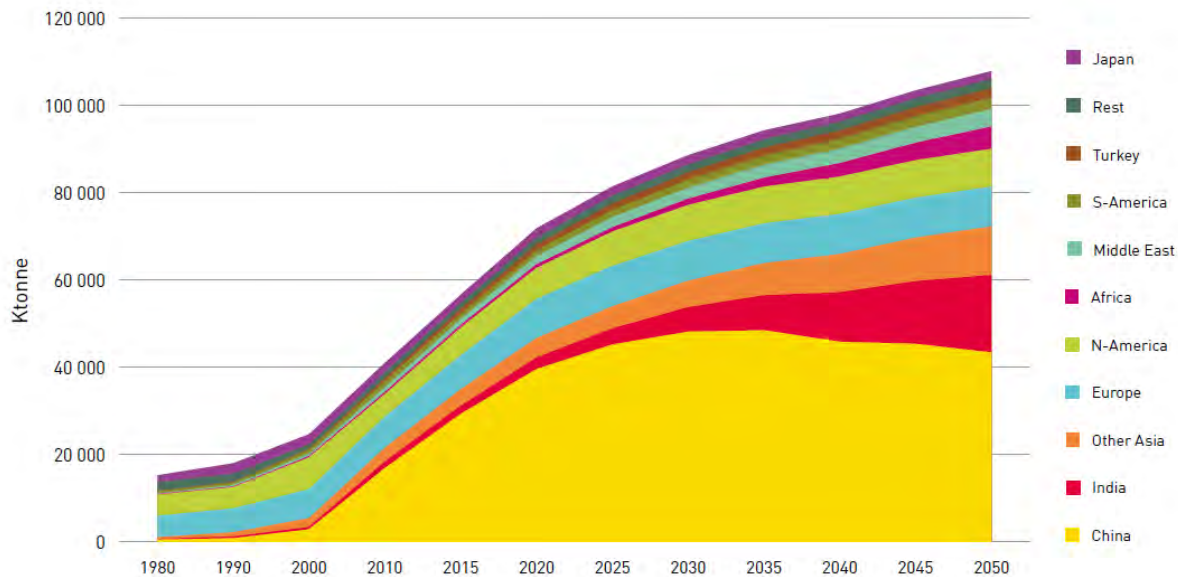
Globalna bilanca



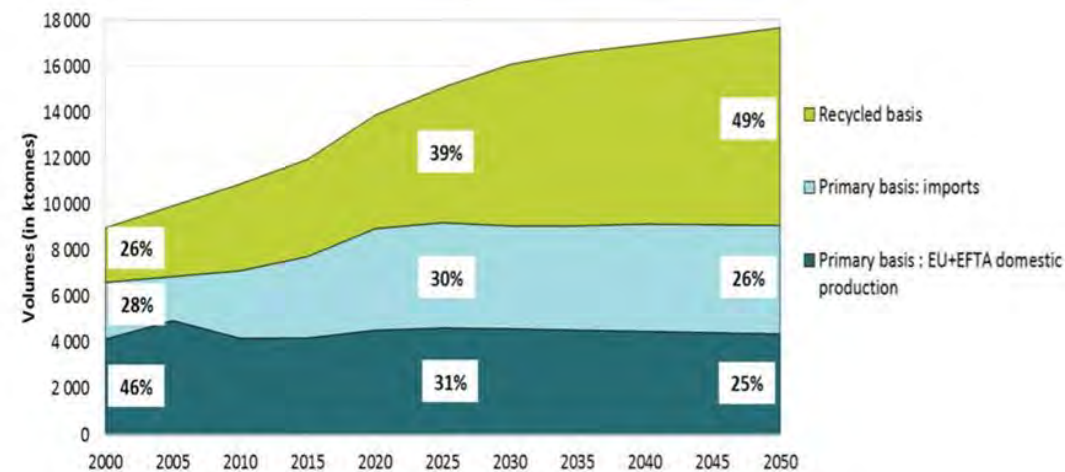


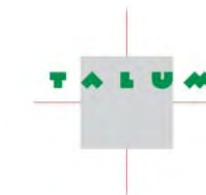
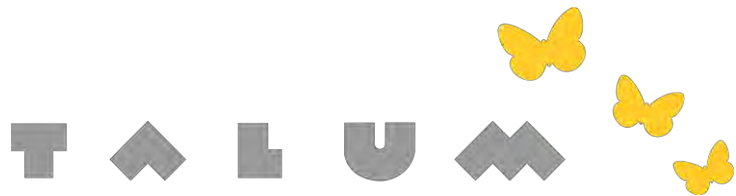
Lahkota prihodnosti

Potreba po primarnem aluminiju v svetu do 2050



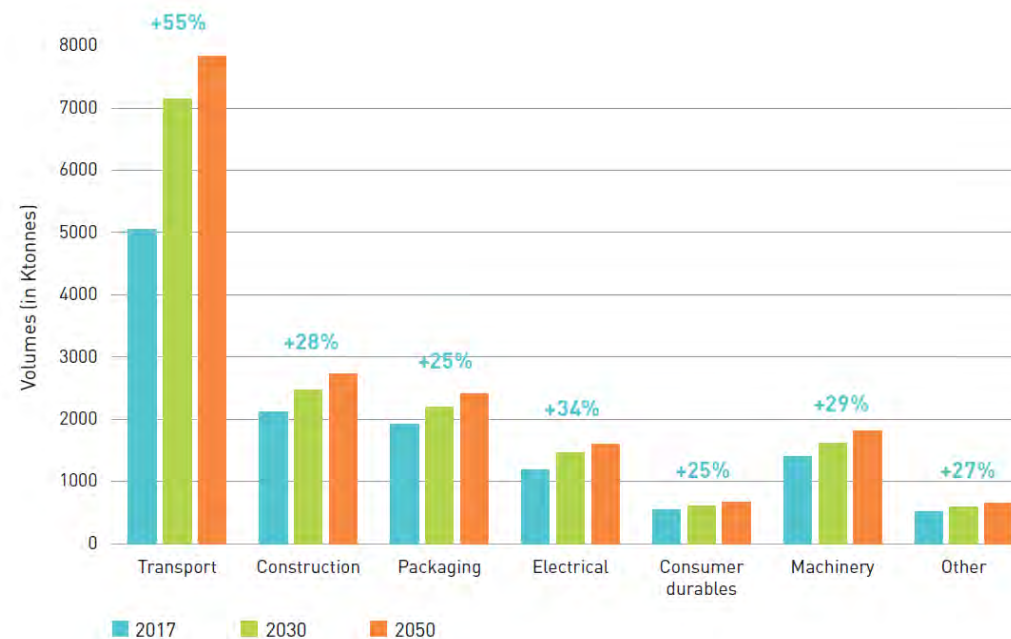
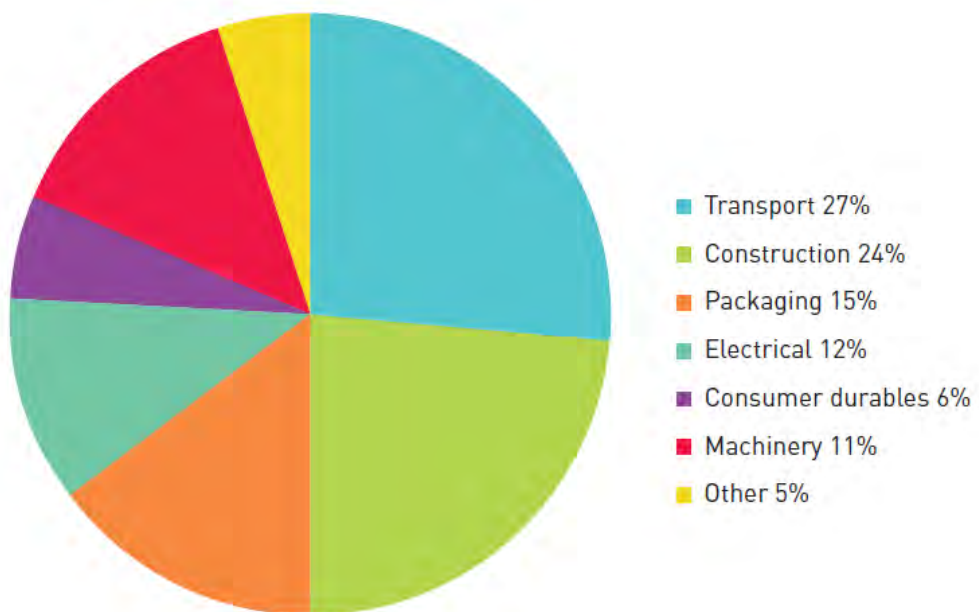
Potreba po aluminiju v EU do 2050

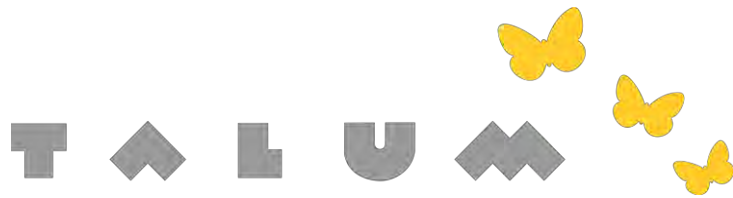




Lahkota prihodnosti

Končni uporabniki aluminija



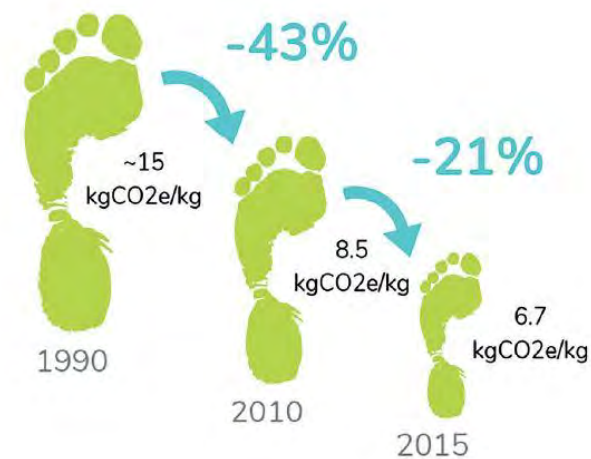


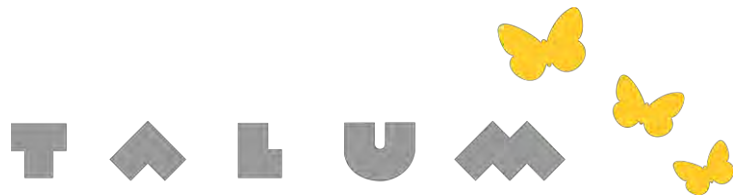
Vplivi na okolje



Evropska primarna proizvodnja aluminija je ena najmanj obremenjenih regij z emisijami CO₂.

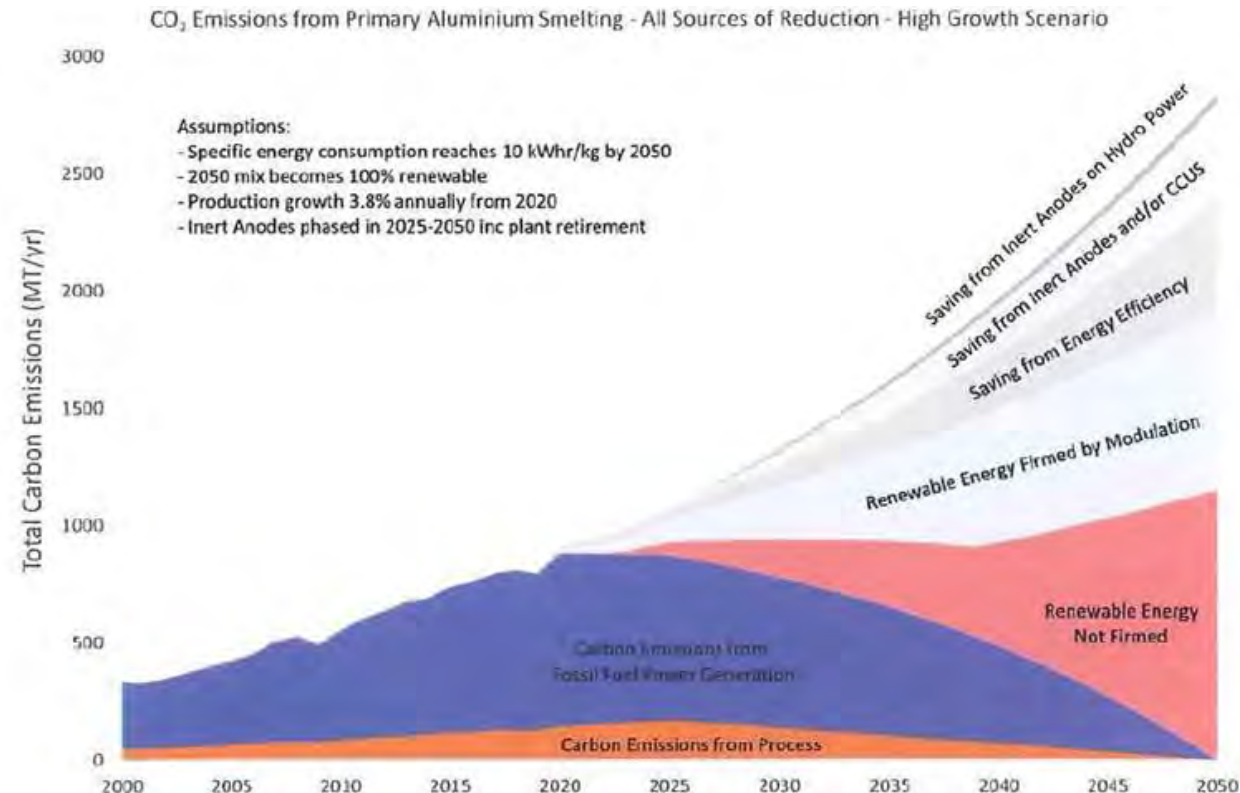
Trend zniževanja emisij CO₂ izpustov v EU, v primerjavi z letom 2010 so se emisije znižale za 21 %, v primerjavi z letom 1990 pa za 55 %.

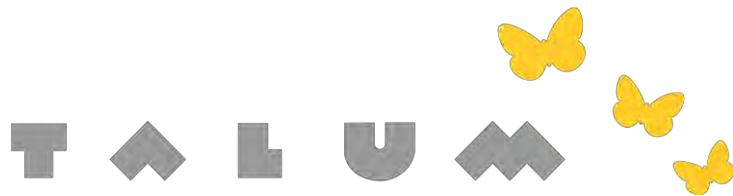




5 možnih poti za znižanje emisij CO₂ do leta 2050 v primarni proizvodnji aluminija

- A) Nadaljnjo izboljševanje učinkovitosti procesa
- B) Vpeljava inertnih anod
- C) Prehod na 100 % obnovljivo energijo
- D) Uporaba zajemanja in shranjevanja ogljika (CCUS) za neposredne emisije iz procesa
- E) Zmanjšanje proizvodnje samo na hidroelektrarne





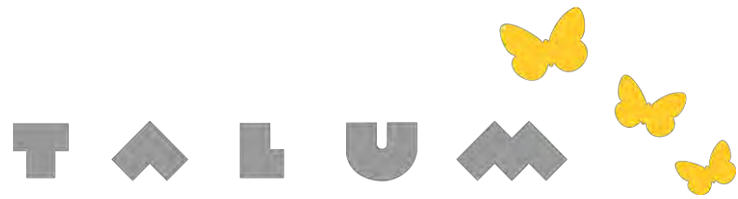
V sodobni družbi ima aluminij ključno vlogo pri nastajanju nizko-ogljicnih in energetsko učinkovitih aplikacij. Privlačne lastnosti materiala - majhna teža, oblikovalnost, reciklabilnost, prevodnost - povečujejo povpraševanje po strateških aplikacijah.

Aluminij dejansko izniči porabo energije za njegovo izdelavo z zagotavljanjem znatnih prihrankov v fazi uporabe.

Lahka mobilnost

Aluminij je pomembno sredstvo za zmanjšanje emisij CO₂ v prometnem sektorju (avtomobili, dostavna vozila, tovornjaki, javni prevoz, ...), zahvaljujoč vgradnje lahkih komponent, ki prispevajo k razvoju E-mobilnost in k večji energetski učinkovitosti ter varnejšemu prevozu.





Nizko-energetske stavbe

Aluminij izboljša energetske učinkovitost stavb, z vgradnjo različnih gradbenih elementov.



Vir učinkovite embalaže

Aluminij ponuja zelo učinkovito embalažo, ki uporablja zelo malo materiala in ima pogosto nižji okoljski odtis kot njegova vsebina. Poleg tega zagotavlja učinkovito bariero za zaščito hrane.



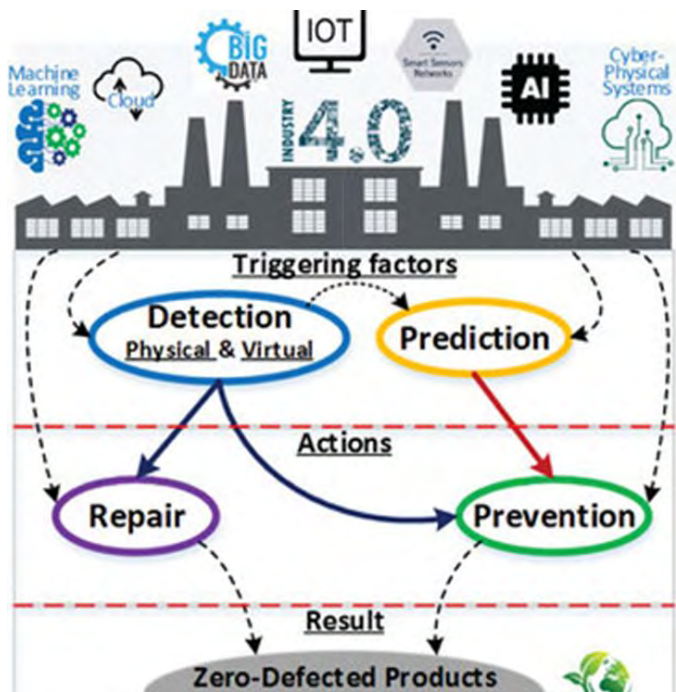
Reciklabilnost

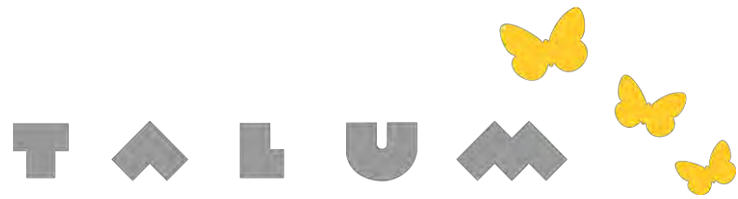
Aluminij je mogoče večkrat reciklirati, ne da bi pri tem izgubil lastnosti, prihrani energijo in igra vodilno vlogo pri oblikovanju krožnega gospodarstva.



Pogled v prihodnost ...

- Z reciklažo do vrhunskih aluminijastih izdelkov
- Visokotehnološka proizvodnja aluminijastih ulitkov



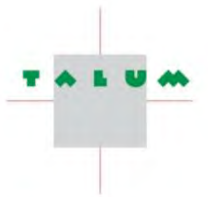


➤ Specialni ogljikovi materiali



➤ Elektroliza 4.0





Lahkota priložnosti

Vesel božič in srečno novo leto
Merry Christmas and happy New Year
2021

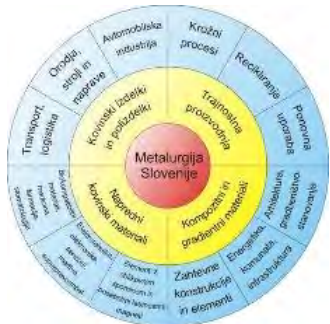
www.talum.si



Svetovni trendi in izzivi na področju aluminija: Modeliranje in simulacije

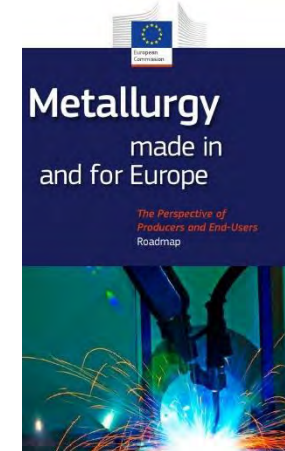
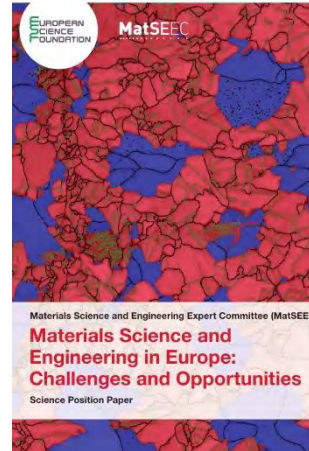
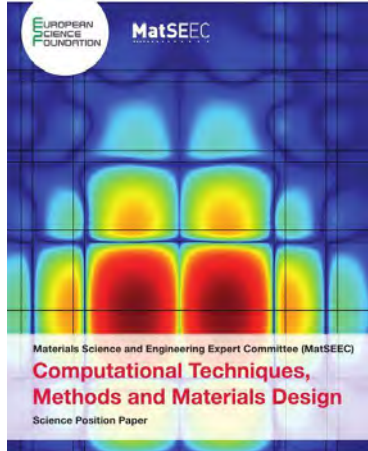
Goran Kugler

Oddelek za materiale in metalurgijo
 Naravoslovnotehniška fakulteta
 UNIVERZA V LJUBLJANI





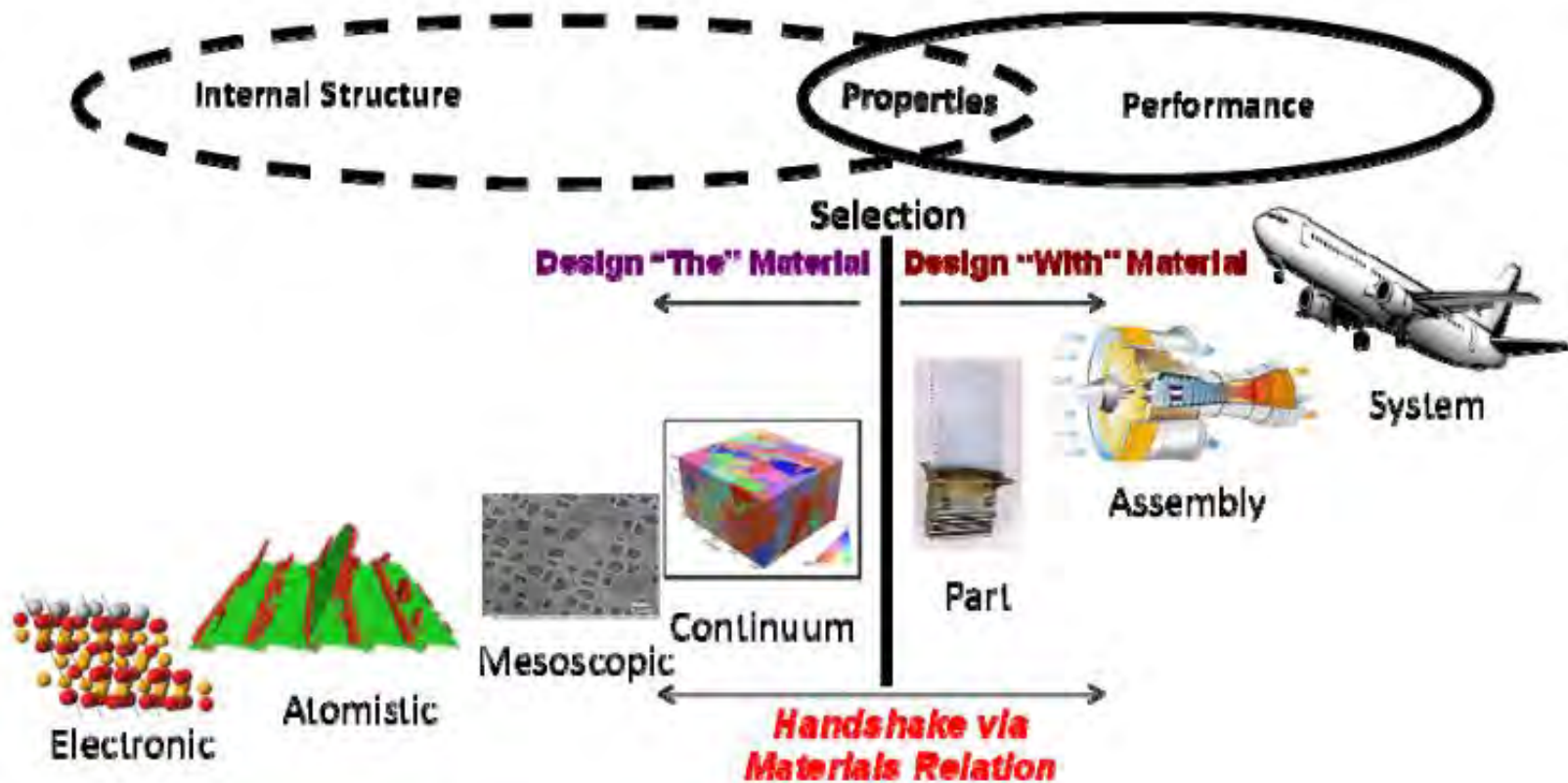
Modeliranje v strateških dokumentih



- Najbolj pereči raziskovalni izzivi na področju modeliranja in simulacij v metalurgiji so povezani razponom procesov, ki vplivajo na razvoj mikrostrukture preko mnogih prostorskih in časovnih skal.
- Simulacije na več skalah so sveti gral raziskav in te naj bodo usmerjene v čim bolj zvezne prehode med prostorskimi in časovnimi skalami.
- Modeliranje naj se osredotoča na virtualno načrtovanje, tako da bo mogoče nove materiale dizajnirati, preizkusiti in optimizirati še preden so ti dejansko izdelani v laboratoriju ali v tovarni.



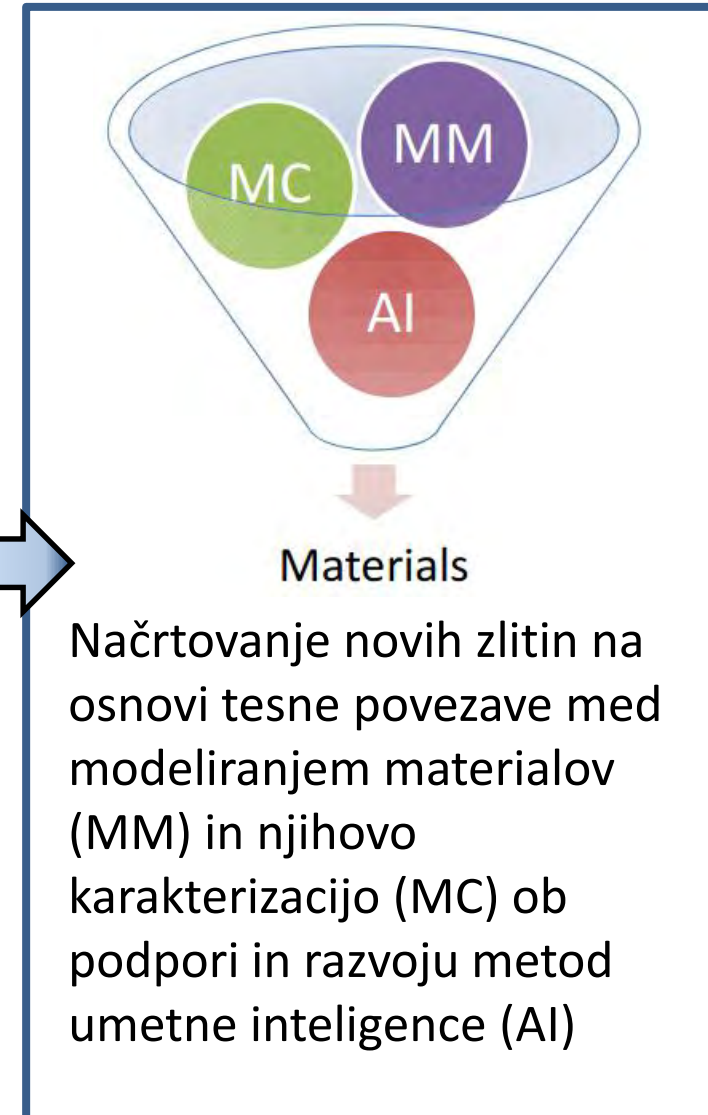
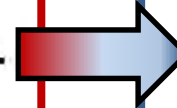
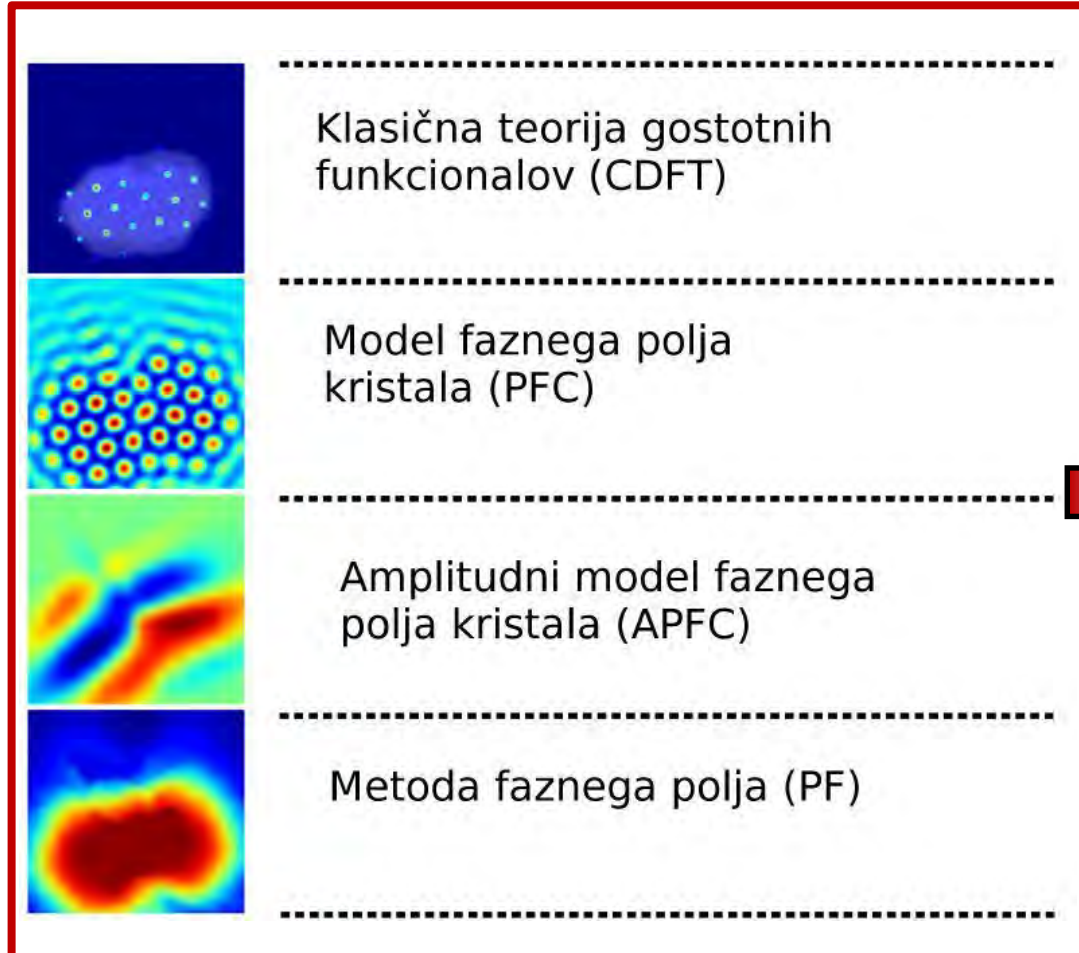
Načrtovanje materialov in izdelkov



- Prehod iz koncepta »Modeliranje za industrijo« v koncept »Modeliranje v industriji«, kar bo zahtevalo spremembo v načinu razmišljanja tako v akademskih institucijah, kot tudi v industriji.



Prehod med skalami in integracija med pristopi

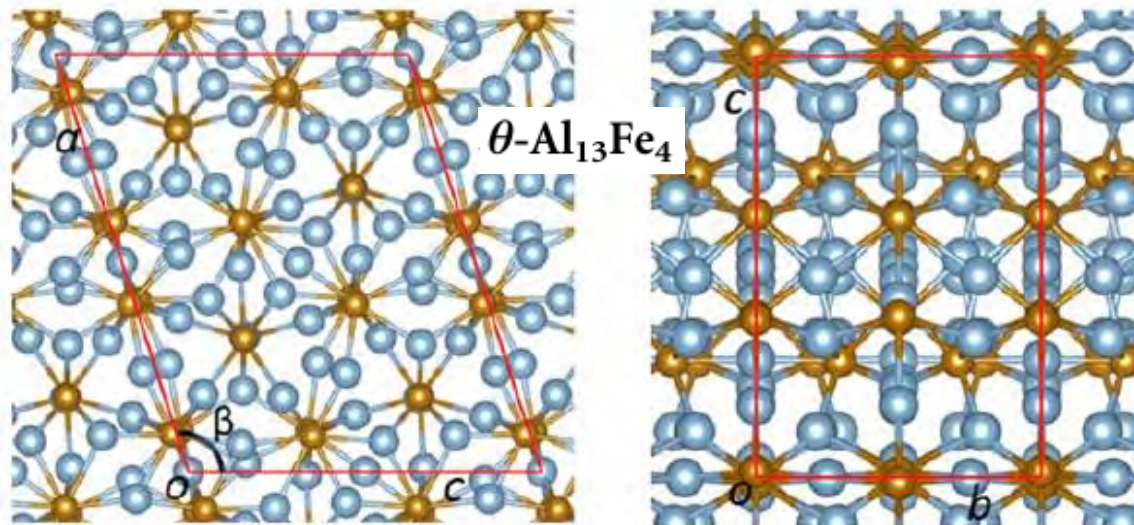




Ab initio simulacije Al zlitin

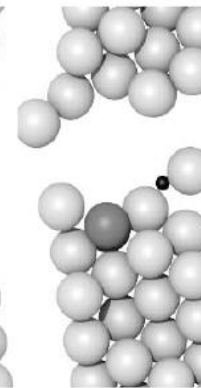
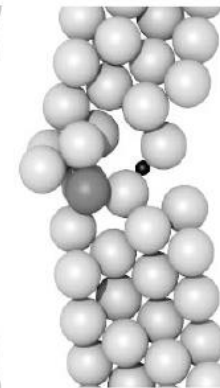
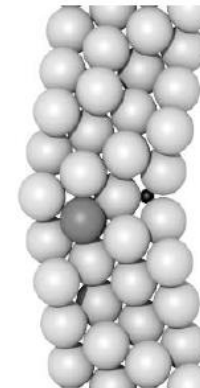
Kvantna mehanika (časovno odvisna, časovno neodvisna; periodični, neperiodični RP)

- DFT (GAMESS, TeraChem, Quantum Espresso, VASP, itd.)
- Kvantne Monte Carlo metode
- HF, TB, itd.



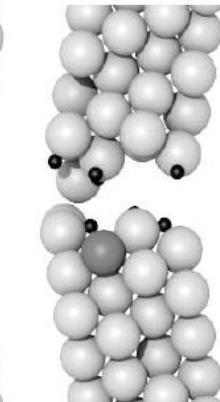
Fang C. M. et al. (2019) J. Phys.: Mater. 2, 015004

$\Gamma_H = 8\%$



Al-Zn

$\Gamma_H = 37\%$



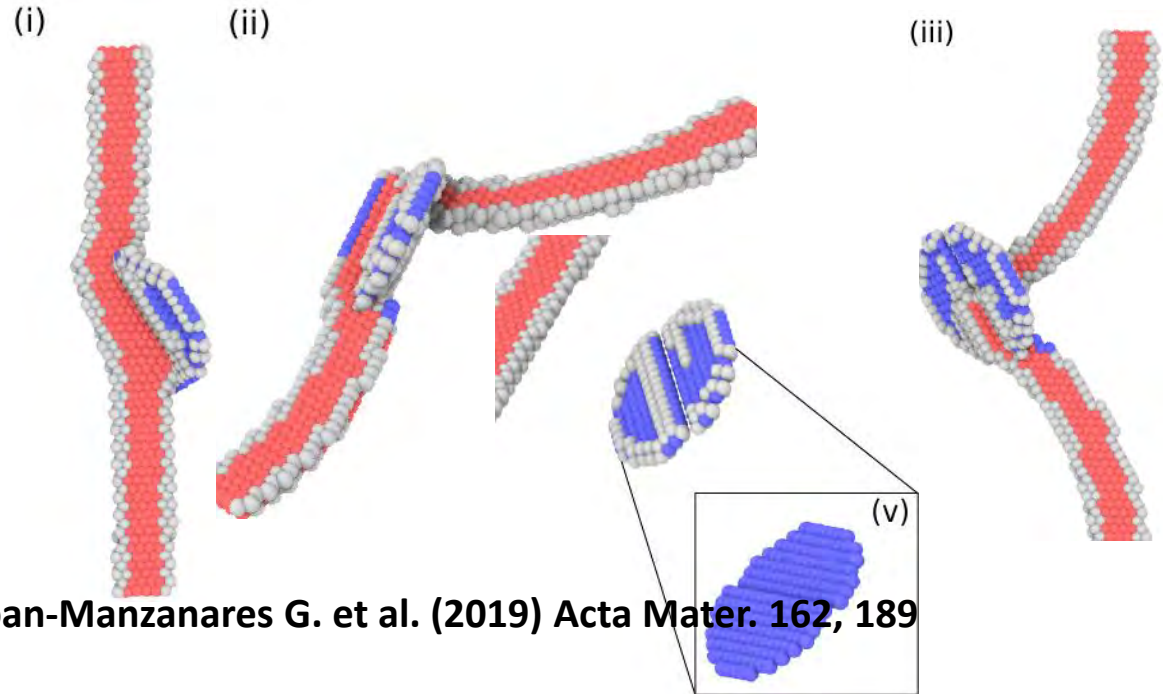
Wilson B. T. et al. (2020) MATEC
326, 04006



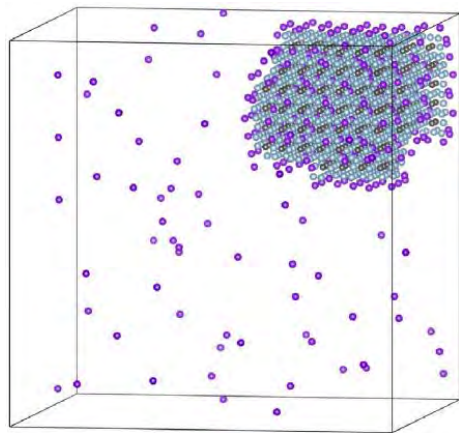
Atomistične simulacije Al zlitin

Klasična mehanika:

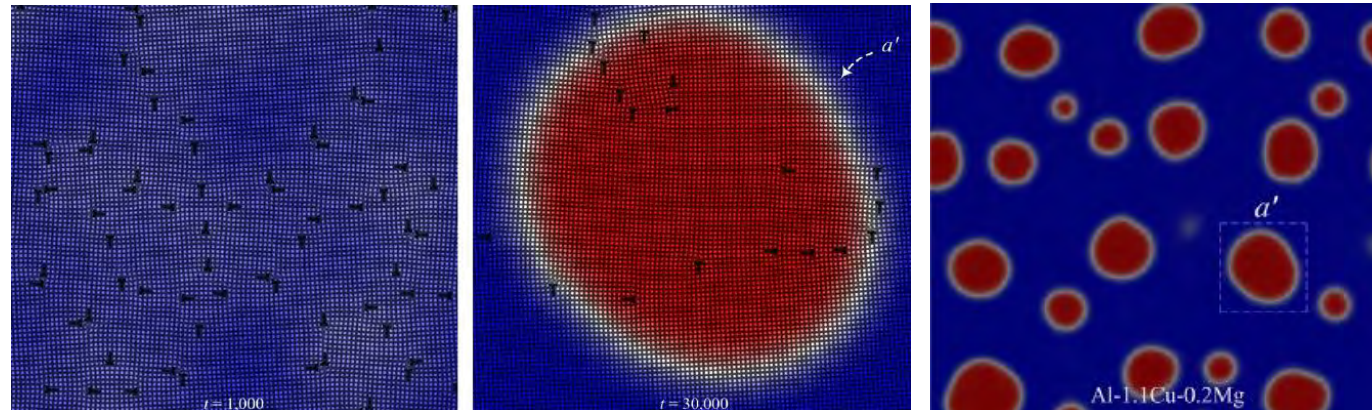
- Molekularna dinamika
- Monte Carlo metode
- cDFT, PFC, APFC
- Itd.



Esteban-Manzanares G. et al. (2019) Acta Mater. 162, 189



Gorbatov O. I. et al.
 (2019) Acta Mater.
 179, 70



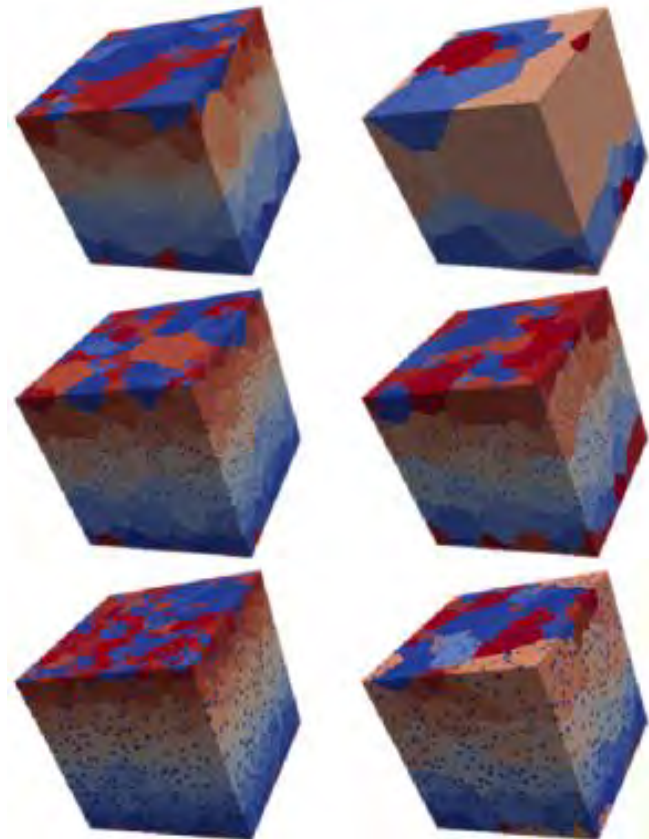
Fallah V. et al. (2015) Acta Mater. 82, 457



Simulacije Al zlitin na mezoskopski prostorski skali

Razvoj mikrostrukture (gibanje mej):

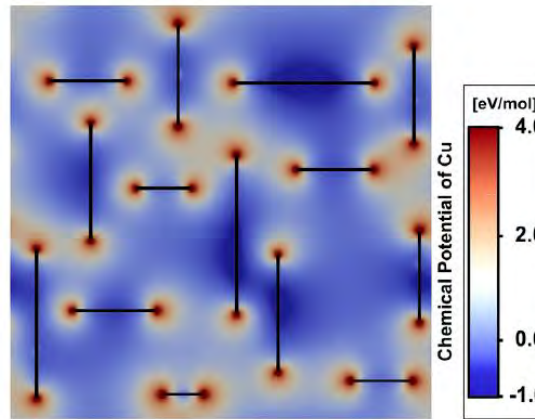
-Potts MC (GG)



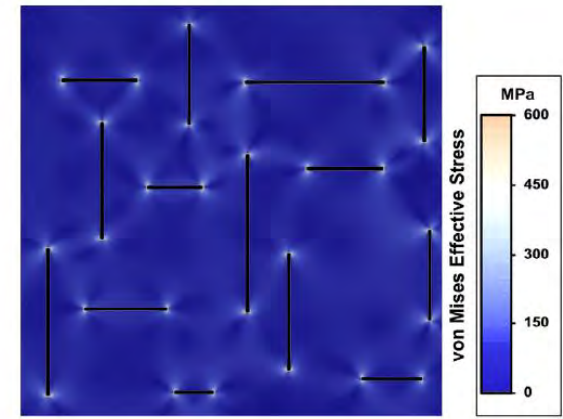
Fraizer W. E. et al., (2020) *Comp. Mat. Sci.* 185, 109945

-Metoda faznega polja (Al_2Cu)

300 °C, Chemical Potential of Cu

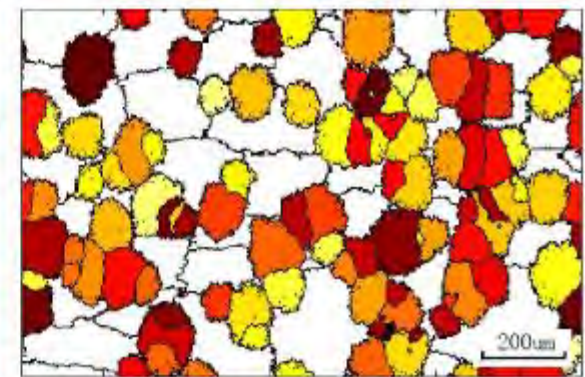
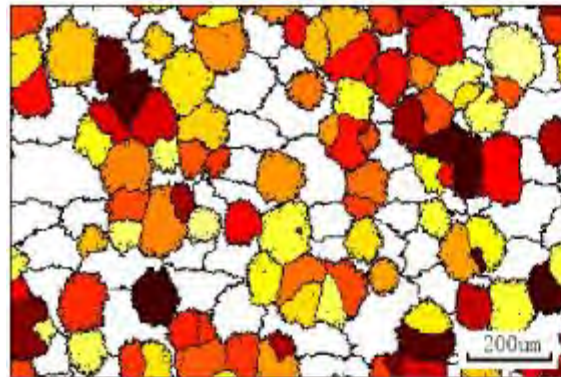


300 °C, Stress Fields around θ'



Shower P. et al., (2019) *Materialia* 5, 100185

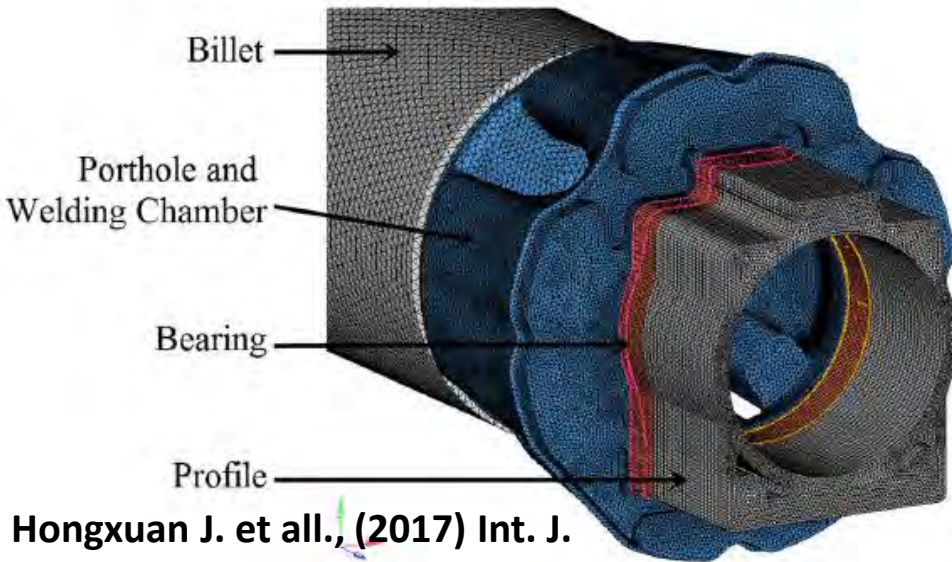
- CA (SRX)



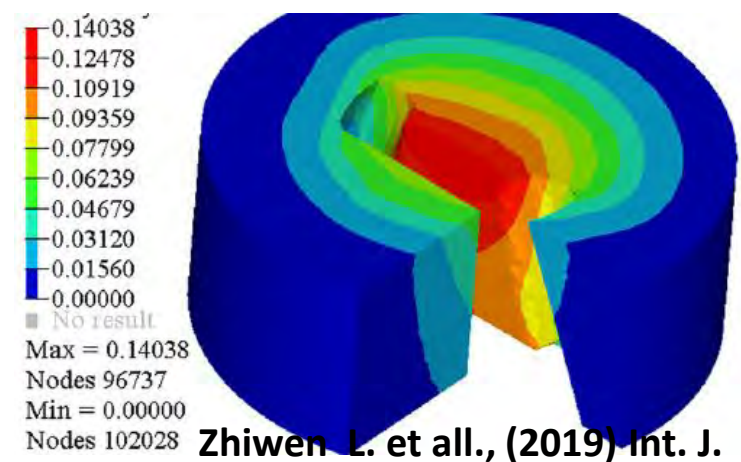
Zhang T. et al., (2017) *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 25 065005



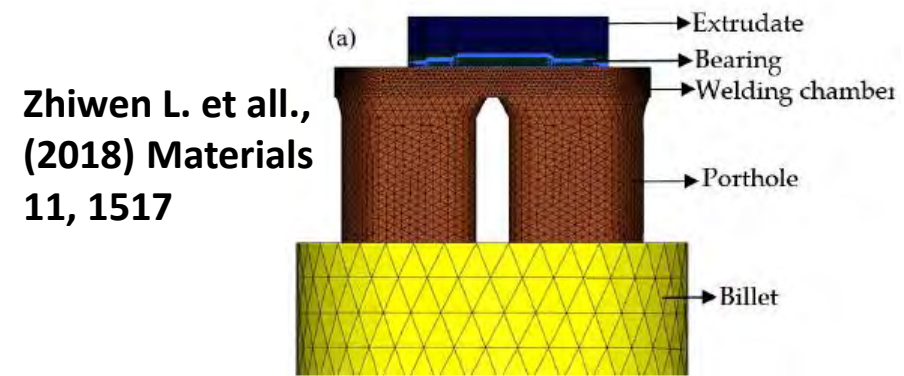
Simulacije tehnologije izdelave Al zlitin



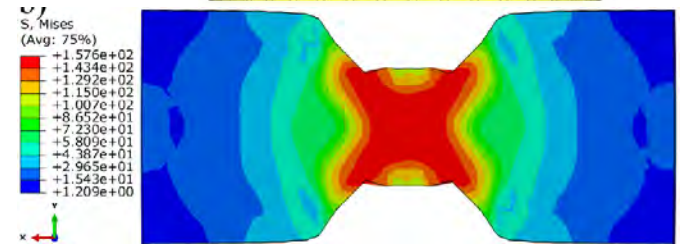
Hongxuan J. et al., (2017) *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 93,3461



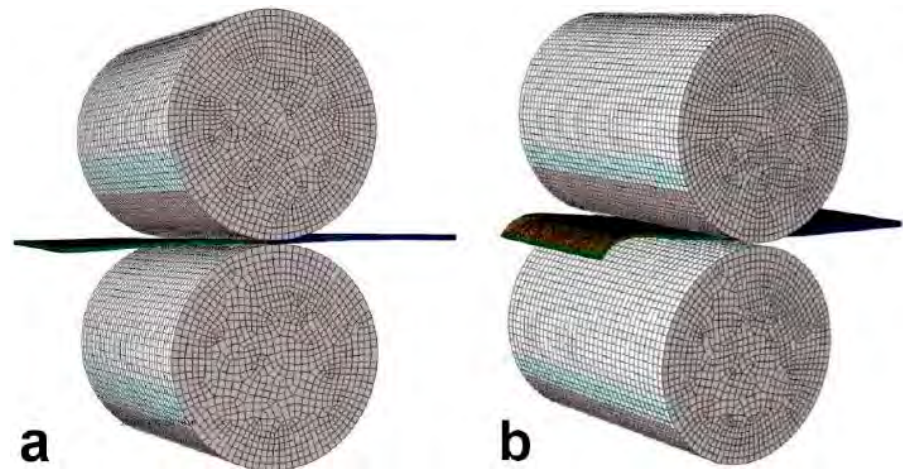
Zhiwen L. et al., (2019) *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 101, 1725



Zhiwen L. et al., (2018) *Materials* 11, 1517



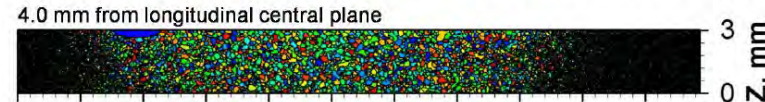
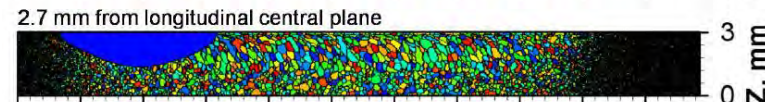
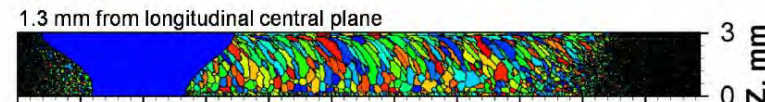
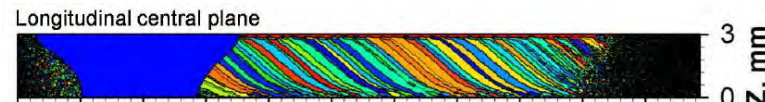
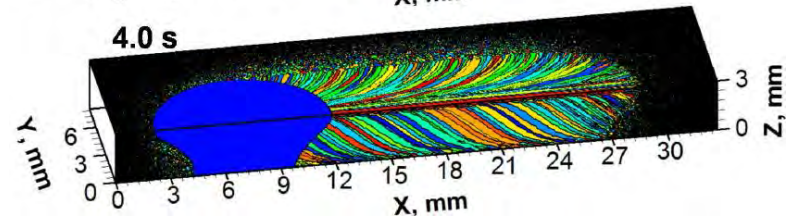
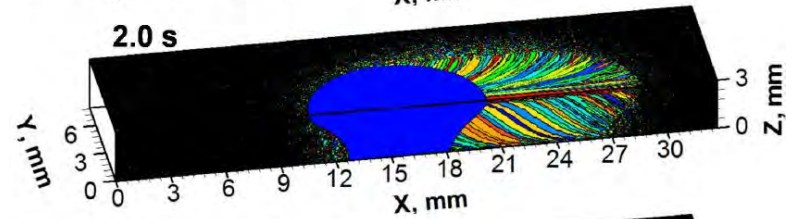
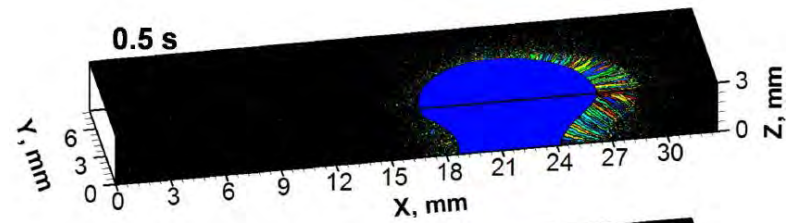
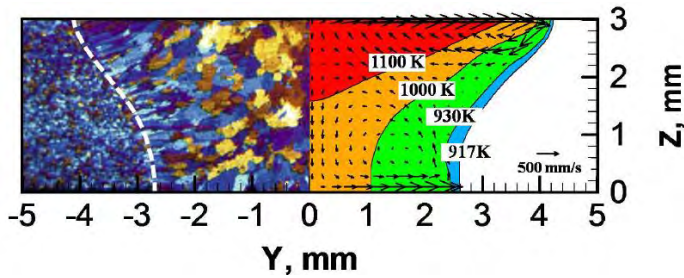
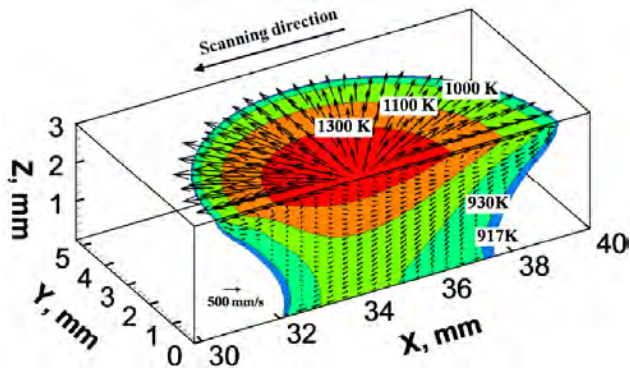
Changqing H. et al., (2017) *Metals*, 7, 331



Kraner J. et al., (2020) *Metals*, 10, 156



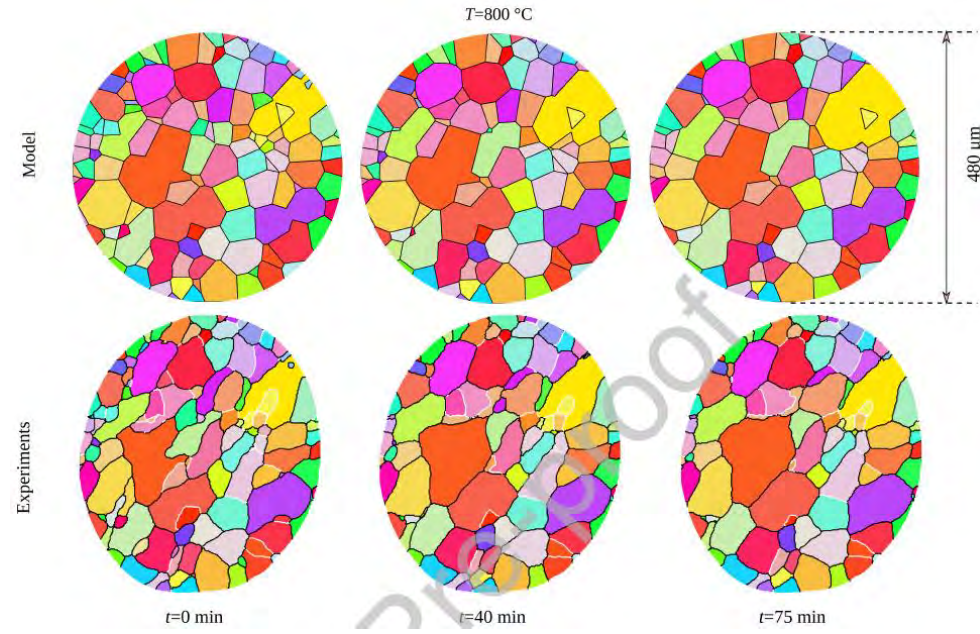
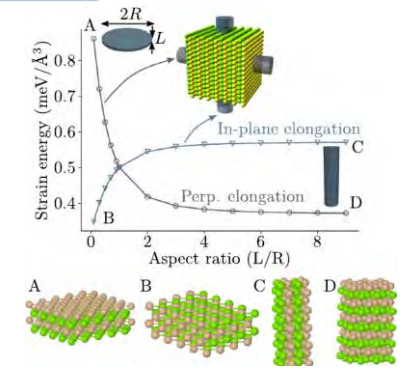
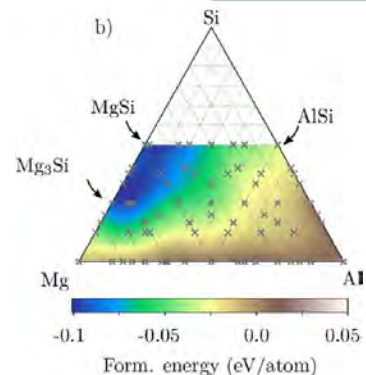
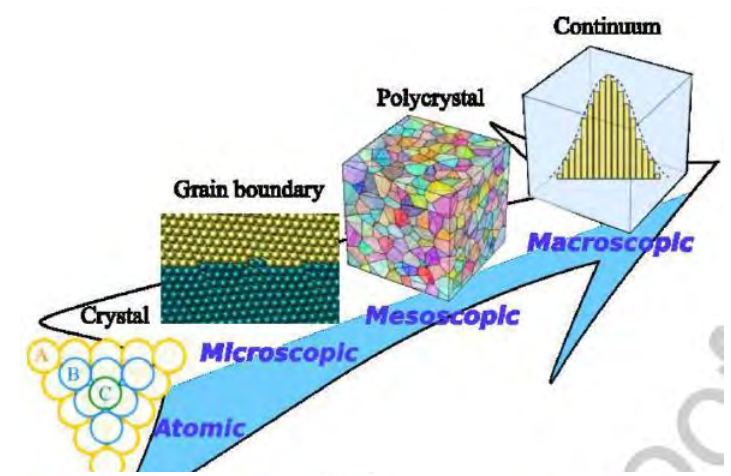
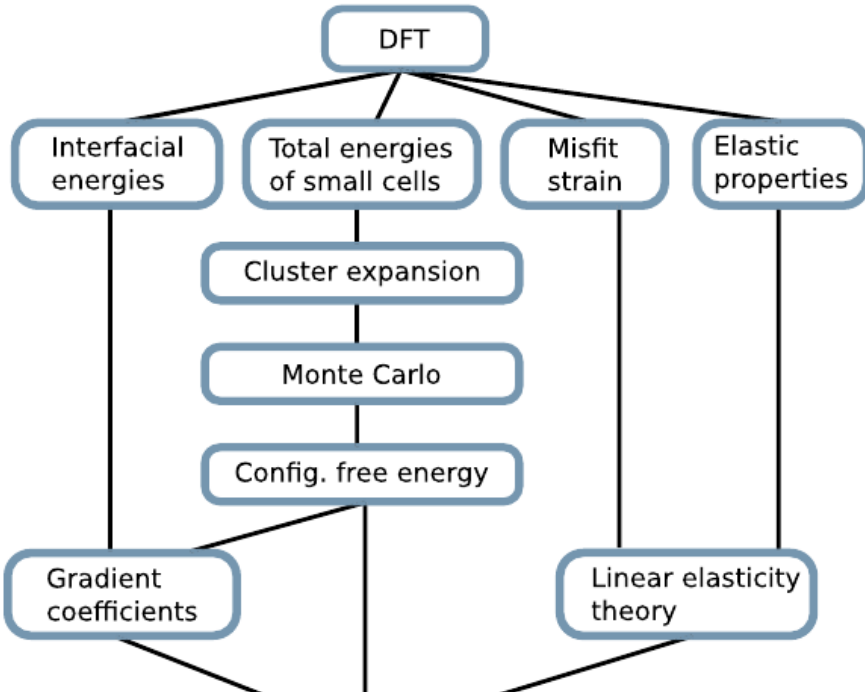
Integrated Computational Materials Engineering



Wei H. L. et al., (2017) Acta Mat.
 126, 413



Integrated Computational Materials Engineering



Kleiven D., Akola J. (2020) Acta Mat. 195, 131

Sakout S. et al., (2020) Acta Mat. 196, 261



Strojno učenje in UI na področju Al zlitin

Training dataset

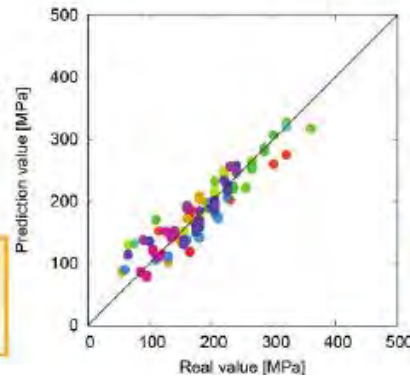
X	n	Fe (wt%)	Mn (wt%)	...	Proof stress (MPa)
1	2	0.35	0.1	...	95
1	4	0.35	0.1	...	120
1	6	0.35	0.1	...	145
1	8	0.35	0.1	...	165
2	2	0.35	0.1	...	85
2	4	0.35	0.1	...	165
3	4	0.35	0.1	...	105
3	8	0.35	0.1	...	165
1	1	0.18	0.35	...	115
:	:	:	:	...	:
1	8	0.18	0.35	...	300
1	9	0.18	0.35	...	320

Predict unknown point



Supervised learning

Regression model

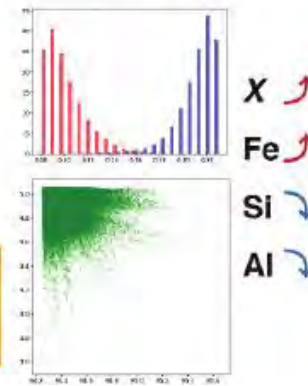


Generate many data

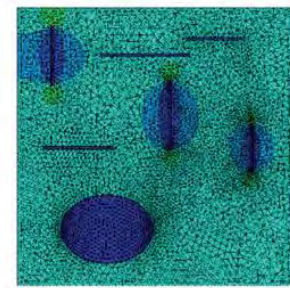
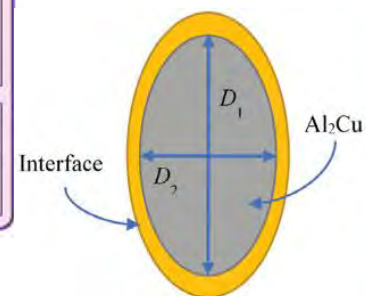
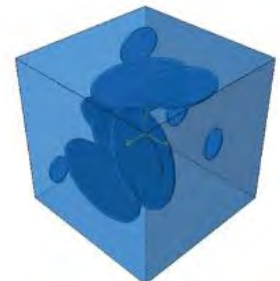
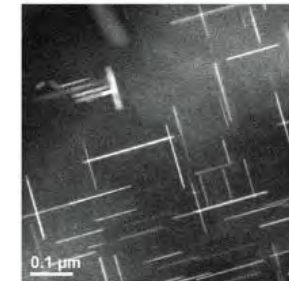
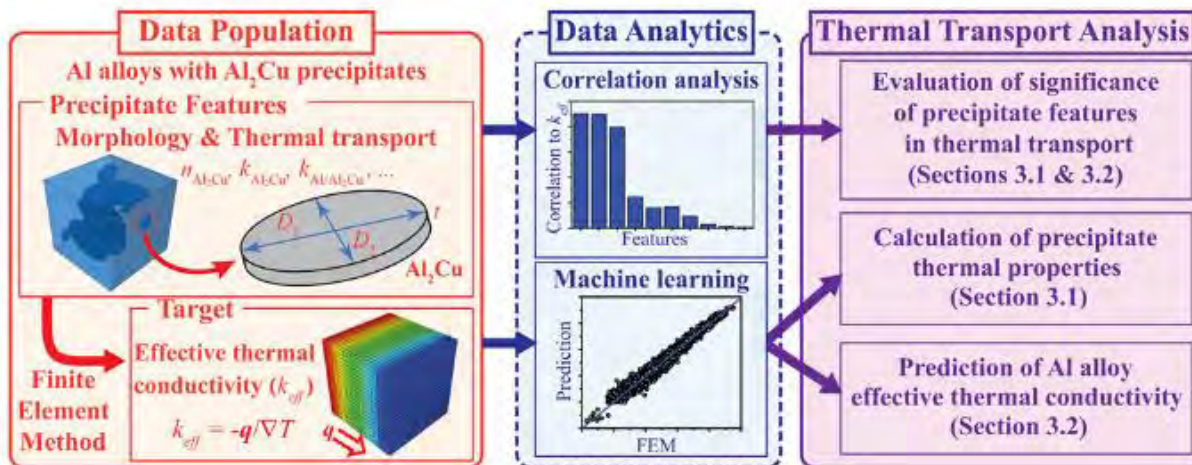


MCMC sampling

Relations



Tamura R. et al., (2020) Sci. Technol. Adv. Mat. 21, 540

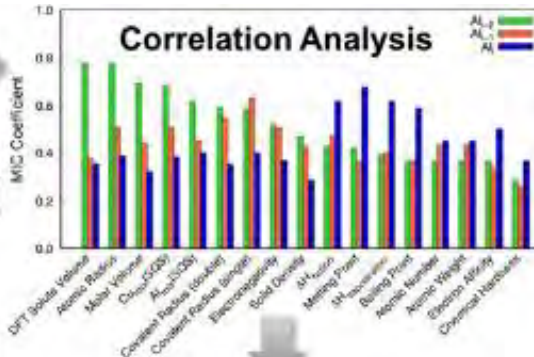
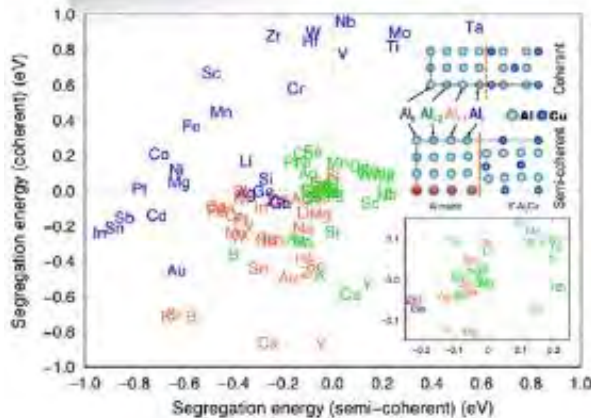


Wang J., (2019) Adv. Theory Simul. 2, 1800196

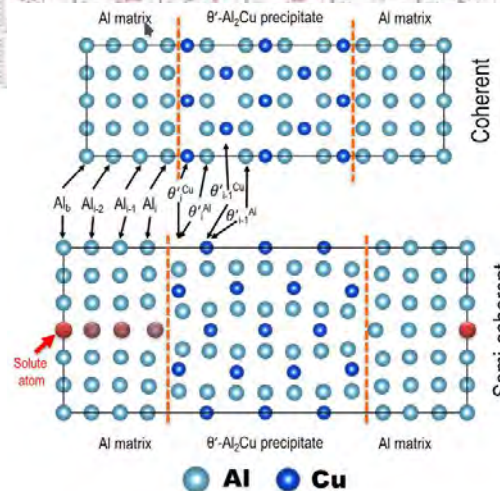


Strojno učenje in UI na področju Al zlitin

Massive *Ab initio* Calculations with Petascale Computing



Machine Learning



Shin D. et al., (2017)
 Sci. Technol. Adv.
 Mater. 18, 829

Prediction of the Bilinear Stress-Strain Curve of Aluminum Alloys Using Artificial Intelligence and Big Data

D Merayo Fernández, A Rodríguez-Prieto... - Metals, 2020 - mdpi.com
 Aluminum alloys are among the most widely used materials in demanding industries such as aerospace, automotive or food packaging and, therefore, it is essential to predict the behavior and properties of each component. Tools based on artificial intelligence can be ...
 ☆ 00 Cited by 3 All 3 versions 00

Materials informatics approach to understand aluminum alloys

R Tamura, M Watanabe, H Mamiya... - ... and technology of ..., 2020 - Taylor & Francis
 ... Each type of aluminum alloy is distinguished by the color of the points. Next, our strategy is applied to the 5000 series aluminum alloys. Machine learning prediction models are constructed to predict the mechanical properties from the explanatory variables ...
 ☆ 00 Cited by 1 All 6 versions

Prediction models for macro shrinkage of aluminum alloys based on machine learning algorithms

H Liao, B Zhao, X Suo, Q Wang - Materials Today Communications, 2019 - Elsevier
 ... Through constitutive equations and artificial neural network algorithm, Sani et al ... research works on predicting the shrinkage percentage of casting alloys by machine learning algorithm have ... alloys were prepared in an electric resistance furnace using pure aluminum and master ...
 ☆ 00 Cited by 1 Related articles All 2 versions

Machine learning for thermal transport analysis of aluminum alloys with precipitate morphology

J Wang, A Yousefzadi Nobakht... - Advanced Theory ..., 2019 - Wiley Online Library
 ... using the FEM) are processed using data science techniques, such as correlation analysis and machine learning, for alloy ... 2.1 Modeling of Aluminum Alloys. Increasing use of lightweight Al alloys in engineering applications can bring many advantages (eg, high fuel efficiency in ...
 ☆ 00 Cited by 7 Related articles All 3 versions

[HTML] Accelerated discovery of high-strength aluminum alloys by machine learning

J Li, Y Zhang, X Cao, Q Zeng, Y Zhuang... - Communications ..., 2020 - nature.com
 ... Aluminum alloys are attractive for a number of applications due to their high specific strength, and ... Our study demonstrates the feasibility of using machine learning to search for 7xxx alloys with good ... 7xxx alloys usually contain main alloying elements of Zn, Mg, and Cu, as well ...
 ☆ 00 All 2 versions

[HTML] Artificial Intelligence Applications for Friction Stir Welding: A Review

B Eren, MA Guvenc, S Mistikoglu - Metals and Materials International, 2020 - Springer
 Advances in artificial intelligence (AI) techniques that can be used for different purposes have enabled it to be used in many different industrial applica.
 ☆ 00 Cited by 1 All 3 versions

Solidification and heat treatment simulation for aluminum alloys with scandium addition through CALPHAD approach

R Jha, GS Dulkravich - Computational Materials Science, 2020 - Elsevier
 ... can provide researchers with a predictive tool based on CALPHAD approach and Artificial Intelligence (Deep learning ... In this study, three classes of aluminum based alloys were chosen ... For each class of these alloys, bounds for concentrations for each of the alloying elements ...
 ☆ 00 Related articles All 2 versions

Estimating the Effects of Heat Treatment on Aluminum Alloy with Artificial Neural Networks

S Aslankaya - Emerging Materials Research, 2020 - icevirtuallibrary.com
 ... an output.40 Artificial neural network (ANN) an artificial intelligence modelling technique is a supervised learning algorithm ... ANN can make machine learning by learning and interpreting the events ... 3.2 Estimation of mechanical properties with artificial neural networks ...
 ☆ 00 Related articles



Zaključki

- Področje modeliranja na področju Al zlitin se razvija precej skladno z glavnimi **strateškimi dokumenti EU**.
- V prihodnosti se bo potrebno bolj posvečati spremembi v **načinu razmišljanja** in delati v smeri intenzivnejše selitve razvoja iz univerz in inštitutov v industrijo
- **ICME**: cilj je priti do celovitega simulacijskega opisa celotnih procesnih in izdelovalnih verig proizvodnje kovinskih materialov vključno z opisom materiala v uporabi v končnem izdelku
- Razvoj **metod modeliranja**, ki omogočajo bolj zvezen prehod med skalami, ki so tesno povezane s **karakterizacijo materialov** in z metodami **umetne inteligence** ter **strojnega učenja**



Fokusna področja Akcijskega načrta SRIPMATPRO: Prenova S4

Delavnice s SRIPi po 9 področjih (9 eno dnevni delavnic)	okt 2020	S4, SRIPi, relevantni resorji	<p>Razdelava:</p> <p>Bilateralni sestanki s SRIPi: za vsak SRIP pregled izhodišč in priprava komentarjev S4 k identificiranim FPT (fokusna področja in tehnologije) in produktnim smerem (PS), proučitev vmesnih izsledkov 2 študij iz merila 1 ter priprava predlogov za posamezno delavnico na kateri s posameznim SRIP-om in njihovimi člani in relevantnimi ministristvi diskusija o FPT in PS. Cilj - prve bilateralne delavnice z vsemi SRIPi izvedene do 6.11.2020.</p> <p>opravljeno</p>
Multilateralne delavnice s SRIPi	nov-dec 2020		<p>Med bilateralnimi delavnicami se je izkazalo, da so prekrivanja fokusnih področij in produktnih smeri velika in je potrebno, to izčistiti v skladu z zahtevanimi EU načeli in EDP. Zato se je 2. fazo podaljšala.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. konsolidacija oziroma prečiščenje FPT znotraj vseh SRIP 2. rešitve za preseke med SRIP (podvajanja, sinergije) 3. razmislek o umeščanju KETs in horizontal (krožno, digital)
Priprava konsolidirane tabele prioritet in fokusnih področij in tehnologij ter produktnih smeri	dec 2020	S4	<p>Na podlagi posredovanega gradiva (ki pa se še dopolnjuje) je pripravljen osnutek tabele fokusnih področij in prioritet. Gradivo je bilo predstavljeno 2.12. MIZŠ in MGRT in 8.12. še MJU. Z njihove strani pričakujemo odziv.</p>
Uskladitev stališč z MGRT, MIZŠ in MJU do predloga tabele ter predstavitev in potrditev Predloga nove Tabele prednostnih področij, FPT in PS, SRIP-om in ostalim deležnikom	jan 2021	S4, resorji, deležniki	<p>Po prejemu komentarjev, predlogov, pripomb s strani ključnih resorjev priprava konsolidirane verzije Tabele in nato predstavitev ostalim resorjem in predstavnikom podpornega okolja (SPIRIT, ARRS, SPS, Javni študentski, razvojni, invalidski in preživninski sklad RS)</p>
Javna razprava z deležniki glede področij uporabe / prioritet S4 – SRIPi, resorji za svoja področja, podporno okolje	feb - mar 2021	S4, resorji, deležniki	<p>Tretja faza procesa EDP – javna razprava (odpiranje navzven z drugimi deležniki) – ocena potrebnega časa: cca 2 meseca; temu pa sledi priprava celovitih izhodišč in obravnava / potrditev z vsemi deležniki: ocena potrebnega časa: 2 – 3 mesece</p> <p>V tabeli je podan optimističen rok – marec 2021. Ta faza lahko (odvisno od pridobljenih pripomb in potrebnega usklajevanja traja tudi dlje časa – odvisno tudi od COVID situacije) – zato je pri celotnem merilo dana ocena, da lahko traja do srede 2021</p>



Nova dejstva, ki vplivajo na akcijski načrt:

- **Strategija EU do 2030 oz. 2050 BREZOGIJIČNA DRUŽBA**
- **Slovenska strategija NEPN: novi načrt – 55 % TPG do 2030 v industriji**

Glede na sprejet cilj na ravni EU, da do leta 2050 postanemo podnebno nevtralni, z ničelnimi neto emisijami toplogrednih plinov, smo v okviru SRIP MATPRO pripravili metodologijo spremljanja emisij TGP z izračunom ogljičnega odtisa.

PUBLIKACIJA SRIPMATPRO

Toplogredni plini so ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O), fluorirani ogljikovodiki (HFC), perfluorirani ogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF₆) ter druge naravne in antropogene plinske sestavine ozračja, ki absorbirajo in ponovno oddajajo infrardeče sevanje.

Obseg 1	Obseg 2	Obseg 3
Neposredne emisije	Posredne emisije	Posredne emisije
Predmet poročanja		Opcijsko poročanje
<p>Emisije TGP, ki nastanejo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pri zgorevanju goriva v obratih podjetja, • pri uporabi vozil, ki so v lasti podjetja <p>in</p> <ul style="list-style-type: none"> • kot ubežne emisije. 	<p>Emisije TGP kupljene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • električne energije, • toplote, • pare <p>in</p> <ul style="list-style-type: none"> • hladu. 	<p><u>nabavna vrednostna veriga:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kupljeni izdelki in storitve (proizvodi), 2. Osnovna sredstva, 3. Goriva in aktivnosti povezane z rabo energije (kar ni vključeno v področje poročanja v obsegu 1 in obsegu 2) 4. Prevoz in distribucija 5. Odpadki nastali med proizvodnjo 6. Službene poti 7. Prevoz na delo 8. Najeta (osnovna) sredstva. <p><u>prodajna vrednostna veriga:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Prevoz in distribucija 10. Nadaljnja obdelava ali dodelava prodanih proizvodov 11. Uporaba prodanih proizvodov 12. Ravnanje s prodanimi izdelki po izteku njihove življenjske dobe, 13. Oddaja (osnovnih) sredstev v najem, 14. Franšize 15. Naložbe

