



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj  
Operační program Podnikání  
a inovace pro konkurenceschopnost



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU

# Strategická výzkumná agenda České technologické platformy pro aditivní výrobu Klastru MECHATRONIKA, z.s.

Aktualizováno: 2022



## Obsah:

Úvod	3
Základní údaje České technologické platformy pro aditivní výrobu Klastru MECHATRONIKA	3
Představení platformy	4
Vznik SVA	5
Současný stav na trhu aditivní výroby	5
Výzkumná témata SVA	9
Analytická část	9
Téma 1 – Příprava analýzy shrnující foresight v oboru aditivních technologií	10
Téma 2 - Technologie a procesy aditivní výroby	11
Téma 3 – Materiály a výrobky	15
Téma 4 – Ekonomické, environmentální a sociální výzvy	16
Téma 5 – Podpora rozvoje oboru a oborových firem v ČR a EU	18
Navázání mezioborové spolupráce	19
Závěr	19



## Úvod

### Seznam zkratk a pojmů

AM – Additive manufacturing (aditivní výroba)

AT – Aditivní technologie

ČTPAV – Česká technologická platforma pro aditivní výrobu

ETP – Evropská technologická platforma

IAP – Implementační akční plán

KM – Klastř MECHATRONIKA, z.s.

OPPIK – Operační program Podnikání a Inovace pro konkurenceschopnost

OPTAK – Operační program Technologie a Aplikace pro Konkurenceschopnost

Projekty VaV – Projekty výzkumu a vývoje

Průmysl 4.0. – Čtvrtá průmyslová revoluce spojená s trendem digitalizace

RM – Roadmapa/cestovní mapa

SVA – Strategická výzkumná agenda

VO – Výzkumná organizace

## Základní údaje České technologické platformy pro aditivní výrobu Klastru MECHATRONIKA

Název:	Česká technologická platforma pro aditivní výrobu
Zkratka:	ČTPAV
Vznik spolku:	2011
Právní forma:	organizační složka zapsaného spolku
Sídlo:	Průmyslová 1298, 33441 Dobřany
Kontaktní osoba:	prof. Ing. Jan Džugan, Ph.D.



## Představení platformy

Činností platformy jsou aktivity vedoucí k podpoře inovací a zvýšení konkurenceschopnosti v rámci oboru aditivní výroby (AV). Primárně jsou aktivity platformy zaměřeny na podporu českých podniků a výzkumných organizací. Platforma rozvíjí především následující činnosti:

- a) vytvářet efektivní podmínky pro spolupráci a vazby mezi výzkumem, vývojem a průmyslem v oboru aditivní výroby, a to a především prostřednictvím iniciace a řešení vědeckotechnických výzkumů a jejich implementace v podnicích;
- b) zvyšovat konkurenceschopnost zapojených firem a českého hospodářství v oblasti aditivní výroby;
- c) podporovat aktivity související s výzkumem, vývojem a zaváděním nových technologií v aditivní výrobě;
- d) podporovat a rozvíjet mezinárodní spolupráci v oblasti aditivní výroby;
- e) podporovat a propagovat inovační aktivity a vědeckotechnický rozvoj v oblasti aditivní výroby;
- f) podporovat, hájit a prosazovat oprávněné zájmy svých členů s cílem vytváření vhodného prostředí pro uplatňování moderních technologií s cílem zvyšování jejich konkurenceschopnosti;
- g) propagovat programy zaměřené na podporu inovačních aktivit a vědeckotechnického rozvoje v tomto oboru;
- h) všestranně podporovat členy Platformy v oblasti získávání zdrojů z evropských a národních fondů a institucí pro zajištění výše uvedených cílů;
- i) podporovat vědeckých, výzkumných a vývojových prací v oboru aditivní výroby;
- j) pořádat vzdělávací a odborné akce (konference, semináře, panelové diskuse apod);
- k) sledovat a vyhodnocovat aktivity v oblasti výzkumu, vývoje a zavádění nových technologií aditivní výroby;
- l) prohlubovat spolupráci s dalšími evropskými platformami, především Evropské technologické platformy Manufuture a její subplatformy AM-platform
- m) zapojovat se do realizace hlavních činností ETP, a to zejména:
  - a. zpracováním vize rozvoje tohoto oboru v podmínkách ČR
  - b. návrhem strategie pro rozvoj oblasti aditivní výroby
  - c. vypracováním dokumentů Strategické výzkumné agendy a Implementačního akčního plánu oblasti aditivní výroby
  - d. spoluprací s dotčenými subjekty při vytváření politiky a právních předpisů sloužících k povzbuzení inovačních aktivit

Strategie pro dosažení těchto cílů je popsána v základních dokumentech platformy, které jsou veřejně dostupné na internetových stránkách platformy.

Strategická výzkumná agenda popisuje aktuální stav oboru, jednotlivých projektů a nutných výzkumných aktivit pro dosažení cílů platformy a rozvoje oboru AM. IAP odpovídá především na požadavky výzvy OPPIK – Spolupráce – Technologické platformy – Výzva IV. Posláním IAP je vydefinovat aktivity ČTPAV v rámci období realizace projektu i po něm.

RM – Cestovní mapa je strategickým dokumentem s výhledem na 10 let, který shrnuje aktuální a požadovaný stav implementace aditivních technologií v průmyslu a obecně ve společnosti. RM byla



vytvořena v rámci projektu ČTPAV (reg. č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20\_369/0025091) v úzké spolupráci s britským Centre of Excellence při ASTM. První verze RM byla vydána a zveřejněna v říjnu 2022. První plánovaná revize (podle zadání zmíněného projektu) se plánuje v červnu 2023.

## Vznik SVA

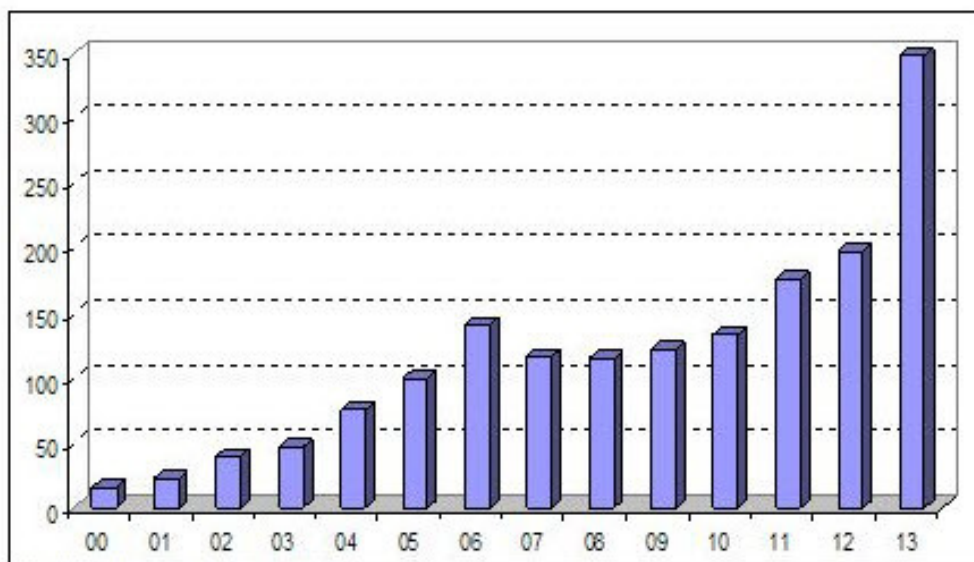
Organizační tým ve spolupráci s odborníky členské základny a partnerskými subjekty vypracoval SVA v předkládaném znění. Organizační tým dále průběžně aktualizuje SVA, tak aby potvrdila aktivity platformy, které budou následně každý rok aktualizovány.

Obor AM jako součást Průmyslu 4.0 je velmi dynamickým, proto je třeba provádět aktualizaci klíčových dokumentů včetně této SVA v pravidelných intervalech. SVA je v aktualizované podobě přístupná na internetových stránkách ČTPAV.

## Současný stav na trhu aditivní výroby

Oblast aditivní výroby je v současnosti trhem s velmi dynamickým růstem. Níže jsou uvedena některá statistická data čerpaná z různých studií.

Např. společnost Wohlers Associates sleduje trh s 3D tiskárnami, které vyrábějí kovové součásti, 14 let. Následující graf ukazuje, že v roce 2013 bylo prodáno 348 3D tiskáren ve srovnání se 198 v roce 2012 - nárůst o působivých 75,8 %.

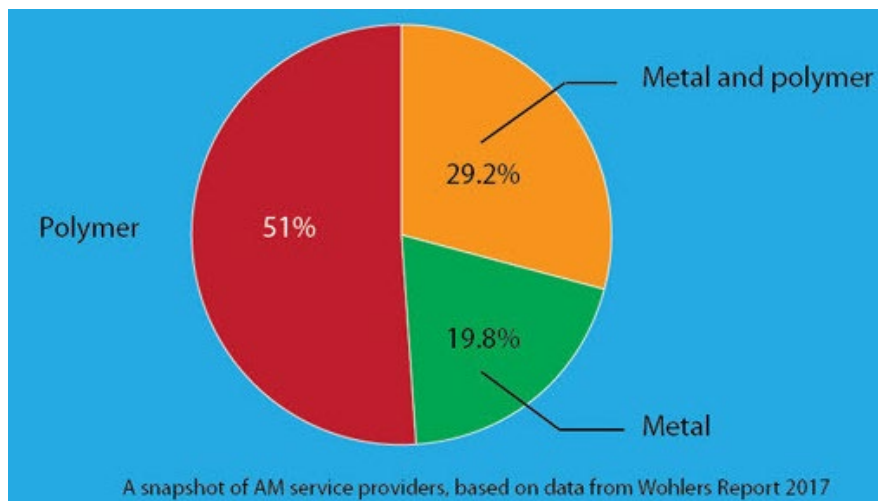


Source: Wohlers Report 2014

*Prodej 3D tiskáren na kovové součásti od roku 2000 do roku 2013*



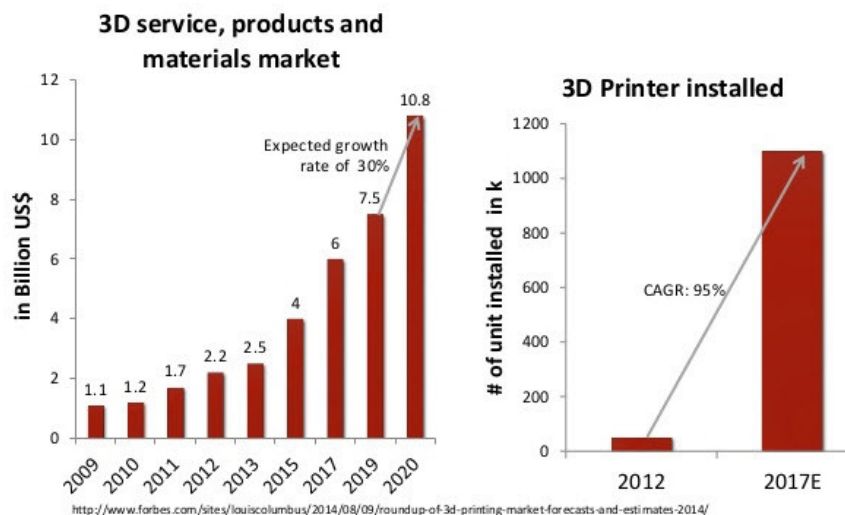
Z hlediska používaných materiálů stále nejvíce dominují plasty, nicméně podíl kovů stále roste.



Podíl účelu prodaných 3D tiskáren podle materiálů

V roce 2016 celosvětově vzrostly tržby z aditivního zpracovatelského průmyslu o 17,4 % a dosáhly 6,063 miliardy USD. Budoucí vývoj předpovídá další dynamický růst. Forbes v roce 2014 předpovídal, že do roku 2020 dojde k růstu tržeb až na 10,8 miliardy USD, při meziročním přírůstku 30 % mezi roky 2019–2020.

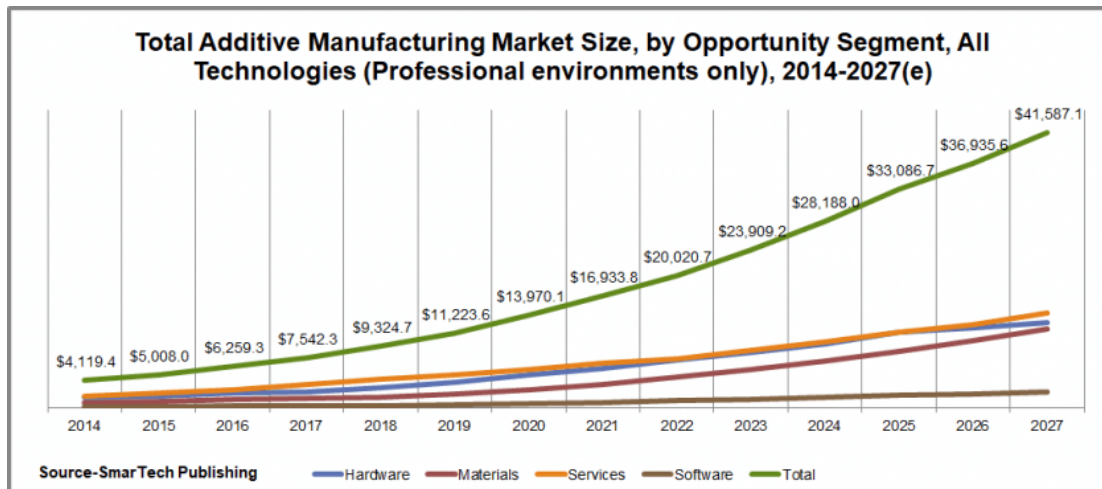
### Additive manufacturing market (III)



Vývoj růstu tržeb na trhu AM mezi lety 2009–2020 (Forbes 2014)

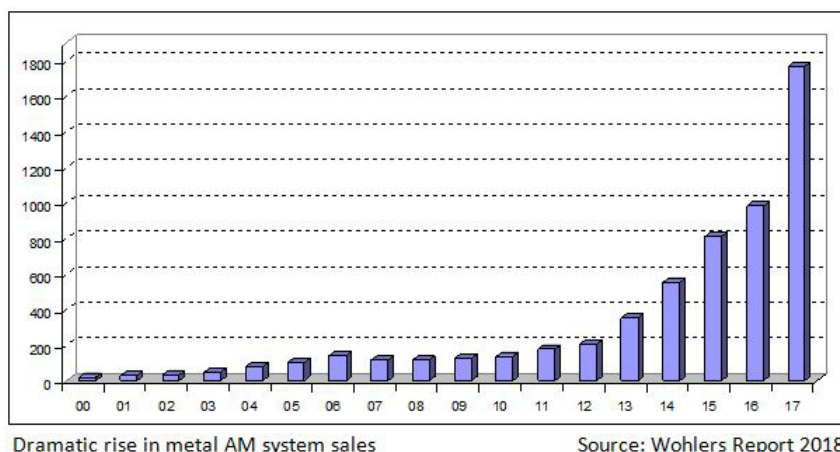


Další analytici předpovídají ještě výraznější růst – např. Deloitte:



*Odhad růstu tržeb v trhu AM mezi lety 2014–2027*

S tržbami roste samozřejmě i počet prodaných strojů pro 3D tisk. Podle Wohlers Associates dochází zejména v posledních letech k dramatickému růstu prodaných strojů pro 3D tisk na bázi kovů (viz graf dole).



*Vývoj počtu prodaných 3D tiskáren (2000–2018)*

Podle zprávy společnosti Wohlers 2018 pro průzkum trhu 3D tisku, bylo v roce 2017 prodáno odhadem 1 768 kovových tiskáren AM ve srovnání s 983 systémy v roce 2016 - významný skok téměř o 80 %. Kromě toho v tomto roce výrazně vzrostl prodej kovových materiálů. Zatímco trh s AM polymery v roce 2017 vzrostl o 22,5 %, poptávka po kovových materiálech ve stejném časovém období vyskočila o 44,6 %, což naznačuje rostoucí zájem o technologii 3D tisku na bázi kovů.

Pro pochopení českého trhu a průmyslového využití aditivních technologií je důležitý také průzkum, který si nechala v roce 2020 vypracovat soukromá společnost 3DWiser, s jehož výstupy ČTPAV také pracovala při tvorbě RM.

Ze všech výše zmíněných materiálů je zřetelné, že AM je prudce rostoucím trhem a vznik a dobré fungování platform, které se tímto odvětvím zabývají, jsou velmi důležité.



V průběhu roku 2020 byla v rámci projektu SAM (Sector Skills Strategy in Additive Manufacturing) vyhlášena strategie „European AM Skills Strategy“, do níž se zapojila také ČTPAV. Tato strategie shrnuje aktuální stav AM na evropské úrovni, definuje aktuální problémy a výzvy, se kterými se obor AM potýká a navrhuje vhodná opatření pro následující období.

Tato strategie definuje 7 aktuálních výzev, které komplikují zavádění AM technologií, a zároveň předkládá pro každou z těchto výzev několik návrhů, které by měly přispět k jejímu zvládnutí a tím podpořit rozvoj AT v širším měřítku.

- ⑦ nesoulad mezi potřebami průmyslu a nabídkou vzdělávacích programů
- ⑦ konkurence mezi vysoce kvalifikované pracovníky a současný nedostatek znalostí AM u stávajících pracovníků / studentů
- ⑦ málo školicích center, která se zaměřují konkrétně na AM
- ⑦ specifické sektorové a procesní požadavky na AM, které se odráží také v požadované kvalifikaci odborníků
- ⑦ rychlý vývoj technologií a průmyslu
- ⑦ nedostatek znalostí o AM především u mladé generace
- ⑦ potřeba silnější infrastruktury v oblasti školení a vzdělávání pro AM

Všechny tyto výzvy jsou důležité i pro vývoj AM v České republice, proto jsou zahrnuty také v této aktualizaci SVA a v aktuálním Implementačním akčním plánu ČTPAV.



Figure 1 – AM Gap Drivers and Objectives

### Přehled hlavních výzev AM dle Roadmap SAM 2020





## Výzkumná témata SVA

SVA se zabývá rozvojem oboru aditivních technologií v České republice a také konkrétními pilotními úkoly a projekty členů/ zájemců, vycházejících z definované problematiky. Ta je vždy představena v základních postupných bodech, jak je naznačeno níže.

- ④ Aktuální stav problému
- ④ Předpokládaný vývoj situace / odvětví
- ④ Témata vhodná k výzkumu, k vývoji, k inovačním projektům a spolupráci
- ④ Hlavní potenciální účastníci – veřejná / soukromá sféra
- ④ Formy financování (dotační zdroje/ komerční uplatnění)
- ④ Role ČTPAV

### Témata:

- ④ Téma 1 – Příprava analýzy shrnující foresight v oboru aditivních technologií
- ④ Téma 2 – Technologie a procesy aditivní výroby
- ④ Téma 3 – Materiály a výrobky
- ④ Téma 4 – Ekonomické, enviromentální a sociální výzvy
- ④ Téma 5 – Podpora rozvoje oboru a oborových firem v ČR a EU

Výše uvedená témata byla vybrána především s ohledem na zájmy stávajících členů Platformy a podle současných trendů v oboru. V rámci průběžných aktualizací budou dále rozvíjeny, případně doplněny.

## Analytická část

Analytická část popisuje konkrétní problémy identifikované členy ČTPAV jako stěžejní témata, kterými se bude platforma ve střednědobém horizontu zabývat, v poslední části vždy představuje způsob zapojení ČTPAV a hlavní nositele / realizátory úkolů, jejichž postup je dále rozveden v implementačním akčním plánu a vychází z něj také konkrétní identifikované inovativní projekty, které bude platforma v rámci své činnosti iniciovat a podporovat. Role ČTPAV spočívá také ve spolupráci s evropskými a mezinárodními partnery a jejich aktuálně řešenými projekty tak, aby pomáhala průmyslu v ČR udržet krok s aktuálními trendy a vývojem.



## Téma 1 – Příprava analýzy shrnující foresight v oboru aditivních technologií

### Současný stav

Vzhledem ke skutečnosti, že AM je velmi dynamicky se rozšiřující odvětví, je nutné sledovat decentralizované aktivity a projekty jednotlivých podniků a výrobců. Jedná se jak o výrobní firmy soustředící se na návrh a konstrukci zařízení pro výrobu součástí aditivními technologiemi, tak i na firmy, které tato zařízení využívají.

### Předpokládaný vývoj v oblasti

AM prochází velmi intenzivním a dynamickým technologickým rozvojem. Tím nabývá velmi zásadního ekonomického významu a bude zasahovat stále do více průmyslových odvětví. Dlouhou dobu byly tyto technologie používány spíše pro vytváření prototypů, pro lepší představu a navrhování sériových linek konečných produktů. Se zvyšující se efektivitou výroby a klesajícími cenami vstupních materiálů se v současnosti již přechází i k sériové výrobě konečných produktů a tento trend se bude jistě dále rozšiřovat.

Pro úspěšné řešení problematiky je nezbytné provést detailní analýzu současného stavu odvětví AM.

### Hlavní potenciální účastníci – veřejná/soukromá sféra

Členové kladru, průmysloví a výzkumní partneři zapojení do společných projektů VaV, další klustry v rámci EU.

### Formy financování

Dotace – národní a nadnárodní projekty, vlastní zdroje platformy (kladru), vlastní zdroje členů platformy

### Role ČTPAV

V rámci činnosti platformy je tvořena detailní analýza budoucího vývoje oboru aditivních technologií. Výstupy budou následně diskutovány a použity v oborových, strategických dokumentech a využívány při přípravě jednotlivých projektů v oblasti AM. Problematikou se v rámci platformy zabývá především výkonný výbor a jím pověřená projektová skupina.



## Téma 2 - Technologie a procesy aditivní výroby

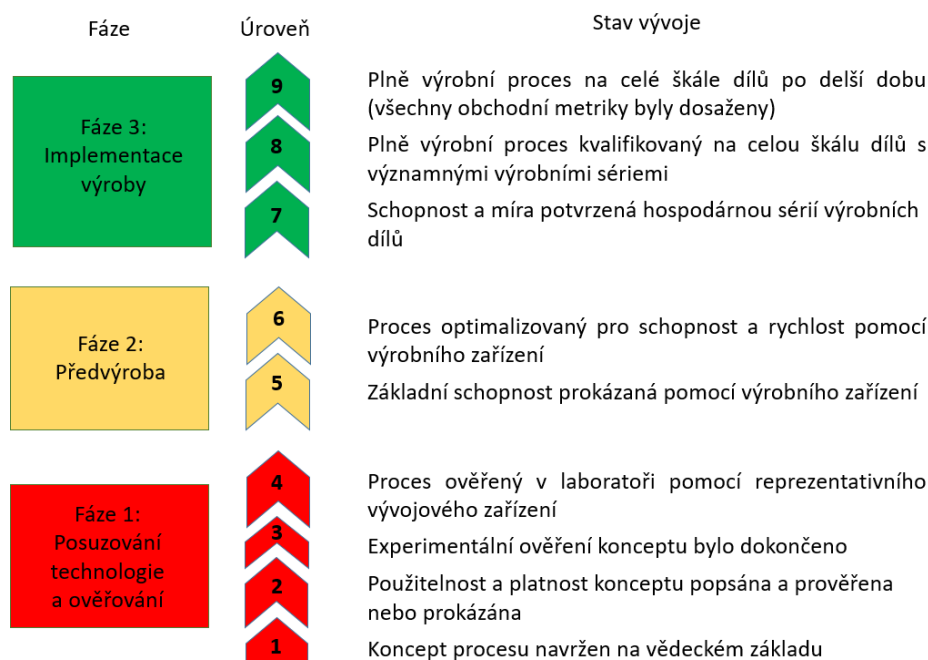
### Současný stav

Procesy aditivní výroby jsou realizovány celou řadou technologií. Pro představu technologických procesů je možné vyjít z terminologie definované standardizační komisí ASTM (F42).

Proces	Definice	Materiály	Příklady použití
Vat photopolymerisation	Tekutý fotopolymer v nádobě je selektivně vytvrzován světlem aktivovanou polymerizací	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotopolymery</li> <li>Keramika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prototypy pro formování, modely</li> <li>Spotřební hračky a elektronika</li> <li>Přípravky, čelisti...</li> </ul>
Material jetting	Selektivní depozice částic konstrukčního materiálu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotopolymery</li> <li>Vosk</li> <li>Kovy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barevné prototypy součástí</li> <li>Odlévání a nekonstrukční kovové součásti</li> <li>Obrábění</li> <li>Kryty, palubní desky (automotive)</li> <li>Spotřební elektronika</li> </ul>
Binder jetting	Tekuté pojivo je selektivně deponováno pro spojení práškového materiálu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kovy</li> <li>Polymery</li> <li>Keramika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obrábění</li> <li>Kryty, palubní desky (automotive)</li> <li>Spotřební elektronika</li> </ul>
Material extrusion	Materiál je selektivně nataven a vytlačován skrze hubici, trysku, nebo jiný otvor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polymery</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D modely součástí</li> <li>Lehké a modulární součásti</li> </ul>
Powder bed fusion (PBF)	Tepelná energie selektivně natavuje oblasti v práškovém loži	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kovy</li> <li>Polymery</li> <li>Keramika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sekundární a terciární součásti</li> <li>Obrábění</li> <li>Ortopedické a dentální implantáty</li> <li>Chirurgické modely</li> <li>Mechanické spoje, sub-komponenty</li> <li>Finální výrobky</li> </ul>
Sheet lamination	Proces, při kterém jsou listy materiálu spojovány a tak je vytvářen výrobek	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hybridní materiály</li> <li>Kovy</li> <li>Keramika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velké součásti</li> <li>Obrábění</li> <li>Nekonstrukční součásti</li> </ul>
Direct Energy Deposition (DED)	Proces, při kterém se používá fokusované tepelné energie ke spojení deponovaného materiálu natavením	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kovy ve formě prášků nebo drátu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oprava a renovace součástí</li> <li>Finální výrobky</li> </ul>

#### *Klasifikace jednotlivých technologických procesů AM dle ASTM*

U jednotlivých výše zmíněných technologií je různá úroveň připravenosti (Technology Readiness Level -TLR) k jejich nasazení do standardní sériové výroby. Úroveň připravenosti můžeme posuzovat dle např. následujícího schématu.








#### *Příklad klasifikace úrovně připravenosti výrobních technologií (Technology Readiness Level)*

Z praxe je zřejmé, že úroveň připravenosti jednotlivých technologií AM se pohybuje po celé škále TLR. Například technologie Material extrusion, někdy také označovaná jako „Fused Deposition Modeling“ pro 3D tisk plastů dosahuje až úrovně 9. Obecně se uvádí, že míra připravenosti technologií AM pro většinu výrobků v odvětví Aerospace je na úrovni 4 – 6. Avšak tyto údaje nelze brát zcela absolutně, protože třeba společnost SpaceX používá technologii Powder Bed Fusion pro sériovou produkci řady částí svých raket (např komor motorů SuperDraco pro kosmickou loď CrewDragon, ventily pro kapalný kyslík v motorech Merlin 1D apod.) Pro tuto společnost tedy dosahuje tato technologie úrovně 8-9.

Úroveň 4–6 je označována jako „údolí smrti“, protože jsou to klíčové úrovně nutné k posunutí technologií od návrhu (nápadu) k výrobě a v těchto fázích často dochází k selhání vývoje. Dostat nové technologie skrz úrovně 4–7 vyžaduje často značné investice a právě v této fázi mají podniky (a země), kde jsou adekvátně vyvinuté mechanismy na podporu výzkumu a vývoje významnou konkurenční výhodu oproti ostatním.

## Předpokládaný vývoj v oblasti

Pohled na předpokládaný vývoj v oblasti je nejlépe řešit z hlediska konkrétních relevantních odvětví, kde nachází AM své uplatnění. Jedná se o:

-  Zdravotnictví
-  Aerospace
-  Automotive
-  Spotřební elektronika
-  Energetika



Obecně jsou hlavním hnacím motorem vývoje v těchto odvětvích následující požadavky:

- ⊗ Personalizace (platí hlavně pro zdravotnictví)
- ⊗ Stárnutí populace (zdravotnictví)
- ⊗ Miniaturizace
- ⊗ Bezpečnost
- ⊗ Standardizace (Aerospace, automotive)
- ⊗ Snížení spotřeby paliva
- ⊗ Efektivita výroby
- ⊗ Prodloužení životnosti
  
- ⊗ Reprodukovatelnost
- ⊗ Snížení emisí
- ⊗ Svoboda designu (Design Freedom)
- ⊗ Recyklovatelnost
- ⊗ Komplexnost navrhovaných součástí
- ⊗ Optimalizace tvaru

V každé z relevantních průmyslových odvětví lze nalézt výzvy a příležitosti, kterými se budoucí vývoj může ubírat (čerpáno z Additive Manufacturing – Strategic Research Agenda).

## Zdravotnictví

### Výzvy / příležitosti

- ⊗ Metody modelování implantátů a zdravotnických prostředků na míru
- ⊗ Vývoj modelových nástrojů pro zajištění funkčnosti dílů a zvýšení porozumění tomu, jak bude fungovat po operaci
- ⊗ Vývoj procesů pro výrobu „inteligentních lešení“ a pro konstrukci 3D biologických a tkáňových modelů
- ⊗ Tvorba bio-AM včetně modelování, analýzy a simulace buněčných reakcí a chování při růstu buněčných tkání
- ⊗ Automatizované hodnocení nástrojů pro návrh a plánování procesů
- ⊗ Vývoj levnějších materiálů za účelem snížení nákladů
- ⊗ Ověření mechanických a tepelných vlastností existujících materiálů a aditivních technologií včetně charakterizace součástí
- ⊗ Vývoj a charakterizace nových materiálů pro AM (hořčík, kobalt, biologicky rozložitelné polymery aj.)
- ⊗ AV kvalita a stabilita procesu pro lékařské / stomatologické aplikace
- ⊗ Vývoj optických a mechanických vlastností pro stomatologii (barva)
- ⊗ Tvorba multi-materiálových funkčně graduovaných implantátů

## Aerospace

### Výzvy / příležitosti

- ⊗ Další vývoj komplexně tvarovaných struktur
- ⊗ Vývoj nových procesů modelování a podpůrných technik
- ⊗ Zpracování lehkých materiálů
- ⊗ Zpracování nových multi-materiálů
- ⊗ Kvalita a konzistence výroby prášků
- ⊗ Zpracování materiálů se zlepšenou funkcí



- ⊗ Zpracování těžko obrobitelných a obtížně svařitelných materiálů (niklové a titanové superslitiny)
- ⊗ Implementace průmyslových standardů AM pro letecké aplikace
- ⊗ Zjednodušená montáž složitých dílů pomocí aditivních technologií
- ⊗ Snižování počtů komponent a celkové jejich vhodným seskupováním do komplexních celků nevyrobitelných klasickými technologiemi
- ⊗ Výroba větších drakových struktur pomocí aditivních technologií
- ⊗ Vyspělejší opravárenské operace umožňují opětovné použití pokročilých slitinových materiálů
- ⊗ Vývoj zlepšených únavových vlastností a vliv povrchové úpravy
- ⊗ Další vývoj řízení procesu a reprodukovatelnosti technologií „Direct energy deposition“, které jsou v současné době kolem TRL 5-6
- ⊗ Další vývoj současných požadavků na opravy a jejich aplikace technikami AV
- ⊗ Doplnkový vývoj v oblasti CAD průmyslu a NDT technologií pro účely validace a certifikace
- ⊗ Vývoj dobrých modelovacích nástrojů pro zpracování materiálů
- ⊗ Vývoj kvality povrchu a obrábění (finišování) komplexních tvarů

## Automotive

### Výzvy / příležitosti

- ⊗ Vývoj větších certifikovaných sestavovacích komor
- ⊗ Vývoj společných konstrukčních pravidel
- ⊗ Zvýšená spolehlivost procesu
- ⊗ Reprodukovatelnost dílů
- ⊗ Hybridní výroba
- ⊗ Snižování počtů komponent a celkové jejich vhodným seskupováním do komplexních celků nevyrobitelných klasickými technologiemi
- ⊗ Vývoj výroby větších výrobních sérií
- ⊗ Vývoj zlepšené stability procesu
- ⊗ Vývoj standardizace a certifikace

## Spotřební elektronika

### Výzvy / příležitosti

- ⊗ Vývoj materiálů, např. kovová a high-tech keramika
- ⊗ Vývoj multi-materiálů, např. povlakované barevné materiály nebo součásti
- ⊗ Díly mohou být funkční, ale je třeba zlepšit estetiku, a proto je zapotřebí vyvinout kvalitnější díly, např. lepší povrchová úprava a vlastnosti materiálu
- ⊗ Materiálové systémy musí splňovat požadavky na spotřební zboží

## Energetika

### Výzvy / příležitosti

- ⊗ vývoj nových udržitelných materiálů s vhodnými vlastnostmi (
- ⊗ kvalita materiálu (morfologie prášku)



- 🔗 spolehlivost AM součástí během životnosti
- 🔗 nové multi-materiály, multivoxelové materiály

## Hlavní potenciální účastníci – veřejná/soukromá sféra

Členové klastru, průmysloví a výzkumní partneři zapojení do společných projektů VaV, další klastry v rámci EU.

## Témata vhodná k výzkumu, k vývoji, k inovačním projektům a spolupráci

Rozvoj konkrétních technologií – posunutí úrovně technologické připravenosti z úrovně 4-6 na úroveň 7-8. Z hlediska zájmů členů platformy se jedná hlavně o technologie DED a PBF (případně i binder jetting).

## Formy financování

Dotace – národní a nadnárodní projekty, vlastní zdroje platformy (klastru), vlastní zdroje členů platformy

## Role ČTPAV

Podpora členů platformy, sledování trendů vývoje v oblasti, pořádání odborných seminářů a školení.

## Téma 3 – Materiály a výrobky

### Současný stav

Toto téma se velmi prolíná s předchozím tématem, tedy technologiemi a procesy aditivní výroby. Jako takové nelze zcela oddělit, a proto mnoho aspektů zmíněných výše se zde bude opakovat v podobném konceptu. V současnosti je na trhu celá řada materiálů v různých stupních kvality, které se velmi liší svojí cenou. V současnosti každý konečný uživatel materiálů musí absolvovat zdlouhavý validační proces, který zahrnuje jak statické, tak i dynamické testy mechanických vlastností konečného výrobku pro potvrzení vlastností materiálů používaných v AM.

### Předpokládaný vývoj v oblasti

Pro posun v této oblasti je nezbytné zajistit materiálové konzistenci a reprodukovatelnosti vlastností, což vyžaduje možnost korektního a fixního nastavení výrobního procesu. Důležité je též zajistit možnost výměny procesních parametrů mezi různými stroji AM. Z hlediska konzistence materiálových vlastností bude vyvíjen tlak na standardizaci a certifikaci.

Vývoj materiálů vhodných pro aditivní výrobu bude jistě zahrnovat vývoj nových biomateriálů, supravodičů, magnetických materiálů, slitin pro extrémní aplikace, keramických kompozitů pro vysoké teploty, funkčně gradovaných komponent, organicko-kovových kompozitů a nových nanočásticových a nanovláknových materiálů.



Z hlediska konečných výrobků získaných AM bude důležité:

- ⊗ Rozšíření škály používaných materiálů pro AM technologie.
- ⊗ Dosažení stabilních opakovatelných procesů produkující výrobky s jasně definovanými vlastnostmi.
- ⊗ Vývoj metodik monitorování a řízení výrobního procesu včetně technik, které budou mít za následek redukcí post-procesních činností
- ⊗ Implementace in-situ sensorů, které nabídnou nedestruktivní vyhodnocování a včasnou detekci poruch a defektů již v průběhu výroby
- ⊗ Vývoj hybridních technik kombinujících aditivní procesy tak, aby byly splněné požadavky na geometrickou přesnost a povrchovou kvalitu produktů

Požadavky na povrchovou kvalitu výrobků se v poslední době zvyšují, a proto vývoj v této oblasti bude zahrnovat i používání prášků s částicemi menšími než 10 μm a modifikace procesních parametrů tepelných zdrojů (laser, elektronový svazek), které se k natavování prášků používají.

### Hlavní potenciální účastníci – veřejná/soukromá sféra

Členové klastru, průmysloví a výzkumní partneři zapojení do společných projektů VaV, další klastry v rámci EU.

### Témata vhodná k výzkumu, k vývoji, k inovačním projektům a spolupráci

Z hlediska zájmů členů platformy se jedná hlavně o sledování trendů v oblasti gradientních a kompozitních materiálů.

### Formy financování

Dotace – národní a nadnárodní projekty, vlastní zdroje platformy (klastru), vlastní zdroje členů platformy.

### Role ČTPAV

Podpora členů platformy, sledování trendů vývoje v oblasti, pořádání odborných seminářů a školení.

## Téma 4 – Ekonomické, environmentální a sociální výzvy

### Současný stav

Z ekonomického hlediska jsou aditivní technologie výroby stále relativně nákladné. Ačkoliv v tomto ohledu již došlo ke značnému vývoji a např. ceny vstupních materiálů stále klesají, výrobní náklady jsou stále nejvíce limitujícím faktorem k širokému uplatnění AM ve více oborech.

Dopady AM na životní prostředí jsou spíše pozitivní. Právě vzhledem k cenám vstupních materiálu je v popředí snaha o maximální recyklaci. Technologie AM jsou obecně považovány za „čisté“, protože nespotřebovávají vodu, chemikálie a jsou prakticky 100 % materiálově efektivní.

K sociálním výzvám patří zejména komplexní školení a vzdělávání v AM a to jak v univerzitních oborech, tak i zavádění školících programů pro průmyslovou praxi. V poslední době se situace zlepšuje, nabídka cizojazyčné odborné literatury je stále širší, nicméně zejména na národní úrovni (v ČR) je široký prostor pro zlepšení.





Do sociálních výzev lze zařadit také oblast standardizace a certifikace. To je klíčové zejména pro oblasti zdravotnictví a leteckého (vesmírného) průmyslu. Dostupnost standardů a norem napomůže zvýšení zavádění technologií a otevře možnosti rozsáhlého výzkumu a vývoje v oblasti. V současnosti již probíhá proces standardizace jak v ISO, tak ASTM pracovních skupinách.

## Předpokládaný vývoj v oblasti

Z ekonomického hlediska je několik oblastí, které budou mít největší efekt na úsporu nákladů na AM:

- ⊗ Zvýšení rychlosti procesů > zvýšení produktivity
- ⊗ Zvýšení obratu a zrychlení manipulace s materiálem / díly / komponenty
- ⊗ Snížení nákladů na zařízení a materiál
- ⊗ Zlepšení využití materiálu (např. topologická optimalizace)
- ⊗ Snížení zmetkovitosti zlepšením reprodukovatelnosti
- ⊗ Zvýšení počtu výrobců vstupního materiálu – rozšíření dodavatelského řetězce

Z hlediska environmentálního může být významným dopadem na snižování energetické náročnosti zvýšení efektivity tepelných zdrojů (laserů) využívaných v AM. Dále lze v této oblasti jít cestou zlepšením recyklovatelnosti materiálů (kovů a zejména plastů).

Standardizace a certifikace napomůže k vývoji metodik pro prevenci a korekci defektů ve výrobcích. Například pracovní skupina pro standardizaci AM při ASTM (ASTM F42) se u testování komponent vyrobených aditivními technologiemi ubírá cestou miniaturizace testovacích těles, kdy se testování mechanických vlastností (jak statických, tak i únavových) provádí na malých tělesech extrahovaných nebo připojených přímo z/k vyráběným dílům. K této skupině je připojena i pracovní podskupina ISO/TC 261. Lze tak očekávat, že v oblasti aditivní výroby budou standardy napříč těmito dvěma standardizačními společnostmi víceméně unifikovány.

Kromě klasických školení zaměřených na obecné seznámení s tematikou AM by se mělo vzdělávání v budoucnu zaměřovat více na konkrétní témata jako design, simulace procesů, vlastnosti materiálů a jejich použití apod. Na druhé straně v současnosti již existuje řada simulačních software, nicméně školení v této oblasti spočívá většinou jen ve zvládnutí konkrétního softwarového balíku konkrétního výrobce, a nikoliv v obecnější formě ke zvládnutí principů simulačních metod. V této oblasti je důležitá role vysokých škol a univerzit, které by měly nabízet různé kurzy k oboru AM – pro různé úrovně (techniky, absolventy VŠ atd.) Dobrou příležitostí je tato oblast i pro výzkumné organizace.

## Role ČTPAV

Podpora členů platformy, sledování trendů vývoje v oblasti, pořádání odborných seminářů a školení. Problematikou standardizace a certifikace AM se v rámci platformy zabývá především výkonný výbor a jím pověřená projektová skupina.



## Téma 5 – Podpora rozvoje oboru a oborových firem v ČR a EU

### Současný stav

Současný stav v ČR lze charakterizovat jistou roztržitostí. Existuje několik iniciativ, které se věnují podpoře a rozvoji oboru AM. Jedná se například o Centrum aditivní výroby kovů (CAVK) nebo Klastř aditivní výroby (KAV). KAV sdružuje vedle několika univerzit hlavně podniky vyrábějící stroje pro AM. Centrum aditivní výroby je především sdružením provozovatelů. ČTPAV má ambici ujednotit dosavadní přístupy k podpoře oboru AM a zaměřit se zejména na další rozvoj tohoto oboru zejména s ohledem na koncové uživatele technologií AM. Zásadním cílem je pomoc členským subjektům při realizaci jejich projektů a prosazování se na globálních trzích.

### Předpokládaný vývoj v oblasti

Budou předkládány inovativní projekty, zabývající se aditivními technologiemi. V důsledku realizace projektu dojde k rozvoji oboru AM. Dochází ke zvýšení intenzity společných výzkumných, vývojových a inovačních aktivit mezi podniky a výzkumnými organizacemi. Posilování vzájemných vazeb na regionální, nadregionální i mezinárodní úrovni povede k rozvoji ekonomiky založené na znalostech a inovacích.

### Hlavní potenciální účastníci – veřejná/soukromá sféra

Členové klastřu, průmysloví a výzkumní partneři zapojení do společných projektů VaV, další klastř v rámci ČR a EU.

### Témata vhodná k výzkumu, k vývoji, k inovačním projektům a spolupráci

Budou rozvíjet témata zmíněná v předchozích strategických tématech.

### Formy financování

Dotace – národní a nadnárodní projekty, vlastní zdroje platformy (klastřu), vlastní zdroje členů platformy

### Role ČTPAV

Vyvíjet aktivity směřující k realizaci pilotních projektů a prosazení uvedených možností. Iniciovat integraci s dalšími iniciativami zabývajícími se podporou AM. Problematikou se v rámci platformy zabývá především výkonný výbor a jím pověřená projektová skupina.



## Navázání mezioborové spolupráce

Jako důležitý bod rozvoje SVA a jedna z klíčových aktivit byla identifikována spolupráce s dalšími oborovými partnery. Prostřednictvím spolupracujících organizací zaštiťujících další společnosti a oborové organizace bude rozvíjena spolupráce také s dalšími asociacemi jak na úrovni ČR, tak i EU. Technologická platforma postupně naváže spolupráci s Evropskou technologickou platformou Additive Manufacturing. Zástupci platformy se budou aktivně účastnit akcí a setkání ETP a dalších mezinárodních i lokálních oborových akcí, čímž je zajištěna informovanost o aktuálních trendech a směrech vývoje oboru. Na národní úrovni je cílem navazovat spolupráci se zajímavými subjekty zabývajícími se aditivní výrobou.

## Závěr

Z hlediska České republiky existuje vysoká poptávka po rozvoji v odvětví aditivní výroby. ČTPAV má snahu o vytvoření stabilní organizace, která se touto částí odvětví cíleně zabývá, koordinuje mezinárodní projekty členů, rozšiřuje členskou základnu a navazuje spolupráci s dalšími zajímavými společnostmi v oblasti AM.

Vytvořením ČTPAV v rámci Klastru MECHATRONIKA a této Strategické výzkumné agendy přebírají členové platformy, přístupující a spolupracující subjekty plnou míru zodpovědnosti za realizaci aktivit projektu a deklarují, že maximálně využijí své odborné, personální a organizační kapacity a zdroje ke splnění záměrů a cílů, které si ČTPAV při svém vzniku vytyčila.

SVA byla vytvořena jako určující dokument, jehož obsah a závěry jsou relativně obecné, ale dlouhodobě platné. SVA je pouze jedním z podkladů pro obsáhlou cestovní mapu (RM) pro aditivní výrobu, se kterou ČTPAV v současnosti pracuje a která je volně k dispozici široké veřejnosti. V RM jsou popsány konkrétní obory, které mají pro český průmysl zásadní význam, jejich vhodný rozvoj a také kroky, kterými požadovaného stavu lze dosáhnout. RM tak spojuje podněty pro firemní a akademický sektor i veřejnou správu tak, aby jednotlivé aditivní technologie byly v co možná nejširší míře implementovány tam, kde to český průmysl potřebuje a posílí tak svou konkurenceschopnost.



**Zdroje: (online zdroje citovány k 3. 12. 2022)**

3-D PRINTING—INDUSTRY GROWTH AND FUTURE, <https://cielotech.wordpress.com/2017/06/19/3-d-printing-industry-growth-and-future/>

3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report,  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis>

Weltmarkt für 3D-Drucker im Jahr 2018 um 18 Prozent gewachsen, <https://www.3d-grenzenlos.de/magazin/marktforschung/3d-druck-markt-2018-mit-18-prozent-wachstum-weltweit-27468603/>

Metal Additive Manufacturing Gains Significant Ground,  
<https://www.digitalengineering247.com/article/metal-additive-manufacturing-gains-significant-ground/>

Metal Additive Manufacturing Market Entering Pivotal Year, Revenues from Metal Powders and AM Systems Topped \$950M in 2016, <https://www.globenewswire.com/news-release/2017/03/29/1211326/0/en/Metal-Additive-Manufacturing-Market-Entering-Pivotal-Year-Revenues-from-Metal-Powders-and-AM-Systems-Topped-950M-in-2016.html>

Additive Manufacturing: Strategic Research Agenda - <https://www.rm-platform.com/roadmapping-activities/strategic-research-agenda>

ČVUT Praha – Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie, Ing. Jaroslav Skopal - VYUŽITÍ  
TECHNICKÝCH NOREM V ADITIVNÍ VÝROBĚ

ASTM International, 2012. ASTM F2792 -12a Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org)

AM Skills Strategy Roadmap 2021 – Overview on challenges and actions - <http://www.rm-platform.com/>

V Dobřanech 23. 1. 2023

prof. Ing. Jan Džugan, Ph.D.  
předseda ČTPAV