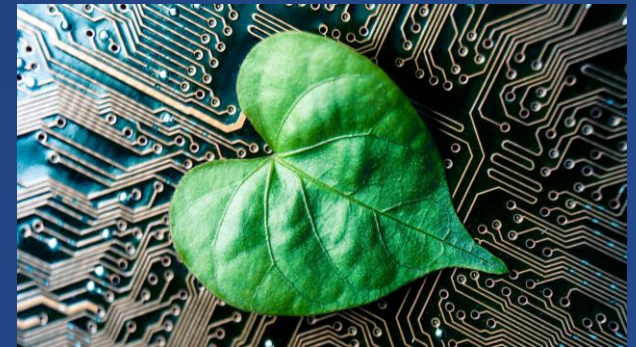


Elektronika és cirkularitás

Környezetbarát anyagok, fenntarthatóbb szemlélet

2025. 03. 05.

Dr. Géczy Attila, BME Elektronikai Technológia Tanszék
Habil. egyetemi docens



SDG – A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLOKRÓL



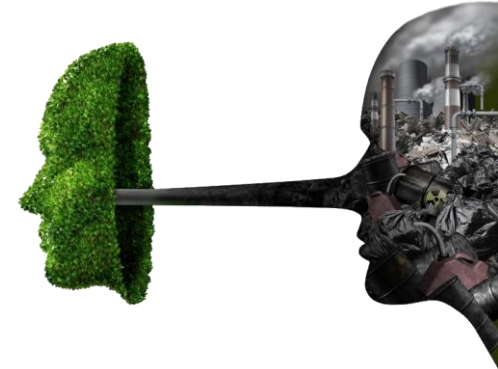
A fenntartható fejlődés lényege: a fejlődés, növekedés megtartása, úgy, hogy a következő generációnak is pontosan ugyanannyi erőforrás jusson, amennyivel mi is kezdtük a munkánkat.

Melyik érintheti a villamosmérnöki/IT iparágakat?

FENNTARTHATÓSÁG? KÖRNYEZETBARÁT TERMÉKEK?



Greenwashing?

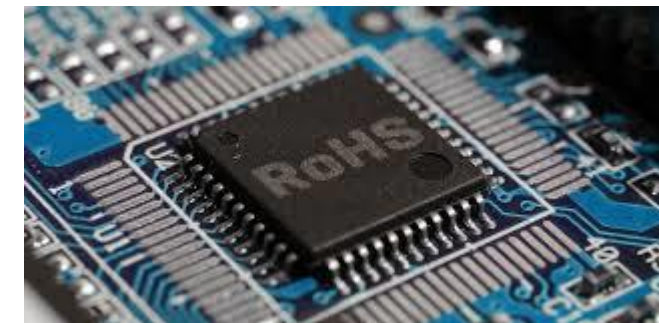


Oktatják, hogyan ismerjük fel!

Tipikus példa a kommersz termékek világa.

AZ ELEKTRONIKÁBAN TÖRTÉNTÉK KOMOLY VÁLTOZÁSOK:

A 2002/95/EK irányelv tilalmat rendelt el az **ólom**, a **higany**, a **kadmium**, a hat vegyértékű **króm**, a polibrómozott bifenilek (**PBB**) és a polibrómozott difenil-éterek (**PBDE**) alkalmazására a 2006. július 1-jétől forgalomba hozott elektromos és elektronikus berendezésekben. A mentességek időszakonként felülvizsgálatra kerültek, a tudományos és műszaki fejlődés mentén.



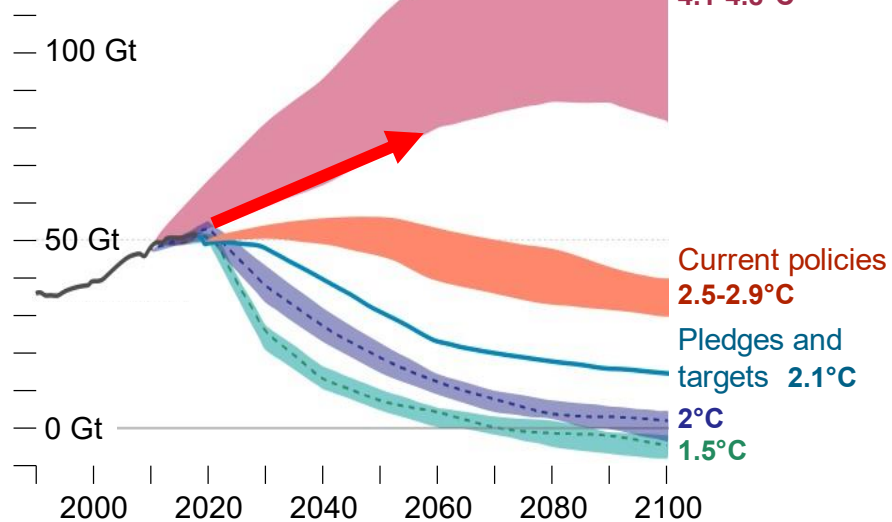
FENNTARTHATÓSÁG – CO₂ KIBOCSÁJTÁS

Kurrens kérdéskör!

Hogy tudja a mikroelektronikai ipar korlátozni a gyártás impaktját, és a felelősebb alkalmazások valamint alkalmazók felé terelni a világot?

Üvegházhatású gázok kibocsátása.

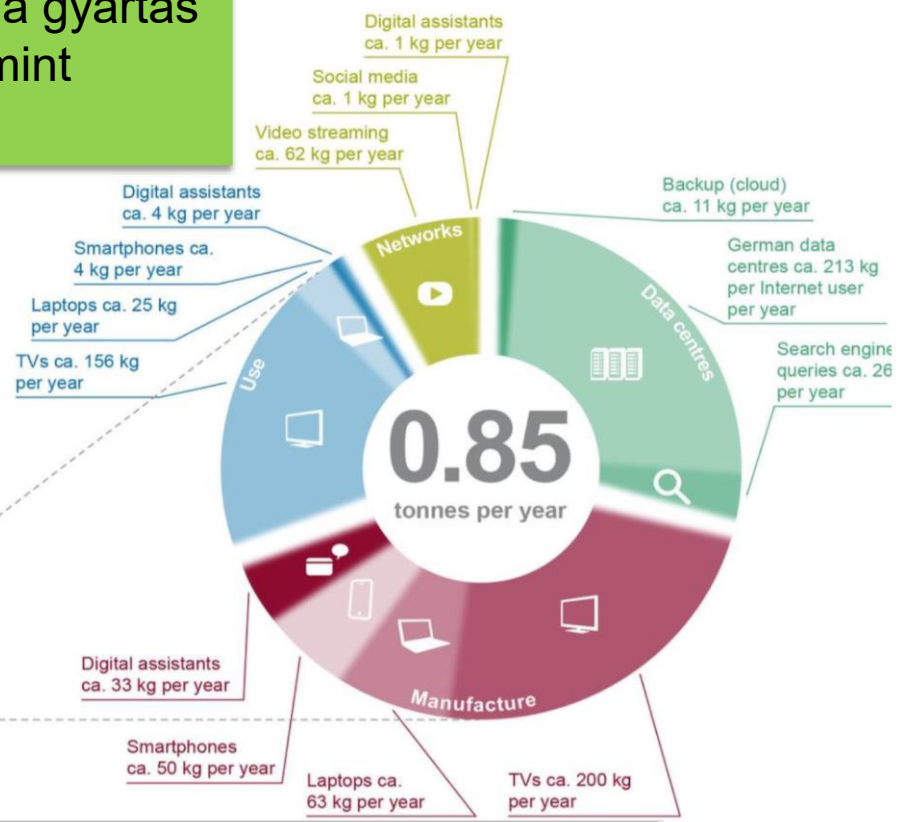
Annual emissions in CO₂-equivalent gigatonnes



12
Currently 12 tonnes of CO₂ per person per year in Germany

2 tonnes of CO₂ would be climate-friendly

0.85 tonnes of CO₂ from information technology alone



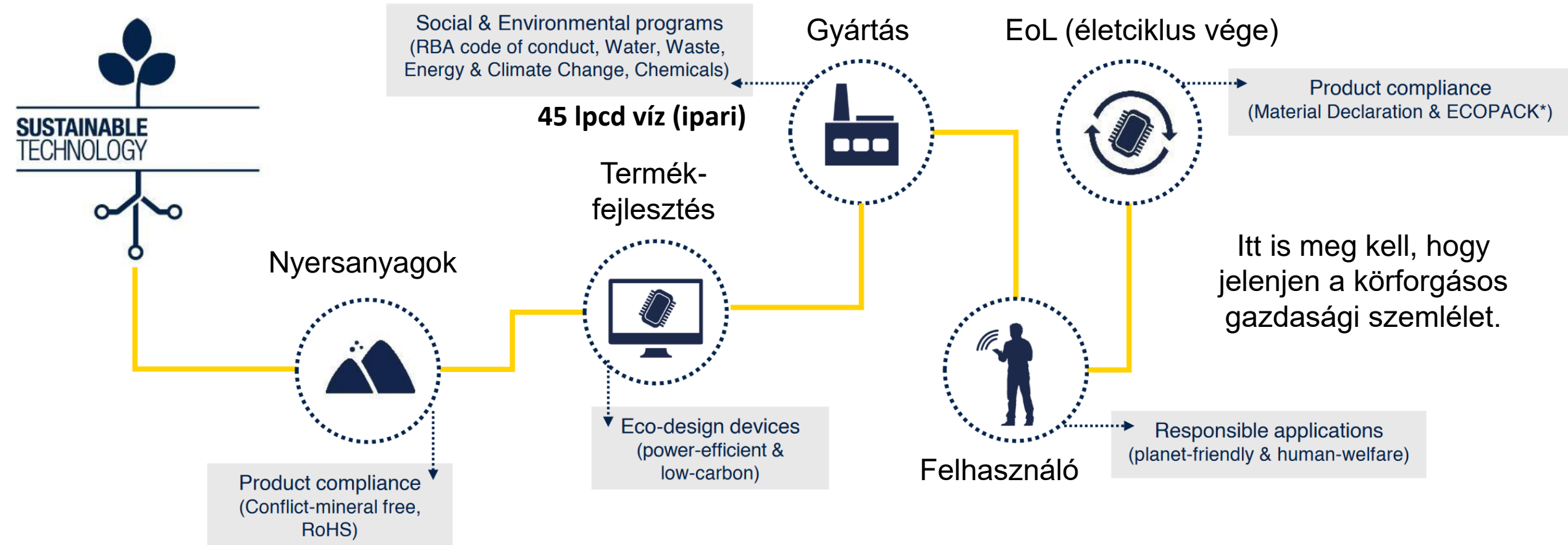
SOURCE: [HTTPS://BLOG.OEKO.DE/DIGITALER-CO2-FUSSABDRUCK](https://blog.oeko.de/digitaler-co2-fussabdruck). DIAGRAM: ÖKO-INSTITUT 2019, CC BY-SA

IT és elektronikai iparág kibocsátásai. Saját „házunk tájéka”.



FENNTARTHATÓSÁG – IPARI PÉLDA

ST Microelectronics előadásából kiemelve.

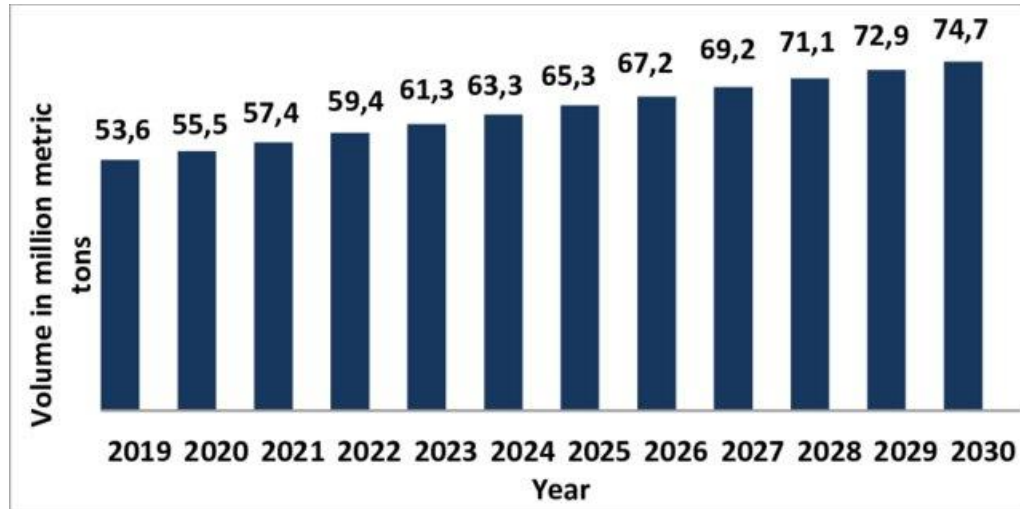


„ZÖLD ELEKTRONIKA” – TOVÁBBI MOTIVÁCIÓK

- **Trend:** Növekedő e-hulladék mennyiség;
- Jelenleg: **üvegszál + epoxi (PCB, NYÁK);**



Bio-alapú hordozók: Lehetséges jövőbeli megoldás a műanyagok kiváltására

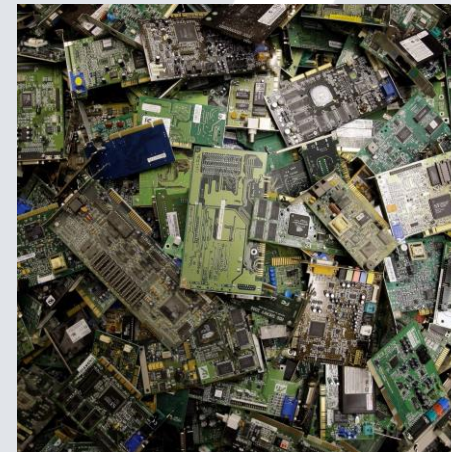


Zamtinah et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. **2111** 012021

- A fenti számoknak akár 10% az áramköri hordozó.
- **10-30% fém frakció | 90-70% az epoxi anyag.**

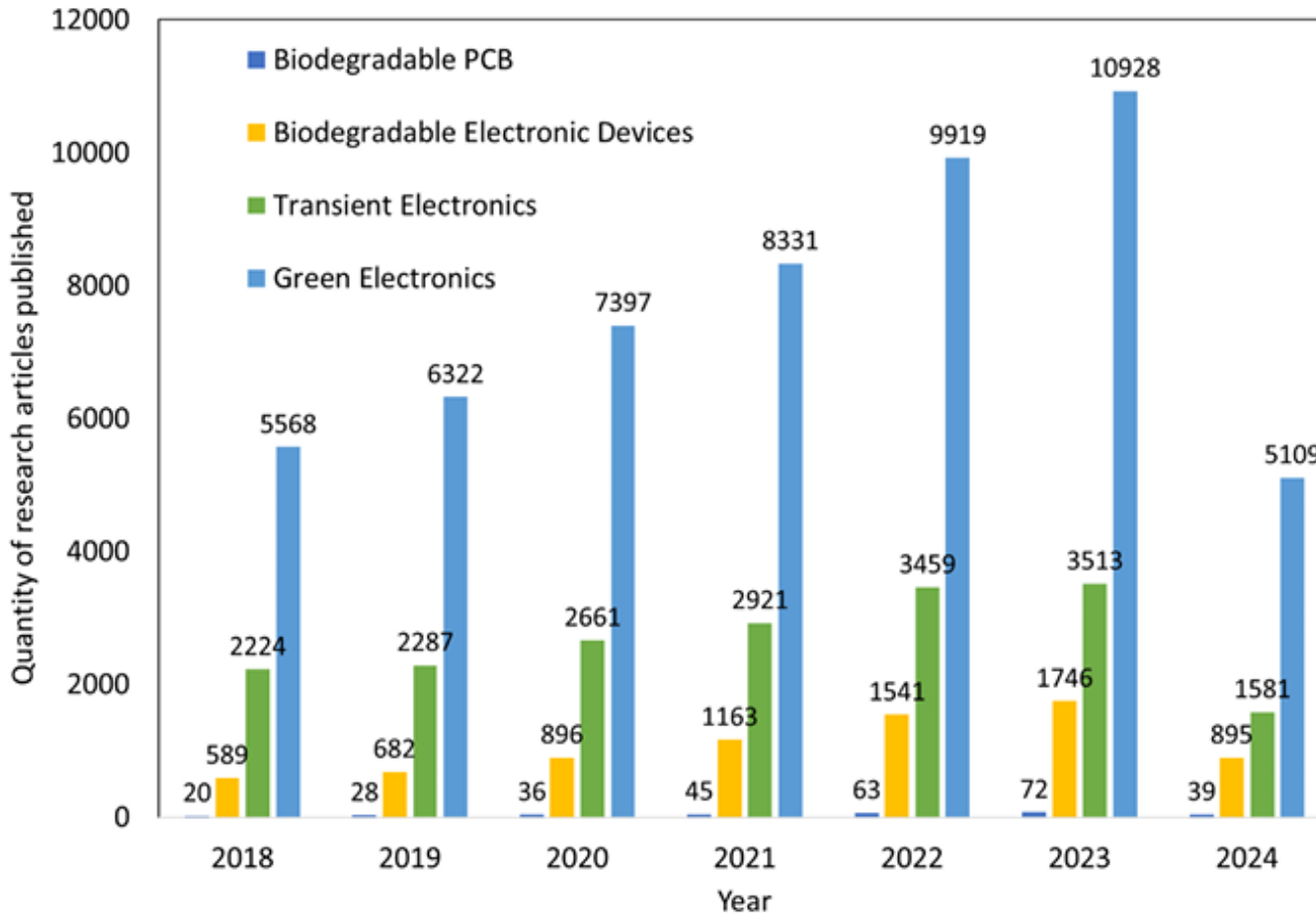


E-hulladék / BIO-hordozók (Soluboard)

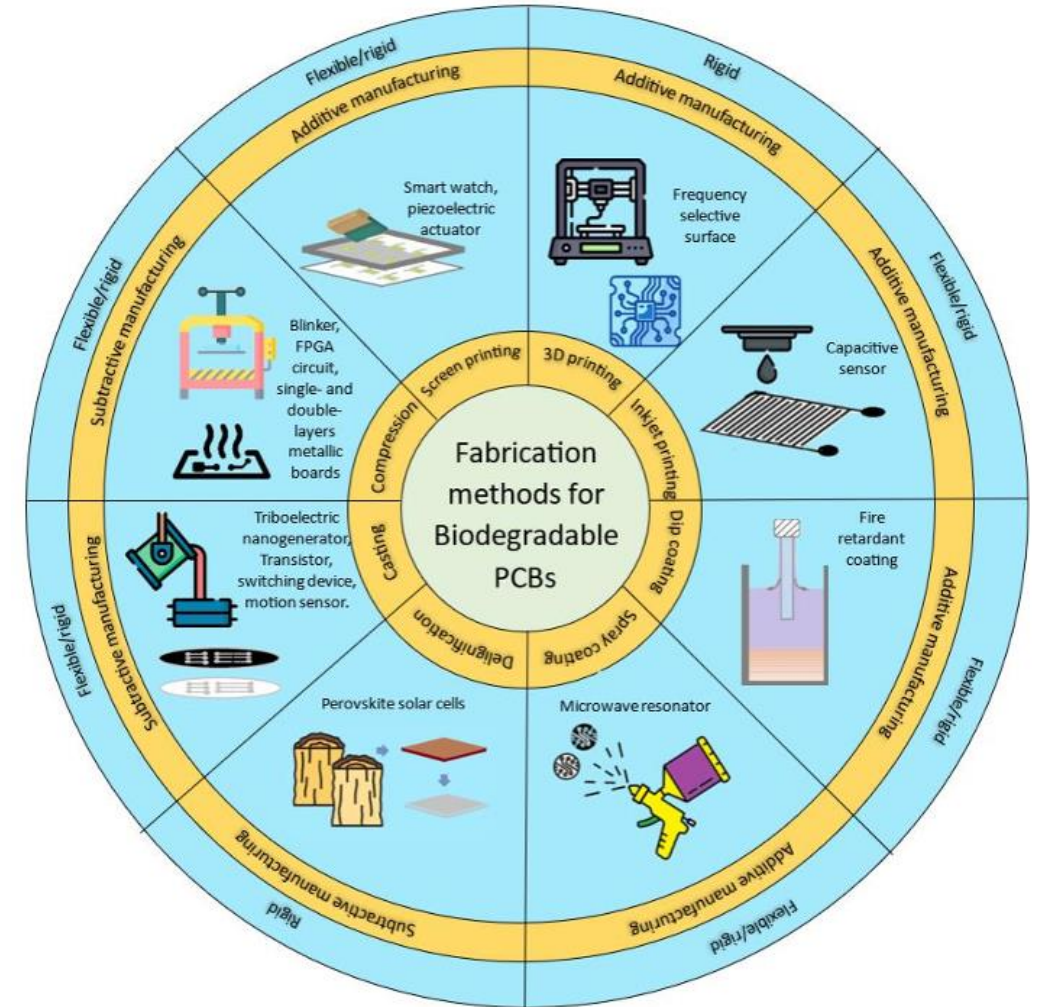


- **Legyen:**
- **Bio-forrásból!**
- **Komposztálható!**
- **Kompatibilis!**
- **Cirkuláris!**

PÉLDA – IRODALOM ÉS A ZÖLD ELEKTRONIKA



C. Y. S. N. A. Soon, „Advancements in Biodegradable Printed Circuit Boards: Review of Material Properties, Fabrication Methods, Applications and Challenges,” 2024.



FENNTARTHATÓ ALAPANYAG

- Klasszikus áramköri technológiákra alapozunk.
- Új kompozitanyagok (hazai fejlesztés).
- Szálerősítés és égésgátlás.

„ZÖLD” laminátum készítése

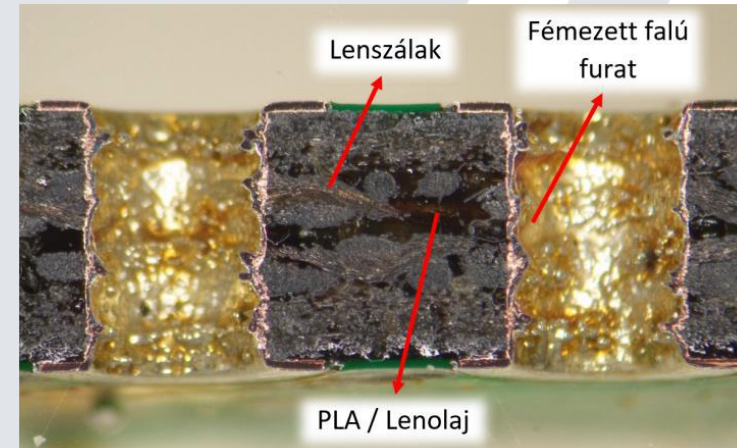
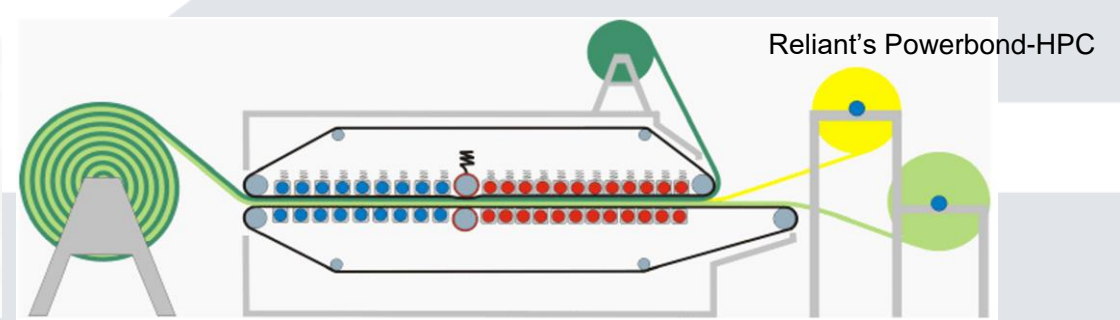


Szubtraktív PCB gyártás

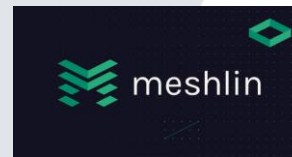


Kompatibilis felületszerelés (SMT)

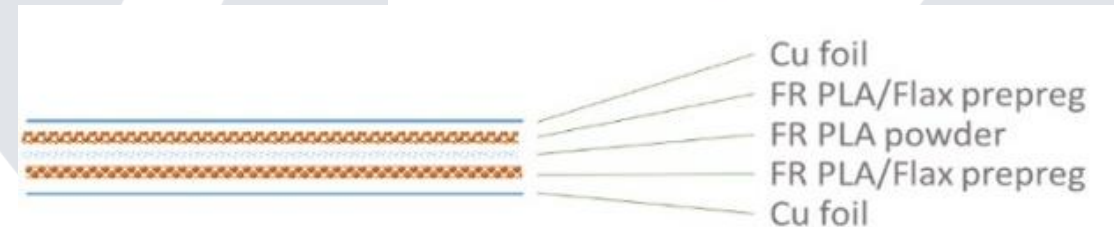
Tradicionális folyamatokkal kompatibilis módon.



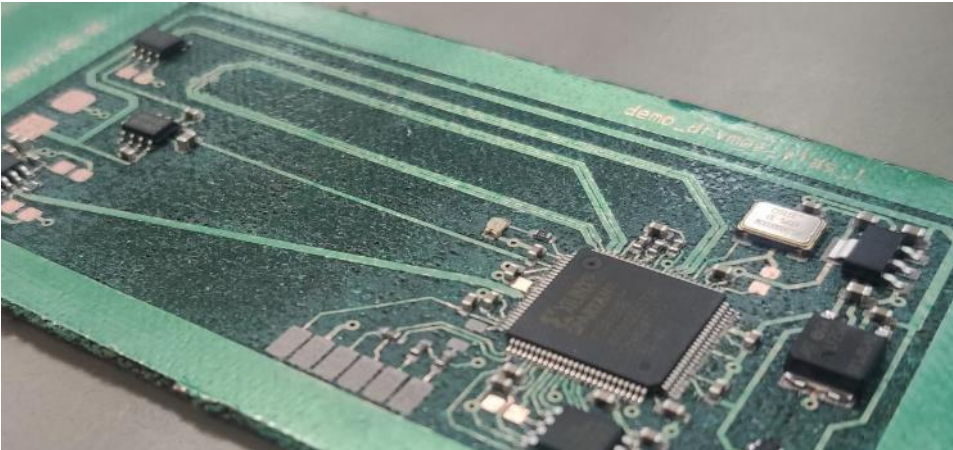
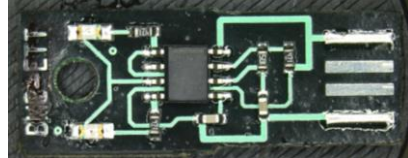
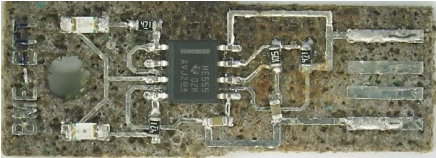
MESHINING Engineering **M^e**



Len-laminátum

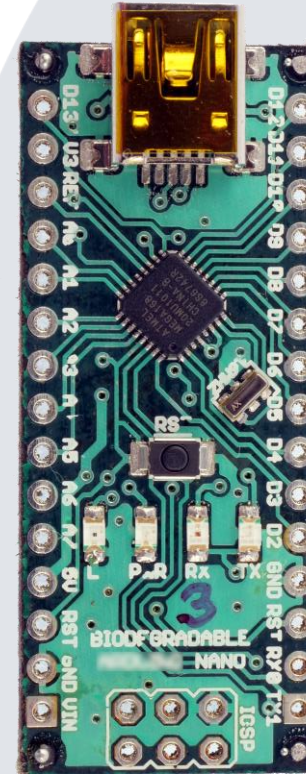


SAJÁT EREDMÉNYEK:

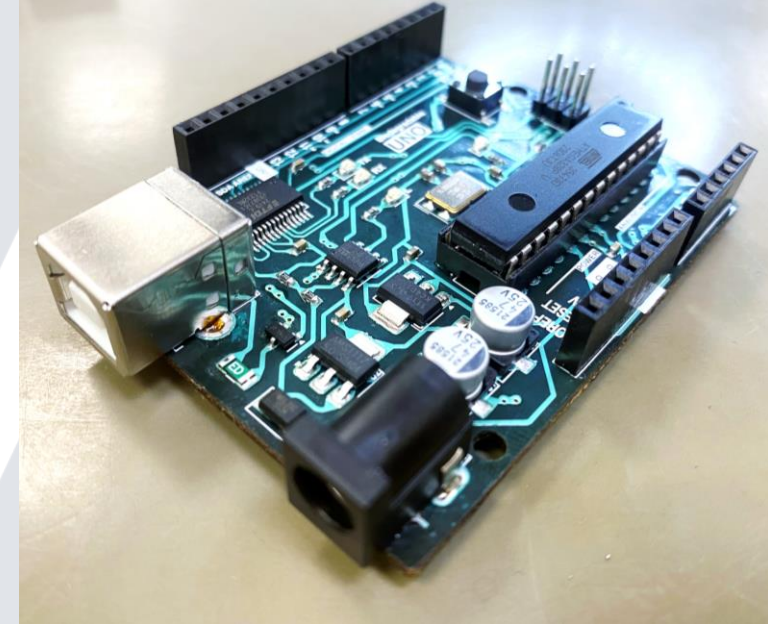


Fent: ETT villogó áramkörök (helló világ)
Lent: FPGA áramkör (nagyfrekvenciás tesztek)

Körülbelül 70-90 wt% (alkatrészek függvényében) komposztálható –
maradék begyűjthető.



Arduino nano klón

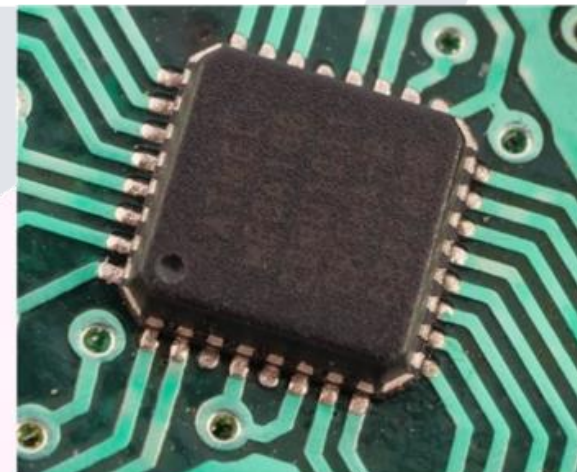


Arduino Uno
újratervezés

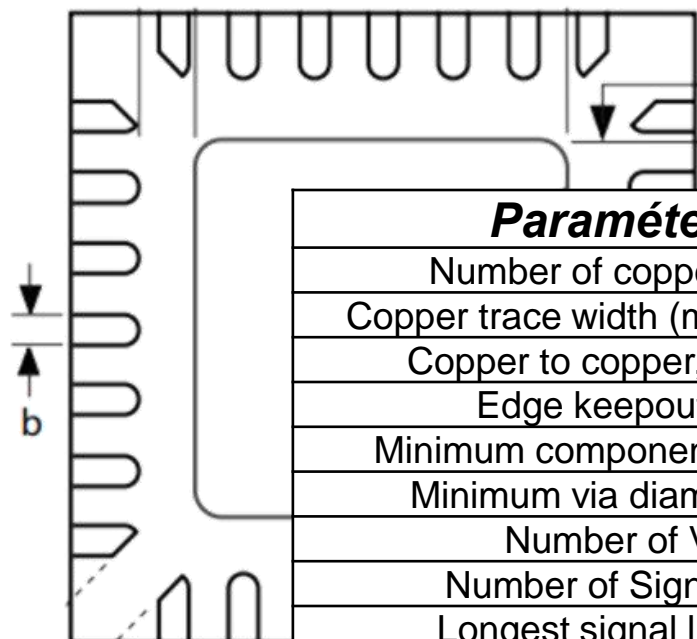
A tervek nyílt „forráskódúak”.

SZERELÉSI ASPEKTUSOK – HOL TARTUNK?

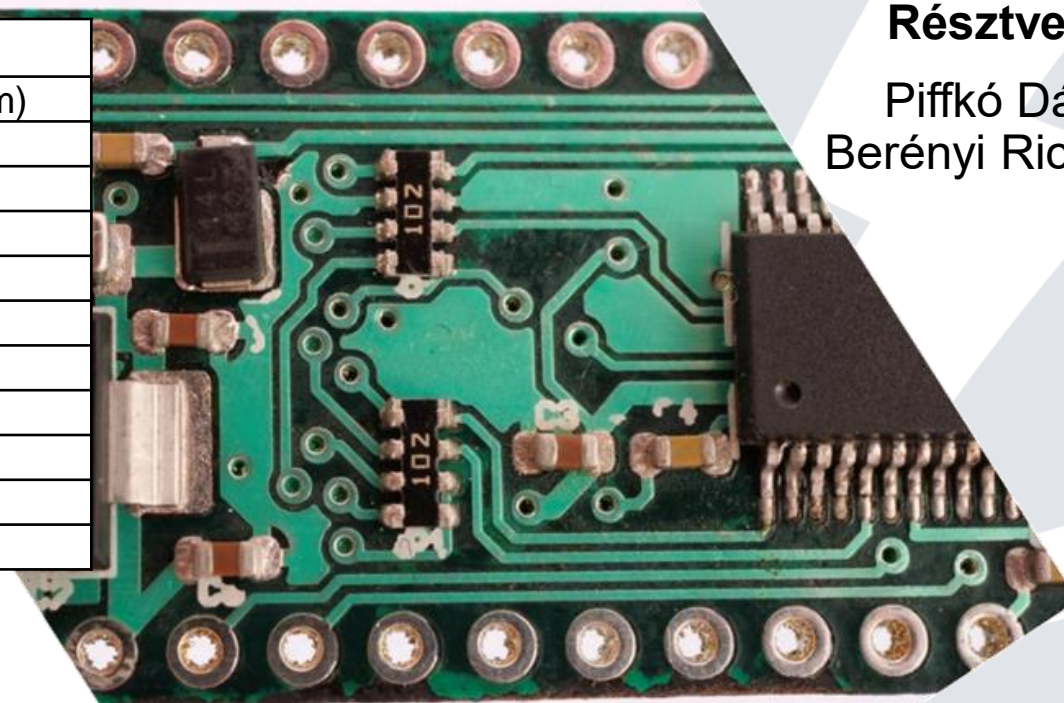
- 2 oldalas SMT + THT szerelés
- **ATMEGA168P-20MU : QFN tokozás**
- Passzív alkatrészecskék: 0603 méretkód (1.5mm x 0.8mm)



- Padméret; b: 170um
- Rasztertávolság; e: 450um



<i>Paraméterek</i>	<i>Értékek</i>
Number of copper layers	2 (top and bottom)
Copper trace width (min), mm (mil)	0.254 (10 mil)
Copper to copper, mm (mil)	0.203 (8 mil)
Edge keepout, mm	0.4 mm
Minimum component pitch, mm	0.5 mm
Minimum via diameter, mm	0.5 mm
Number of Vias	41
Number of Signal lines	43
Longest signal line, mm	82.85
Number of Pads	125
Size of the board, mm	43.2 x 18



Résztevők:
Piffkó Dániel,
Berényi Richárd

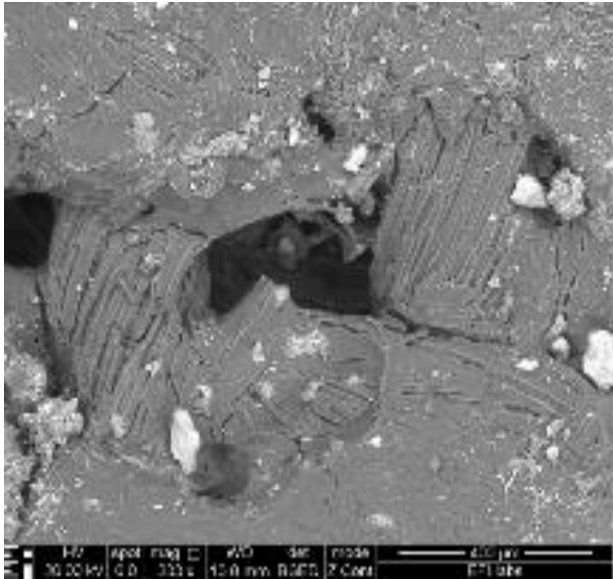
„JUST ENOUGH TECHNOLOGY”

Éppen elég technológia, éppen elég az adott feladatra. – D. Cuartielles (Arduino)

- Pontosan **annyi erőforrást** használjunk, pontosan **annyira összetett folyamatokat és anyagokat** válasszunk, ami a feladat elvégzéséhez szükséges.
- Olyan minősége és megbízhatósága legyen az eszközeinknek, amelyek az adott feladatra éppen elég.
- Nem minden ipari ágazatra működik, de sok elektronikai termékre működhet – vizsgálni kell a szemlélet alkalmazhatóságát!
- Egyszerűsítésnek tűnhet kutatás-fejlesztés szempontjából, de nem az, minden technológiai vonatkozást meg kell vizsgálni, hasonlóképpen, mint pl. magas igényű elektronikáknál!
- „Tiny, distributed and Eco-Optimized” – environmentally friendly ML devices: DOI: [10.1109/SEC62691.2024.00050](https://doi.org/10.1109/SEC62691.2024.00050)



TECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATAINK



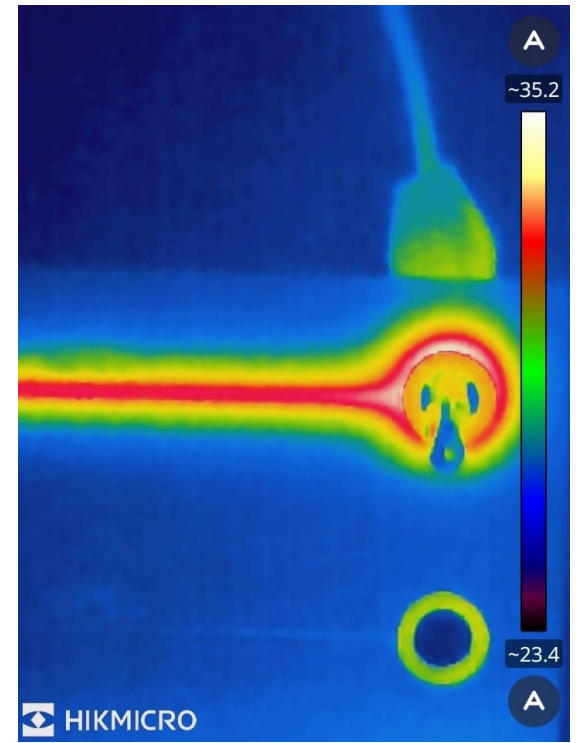
Lebonthatóság (ipari és kerti komposztban)



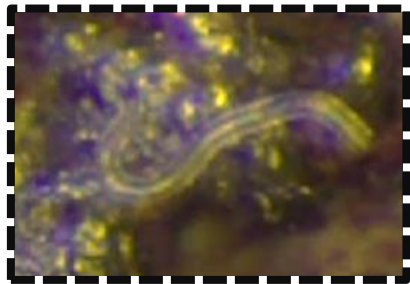
Klimatikus hatások, Frekvenciatartomány.



Suborbitals „Bírja-e?”



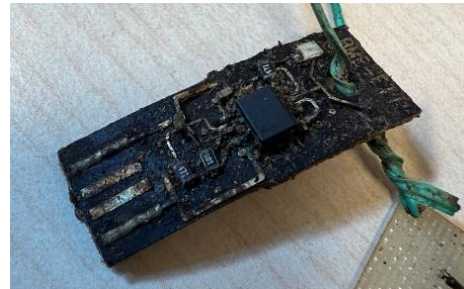
IPC-2152 Áram-hőmérséklet



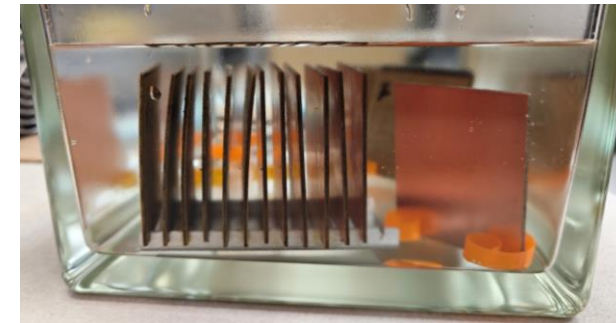
Mikroorganizmus



Labor komposzt

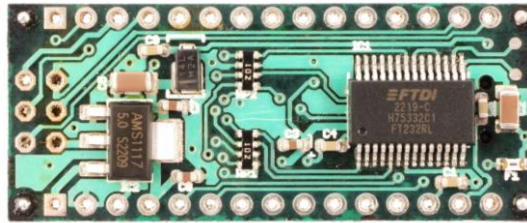


Alkatrész/réz visszanyerése



Vízfelvételteszt





Megjelenéseink 2024 szeptembere óta:

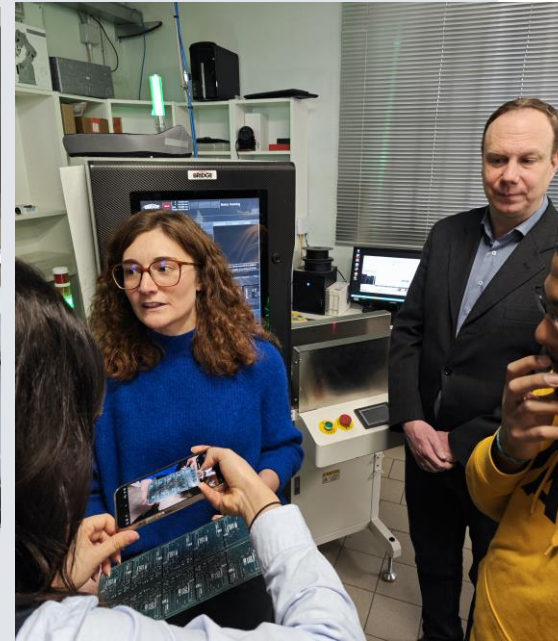


David Cuartilles – Arduino (co-founder)

2025. Május 14. a VIK-en is!



Kick-off meeting
2024, szeptember
Grenoble, FR



2025 január
Alba PCB és Arduino (IT)

BME FENNTARTHATÓSÁGI PANEL

Széles körben dolgozunk és figyeljük az igényeket.

Felügyeli: Dr. Levendovszky János egyet. tan. kut. és innov. rekt. hely.

Szakmai felelős: Dr. Keglevich György egyet. tan.

Senior advisor: Dr. Kaderják Péter Zéró Karbon Int. igazg.

Energetika

+

vízügyek

Építészmérnöki Kar

Építőmérnöki Kar

Természettudományi Kar

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

– Dr Harmathy Norbert

– Dr Szalay Zsuzsa

– Dr Orosz Gergely

– Dr Géczy Attila

Hulladék

Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar

Gépésmérnöki Kar

– Dr Feigl Viktória

– Dr Gere Dániel

Közlekedés

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

– Dr Esztergár-Kiss Domokos

Szolgáltatás

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

Kancellária

– Dr Buzási Attila

– Kovács Klára



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanszék munkatársainak!

EFI-LABS (Rigler Dániel, Sáfár Balázs) | UniPCB Kft | Gyenizse Lívia,
Czaun Réka, Piffkó Dániel, Havellant Gergő, Csapody Ádám

BME PT: Gere Dániel | BME VET: Tamus Ádám Zoltán
Grenoble INP: Pascal Xavier, Vincent Grennerat.
Meshlin/Meshining: Csiszár András
Arduino: David Cuartilles, Jose Garcia Dotel

+ Mindenki, aki dolgozik a témán.

Üzenet: az „éppen elég” szemlélet a kódra,
energiára, alkalmazásra is kiterjed. A
fenntarthatóság a megszokottól eltérő
megközelítést vár mindenkitől a szakmában.
(Várunk mindenkit május 14-én!)

