



# Technologický foresight oboru SVT pro horizont 2030

Verze k 3.11.2017

*Příjemce je povinen předložit souhrnný dokument s přehledem o variantách možného technologického vývoje v daném odvětví a identifikaci vhodných cest pro komerční uplatnění nových technologií na trhu (dále definovaný ve Výzvě v článku 9.2.h), a to nejpozději do 18 měsíců od data přijatelnosti projektu a dále jeho aktualizovanou verzi za celé období realizace projektu nejpozději k datu ukončení projektu.*

Autorský tým: Ing. Leoš Mačák, Ing. Bedřich Musil, Ing. Oldřich Paclík, CSc., Ing. Jan Smolík, Ph.D., Ing. Petr Kolář, Ph.D., Ing. Jiří Vyroubal, Ph.D., Ing. Martin Mareš, Ph.D., vybraní experti fakulty strojní ČVUT v Praze, zástupci podniků HESTEGO a.s., KOVOSVIT MAS, a. s., KULIČKOVÉ ŠROUBY KUŘIM, a.s., MISAN s.r.o., Pramet Tools, s.r.o., SIEMENS s.r.o., ŠKODA MACHINE TOOL, a.s., ŠMERAL Brno, a.s., TAJMAC ZPS, a.s., TGS obráběcí stroje s.r.o., TOS ČELÁKOVICE, TOS KUŘIM - OS, a.s., TOS VARNSDORF, a.s. a TOSHULIN, a.s.



# Obsah

|       |                                                                                                                    |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Název projektu.....                                                                                                | 4  |
| 2     | Pořadí zprávy .....                                                                                                | 4  |
| 3     | Sledované období .....                                                                                             | 4  |
| 4     | Cíle Technologického Foresightu definované ve Studii proveditelnosti .....                                         | 5  |
| 5     | Ukotvení tématu.....                                                                                               | 6  |
| 5.1   | Driver - Dlouhodobé odborné trendy v požadavcích uživatelů strojírenské výrobní techniky .....                     | 6  |
| 5.2   | Driver - Aktuální odborné trendy a novinky dle reflexe konkurence a trhu .....                                     | 11 |
| 5.3   | Driver - Aktuální trendy dle aktivit českého průmyslu v oboru strojírenské výrobní technologi .                    | 18 |
| 5.4   | Driver - Aktuální odborné trendy a novinky dle reflexe stavu aplikovaného výzkumu .....                            | 21 |
| 5.4.1 | Reflexe tématu Průmysl 4.0 v oboru výrobních strojů .....                                                          | 21 |
| 5.4.2 | Reflexe tématu Spolupráce firem a univerzit ve výzkumu a vývoji .....                                              | 27 |
| 5.4.3 | Reflexe hlavních špičkových KNP v oboru SVT.....                                                                   | 33 |
| 5.5   | Driver - Světové hospodářské klima sektoru obráběcích a tvářecích strojů, perspektiva oboru výrobních strojů ..... | 38 |
| 5.5.1 | Pozitivní známky na začátku roku 2017 .....                                                                        | 38 |
| 5.5.2 | Momenty růstu výroby .....                                                                                         | 40 |
| 5.5.3 | Faktory růstu poptávky po výrobních strojích .....                                                                 | 40 |
| 5.5.4 | Přehled střednědobých trendů ovlivňujících produkci Machine Tool.....                                              | 41 |
| 5.6   | Driver - požadavky a tržního chování vrstvy přímých uživatelů SVT.....                                             | 45 |
| 5.6.1 | Odborné potřeby vrstvy přímých uživatelů SVT .....                                                                 | 45 |
| 5.6.2 | Ekonomicko - tržní chování vrstvy přímých uživatelů SVT.....                                                       | 47 |
| 5.6.3 | Vývoz a dovoz obráběcích a tvářecích strojů v České republice za rok 2016 členění podle vývozních teritorií .....  | 53 |
| 5.6.4 | Odhad vývoje vývozu, dovozu, produkce a spotřeby .....                                                             | 56 |
| 6     | EXPLORACE - možné budoucnosti .....                                                                                | 57 |
| 6.1   | Vliv vývoje KETs (Key Enabling Technologies) na budoucnost Strojírenské výrobní techniky .....                     | 57 |
| 6.1.1 | Mikro- a nanoelektronika .....                                                                                     | 57 |



|       |                                                                                                                                         |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.2 | Fotonika .....                                                                                                                          | 57  |
| 6.1.3 | Nanotechnologie.....                                                                                                                    | 58  |
| 6.1.4 | Průmyslové biotechnologie .....                                                                                                         | 58  |
| 6.1.5 | Pokročilé materiály .....                                                                                                               | 58  |
| 6.1.6 | Pokročilé výrobní technologie .....                                                                                                     | 59  |
| 6.2   | Megatrendy ovlivňující průmyslovou výrobu dle analýzy KPMG.....                                                                         | 59  |
| 6.3   | Megatrendy dle MANUFUTURE - evropská technologická platforma a vázané organizace a stakeholdři.....                                     | 82  |
| 6.4   | Klíčová komplementární technologická strategie pro TPSVT - národní strategie RIS3 .....                                                 | 89  |
| 6.4.1 | Východiska .....                                                                                                                        | 90  |
| 6.4.2 | Identifikace potřeb a příležitostí, zaměření podpory .....                                                                              | 91  |
| 6.4.3 | Globální sektorová strategie strojírenské výrobní techniky (SVT) a přesného strojírenství (PS) představuje: .....                       | 93  |
| 6.5   | Dotazníkové šetření významnosti hlavních technologických témat pro podniky TPSVT.....                                                   | 100 |
| 6.6   | Scénáře budoucnosti.....                                                                                                                | 102 |
| 6.6.1 | Scénář 1 - Rostoucí a úspěšné Evropa .....                                                                                              | 103 |
| 6.6.2 | Scénář 2 - Selhávající a neúspěšná Evropa .....                                                                                         | 104 |
| 7     | PROAKTIVITA - doporučení.....                                                                                                           | 106 |
| 7.1   | Doporučené komerční trendy významné pro zvládnutí a naplnění v období 2018-2025 .....                                                   | 106 |
| 7.2   | Doporučená konkrétní témata výzkumu, vývoje a inovací pro řešení v období 2018-2025 .....                                               | 107 |
| 7.3   | Doporučená odborná témata z přechodové oblasti KETs a aktuálních trendových témat pro zvládnutí v dlouhodobé perspektivě 2020-2030..... | 110 |
| 7.4   | Doporučená nejbližší globální strategie blízká zájmům oboru SVT v ČR .....                                                              | 111 |
| 7.4.1 | Vize 2030:.....                                                                                                                         | 111 |
| 7.4.2 | Jednotlivé priority ve výzkumu a vývoji .....                                                                                           | 113 |
| 8     | Závěr .....                                                                                                                             | 115 |
| 9     | Zdroje informací .....                                                                                                                  | 116 |



# 1 Název projektu

Technologická platforma strojírenská výrobní technika III

Registrační číslo projektu: CZ.01.1.02/0.0/15\_037/0007146

## 2 Pořadí zprávy

První verze dokumentu Technologický Foresight - souhrnný dokument s přehledem o variantách možného technologického vývoje v daném odvětví a identifikaci vhodných cest pro komerční uplatnění nových technologií na trhu

## 3 Sledované období

Zpráva je předkládána za období činnosti Technologické platformy to je od 1.6.2016 do 3.11.2017, tedy za prvních 18 měsíců. Tento rozsah zprávy spadá do etapy č. 1 a částečně do etapy č. 2 a je plněn v rámci Aktivit 2 (technologický foresight). tato aktivita dále pokračuje až do konce řešení projektu a nyní je předkládána průběžná podoba dokumentu, který bude aktualizován především s ohledem na zahrnutí EMO 2017, inovované strategie ETP MANUFUTURE Vize 2030, veletrhů IMTS 2018 a JIMTOF 2018 a dalších zdrojů.



## 4 Cíle Technologického Foresightu definované ve Studii proveditelnosti

Všechny plánované aktivity TPSVT a projektu TPSVT jsou nástroji pro naplňování hlavních dvou cílů platformy. Cílem všech přímých nebo nepřímých aktivit je posilovat konkurenceschopnost oboru strojírenské výrobní techniky na světovém trhu a podporovat spolupráci ve výzkumu, vývoji a inovacích mezi podniky a výzkumnými organizacemi.

Cíle TF dle SP:

1. Primárně bude technologický foresight zaměřen na detailnější analýzu potřeb uživatelů OS a TS, ale i na analýzu potřeb a požadavků na konečné spotřební produkty. S ohledem na makrotrendy budou vypracovány alternativní scénáře konkurenceschopné nabídky podniků TPSVT.
2. Na základě technologického foresightu bude možné přesněji identifikovat nejučinnější nástroje z IAP, které pak budou zpracovávány jako konkrétní témata VaV projektů jak interních, tak řešených ve spolupráci.

Technologický foresight pro obor strojírenská výrobní technika bude mapovat relevantní vnější vlivy na trh obráběcích a tvářecích strojů, které vycházejí jak z vrstvy přímých uživatelů těchto strojů a technologií (například požadavky na bezobslužnost a digitalizaci), tak z vrstvy koncových uživatelů spotřebních produktů a obecně zpracovatelského průmyslu (např. globální megatrend stárnutí obyvatelstva vytváří tlak na výrazně větší množství obrábění biokompatibilních materiálů pro náhrady kloubů v lidském těle).

Dále budou zpracovány nejvýznamnější alternativní scénáře zohledňující možné varianty vývoje celosvětového trhu a nakonec budou pro tyto scénáře identifikována nejperspektivnější odborná témata, jejichž řešení povede k udržení a zvýšení konkurenceschopnosti. Dokument bude logicky navazovat na dokumenty SVA a IAP.

Dokument bude obsahovat: 1) analýzu potřeb vrstvy přímých uživatelů SVT 2) analýzu vrstvy sekundárních a terciálních uživatelů SVT, 3) konsolidovaná data z analýz a jejich korelaci s potenciálními odbornými tématy VaV (nástroje řešení z aktualizovaného IAP + další potenciální nástroje) 4) návrh perspektivních odborných témat a způsobů řešení požadavků trhu pro alternativní scénáře vývoje světového trhu v horizontu roku 2030.

Finální podoba dokumentu bude připravena v horizontu 18 měsíců realizace projektu. Dokument bude aktualizován v rámci 3 etapy projektu.

## 5 Ukotvení tématu

V následujících kapitolách jsou zpracovány dílčí pohledy na prostředí strojírenské výrobní techniky. Z hlediska terminologie Foresightu jsou někdy významná témata, vlivy a faktory, které ovlivňují samotnou sledovanou oblast (strojírenskou výrobní techniku) označovány jako **drivers**. **Drivers představují nezanedbatelné vlivy, budiče a hnací síly, které určují prostředí ve kterém se daný obor, v našem případě strojírenská výrobní technika nachází a kam bude směřována do budoucna.** Následující kapitoly popisují jednak hlavní skupiny driverů ale také popis aktuální situace a perspektivy ze které vycházíme, tedy z období posledních 2 let.

### 5.1 Driver - Dlouhodobé odborné trendy v požadavcích uživatelů strojírenské výrobní techniky

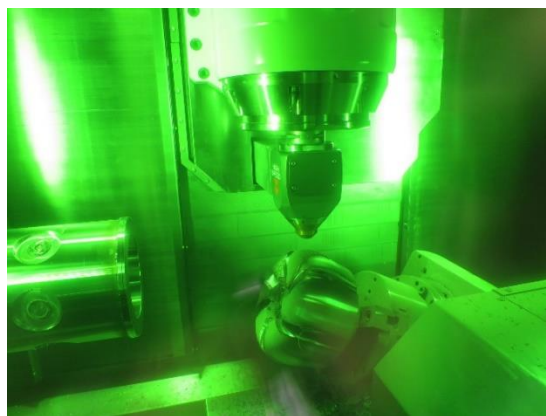
Zásadním zdrojem informací o potřebách trhu z hlediska zákazníků jsou prezentace špičkových celosvětových producentů SVT na mezinárodních výstavách a veletrzích, zejména na EMO, IMTS, JIMTOF, CIMT, Metalobrobotka. Dalším významným zdrojem jsou informace v odborných člancích, keynote paperech a dokumentech nejvýznamnějších oborových organizací CIRP, EUSPEN, CECIMO, ETP Manufuture a v ČR SpOS, SST a CK-SVT. Pracovní skupina Expertů TPSVT ve spolupráci se členy platformy považuje za významné pro český průmysl SVT následující identifikované trendy.

**Multifunkčnost strojů** je jasným trendem, který je možno vidět prakticky u všech výrobců všech typů strojů. Integrace základních třískových technologií, především plnohodnotného soustružení a plnohodnotného frézování na jednom stroji, se považuje za standard. To však nijak nesnižuje technické nároky na komponenty těchto strojů, např. vysokootáčková velkopřůměrová ložiska soustružnických stolů nebo frézovací vřetena se zpevňováním rotoru pro soustružnické operace. Nabídka takových standardních komponent je stále relativně omezená, což klade nároky na konstrukční řešení výrobců strojů i dodavatelů celých uzlů.

Nepřehlédnutelným trendem v oblasti multifunkčních strojů jsou **stroje hybridní**, tj. stroje umožňující výrobu dílce technologiemi třískového obrábění a dalšími netřískovými technologiemi. Těmi jsou buď technologie additive manufacturing (např. navařování kovových prášků laserem, navařování plastů laserem z drátu aj.) nebo technologie obrábění elektrochemického (existují např. nástrojové brusky dovybavené plnohodnotným WEDM).



Obr. 1: Návar Inconelu na nerezovou ocel provedený na stroji WFL



Obr. 2: Pracovní prostor hybridního stroje Mazak s laserovou navařovací hlavou.



**Aditivní technologie** (additive manufacturing - AM) rostou na významu. Stroje na AM jsou zařazeny do segmentu "Machine Tools" a rozšířily skupinu obráběcích a tvářecích strojů, resp. mateřských výrobních strojů. Stroje většinou k nanášení kovů v prášku využívají laser (navarování nebo plošné sintrování). Nabízena je již řada integrací technologie AM do obráběcích strojů. Výkonost výroby bývá při hrubování 350-660g/hod, při dokončovacím přesném navarování 30-150 g/hod. Základní ceny strojů jsou v rozsahu 0,8-1,2 mil EUR. Většinou se jedná o stroje malé velikosti.



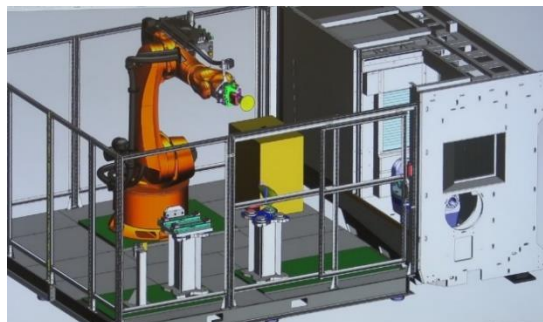
*Obr. 3: Nový stroje Mazak pro hybrid manufacturing integrující technologii AM do obráběcího stroje. Stroj nabízí dvě laserové navařovací hlavy – hrubovací a dokončovací.*



*Obr. 4: Pohled do pracovního prostoru stroje pro hybrid manufacturing z nabídky španělské firmy IBARMIA*

Z hlediska stavby strojů se stále více prosazuje **modulární stavba**, která umožňuje při akceptovatelných nákladech vyhovět rozličným aplikačně-technologickým požadavkům zákazníků. Firmy usilují o to, aby dokázaly postavit z jedné "stavebnice" téměř cokoliv od soustruhu, přes frézku po multifunkční stroj.

Další silným trendem je **automatizace**, jejímž hlavním cílem je zkrátit vedlejší časy. Automatizace v oblasti AVN a AVO byla zastoupena především ukázkami velkokapacitních zásobníků nástrojů a paletových zakladačů pro obsluhu linek strojů. Významné je nasazení šestiosých robotů pro manipulaci s nástroji a lehčími obrobky (AVO do velikosti palety cca 400 mm). V některých případech je nasazení tohoto typu robotů zbytečné, protože prezentovanou aktivitu by zvládl realizovat i jednodušší dvouosý nebo tříosý manipulátor. Roboty mají výhodu ve vyšší flexibilitě, tj. možnosti rekonfigurace automatizace při změně výroby. Na tento trend reagují dodavatelé specializovaných řešení, kteří nabízejí manipulační buňky robot + zásobník dílců. V tomto případě je kladen důraz na co nejjednodušší integraci do stroje. Tyto buňky mají vlastní řídicí SW a zjednodušené připojení na stroj, takže konkrétní funkce buňky (cykly) lze snadno spustit jen M-funkcí v NC kód.



*Obr. 5: Uplatnění robotu u stroje Handtmann*



*Obr. 6: Uplatnění robotu u stroje HERMLE*

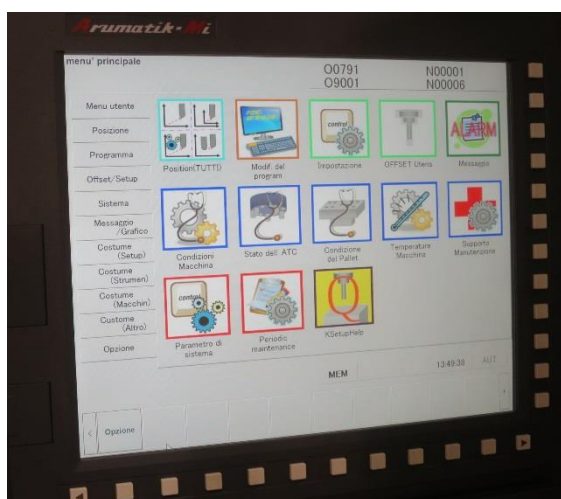




Pro zkrácení vedlejších časů je uplatňováno velké množství řešení v oblasti **metrologie a postprocesní kontroly obrobků**. Využití skenovacích dotykových sond, 3D laserové skenery, 3D fotografie dílce jsou hlavní technologie pro kontrolu přesnosti a jakosti vyrobeného dílce. Uvedené technologie jsou zpravidla nabízeny jako „samostatné“, zatím nikdo (ani výrobce strojů nebo výrobce těchto systémů) nenabízí ucelené řešení, která by obsahovala i následný zásah do dílce po provedené postprocesní kontrole, ale lze takovou nabídku brzy očekávat.

Vývoj strojů v posledních patnácti letech bych silně zaměřen na zkracování hlavních a vedlejších časů výroby. Posun techniky v tomto období byl výrazný. V současné době se považuje **člověk jako limit** dalšího zvyšování produktivity strojů a technologií. To se odráží ve všech částech výrobního procesu – od přípravy NC kódu, TPV až po obsluhu stroje. Na EMO bylo možno vidět mnoho nástrojů pro podporu přípravy a validaci NC kódu především pro složité multifunkční stroje. Vlastní SW nabízejí v této oblasti např. firmy Okuma nebo Nakamura Tome. Virtuální modely strojů uplatněné pro plnou simulaci technologií představily např. DMG Mori nebo WFL. Vedle toho byla nepřehlédnutelná nabídka výrobců CAM a dalších SW v oblasti optimalizace NC kódu a kontroly kolizí (Third Wave System – Production Module, iCAM a další). Tento trend doplňuje např. i virtuální zprovoznění od firmy Siemens. Uvedené SW tak mají pomoci snížit rizika při přípravě technologie a zásazích do výroby ze strany člověka.

Nepřehlédnutelný je další posun v oblasti zvyšování **intelligence strojů**. Stroje mají mnoho funkcí (ať už vázaných na základní funkce řídicího systému nebo jeho nadstavby z vlastního vývoje výrobců strojů), které mají za úkol sledovat a informovat obsluhu stroje a nadřazené řízení celé výroby o stavu stroje a technologie. Do této kategorie spadají inteligentní řešení, které nabízí firmy MAZAK nebo OKUMA (minimalizace vibrací stroje způsobených rozjezdem pohybových os, potlačení chatteru při obrábění, změna nastavení parametrů pohonů podle aktuální zátěže pohybové osy aj.). Stále více výrobců prezentuje nabídku antikolizních řešení pro své stroje.



Obr. 7: Prostředí základního menu strojů Kitamura s přidavnými funkcemi.



Obr. 8: Dvě ovládací obrazovky prostředí strojů Hardford.

Podstatným rozšířením intelligence strojů je koncept **Industry 4.0**, který je založen na rozsáhlém monitoringu stroje a výrobního procesu, porovnávání s výpočtovými modely a rychlou analýzou rizikových situací a trendů v provozu stroje. Koncept Industry 4.0 je v oboru SVT rozvíjen zejména velkými německými firmami (INA-FAG, Rexroth, Bosch aj.), které koncept podporují bez výhrad. Mimo Německo se k tomu přidávají výrobci komponent, pro které je Německo významný trh (např. HiWin) a výrobci strojů spolupracující s německými





univerzitami (např. Doosan). Nabízeny jsou jak kvalitativně nová řešení (senzorické komponenty lineárních vedení valivých a hydrostatických – firma INA-FAG; diagnostika pohonů – firma Rexroth, Heidenhain, Hiwin; software pro zpracování a vizualizaci signálů ze senzorů – INA-FAG, Hiwin), tak pokusy bez valného kvalitativního technického přínosu. V tomto směru lze říci, že koncept Industry 4.0 má silné technické pozadí a velký praktický potenciál, zatím však převažuje jeho marketingový rozměr a firmy konkrétní přínosná řešení ve větším rozsahu teprve hledají. **Z tohoto pohledu je to příležitost pro každou firmu se nově vymezit a tak odlišit od konkurentů na trhu.**

U **komponent strojů** lze sledovat podobné trendy, jako u vývoje strojů. Komponenty strojů zůstávají principiálně stejné, ale zvyšují se jejich detailní vlastnosti, spolehlivost a životnost. Zlepšování těchto vlastností může mít v některých případech i vazbu na výše uvedený koncept Industry 4.0, kdy je spolehlivost komponent zajišťována integrovanými senzory a dlouhodobým monitoringem vybraných klíčových veličin, včetně jejich vizualizace uživateli stroje.



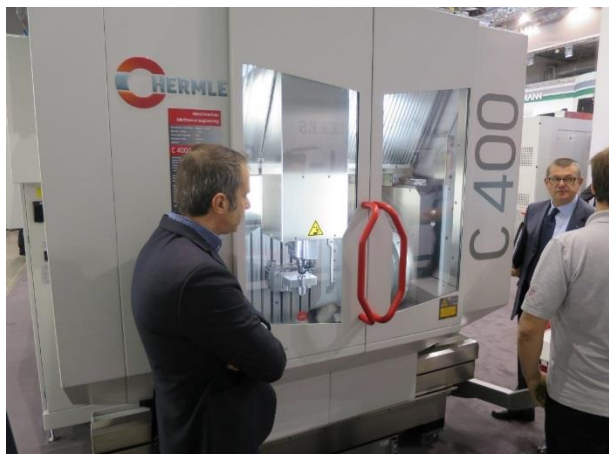
Obr. 9: Nabídka stolu pro frézování i soustružení se super high speed prstencovým motorem a s maximálními pracovními otáčkami 2500 za min



Obr. 10: Čínská nabídka kabelových nosičů v designu a PR inspirovaném sině zavedenou tradiční firmou IGUS.

Navzdory různým módním vlnám zůstávají **vysoká přesnost, výrobní výkonnost a spolehlivost** stále zásadními užitnými vlastnostmi strojů. Pokud firmy dokáží prokazatelně nabídnout zlepšení v těchto kategoriích a případně s **nižší cenou**, tak to přitahuje pozornost zákazníků, protože jde stále o zásadní užité vlastnosti obráběcích strojů, které zákazníka zajímají primárně.

Z hlediska **cenové strategie** rozdělují výrobci malých a středních strojů i nadále svou produkci na levnější, solidně vybavené stroje, ale téměř bez možnosti změny konfigurace a na řady strojů plně customizovatelné, které se přitom neliší velikostí, nosnou strukturou, komponenty ani pohony. Nejlevnější zákaznický modifikovatelný stroj v základním provedení bývá o 20% dražší, než základní nekonfigurovatelná řada, ale může dosáhnout v nejvyšší výbavě až dvojnásobku ceny základní řady.



*Obr. 11: Dva stroje firmy HERMLE v rozdílném provedení. Rozdělují produkci na levnější, solidně vybavené stroje, ale téměř bez možnosti změny konfigurace, a na řady strojů plně customizovatelných, které se přitom neliší velikostí, nosnou strukturou, komponenty ani pohony. Vlevo stroj C 400 za cenu přibližně 300 tis EUR (4 možné hlavní varianty dle volby stolu a vřetene) a vpravo stroj C42U za cenu od 350 do 700 tis. EUR se stovkami možných variant provedení a konfigurace.*

**Kvalitní průmyslový design** a kvalitní řemeslné zpracování kapotází a vnějšího rozhraní se již také stalo u většiny výrobců strojů samozřejmostí a to ve všech velikostech strojů. Co vypadá dobře a řemeslně kvalitně zvenku, tak evokuje i kvalitu uvnitř, kam většinou zákazník nemůže nahlédnout.



*Obr. 12: Nový design strojů TOS KUŘIM*



*Obr. 13: Zavedený designový styl KOVOSVIT MAS*

Téma **ekologie**, resp. energetické spotřeby, se u menších strojů vyšší třídy stává samozřejmostí. U větších strojů se toto téma stále příliš neřeší. Zmínku o sníženém dopadu provozu stroje na životní prostředí je možno považovat za „dobrý mrav“ a nikoliv překvapující nadstandard. Pro větší podporu zájmu je třeba představovat také pozitivní finanční dopady ecodesignu pro zákazníka.

## 5.2 Driver - Aktuální odborné trendy a novinky dle reflexe konkurence a trhu

V následující reflexi jsou zachyceny postřehy významných expertů a odborníků z oboru strojírenské výrobní techniky po světové výstavě EMO Hannover 2017

Ing. David Burian, Ph.D.

V oblasti měřicích zařízení používaných ve výrobních strojích, popřípadě zařízeních, která podporují výrobní proces a jeho kontrolu lze v obecné rovině hlavní trendy spatřovat v zavádění, popřípadě rozšiřování bezkontaktního měření různých veličin (geometrie, tvrdost povrchu a podobně) a příchodu pokročilých měřicích technologií z východu (Polsko, Turecko, Čína). Zřejmé je také zvyšování automatizovaného zpracování měrových informací, rozšiřování automatické identifikace pomocí čipů, popřípadě pokročilého zpracování obrazu.



*SJ6000 Laserový měřicí systém Chotest*

Ing. Jan Hornych, Ph.D.

Problematika tepelného chování a přesnosti obráběcích strojů bylo na EMO Hannover poněkud utlumeno ve prospěch nadřazeného tématu digitalizace a propojené výroby. Přesto bylo možno vidět některé novinky a trendy. Například firma FANUC prezentovala soubor hardwarových (měřicí karta a teplotní čidla) a softwarových prvků integrovaných v rámci určitých verzí řídicích systémů pro usnadnění tvorby a aplikace kompenzačních algoritmů odstraňujících negativní vliv teplotních chyb. V současnosti běžně používané řídicí systémy nedisponují uživatelsky přívětivým prostředím pro implementaci kompenzačních algoritmů, natožpak příslušenstvím pro jejich tvorbu. Měřicí karta a připravená teplotní čidla podpoří případný záměr výrobců zabývat se teplotními deformacemi jejich strojů

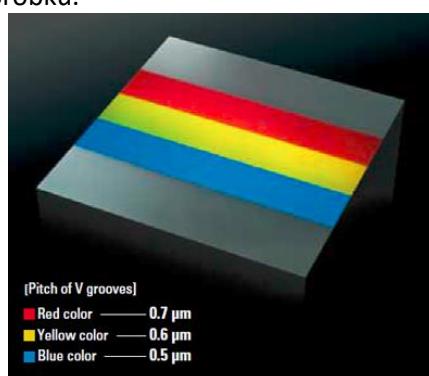


Multi senzor firmy FANUC

Ing. Lukáš Novotný, Ph.D.

Trendy po EMO 2017 – drobnými inovačními krůčky k pomyslnému vrcholu technologie obrábění? Předvídaným trendem je propojování a komunikace strojů v síti, vývoj v oblasti softwarů pro zlepšení využití strojů a softwarů pro chytrou údržbu. Tomu odpovídají i prezentované vize některých výrobců „chytrých“ komponent.

V oblasti pohonů se objevují drobná vylepšení, týkající se např. mechaniky šroubů a vedení, rovnoměrnosti chodu motorů, přesnosti odměřování, taktů regulačních smyček, řídicích algoritmů pohonů, ale i materiálu polovodičových prvků. Na úrovni jednotlivých komponent se nejedná na první pohled o nic zásadního. Kombinace kvalitnějších komponent však, spolu s využitím dalších mechatronických prvků, umožňuje dosahování takřka extrémních hodnot přesnosti obrábění. Příkladem mohou být stroje, představené společnostmi FANUC nebo Makino, kde výrobce uvádí při frézování speciálním nástrojem dosahování submikronové přesnosti povrchu obrobku.



*Ukázkový obrobek ze stroje Makino iQ300*

Ing. Otakar Horejš, Ph.D.

Letošní veletrh EMO 2017 byl ve znamení digitalizace v průmyslu obráběcích strojů. Téma Industry 4.0 se objevovalo u řady vystavovatelů. Pod tímto pojmem se samozřejmě skrývá široké pole řešení související s digitalizací, ať už jde o integraci a propojování různých systémů, nové softwary či jejich rozšíření, sdílení dat a jejich zpracování, nová senzorka, „machine learning“ atd.

Je potěšující, že témata softwarové teplotní kompenzace a pokročilé sensoriky, jejímž účelem je zvyšování přesnosti výroby na obráběcích strojích, jsou opravdu velmi aktuální a jsou nedílnou součástí Průmyslu 4.0. V případě softwarových teplotních kompenzací však firmy neprezentovaly podrobnější detaily na stáncích ani ve svých prospektech. Informace o nich byla zpravidla jen taková, že jsou již částí (modulem) v celém konceptu Industry 4.0 dané firmy či pouze piktogramem.



*Teplotní kompenzace jsou nedílnou součástí konceptu Industry 4.0 (panel společnosti FFG)*





Ing. Martin Mareš, Ph.D.

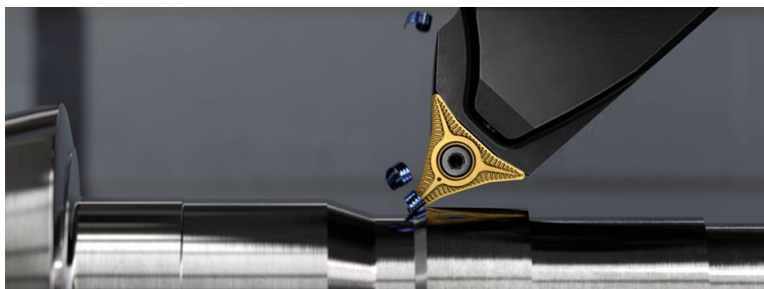
Myšlenka 4. průmyslové „evoluce“ úzce souvisí s tématem zvyšování přesnosti a využívání a zpracování strojních dat k jeho naplňování. Výrobci prezentovali především možnosti inteligentních konstrukcí svých strojů (teplotní symetrie, netradiční materiály použité v konstrukci atd.) a zvyšování užitečných vlastností. Multifunkčnost těžkých obráběcích strojů opouští hranice pouhého rozšíření užitečných vlastností původního mateřského stroje, ze kterého jeho koncepce vychází. Stroje jsou prezentovány jako plnohodnotně schopné vykonávat všechny technologické operace třískového obrábění. Na stáncích výrobců byly hojně představovány varianty výměnných hlav s detailním popisem technických vlastností. Pozorovaným trendem výrobců těžkých strojů bylo cílení pozornosti na výměnné hlavy vybavované elektrovřeteny pro zvyšování otáček. Dále byl důraz kladen na kvalitní servis svých výrobků (např. dálkový servis omezující nutnost výjezdu servisních techniků a on-line monitorování stavu stroje s včasnou detekcí poruch omezující odstávky stroje). Se zkvalitňováním servisu souvisí také zdůrazňování faktu, že firmy se snaží být ve své výrobě všestranné (malý podíl subdodávek, snaha o výrobu celého stroje na jednom místě).

Ing. Jan Brajer

Na veletrhu byly velmi patrné trendy moderních přístupů k výrobě – zvyšující se nároky na výrobu, snižování ceny výroby a zrychlování procesů, včetně zavádění nových technologií. Téměř všichni významní výrobci obráběcích strojů představili své řešení pro možnost aditivní a hybridní výroby. Díky tomuto posunu je znatelná změna přemýšlení o možnostech výroby, kde dříve obtížně vyrobitelné díly lze vyrobit v jednom stroji i na jedno upnutí. Tyto možnosti dávají prostor fantazii konstruktérů, kde lze očekávat, že do několika let se postupně začne měnit design výrobků pro lepší využití materiálu a vlastností tvarových ploch. Zdánlivě vzdálené obory již ale začínají reagovat na tento trend, a například díky tomu je možné již zakoupit speciální pily sloužící pro řezání 3D tištěných dílců. Na veletrhu byla řada dalších zajímavostí, které mohou revolučně měnit přístupy ke strojírenství, většinou se jednalo o přidání senzoriky do konvenčních řešení a tím zvýšení tuhosti, teplotní kompenzace, nebo lepší monitorování procesu obecně. Dobrá zpráva pro vývoj a výzkum je, že stále je viditelný prostor pro zlepšování a to jak v oblasti strojů tak nástrojů. Právě u nástrojů nebyly zatím prezentovány žádné povrchové struktury, které mohou zlepšovat parametry obráběcího procesu, nebo dokonce zvyšovat jejich životnost. Uvidíme, jaké novinky a pokročilá řešení, které pomohou pro dosažení ještě lepších produktivit, přesností nebo všeobecně zmenší pracnost výroby, budou prezentovány na příštím EMO.

Ing. Pavel Zeman, Ph.D.

Přes prokazatelně rostoucí podíl aditivních a obecně nekonvenčních technologií při výrobě dílců bylo patrné, že třískové obrábění má stále výsadní pozici. Nemění se zásadně ani dlouhodobé trendy dalšího vývoje těchto technologií. K těmto trendům patří především aplikace nejrozumnějších přístupů pro zvyšování produkce na daném strojním vybavení prostřednictvím zkracování výrobních i nevýrobních časů nebo dosažení požadované přesnosti dílce co nejchopodárněji. Způsoby naplnění těchto cílů bylo možné sledovat v celém řetězci výroby – od přípravné fáze procesu výroby (např. prostřednictvím virtuálních simulací procesu), přes inovace obráběcích strojů, nástrojů, způsobů a kvality upínání a možnosti obráběcích strategií, přes výrazně rostoucí podíl automatizace při manipulaci s polotovary i hotovými výrobky, až po nové možnosti inspekce výrobků. Řešení celkové efektivity obrábění přitom bylo vystavovateli demonstrováno zejména na tvarově či jinak komplikovaných dílcích z populárních konstrukčních materiálů, jako jsou hliníkové slitiny, litiny, korozivzdorné a zušlechtnuté oceli a materiály se specifickou a špatnou obrobitelností. Právě při obrábění komplikovaných dílců z uvedených materiálů lze hledat aktuálně největší výzvu pro zdokonalení procesů třískového obrábění.



*Nový koncept technologie podélného a čelního soustružení – PrimeTurning (Sandvik Coromant)*

Ing. Eduard Stach, Ph.D.

Veletrh byl ve znamení bezobslužných obráběcích strojů i v malosériové výrobě a s tím související spolehlivostí všech agregátů a zařízení. Jedině za předpokladu vysoké provozní spolehlivosti je možno realizovat bezporuchovou práci bezobslužných obráběcích strojů. Proto bylo možné pozorovat výrazný nárůst strojů vybavených prvky Industry 4.0 umožňující sběr a především vyhodnocování dat nebo ohlašování předpokládaných závad. V automatizaci operační manipulace s polotovary a obrobky bylo možno pozorovat převládající využití univerzálních robotů nad specializovanými manipulátory, případně jejich kombinaci spojenou se strojem v jeden organický celek.

Ing. Jan Malý

Výrobci nástrojů představili na veletrhu řadu novinek. Například firma Vandurit představovala nástroj a technologii pro soustružení tvrdých materiálů Rollfeed Turning. Jednalo se o nástroj pro hrubování. Ve speciálním držáku byla upnuta břitová destička. Při soustružení se tento nástroj pohyboval tak, že v průběhu obrábění používal celou část řezné hrany. Docházelo jakémusi „rolování“ nástroje po obrobku v řezu. Při obrábění se v řezu měnila řezná hrana břitové destičky bez vyjetí nástroje z řezu. Výsledkem je vyšší produktivita obrábění a prodloužená trvanlivost břitu.



*Rollfeed firmy Vandurit*

Ing. Štěpán Chládek

Z vystavených exponátů jednotlivých společností je zřejmé, že použití názvu Industry 4.0, IIoT (Industrial Internet of Things), IoT (Internet of Things), i4.0, Industry 4.0 Ready, Smart Factory atd. je stále velice populární a téměř na každém stánku byl k vidění nějaký exponát s tímto označením. Rozdílná je ovšem skutečnost, co si pod tímto termínem jednotlivé společnosti představují a jakou formou jej do svých výrobků implementují. Pro některé je to standardní sběr vybraných dat ze stroje, který probíhal i před zavedením zmíněných označení, pro jiné představuje komplexní zpracování dat s využitím složitých matematických



modelů. Podobně se odlišuje i grafická podoba jednotlivých výrobců. Je však zřejmé, že nadstavbové software nad řídicími systémy představují rozsáhlou oblast s velkým potenciálem a téměř každý výrobce ji v menší, nebo větší míře zahrnuje do svých výrobků a v budoucnu se význam tohoto typu software zcela určitě zvýší.



*Vystavované exponáty se lišily i úrovní grafického zpracování, vlevo nepřehledná základní obrazovka CNC Index Traub se zvýrazněnou ikonou nadstavbového software, vpravo výchozí obrazovka software TOScontrol od českého výrobce TOS Varnsdorf vyvinutého ve spolupráci s RCMT*

Ing. Ján Kopačka

Během návštěvy veletrhu EMO 2017 byl sledován aktuální stav problematiky CAE softwaru, zejména pak CAM aplikací, softwaru pro virtuální simulace obráběcího procesu a nástrojů pro optimalizaci NC kódu. Je patrné, že problematice Industry 4.0 se v současnosti intenzivně věnují nejen výrobci obráběcích strojů, ale také softwarové firmy. Konkrétně to znamená, že IT řešení jsou z PC platformy portována na chytrá zařízení (smartphone, tablet), jsou doplňována o databázové systémy s možností přístupu třetích (partnerských) stran, a v neposlední řadě je hojně využíváno cloudových uložišť. CAE softwary jsou tak spíše doplňovány o podporu moderních IT technologií, ale samotný princip fungování zůstává stejný a nepřináší nijak zvláště zajímavou novou funkcionalitu. Několik firem však avizovalo, že se aktuálně zabývají vývojem softwaru pro podporu hybrid manufacturing a na veletrhu představovali jeho beta verzi.

V oblasti vřetenové techniky byl nejpatrnější posun výrobců vřeten a komponent v oblasti vyhodnocování chování vřeten (např. snímání teplot, snímání sil a vibrací) a sběru dat pomocí snímačů a diagnostických systémů a vyhodnocování chování vřeten a jednotlivých komponent (např. snímání teplot, snímání sil a vibrací). Je patrná snaha výrobců o minimalizaci vřetene jako celku vedoucí k lepšímu využití pracovního prostoru a snadnější manipulaci s vřetenem.

Ing. Jan Koubek, Ph.D.

Světová výstava obráběcích strojů představila zajímavé aplikace převážně stávajících technologických řešení jak v oblasti stavby, tak v oblasti řízení obráběcích strojů. Zajímavou novinkou byla senzorická jednotka Bosch XDK s MEMS chipem zahrnujícím základní měření zrychlení, náklonu, magnetismu, akustického tlaku, vlhkosti a teploty, který je dále vybaven DIO sběrníci pro připojení externích snímačů a zařízení. Celý systém disponuje slotem na micro SD kartu, připojením Wifi, BLE a mikro USB, jehož prostřednictvím je možné dobít interní akumulátor. Vše je zahrnuto v pouzdře 60x40x20mm. Zařízení podporuje provoz s nízkou spotřebou energie, dále mobilní a cloudové služby pro vyhodnocení a archivaci dat.



*Miniaturizace PC a IoT (Bosch) pro nasazení v oblasti řízení a senzoriky*

Ing. Pavel Vrba

Nejvýraznějším trendem na výstavě „EMO Hannover 2017“ byla aplikace tématu „Průmyslu 4.0“, značná digitalizace celého výrobního procesu, zvyšování inteligence strojů a sledování pracovního procesu v reálném čase. Tento trend byl podpořen celou řadou inteligentních komponent strojů a inteligentních nástrojů. Pokud firmy tento trend zavedený neměly, prezentovaly alespoň připravenost k tomuto kroku. Dalším trendem byla stále větší míra robotizace vedlejších operací výrobního procesu, kde robot nahrazuje tradiční systémy automatické výměny nástrojů, obrobků a palet. Toto řešení dále kromě zkracování vedlejších výrobních časů je též flexibilnější při změně výroby. Dalším silným trendem byly hybridní stroje, které kombinují třískové obrábění s technologiemi netřískovými. Mezi ně patří např. technologie additive manufacturing formou navařování kovových prášků laserem nebo navařování drátu elektrickým obloukem.



*Hybridní frézovací hlava společnosti CompoTech Plus*

Ing. Aleš Šimůnek

EMO 2017 zaznamenalo opět pořadatelský úspěch. Rozšíření výstavní plochy a rekordní počet vystavovatelů pouze dokazuje sílící význam produktivních a přesných výrobních technologií. Všude přítomné téma Industry 4.0 bylo velmi výrazným a hlasitým doprovodem celého EMO Hannover 2017. Zatímco v Miláně 2015 bylo téma Industry 4.0 novinkou, představenou nejvýznamnějšími hráči v oboru (Siemens, Bosch, INA-FAG aj.), aktuální ročník výstavy byl ve znamení předání pomyslné štafety všem ostatním k prezentaci jejich vize Industry 4.0. Velká část výrobců obráběcích strojů si připravila online demo ukázky se zobrazováním veličin a parametrů z běžícího stroje, které ale zatím nemají hmatatelnou návaznost na další řetězce systémů řízení procesů zakázka-hotový dílec.

Ing. Jiří Vyroubal, Ph.D.

Trendy na výstavě EMO 2017 z pohledu konstrukce energeticky efektivních strojů představují kontinuální rozvoj širší nasazení úsporných jednotek s frekvenčním řízením v pomocných jednotkách, využití motorů s vysokou třídou účinnosti a v neposlední řadě řízení spotřebičů v neproduktivních časech. Zároveň je vidět

výrazný nástup firem z Taiwanu a Jižní Koreje, které dodávají energeticky efektivní komponenty velkým výrobcům strojů z Japonska a Číny. Zvyšování a efektivitu produktivity výroby bude v nadcházejících letech výrazně ovlivňovat rychlý rozvoj aditivních technologií s využitím práškového spékání a navařování, které na výstavě EMO 2017 prezentovali i velcí hráči na trhu špičkových výrobních technologií.

Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.

Hlavní dojmy z letošního ročníku se soustředí zejména do oblastí digitalizace, chytrých řešení pro vyšší produktivitu obrábění a designu. V rámci principů Průmyslu 4.0. byla prezentována řada příkladů využití digitálních dat a modelů pro zvyšování kvality, produktivity, robustnosti a flexibility výroby. Patrně nejkomplexnější řešení představila firma Siemens softwarovým systémem CNC Shopfloor Management. Podobně komplexní přístup k optimalizaci vytížení strojů, výrobní produktivity a predikci údržby představila firma HELLER systémy HELLER4Operation, HELLER4Service a HELLER4Performance, nebo GROB novým rozhraním řídicího systému GROB4Pilot s přístupem do ERP, PLM a MES systémů.

V oblasti chytrých řešení pro on-line monitoring stroje a procesu byl velmi zajímavou novinkou systém DMG pro on-line detekci opotřebení, nebo poškození nástroje ve stroji. Absolutní novinkou v oblasti pokročilých řešení FANUC pro vysokou dynamiku řízení pohonů je aplikace postupu strojního učení na ladění parametrů polohového a rychlostního regulátoru pohonů podle zátěže obrobku, resp. podle kmitání pohybových os.

Velmi zajímavá byla expozice Industry 4.0 Arena, která představovala příspěvky německých výzkumných institucí k trendům digitalizace a vývoje chytrých strojů. K nejzajímavějším exponátům patřil stroj „cítící“ ústavu z IFW, Leibnitz univerzity Hannover, umožňující automatickou kompenzaci statických deformací poddajného nástroje, nebo inteligentní upínací systém pro eliminaci zvýšených vibrací při obrábění tenkostěnných dílců ústavů ISF na TU Dortmund a IFQ na Otto von Guericke University v Magdeburgu.

Kvalitní design novinek strojů patří již neodmyslitelně ke každému ročníku EMO. Vynikajícími příklady byl modulární systém designu automatizačních buněk DMG Mori, nebo absolutní novinka designu strojů HURON.



*HURON představil zcela nový jednotný design celého výrobního portfolia, zahrnující také novou akvizici indického výrobce JYOTI*

## 5.3 Driver - Aktuální trendy dle aktivit českého průmyslu v oboru strojírenské výrobní technologi

### Obráběcí stroje zůstávají klíčovými výrobními stroji

Výrobní stroje se stále vyvíjejí spolu s vývojem výrobních technologií a specifickými požadavky uživatelů. Obráběcí stroje si však zatím stále zachovávají významné postavení z pohledu univerzality a pro naplňování nejvyšších požadavků na přesnost a jakost výroby. Výroba výrobních strojů je též ukazatelem technologické vyspělosti země a historicky má přímou vazbu na rozvoj průmyslu v jednotlivých zemích. V českých zemích má výroba výrobních strojů tradici od poloviny 19. století a v současnosti se stále jedná o významný obor národního hospodářství z pohledu exportu.

### Trendy v konstrukci strojů

Nabízené stroje jsou pod trvalým tlakem uživatelů na zvyšování jakosti, přesnosti a produktivity výroby při zachování spolehlivosti a akceptovatelné ceny. Technicky tyto požadavky ovlivňují koncepci strojů, a jejich hardwarové a softwarové řešení.

Z pohledu koncepcí strojů je trvalým trendem multifunkčnost, tedy schopnost stroje realizovat v jednom pracovním prostoru plnohodnotně více typů technologických procesů. Vedle tradičních kombinací třískových technologií (typicky soustružení + frézování, soustružení + broušení apod.) se postupně etabloují a stávají standardem i možnosti kombinovat třískové obrábění a jiné netřískové technologie. Příkladem jsou hybridní multifunkční stroje umožňující vedle obrábění opracovat dílec např. pomocí laseru. Odtud je již jen krůček ke strojům, které umí materiál výrobku nejen obírat, ale též přidávat (aditivní výrobní technologie). Pomalu roste počet firem, které takové stroje nabízejí, a je potěšující, že ČR je v této high-tech skupině již také zastoupena.

Požadavek multifunkčnosti s sebou nese tlak na modularitu konstrukce, která umožňuje s menšími výrobními náklady realizovat více zákaznických konfigurací stroje. Z pohledu nosných struktur strojů jsou řešení zcela podřízena pragmatičnosti výrobní technologie. Každá firma tedy používá takové postupy, na které má spolehlivé dodavatele a vyzkoušenou výrobní a montážní technologii. Nejvíce jsou užívané nosné struktury z oceli a litiny. U některých firem jsou využívány (především pro nepohyblivé části struktur) polymerní i cementové betony, nebo jejich kombinace s ocelí a litinou. Aplikace vláknových kompozitů zůstává stále velmi lákavou možností. Z důvodu náročného návrhu struktury návinnu vláken s ohledem na zatížení součástí a také s ohledem na vysokou cenu materiálu jsou kompozitní dílce využívány buď u menších vysoce dynamických strojů (manipulátory, laserové řezací stroje), nebo pro vybrané dílce s jedním typem zatížení (např. torzně zatížené pohonné hřídele). Hybridní struktury, které kombinují konvenční a nekonvenční materiály, jsou zatím používány také relativně málo.

Z pohledu pohonů lineárních pohybových os zůstávají nejpoužívanější pohony kuličkovými šrouby a pastorky s hřebeny. Jejich hlavní výhodou je ochranná funkce vloženého převodu, takže externí síly nepůsobí přímo na pohon. Lineární motory jsou využívány pouze u menších vysoce dynamických strojů, u strojů s extrémními požadavky na minimalizaci pasivních odporů nebo u strojů, kde potřebuje výrobce maximálně zjednodušit konstrukci a nárůst pořizovací ceny pohonu kompenzuje zjednodušením montáže rozměrových variant. Mírně odlišná je situace v oblasti rotačních pohonů, kde se prstencové motory prosadily lépe z důvodů zjednodušení konstrukce osy a přirozené bezvůlovosti řešení. Řešení jsou omezena momentovými požadavky. U velkých strojů se rotační osy neobejdou bez převodů pro dosažení velkého krouticího momentu.



Z pohledu produktivity není výrazný zájem o vysokou dynamiku pohybů stroje (zrychlení nad 1g) a vysokorychlostí obráběcí technologie. Zvyšování produktivity je dosahováno především rozsáhlejší automatizací strojů a zajištěním podpory pro jejich bezchybný chod. Prakticky to znamená rozšířené nasazení robotů pro obsluhu pomocných operací stroje (zakládání/vykládání dílců, čištění, odjehlení dílců) a také růst SW podpory pro rychlejší a bezpečnější přípravu NC kódu i diagnostiku stroje a procesu. V této oblasti je stále mnoho výzev a lze zde očekávat nejintenzivnější vývoj v blízké budoucnosti, který bude v úzké vazbě a v souladu s přechodem na plně digitální výrobu.

## Situace v ČR

V České republice pracuje v současné době téměř dvacet výrobců obráběcích strojů. Mnoho firem patří k celosvětově známým a uznávaným značkám a dodávají stroje na všechny kontinenty, kde probíhá průmyslová výroba. Po řadě změn v roce 2016 ve vedení firem lze říci, že firmy jsou stabilní, a pokračují ve vývoji nových strojů a i speciálních zákaznických řešení. Vývoj ve firmách je poměrně často spojen se spoluprací s výzkumnými organizacemi, ať už to jsou univerzitní pracoviště (RCMT ČVUT v Praze, NETME VUT v Brně, RTI ZČU v Plzni) nebo neuniverzitní pracoviště (VUTS Liberec, INTEMAC Kuřim). Z pohledu ekonomického má produkce obráběcích strojů v ČR za sebou lokální maximum v roce 2015. V roce 2016 došlo k mírnému poklesu poptávky. Aktuální statistiky za první kvartál 2017 ukazují opět oživení a dávají naději, že výsledky roku 2017 budou stejné nebo mírně vyšší, než v roce 2015. Za této situace firmy věnují velkou pozornost vývoji nových řešení svých strojů.

Úvod roku 2017 přinesl několik premiér strojů prezentovaných na zákaznických dnech firem. Firma TOS Varnsdorf uvádí na trh novou horizontku menší velikosti WHT110. Stroj, na jehož vývoji firma spolupracovala s RCMT a VUTS, představuje moderní centrum s optimalizovanou nosnou strukturou a novým vřeteníkem s max. otáčkami až 6000 ot/min. Stroj je navržen jak pro plně kapotované provedení s automatickou výměnou palet připravené do plně bezobslužného provozu, tak i pro dodávky s částečnou kapotáží pro menší uživatele, kteří preferují tradiční způsob práce na horizontce. Nový pohled na funkce a ovládání moderních strojů je vidět v aplikační nástavbě TOScontrol, která umožňuje operátorovi rozšířit pracovní nástroje pro lepší využití stroje. Společnost Kovosvit MAS představila nový typ stroje s označením WeldPrint 5AX, který je určen pro hybridní výrobu kombinující aditivní technologii a obrábění. Stroj navazuje na ložskou premiéru původní nízkonákladové technologie vyvinuté v ČR ve spolupráci firmy a RCMT. Další nové stroje jsou pro představení připravovány a společnost se nadějně zotavuje z ložského propadu. Tajmac-ZPS prezentoval na svých zákaznických dnech pětiosé multifunkční centrum s otočně-sklpným stolem vlastní konstrukce se soustružnickou funkcí. Je to ukázka toho, že konstrukce multifunkčních strojů stále přináší řadu vývojových výzev a vlastní znalost a know-how firmy nezávislé na externích dodavatelích uzlů v této oblasti posiluje konkurenceschopnost firmy. Tajmac-ZPS též přispěl do tématu Průmysl 4.0 automatizovanou výrobní buňkou vyvinutou společně s Intemacem, B+R a dalšími partnery. Firma tak jasně ukazuje, že čtvrtá průmyslová revoluce je nástroj k dosažení požadovaných užitečných vlastností strojů a nesmí být nahlížena jako cíl. Tajmac-ZPS dále rozvíjí svůj úspěšný program unikátních CNC vícevřetenových automatů a do rodiny 8 a 6 vřetenových strojů se zařadil stroj Penta s 5 vřeteny. Škoda Machine Tools realizuje pro zákazníka z Holandska jeden ze svých největších strojů. Horizontka FCW 4 S má vertikální osu se zdvihem 10 m. Stroj je též multifunkční, dodaný je s karuselovacím stolem a soustružnickým smykadlem upínaným na pinolu jako aplikační hlava. TOSHULIN dodal do leteckého průmyslu karusel, který je pro obrábění dílců komplikovaného tvaru z těžkoobrobitelných slitin vybavený unikátním soustružnickým adaptérem s přídatnou rotační osou. Společně s tím má stroj upravený postprocesor, takže nakládání nástroje je možné souvisle během obráběcí operace. V poslední době byly náročným zákazníkům z leteckého průmyslu dodány stroje vybavené nově vyvinutým systémem teplotní stabilizace. Ve společnosti TOS Kuřim byl realizován vývoj a výroba unikátního karuselu s osou Y. Patrně se jedná o největší obráběcí stroj, který kdy byl v ČR vyroben. Tento karusel disponuje dvěma stoly, vnitřním o průměru 8 metrů a vnějším o průměru 16 metrů. Oba dva stoly mohou pracovat samostatně. Stroj má vertikální a horizontální smykadlo. Parametry jsou impozantní: točný průměr 16 m, nosnost stolu



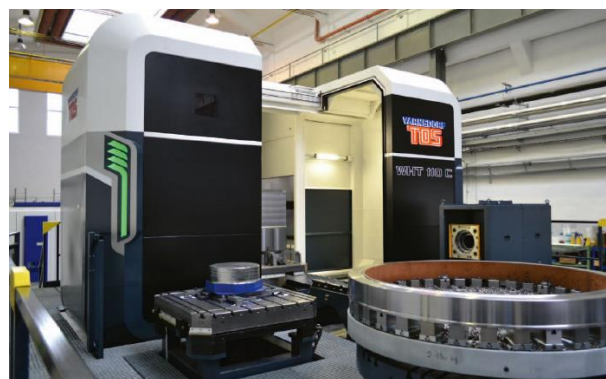


1000 tun, krouticí momentem 1 mil. Nm, zdvih bočního vřeteníku 14,5 metru, průchod pod portálem 15 metrů, půdorys saní pod jedním stojanem 18 m, celková výška stroje 21,5 metru. Na vývoji tohoto unikátního stroje rozsáhle spolupracovalo při dimenzování a optimalizacích RCMT.

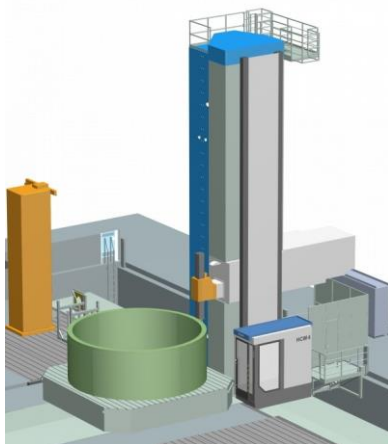
Další vývoj nových a významně inovovaných strojů a technologií probíhal v roce 2016 a probíhá i letos také v dalších společnostech, jako je TOS Čelákovice, Erwin Junker, Fermat, FERMAT Machine Tool, Strojírna TYC a RETOS. Pro obor bude letošní rok z hlediska zakázek a exportu významný a oživující. Některé firmy jsou již vzhledem k výrobní a montážní průchodnosti podnikem v některých provedeních strojů na rok 2017 vyprodané a to je s ohledem na období roku velmi pozitivní. Významné oživení v zakázkách vzhledem k většinou konstantní kapacitě vývojového a konstrukčního oddělení přirozeně povede k mírnému zbrzdění rozjetých vývojových projektů, ale nikoli zásadnímu. Mezi pozitivní podporující prosperitu oboru patří také fakt, že: Svaz strojírenské techniky, sdružující většinu oboru stabilně podporuje export a zájmy ČR v rámci CECIMO; oborová Technologická platforma strojírenská výrobní technika zpracovává inovované odborné strategické dokumenty oboru a technologický foresight do roku 2025; oborové Centrum kompetence strojírenské výrobní technika realizuje výzkum dlouhodobých oborových témat dle požadavků klíčových podniků; progresivně se etabluje nedávno vzniklé výzkumné pracoviště INTEMAC Kuřim jako partner oborových podniků; a v neposlední řadě pak, že obor strojírenské výrobní techniky zaujímá významné postavení ve vládou a evropskou komisí schválené Národní výzkumné a inovační strategii pro inteligentní specializaci České republiky.



*Stroj WeldPrint firmy Kovosvit MAS schopný realizovat dílce technologiemi aditivní výroby a třískového obrábění.*



*Nová horizontka WHT 110 firmy TOS Varnsdorf*



*Unikátní stroj HCW4 firmy Škoda Machine Tool se zdvihem vertikální osy Y = 10 m*



## 5.4 Driver - Aktuální odborné trendy a novinky dle reflexe stavu aplikovaného výzkumu

Následují reflexe stavu **výzkumu a vývoje** v oboru strojírenské výrobní techniky s vlivem na další vývoj trendů

### 5.4.1 Reflexe tématu Průmysl 4.0 v oboru výrobních strojů

#### Nahradíme lidi ve výrobě stroji?

Z pohledu výrobních strojů je zásadním milníkem „třetí průmyslová revoluce“, kdy v padesátých letech minulého století vzniklo číslicové řízení (NC) strojů, které se do dnešních dnů stále zdokonaluje a je základem veškeré moderní výroby. Od vzniku NC do dnešní doby se vývojáři strojů snaží vyvinout dokonalejší výrobní zařízení pro lepší výrobu. Číslicové řízení strojů a výrobních systémů umožnilo realizovat produktivní výrobu a kontrolu stále složitějších dílců. Současně se člověk ve výrobním procesu často ukazuje jako rizikový faktor, který se konstruktéři výrobních systémů stále snaží překonat a eliminovat. Odstraněním člověka z procesu řízení stroje se připravujeme o řadu „senzůrů“ a „inteligentních rozhodovacích funkcí“, které musí být nahrazeny více či méně složitými, drahými a robustními senzory a navazujícími technickými algoritmy. Tento technický vývojový proces trvá prakticky od zavedení NC, takže bezobslužnost výrobních provozů není nějakou novinkou poslední „průmyslové revoluce“.

Výroba na konvenčních strojích (bez NC řízení) měla jednu zásadní technickou výhodu: operátor stroje realizoval jeho řízení s přímou zpětnou vazbou na rozměr a jakost vyráběné součásti. O efektivitě a produktivitě jeho práce rozhodovaly jeho znalosti a zkušenosti. Čtvrtá průmyslová revoluce je definována jako masivní průnik informačních a komunikačních technologií (ICT) do výrobních procesů. ICT je zde však pouze dalším nástrojem pro dosažení hlavních požadavků na výrobní stroje a technologie (lepší přesnosti, produktivity, jakosti, spolehlivosti, efektivity a menší spotřeby energie). Tento nástroj má zajistit propojení a efektivní spolupráci všech souvisejících systémů. Pro oblast výrobních strojů tedy platí, že větší integrace ICT do strojů nemá za primární cíl dosáhnout plné bezobslužnosti výroby, ale zajistit efektivní spolupráci stroje s člověkem a dalšími stroji. Řada technických výrobních operací je komplexních a jejich automatizace je svázána s řadou výzev. Řešení takových úkolů přináší v praxi další náklady, jejichž návratnost je firmami vždy přísně posuzována.

#### Principy technických řešení

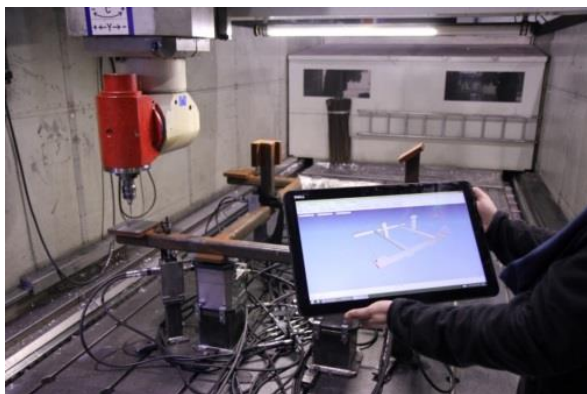
Pro naplnění výše uvedených šesti hlavních požadavků na výrobu musí strojní zařízení i jeho obsluha vědět: 1. co se děje ve stroji a procesu; 2. jak tomu rozumět v kontextu realizované výroby; 3. co s tím dělat pro minimalizaci negativních dopadů; 4. jak tomu předejít v budoucnu. Pro informace o aktuálním stavu stroje a procesu je možno využít řadu interních dat z řídicího systému stroje. Dále je možno stroj dovybavit přídavnými senzory ať už pro přímé měření veličin (např. měření vzdálenosti) nebo nepřímé měření veličin (např. měření vibrací při obrábění pro sledování stavu rezného procesu). Ačkoli to na první pohled vypadá jasně, praktické nasazení je limitováno řadou technických omezení (např. zašumění signálu a nutnost jeho filtrace, odolnost snímačů v pracovním prostředí aj.), ekonomických omezení (cena celého přídavného HW a SW) a též komunikačních omezení (jaká informace bude na výstupu a jak jí bude konkrétní člověk rozumět a využívat ji).



*Schéma chytrého výrobního stroje*

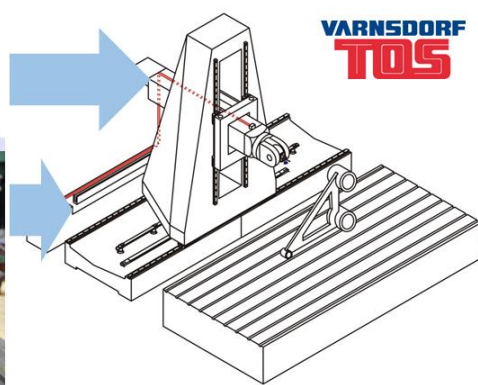
## Příklady v praxi realizovaných řešení

Prvním příkladem je poloautomatické řešení pro vyrovnávání polohy dílců v pracovním prostoru velkých obráběcích strojů. Popisované řešení bylo prakticky oživeno a otestováno týmem RCMT ve firmě STROJÍRNA TYC s.r.o. na jejich portálovém obráběcím centru. Při umístění dílce do stroje je nutno provést před samotným upnutím a frézováním jeho vyrovnání. Tento postup zajistí, že obrábění proběhne v rámci přídavek dílce. Nedojde tak k „profrézování“ do konečného tvaru dílce nebo naopak „nedofrézování“ ploch v důsledku chybějícího materiálového přídavku. Je tedy nutno vyrovnat naklopení dílce v rovinách XZ a YZ, což dělá obsluha stroje měřením polohy dílce a vypodkládáním zvolených míst plechovými podložkami. Pokud dílec není předem orýsovaný, vyžaduje operace čas a zkušenou obsluhu. Nově navržené řešení využívá motorizovaných pohyblivých podpěr a speciálního ovládacího software s online 3D vizualizací dílce, který má obsluha pro lepší kontrolu situace na přenosném tabletu. Celý systém je propojen s řídicím systémem obráběcího stroje, v tomto případě s Heidenhain iTNC530. Operátor nejdříve provede ruční navedení stroje do výchozího bodu dle animace na přenosném tabletu (hrubé určení polohy dílce v pracovním prostoru) a následně spustí automatický režim proměření reálné polohy a tvaru dílce pomocí dotykové sondy. Ovládací SW následně dle automaticky získaných informací vypočítá potřebnou změnu polohy dílce a posunutí nulového bodu a zobrazí výsledek obsluze. Pokud obsluha návrh potvrdí, dojde k automatickému vyrovnání dílce a odeslání informace o jeho aktualizované poloze do řídicího systému. Následně je vyrovnaný dílec upnut a je spuštěn NC program pro obrábění. Při zkouškách došlo tímto poloautomatickým řešením ke zkrácení vedlejšího času potřebného k ustavení dílce o 75%. Tato časová úspora znamená akceptovatelnou dobu návratnosti investice do přídavného zařízení.



*Vyrovnnání polohy obrobku před upnutím a obráběním na portálové frézce. Obsluha stroje celý systém ovládá z přenosného tabletu propojeného s řídicím systémem stroje pomocí WiFi.*

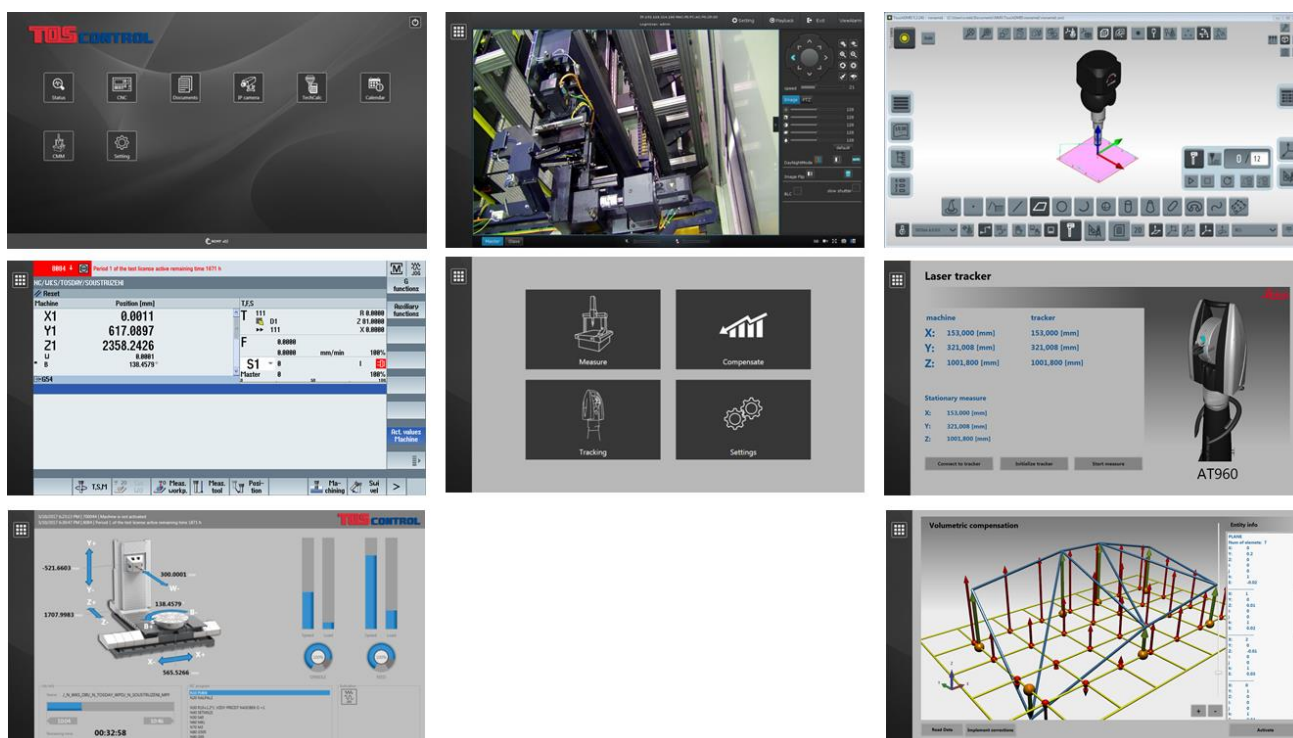
Druhým příkladem je plně automatické řešení pro korekci geometrických chyb obrobku v důsledku statického zatížení stroje nebo působení tepla na stroj. Řešení vyvinuté společným týmem RCMT a TOS VARNSDORF a.s. je primárně založeno na vestavení přídavných laserových odměřovacích zařízení do konstrukce stroje. Tento přídavný měřicí systém identifikuje polohu klíčových částí stroje v prostoru pomocí nezávislého odměřování a následně i deformaci jeho navazujících částí až do místa v blízkosti konce nástroje. V důsledku toho je možno provést nezávislé měření skutečné polohy čela smykadla a to zavést jako nové hodnoty do korekčních tabulek stroje. Stroj tak není odkázán na lépe či hůře přednastavené sady tabulek, ale je schopen si je vytvořit ad-hoc v konkrétním požadovaném okamžiku, např. před kritickou dokončovací operací. Jinou variantou integrace nezávislého odměřování je sledování polohy konce smykadla standardním lasertrackerem umístěným v pracovním prostoru stroje a propojeným s jeho řídicím systémem. V obou případech umožňuje nezávislé odměřování polohy využít obráběcí stroj jako souřadnicový měřicí stroj (CMM) a změřené geometrické odchylky dílce automaticky implementovat jako korekci do řídicího systému stroje. Tato funkcionality je podtržena i tím, že pro operaci měření dílce je možno stroj ovládat metrologickým SW, který se běžně používá na CMM. Realizace nezávislého měření rozměrů dílce přímo v pracovním prostoru stroje umožňuje ušetřit čas za mezioperační manipulaci s dílcem, což opět vede k úsporám znamenajícím rychlou návratnost investice do přídavného měřicího systému. Řešení s využitím lasertrackeru firma TOS VARNSDORF a.s. prezentovala též na EMO 2017 v Hannoveru.



*Schéma nezávislého přídavného odměřovacího zařízení na bázi laseru integrovaného do stroje firmy TOS VARNSDORF a.s.*

V obou zmíněných případech musí CNC systém stroje zajistit komfortní ovládání přídavných zařízení bez vysokých nároků na obsluhu. Právě komunikace s obsluhou se stává dalším klíčovým bodem ve zvyšování efektivity využití moderních strojů. Možnost měnit způsob ovládání stroje podle prováděné operace (obrábění/vyrovnnání a upínání dílce/měření obrobeného dílce) vyžaduje další nadstavbu řídicího systému, která v sobě integruje jak komunikační rozhraní s obsluhou, tak řízení doplňkových systémů. Originálním řešením vyvinutým v ČR je v této oblasti nadstavba TOS Control, kterou firma TOS VARNSDORF a.s. též představila jako další vývojový prvek svých strojů na EMO v Hannoveru.





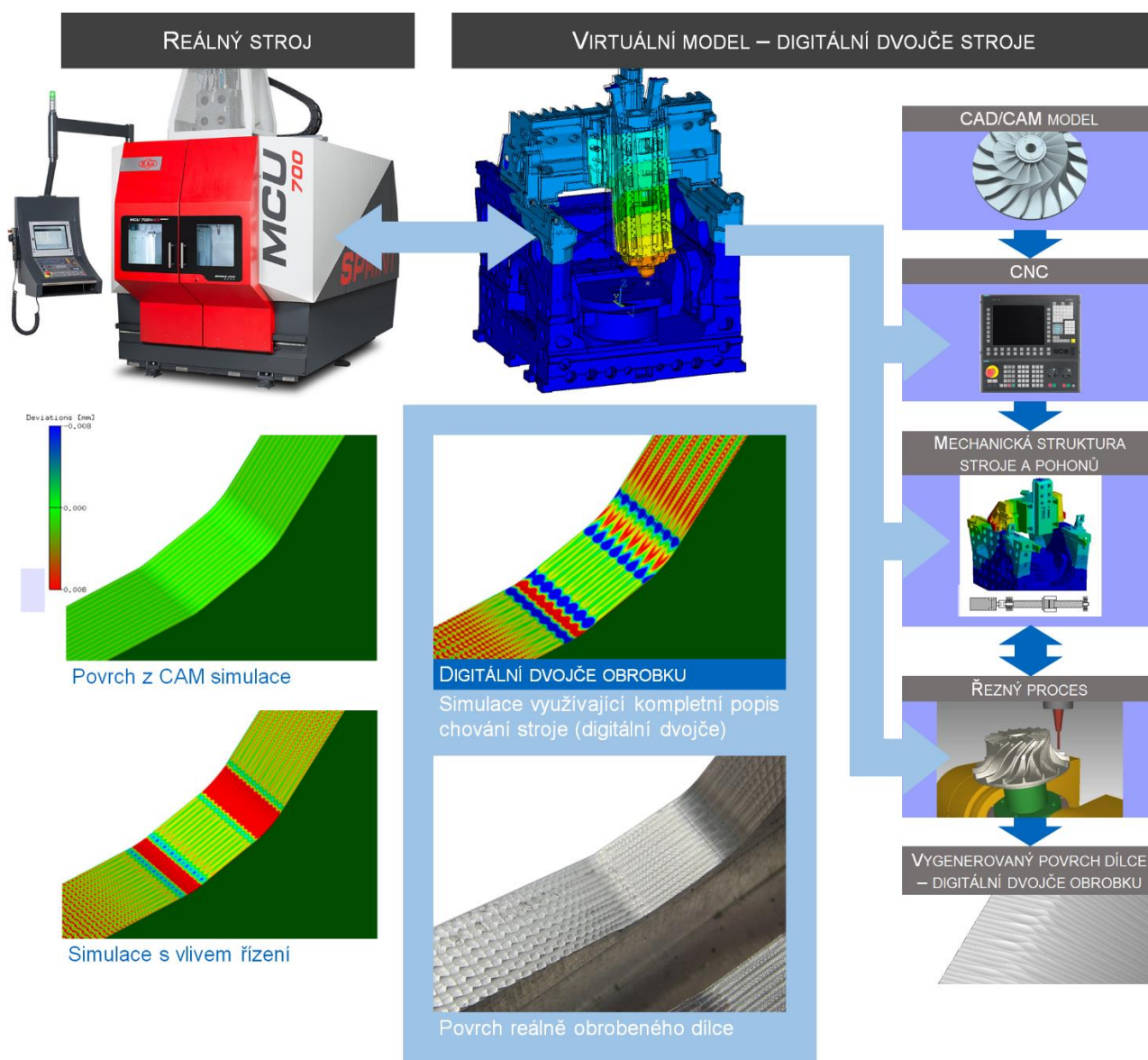
*Příklady specializovaných uživatelských obrazovek systému TOS Control, který je otestován jako nadstavba řídicího systému Siemens Sinumeric 840D sl.*

Uvedené aplikace jsou ukázkou integrace přídatných systémů do stroje pro zlepšení hlavních užitných vlastností stroje, včetně rozšířené komunikace s obsluhou. Do budoucna se bude rozvíjet inteligence strojů v oblasti autonomní schopnosti reagovat na neočekávané situace.

## Digitální dvojče stroje a obrobku

Významným prvkem, který je v souvislosti se čtvrtou průmyslovou revolucí zmiňován, je digitální dvojče. Co si pod tím představíme? Digitální dvojče reprezentuje chování individuálních a fyzicky existujících komponent. V praxi si můžeme představit digitální model obráběcího stroje, který v sobě obsahuje matematický popis dynamického chování struktury stroje, struktury pohonů a jejich zpětnovazebního řízení a je propojen s jádrem řídicího systému. Pokud na vstup takového modelu vložíme vytvořený NC kód, umí toto digitální dvojče stroje provést virtuální odbavení kódu a simulaci pohybů stroje vč. parazitních vybuzeňových vibrací. Výsledkem je predikce přesnosti a jakosti povrchu obrobku a zcela přesná predikce doby obrábění. Vzniklý model dílce je tzv. digitálním dvojčetem obrobku, protože v sobě nese údaje o reálné podobě dílce. Aktuální stav digitálních modelů strojů vyvinutých v RCMT umožňuje simulovat všechny výše uvedené vlivy na výslednou podobu obrobku. Z dalších klíčových vlivů zatím v modelech není zahrnut vliv teplotních deformací stroje a obrobku a geometrická nepřesnost stroje způsobená výrobou a montáží jeho klíčových částí. Aktuální stav modelů je využíván zejména pro simulaci a optimalizaci obráběcích procesů menších a středně velkých pětiosých obráběných dílců. V případě této poměrně komplexní technologie je možno následně optimalizovat proces obrábění (NC kód, nastavení interpolátoru, nastavení parametrů pohonů) s využitím uvedených digitálních dvojčat, tedy bez přítomnosti reálného stroje. To umožňuje zkrátit čas odladění technologie na stroji a tak zajistit efektivnější využití jeho disponibilního času. V současné době již existují digitální dvojčata šesti konkrétních strojů od tří firemních partnerů. Bohužel používání tohoto nástroje je technicky poměrně náročné a tak je aktuálně technologická podpora s využitím těchto nástrojů poskytována jako služba v úzké součinnosti s koncovým uživatelem (technologem odpovídajícím za konkrétní technickou aplikaci).





*Příklad využití digitálního dvojčete stroje pro vznik digitálního dvojčete obrobku a porovnání výsledku simulace s výsledky reálného obrábění.*

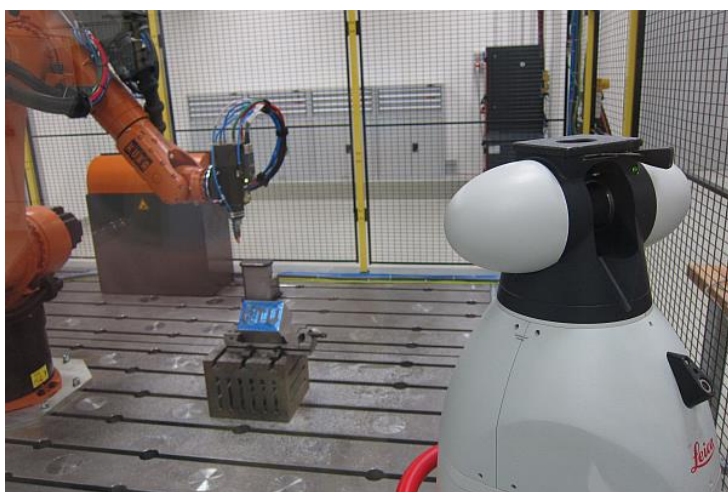
## Využití testbedů

V souvislosti s průmyslovou revolucí se též často zmiňují tzv. testbedy. Jedná se o pojem převzatý z němčiny, který označuje zkušební zařízení pro testování technických řešení. V České republice jsou aktuálně dvě taková zařízení, která nabízejí své služby a kapacity technické veřejnosti. Na jaře tohoto roku vznikla v Kuřimském INTEMACu tzv. výrobní buňka 4.0. Základem buňky je obráběcí centrum firmy Tajmac-ZPS, které je propojeno s pomocí robota COMAU s měřicím strojem Renishaw Equator. Zásadní je systémová integrace realizovaná firmou B+R umožňující provoz buňky se zpětnou vazbou do stroje z měřicího zařízení. Pro sběr a vyhodnocení dat je využíván SW firmy SEWIO. Na počátku září byl otevřen Testbed průmyslu 4.0 v rámci CIIRC ČVUT, který je součástí vzniklého Národního centra průmyslu 4.0. Tento testbed je z hlediska vybavení rozsáhlejší, neboť má za cíl simulovat celou výrobní linku s více typy výrobní procesů (aditivní výroba, obrábění, laserové technologie, montáž automatická i kolaborativní člověk + robot, různé typy mezioperační dopravy). Základní



řízení a datová integrace je založena na HW a SW firmy Siemens. Testbed má v této oblasti další možnosti alternativních HW a SW řešení pro testování systémové integrace.

Oba testbedy spojuje otevřená nabídka firmám k inspiraci a ověření některých principů. V této souvislosti je nutno si uvědomit, že podobná zařízení sice obsahují reálné stroje, ale obvykle nerealizují reálnou technickou výrobu. Jedná se o ukázkou propojení HW a SW systémů do jednoho celku. Jedná se o „posilovnu“, kde firmy mohou trénovat na skutečný výkon podaný následně ve své výrobě. Taková zařízení by firmám měla pomoci zmenšit nejistoty a rizika před zaváděním automatizované inteligentní výroby tím, že bude možno jednotlivá dílčí zařízení i jejich integraci ověřit v bezpečném prostředí „tréninkového centra“. Následně bude možno dopracovat implementaci v plné šíři v reálném výrobním provozu, ověřit funkčnost dílčích systémů, upřesnit investiční náklady a náročnost HW a SW implementace.



*Ukázka robotické obráběcí buňky instalované v Testbedu CIIRC ČVUT. Na tomto příkladu je ukázána integrace robotu a nezávislého odměřování jeho polohy lasertrackerem. Toto lze využít pro korekci polohy robotu, kalibraci robotu nebo pro postprocesní rozměrovou kontrolu dílce.*

## Závěr

V textu jsme se pokusili shrnout některé hlavní aspekty související s aktuální diskusí okolo tzv. čtvrté průmyslové revoluce. Je třeba si znovu připomenout, že Průmysl 4.0 není cílem, ale nástrojem pro dosažení požadovaných hlavních užitečných vlastností strojů a technologií. Průmysl 4.0 je paradigma uvažování, které integruje více informací a vstupů z různých zdrojů (reálných a virtuálních, lokálních i vzdálených) a různých časových období, umožňuje sdílení dat a současně decentralizované rozhodovací procesy na úrovni jednotlivých výrobních strojů. Řešení využívají řadu nejnovějších nástrojů ICT, ale i ty jsou stále jen prostředkem k dosažení výše uvedeného cíle. Pro konkrétní technologické aplikace je nutno systém navrhnout zákazníkovi na míru, protože každá výroba je jiná a má jiná kritická místa a kontrolní hodnoty. V článku jsou zmíněny dva konkrétní příklady, kdy vývojem nových HW zařízení a jejich kompletní SW integrací do stávajícího stroje bylo možno zlepšit produktivitu nebo přesnost výrobního procesu.

Zavedení nových řešení pro výrobu musí vždy předcházet strategické rozmyšlení konceptu, způsobu integrace vstupních dat a způsobu komunikace s okolím. Výhodou je, že SW řešení na pozadí je snadno škálovatelné (přenositelné i na jiné velikosti strojů a aplikací). V této souvislosti ve výhodné využít tzv. testbedů, které umožňují vyvíjet a testovat nová specifická řešení i jejich modifikace a minimalizovat tak nejistoty před zavedením řešení do reálné výroby.



## 5.4.2 Reflexe tématu Spolupráce firem a univerzit ve výzkumu a vývoji

Aby bylo možno klíčová témata v aplikovaném výzkumu dlouhodobě rozvíjet, je nutno vhodně kombinovat financování orientovaného (základního oborového) výzkumu, aplikovaného výzkumu a realizaci ve firmách. Klíčová témata oboru strojírenské výrobní techniky a technologie byla poprvé popsána ve Strategické výzkumné agendě oboru na období 2010–2020. Agendu v roce 2009 připravila platforma Strojírenská výrobní technika. Na jejím vytvoření metodou Delfi se podílelo 63 firemních i univerzitních expertů z oboru obráběcích a tvářecích strojů. Agenda byla následně aktualizována v roce 2012. Nad definovanými klíčovými oborovými výzkumnými tématy byl v roce 2011 připraven návrh projektu Centrum kompetence Strojírenská výrobní technika. U zrodu projektu stály tři největší české technické univerzity (ČVUT v Praze, VUT v Brně a ZČU v Plzni) společně se sedmi předními výrobci obráběcích a tvářecích strojů v ČR (TAJMAC-ZPS, KOVOSVIT MAS, TOS VARNSDORF, TOS KUŘIM, Škoda Machine Tool, TOSHULIN, Šmeral Brno). Projekt přijatý k realizaci v letech 2012 až 2019 je spolufinancován z veřejných rozpočtů prostřednictvím TAČR.

Projekt se zaměřuje na orientovaný výzkum v oboru strojírenské výrobní techniky a na aplikaci výsledků tohoto výzkumu do konkrétních firemních řešení. Hlavním cílem projektu je zvyšování konkurenceschopnosti konsorciálních firem prostřednictvím zlepšování šesti hlavních technických užitečných vlastností strojů a technologií: přesnosti, jakosti, produktivity, spolehlivosti, hospodárnosti a minimalizací dopadu na životní prostředí. Rámec projektu je nastaven tak, že nad tématy orientovaného výzkumu spolupracují univerzity se všemi konsorciálními firmami (přičemž některé z nich jsou vzájemnými konkurenty). V určitém bodě je dosaženo dílčích výsledků orientovaného výzkumu (typicky vzniká základní simulační nebo experimentální know-how). Na tuto fázi v rámci projektu navazuje aplikovaný výzkum v bilaterální spolupráci univerzity a jednotlivých firem, který je již zaměřen na zdokonalení konkrétních strojů nebo technologií. Popsaný postup je velmi efektivní z pohledu využití veřejných prostředků, protože výsledky orientovaného výzkumu jsou v navazující fázi implementace firmami přímo využívány. V roce 2015 dospěl projekt do poloviny své doby řešení. Na konci roku bylo dosaženo celkem 40 závazných výsledků, přičemž 20 % z nich bylo v té době již využíváno v praxi. Další výsledky se do fáze praktického nasazení dostávají v roce 2016. V projektu je jedenáct odborných pracovních balíčků a výsledky jsou tedy rozesety do všech oblastí vývoje, realizace a provozu vyvíjených obráběcích a tvářecích strojů.

### Dosažené výsledky v oblasti vývoje strojů

Jedním z hlavních technických požadavků na výrobní stroje je vysoká tuhost, malá hmotnost a dobré tlumení. Tyto tři parametry jsou základem pro naplnění požadavků na užitečné vlastnosti stroje. V projektu CK-SVT je naplnění těchto požadavků sledováno ve třech pracovních balíčcích s uplatněním odlišných vývojových metod. Prvním přístupem jsou pokročilé strukturální a teplotně-strukturální optimalizace dílců nosných struktur. Uplatněné matematické metody umožňují rychle hledat efektivní rozmístění materiálu v konstrukčním prostoru stroje tak, aby došlo k maximalizaci statické tuhosti v definovaném místě, minimalizaci hmotnosti a maximalizaci vlastních frekvencí. Metody umožňují i optimalizaci stroje na určitý průběh dynamické poddajnosti (hodnoty tlumení jsou však při výpočtu pouze odhadnuty). V tomto případě je struktura stroje optimalizována již přímo na konkrétní definovanou technologii obrábění.

Konkrétním výsledkem uplatnění těchto metod je strukturální optimalizace dílců nosné struktury strojů řady FRF z produkce TOS KUŘIM. Zcela nově navržený stojan stroje vykazuje při srovnatelné hmotnosti zvýšenou statickou tuhost o 20 % proti strojům této velikostní kategorie. Dalším výsledkem je nový návrh lože, kde se při nezmenšení statické tuhosti v různých částech stolu podařilo ušetřit čtvrtinu hmotnosti dílce. Strukturální

optimalizace v kombinaci s modelováním hydrostatického vedení byly uplatněny při vývoji těžkého otočného stolu na přesuvných saních TDV 50 z produkce Škoda Machine Tool. Na nosné struktuře se podařilo ve srovnání s přechodí generací stolu ušetřit 15 % materiálu při zachování nosnosti a tuhosti stolu.

Druhým přístupem je zvyšování tlumení nosných struktur. Z pohledu vývoje nového stroje je významné použití hybridních struktur neboli kombinace několika typů materiálů v konstrukci. Typicky se jedná o základní litinové odlitky nebo ocelové svařence vyplněné strukturami z částicových nebo vláknových kompozitů. Hledání vhodných typů materiálů, jejich modelování, hledání možností realizace spojování odlišných materiálů a také celková strategie jejich efektivního nasazení z technického a finančního pohledu patří k hlavním úkolům orientovaného výzkumu v projektu. Nasazení získaných znalostí vedlo ke konkrétním realizovaným výsledkům. Ve spolupráci s firmou Škoda Machine Tool byl realizován na zákaznickém stroji pohon kuličkovým šroubem vertikální osy Y se zdvihem 6500 mm, jehož jádro bylo odvrtno a naplněno částicemi jiného materiálu. Výsledkem těchto opatření byl posun kritických otáček kuličkového šroubu, který umožnil navýšit maximální posuvovou rychlost osy na zákazníkem požadovaných 20 m/min. Bez těchto opatření by byly kritické otáčky omezeny tak, že by posuvová rychlost byla nejvýše 8 m/min. Jiným příkladem realizovaných hybridních struktur je smykadlo stroje 7032 firmy TAJMAC-ZPS. Výpočtově optimalizovaná kompozitová výztuž vlepená do litinového vnějšího pláště, který zajišťuje ochranu kompozitu a současně je rozhraním pro připojení dalších konstrukčních prvků, snížila na samotném dílci smykadla dynamickou poddajnost až 4krát ve srovnání se stejným litinovým dílcem. Přínos na celém smontovaném stroji je o něco menší z důvodu vlivu dalších dílců a rozhraní v konstrukci stroje; při testech stroje však bylo dosaženo zvýšení produktivity obrábění.

Jiným přístupem ke zvýšení tlumení mechanických struktur strojů jsou dodatečné aplikace aktivních hltičů. Společně s firmou TOSHULIN byl vyvinut a otestován prototyp soustružnického adaptéru s jednoosým hltičem. Výhodou navrženého řešení je schopnost řídicích algoritmů hltiče tlumit dvě vybrané vlastní frekvence a současně reagovat na jejich změnu v závislosti na vysunutí smykadla. Testy na stroji ukázaly, že hlacení kmitů ve směru Y (tangenciální směr z pohledu obrábění) snižuje dynamickou poddajnost cca o 30 % na obou sledovaných frekvencích. Hltič je nyní připravován pro nasazení na dalších řadách karuselů TOSHULIN, což s sebou nese nutné změny připojovacího rozhraní na jiné typy smykadel.

Do oblasti vývoje strojů spadá kromě vývoje metod pro zlepšování vlastností tradičních řešení také zkoumání možností netradičních koncepcí strojů. Na základě zadání firmy TAJMAC-ZPS byla řešena nová kinematická struktura víceřetenového soustružnického automatu. Navržené řešení uvažuje jak s rotací dílců, tak s rotací nástrojů. Poloha nástroje vůči obrobku je nastavována změnou vzájemných rychlostí rotace, což vede ke zkrácení vedlejších časů potřebných pro přestavení bubnu s vřeteny. Řešení, které je patentově chráněno, má potenciál zvýšení produktivity stroje až o 75 %.

## Volba nástrojů a upnutí obrobku vzhledem k produktivitě obrábění

Upnutí obrobku a vyložení nástroje ovlivňuje celkovou tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek a tím i přesnost a produktivitu obrábění. Cílem případové studie realizované společně s firmou TOS Varnsdorf bylo analyzovat vliv upnutí dílce na jeho dynamické chování při obrábění a zjistit potenciál zvýšení výkonnosti obrábění v důsledku modifikace upnutí a změny řezných podmínek. K řešení tématu bylo přistoupeno s využitím kombinace změřených a vypočtených dat o dynamické odezvě nástroje a dílce. Studie ukázala, že vybraný obrobek a způsob upnutí jsou poměrně tuhé, a že změny poloh podpíracích kostek nemají zásadní vliv na





vypočtenou produktivitu. Limitem procesu se tak ukázala tuhost soustavy stroj – nástroj. Z navazující analýzy vlivu zvýšení posuvu bylo vidět, že zvýšením rychlosti posuvu o 20 % se nutný výkon vřetene zvýší o 14 %, což je stále pod maximálním výkonem vřetene a stále v oblasti stabilního obrábění. Na příkladu čtyř různých nástrojů bylo ukázáno, jaké mohou být rozdíly v požadovaném výkonu vřetena, řezných silách a deformacích nástrojů. Volbou vhodného nástroje lze dosáhnout až 80% snížení geometrické chyby obráběného povrchu vlivem odklonu nástroje a až cca 45% snížení zatížení v nejvíce namáhaném směru. Aplikace uvedených závěrů vedla ke zvýšení produktivity a přesnosti obrábění testovaného dílce.

## Volba řezných podmínek a strategie obrábění

Podíl aplikací kompozitů v konstrukci všech typů strojů roste. Obrábění často zůstává poslední operací, která dává dílci konečný tvar a přesné rozměry. Kompozitní materiály mají obecně různé typy a kombinace materiálů matrice a výztužných vláken, což zvyšuje náročnost pro volbu vhodných řezných podmínek a strategie obrábění.

Ve spolupráci s firmou Škoda Machine Tool byla provedena analýza technologie frézování kompozitu označeného GFK – termosetového kompozitu vyztuženého aramidovými vlákny. Klíčovým požadavkem koncového zákazníka bylo suché obrábění. Hledanými výstupy byla vhodná kombinace řezných podmínek pro zajištění minimálních otřepů, dobré jakosti povrchu, malého teplotního ovlivnění dílce a snížení řezných sil zatěžujících stroj i obrobek. Z mnoha provedených experimentů frézování vysokorychlostní frézou s PCD břity bylo vidět, že pro minimalizaci velikosti otřepu je nutno použít menší posuv na zub (0,05 mm). Produktivitu lze zvýšit použitím vysokých řezných rychlostí (úspěšně byly otestovány rychlosti až 600 m/min). S řeznou rychlostí roste nejen produktivita, ale také teplota na povrchu dílce. Pro snížení tohoto nepříznivého jevu se ukázal velmi efektivní ofuk místa řezu standardním tlakovým, případně podchlazeným, vzduchem a použití nesousledného frézování. Řezná síla je významně ovlivněna orientací vláken. Nárůst může být až o 100 % při obrábění podél vláken. Také zde se ukazuje efektivní strategie malých posuvů na zub a velkých řezných rychlostí. Orientace vláken naopak nemá vliv na teplotu obrábění. S využitím těchto zkušeností byla konečná zákaznická aplikace optimalizována pro dosažení vyšší produktivity obrábění a kvality povrchu dílce.

Vysokotlaké chlazení řeznou emulzí při obrábění odlitků bylo testováno společně s TOS Varnsdorf na stroji WHTC 130 vybaveným agregátem ChipBlaster GV-20. Vysokotlaké chlazení řezného procesu je alternativa pro zvyšování produktivity a hospodárnosti obrábění. Podmínkou však je správné zvolení a nastavení důležitých parametrů, jako je způsob dodávání, tlak a průtok kapaliny v místě výstupu z řezného nástroje. Nedostatečný tlak a objem procesní kapaliny na břit nástroje nevedou k výraznějšímu zlepšení procesu. Naopak příliš vysoké hodnoty parametrů již obráběcí proces dále neefektivňují, ale naopak vyžadují velkou energetickou náročnost a v konečném důsledku představují i nemalý dodatečný náklad na stavbu a provoz stroje. Optimum parametrů se však mění pro konkrétní stroj a jeho rozvody procesní kapaliny, materiál obrobku, řezné podmínky a použitý řezný nástroj. Výstupem testů prováděných na dvou vybraných typických dílcích byla proto doporučení pro nastavení parametrů vysokotlakého chlazení (tlak a průtok) pro různé typy nástrojů. Tato doporučení byla parametricky závislá na geometrické charakteristice obráběného prvku (např. vliv průměru a hloubky vrtaného otvoru). Pro zjednodušení přípravy technologie byla navržena implementace volby chlazení do postprocesoru generujícího NC program z CAM, aby nemohlo docházet k chybám předpisu chlazení. Aplikací souboru doporučení tak došlo ke zvýšení efektivity obrábění.

## Příprava, optimalizace a verifikace NC kódu





Multifunkční stroje, které integrují v pracovním prostoru několik druhů třískových technologií, vyžadují pokročilejší nástroje pro přípravu NC kódu a jeho verifikaci. Vzhledem k realizaci odlišných druhů technologií je nutno vyvíjet nestandardní softwarová řešení pro tyto typy strojů.

Do této oblasti patří vyvinutý postprocesor s rozšířenou technologickou funkcí pro stroj MCU700VT-5X firmy KOVOSVIT MAS. Jedná se o multifunkční pětiosé centrum s otočně sklopným stolem. Postprocesor má mj. vytvořenou speciální funkci pro generování víceosých soustružnických operací se souvislým řízením naklápěcí osy. To umožňuje technologovi realizovat soustružení v různých polohách naklopení obrobku, včetně přístupu do míst, která by byla při standardním (dvouosém) soustružení s daným nožem nepřístupná. Postprocesor je dále doplněn o funkci automatického rozpoznání dráhy nástroje s nutností použití cyklu 800 pro polohování rotačních os stroje a víceosé dráhy nástroje, kdy je zapotřebí použít funkci TRAORI. Dále byl implementován technologický modul pro korekci posuvové rychlosti, který umožňuje dodržet požadovanou hodnotu posuvové rychlosti nástroje vůči obrobku. Nasazení postprocesoru umožňuje připravit dráhy nástroje tak, aby nedocházelo k nerovnoměrnému zatěžování břitu rezného nástroje, a došlo ke zvýšení kvality obrobku (ve smyslu tvarové přesnosti i drsnosti povrchu) především v místech, kde se relativní rychlost mezi nástrojem a obrobkem blíží nule. Vyvinutý postprocesor tak představuje komplexní řešení pro úplné využití možností uvedeného multifunkčního centra.

Jiným příkladem komplexního multifunkčního stroje jsou dlouhotočné automaty řady Manurhin firmy TAJMAC-ZPS. V případě těchto strojů je nutno pro dosažení vysoké produktivity (cyklový čas na jednom dílci se typicky pohybuje v jednotkách sekund!) vhodně zvolit nástrojové osazení suportů a nájezdy nástrojů do záběru tak, aby nedošlo ke kolizím a současně byly minimalizovány neaktivní časy řezu. Vzhledem k omezenému prostoru je právě vysoké riziko kolize klíčovým parametrem limitujícím zkracování vedlejších časů. Pro tento typ strojů byl vyvinut speciální software pro antikolizní kontrolu a optimalizaci NC programování. Software umožňuje realizovat efektivní ruční tvorbu programů. Zadané NC věty jsou bezprostředně spuštěny na virtuálním stroji, což umožňuje prověřit riziko kolizí, sledovat aktivní využití nástrojů v řezu i posuzovat volbu rezných podmínek. Základem software je virtuální model stroje a simulace úběru materiálu s průběžnou kontrolou kolizí a detekcí aktivních a neaktivních časů řezu. Pracovní prostor stroje je reprezentován kinematickým modelem, v němž jsou definovány pohybové suporty, vyměnitelné držáky nástrojů a nástroje. Pohyb jednotlivých pohybových skupin je řízen na základě odbavení NC kódu zapisovaného přímo v prostředí vyvinutého software.

## Shrnutí

Projekt CK-SVT představuje v podmínkách ČR ojedinělý způsob propojení výzkumně-vývojových aktivit firem a univerzit. V projektu byly již dosaženy konkrétní výsledky, které jsou postupně uplatňovány na trhu. V tomto článku byly představeny některé výsledky dosažené v oblasti vývoje strojů.



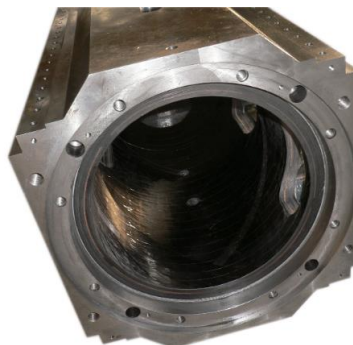
*Realizovaný stojan stroje FRF firmy TOS KUŘIM  
s optimalizovanou vnitřní strukturou*



*Otočný stůl TVD50 firmy Škoda Machine Tool  
s optimalizovanou strukturou a hydrostatickým  
vedením*



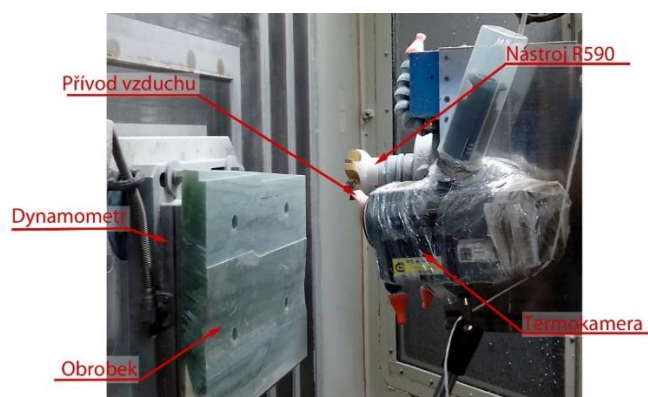
*Soustružnický adaptér s integrovaným hltičem na  
karuseli TOSHULIN*



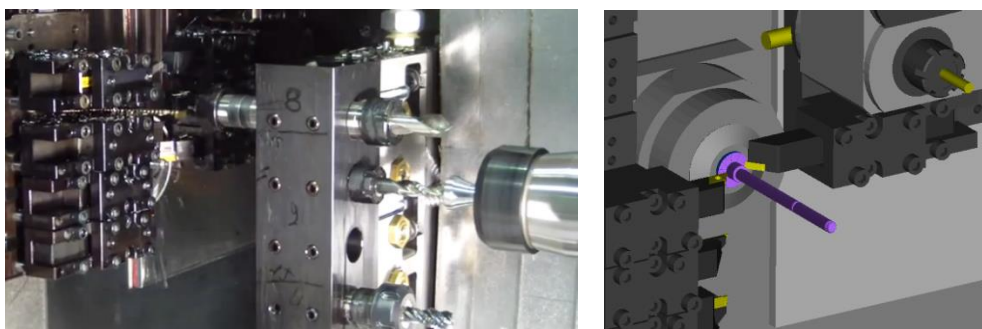
*Hybridní smykadlo stroje 7032 firmy TAJMAC-ZPS  
s litinovým pláštěm a kompozitovou výztuhou*



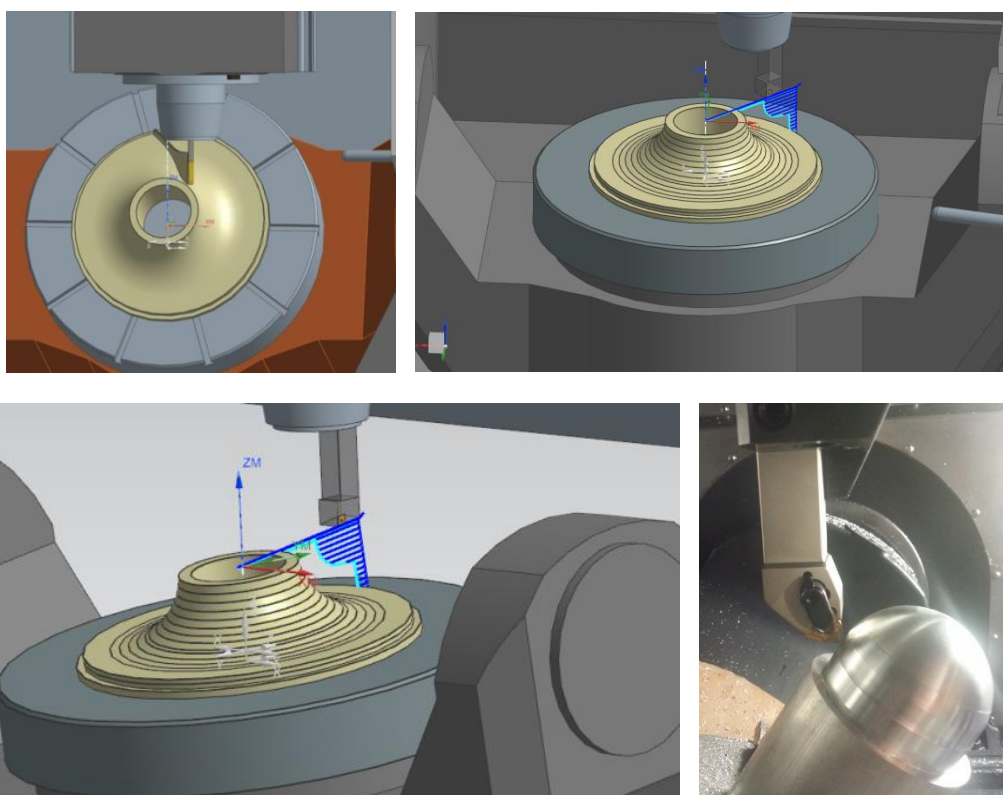
*Těleso saní upnuté na úhelníku, na kterém byla  
analyzována možnost zvýšení produktivity  
obrábění.*



*Ukázka experimentálního posuzování vlivu řezných  
parametrů a strategie obrábění při obrábění  
kompozitu GFK. Za povšimnutí stojí extrémní  
prašnost při obrábění tohoto materiálu na sucho.*



*Pracovní prostor dlouhotočného automatu Manurhin z TAJMAC-ZPS a ukázka virtuálního simulačního modelu stroje.*



*Základní technologické možnosti stroje KOVOSVIT MAS MCU700VT-5X, které vyvinutý postprocesor umožňuje plně využít – frézování, soustružení karuselováním, soustružení s naklopenou osou A, soustružení s plynulým naklápěním osy A.*





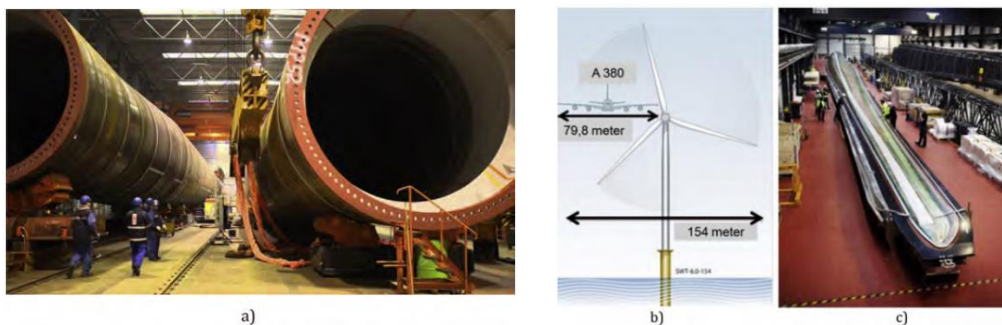
### 5.4.3 Reflexe hlavních špičkových KNP v oboru SVT

Zdrojem informací jsou sborníky z tematických konferencí, účast na prezentacích a plenárních přednáškách (KNP, z anglického *Keynote Paper*), diskuze s odbornou veřejností při příležitosti konání zmíněných akcí.

#### Reflexe konference Akademie výrobních technologií CIRP: *General Assembly* CIRP 2016:

##### a) Informace o prezentovaných relevantních KNP k oboru SVT.

- KNP v sekci Výrobní systémy a organizace (*Production Systems and Organizations*): *Cyber-physical systems (CPS) in manufacturing*. Velmi dobrý přehled teorie CPS vazeb a souvislostí v jednotlivých termínech.
- KNP v sekci Přesnost a měření (*Precision Engineering and Metrology*): *Advances in large-scale metrology – review and future trends*. Přehled moderních metod pro měření velkých rozměrů (**Chyba! enalezen zdroj odkazů.**). Trend vysoké přesnosti rozměrných obrobků a těžkých obráběcích strojů se odráží i ve specializovaných událostech, viz dále.



*Pokroky v metrologii rozměrných částí.*

- KNP v sekci Stroje (*Machines*): *Chatter suppression techniques in metal cutting*. Plenární článek obsahuje rozdělení typu samobuzeného kmitání, přehled simulačních technik a vlivů na přesnost predikce, různé typické aplikace, přehled způsobů potlačení a přehled výzev pro další výzkum v této notorické oblasti.
  - KNP v sekci Řezný proces (*Cutting*): *Cryogenic manufacturing processes*. Motivace aplikace metody kryogenního chlazení při obrábění; metody, efektivita, ukázkové aplikace a výsledky.
  - Dalším ze zajímavých byl KNP poskytující přehled v oblasti určování zbytkové životnosti zařízení
- b) Anoncy z pohledu oboru zajímavých příspěvků prezentovaných v jednotlivých vědecko-technických komisích (STC, z anglického *Scientific Technical Committee*).
- A. Yuen, Y. Altintas: *Trajectory generation and control of a 9 axis CNC micromachining center*. tříosý stroj se stolem na aktivních magnetických ložiskách (3+6 stupňů volnosti), problematika plánování drah a nastavení pohonů u stroje s redundantní kinematikou.
  - T. Engel, A. Lechler, A. Verl: *Sliding bearing with adjustable friction properties*. Snižování mikrovibrací třením v kluzném vedení (frekvence vibrací větší než 20 kHz), možnost nastavit hodnotu tření velikostí napětí.
  - S.S. Park, K.Parmar, S.Shajari, M.Sanati : *Polymeric carbon nanotube nanocomposite-based force sensors*. Levný senzor síly. Nevýhodou je náročné naladění úvodního předpětí a problém „přeslechu“ ve více směrech.



- Christian Brecher, Simo Schmidt, Marcel Fey : *Analytic tuning of robust multi-mass dampers*. Pasivní hltiče v provedení více přídavných hmot, které lze na stroj umísťovat do různých míst a tím ovlivňovat frekvence i tvary kmitání.
- C. Okwudire, K.Ramani,M.Duan : *A trajectory optimization method for improved tracking of motion commands using CNC machines that experience unwanted vibration*. Optimalizace NC kódu pro minimální vybuzení vibrací struktury pohony.
- Gregory W. Vogl, M. Alkan Donmez, Andreas Archenti : *Diagnostics for geometric performance of machine tool linear axes*. Diagnostika stavu stroje pomocí fúze různých typů signálů sbíraných ze stroje z pomocného „senzorového boxu“.
- Lutfi Taner Tunc, Erhan Budak, Samet Bilgen, Mikel Zatarain: *Process simulation integrated tool axis selection for 5-axis tool path generation*. Optimalizace polohy nástroje při 5-osém frézování s přihlédnutím k simulaci jakosti povrchu obrobku.
- Jokin Munoa, Alex Iglesias, Aitor Olarra, Zoltan Dombovari, Mikel Zatarain, Gabor Stepan: *Design of self-tuneable mass damper for modular fixturing systems*. Návrh laditelného pasivního hltiče pro upínací úhelník.
- E. Abele, M. Haydn,T. Grosch : *Adaptronic approach for modular long projecting boring tools*. Aktivní hltič pro vyvrtávací tyče.

V sekci relevantní sekci k SVT *Machines* se na půdě CIRP do budoucích let plánují plenární přednášky na následující témata: Fluidní prvky v obráběcích strojích, Výrobní systémy pro kompozitové díly, Roboti ve strojní výrobě a Inteligentní výrobní systémy. V sekci Cutting jimi jsou: Tření ve strojní výrobě, Vrtání hlubokých děr, Obrábění biokompatibilních materiálů, Ultra-precizní obrábění křehkých materiálů, Kámen a řezání kamene. Výběr témat indikuje trendy oboru v blízkém horizontu 5 let.

## Reflexe konference Akad. výrobních technologií CIRP: *General Assembly CIRP 2017*:

### A8 - Virtuální dvojče výrobní haly

- Aktuálně běžící projekt
- Tzv. Digital Factory Twin (DFT) – kompletní model virtuální haly, kdy je možné procházet celou halou virtuálně a sledovat průběh prací, umístění zařízení a testovat ergonomii výroby, tok materiálu a funkčnost celého systému.
- Cílem je produkce výrobků bez nutnosti doladění po výstavbě
- Klíčové elementy:
  - Virtuální prototypování
  - Model obsahující reálné chování a PLC funkce
- V DFT je obsažena rovněž sensorika, která na základě chování modelu řídí reálné stroje
  - Pokud se vyhodnotí nutnost zásahu v modelu, např. zastavení stroje, je signál předán reálnému stroji a ten zastaví

### A11 Dynamické plánování výroby dle ceny energií (prof. Sutherland)

- Řízení výroby podle dodávek energie z větrné elektrárny a aktuální ceny energie
- Vývinutá metodika predikce ceny energie v taktu 1h (cena během dne variuje). na základě toho se plánuje automatizovaná výroba využívající obráběcí stroje
- Výsledkem je snížení nákladů využitím vlastní větrné elektrárny, která se využívá, pokud je cena energie ze sítě příliš vysoká. Model údajně zahrnuje také náklady na větrnou elektrárnu
- Snížení nákladů pro 5 linek o 3 strojích je 15% za rok spolu s výraznou redukcí emisí CO2





## STC-D Design

- Nový chairman skupiny
- Informace z CMAG:
  - DMG plánuje prodávat do roku 2020 5% strojů s technologií Aditiv Manuf.
  - Info z Airbus – úspěšným výsledkům, prezentovaným v CIRP trvá 2-3 roky zavedení do praxe – to je časově a konkurenčně akorát hrana
  - Diskuse nad parametrem GDP – faktor produktivity
    - I když neustále rostou investice, růst produktivity klesá
    - Otázkou je, zda-li současná metodika hodnocení je OK, protože neuvažuje digitalizaci
- Vyroubal: zamyšlení ... kdo je skutečným leaderem vývoje? CIRP (akad. sféra) nebo průmysl s vlastním vývojem?
- Diskuse nad tématem, zda-li mít nadále skupinu STC-D
  - Když se přepíše zaměření skupiny, některé příspěvky neprijdou
  - Shoda nad zachováním globálního zaměření skupiny, ale podpořit sub-topiky podle globálních trendů a spolupráci v rámci CWGs
- Konference LCGM příští rok v USA
- Analýza keynote Cross STC keynote 2 – remanufacturing
  - Diskuse nad rizikem, že si někdo nedokáže spojit tento keynote s dalšími činnostmi, co CIRP dělá
  - Prof. Duflou – zajímavá ukázka toho, kam až může zajít/uhnout příspěvek od hlavního zaměření CIRP
    - *Vyroubal: pouze to ukazuje obrovskou komplexnost tématu a provázanost do oblastí, kam se rigidní myšlení v oboru MT bojí/odmítá vydat (nanotechnologie, biotechnika, umělá inteligence se znalostní bází atd.)*
- Příprava keynote 2019
  - Diskuse nad zavedením kapitoly o odpovědnosti smart-devices za své činy
    - *Vyroubal: obrovská výzva. Přičemž tato zařízení, již dnes pracují v praxi a způsobují škody*
  - Smart-device – má mi být po ruce, když jej potřebuji. Přizpůsobit se musí ono mě, ne já jemu
- Příprava Keynote 2020
  - Téma Additive manufacturing – není zcela jasný Scope, je to dost široké téma
- Založena nový CWG – Additive manufacturing – chairman prof. Alain Bernard
  - Výroba, stroje, hodnocení povrchu, vlastností atd.
  - Jednotlivé STC budou řešit jednotlivé body
  - CWG to bude spojovat a zastřešovat

## CWG – Urban factories Production in Cities

- 1. Setkání této nové CWG pod vedení lidí ze skupiny A (Assembly) a O (Organization) – Herrmann, Kara, Shih, Helu
- V budoucnu bude nutné přizvat i odborníky z oblasti stavební, architektury atd.
- Velkým megatrendem je Urbanizace
  - 54% populace žije ve městech
  - 70% emisí CO2 se tvoří ve městech



- Základním trendem tedy bude návrat výrobních systémů do zástavby – především bytové
  - Zaměstnanec nechce trávit hodiny dojížděním a stáním v zácpách
  - Stroje musí blíž k lidem
- Budou se měnit nároky na stroje. V oblasti Machine Tools to bude především:
  - Modularita
  - Efektivní využití prostoru a plochy
  - Nízká hlučnost a vibrace přenášené od stroje ven
  - Produkce nečistot strojem (prach, oleje, mikroskopické prvky, např. rakovinotvorné atd.)
  - *Vyroubal: typickým případem v ČR je hala v Boskovicích – uvnitř peklo, z venku klid, mír a zelená tráva*

#### Přednáška na téma Microfactories in U.S. (M. Helu)

- Nasazení digitalizace – twins a simulace
- Pružná výroba podle požadavku zákazníka
- Mikroplánování, protože tyto firmy nebudou dělat velkosériovou výrobu

#### Přednáška a diskuse kolem start-upu e.GO

- Vývoj a výroba elektrickým urbanistickým aut v Aachen – „people-mover“
- Investice 30 mil. EUR do stavby plně automatizované výroby elektromobilů
- Plná automatizace umožňuje zareagovat na změnu poptávky zákazníků, pokud aktuálně nabízený produkt na trhu nezaujme
- Následná diskuse:
  - Pojem „urban“ je zcela jinak vnímám v Evropě a v Asii – v Asii existují aglomerace, kde v základu není město, ale továrna, kolem které vznikl život. Lid uvnitř žijící neopustí po celý život toto „město“
  - Budou Urban Factories kompatibilní také z pohledu sociálního a ekonomického? CWG by na to měla být schopná odpovědět
  - Otázkou je reakce lidí – dnešní trend nemusí platit za 10 let

#### Reflexe dle fóra Wiener Produktionstechnik Kongress

Trendy v oboru SVT byly předmětem odborného fóra vyzvaných přednášek a lekcí *Wiener Produktionstechnik Kongress* konané v září roku 2016 ve Vídni. Hlavním odborným zaměřením kongresu byly vize adaptivní a chytré výroby v kontextu aktivit „Průmyslu 4.0“. Program kongresu zahrnoval 8 plenárních přednášek, které reflektovaly různé pohledy na vývoj výroby v digitálním věku a zavádění principů „Průmyslu 4.0“ do praxe:

- Dr. Mori (MoriSeiki): *Latest machining technologies using technology cycle*. Důraz na poskytování komplexní podpory uživatelů strojů v oblastech technologie, nástrojů, měření, monitoringu strojů.
- Prof. Zaeh (TU Mnichov, iwb): *Next generation of Machine Tools - evolution instead of revolution*. Rozšiřování funkčnosti strojů v oblastech hybridních procesů, zkracování časů obrábění, vyšší dynamické tuhosti, adaptronických funkcí, minimalizace teplotních deformací, multitechnologickému uplatnění, využití simulací.
- Prof. Brecher (RWTH WZL Aachen): *Innovative hydraulic and cooling supply unit for machine tools*. Návrh energeticky účinného integrovaného hydraulického a chladicího okruhu stroje s jedním čerpadlem.



- Prof. Moehring (TU Magdeburg): *Intelligent components for self-optimizing machine tools – basis for Industrie 4.0*. Aplikace inteligentních upínek pro dynamické vyztužení obrobku, Řízené oscilace obrobku pro potlačení vzniku samobuzeného kmitání, predikce chování nástrojů s opotřebením v řezu.

Konference HSM (*High Speed Machining*) konaná v říjnu roku 2016 ve Francii podpořila svými tématy směry naznačené na setkání Akademie výrobních technologií zmiňovaných výše. Z přednášek a diskuzí vyplívají prognózy zasahující do odvětví Additive manufacturing (AM), které k myšlence jistého uživatelského „zobecnění“ využívání metody nanášení materiálu s následnou dokončovací operací nejsou příliš optimistické; inovativní postupy zatím nevedou k ekonomicky efektivnějším řešením. Dalšími tématy bylo obrábění roboty, monitoring a zvyšování inteligence strojů, témata pokrývají jak zvyšování spolehlivosti procesu, tak přístup k ekologii (ecodesign). Objevili se příspěvky v notorických oblastech aktivního potlačení vibrací při obrábění, chatteru a vlivu naladění pohonů na tlumení struktury stroje.

Reflexe aktuálních témat prezentovaných na zasedání CIRP potvrzuje i zaměření mezinárodní konference *3D Metrology Conference\_3DMC* konané v listopadu roku 2016 ve Spolkové republice Německo. Pozornost byla věnována z velké části také metrologii velkých měřítel a problematice přesnosti a opakovatelnosti příslušných využívaných systémů. Dle počtu prezentovaných článků (13 z celkového počtu 27) lze soudit, že v oblasti 3D metrologie se výrazně prosazují fotogrammetrické metody.

## Reflexe dle konference ICTM

Poslední sondou je konference ICTM (*International Center for Turbomachinery Manufacturing*), která se konala v únoru letošního roku; lákavá témata potvrzuje vysoký počet účastníků (250 z 19 různých zemí). Hlavními tématy konference byly:

- additive manufacturing a rapid prototyping,
- digitalizace a
- Industry 4.0.

Zajímavé závěry a postřehy:

- Různé firmy stále hledají optimum z hlediska kvality, nákladů a produktivity, ale každá má svůj vlastní způsob dosažení tohoto cíle. Průnik všech řešení lze vidět v nasazení nekonvenčních technologií (laser nebo ECM, SLM), automatizaci procesů a softwarových řešení, simulací a vizualizacích procesů a jeho výsledků.
- Zástupci firem, které výsledky vývoje a nové technologie využívají v praxi, se ve svých prezentacích nebojí pojmenovávat aktuální problémy, z čehož vlastně plynou budoucí směry vývoje. Ukazuje se nutnost silného materiálového výzkumu (materiálový model), aby mohly být technologie AM validovány pro zákaznickou výrobu. Existují obavy z aplikace myšlenek Industry 4.0; jak velká mohou být zpracovávaná data kontrolorem obráběcího stroje (prognóza je až 5,8 TB/rok pro 3-osý stroj). Firmy se v rámci prezentací shodují, že aktuálně jsou aditivní technologie (především DSLM) vhodné pro testovací prototypy a nerotační dílce. Je třeba se ale posouvat i do oblasti „validate technologies“ pro samotnou výrobu pro zákazníka. S tím je potřeba vyřešit mnoho otázek (materiál, vlastnosti, spolehlivost, opakovatelnost).

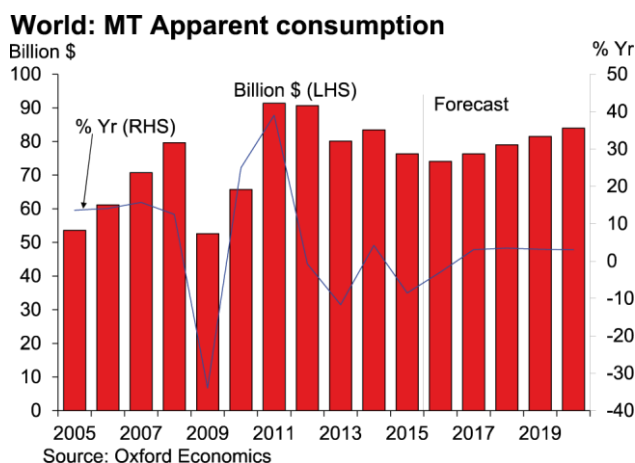


## 5.5 Driver - Světové hospodářské klima sektoru obráběcích a tvářecích strojů, perspektiva oboru výrobních strojů

Na základě prováděných analýz z podkladových materiálů CECIMO, zejména z pokladů OXFORD ECONOMICS, Toolbox [1] byl zpracován pohled na perspektivu oboru obráběcích a tvářecích strojů z hlediska potřeb vrstvy přímých a hlavních globálních uživatelů strojírenské výrobní techniky. Data budou využita v etapě konsolidace a pro zpracování technologického foresightu.

### 5.5.1 Pozitivní známky na začátku roku 2017

Oproti závěru roku 2016 zaznamenávají v roce 2017 některé indikátory známky oživení globálního ekonomického růstu. Indikátory, jako je například nákupní manažerský index (PMI), významně rostly v předchozích dvou kvartálech a povzbudily aktivity, které stimulují světový obchod. Nadále nicméně očekáváme zpomalení spotřebitelských výdajů, protože kupní síla domácností je snižována zvyšující se inflací. Navzdory známkám pozitivního momentu jsme proto ve své předpovědi nadále opatrní. Celkově očekáváme, že celosvětový hrubý domácí produkt se v roce 2017 zvýší o 2,6 % a v roce 2018 o 2,9 %, po růstu o 2,3 % v roce 2016.

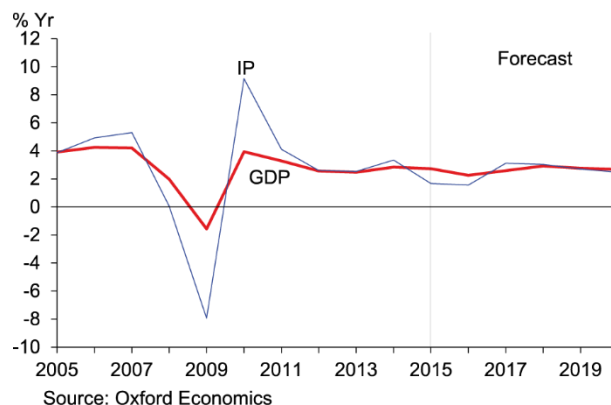


Ceny ropy zůstávají nadále důležitým faktorem vývoje. Od naší předchozí zprávy (podzim 2016) se pohybovaly kolem 50 USD za barel. Začátkem roku 2017 ceny ropy rostly pod vlivem nečekaně komplexní dohody OPEC o omezení produkce, což napomohlo zvýšit ceny k pásmu 53 – 54 USD. Později se ale ukázalo, že americká produkce ve stejné době rostla i přes vysoké zásoby, což srazilo ceny opět k 50 USD za barel. Do budoucna předpokládáme, že ceny se budou v roce 2017 a 2018 pohybovat nad 50 USD, ale s rizikem poklesu pod tuto hladinu.



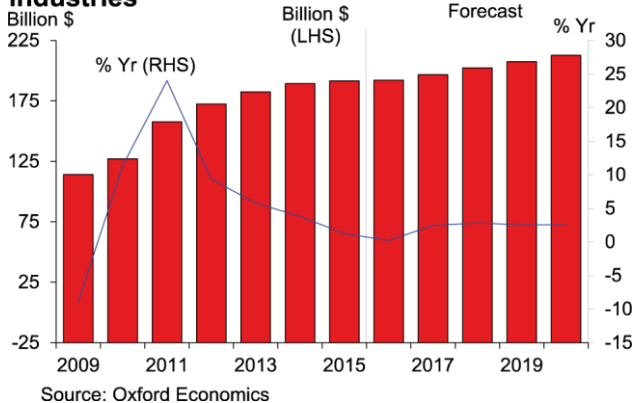


### World: GDP & Industrial production



Mezi nově se rozvíjejícími trhy zahájila Čína rok 2017 solidním momentem růstu. Nákupní manažerský index (PMI) hlásí pokračující expanzi a růst exportu, zejména objem dovozu vykazuje zdravý růst, potvrzující posilování globální poptávky. Indie překonala účinky demonetizace, jež jsme pokládaly za podstatné, i když jen dočasné, a růst pokračuje nepolevujícím tempem. Mezitím se předpovídá pro letošek návrat k růstu i v Rusku a v Brazílii, po dvou letech recese.

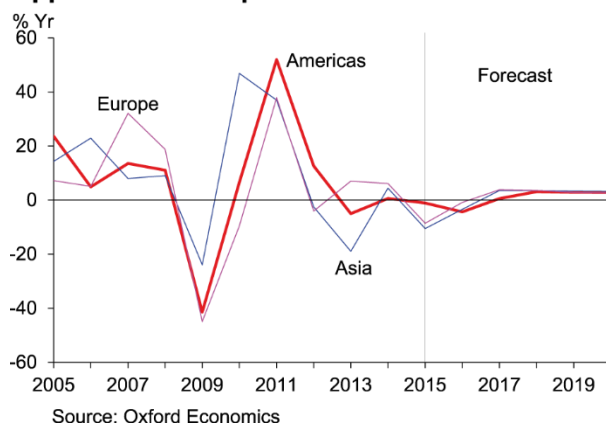
### World: Investment in machine tool purchasing industries



V rozvinutém světě (USA) solidní ekonomická základna i nadále podporuje spotřebitelské výdaje, avšak inflace postihuje reálné příjmy, přičemž obchod a investice se postupně uzdravují. Růst cen akcií a důvěry je podporován příslibem fiskálních stimulů a deregulací. Jsou však potenciálně nedoceny dopady anti-imigračních a protekcionistických opatření. Vedlejší dopad na ekonomické prostředí v USA má znehodnocování japonského yenu, které bude nadále napomáhat oživení japonského exportu. Monetární a fiskální politika také zůstane stimulativní. Ekonomika eurozóny bude ovlivněna výsledky klíčových voleb ve Francii a v Německu. Podle nás je však strach z populismu zveličován (po nedávných volbách v Nizozemí) a Emmanuel Macron je na nejlepší cestě stát se příštím francouzským prezidentem.



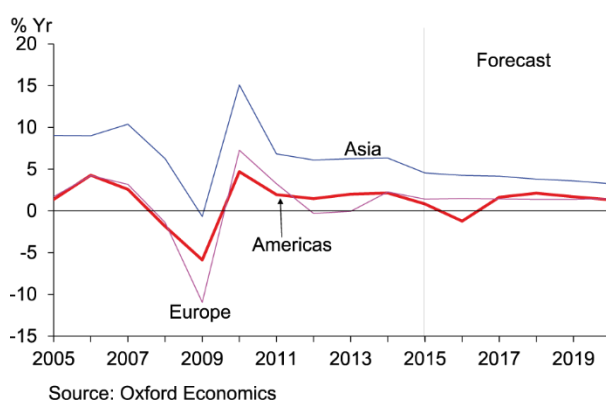
### Apparent consumption



## 5.5.2 Momenty růstu výroby

V USA to vypadá, že se příznivé předpovědi promítají do reálného zlepšování ekonomiky. Hlavním faktorem je obrat k lepšímu v naftářském sektoru, což přispívá k růstu výroby na naftových polích a s tím souvisejícího strojírenství. Jsou však důvody k obezřetnosti, spočívající v očekávání agresivních amerických tarifů zaměřených proti Číně a Mexiku. V Japonsku se vrací oslabování yenu, což bude stimulovat sektory jako je automobilní průmysl. Naopak předpovídáme pomalý, ale stálý růst v eurozóně, přičemž vývoj ve Velké Británii je ovlivňován slábnoucí librou a čekáme dopad 'Brexitu' na útlum investic a průmyslové produkce. Růst kapacit v Číně je otázkou, vzhledem k úsilí o znovu uvedení ekonomiky do rovnováhy neinvestičními opatřeními, což má dopad na sektory produkující investiční výrobky. Celkově očekáváme růst průmyslové výroby v roce 2017 o 3,1 % a v roce 2018 o 3 %.

### Industrial production



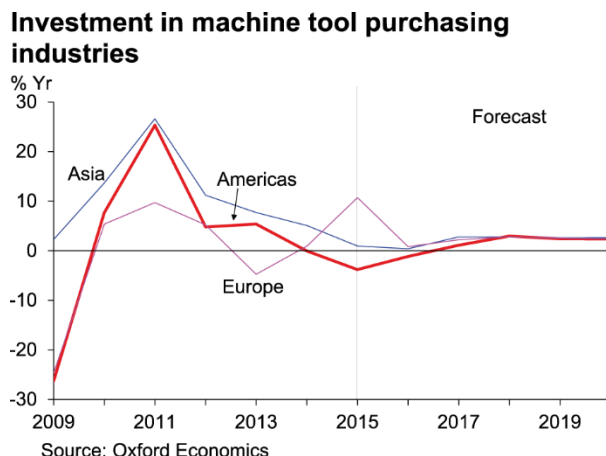
## 5.5.3 Faktory růstu poptávky po výrobních strojích

Na základě tohoto pozitivního výhledu očekáváme, že globální výroba výrobních strojů se v roce 2017 zvýší o 3 % a v roce 2018 o další 2,6 %, po růstu o 2,7 % v roce 2016. Současně předpovídáme, že celosvětové investice v klíčových sektorech využívajících výrobní stroje porostou letos o 2,5 % a v příštím roce o 2,8 %. Pokud jde o světové regiony, Asie předčí letos v míře růstu Evropu i Ameriku, přičemž růst v Americe bude nejslabší.

V roce 2016 se spotřeba výrobních strojů vyjádřená v USD snížila o 3 %. Poptávka přitom klesala ve všech třech světových oblastech. Letos se očekává, že spotřeba v Asii se začne uzdravovat pod vlivem zlepšení v Číně.

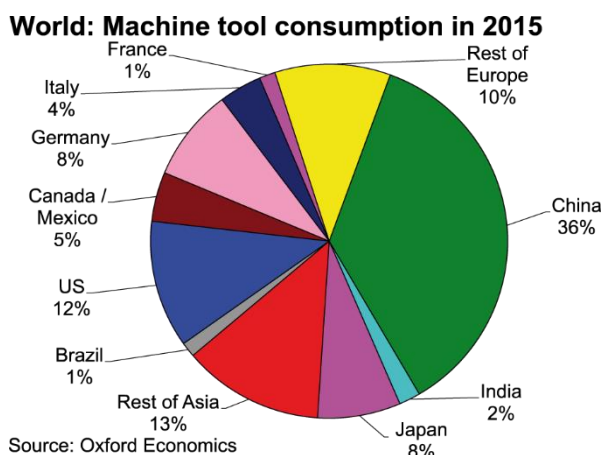


Očekává se růst spotřeby v Evropě o 3,8 %. V tom se ale skrývá slabý výhled pro UK, kde následkem 'Brexitu' je zlepšení krajně nepravděpodobné. Konečně v Americe se očekává spotřeba MT nejslabší, s růstem jen o 0,6 % v tomto roce, ale s perspektivou pozdějšího zlepšení.



#### 5.5.4 Přehled střednědobých trendů ovlivňujících produkci Machine Tool

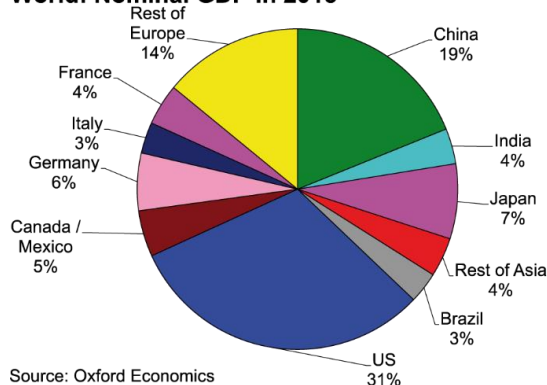
Hlavním hnacím motorem světového růstu v uplynulém desetiletí byl vzestup Číny - a to jak pokud jde o výrobu, tak i o spotřebu obyvatel – a její rostoucí integrace do světového obchodu. Růst reálného HDP v Číně po dobu deseti let až do roku 2012 činil v průměru 10,5 % ročně, přičemž výdaje za fixní investice ve všech odvětvích ekonomiky se ve stejném období každoročně zvyšovaly o téměř 14 %. To znamená, že čínský podíl na celosvětových investicích byl větší než její podíl na HDP.



Během příštích let by měly čínský HDP i investice do fixního kapitálu růst pomaleji, protože čínská ekonomika hledá novou rovnováhu na cestě od extenzivního investování jako hlavního motoru růstu. Výsledkem je, že průměrný roční růst HDP se čeká v období 2016–2020 ve výši 5,9 % a růst fixních investic 4,1 %. Trend k nižšímu investování ukazuje na mírnější růst spotřeby MT strojů ve střednědobém období ve srovnání s typickými hodnotami růstu do roku 2011. Současně bude proces vyvažování ekonomiky podněcovat poměrně rychlý růst spotřebitelských výdajů – o 6,8 % ročně v období 2016–2020 oproti předešlým 5,9 % - a přesun spotřebitelské poptávky k rychlejšímu růstu nákupů průmyslových výrobků a služeb ve srovnání s růstem důchodů na hlavu. I přes slabší růst HDP a investic nebude proces expanze zdaleka završen a Čína zůstane důležitým motorem světového obchodu s MT stroji ještě po řadu dalších let.



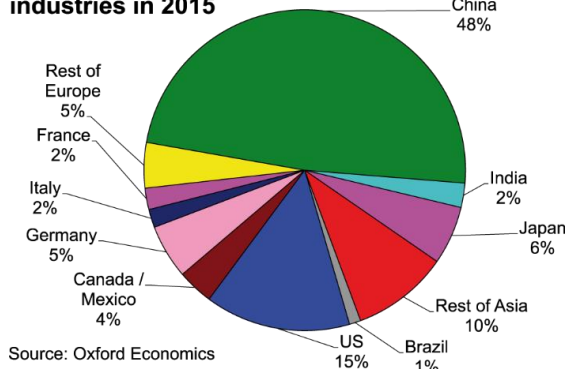
**World: Nominal GDP in 2015**



Source: Oxford Economics

Proces expanze je evidentní také v mnoha nově se rozvíjejících zemích a ve střednědobém horizontu bude klíčovým motorem světového růstu. Devět sektorů, které jsou hlavními odběrateli MT strojů, bude z tohoto procesu profitovat. Například v příštích pěti letech má poptávka po motorových vozidlech i po high-tech spotřebitelském zboží růst dle očekávání v rozvíjejících se zemích rychleji než důchody na hlavu. Třebaže pronikání těchto zbytných produktů do domácností rostlo v uplynulém desetiletí, je zde ještě velký prostor pro další růst, protože střední třída v těchto zemích expanduje.

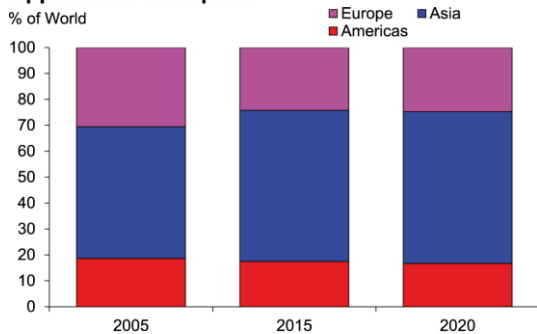
**World: Investment in machine tool-buying industries in 2015**



Source: Oxford Economics

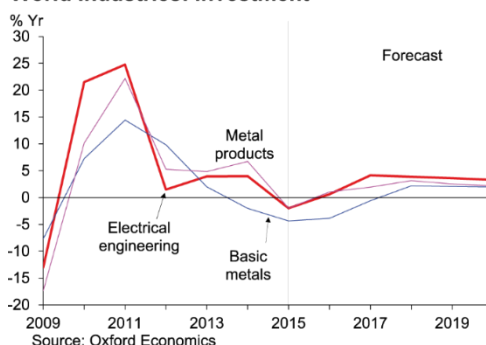
To bude zpětně pohánět růst nákupů MT strojů ve střednědobé periodě. Sektor výrobních strojů vykazuje tendenci k cykličnosti, dokonce více než celkové výdaje za fixní kapitál, a je jedním z nejvíce cyklických složek tvorby HDP. Střednědobé trendy by měly podporovat robustní růst spotřeby výrobních strojů. Čína, trvale největší spotřebitel a výrobce výrobních strojů, by si měla své vedoucí postavení udržet, protože její domácí poptávka expanduje, stejně jako pokračuje její přitažlivost jako výrobní základny pro export do zbytku světa. A to i přes přetrvávající pokles čínské konkurenceschopnosti z důvodu růstu mezd.

**Apparent consumption**



Source: Oxford Economics

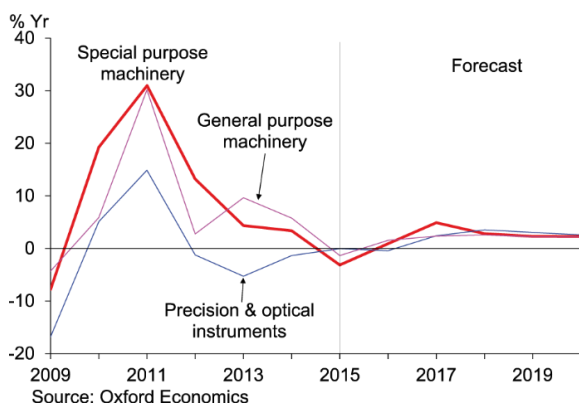
**World industries: Investment**



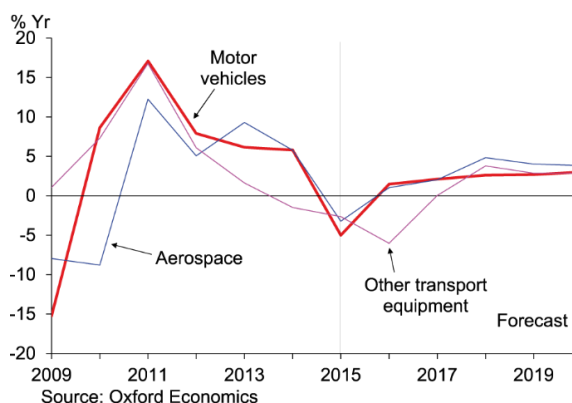
Source: Oxford Economics



### World industries: Investment

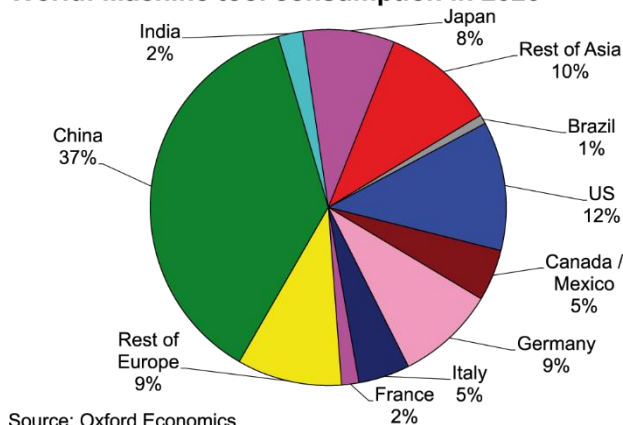


### World industries: Investment



Pro Evropu je naproti tomu očekáván na léta 2016–2020 daleko mírnější růst spotřeby MT strojů, v průměru jen o 1,6 % ročně, při růstu fixních investic o 2,4 %. Během tohoto období budou zřejmě evropské vlády v době recese dále produkovat deficit a hromadit dluhy veřejného sektoru.

### World: Machine tool consumption in 2020

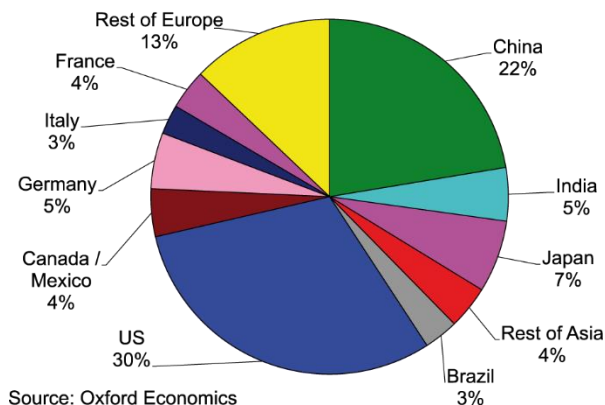


Ještě zásadnější význam má skutečnost, že populace všeobecně stárne a tento trend vede přinejlepším k velmi pomalému růstu nabídky pracovních sil, a to v době, kdy imigrace se stala politicky citlivou otázkou. V některých zemích bude v nadcházejících letech počet pracovních sil výrazně klesat. I když nezaměstnaní mohou být znovu začleněni, aby se zmírnil omezující faktor růstu, bude slabá nabídka pracovních sil limitovat potenciál růstu v tomto regionu. Větší intenzita využití fixního kapitálu ve výrobním sektoru může sice vyvážit omezující vliv nabídky pracovních sil, ale většinou bude atraktivnějším řešením přesun produkce do rozvíjejících se zemí, kde nedostatek pracovníků není všeobecným jevem a náklady jsou stále ještě nižší.



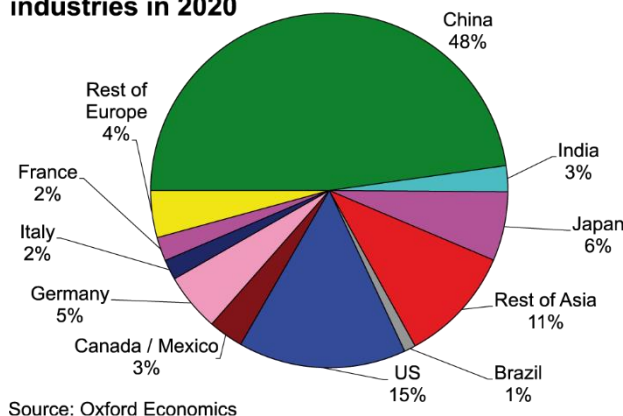


### World: Nominal GDP in 2020



V sektorech, které jsou pro spotřebu výrobních strojů klíčové (například automobilový průmysl), je poptávka po těchto strojích v Evropě méně dynamická, protože úroveň jejich nasazení ve výrobě je již hodně vysoká. Trhy jsou zde velké, takže poptávka po strojích nahrazujících starší zařízení trvale stimuluje výrobu a investiční výdaje. Větší dynamika se ale očekává z rozvíjejících se států.

### World: Investment in machine tool-buying industries in 2020



Kromě toho se ve střednědobé perspektivě očekává menší stimul odložené poptávky, protože tato již byla převážně realizována v uplynulých dvou letech, kdy evropská spotřeba MT se v letech 2014 a 2015 zvýšila o 13 %.

Obecně lze konstatovat, že poptávka do sektoru Machine Tool bude mít zřejmě do roku 2020 mírně rostoucí tendenci s optimistickým vývojem rostoucí spotřeby v devíti hlavních spotřebitelských sektorech, kterými jsou:

- Motorová vozidla
- Letecká technika
- Ostatní dopravní prostředky a těžká transportní technika
- Přesné a optické přístroje a elektrotechnika
- Speciální stroje
- Univerzální stroje
- Kovovýroba
- Zpracování základních kovových materiálů



## 5.6 Driver - požadavky a tržního chování vrstvy přímých uživatelů SVT

### 5.6.1 Odborné potřeby vrstvy přímých uživatelů SVT

Stejně jako z ekonomického hlediska, tak i z hlediska odborného je vývoj a nabídka strojů a technologií oboru strojírenské výrobní techniky primárně určována požadavky navazujících oborů. Obráběcí a tvářecí stroje jsou tzv. mateřské stroje, které využívají všechna ostatní průmyslová odvětví k výrobě vlastních produktů. Stav techniky v oboru strojírenské výrobní techniky ovlivňuje a limituje ostatní výrobní obory a naopak rozvoj požadavků všech průmyslových výrobních oborů klade zvýšené nároky na obor strojírenské výrobní techniky.

Základním odvětvím které odebírá většinu produkce strojírenské výrobní techniky je obecně zpracovatelský průmysl a všeobecné strojírenství. Jmenujme základní přehled odběratelů a oborů, které užívají obráběcí stroje, tvářecí stroje a související automatizační techniku:

- Výroba potravinářských strojů
- Výroba textilních strojů
- Výroba strojů pro zpracování dřeva a průmysl výroby nábytku
- Výroba strojů pro zpracování vláknin, strojů pro výrobu papíru a jeho následné zpracování
- Výroba strojů a zařízení pro těžbu a zpracování paliv
- Výroba strojů a zařízení pro zpracování chemie, přípravků, výrobu léčiv a chemických vláken
- Výroba strojů a zařízení pro výrobu pryžových a plastových výrobků
- Výroba strojů a zařízení pro zpracování nekovových minerálních výrobků
- Výroba strojů a zařízení pro výrobu a zpracování kovů, hutních a kovodělných výrobků
- Výroba strojů a zařízení pro provádění servisních, repasních a opravárenských prací
- Výroba elektrických a optických přístrojů a zařízení, strojů pro výrobu kancelářské techniky a počítačů
- Výroba strojů a zařízení pro biotechnologie, nanotechnologie, fotonika a laboratorní technika
- Výroba strojů a zařízení pro elektrotechnický průmysl
- Výroba strojů a zařízení pro výrobu spotřební elektroniky a spotřebního zboží
- Výroba zdravotnických, přesných a optických přístrojů
- Výroba motorových vozidel, výroba přívěsů a návěsů
- Výroba letadel a letecké techniky
- Výroba železniční techniky
- Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení (např. lodě, dopravníky, logistické technologie)
- Výroba strojů pro recyklaci druhotných surovin
- Výroba energetických zařízení konvenčních i alternativních
- Výroba technických prostředků pro stavebnictví
- Výroba vojenské techniky, zbraní a prostředků obrany
- Výroba zemědělských strojů a zemědělské techniky
- Výroba strojů a techniky pro živočišnou výrobu
- Výroba strojů a zařízení pro obalový průmysl

Obory, které kladou na obráběcí a tvářecí stroje nejvyšší nároky a určují špičkové požadované parametry z hlediska zákazníků, jsou především:



- Motorová vozidla
- Letecká technika
- Ostatní dopravní prostředky a těžká transportní technika
- Přesné a optické přístroje a elektrotechnika
- Technika pro energetický průmysl

Podniky SVT jsou dodavateli strojů a technologií pro všechny uvedené obory a sledují jejich požadavky a následně se zdokonalené vlastnosti strojů a technologií ve vazbě na uvedená nejnáročnější odvětví přenášejí i do dalších odvětví s menšími dílčími nároky. Všichni členové technologické platformy, výzkumné organizace a zejména výrobní podniky se věnují vývoji strojů a technologií a aplikovanému výzkumu v oboru. Na základě této znalostní báze mohla TPSVT formulovat hlavní společné požadavky kladené na výrobní stroje.

Výchozí formulace (hypotézy) členů TPSVT, kterými je možné charakterizovat aktuální požadavky jednotlivých odběratelských odvětví, jsou v současnosti tyto:

#### Motorová vozidla

- Snižování výrobních nákladů pomocí zjednodušené stavby strojů, návrh stavebnicových strojů s možností rekonfigurace dle kritérií rozměru, výkonu i počtu řízených os, maximální optimalizace stavby strojů s ohledem na výrobní výkon, nové produktivnější technologie výroby, sdružování výrobních operací prováděných na jedno upnutí, vysoká multifunkčnost strojů a rozsah parametrů rychlosti a výkonnosti, snižování energetické náročnosti strojů, snižování nároků na obsluhu při současném růstu spolehlivosti výroby, vysoké požadavky na monitorování stavu stroje, technologického procesu a nástroje, vysoké nároky na integrovanou automatizaci a bezpečnost provozu strojů pro obsluhu, realizace prostředků pro vzdálenou diagnostiku a monitoring, vysoké nároky na uplatnitelnost strojů do výrobních linek a výrobních systémů se společnou infrastrukturou.

#### Letecká technika

- Vysoce výkonné zpracování lehkých slitin, titanu a kompozitních materiálů, schopnost realizovat obrábění i tváření s maximální přesností a především zaručenou opakovatelností, vysoké nároky na zvýšení přesnosti výroby poddajných dílců, automatizace hledání stabilních a výkonných oblastí technologických parametrů pro obrábění dílců s velmi tenkými stěnami, vysoké nároky na zvýšení jakosti a integrity povrchů, požadavky na možnost průběžné automatické kontroly jakosti výroby přímo v pracovním prostoru stroje, vysoké nároky na obrábění tvarově složitých ploch a tvarových uzavřených kanálů.

#### Ostatní dopravní prostředky a těžká transportní technika

Zvyšování přesnosti výroby velmi rozměrných dílců, zvyšování výkonu a hospodárnosti zpracování konstrukčních ocelí, nekonvenčních materiálů a nerezových ocelí, optimalizace technologických procesů hrubování při obrábění vysokým výkonem, vysoké nároky na univerzálnost strojů v rozsahu jejich výkonových a rychlostních parametrů, požadavky na vysokou modularitu automaticky výměnitelného příslušenství a nástrojů, požadavky na možnost práce s více nástroji v jednom pracovním prostoru nad jedním dílcem, nebo s více samostatnými dílci, řešení automatizace i velmi těžkých strojů pro velmi rozměrné a hmotné obrobky, vysoké nároky na disponibilní čas a spolehlivost.

#### Přístrojová technika, optika, elektrotechnika, mechatronika

- Zvyšování dlouhodobé pracovní přesnosti strojů, monitorování a průběžné měření přesnosti práce stroje, vysoké požadavky na maximální teplotní stabilitu, dosahování finální jakosti výroby povrchů bez nutnosti dalších operací, zvyšování produktivity a výrobního výkonu pomocí širších technologických možností strojů a nástrojů, dosahování submikronových tolerancí přesnosti na dílcích s rozměry v řádu desítek a stovek milimetrů, extrémní nároky na přesnost při automatizaci výměny dílců, extrémní nároky na automatické měření nástrojových korekcí.

#### Technika pro energetický průmysl

- Produktivní zpracování těžkoobrobitelných a obtížně tvářitelných materiálů, těžké a velké stroje se zvýšenou přesností, vysoká jakost finálních povrchů, zvýšená spolehlivost a nároky na disponibilní čas strojů až 97 %, jakostní a produktivní obrábění tvarově velmi složitých lopatkových kol, zvýšené nároky na univerzálnost a multifunkčnost strojů tak, aby na nich bylo možné realizovat více výrobních operací, možnost automatických a rychlých cyklů pro kalibraci přesnosti strojů ve velmi rozměrných pracovních prostorech, nové technické prostředky pro přesné měření vyráběných dílců přímo ve stroji s možností následných korekcí při dokončování, vysoké nároky na obrábění s velkým řezným výkonem při hrubovacích operacích.

#### Odborné potřeby vrstvy přímých uživatelů SVT v makroskopickém hledisku

Uvedeny jsou pouze společné a jednotící požadavky zákazníků, uživatelů obráběcích a tvářecích strojů pro jednotlivé nejnáročnější obory. V každém individuálním případě, kdy je objednáván výrobní stroj, formulují zákazníci řadu velmi specifických požadavků, které odpovídají požadované výrobě na stroji a které je nutné splnit prostřednictvím vhodného technického řešení. V současnosti je obvyklé, že zákazníci formulují požadavek na komplexní dodávku strojů včetně jejich automatizace, zapojení do výrobního systému a především včetně jedné odladěné technologie, popřípadě více technologií. Jen společnosti a průmyslové podniky, které dokážou dodávat tato komplexní řešení, mohou být na dnešním globálním trhu úspěšné. Vzhledem ke stále rostoucímu stupni „customizace“, tedy specifickým úpravám a přizpůsobením strojů a technologií pro konkrétní zakázku, rostou současně požadavky na vývojové nástroje, které podnikům umožňují s maximální pružností a nízkým rizikem vytvořit zákaznické řešení. Mezi takovéto nástroje patří především znalosti, know-how, prostředky virtuálního prototypování, verifikované nástroje po simulaci a optimalizaci, a to jak strojů, tak i technologických procesů.

### 5.6.2 Ekonomicko - tržní chování vrstvy přímých uživatelů SVT

Vývoz a dovoz obráběcích a tvářecích strojů v České republice odpovídá a „kopíruje“ trendy devíti základních strojírenských odvětví:

- Motorová vozidla
- Letecká technika
- Ostatní dopravní prostředky a těžká transportní technika
- Přesné a optické přístroje a elektrotechnika
- technika pro energetický průmysl
- Speciální stroje
- Univerzální stroje
- Kovovýroba
- Zpracování základních kovových materiálů



Růst nebo pokles v těchto odvětvích se plně odráží na potřebě obráběcích a tvářecích strojů ve světě, ale i ve třech základních regionech: Amerika Asie Evropa

Vývoz a dovoz obráběcích strojů zaznamenal přes oživení v roce 2015 výraznější pokles v roce 2016, který odpovídal trendům a predikci uváděných ve studiích Oxford Economics.

Produkce, vývoz a dovoz obráběcích a tvářecích strojů v České republice je rozdělen podle kategorií harmonizace celního sazebníku. Statistika se detailně zabývá analýzou potřeby obráběcích a tvářecích strojů podle této nomenklatury a následnou predikcí minimálně do roku 2017 (Oxford Economics uvádí predikce do roku 2020). Obráběcí a tvářecí stroje jsou ve statistických analýzách rozděleny do těchto skupin:

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| 8456 | Stroje obráběcí pomocí laserů ultrazvuku apod |
| 8457 | Centra obráběcí stroje obráběcí stavebnicové  |
| 8458 | Soustruhy pro obrábění kovů                   |
| 8459 | Stroje obráb pro vrtání frézování řezání apod |
| 8460 | Stroje obráb pro broušení lapování leštění ap |
| 8461 | Stroje obráb k hoblování ap pily strojní aj   |
| 8462 | Stroje tvářecí k opracování kovů buchary apod |
| 8463 | Stroje tvářecí jiné pro opracování kovů apod  |

Tab. 1: Dovozy a vývozy 2015/2016.

| Dovoz / Import |                                               |                       |            | Dovoz / Import |                                               |                       |            |
|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------|
| Období :       |                                               | 1.1.2015 – 31.12.2015 |            | Období :       |                                               | 1.1.2016 – 31.12.2016 |            |
| Data v tabulce |                                               | bez dopočetů          |            | Data v tabulce |                                               | bez dopočetů          |            |
| Kód zboží      | Název zboží                                   | Netto (kg)            | CZK(tis.)  | Kód zboží      | Název zboží                                   | Netto (kg)            | CZK(tis.)  |
| 8456           | Stroje obráběcí pomocí laserů ultrazvuku apod | 3 876 275             | 2 493 322  | 8456           | Stroje obráběcí pomocí laserů ultrazvuku apod | 2 073 463             | 1 578 794  |
| 8457           | Centra obráběcí stroje obráběcí stavebnicové  | 10 676 391            | 3 105 550  | 8457           | Centra obráběcí stroje obráběcí stavebnicové  | 4 587 003             | 1 970 385  |
| 8458           | Soustruhy pro obrábění kovů                   | 6 759 900             | 2 516 833  | 8458           | Soustruhy pro obrábění kovů                   | 5 466 925             | 2 037 860  |
| 8459           | Stroje obráb pro vrtání frézování řezání apod | 4 193 825             | 1 345 860  | 8459           | Stroje obráb pro vrtání frézování řezání apod | 2 650 398             | 775 287    |
| 8460           | Stroje obráb pro broušení lapování leštění ap | 2 525 992             | 1 266 395  | 8460           | Stroje obráb pro broušení lapování leštění ap | 1 874 233             | 1 003 285  |
| 8461           | Stroje obráb k hoblování ap pily strojní aj   | 1 299 538             | 454 382    | 8461           | Stroje obráb k hoblování ap pily strojní aj   | 1 372 453             | 378 039    |
| 8462           | Stroje tvářecí k opracování kovů buchary apod | 11 435 437            | 3 484 983  | 8462           | Stroje tvářecí k opracování kovů buchary apod | 10 032 455            | 2 932 081  |
| 8463           | Stroje tvářecí jiné pro opracování kovů apod  | 682 670               | 548 833    | 8463           | Stroje tvářecí jiné pro opracování kovů apod  | 611 107               | 555 022    |
| Součet:        |                                               | 41 450 028            | 15 216 158 | Součet:        |                                               | 28 668 037            | 11 230 753 |
| Vývoz / Export |                                               |                       |            | Vývoz / Export |                                               |                       |            |
| Období :       |                                               | 1.1.2015 – 31.12.2015 |            | Období :       |                                               | 1.1.2016 – 31.12.2016 |            |
| Data v tabulce |                                               | bez dopočetů          |            | Data v tabulce |                                               | bez dopočetů          |            |
| Kód zboží      | Název zboží                                   | Netto (kg)            | CZK(tis.)  | Kód zboží      | Název zboží                                   | Netto (kg)            | CZK(tis.)  |
| 8456           | Stroje obráběcí pomocí laserů ultrazvuku apod | 881 232               | 631 600    | 8456           | Stroje obráběcí pomocí laserů ultrazvuku apod | 797 325               | 731 506    |
| 8457           | Centra obráběcí stroje obráběcí stavebnicové  | 9 302 340             | 3 003 732  | 8457           | Centra obráběcí stroje obráběcí stavebnicové  | 8 305 965             | 2 509 597  |
| 8458           | Soustruhy pro obrábění kovů                   | 6 560 311             | 2 297 708  | 8458           | Soustruhy pro obrábění kovů                   | 6 661 363             | 2 560 587  |
| 8459           | Stroje obráb pro vrtání frézování řezání apod | 9 008 224             | 1 901 959  | 8459           | Stroje obráb pro vrtání frézování řezání apod | 6 392 316             | 1 683 239  |
| 8460           | Stroje obráb pro broušení lapování leštění ap | 7 925 386             | 7 280 166  | 8460           | Stroje obráb pro broušení lapování leštění ap | 6 751 753             | 6 102 639  |
| 8461           | Stroje obráb k hoblování ap pily strojní aj   | 2 950 613             | 639 029    | 8461           | Stroje obráb k hoblování ap pily strojní aj   | 3 105 563             | 736 722    |
| 8462           | Stroje tvářecí k opracování kovů buchary apod | 5 808 216             | 1 547 352  | 8462           | Stroje tvářecí k opracování kovů buchary apod | 4 673 733             | 980 760    |
| 8463           | Stroje tvářecí jiné pro opracování kovů apod  | 106 041               | 74 598     | 8463           | Stroje tvářecí jiné pro opracování kovů apod  | 351 352               | 81 494     |
| Součet:        |                                               | 42 542 364            | 17 376 143 | Součet:        |                                               | 37 039 370            | 15 386 544 |





Tab. 2: Vývoz a dovoz, porovnání období 2015/2016 v Kč.

| Vývoz a Dovoz OS a TS v České republice za rok 2016 a 2015 (tis. Kč) / Export and Import of Machine Tools in the year 2015 and 2016 in ths.CZK |                       |                       |               |                       |                       |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|                                                                                                                                                | Vývoz 2016            | Vývoz 2015            | Podíl %       | Dovoz 2016            | Dovoz 2015            | Podíl %       |
| 8456                                                                                                                                           | 731 506               | 631 600               | 115,82%       | 1 578 794             | 2 493 322             | 63,32%        |
| 8457                                                                                                                                           | 2 509 597             | 3 003 732             | 83,55%        | 1 970 385             | 3 105 550             | 63,45%        |
| 8458                                                                                                                                           | 2 560 587             | 2 297 708             | 111,44%       | 2 037 860             | 2 516 833             | 80,97%        |
| 8459                                                                                                                                           | 1 683 239             | 1 901 959             | 88,50%        | 775 287               | 1 345 860             | 57,61%        |
| 8460                                                                                                                                           | 6 102 639             | 7 280 166             | 83,83%        | 1 003 285             | 1 266 395             | 79,22%        |
| 8461                                                                                                                                           | 736 722               | 639 029               | 115,29%       | 378 036               | 454 382               | 83,20%        |
| 8462                                                                                                                                           | 980 760               | 1 547 352             | 63,38%        | 2 932 081             | 3 484 983             | 84,13%        |
| 8463                                                                                                                                           | 81 494                | 74 598                | 109,24%       | 555 022               | 548 833               | 101,13%       |
| <b>Celkem OS</b>                                                                                                                               | <b>14 324 290</b>     | <b>15 754 194</b>     | <b>90,92%</b> | <b>7 743 647</b>      | <b>11 182 342</b>     | <b>69,25%</b> |
| <b>Celkem TS</b>                                                                                                                               | <b>1 062 254</b>      | <b>1 621 950</b>      | <b>65,49%</b> | <b>3 487 103</b>      | <b>4 033 816</b>      | <b>86,45%</b> |
| <b>Celkem</b>                                                                                                                                  | <b>15 386 544 CZK</b> | <b>17 376 143 CZK</b> | <b>88,55%</b> | <b>11 230 750 CZK</b> | <b>15 216 158 CZK</b> | <b>73,81%</b> |

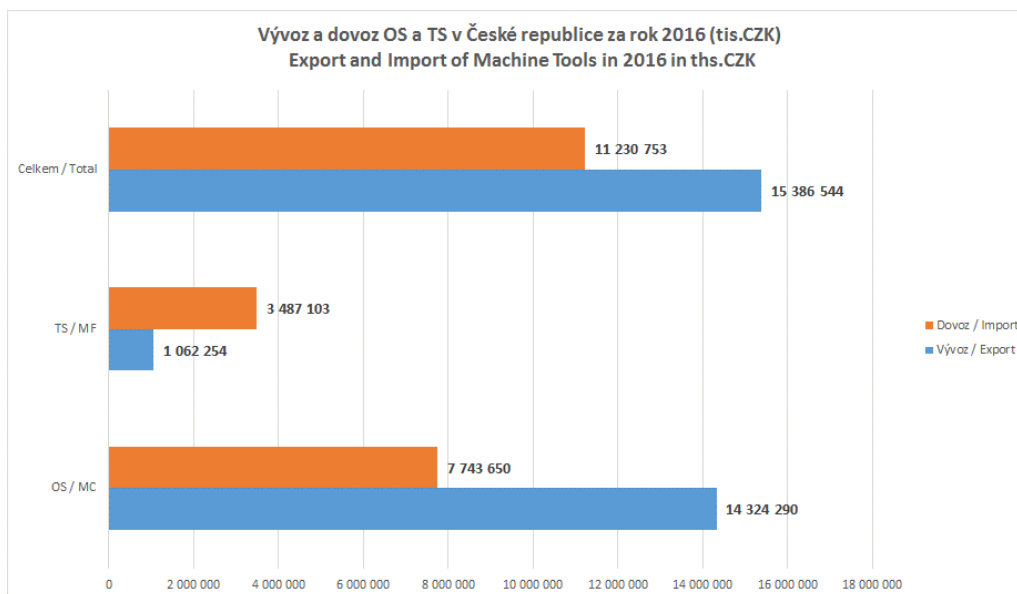
Vývozy roku 2016 v sektoru obráběcích strojů zaznamenaly celkový pokles o 9,08% s tím, že největší pokles vykazuje skupina 8457 – obráběcí centra. V sektoru tvářecích strojů je pokles dokonce o 34,51% a celkem za obráběcí a tvářecí stroje byl v roce 2016 vykázán pokles vývozu o 11,45%. Dramaticky také klesl dovoz, kde celková hodnota poklesu dovozu roku 2016 oproti dovozu roku 2015 představuje 26,19%.

Tab. 3: Vývoz a dovoz, porovnání období 2015/2016 v EUR.

| Vývoz a Dovoz OS a TS v České republice za rok 2016 a 2015 (tis. EUR) / Export and Import of Machine Tools in the year 2016 and 2015 in ths.EUR |                |                |               |                |                |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
|                                                                                                                                                 | Vývoz 2016     | Vývoz 2015     | Podíl %       | Dovoz 2016     | Dovoz 2015     | Podíl %       |
| 8456                                                                                                                                            | 27 059         | 23 150         | 116,88%       | 58 400         | 91 387         | 63,90%        |
| 8457                                                                                                                                            | 92 831         | 110 095        | 84,32%        | 72 885         | 113 827        | 64,03%        |
| 8458                                                                                                                                            | 94 717         | 84 218         | 112,47%       | 75 381         | 92 249         | 81,71%        |
| 8459                                                                                                                                            | 62 264         | 69 712         | 89,32%        | 28 678         | 49 330         | 58,14%        |
| 8460                                                                                                                                            | 225 739        | 266 839        | 84,60%        | 37 112         | 46 417         | 79,95%        |
| 8461                                                                                                                                            | 27 252         | 23 422         | 116,35%       | 13 984         | 16 654         | 83,96%        |
| 8462                                                                                                                                            | 36 279         | 56 715         | 63,97%        | 108 459        | 127 735        | 84,91%        |
| 8463                                                                                                                                            | 3 015          | 2 734          | 110,25%       | 20 531         | 20 116         | 102,06%       |
| <b>Celkem OS</b>                                                                                                                                | <b>529 862</b> | <b>577 436</b> | <b>91,76%</b> | <b>286 441</b> | <b>409 865</b> | <b>69,89%</b> |
| <b>Celkem TS</b>                                                                                                                                | <b>39 293</b>  | <b>59 449</b>  | <b>66,10%</b> | <b>128 990</b> | <b>147 851</b> | <b>87,24%</b> |
| <b>Celkem</b>                                                                                                                                   | <b>569 155</b> | <b>636 885</b> | <b>89,37%</b> | <b>415 431</b> | <b>557 716</b> | <b>74,49%</b> |



Hodnotu poklesu vývozu a dovozu dosahovanou v roce 2016 oproti roku 2015 ovlivňuje kurz Kč/EUR.

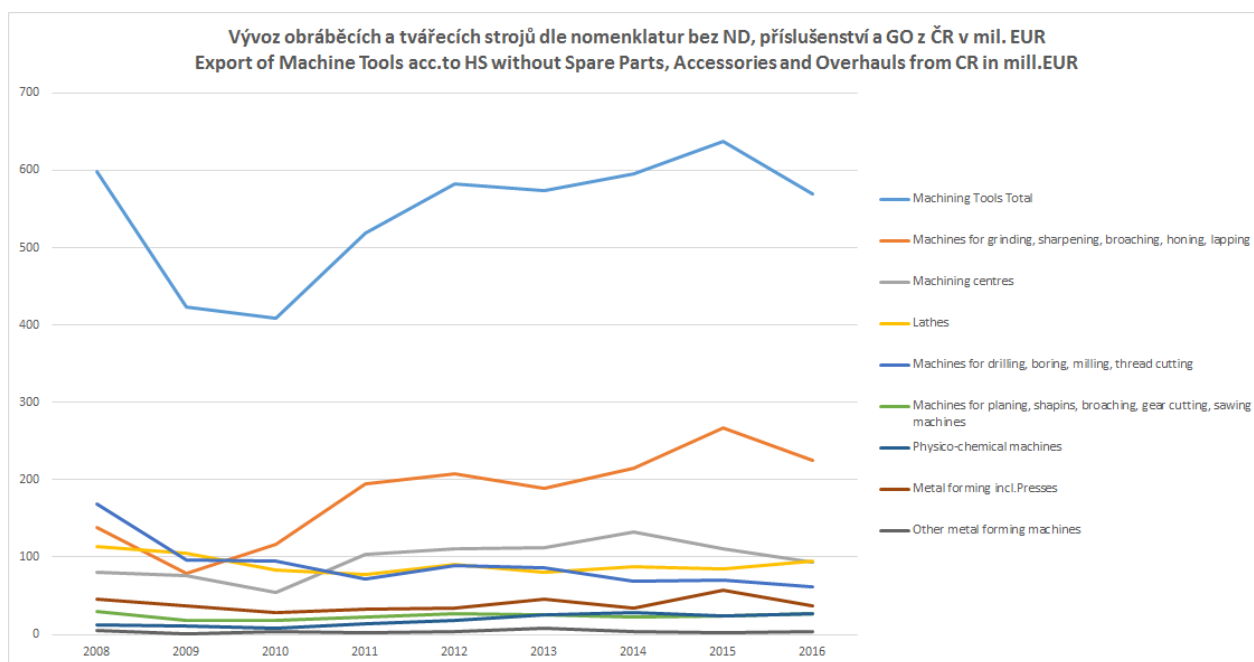


Obr. 14: Vývoz a dovoz OS a TS v České republice za rok 2016.

Tab. 4: Vývoz a dovoz OS a TS v České republice za rok 2016.

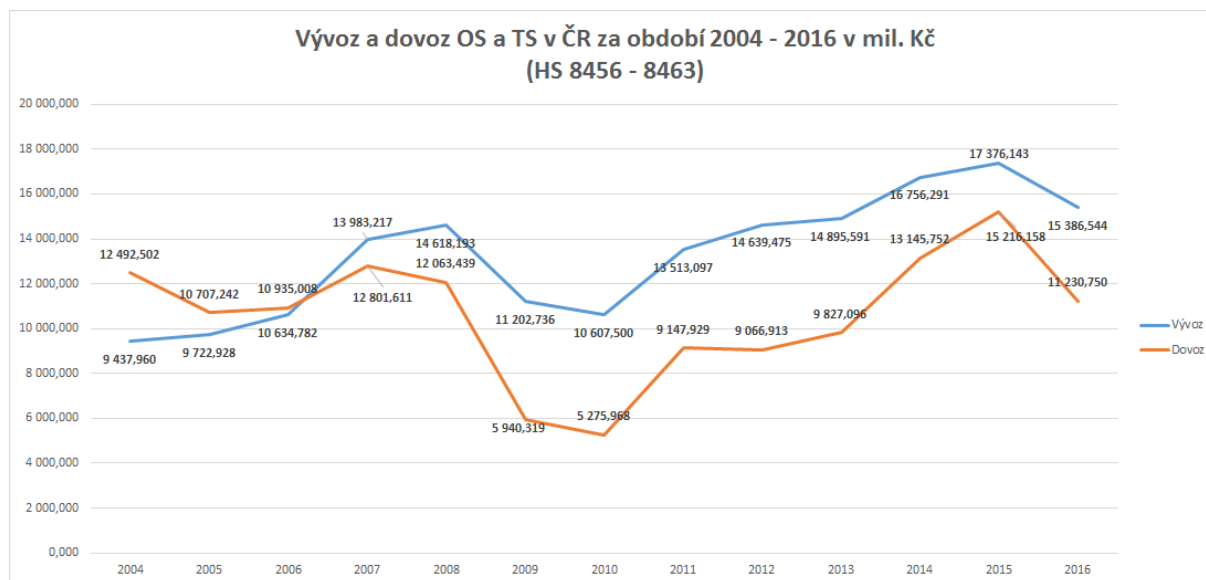
| Vývoz a dovoz OS a TS v České republice za rok 2016 (tis.CZK) /<br>Export and Import of Machine Tools in CZK in 2016 in ths.CZK |                |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
|                                                                                                                                 | Vývoz / Export | Dovoz / Import |
| OS / MC                                                                                                                         | 14 324 290     | 7 743 650      |
| TS / MF                                                                                                                         | 1 062 254      | 3 487 103      |
| Celkem / Total                                                                                                                  | 15 386 544     | 11 230 753     |

Spojnicový graf (Obr. 15) od roku 2008 do roku 2016 charakterizuje podíl jednotlivých typů obráběcích a tvářecích strojů na celkovém vývozu a dovozu. Největší podíl, ale také i s poklesem v roce 2016 evidujeme u nomenklatury 8460 – brousící stroje.



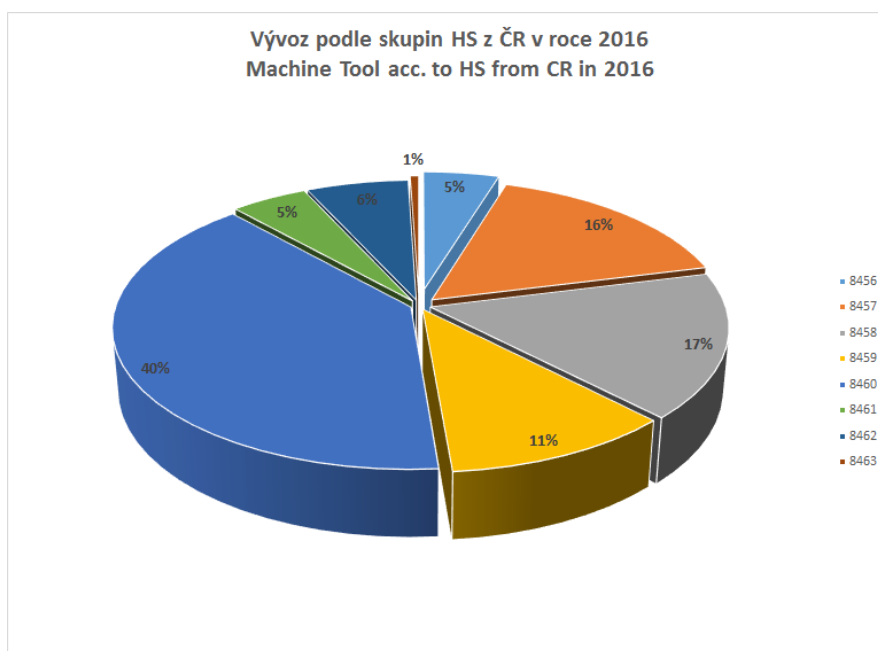
Obr. 15: Vývoz a dovoz OS a TS dle nomenklatur bez ND, příslušenství a GO z ČR.

Spojnicové grafy (Obr. 16) charakterizují vývoj vývozu a dovozu obráběcích a tvářecích strojů od roku 2004 do roku 2016 s významným vrcholem v roce 2015 a poklesem v roce 2016, který odpovídá útlumu jednotlivých odvětví strojírenství ve světovém měřítku.



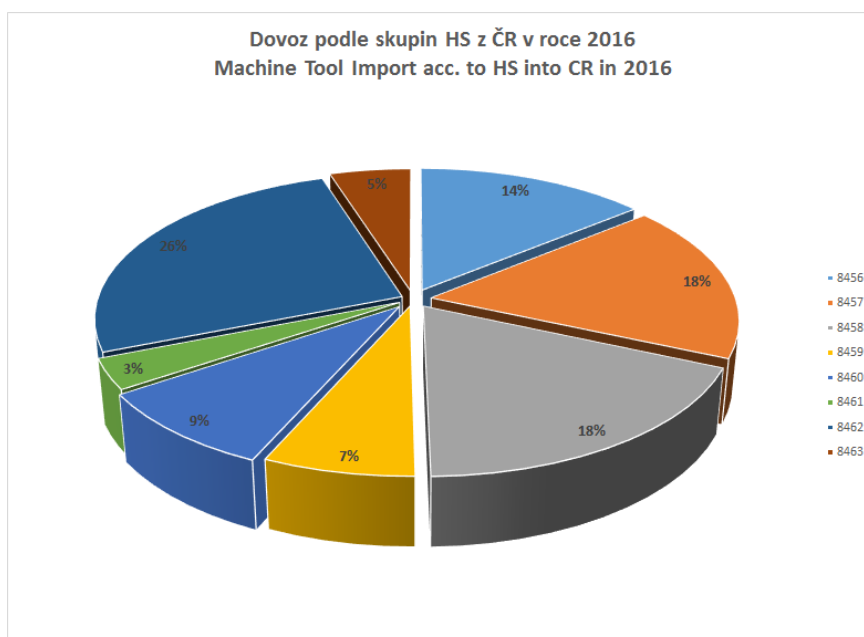
Obr. 16: Vývoz a dovoz OS a TS v České republice za období 2004 - 2016.

Na celkovém vývozu v roce 2016, který činil 15 386 544 tis. Kč měly největší podíl brousící stroje – 40%. Tento trend má dlouhodobý charakter a i do budoucna se předpokládá, že nedojde k výraznější změně „koláče vývozu“ (Obr. 17) podle jednotlivých kategorií celní nomenklatury.



Obr. 17: Vývoz dle skupin HS z ČR v roce 2016.

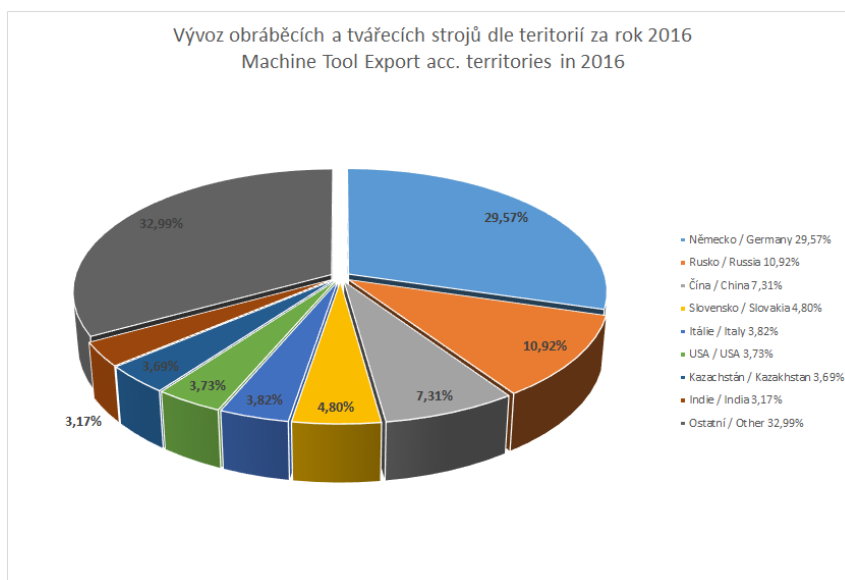
„V koláči“ (Obr. 18) rozdělení dovozů podle jednotlivých typů strojů, podle celní nomenklatury mají největší podíl tvářecí stroje, které v České republice nejsou výrazněji zastoupeny.



Obr. 18: Dovoz dle skupin HS z ČR v roce 2016.

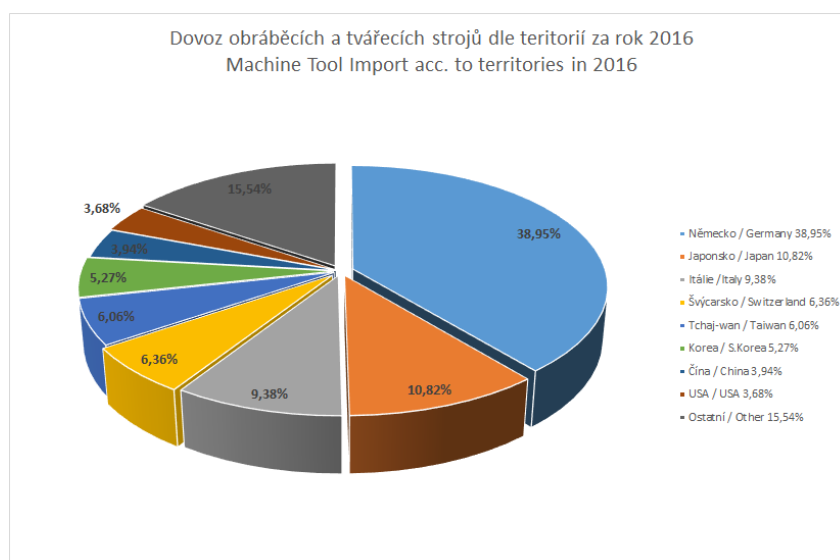
### 5.6.3 Vývoz a dovoz obráběcích a tvářecích strojů v České republice za rok 2016 členění podle vývozních teritorií

Vývoz obráběcích a tvářecích strojů v České republice (Obr. 19) je orientován především na Evropu a následně na asijské státy. Nedaří se uchopit výrazně americký trh.



Obr. 19: Vývoz OS a TS dle teritorií za rok 2016.

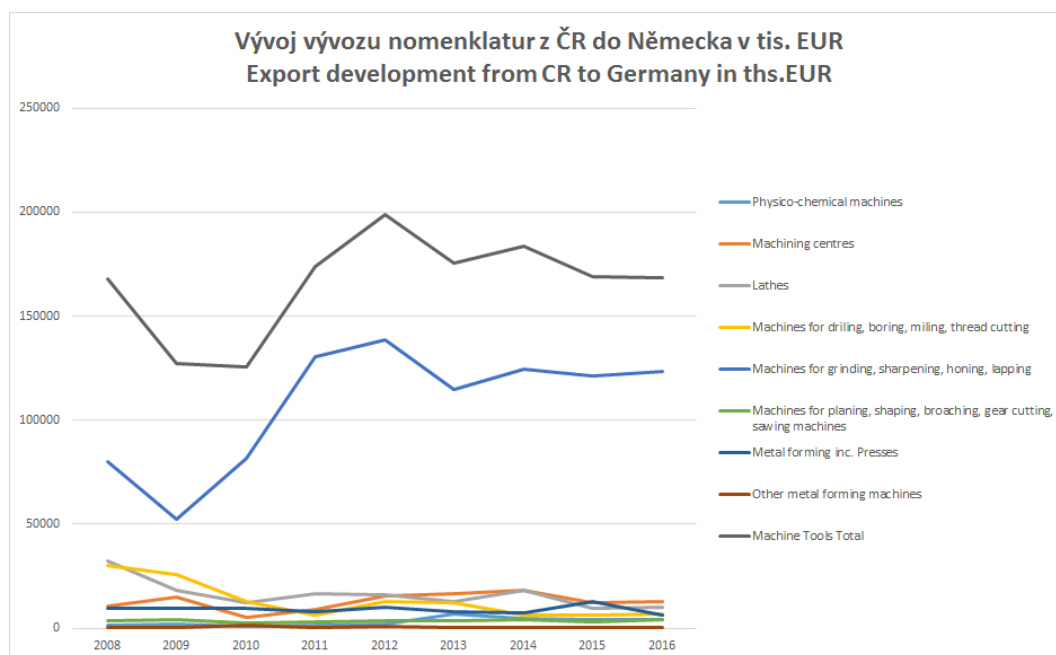
Rovněž dovoz (Obr. 20) kopíruje vývozní teritoria, kterými jsou státy Evropy to je Německo a Itálie a asijské státy v zastoupení Japonska, Tchaj-wanu, Koreji a Číny.



Obr. 20: Dovoz OS a TS dle teritorií za rok 2016.

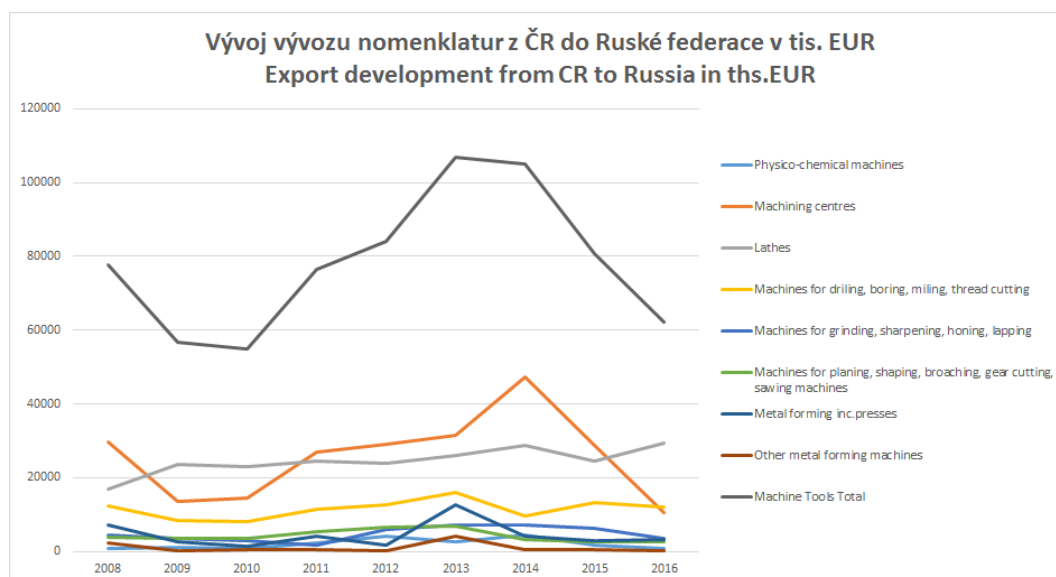
Vývoj vývozu obráběcích a tvářecích strojů do Německa (Obr. 21) se po poklesu v roce 2013 mírně navýšil a stabilizoval s tím, že žádná z celních nomenklatur nevykazuje výraznější odchylky.





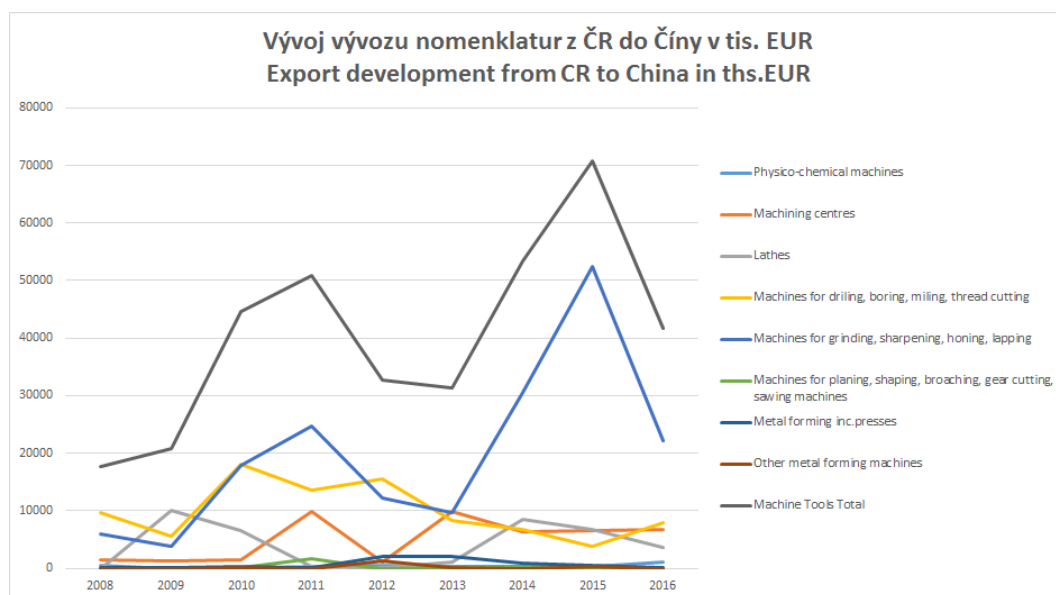
Obr. 21: Vývoj vývozu nomenklatur z ČR do Německa.

Vývoj vývozu do Ruska (Obr. 22) zaznamenal od roku 2014 prudký sestup, který je ovlivněn evropskou a světovou politikou a který výrazně dopadá na nomenklaturu 8457 – obráběcí centra.

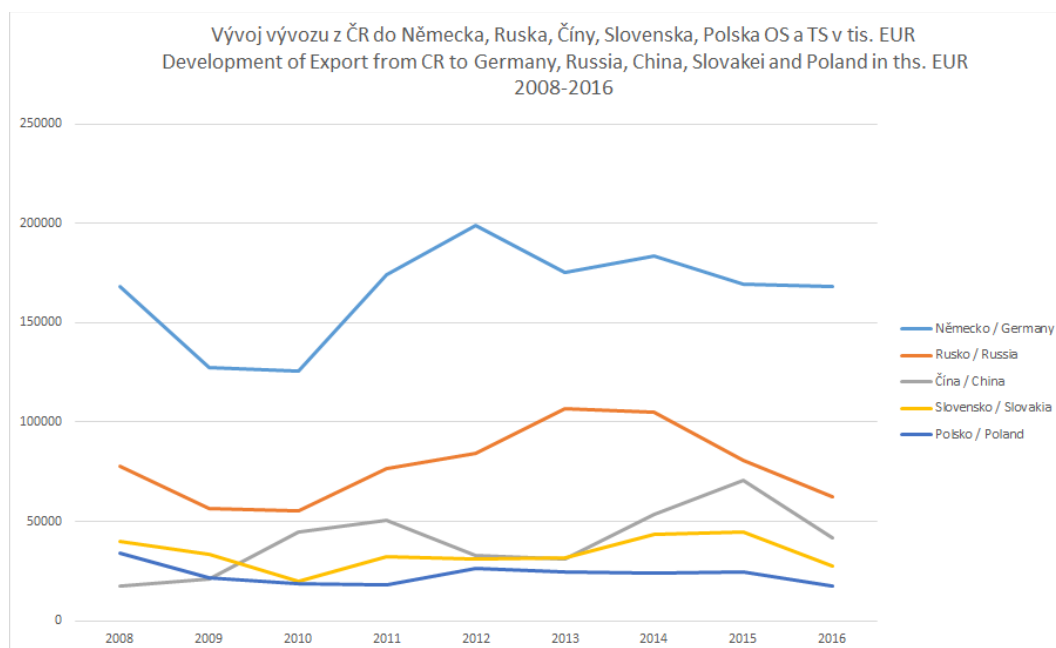


Obr. 22: Vývoj vývozu nomenklatur z ČR do Ruské federace.

Vývoz do Číny (Obr. 23) v roce 2015, který byl vrcholem vývozní aktivity ČR se dramaticky snížil. S tím, že téměř všechny nomenklatury celního sazebníku obráběcích a tvářecích strojů zaznamenávají pokles. Predikce vývoje vývozu do Číny v roce 2017 je však mírně optimistická.



Obr. 23: Vývoj vývozu nomenklatur z ČR do Číny.



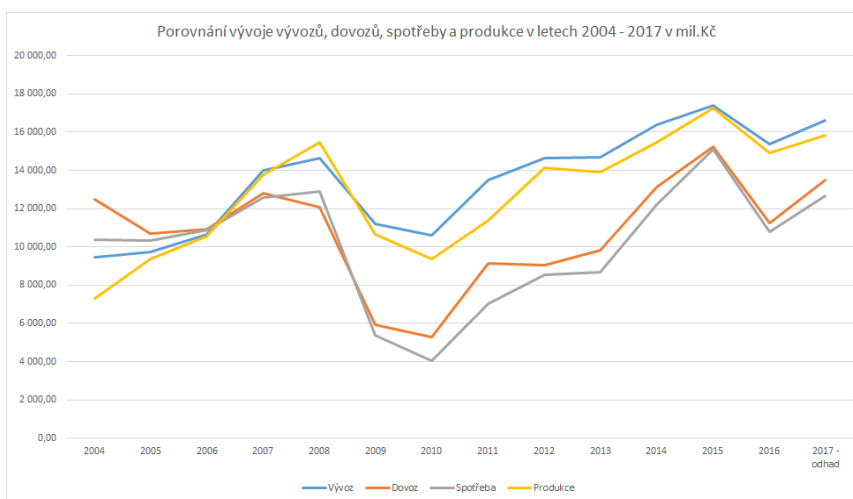
Obr. 24: Vývoj vývozu z ČR do Německa, Ruska, Číny, Slovenska, Polska OS a TS.

Tab. 5: Export Německo, Rusko, Čína, Slovensko, Polsko od roku 2008-2016.

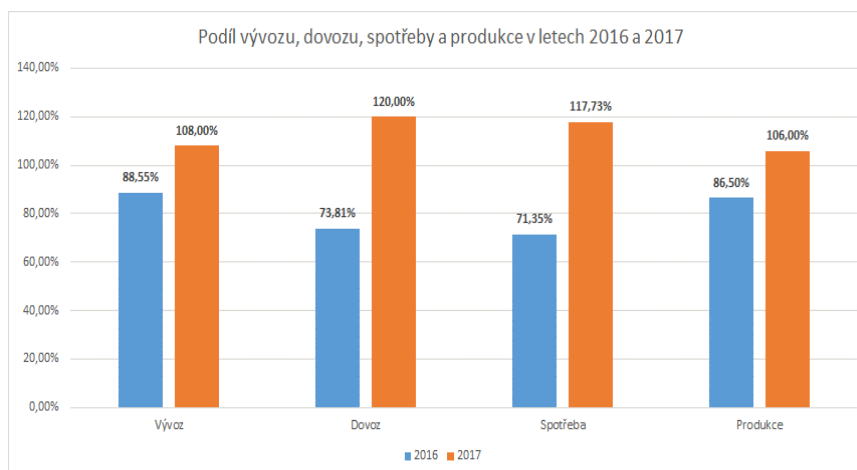
| Export               | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Německo / Germany    | 168072 | 127166 | 125762 | 173785 | 198767 | 175288 | 183463 | 169057 | 168276 |
| Rusko / Russia       | 77717  | 56579  | 55004  | 76387  | 84166  | 106924 | 104901 | 80772  | 62133  |
| Čína / China         | 17610  | 20876  | 44596  | 50794  | 32732  | 31348  | 53407  | 70766  | 41628  |
| Slovensko / Slovakia | 39872  | 33700  | 20037  | 32445  | 30819  | 31690  | 43630  | 44777  | 27311  |
| Polsko / Poland      | 34187  | 21751  | 18508  | 17982  | 26189  | 24798  | 24187  | 24595  | 17469  |

#### 5.6.4 Odhad vývoje vývozu, dovozu, produkce a spotřeby

Podle analýzy Oxford Economics [1] byl rok 2015 a 2016 rokem poklesu. Rok 2017 až rok 2020 předpokládá mírné oživení. České republice se podařilo (výrobci obráběcích a tvářecích strojů) najít v roce 2015 svého vrcholu v produkci, vývozu, dovozu a spotřebě obráběcích a tvářecích strojů. Rok 2016 byl však rokem poklesu, především poklesu investičních příležitostí v České republice. Predikce roku 2017 pak ale odpovídá již úvaze o vývoji ekonomik jednotlivých zemí, úvaze o vývoji ekonomiky světa a signalizuje „dobrý rok“ i pro výrobce obráběcích a tvářecích strojů. Předpokládáme, že se produkce obráběcích a tvářecích strojů ČR zvýší o 6%, vývozy se navýší o 8%, dovozy se navýší o 8%. Celková spotřeba vzroste o 17,7%.



Obr. 25: Porovnání vývoje vývozu, dovozu, spotřeby a produkce v letech 2004 – 2017.



Obr. 26: Podíl vývozu, dovozu, spotřeby a produkce v letech 2016 a 2017.

Tab. 6: Predikce vývoje roku 2017 vývozu, dovozu, spotřeby a produkce obráběcích a tvářecích strojů.

|      | Vývoz   | Dovoz   | Spotřeba | Produkce |
|------|---------|---------|----------|----------|
| 2016 | 88,55%  | 73,81%  | 71,35%   | 86,50%   |
| 2017 | 108,00% | 120,00% | 117,73%  | 106,00%  |

## 6 EXPLORACE - možné budoucnosti

### 6.1 Vliv vývoje KETs (Key Enabling Technologies) na budoucnost Strojírenské výrobní techniky

V současné době se do popředí vlivu stále více dostávají tzv. „klíčové umožňující technologie“ (Key Enabling Technologies, dále jen KETs). Důvodem je, že tyto technologie se uplatňují v nových produktech náročných na znalosti a s vysokou přidanou hodnotou a jsou „základem“ pro zajištění ekonomického růstu. Tyto KETs mají také vliv na sektor Machine Tools, resp. na obor Strojírenské výrobní techniky a ale současně je pokročilá strojírenská výrobní technika i jednou z klíčových technologií. Z hlediska vazby na ovlivňování budoucího vývoje Strojírenské výrobní technologie mají halvní vliv KET: Mikroelektronika v oblasti řízení, pohonů a senzorky, Fotonika v oblasti špičkových odměřovacích systémů, Nanotechnologie v oblasti funkčních povrchů nástrojů, Pokročilé materiály v oblasti stavby nosných struktur, ale také v jejich samotném zpracování a samotné Pokročilé výrobní procesy, které jsou obsahem Strojírenské výrobní techniky a technologie. Ostatní KETs mají vliv méně významný. Klíčové technologie z rodiny KETs v následujícím stručně charakterizujeme.

#### 6.1.1 Mikro- a nanoelektronika

Pod pojmem mikro- a nanoelektronika jsou chápány jak polovodičové komponenty, tak i vysoce miniaturizované elektronické subsystémy a jejich integrace do větších systémů a produktů, jako jsou například čipy, mikroprocesory (resp. komponenty pro zpracování informace), počítačové paměti, mikro-elektro-mechanické systémy (MEMS) apod.

Termín nanoelektronika je široce definován a lze do něho zahrnout všechny oblasti elektroniky se strukturou na úrovni nanometrů. V užším smyslu lze nanoelektroniku omezit na technologie založené na křemíku (resp. polovodičích) a na struktury s rozměry menšími než 100 nm. Do nanoelektroniky lze zařadit i tranzistorové součástky s takovými rozměry, kdy se uplatňují jejich kvantově-mechanické vlastnosti.

#### 6.1.2 Fotonika

Fotonika je považována za průřezovou technologii zahrnující generaci světla, jeho vedení, manipulaci se světlem, detekci světla, zesilování světla a jeho využívání v aplikacích. Za „světlo“ je chápáno nejen viditelné světlo, ale i mikrovlnná a ultrafialová část spektra a rentgenové záření (paprsky X). Poskytuje mimo jiné technologický základ pro hospodářskou přeměnu slunečního světla na elektřinu, což je důležité pro výrobu obnovitelné energie a nejrůznějších elektronických součástí a zařízení, například fotodiod, laserů a světlo emitujících diod.

Fotonika je využitelná v řadě aplikačních sektorů, jako je například průmyslová výroba (lasery jako přesný a rychlý nástroj ve výrobě při sváření, řezání, vrtání apod.), optická měření a systémy pro vidění (sensory,



spektrometry, měřicí systémy pro různé aplikace atd.), lékařské technologie a přírodní vědy (mikroskopie, počítačová tomografie, využití světla v testování, monitorování a diagnostice, využití světla v terapii, při operacích, v dermatologii apod.), optické komunikace (optické sítě a prvky), informační technologie (zpracování, ukládání, přenos a vizualizace dat, tisk apod.), osvětlení a displeje (osvětlovací systémy, lampy, polovodičové světelné zdroje a další), energetika (solární články a panely), obranné systémy (vidění a zobrazování, zaměřování, navádění apod.), optické prvky a systémy atd.

### 6.1.3 Nanotechnologie

Za nanotechnologie lze považovat technologie pro struktury s rozměry od 1 do 100 nanometrů alespoň v jednom rozměru. Jedná se o vysoce multidisciplinární a průřezovou technologii využívající nové techniky zaměřené například na vývoj nových materiálů, struktur se specifickými vlastnostmi, komponent a zařízení v této velikosti, které jsou využitelné v řadě oborů, jako je například elektronika, lékařství, materiálové vědy, průmyslová výroba, energetika, transport, životní prostředí a další odvětví. Mezi typické příklady nanotechnologií patří například uhlíková nanovlákna, grafeny a kvantové tečky.

### 6.1.4 Průmyslové biotechnologie

Za průmyslové biotechnologie (též „bílé“ biotechnologie) lze považovat aplikace biotechnologií pro průmyslové zpracování a výrobu bioproduktů, chemikálií, materiálů a paliv, které využívají mikroorganismy nebo enzymy. Nalézají široké uplatnění v sektorech jako je chemický průmysl, materiálová výroba, energetika (biopaliva), potravinářství/výživa, zdravotní péče, textilní průmysl, papírenský průmysl, zpracování odpadů apod. Mezi techniky/technologie využívané v biotechnologiích (a tedy i v průmyslových biotechnologiích) patří DNA/RNA, proteiny a další molekuly, buňky, tkáňové kultury a inženýrství, procesní biotechnologie (například fermentace), geny a RNA vektory, bioinformatika atd.

### 6.1.5 Pokročilé materiály

Takto pojmenovaná klíčová technologie zahrnuje velmi širokou oblast materiálů s obtížně definovatelnými hranicemi. Na obecné úrovni lze za pokročilé materiály považovat materiály s požadovanými vlastnostmi a funkcemi. Typickým příkladem jsou lehké materiály, materiály pro extrémní podmínky, ochranné povlaky (proti různým vlivům a extrémním podmínkám) nebo materiály, které mají „inteligentní funkce“ (inteligentní materiály). Výzkum a vývoj v oblasti pokročilých materiálů vede k vývoji nových, z hlediska nákladů výhodnějších materiálů, a tedy k nižší materiálové náročnosti výroby, a zároveň k novým výrobkům a službám s vyšší přidanou hodnotou.

Příkladem mohou být pokročilé kovy, syntetické polymery či keramika, nové kompozity, biopolymery a další materiály. Cílem výzkumu v oblasti pokročilých materiálů je porozumět vztahům mezi složením a mikrostrukturou materiálů a jeho technickými vlastnostmi, tj. jak mikrostruktura ovlivňuje chování v různých aplikacích, jak je toho možné dosáhnout a jak modifikovat chování materiálů různými výrobními technologiemi.

Pokročilé materiály mají potenciál přinášet nová řešení v různých hospodářských a průmyslových odvětvích, jako např. v letectví, dopravě, stavebnictví či lékařství. Jsou důležité pro oblast recyklování, snižování emisí, energetiku a snižování potřeby využívání neobnovitelných zdrojů a surovin.



### 6.1.6 Pokročilé výrobní technologie

Za pokročilé výrobní technologie lze považovat především výrobní systémy a související služby, procesy, provozy a zařízení pro ostatní KETs. Hovoříme o dvou typech těchto technologií: 1) procesní technologie, které se používají k výrobě ostatních KETs a 2) procesní technologie, které jsou založeny na robotice, automatizaci nebo využívající počítačové systémy. V prvním případě se tyto technologie často vztahují k výrobnímu zařízení, vybavení a postupům ve výrobě specifických materiálů a součástek. Ve druhém případě tyto technologie zahrnují měření, kontrolu a testování zařízení pro různé stroje a obráběcí stroje, patří sem procesní technologie v oblasti automatizované výroby a výroby využívající IT technologie. Mezi pokročilé výrobní technologie lze například zařadit aditivní výrobu (například 3D tisk), litografii, technologie umožňující zvyšování rozměrů křemíkových desek při výrobě čipů, robotiku, měřicí systémy, zpracování signálu a informace, kontrolu výroby a další procesy.

## 6.2 Megatrendy ovlivňující průmyslovou výrobu dle analýzy KPMG

Vzhledem k vysokému stupni relevance pro námi sledované odvětví Strojírenské výrobní techniky zde uvádíme překlad analýzy megatrendů a jejich dopadů na průmyslovou výrobu, kterou zpracovala společnost KPMG UK (Industrial Manufacturing - Megatrends Research, KPMG LLP, a UK limited, 2014, Stephen Cooper) Více detailů je možné najít na [www.kpmg.com/uk/manufacturing](http://www.kpmg.com/uk/manufacturing). Následuje překlad materiálu KPMG:

V důsledku nedávných hospodářských turbulencí byli výrobci nuceni stále častěji přezkoumávat své procesy finančního řízení - zejména se zaměřením na řízení rizik a finanční riziko v krizových situacích. To by však nemělo vést k tomu, že společnosti nebudou zohledňovat význam strategie udržitelného růstu.

Dokonce i v dobách nestálých a nejistých ekonomických podmínek se svět kolem nás stále mění: trhy, obchodní modely, výrobní procesy a další výzvy v hodnotovém řetězci se mění stále častěji ve stále více propojeném světě, kde se neustále objevují nové příležitosti a hrozby. Některé spouštěče těchto změn jsou tzv. megatrendy, které vedou k dalekosáhlým procesům transformace napříč regiony a průmyslovými odvětvími.

Výrobce budoucnosti musí zohlednit tyto megatrendy, aby zůstali konkurenceschopnými, vytvořili hodnotu pro své investory a zajistili si svoji pozici partnera pro své zákazníky a další zúčastněné strany.

KPMG identifikovala a analyzovala deset globálních megatrendů, které jsou v dnešním výrobním světě považovány za nejdůležitější, jako odpovědi na následujících pět klíčových otázek:

- Jaké jsou hnací síly tohoto vývoje?
- Jaké jsou přímé a nepřímé dopady těchto transformačních procesů?
- Jak mohou firmy vytvářet hodnotu z těchto megatrendů?
- Jaké byly naše zkušenosti s těmito tématy a jak se mohou tyto megatrendy časem vyvíjet?
- Jaké firemní akce by měly výrobci realizovat, aby byli připraveni na tyto megatrendy?

Za účelem uvedení zjištění a poznatků do praxe vyvinula společnost KPMG koncepční rámec a řadu možností, jak zlepšit strategii výrobce zaměřenou na budoucnost.



# Přehled

## Deset megatrendů

### 1 TOVÁRNA BUDOUCNOSTI

- Automatizace může být ještě nákladově efektivnější než outsourcing výroby do rozvíjejících se ekonomik.
- V rámci vzájemně propojeného výrobního hodnotového řetězce budou společnosti čelit rostoucím bezpečnostním rizikům v oblasti IT.
- Zvýšení právních ustanovení, předpisů a průmyslových standardů.

### 2 NEAR-SHORING

- Výrobní společnosti hledají outsourcing back office služeb, aby se zaměřily na hlavní operace.
- Mzdy v offshore lokalitách se zvyšují.
- Očekává se, že východní Evropa bude v blízké budoucnosti svědkem významných výrobních investic.

### 3 ZASÍLÁNÍ POPTÁVEK NA VÝCHOD

- Asijský ekonomický vliv globálně roste.
- Zvýšení důležitosti pro místní výzkum a vývoj, výrobní a montážní zařízení, regionální dodavatelské řetězce a přizpůsobení výrobků tak, aby vyhovovaly potřebám místních trhů.

### 4 ZAKLÁDÁNÍ KLASTRŮ

- Klustry se stanou klíčovým pilířem pro posílení zpracovatelského průmyslu, pokud jde o inovace a efektivitu.
- Bude důležité zůstat v těsné fyzické blízkosti inženýrských center významných zákazníků a vědeckých výzkumných institucí v Evropě.

### 5 ENERGETICKÁ/ZDROJOVÁ EFEKTIVITA

- Ceny komodit, využívání energie a řízení logistiky budou pro udržení konkurenceschopnosti rozhodující.
- Očekává se, že automatizovaná výroba a nové výrobní technologie (např. výroba aditiv) budou hrát klíčovou úlohu při snižování spotřeby materiálů a energie a při snižování množství odpadu.

### 6 TALETOVÁ VÝZVA

- Poptávka po MINT (mathematics, informatics, natural sciences and engineering) talentech (strojní pracovníci, tvůrci nástrojů a programátoři strojů) je na vzestupu.



- Sčítání ekonomických tlaků bude trvale zvyšovat mzdy u "unikátních" specialistů.

## **7 NANOTECHNOLOGIE/NANOVÝROBA**

- Očekává se, že nanotechnologie bude v blízké budoucnosti mít velký dopad na udržitelnost.
- Neznámé dopady na životní prostředí, zdraví a bezpečnost vyplývající z nanočástic během jejich životního cyklu představují výzkumné průmyslové odvětví s významnými problémy a příležitostmi v oblasti řízení rizik.

## **8 OBCHODNÍ MODELY ZALOŽENÉ NA SLUŽBÁCH**

- Výrobci by měli hledat způsoby, jak prodat stávající služby svým zákazníkům, a to tak, že budou mít holistický pohled na potřeby zákazníků.
- Výzvou pro výrobce je komercializovat vědeckou a technologickou inovaci do obchodovatelné kombinace produktů a služeb.

## **9 ZDROJOVÉ ŘÍZENÍ**

- Firmy potřebují vysoce kvalifikovanou organizaci zabývající se zadáním veřejných zakázek, která bude zapojena na příslušných úrovních hodnotového řetězce a bude využívat disciplinované, precizní procesy světové úrovně.
- Přístup řízení zdrojů se zaměřuje na kompletní externí dodavatelský řetězec výrobní společnosti - dodavatelé a subdodavatelé jsou proto součástí podnikové odpovědnosti.

## **10 ADITIVNÍ VÝROBA / 3D TISK**

- Aditivní výroba nebo 3D tisk vytvoří nové obchodní modely s efekty pro průmysl, firmy a společnost.
- Zvyšující se důležitost struktury hodnotového řetězce společnosti, která je úspěšná v "přerušovaném světě nového dodavatelského řetězce".



## Trend 1

### Továrna budoucnosti

Výrobní společnosti přizpůsobují stále více a více digitální technologii síti a transformují své výrobní procesy. "Továrna budoucnosti" může být široce definována jako budoucí pohled na vzájemně propojený výrobní hodnotový řetězec zahrnující informační a komunikační technologie (ICT) a automatizační technologie: software bude komplexně propojovat a spravovat distribuované tovární prostředky. Vestavěné datové kolektory ve zpracovatelských centrech budou propojeny s podnikovými systémy s různými funkcemi, což umožní obousměrnou výměnu dat v reálném čase a plnou kontrolu kvality výroby. V "továrně budoucnosti" bude přizpůsobení různých digitálních technologií také umožněno výměnu dat z výzkumu a vývoje (CAD, virtuální simulační nástroje, rapid prototyping) do továrního prostoru (automatizace/robotika, řídicí technologie, řízení životního cyklu (PLM), aditivní výroba) distribučním partnerům (analytické aplikace) a zpět, od dodavatelů k OEM zákazníkům a naopak.

"Dny, kdy se továrny odpojují od svých zákazníků, skončily. Nová technologie pozitivně naruší tok informací v "továrně budoucnosti". Názor zákazníků v reálném čase bude k dispozici pracovníkům dílny (a následným dodavatelům) a cyklus návrhu produktu se bude muset změnit, aby reagoval v reálném čase na zákazníky. Paleta dovedností pracovníků továrny se bude muset změnit."

**Dale Williams**

Partner

#### Spouštěče

- Očekávání významného zvýšení efektivity, bezpečnosti a udržitelnosti zdrojů ve výrobě a logistice.
- Optimalizovaná spotřeba zdrojů pomocí energeticky a materiálově efektivních procesů a strojů.
- Zvyšující se náklady na pracovní sílu (například Čína) vedou k širšímu procesu automatizace.
- Snížení návrhových chyb a "času na uvedení na trh"; optimalizace výrobních procesů pomocí modelování digitálních továren.
- Flexibilní stroje a nástroje (přizpůsobivost/přestavitelnost), které zároveň zajistí snadnou udržitelnost procesu.
- Zvyšující se výkonnost ICT a sofistikovanější analytický software umožňují analýzu výkonů v reálném čase.
- Trvalá a stabilní kvalita produktu díky vyšší robustnosti a přesnosti procesu.

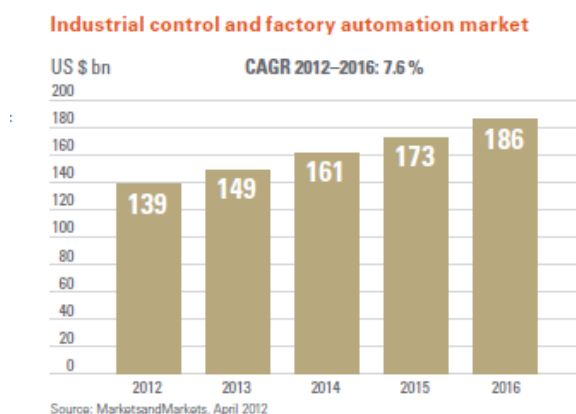
#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Rychlá technologická inovace, efektivita nákladů a požadavky zákazníků přimějí mnoho výrobců k tomu, aby řídili náklady na životní cyklus výrobku, zvýšili variabilitu produktu a nepřetržitě měnili objemy výroby.
- Inteligentní výroba s využitím ICT může vyžadovat speciální konstrukci produktu: nové výrobní technologie mohou vyžadovat nové materiály.



- Aditivní výroba nahrazuje redukční/subtraktivní procesy (CNC obrábění jako je řezání nebo vrtání nebo procesy primárního tvarování, jako je elektroformování, lití, slévárenské procesy a procesy práškové metalurgie).
- Zvyšování nákladů na implementaci, servis a údržbu IT systémů; zvyšování nákladů na vývoj softwaru pro speciální aplikace; nové požadavky na rozhraní člověk-stroj pro zvládnutí zvýšené složitosti systémů.
- Zvýšená potřeba zabezpečení interních-externích sítí.
- Automatizační a inženýrské společnosti musí přizpůsobit komponenty a softwarová řešení (rozhraní), aby podporovaly vzájemnou propojenost svých produktových portfolií.

### Průmyslové řízení a automatizace výroby



#### KPMG hledisko

Předpokládá se, že do roku 2015 poroste trh s průmyslovou automatizací na více než 200 miliard dolarů, a to v důsledku energetické účinnosti, pokročilých technologií a rozvíjejících se ekonomik. Očekává se, že poptávka po 3D technologii tisku na průmyslových trzích v blízké budoucnosti naroste. Významné investice nebo akvizice mohou být v blízké budoucnosti pozorovány v oblasti aditivní výroby.

Rostoucí poptávka po výkonných analytických motorech v reálném čase umožní firmám shromažďovat, ukládat a analyzovat data. Tento jev je známý jako Big Data. Společnosti budou konfrontovány s narůstajícími průmyslovými bezpečnostními riziky v oblasti IT, jakož i s nárůstem právních předpisů, předpisů a průmyslových standardů.

#### KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje společnost KPMG, zvážení následujících kroků:

- Provádění vhodných bezpečnostních opatření
- Vyhodnocení bezpečnosti zařízení a návrh vhodných řešení péče o systém
- Školení pracovníků výrobních závodů
- Silnější důraz na provoz, dostupnost a spolehlivost
- Vylepšená manipulace s velkým množstvím informací
- Implementace strategie pro rozvoj dovedností.



## Trend 2

### Near-shoring

Zdroje blíže koncovému trhu nebo "Near-shoring" se objevuje jako megatrend. Tento trend se týká přesunu obchodního fungování do země, která je bližší buď geograficky, časově, kulturním charakteristikám a empatií, kvalitou práce nebo ekonomickou strukturou zemi domovské společnosti a funguje jako prostředek ke snižování nákladů a zlepšování služeb. Severní Amerika a východní Evropa jsou některé z klíčových regionů, které tuto změnu zažívají. Výrobci stále více přehodnocují své zámořské výrobní pozice, protože pobřežní výhoda pracovní arbitráže klesá. A rostoucí počet výrobců si uvědomuje, že fyzické umístění dodávek a výrobních operací může mít významný dopad na celkovou konkurenceschopnost. Blízká ochrana nabízí příležitost udržet si vysokou úroveň kontroly a současně snižovat náklady na podnikání.

"Řízení rizik dodávek je i nadále klíčovým problémem u výrobních společností na úrovni správní rady. Mnoho z nich již využívá Near-shoring jako strategii pro zvládnutí aspektů tohoto rizika. Podle našich zkušeností má však velmi málo společností plně integrovaný proces řízení rizik dodavatelského řetězce, který se zabývá všemi prvky rizika: selhání dodavatele; kontinuita nabídky; riziko protistrany a regulační riziko."

**Andrew Williams**

Partner

#### Spouštěče

- Výrobní společnosti hledají outsourcing back office služeb, aby se zaměřily na základní operace.
- Rizika související s řízením dodavatelského řetězce se zvyšují v zemích s nízkými náklady.
- Mzdové sazby práce v pobřežních lokalitách v rozvíjejících se ekonomikách, jako je Čína, Indonésie, Thajsko a Malajsie, rostou, protože pracovníci požadují vyšší mzdy.
- Náklady na přepravu zboží po celém světě rostou kvůli vyšším cenám pohonných hmot.
- Východní Evropa se objevila jako místo pro Near-shoring operace, podporované příznivými faktory, jako je vysoce kvalifikovaný talent, zvláště technický talent a těsná blízkost koncových trhů, jako je Spojené království. Jiné faktory zahrnují kulturní podobnosti, časové pásmo a silné zákony na ochranu údajů.
- Daňové pobídky obvykle nejsou hlavním hnacím motorem tohoto rozhodnutí, mohly by však vyvážit rovnováhu, neboť vyšší daně mohou zemi učinit méně atraktivní.

#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Rostoucí náklady na energii mají vliv na dodavatelský řetězec výrobců působících v zemích s nízkými náklady.
- Některé světové automobilové, strojírenské a průmyslové výrobky začaly přesouvat výrobu zpět do Ameriky.
- Některé společnosti působí nebo expandují ve východoevropských zemích, jako je Maďarsko a Polsko, a využívají tak faktorů, jako je robustní podnikatelské prostředí, kvalifikovaný talent a konektivita s koncovými trhy.



- Atraktivní poměr nákladů a kvality a další rozvoj dodavatelského řetězce povzbuzují výrobní společnosti, aby expandovaly na nebo využívaly Near-shoring.
- Některá pobřežní místa mohou být omezena pomalou byrokracií a regulačními překážkami nebo omezenými velikostmi jejich pracovních skupin. Pracovníci nemají vždy stejný jazyk, kulturní hodnoty nebo dokonce stejné časové pásmo.

### KPMG celosvětový průzkum výroby

Odpovědi týkající se dopadu přibližování na dodavatelský řetězec pro následující charakteristiky (v procentech)



### KPMG hledisko

Podle globální výrobní perspektivy společnosti KPMG v roce 2013 se více než třetina (37 %) evropských výrobních společností zaměřuje více na rizika, spolehlivost a flexibilitu ve svém dodavatelském řetězci - což je i nadále jedním z největších problémů. Kromě toho méně než polovina (46 %) věří, že trend v oblasti přibližování se bude ve výrobním sektoru během následujících 12 až 24 měsíců stoupat.

Očekává se, že východoevropský region bude v blízké budoucnosti svědkem významných výrobních investic. Nedávné události, jako jsou přírodní katastrofy a vyšší mzdové nároky na Dálném východě, by měly změnit dynamiku zdrojů.

### KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Efektivní systémy správy a řízení společností se systémy vnitřní kontroly a řízení podnikových zdrojů
  - Průběžná analýza a sledování výrobních zařízení, umístění, kvalita dodávek a spolehlivost, jakož i rizika zdrojů
  - Pravidelné sledování měření
- Strategie vazby a sdružování produktů (-design) a nákup/nákup
- Zvýšení organizační flexibility
- Identifikovat případné porušení sankcí ("Dodd Frank Act").

## Trend 3

### Zasílání poptávek na východ

Celosvětový výrobní sektor prochází změnou, neboť začíná být pozorován velký posun poptávky. Zrychlený posun sil ze západu na východ posunul motor pro růst světové ekonomiky z rozvinutých zemí do rozvíjejících se zemí. Velká a rostoucí populace, rostoucí spotřebitelská společnost střední třídy a zvýšená urbanizace povede k poptávce v Asii. Velké zavedené asijské ekonomiky (např. Čína, Indie) a nové nadcházející trhy (např. Indonésie, Vietnam atd.) globálně rostou. Během posledních několika let se podíl těchto ekonomik v globálním "hrubém domácím produktu" (HDP) rychle zvyšuje, zatímco vyspělé trhy jako USA a Evropa jsou i nadále svědky pomalejšího oživení.

„Noví zákazníci často potřebují velmi odlišné produkty, aby uspokojili své potřeby, s různými funkcemi a cenovými rozpětím, čímž nutí výrobce nabízet širší nabídku výrobků a služeb. To také povede k růstu jak výroby, tak výzkumu v Asii.“

**Andrew Williams**

Partner

#### Spouštěče

- Klíčovými hnacími silami posunu poptávky na východ jsou ekonomický růst, demografie a rostoucí příjmy na rozvíjejících se trzích, zejména v Asii. Dalšími hlavními faktory tohoto trendu jsou:
  - Lokalizace produktů pro řešení místních středních trhů
  - Blízkost poptávky a regionálních surovin/zdrojů
  - Velký rozsah operací a flexibilita
  - Diligence a průmyslové dovednosti pracovníků
  - Lepší "čas uvedení na trh" a snížení nákladů na logistiku.
- Asijské ekonomiky se staly hlavním zdrojem destinací pro globální společnosti.
- Růst zaměstnatelného obyvatelstva a zvýšení investic v regionu.
- Národní/regionální regulační účinky (bezpečnostní standardy atd.) a dohody o volném obchodu.
- V rámci samotné Asie může být zaznamenána změna, rostoucí mzdy a vyšší náklady v Číně zavádějí výrobci v důsledku toho, že se v jihovýchodní Asii uvažuje o dalších lokalitách.
- Země ASEAN jako Kambodža, Laos, Thajsko a Vietnam poskytují dynamický talentový fond s vysoce vzdělanými a mladými lidmi, stejně jako nižší mzdové náklady.

#### Dopad a důsledky pro společnosti

- Silnější zaměření na místní výzkumné a vývojové centrum, výrobní a montážní zařízení, regionální dodavatelské řetězce a přizpůsobení výrobků potřebám místních trhů.
- Intenzivní průmysl se zaměřuje na země jihovýchodní Asie, jako je Indonésie a Filipíny, které mají stabilní vlády a politiky podporující investory.



- Automobilové společnosti rozšiřují svoji přítomnost v Číně, aby mohli těžit z rostoucí poptávky a vyvažovat slabé stránky evropského automobilového trhu. (Strojní zařízení) dodavatelé musí dodržovat.
- Výrobní společnosti, které investují do zemí jako Indonésie, využívají výrobních nákladů, které jsou o 40 procent nižší než výrobní náklady v Číně.
- Někteří špičkoví vedoucí pracovníci globálních výrobních společností se nedávno přestěhovali do oblastí jako Hongkong a Singapur, aby lépe porozuměli a sloužili růstovým trhům, jako je Čína a jihovýchodní Asie.

### **Přitažlivost zemí / klíčové iniciativy**

**Vietnam:** Nízké náklady na majetek a práce, mladá populace. Zaměřte se na větší kapacitu letišť a vyvinete nové hlubinné přístavy.

**Indonésie:** Politická a měnová stabilita činí tuto zemi atraktivním místem pro expanzi.

**Čína:** Čína investuje silně do vnitrozemských přístavů a dalších infrastrukturních projektů, aby usnadnila snadnější převoz zboží z vnitrozemí pro vývoz.

### **KPMG hledisko**

V důsledku rostoucích výrobních nákladů v Číně se mnoho výrobců přesouvá do levnějších zemí v jihovýchodní Asii. To může znamenat konec Číny jako nejoblíbenější výrobního místa v příštích pěti až deseti letech.

Očekává se, že země jihovýchodní Asie v blízké budoucnosti předstihnou Čínu, a to v důsledku nižších nákladů na pracovní sílu, příznivé demografie a liberalizace ekonomik v těchto zemích.

Výrobci v USA a Evropě vzali na vědomí růstový potenciál zemí jihovýchodní Asie a zaměřují se spíše na zajištění stabilní poptávky v regionu než na vyvážet do jiných rozvinutých zemí.

### **KPMG doporučení**

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Vypracování holistické strategie pro Asii
- Sladění portfolia produktů a služeb tak, aby splňovaly místní požadavky a maximalizovaly výnosy
- Lokalizace výzkumu a vývoje a výroby pro operační zajištění, jakož i snížení nákladů na výrobek
- Vypracování dostatečné lokální strategie a výběru lokalit zejména pro oblast jihovýchodní Asie
- Pečlivé zvážení otázek duševního vlastnictví (IP)
- Výběr vhodného vstupního režimu s ohledem na strategii a schopnosti.



## Trend 4

### Zakládání klastrů

Zakládání klastrů souvisí s regionální koncentrací vzájemně propojených společností působících po celém hodnotovém řetězci, včetně výrobců, poskytovatelů služeb, dodavatelů, klíčových zákazníků, výzkumných ústavů, univerzit a obchodních sdružení. Tyto podnikové klastry jsou často založeny v určité zeměpisné oblasti a mají prospěch z fyzické blízkosti, klíčových kompetencí, kvalifikované pracovní síly a specialistů, základny činností, specializované (fyzické a znalostní) infrastruktury a průmyslové organizace. Geografická koncentrace klastru poskytuje jedinečné prostředí pro urychlení technologických inovací, stimulování nových začínajících firem a přilákání investic. Kritický masový efekt často přitahuje další společnosti, investory, služby a dodavatele a také vytváří skupinu kvalifikované pracovní síly a zvyšuje inovace prostřednictvím výměny názorů.

“Když se obchodní partneři nacházejí blízko sebe, je pro společnosti snazší výměna informací, sdělování a sdílení vstupů a/nebo výstupů a dosažení vzájemného prospěchu (společný rozvoj, aliance, společné podniky atd.). Čím více spojení a sítě se rozšiřuje mezi podniky, tím více inovativní a efektivní se stávají.”

**Paul Crayford**

Senior Manager

#### Spouštěče

- Klíčovými faktory, které vedou k ekonomické aktivitě kolem klastrů v určité oblasti, jsou:
  - Účinnost: zlepšené provozní náklady včetně nákladů na logistiku
  - Produktivita: sdílené zdroje, znalosti a infrastruktura
  - Flexibilita: vysoká mobilita pracovních a jiných zdrojů
  - inovace: spill-over znalosti, vynálezy a spolupráce.
- Společnosti získávají konkurenční výhody v důsledku specializované, inovativní a efektivní dodavatelské základny.
- Nízké obchodní náklady a příznivá úroveň daně z příjmů právnických osob, které podněcují výrobce v hodnotovém řetězci, aby vytvořili základnu v konkrétním regionu (zejména na rozvíjejících se trzích).
- Klastry jsou založeny v těsné blízkosti inženýrských vysokých škol, univerzit a center výzkumu a vývoje, protože to pomáhá firmám získat přístup k novým myšlenkám a dobře vzdělané pracovní síle.

#### Dopad a důsledky pro společnosti

- Klíčovými výhodami společností, které působí v průmyslových klastrech po celém světě, jsou:
  - agilní dodavatelské řetězce a snížené provozní náklady
  - schopnost rychle řešit nedostatky v produktech nebo službách.
- Zapojení akademických institucí pomáhá firmám zlepšit kvalitu, řešit technické a návrhové problémy. Na oplátku poskytují společnosti univerzitám přístup k vybavení a datům, praxi a pracovním příležitostem.



- Náklady na nemovitosti jsou vyšší v rámci těchto zavedených klastrů a stávají se méně konkurenčními, protože dosahují maximální kapacity.
- Stávající klastry jsou napadány novými lokalitami s různými výhodami, jako je preferenční přístup k surovinám, prosperující prodejní trhy, moderní zařízení s cílem lépe využívat úspory z rozsahu, budoucí rozšíření a/nebo agresivní vládní podporu.

### Strategie klastrů: klíčové kroky pro společnosti

#### Cluster strategy: Key steps for companies



Source: 2014 KPMG in Germany

### KPMG hledisko

Očekává se, že klastry se stanou klíčovou součástí posílení zpracovatelského průmyslu v blízké budoucnosti, zejména proto, že společnosti se vzdalují od vertikální integrace a stále více využívají funkce a fáze výroby.

Školení, výzkum a vývoj a podpůrné služby se stanou klíčovými oblastmi, kde se klastry budou snažit o další rozšiřování svých služeb.

Pokrokové výrobní klastry se nyní vyvíjejí s cílem přilákat výrobce v důsledku těsnější blízkosti zákazníků, silné infrastruktury, příznivého podnikatelského prostředí, konkurenceschopné struktury nákladů a zlepšených lidských sítí.

### KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje společnost KPMG zvážení následujících kroků:

- Vypracování globální strategie stop
- Zachycení výhod globálních kompetencí a různých struktur nákladů
- Výběr míst a potenciálních klastrů založených na faktických rozhodnutích a dlouhodobých scénářích



## Trend 5

### Energetická/zdrojová efektivita

Mnohé výrobní firmy na celém světě se spoléhají na efektivitu svých výrobních procesů, aby zůstaly konkurenceschopné na trhu. Společnosti aktivně zkoumají, testují a zavádějí nové zdroje energie, materiály, technologie zpracování a logistické strategie, aby se staly energeticky účinnějšími a zároveň snížily svou uhlíkovou stopu a náklady na materiály. Výrobci neustále hledají způsoby, jak potlačit účinky rostoucí poptávky a drasticky rostoucí konkurence v oblasti energetiky a surovin. S neustálým postupným zlepšováním a rozsáhlými investicemi společnosti také snižují dopad na životní prostředí tak, aby splňovaly zákonné požadavky. Zavedení technologií a procesů šetřících energii a optimalizovaného vztahu mezi vstupem zdrojů a produktem by mělo umožnit účinnost a udržitelnost v každé fázi životního cyklu výrobku, od výroby po provoz až po recyklaci.

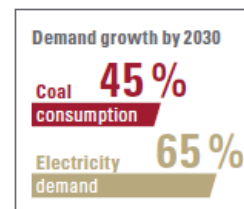
"Ceny zboží, řízení spotřeby energie a logistiky jsou pro výrobce důležité již dnes. Tyto faktory se v budoucnu stanou ještě důležitější vzhledem k výzvám energetického trhu na celém světě a nejistotám ohledně dodávek energie a očekáváním zákazníků, které s tím souvisejí."

**Karen Wordsworth**

Director

#### Spouštěče

- Energetická a zdrojová efektivita výroby získává na úležitosti, a je motivována faktory, jako je globální oteplování, nedostatek zdrojů, volatilní ceny energie a přísnější právní předpisy.
- Ceny energií budou nadále růst kvůli vyšší poptávce, očekává se, že obnovitelné zdroje se budou rovnoměrně rozvíjet. V roce 2030 může obnovitelná energie představovat více než 50 procent celosvětové instalované výrobní kapacity.
- Náklady na dopravu a pohonné hmoty, jakož i náklady spojené s komplexními logistickými procesy se stále zvyšují.
- Přírodní zdroje a kritické suroviny se stávají vzácnými a dražšími.
- Snížení nákladů spojených s emisemi (vzduch, voda, hluk atd.).
- Vzrůstající obavy zákazníků a stále náročnější právní předpisy na celém světě.



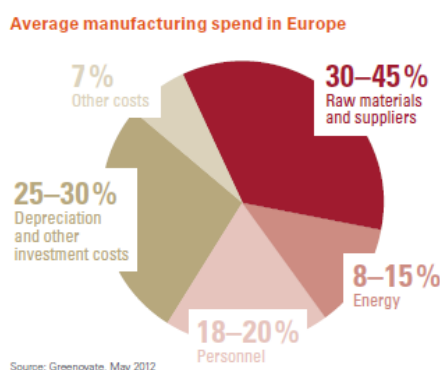
#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Pro zvládnutí průmyslové spotřeby energie, snížení nákladů a poskytování vysoce kvalitních produktů se společnosti zaměřují na:
  - Revize/zdokonalení mechanického návrhu (návrh výrobku, výroba a zpracování)
  - Integrace virtuálních prototypů, 3D simulace a analýzy
  - Výměna zastaralých/end-of-life komponent (motory, čerpadla, ložiska atd.), integrace ovládacích prvků a regulačních prvků.



- Potřeba inteligentních přístupů údržby, které zvyšují životnost a energetickou účinnost výrobního zařízení.
- Průmyslové společnosti začaly sledovat spotřebu energie prostřednictvím začlenění inteligentních měření, jako je monitorování a analýza dat, do svých výrobních procesů.
- Státní dotace: v USA (např. v programu EECBG) získalo granty několik společností, jejichž cílem je zvýšit energetickou efektivitu moderních výrobních technologií.
- Ve Velké Británii se výrobci zabývají vestavěnou generací jako prostředkem ke snížení nákladů, snížení emisí uhlíku a zajištění bezpečnosti dodávek.

### Průměrné výdaje na výrobu v Evropě

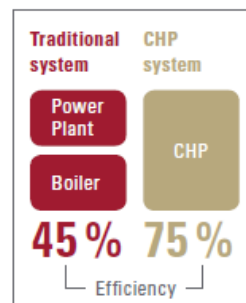


### KPMG hledisko

Vzhledem k tomu, že společnosti začnou integrovat smart technologie do svých výrobních procesů, očekává se snížení energetické náročnosti ve střednědobém až dlouhodobém horizontu.

Předpokládá se, že digitální výroba a specifitěji aditivní výrobní technologie, jako je 3D tisk, budou hrát klíčovou roli při minimalizaci využití materiálů a energie a ke snížení odpadu.

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny (CHP) má například potenciál poskytovat výrobním odvětvím čisté, spolehlivé a nákladově efektivní energetické služby. Může pomoci snížit náklady na energii, snížit riziko přerušení elektrické sítě a pomoci zlepšit konkurenceschopnost výrobních firem.



### KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Zkoumat výrobní procesy a potenciál pro úspory a definovat opatření pro efektivní využívání energie a nákladů.
- Přeměnit strategické plány na ambiciózní cíle a akce zaměřené na efektivitu využívání energie a zdrojů, udržitelné řízení dodavatelského řetězce, inovace a přístup na nové trhy pro ekologičtější výroby a služby.
- Prozkoumat daňové pobídky přizpůsobené alternativním zdrojům energie, energetické účinnosti a dalším oblastem souvisejícím s udržitelností.



## Trend 6

### Talentová výzva

Celosvětová výrobní oblast se nadále vyvíjí, a to v důsledku faktorů, jako je globalizace, technologický pokrok a demografické změny. Tyto faktory zase vedou k poptávce po vyšších dovednostech ve výrobním sektoru. Obě zralé i rozvíjející se ekonomiky čelí nedostatku talentů. Na vyspělých trzích se firmy snaží plnit výrobní pracovní úkoly pomocí unikátních talentů. Avšak na rozvíjejících se trzích je dostupnost široce kvalifikovaného talentového týmu nízká. Know-how je konkurenční výhoda a inovace je hnací silou růstu. Nedostatek vysoce kvalifikované a pružné pracovní síly ovlivňuje konkurenceschopnost výrobních firem a brání jim v zavádění inovací.

"Přilákání a udržení vhodně kvalifikovaných a motivovaných zaměstnanců zůstává pro výrobní společnosti nejdůležitějším problémem. Mnozí se obávají, že nedostatek pracovních sil zpomalí dlouhodobý růst podnikání."

**Mark Williamson**

Partner

#### Spouštěče

- Management talentů se stává klíčovým strategickým imperativem.
- Nové požadavky na talenty v důsledku globalizace, vstup na nové trhy, nestálé tržní podmínky a rozšířené využívání stále sofistikovanějších a rychle se měnících technologií.
- Výrobci po celém světě obtížně hledají zdroje vysoce kvalifikovaných talentů, jako jsou technici, inženýři nebo programátoři.
- Demografické trendy, jako je stárnutí pracovní síly a nízká porodnost v zemích jako USA, Čína a Japonsko, vedly k nedostatku talentů na těchto trzích.
- Pracující v asijských zemích, zejména v Číně, požadují vyšší mzdy.
- Mnoho výrobních firem omezilo nebo vyloučilo tradiční učňovský model, tzn. neposkytuje školení zaměřené na konkrétní zaměstnání, které ušetří náklady na školení, což vede k nedostatku kvalifikované výrobní pracovní síly a v důsledku k neuspokojení poptávky po vysoce kvalifikovaných pracovních místech.

#### Dopady a důsledky pro společnosti

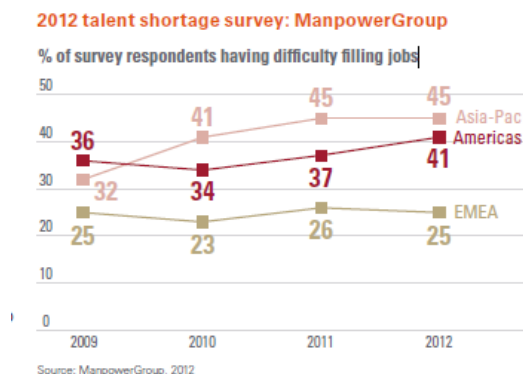
- Poptávka po mechanících, nástrojařích a programátorech strojů stoupá. Nedostatek vysoce kvalifikované pracovní síly přiměje výrobce k dalšímu internacionalizaci své strategie v oblasti lidských zdrojů a spoléhá na zahraniční pracovníky, aby tyto nedostatky v technických dovednostech vyplnili.
- Stálý růst mezd pro kvalifikované pracovníky, zejména pro "vzácné" specialisty, přispěje k ekonomickým tlakům.
- Nárůst nákladů na pracovní sílu v Číně a dalších zemích jihovýchodní Asie podněcuje globální výrobce, aby zvážili přiblížení svých operací blíže ke koncovým trhům.



- Výrobní společnosti na vyspělých trzích aktivně spolupracují s místními komunitami a univerzitami, aby zahájily specializované certifikační programy. Rovněž zavádějí iniciativy, jako jsou programy urychlené odborné přípravy.
- Společnosti musí rozvíjet nové modely angažovanosti, které zohledňují generační rozdíly (posun v hodnotách, rovnováha mezi pracovním a soukromým životem, nepeněžní odměna, dovolená apod.).

## 2012 průzkum nedostatku talentů: ManpowerGroup

% dotazovaných respondentů, kteří mají potíže s plněním pracovních míst



## KPMG hledisko

V současné době je nedostatek talentů MINT (matematika, informatika, přírodní vědy a inženýrství). To by mohlo mít negativní dopad na budoucnost výroby, protože dosažení efektivity ve výrobních procesech prostřednictvím strojírenství se stává kritickým faktorem.

Význam firemní značky se zvyšuje pro:

- Rozvoj a komunikace firemních hodnot (jak interně tak i externě)
- Zlepšení loajality a identifikace s firmou pro stávající zaměstnance a atraktivnost pro budoucí zaměstnance.

Přizpůsobení procesů a nástrojů v oblasti lidských zdrojů může být nezbytná k zajištění toho, aby zaměstnanci splnili slib. Společnosti musí upřesnit své programy pro řízení talentů, aby zohlednily nové trendy v rámci plánování kapacity a poptávky.

## KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Rozvíjet efektivní a efektivní řízení lidských zdrojů, klíčový faktor úspěchu prosperujících a konkurenceschopných firem
- Provádět management talentů v rámci celého životního cyklu
- Vytvořit prostor pro rozvoj talentů, program pro jejich udržení a budovat místní management
- Identifikovat existující nástroje infrastruktury pro správu dat o talentu a kultuře a řízení, které podporují a umožňují kariérní pohyby a vysílání pracovníků.



## Trend 7

### Nanotechnologie/Nanovýroba

Nanotechnologie je definována jako kombinace materiálové vědy a technologie pro manipulaci se strukturou hmoty na molekulární úrovni. Nanovýroba je výroba materiálů a dílů buď z "zdola nahoru" z nano materiálů nebo "shora dolů" v nano krocích pro vysokou přesnost. Nanotechnologie i nanovýroba poskytují nové možnosti a produkty průmyslovým odvětvím, jako je automobilový průmysl, letecký průmysl, elektronika, energetika, chemie, biomedicína a zdraví. Pokroky v nanovýrobě pomáhají vytvářet nové trhy pro nanočástice, nanostruktury a nanotechnologie. Vědci a inženýři budou vyvíjet materiály na úrovni nanometrů, aby využily vylepšených vlastností, jako je nižší váha, vyšší síla, zvýšená kontrola světelného spektra a větší chemická reaktivita než jejich větší protějšky. Klíčovým poznatkem o nanotechnologiích je, že mohou nabídnout nejen lepší produkty, ale také výrazně zlepšený výrobní proces.

"Nanotechnologie představuje odvětví založené na výzkumu se značnými výzvami a příležitostmi v oblasti řízení rizik. K těmto tématům patří relativně neznámé vystavení životního prostředí, zdraví a bezpečnostivyplyvající z nanomateriálů během jejich životního cyklu. "

#### Andreas Bartels

Director

Transactions & Restructuring

#### Spouštěče

- Zvýšené zaměření na energetickou efektivitu, čistší prostředí a zlepšení potřebná ve výrobních procesech jsou hnacími faktory pro širší přijetí nanotechnologie.
  - Používání uhlíkových nanotrubic pro úsporu energie
  - Nanotech snímače pro měření toku elektřiny
  - Používání nanokompozitů ve větrných elektrárnách a solárních článcích pro vyšší výkon.
- Poptávka po účinných, lehčích a nákladově efektivnějších produktech vzrůstá. V leteckém sektoru přetrvává touha po vývoji lehčích letadel, poptávka po pokročilých materiálech, jako jsou kompozitní materiály.
- Poptávka po nástrojích, které mohou pracovat na atomové úrovni.
- Získání vyšší hodnoty z tuhých zdrojů prací v menším měřítku.
- Vytváření dalších funkcí v rámci produktu – například schopnost čištění nebo opravy nebo dokonce změna tvaru a formy.

#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Nanotechnologie a nanomateriály jsou stále častěji využívány v moderních energetických úložištích a projektech ochrany, neboť pomáhají výrobcům dosáhnout vyšší energetické účinnosti při výrobě i při použití.
- Dodavatelé řešení nanotechnologií spolupracují s firmami, vysokými školami a institucemi na vývoji technologií, které jsou energeticky efektivnější.



- Nové materiály, jako jsou nanokompozity, se již používají v automobilovém průmyslu a pomáhají dosáhnout 10 až 15 procent zlepšení hmotnosti a síly s příslibem 20 až 25 procent.
- Nanotechnologie mají rovněž potenciál významně přispět k řešení problémů spojených se stárnutím civilních, vojenských, letadlových a rotorových lodí.

### Nanotechnologie: transformace výroby

#### Nanotechnology: Transforming manufacturing

| Areas of impact                                                           | Impacted industries                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Materials</b> (graphene, nanocomposites)                               | Aerospace and Defense, transportation                                 |
| <b>Coatings</b> (nanocoatings)                                            | Automotive, Defense, construction                                     |
| <b>Energy collection and storage</b> (nanoparticles)                      | Solar panels                                                          |
| <b>Lighting</b> (quantum dot – nanoparticles)                             | LED lighting                                                          |
| <b>Manufacturing processes</b> (self-assembly – branch of nanotechnology) | Computer chips, potential benefits for alternate energy and medicine. |

### KPMG hledisko

Očekává se, že nanotechnologie budou mít v blízké budoucnosti zásadní dopad na udržitelnost. Očekává se, že nejvíce postižená odvětví budou v oblasti dopravy (efektivní a lehčí materiály pro automobily a letadla vyžadující méně paliva) a v jiných oblastech, jako je osvětlení, fotovoltaika a uchovávání energie. Předpokládá se, že technologie výroby uhlíkových nanotrubiček bude životaschopnější, neboť významný pokrok pomůže kontrolovat čistotu a strukturu a snížit náklady.

Předpokládá se, že automatizace nanotechnologie se stane dalším velmi důležitým oborem činnosti v této oblasti. Společnosti a instituce vytvářejí nanotechnologické programy a budou vyžadovat vylepšené nástroje a zařízení navržené speciálně pro procesy nanovýroby.

### KPMG doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Posouzení možných právních důsledků. Rostoucí požadavky legislativních a dozorčích orgánů poskytují rámec pro průběžné sladění pokynů, které společnost musí bezpodmínečně přijmout.
- Zavedení standardů pro analýzu rizik a bezpečnostních norem v oblasti nanotechnologií.
- Průběžné výsledky výzkumu v oblasti ochrany životního prostředí, zdraví a bezpečnosti (EHS).
- Vývoj a implementace vlastního hodnocení rizik.





## Trend 8

### Obchodní modely založené na službách

Řada společností působících na rozvinutých trzích reaguje na výzvu rozšíření nebo přesunutí své původní základní kompetence posunutím svého obchodního modelu, aby se zvýšila jejich návratnost. Tyto společnosti rozšiřují svou roli v hodnotovém řetězci a nabízejí pokročilé služby nebo kompletní řešení, která jsou úzce propojena s produkty výrobce. Vytvářejí vlastní na produktově zaměřený obchodní model jako model zaměřený na klienta. Proto musí hledat kompetence a řešení, které vyhovují životnímu cyklu produktů konkrétních klientů. Aby bylo možné dodat řešení a služby šité na míru, usilují výrobci o užší spolupráci se zákazníky. Aby se více přiblížili zákazníkovi, přebírají kontrolu nad činnostmi v odběrovém dodavatelském řetězci, které jsou jinak prováděny přímo zákazníky nebo třetími stranami.

"Poznatky o potřebách a chování vašich zákazníků budou nejdůležitějším faktorem vedoucím k úspěchu při určování nabídky na trhu a potřebných schopností."

**Nathan Beaver**

Director

#### Spouštěče

- Saturace a nedostatek diferenciací ve vyspělých ekonomikách vedou k rozvoji nových služeb a řešení.
- Klíčovými hybnými silami pro "obchodní modely založené na službách" jsou rostoucí globální konkurence, rostoucí cenový tlak a nové příležitosti růstu.
- Zákazníci vyžadující větší přidanou hodnotu od svých dodavatelů (smluvní dodavatelé). Výrobci nabízejí více služeb orientovaných na zákazníka, aby zlepšili produkci základních produktů.
- Zvýšení úrovně diferenciací a konkurenční výhody pro výrobce.
- Výrobci v prostředí s nízkým růstem očekávají, že vývoj nových nabídek služeb bude mít nižší rizika a náklady než vývoj nových produktů nebo trhů.
- Efekt uzamčení: Pro prodej původních zařízení za dobrou cenu, realizujte joprofit na náhradních dílech a zásobách. Strategie „uzavírání“ zákazníků do delšího uspořádání a zároveň snižování příležitostí pro konkurenty.
- V některých případech mohou "obchodní modely založené na službách" pomáhat společnostem snižovat náklady a zvyšovat efektivitu tím, že snižují náklady na dopravu a zkracují dobu jejich obrátu.

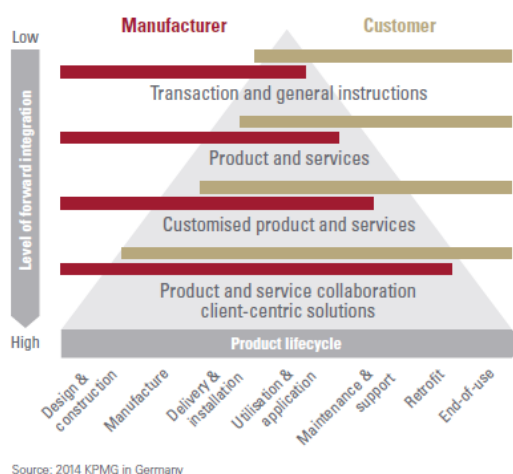
#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Řízení organizačních změn, ke kterým u výrobce dochází při užití na klienta zaměřeného modelu.
- Společnosti musí investovat více peněz a rozvíjet odborné znalosti ve více než jedné obchodní funkci.
- Zvyšování vnějších očekávání při plnění smluvních povinností vůči zákazníkům, spolu s rostoucími vnitřními specifikacemi, které by měly být co nejrovnoměrnější.
- Řízení nových nákladových struktur, aby se zajistilo, že náklady spojené s touto změnou nebudou v rozporu s jinými odvětvími podnikání.



- Řízení a realizace víceletých partnerství. Identifikace, řízení, zmírňování a řízení nových rizik a expozic.
- Řízení změn firemní kultury a filozofie společnosti (kultura orientovaná na zákazníka).
- Konzistentní využívání znalostí zákazníků (požadavky a potřeby).
- Transformace prodejních sil z produktově zaměřeného modelu a konzultační prodejní přístup.

### Provozně řízené obchodní modely



### KPMG hledisko

Síla generující příjmy z prodeje smlouvy o poskytování služeb na začátku životního cyklu výrobku může zvýšit nové sazby služeb o přibližně 25 procent tím, že budoucnu nebude nutný nákup podpůrných služeb. Podle KPMG Global Manufacturing Outlook 2013 téměř 50 procent respondentů očekává významné změny svého podnikatelského modelu během následujících 12 až 24 měsíců. Ujednání s přidanou hodnotou, jako jsou služby údržby a nové/vylepšené služby zákazníkům, byly nejčastěji zmíněny.

Výzvou pro výrobce je uvádět vědecké a technologické inovace na trh v kombinaci s tržním výrobkem a službami. "Výrobci by měli najít způsob, jak prodat své služby zákazníkům tím, že přijmou holistický pohled na potřeby zákazníků."

### KPMG Doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Transformovat prodejní přístup k řešení a konzultačnímu prodeji.
- Rozvíjet nové obchodní modely založené na službách a vytvářet kulturu služeb.
- Vybudujte komplexní schopnosti zákaznických zpravodajských služeb, abyste neustále inovovali služby zákazníkům.
- Vyvinout standardizované a efektivní procesy pro spuštění a komercializaci nových nabídek služeb.



## Trend 9

### Sourcing Governance (Řízení zdrojů)

Tradiční dodržování předpisů se zaměřuje na vnitřní správu a řízení firem, avšak tangenciálně se stále více a více přidaných hodnot odehrává mimo firmu. Řízení zdrojů je na zodpovědnosti managementu a kontroly externího řetězce hodnot firmy. Je určena k dosažení vedoucího postavení hodnotové sítě společnosti s cílem minimalizovat možná rizika. Risk management výrobce má za úkol chránit konkurenční prostředí a zaručit bezpečnost dodávek. Zahrnuje identifikaci a kontrolu rizik z hlediska dodavatelů, komoditních skupin a regionů na globálních trzích. Přístup řízení zdrojů se zaměřuje na celý externí dodavatelský řetězec společnosti – dodavatelé a subdodavatelé jsou tedy součástí odpovědnosti firem. Tento přístup poskytuje globální kontrolní matici pro udržitelné řízení dodavatelského řetězce.

"Řízení zdrojů zajišťuje sjednocení nákupních aktivit v rámci strategie společnosti. Viditelnost vícevrstvého dodavatelského řetězce bude pro budoucnost vrcholem."

**Jason Smith**

Partner

#### Spouštěče

- Zvyšující se množství dílů a komponent od dodavatelů (dodavatelů dílů) je důsledkem snižování vertikální integrace a snížení produkční hloubky.
- Potřeba udržitelného snižování nákladů, optimalizace pracovního kapitálu nebo zajištění bezpečnosti dodávek v době rostoucího nedostatku, kolísání cen a geopoliticky nestabilních trhů se surovinami.
- Rostoucí dopad otázek udržitelnosti a rizik v rámci dodavatelského řetězce, rostoucí požadavky na udržitelnost a nové místní nebo mezinárodní normy.
- Zvyšování dostupnosti informací a znalostí odvětví (znalosti o průmyslu, konkurentech, dodavatelích, technologiích, materiálech atd.).
- Změny v hodnotovém řetězci (nový poskytovatel/dodavatel služeb, nové materiály/náhražky, nové výrobní metody a technologie zpracování atd.).
- Rozvoj mezinárodních standardů, přesně definované rozhraní a jednotné metody.

#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Zaměření na řízení dodavatelského řetězce s cílem optimalizovat komplexní plánování v hodnotovém řetězci. Přemýšlení a jednání v dodavatelských řetězcích (outsourcing, module sourcing, průzkum inovací atd.).
- Všechny relevantní procesy zadávání zakázek musí být porovnány a optimalizovány na základě osvědčených postupů.
- Rozvoj celopodnikové jednotné transparentní základny pro komoditní skupiny, dodavatele a smlouvy.
- Vysoké náklady na specializované dovednosti.
- Zvýšení počtu strategických dodavatelů/partnerů zdůrazňuje potřebu efektivních struktur řízení zdrojů.



- Zúčastněné strany projektu outsourcingu musí identifikovat efektivní řízení jako základní požadavek na úspěšné uspořádání outsourcingu.
- Zvyšující se regulační rizika vyžadují odpovídající dodržování předpisů.

### Nákupní činnosti a strategie společnosti



### KPMG hledisko

Zadávání zakázek v mezinárodním prostředí vyžaduje systematickou angažovanost společnosti, nikoliv pouze místní přítomnost. Společnosti potřebují vysoce kvalifikovanou organizaci zabývající se odběrateli, která je zapojena na příslušných úrovních hodnotového řetězce a používá disciplinované a důsledné procesy světové úrovně.

Klíčovým faktorem úspěchu řízení zdrojů je efektivní pilotní kokpit, standardní kodex chování pro řízení zdrojů a průběžné monitorování rizik a dodržování předpisů. Zavedení nástrojů může pomoci zajistit dohled a transparentnost při řízení zdrojů.

### KPMG Doporučení

Vzhledem k těmto aspektům doporučuje KPMG zvážit následující kroky:

- Společnosti by měly považovat excelence dodavatelského řetězce za klíčovou kompetenci na všech úrovních v celé společnosti a uznat, že řízení dodavatelského řetězce je prováděno v mnoha oblastech, nejen v organizaci funkčního dodavatelského řetězce.
- Provádět nepřetržité sledování rizik a dodržování předpisů.
- Provádět hodnocení dodavatelů a jejich výběr.
- Provádět strategické školení a zajišťování kvalifikace zaměstnanců.



## Trend 10

### Aditivní výroba / 3D tisk

Aditivní výroba (3D tisk) je označení technologie vytváření trojrozměrného pevného objektu prakticky libovolného tvaru ze souboru v počítači. Tento výrobní postup využívá aditivní proces, při kterém jsou po sobě jdoucí vrstvy materiálu (například plast, kov, keramika) uloženy v různých tvarech. Části jsou sestaveny z velkého počtu velmi tenkých dvourozměrných průřezů (vrstev). Částice vrstvy jsou spojeny teplem nebo chemikáliemi. 3D tisk je považován za odlišný od tradičních obráběcích technik, které se primárně opírají o odebrání materiálu metodami jako je řezání nebo vrtání (subtraktivní procesy). Tento vrstvený výrobní proces se pohybuje od drahého nástroje pro rychlé prototypování až po rychlou výrobu pro širokou škálu průmyslových odvětví (např. letecký a obranný průmysl, automobilový průmysl, lékařská technika). Průmyslový a spotřebitelský 3D tisk se stane jednou z dalších revolucí v celém dodavatelském a hodnotovém řetězci.

"Aditivní výroba nebo 3D tisk může zásadně změnit celý hodnotový řetězec a povede k novému myšlení dodavatelského řetězce. Budeme řídit nové myšlení a zásadně zpochybňovat některé způsoby, jakými jsme do této chvíle vyráběli. Bude mít významný dopad na výrobu s malým objemem a vize 3D tiskárny v domě může vytvořit přímou vazbu na konečného zákazníka s odstraněním logistiky. Objednávka může být provedena a "konečný produkt" jako 3D datový soubor může být odeslán "přes drát", aby byl "vyroben" u koncového zákazníka. S nyní prokázanou schopností "vytisknout" vysoce kvalitní statické a dynamické součásti, zaměření lidí, kteří se podílejí na výrobě aditiva, bude získávat vysoce kvalifikované pracovní síly v oblasti počítačového programování."

**Dave Hull**

Senior Manager

#### Spouštěče

- Výzvou je zrychlit "čas uvedení na trh" a zkrátit dobu dodávek a vstup materiálu.
- Jedinečnost, výroby na míru, malé velikosti šarží a regionální dostupnost jsou určitě velkým přínosem nové technologie.
- Nižší náklady na jednotku v důsledku sníženého nářadí, nákladů na pracovní sílu a drahých logistických sítí.
- Snížení logistiky náhradních dílů a základních komodit povede k environmentálním výhodám.
- Dostupnost robustního a cenově dostupného hardwaru.
- Konkurenceschopnost materiálů s tradičními technologiemi, jako je tvarování plastů.

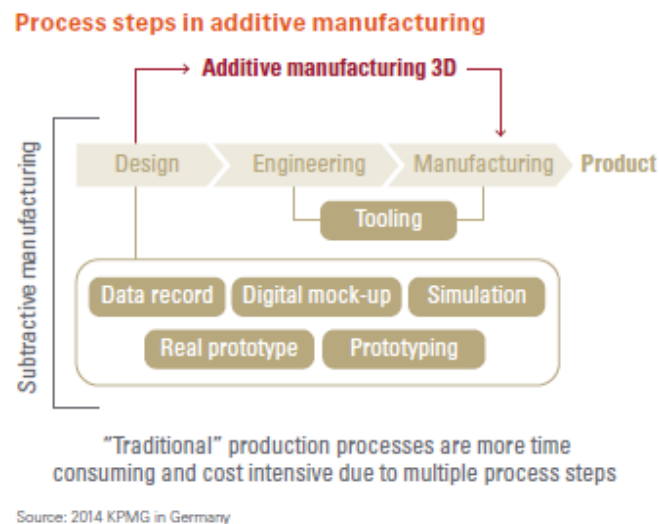
#### Dopady a důsledky pro společnosti

- Doplnkové procesy budou do jisté míry nahrazovat další technologie zpracování, což povede k přepracování celého dodavatelského a hodnotového řetězce určitých odvětví.
- Nové obchodní modely: malé, flexibilní a specializované 3D výrobní jednotky, tzv. "fabbing společnosti" vstoupí na trh jako součást zavedených výrobních firem (interně) nebo jako noví konkurenti tradičních průmyslových odvětví.



- Díky decentralizaci, blízkosti zákazníků a optimalizovaným dodacím lhůtám může dostupnost 3D tiskových objektů "just in time" změnit dnešní složité a drahé logistické řetězce.
- Díky rozvoji místních a regionálních "fabbing obchodů" bude globální logistický průmysl konfrontován s výrazným poklesem v tomto konkrétním podnikání. Logistika náhradních dílů pro některé výrobky se v některých průmyslových odvětvích dramaticky sníží.
- Výroba s malým objemem, vysokou hodnotou, bez použití nástrojů a nízké riziko fixních nákladů snižuje riziko vstupu nových konkurentů na trh.
- Práce bude představovat menší podíl výrobních nákladů: Cenové výhody v zemích s nízkými náklady budou snižovat a repatriovat výrobu do zemí původu (back-sourcing).
- Dílčí práce bude nově definována: návrh a výroba se přesune k zákazníkovi.

### Postupové kroky při výrobě aditiva



### KPMG hledisko

Aditivní výroba nepředstavuje pouze nový typ technologie v podobě inkoustového nebo laserového tisku a jejich vliv na kopírovací a tiskařské obchody v 80. letech. Chce uspět v nových obchodních modelech s dramatickým dopadem na průmysl, firmy a společnost. Společnosti chtějí hledat bezpečnost s ohledem na duševní vlastnictví (kdo má právo "tisknout"? Co s licenčními poplatky?). Společnosti musí vědět, které zákony jsou v budoucnosti nutné, aby se předešlo narušení hospodářské soutěže. Management chce identifikovat a projednat vhodný obchodní model pro své průmyslové a tržní prostředí. Management musí redesignovat hodnotový řetězec společnosti, aby byl úspěšný v "přerušovaném světě nového dodavatelského řetězce".

### KPMG Doporučení

Vzhledem k těmto aspektům KPMG doporučuje následující kroky:

- Přijmout výzvu a vzít ji jako příležitost pro společnost, jako CAD, internet a web.
- Přezkoumat stávající strategii a analyzovat hrozby a přínosy nových technologií. Výrobní společnosti by měly být schopny uchopit příležitosti nabízené touto technologií a zvládnout změnu paradigmatu stávajícího obchodního modelu v budoucnu.
- Začít začleňovat aditivní výrobu do stávajícího dodavatelského řetězce a být tak do budoucna připraveni konkurovat novým hráčům na trhu.



## 6.3 Megatrendy dle MANUFUTURE - evropská technologická platforma a vázané organizace a stakeholdři

Klíčové názory a prezentace dle ETP a hlavních stakeholderů na úrovni EU jsou stručně shrnuty v následujících reflexích jejich prezentací, článků a vystoupení.

Expertní zpracování provedl Ing. Jiří Vyroubal, Ph.D.

### Keynote – prof. Heinrich Flegel (předseda HLG) – Manufuture 2030: Strategic Vision

- Očekávaný dokument Vize 2030 je téměř hotov. Na následující HLG meetingu bude finalizován a do konce roku bude předložen Komisi.
- Výrobní technika tvoří 80% exportu EU, vytváří 30 miliónů pracovních míst
- Vhodný business model pro budoucnost je tento – „solution provider“
  - Vertikální a horizontální interakce oborů, technických disciplín a lidí
  - Zapojení ICT oborů, real-time funkčnost a networking
- Základními parametry Vize 2030 jsou:
  - Pružnost
  - Udržitelnost
  - Konkurenceschopnost
- Je nutné být ultra-efektivní, abychom obstáli, a proto budou také vznikat nové továrny s novými principy výroby
  - Ultra-vysoká flexibilita, virtualizace i na kusovou výrobu, atd.

### Keynote – Maurizio Gattigleo (ředitel EFFRA) – Realising Europe-s Industrial Potential

- Je očekáván rapidní nárůst AI (Artificial intelligence)
  - Hodně firem je dobrých v AI, ale bohužel minimum z nich je z Evropy. Jednoznačně vede Amerika. EU ztrácí.
  - Panují obavy z využití AI a zejména z možného samovolného vývoje, jakmile AI překročí určitou hranici. I mezi vizionáři (Musk, Gates) panuje obava z možného převzetí vlády. AI představuje potenciální hrozbu pro lidstvo.
    - Je nutná nějaká forma regulace a stanovení pravidel využití
  - AI je pro průmysl významné, a bude obsaženo v dalších programových callech a projektech
- Princip FoF (Factories of Future) byl převzat jako úspěšný model v celém světě – velmi do toho investují v Číně, USA a ve zbytku Asie
  - Plánované principy v následujících callech:
    - Call 2019 – remanufacturing, modularity, security
    - Call 2020 – energy-efficient management

### Keynote – Lowri Evans (generální ředitelka DG GROW) – EU Industry Policy: Investing in a Smart, Innovative and Sustainable Industry

- Výrobní průmysl je v EU velmi významný
- Obecně platí, že vývoj v rŭmyslu je úspěšný, ale existují regiony se slabým zapojením. EU chce toto změnit

- Stále existují mezery a rozdíly, které je nutno zacetlovat
  - Investice jsou nižší než v Číně a USA
  - Zkušenosti s nasazením ICT jsou malé, jen pětina firem je dostatečně digitalizovaná a to přináší ztráty
  - Zkušenosti lidí jsou proto velmi významné a dále budou
- V investicích a stimulaci pokroku EU zaostává za USA. Je nutné podpořit investice ze soukromého sektoru
  - K tomu je nutné vytvořit vhodnou politiku v rámci EU, ale i mezinárodně
- V únoru 2018 proběhne v Bruselu Industry Day, který se loni velmi osvědčil
  - Diskuse nad vhodným směřováním politiky investic a rozvoje a jak ji dále zlepšovat
  - Bude vypsán další balík peněz na toto téma

## Poznámky ze sledovaných přednášek s nějakou strategickou hodnotou

### 1. ManuFUTURE-EU Vision 2030 (J. Caldeira, president ANI, Portugalsko)

- Bude důležité udržet pružnou výrobu
- Budoucí výroba (Future manufacturing)
  - Výroba v zástavbě a obývaných lokalitách
  - Propojování s vytvářením virtuálních hodnot
  - Lokální výroba
  - Globální integrovaná výroba
- Hlavní bloky pro dosažení budoucí udržitelné výroby
  - Orientace na životní cyklus výrobků
  - Nové obchodní modely celého ekosystému výroby
  - Role výzkumu, vývoje a technologií
  - Zaměstnanost
  - Roce vzdělávání – toto je kritické
- Vznik Vize 2030
  - Do konce roku 2017 bude hotová
  - V polovině roku vznikne návrh SRA
  - Vize 2030 a SRA bude využito pro vytvoření Roadmapy pro definování náplně Programu FP9

### 2. Manufacturing in Horizon 2020 and Beyond (S. O'Reagain, šéf odd. Advanced manufacturing Systems and Biotechnologies, DG research and Innovation, Evropské komise)

- Poměrně málo výsledků z R&D je užito v reálné praxi
  - Komise chce proto zvýšit tlak na to, aby výsledky na úrovni TRL7+ byly více přesunuty do praxe a tam využity
- Měly by být vytvořeny struktury, které budou moci využít SME pro svůj rozvoj
  - Testovací centra – testbedy
  - Podpora R&D
  - Experimenty a případové studie
- Výsledky na úrovni TRL1-3 jsou poměrně nekonzistentní a není důvod je podporovat ze strany Komise
- V dotačních programech 2018-2020 bude kladem důraz na:
  - Industry 4.0



- Udržitelnost klimatu
- Menší podpora (50%) velkým projektům
- Podpora spíše menších projektů i lokálních
- Měl by vzniknout dokument „Strategic recommendation“ ze strany EU, který by měl být aktivní od roku 2021

### **3. Production 2030: Swedish Platform for Research and Innovation in Production (C. Warrol, programová ředitelka Švédské inženýrské asociace)**

- Výsledky švédského vývoje jsou připraveny v tzv. balíčcích (packaged) tak, aby maximálně vyhovovaly použití v SME
- Je vytvořena aktivita national testBed Smart Production – skupina testbedů a jednotlivých částí v celém Švédsku pro využití ze strany SME
- Švédská vláda investovala 20 miliónů švédských korun do podpory digitalizace

### **4. ManuFUTURE-DE 2030 (T. Bauernhansl, ředitel Fraunhofer IPA)**

- V blízké budoucnosti bude nutné mít ultra-efektivní management výroby a řízení zdrojů
- Nutná je miniaturizace výrobních zařízení
- Nastoupí bio-inteligentní výrobky – tzv. bioware, bio-software
- Konkurenceschopnost výroby je dána jeho schopností ad-hoc adaptace na nové požadavky. Toto je nutné mít zvládnuté a využívat to
- Nové výzkumné projekty na využití chytrých materiálů:
  - Programovatelné
  - Samopravitelné
  - Chytré povrchy – reagující a transformující se na základě aktuálních podmínek

Diskuse po ukončení přednášek:

- Problém přístupu k testbedům:
  - Jsou vytvořeny za veřejné peníze, ale mají sloužit privátnímu využití – je nutno dobře definovat pravidla přístupu a řešit konflikty zájmů
  - Švédsko přemýšlí nad stanovením několika úrovní přístupu
- Lokální výzkum a FP9:
  - V FP9 by měli mít lokální projekty svoje místo a finance, protože i to pomáhá celé EU zvyšovat konkurenceschopnost vůči dalším globálním hráčům

### **5. Digitising European Industry (M. Lemke, šéf odd. Technologie a systémy pro digitalizace průmyslu, Evropská komise)**

- Podpora vzniku platforem na lokální i mezinárodní úrovni. Platformy znamenají větší schopnost vývoje a zvýšenou konkurenceschopnost
- Podpora vzniku platforem
  - Možno realizovat velké projekty pro testování velkých celků
  - Následně vznik celých životaschopných ekosystémů
  - Finálně realizovat standardizaci postupů a výstupů
- Komise plánuje vydávat peníze na spojování existujících aktivit a výsledků pro vznik větších celků, globálně konkurenceschopných



- EU peníze mají vytvářet možnost spojení a spolupráce

## 6. On the Way to Industry 4.0: Driving the Europe Enterprise (M. Mrosik, CEO Siemens Digital Factory)

- Vytvoření spolupracující platformy pro nasazení digitalizace
- Obecné promo pro MindSphere a firemní cloud
- Popis možností digitálního dvojčete v Simecenter – simulace pro crashtesty karosérie automobilu
- Simulace různých aspektů výroby a výroby – možnost vzniku digi-dvojčete
  - Šetří výdaje na experimentální testy
- Prezentace možností simulací v NX
  - Automatické genrování PLC kódu pro nastavení výroby
  - Virtuální verifikace na reálném Simaticu
- Digitální dvojče dnes znamená:
  - Dvojče výrobku
  - Dvojče jeho výroby
  - Dvojče jeho parametrů (statistika, odezva z reálné výroby)
- Diskuse nad vhodností dvojčete pro malo-sériovou a kusovou výrobu:
  - I pro SME je vhodné řešit digi-dvojče
  - Využitím virtuální reality (brýle, haptické rukavice) je možné otestovat výrobu zákaznického dílu bez alokování reálného stroje, který mezitím vytváří reálné výrobky a tím generuje příjmy firmy

## 7. Factories of the Future – Manufacturing in Horizon 2020 and Beyond (G. Winroth, Research Programme officer, European Commission)

- Informace o probíhajícímu programu H2020 a jeho průběžném hodnocení
  - Vložená částka 470 mil. EUR
  - 94 projektů
  - 18 projektů zahájeno v roce 2017
  - 3-4 patenty
  - 7 nových systémů ve výrobě
  - O 30% snížený odpad z výroby, o 22% snížená spotřeba materiálu, o 23% snížené emise CO<sub>2</sub> a o 22% snížená spotřeba energie
- V návrhu nového programu bude kladen důraz na přístup k řešení projektu na systémové úrovni
  - Bude možné řešit pilotní systémy i konkrétně technicky zaměřená témata
  - ICT projekty budou mít vlastní podčásti programu
- Výhledy po Horizontu 2020:
  - Bude provedena racionalizace programu podle „30“:
    - Otevřený výzkum
    - Otevřené inovace
    - Otevřenost vůči světu
  - Existuje draft nového programu
  - 22.-23. února 2018 proběhne v Bruselu Industry Days
    - První akce tohoto druhu v 2017 byla pro Komisi užitečná. Bude to zopakováno
- Diskuse:
  - Má Komise udělanou cost-benefit analýzu?



- Nemá. Výsledky obsahují různé aktivity, výsledky a demonstrátory. Proto nelze vyhodnocovat jen tvrdá čísla
- Je sledován podíl na projektech nových států EU?
  - Je sledován. Komise chce toto dále podporovat. Zároveň ale nebudou omezovat „staré“ státy, protože cílem je stále mít excelentní výzkum

#### **8. Digital4Industry in the UK (L. Huertas, šéfka centra pro technologickou strategii pro digitalizaci výroby, Centrum výrobních technologií)**

- V UK toto Centrum převzalo podobný model jako má Fraunhofer.
- Existuje MTC (Manufacturing technology Center)
  - Řešenou otázkou u každého projektu je jeho přínos pro uživatele a jeho business model
  - Mají plochu pro testování výsledků s TRL6 – schopnost postavit a testovat demonstrátory
  - Celkem 150 firem platí členské příspěvky
  - Založili AMTC – Advanced manufacturing testing Center – testování výsledků a jejich přínosů v praxi
  - Snaží se kombinovat vývoj, business a výuku jako jeden celek

#### **9. EIT Innovation Community on Added Value Manufacturing (M. Fammels, šéfka odporu komunikace, Evropský institut pro inovace a technologii (EIT))**

- Představení institutu EIT
- Působnost v rámci celé Evropy, centrála v Maďarsku
- Integrují aktivity v oblasti vývoje, businessu a výuky
- Cílem je šíření inovací v rámci celé Evropy
- EIT není výzkumný program, ale vytváří komplexní pan-evropský ekosystém inovací a jejich uplatnění
- Model fungování EIT:
  - Vysoká integrace uvedených aktivit
  - Stanovují vždy dlouhodobé strategie nasazení a životaschopnosti výsledků vývoje
  - Finančně podporují do výše 25%. Přidanou hodnotou jsou však partneři napříč Evropou, stanovení strategie až do 15let po umístění na trhu
  - Přínosy musí být jasně kvantifikovatelné

#### **10. Digitising European Industry – Digital Innovation Hubs helping SME and Mid-Caps in their Digital Transformation (M. Lemke, šéf odd. Technologie a systémy pro digitalizace průmyslu, Evropská komise)**

- V Evropě vznikly a vznikají tzv. Digitální Huby
  - Komise tyto Huby podporuje a podporuje jejich mezinárodní spolupráci. Na národní úrovni existují, ale je vhodné je více propojit
  - Existuje katalog digitálních hubů, kde lze vyhledávat
- Komise chce podporovat huby ve střední a východní Evropě
  - Bude vyhlášen Call do dubna 2017 – podpor SME pro spolupráci s Digitálními huby

#### **11. Keynote – P. Montfort (expert vývoje, Renault) – Renault's Interest in Collaborative Projects**

- Očekávané a aktuální trendy ve vývoji automobilů:
  - Flexibilita výroby
  - Spojování různých typů materiálů vč. nových materiálů



- Sledovatelnost celé výroby
- Prediktivní údržba
  - Cílem jsou nulové odstávky (zero downtime)
  - Vzdálená údržba (využití rozšířené reality)
- Propojení pracovníků – předávání informací systému řízení výroby, automatizované hlášení problémů a stavu výroby atd.
- Využití umělé inteligence pro snížení času změny výroby (nastavení výrobních linek nebo změny dopravy dílců a materiálů)
- Nasazení Cobotů – sdílení pracovního prostoru člověkem a robotem

## 12. Keynote – J. Ni (profesor, univerzita Michigan) - Future of manufacturing – China and USA Perspective

- Velmi zajímavé, nutno podrobněji zpracovat
- Čína a USA investují velké prostředky pro vývoj ve výrobním průmyslu a investice se budou dále zvyšovat. Hlavně do chytré výroby (adaptibilní, flexibilní, schopná kontroly a samorozvoje)
- Čína:
  - Čína je dnes tzv. manu-facture, tedy založena na lidské práci. Vláda chce proto zvýšit a automatizovat výrobu
  - FDI – Foreign Direct Investment
    - Čína má díky tomuto vybudovanou kvalitní infrastrukturu a chce ji do budoucna využít pro svůj ekonomický růst
    - Klade důraz na udržení principu jing-jang: růst a udržitelnost
  - Vláda aktivovala koncept výuky AI (umělá inteligence) již na úrovni základních škol pro posílení znalostí a schopností mladé generace
    - Klíčové Drivery pro budoucí výrobu:
      - Politika vlády
      - FDI
      - Tok a výměny peněz mezi měnami
      - Infrastruktura a dodávka energie
      - Rozvoj talentů a znalostí
      - Vývoj mezd
      - Přístup k materiálovým zdrojům
      - Existence komplexního ekosystému inovací
  - Výzvy, kterým Čínská výroba čelí:
    - Negativní vliv na životní prostředí
    - Vyčerpávání přírodních zdrojů
    - Rychlý růst výrobních nákladů
    - Snížování vývozních trhů
    - Zpomalování čínské ekonomiky
    - Růst konkurence zemí s nízkou mzdou
    - Chybějící znalosti klíčových technologií a know-how
  - Vláda vydala strategii „China Manufacturing 2025“
    - Čínské firmy již mají vlastní duševní práva a rozsáhlé znalosti. Je proto nutné začít řešit jejich ochranu
    - 3-stupňová národní strategie na transformaci výrobního průmyslu
    - Koordinace vývoje mezi podniky, univerzitami a vládou





- Podpora vznikajících start-upů
- Klíčové elementy strategie:
  - Stanovení národního mechanismu inovací a jeho zákonné usazení
  - Důraz na kvalitu – vhodné regulační a standardizační mechanismy
  - Udržitelný vývoj – zefektivnění využití zdrojů a energie a ochrana životního prostředí
  - Strukturální optimalizace průmyslu
  - Rozvoj talentů – lákání talentů i ze zahraničí, zkvalitnění výukového systému
- Key Strategic Areas:
  - V podstatě všechny relevantní oblasti průmyslové výroby
- Cíle čínské tzv. „chytré výroby“
  - Do roku 2025:
    - Výrobní schopnost - méně než 30% technologií závislých na dovozu
    - Inteligentní výroba - Chytrou automatizací zvýšit efektivitu výroby o 10%
  - Do roku 2035:
    - Výrobní schopnost - méně než 20% technologií závislých na dovozu
    - Inteligentní výroba – Spolupracující roboti a lidé a řídicí mechanismy
  - Do roku 2045:
    - Výrobní schopnost - méně než 5% technologií závislých na dovozu
    - Inteligentní výroba – Inteligentní a autonomní výrobní systémy
- USA:
  - Vytvoření národní iniciativy pro výrobu
    - Konsorcia a uskupení pro pokročilou výrobní technologii
    - Založení aliance MForsight – aliance pro stanovení forsightů
    - Investice do partnerství výrobních podniků
    - Podpora exportu
    - Podpora nanotechnologií a nanoprůmyslu
    - Podpora rozvoje robotiky
    - Zatraktivnění USA pro FDI – Foreign Direct Investment
    - Udržitelná výroba s malými dopady na životní prostředí
  - Zaměření především na výsledky na úrovni TRL 4-7.
  - Zakládání výrobních hubů
  - Aliance ManufacturingUSA –
  - Vize chytrých výrobních systémů:
    - 4R – schopnost reakce, pružnost, rekonfigurabilita a znovu-využitelnost. To vše v rámci kvality, nákladů, flexibility a efektivity takových výrobních systémů
    - Samokontrolní a samo-adaptivní stroj, které jsou schopny reagovat na svoji klesající kvalitu výroby a kompenzovat ji
    - Nulová zmetkovitost a predikce vznik zmetkovité výroby a identifikace příčin
    - Téměř nulové odstávky výroby
    - Podle hesla – napoprvé dobře a navždy dobře

## Plenární diskuse nad tématy 11. keynote a 12. keynote a stavu v EU:

- Prof. Ni uvedl, že Čína je agresivní ve vývoji. V čem a jak?
  - Čína má agresivní cíle – uvedla nové letadlo s vlastními motory, má vlastní rychlovlaky a obrovskou síť železnic – silná podpora ekonomiky
- Přesun výroby z Číny zpět do Evropy?
  - Přesouvá se výroba zpět, ale zároveň do Číny přichází výroba z vyšší přidanou hodnotou. Čína již dnes vlastní velké know-how
  - Rozhoduje trh
    - náklady na přepravu z Evropy do Číny existují a přitom je čínský trh obrovský. Vyplatí se vyrábět v Číně
    - Vysoká automatizace výroby v Číně podporuje výrobu výrobků s vyšší přidanou hodnotou
- Adaptace čínských firem na digitalizaci?
  - Čínská vláda toto aktivně podporuje a firmy postupují systematicky
- Bude EU dostatečně ambiciózní v FP9 vůči aktivitám Číny?
  - Zástupci Komise: bude záležet na finančních prostředcích po Brexitu. Prostředky bude nutné směřovat tam, kde budou mít rychlý a přímý dopad na zvýšení konkurenceschopnosti EU

## Keynote – P. Droll (ředitel pro průmyslové technologie, DG Research and Innovation, Evropská komise)

- Perspektivy EU:
  - EU je momentálně prostě nejlepší a je nutné, aby to tak zůstalo
  - Výroba může být špičková, ale jen pokud bude super-efektivní
- Pohled na FP9 a obavy, že nebude jako H2020
  - Je to otázkou disponibilních peněz
  - Zaměření bude více na výsledky s vyšším TRL – to je výhodné pro celou EU
  - Je nutné hledat úspěšné projekty a výsledky a ty ukazovat ostatním
  - Pozornost bude upřena na KET a jejich budoucnost. Na to bude vyhrazeno více peněz
- Jak jsou nahlíženy aktivity Číny? Bude EU konkurenceschopná?
  - EU nemůže mít z principu stejnou strukturu podporu R&D
  - Čína tvoří konkurenci, což není špatné. Urychluje tak vývoj i v EU
- Obecně nepanuje spokojenost se zapojení střední a východní Evropy do dotačních programů. Existuje velká disbalance mezi západem a zbytkem Evropy
- Návrh programu FP9 by měl být v červnu 2018
- Bude kladena větší váha na aktivity typu „Teaming“, tedy spolupráce, vzájemná podpora

## 6.4 Klíčová komplementární technologická strategie pro TPSVT - národní strategie RIS3

Technologická platforma v rámci práce v Národní inovační platformě pod Úřadem vlády ČR analyzovala potřeby ČR v oblasti inteligentní strategie specializace. Z rozborů a jednání NIP i s průmyslovými aktéry vyplynula potřeba logického spojení oboru strojírenské výrobní techniky s dalšími průmyslovými sektory přesného strojírenství, které pracují v oblasti blízkých nároků na materiály, přesnost, řízení a jedná se o



produkci high-tech výrobků s vysokou přidanou hodnotou. Platná strategie RIS3, ve které zpracování části strojírenství TPSVT zastřešovala, obsahuje zásadní formulace globálních potřeb oboru SVT na úrovni ČR a nyní ji uvádíme.

### 6.4.1 Východiska

Výroba strojů, zařízení a přesných komponentů jsou významným oddílem českého zpracovatelského průmyslu. Tento oddíl zahrnuje velmi širokou paletu zařízení, která mechanicky nebo tepelně působí na materiály nebo na materiálech provádějí výrobní procesy, včetně výroby jejich mechanických komponentů, které produkují a využívají sílu. Patří sem také speciálně vyrobené díly na tyto stroje a zařízení. Technicky nejnáročnější strojírenské obory, které spojují **vysoké a nebo extrémní nároky na přesnost výroby, jakost a parametry integrity povrchů, maximální nároky na výrobní výkon a produktivitu a dále nároky na spolehlivost, jsou** obory „Machine Tools“ a „Precision Engineering“, jejichž produkty využívají pokročilou elektroniku, zpracování dat, komunikaci a řízení (jedná se o mechatronické produkty). Zpravidla se jedná o primární výrobu, jejíž produkty (stroje, zařízení, komponenty) užívají navazující strojírenská odvětví, anebo nestrojírenské obory zpracovatelského průmyslu.

V množině strategicky významných produktů oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ jsou především zastoupeny: **obráběcí stroje, tvářecí stroje, stroje pro aditivní výrobu, související automatizaci a nástroje, přesné strojírenské komponenty** (ložiska, spojky, motory, převodovky a další konstrukční prvky pro přenos momentů a sil, včetně hydrauliky, které jsou základem stavby většiny průmyslových a spotřebních produktů a umožňují stavbu sekundárních výrobních strojů, tedy strojů a zařízení pro další zpracovatelský průmysl). Dále do skupiny patří **komplexní strojní zařízení** pro manipulaci, dopravu, procesní skladování, čištění, měření, balení, tištění, chlazení, sušení, klimatizaci, stlačování médií a další operace umožňující vytváření specifických strojů, zařízení, výrobních buněk, výrobních linek a výrobních podniků. Rovněž zahrnuje do oblasti **přesné a produktivní sekundární výrobní stroje**, které jsou základem další výroby, stavby výrobních podniků a jedná se například o textilní stroje, tiskařské stroje, balicí stroje, potravinářské stroje, atd. Do sledované skupiny přesné strojírenské výroby patří také výroba zbraní, výroba přístrojů a měřicí techniky, výroba forem a výroba nástrojů pro tváření a vstřikování. Patří sem také výzkumná témata i z oblastí produkce: stavební stroje, zemědělské a lesnické stroje, potravinářské stroje, stroje pro těžbu a dobývání a technologické celky do všech typů průmyslu, ale musí se jednat o produkty s vysokou technickou náročností, které standardně potřebují výzkum a vývoj pro jejich inovace.

Jak uvádí ČSÚ a MPO, jsou stroje, zařízení a komponenty z oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ hlavním indikátorem stavu a dalšího vývoje českého hospodářství. Tyto obory se v roce 2014 podílely téměř 8% na tržbách za vlastní výrobky a služby zpracovatelského průmyslu ČR, čímž obsadily pomyslné druhé místo v rámci zpracovatelského průmyslu za výrobou motorových vozidel. Z dlouhodobých statistik patří sledované obory „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ mezi obory s vysokou přidanou hodnotou, stabilním většinovým podílem exportu a obory s technologickou náročností spadající do sektoru hi-tech a medium hi-tech. Produkty těchto oborů (bez produktů vázaných na automotive, dopravní techniku a letectví, které jsou hodnoceny zvlášť) tvoří dohromady průměrné roční tržby za prodej vlastních výrobků a služeb přibližně 60 mld. Kč a obory zaměstnávají přibližně 27 tis. zaměstnanců. Produkce oborů vykazuje dlouhodobě kladné saldo zahraničního obchodu ve výši přibližně 19 mld. Kč a exportuje více jak 80% své produkce. Produkty sledované skupiny jsou v přímé konkurenci celosvětového trhu a musí obstát v jakékoliv globální konkurenci. Průměrná přidaná hodnota na zaměstnance pak představuje přibližně 820 tis. Kč. Teritoriem, do kterého směřuje největší objem vývozu, je již tradičně Německo. V roce 2014 představoval tento vývoz přes 32% celkového objemu



vývozu. Postupně narůstající objemy vývozu svědčí o trvale se zlepšující kvalitě, technické úrovni a konkurenceschopnosti výrobků. Pokračuje pozitivní vývoj exportní výkonnosti, která je ale podmíněna investicemi do výzkumu a vývoje, zvyšováním kvalifikace pracovníků a přizpůsobení se podniků stále tvrdšímu konkurenčnímu prostředí.

V komoditní struktuře vývozu i dovozu patří mezi nejúspěšnější produkty energetického strojírenství (komponenty a zařízení pro energetiku), výrobky z oblasti klimatizace a chlazení, obráběcí a tvářecí stroje, ostatní výrobní stroje a další strojírenské výrobky s vysokou přidanou hodnotou jako zbraně, měřicí a zkušební přístroje.

Obory, které kladou nejvyšší nároky a určují špičkové požadované parametry strojů, zařízení a komponentů z hlediska zákazníků, jsou především energetická technika, výroba automobilů, letecká výroba, těžká transportní technika a přístrojová technika.

#### 6.4.2 Identifikace potřeb a příležitostí, zaměření podpory

Globální odborná strategie oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“, která umožňuje posilovat konkurenceschopnost, představuje:

- 1. Zvyšování přesnosti - především zvyšování geometrické a rozměrové přesnosti v malých i velkých rozměrech dílců, komponentů, strojů a metod.**
- 2. Zvyšování jakosti - především zvyšování jakosti povrchů, cílené pozitivní ovlivňování charakteristik integrity povrchů.**
- 3. Zvyšování výrobního výkonu - zvyšování krátkodobého i dlouhodobého výrobního výkonu strojů a zařízení, ale také výkonových charakteristik dílců a komponentů.**
- 4. Zvyšování spolehlivosti - zvyšování spolehlivosti produktů, funkcí a procesů.**
- 5. Zvyšování hospodárnosti - minimalizace jednotkových nákladů na produkty, minimalizace nákladů provozu a nákladů na obsluhu a minimalizace nákladů na samotné pořízení produktů.**
- 6. Snižování negativních dopadů na životní prostředí - minimalizace negativních dopadů produktů na životní prostředí v rámci celého životního cyklu.**

Výrobu a vývoj high-tech produktů oborů „Machine Tools“ a „Precision Engineering“ a obecně strojírenství doprovází vysoké náklady na inovace a/nebo na výzkum a vývoj. Soustředěná podpora státu a EU ve vazbě na strategii RIS3 může vést k částečnému podílu na těchto výdajích s cílem akcelarovat perspektivní témata výzkumu, vývoje a inovací a jejich uplatnění ve výrobě a produkci.

Následují perspektivní oblasti a směry výzkumu, vývoje a inovací, které je třeba ze strany SR a EU podporovat orientovanými dotacemi do výzkumu, vývoje a inovací na úrovni zdokonalené institucionální i účelové podpory. Perspektivní oblasti a témata, jejichž řešení přispívá k naplňování strategie sektoru a hlavních cílů sektoru ve VaVal, jsou tyto:

V kontextu **optimalizace produktů** je třeba realizovat výzkum a vývoj a připravovat průmyslově využitelné metody, techniky, postupy a zejména softwarové nástroje pro optimalizaci návrhu produktů strojírenství a pro



optimalizaci jejich užívání. Cílem optimalizačních nástrojů je zvyšovat hlavní užité vlastnosti produktů při minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu, užití a minimalizaci rizik pro výrobce, uživatele a okolí.

V rámci **nové koncepce a provedení produktů** je třeba provádět výzkum a vývoj nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob strojírenských produktů, které odstraňují nedostatky a posouvají hranice v dosahované přesnosti, jakosti, výkonu, spolehlivosti a hospodárnosti, včetně bioniky a bio-inspirovaných přístupů ve strojírenství.

V problematice **nových a progresivních technologií** je třeba provádět výzkum a vývoj zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů pro všechny základní strojírenské výrobní technologie: obrábění, tváření (včetně vstřikování), aditivní výrobu a hybridní výrobu (kombinující subtraktivní a aditivní technologie), které vedou k výkonnějším, přesnějším a jakostnějším výsledkům procesů.

U **virtualizace produktů a technologií** je třeba provádět výzkum a vývoj experimentálně ověřených a průmyslově použitelných technik a nástrojů pro virtuální návrh výroby, virtuální návrh produktů, virtuální technologické zpracování, virtuální měření a diagnostiku.

V rámci **komponentů, systému a řízení** je třeba provádět výzkum a vývoj komponent, principů, systémů a algoritmů pro měření a řízení produktů během jejich výroby i užívání a návrh technik pro aktivní zpětnou vazbu ovlivňující vlastnosti, chování, tvar, polohu, teplotu, atd. produktů.

V kontextu **SW vlastností a digitalizace** je třeba provádět výzkum a vývoj hardwarových, ale především softwarových technik a aplikací, které rozšiřují a zvyšují přidanou hodnotu strojírenských produktů pro uživatele.

V oblasti **zdokonalování známých materiálů** je třeba provádět výzkum a vývoj detailních vlastností a technologií zpracování existujících (známých) kovových a nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů užívaných ve strojírenství s cílem zvýšit efektivitu a výkon jejich zpracování (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).

U **nových materiálů** je třeba provádět výzkum a vývoj nových nebo inovovaných kovových i nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů a materiálových struktur (hybridních materiálů) se zvýšenou odolností proti opotřebení, s minimalizovaným třením v kombinaci s běžnými materiály, sníženou hmotností, zvýšeným poměrem specifické tuhosti, specifické pevnosti a dalších specifických a měrných veličin s vazbou na nákladovost a cenovou dostupnost pro klíčové strojírenské aplikace (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk). Dále sem řadíme materiály a technologie pro aditivní a environmentálně šetrnou výrobu, integrace konvenčních (subtraktivní) a aditivních technologií.

V rámci **rozšíření užití kompozitů** je třeba provádět výzkum a vývoj levnějších vláknových i částicových kompozitů, které se vlastnostmi blíží špičkovým vláknovým kompozitům.

V oblasti **materiálů pro aditivní technologie** je třeba provádět výzkum a vývoj materiálů, forem materiálů (prášky, dráty, pelety, atp.) a procesních technologických parametrů zpracování pro aditivní technologie (tepelné procesy navařování i kinetická depozice za nízkých teplot) a hybridní technologie.

Při **zdokonalování povrchů** je třeba provádět výzkum a vývoj pokročilých povrchových úprav a modifikací povrchů dílců a komponent se zaměřením na zvýšení jejich užitečných vlastností. Generickou oblastí se širokým



spektrém uplatnění **nanotechnologií** je ochrana povrchů, kdy lze využít antikoročních, samočisticích, otěruvzdorných a dalších vlastností nanomateriálů ve strojírenství.

V **kontextu oprav a recyklací** je třeba provádět výzkum a vývoj metod pro rekonstrukci tvaru opotřeбенých dílců, rekonstrukci funkčních povrchů dílců a materiálových struktur a metod pro efektivní recyklaci strojírenských produktů.

#### 6.4.3 Globální sektorová strategie strojírenské výrobní techniky (SVT) a přesného strojírenství (PS) představuje:

- Zvyšování přesnosti - především zvyšování geometrické a rozměrové přesnosti v malých i velkých rozměrech dílců, komponentů, strojů a metod.
- Zvyšování jakosti - především zvyšování jakosti povrchů, cílené pozitivní ovlivňování charakteristik integrity povrchů.
- Zvyšování výrobního výkonu - zvyšování krátkodobého i dlouhodobého výrobního výkonu strojů a zařízení, ale také výkonových charakteristik dílců a komponentů.
- Zvyšování spolehlivosti - zvyšování spolehlivosti produktů, funkcí a procesů.
- Zvyšování hospodárnosti - minimalizace jednotkových nákladů na produkty, minimalizace nákladů provozu, nákladů na obsluhu a minimalizace nákladů na samotné pořízení produktů.
- Snižování negativních dopadů na životní prostředí - minimalizace negativních dopadů produktů na životní prostředí v rámci celého životního cyklu.

Následují perspektivní oblasti a směry výzkumu, vývoje a inovací, které je třeba ze strany SR a EU podporovat orientovanými dotacemi do výzkumu, vývoje a inovací na úrovni institucionální i účelové podpory. Perspektivní oblasti a témata, jejichž řešení přispívá k naplňování strategie sektoru a hlavních cílů sektoru ve VaVal, jsou tyto:

- **Optimalizace produktů**

- VaV průmyslově využitelných metod, technik (zvláště konstrukčních, výpočtových a optimalizačních), postupů a zejména software pro návrh optimálních strojů, zařízení, přístrojů, komponent, systémů, výrobků, výrobních buněk, výrobních systémů a průmyslových investičních celků (produktů) a pro optimalizaci jejich užívání.
- Vývoj nástrojů a metod, které umožňují zachovat nebo zvyšovat užité vlastnosti produktů při minimalizaci nákladů na vývoj, výrobu, užití a při minimalizaci rizik pro výrobce, uživatele a okolí.
- Nástroje umožňující optimalizace jednoho i více parametrů současně a umožňující multifyzikální optimalizace (např. optimalizace teplotních a frekvenčních vlastností současně).
- Vytváření nástrojů a metod, především SW, které podporují rychlý vývojový proces a minimalizují rizika při vývoji produktů i návrhu technologie jejich výroby, zpracování, montáže a jejich následného užívání.





- VaV nových metod a SW pro možnost plného využívání potenciálu nových aditivních technologií a nových materiálů, zejména s využitím principů bioniky a bio-inspirovaných přístupů ve strojírenství.
- VaV metod pro optimální návrh a provoz/užívání produktů s ohledem na bezpečnost a interakci s obsluhou a okolím.
- VaV matematických modelů, které jsou základem pro optimalizační úlohy a které mohou být užívány pro vývoj produktů nebo které mohou být užity během provozu produktů jako virtuální obrazy skutečných produktů (Cyber-physical Systems) a mohou umožnit zdokonalené/optimální využívání produktů.
- **Nové koncepte a provedení produktů**
  - VaV nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob strojů, zařízení, přístrojů, komponent, systémů, software a výrobků (produktů), které odstraňují nedostatky a posouvají hranice v dosahované přesnosti, jakosti, výkonu, spolehlivosti a hospodárnosti a zákazníkovi nabízí vyšší parametry hlavních užitečných vlastností.
  - Vyhledávání zcela nových forem, principů, podob a tvarů strojírenských produktů, které umožňují zvyšovat užitečné vlastnosti žádané uživateli.
  - VaV řešení umožňujících efektivní využívání produktů v širokém spektru pracovních podmínek (teplotních, výkonových, rozměrových, atp.).
  - VaV uplatnění nových materiálů, pohonů, senzorů, technik regulace a řízení a dalších pokročilých výsledků v KETs a ve vstupních odvětvích (které ovlivňují specificky orientovanou strojírenskou produkci) pro aplikaci ve strojírenských produktech.
  - VaV adaptace stávající produkce na koncept Průmysl 4.0 z hlediska multifunkčnosti a adaptability produktů.
  - VaV nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob produktů s ohledem na bezpečnost, interakci s obsluhou, interakci s okolím a s ohledem na legislativní a formální požadavky.
  - VaV v oblasti pokročilé robotiky, pokročilého a nekonvenčního využívání robotů, v oblasti kybernetiky, agent systems, emergentního chování, cyber-fyzikální podoby strojírenských produktů, self-learning systémů a systémů interakce člověk-stroj.
  - VaV nových a zdokonalených technologií a zařízení pro efektivní a pokročilou produkci energií, distribuci a skladování energie a pro integrovaná energetická řešení.
  - Bionika a bio-inspirované přístupy ve strojírenství.
- **Nové a progresivní technologie**
  - VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů obrábění, které umožní zpracování dosud těžko obrobitelných materiálů, které umožní zvyšování výrobního výkonu, spolehlivosti procesu a které umožňují realizovat přesnější výrobu s lepší integritou povrchu při zachování ekonomické efektivity výroby (např. řešení témat mikroobrábění, obrábění těžkoobrobitelných a vzácných materiálů)



- VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů tváření, včetně vstřikování, které umožní zpracování dosud těžko tvářitelných materiálů, které umožní zvyšování výrobního výkonu, spolehlivosti procesu a které umožňují realizovat přesnější výrobu s lepší integritou povrchu při zachování ekonomické efektivity výroby (např. řešení přesného tváření, tváření nových a nestandardních materiálů, laserové sintrování).
- VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů aditivní výroby, včetně hybridní výroby (hybrid manufacturing), které umožní zpracování dosud nezpracovávaných materiálů, které umožní zvyšovat spolehlivost materiálových vlastností takto vytvářených dílců a umožní zvyšovat výrobní výkon, přesnost a jakost povrchů. Řešení zvyšování produktivity a snižování nákladů na technologie AM a HM.
- VaV software, simulačních a modelovacích technik a postupů pro modelování technologických procesů s cílem je využít pro virtuální ladění technologie, pro získávání okrajových podmínek pro návrh technologických zařízení a strojů a s cílem realizovat cyber-fyzikální technologické procesy, kde je možné virtuální proces na pozadí užít jako zdroj pro nadřazené zpětné vazby řídicí technologii, stroj nebo vyšší celek.
- VaV pokročilých software a softwarových modulů (např. postprocesorů) pro efektivní a produktivní technologické využití moderních, složitých, komplexních a multifunkčních strojů a produktů, které nelze bez pokročilé SW podpory vůbec efektivně užívat. VaV software pro přípravu technologie i pro sledování, diagnostiku a vyhodnocování procesních parametrů, výkonu a spolehlivosti technologických procesů.
- VaV metod, postupů, zařízení a produktů pro sledování technologických procesů, jejich monitoring a měření. Zdokonalování technologií, metod, zpracování dat a zařízení pro postprocesní i inprocesní kontrolu výroby a realizace zpětných vazeb do výrobní technologie.
- **Virtualizace produktů a technologií**
  - VaV ověřených a průmyslově použitelných technik a nástrojů pro virtuální návrh výroby, virtuální návrh produktů, virtuální technologické zpracování, virtuální měření a diagnostiku.
  - VaV metod ale i konkrétních modelů dílců, komponent, systémů, strojů a zařízení, které jsou vhodné v návrhové fázi, kdy je vyvíjen produkt a kdy je třeba realizovat virtuální testování vlastností (např. virtuální obrábění, vstřikování, tváření, běh hydraulického systému, ventilace, chlazení, běh převodovky, atd., ale také predikce fyzikálních vlastností, např. vodivosti, zateplení, izolace elektrického proudu, tepelné odolnosti, tepelné stability, magnetických vlastností, tvrdosti, odolnosti proti vibracím, atp.). Tyto modely je třeba vyvíjet s cílem jejich možného užití v optimalizačních procesech.
  - VaV vhodných metod a modelů pro stavbu virtuálních produktů, které "běží" paralelně na pozadí využití skutečného produktu a umožňují v rámci konceptu Průmysl 4.0 realizovat cyber-fyzikální produkty, kde pro zpětnou vazbu, měření, diagnostiku atp. užíváme reálná i virtuální data a vstupy.
- **Komponenty, systém a řízení**



- VaV komponent, principů, systémů a algoritmů pro měření a řízení produktů během jejich výroby i užívání a návrh technik pro aktivní zpětnou vazbu ovlivňující vlastnosti, chování, tvar, polohu, teplotu, atd. u produktů.
  - Návrh nových technik pro měření, regulaci a kompenzaci polohy, statické a dynamické tuhosti a obecně deformací a posunutí v čase pod vlivem technologického procesu a okolí.
  - VaV systémů pro zvyšování přesnosti a spolehlivosti a pro snižování energetické náročnosti, snižování zátěže životního prostředí, snižování parazitních vibrací a deformací.
  - VaV technik umělé inteligence a self-learning metod použitelných ve strojírenství, které umožní zvyšovat užité vlastnosti a individualizaci produktů.
  - Vývoj inovovaných a nových akčních prvků (aktuátorů, pohonů, ventilů, atd.) s možností pokročilé diagnostiky a zpětnovazebního řízení.
  - Rozšiřování šířky účinnosti a použitelnosti komponentů, konstrukčních prvků, skupin, uzlů, snímačů, regulačních metod a řídicích systémů (např. širší frekvenční rozsahy, širší rozsahy teplot, otáček, momentů, výkonu, sil, atd.).
- **SW vlastnosti a digitalizace**
    - VaV hardwarových ale především softwarových technik a aplikací, které rozšiřují a zvyšují přidanou hodnotu strojírenských produktů pro uživatele, a které umožní specifickou customizaci produktu s minimem fyzických zásahů do produktu.
    - Rozšiřování funkcí řídicích systémů, zdokonalování interakce s obsluhou, zdokonalování komunikačních možností s nadřazenými systémy, pokročilá analýza měřených a sledovaných dat produktů a procesů.
    - VaV technik pro bezpečný a HW nenáročný přenos dat ve strojírenských produktech (zabezpečení sítí v průmyslových procesech, pokročilá a bezpečná komunikace (radio, bezdrátové připojení, mikrovlny, dálkové ovládání a přenos dat).
    - VaV technik pro uplatňování konceptu digitální výroby (modelování, simulace, vizualizace, automatizace a řízení procesů, analýza velkých objemů dat pro výrobu), embedded intelligence pro zlepšení provozní produktivity.
    - Vývoj HW a SW prostředků pro širší uplatňování konceptu Průmysl 4.0, tam kde je to účelné a efektivní.
- **Zdokonalování známých materiálů**
    - VaV detailních vlastností a technologií zpracování existujících (známých) kovových a nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů užívaných ve strojírenství s cílem zvýšit efektivitu a výkon jejich zpracování (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).
    - VaV metod a analýz pro podporu optimálního zpracování (technologického, chemického i tepelného) s cílem řízeně ovlivňovat vnitřní pnutí, integritu povrchu, tvrdost, materiálovou strukturu a případně i další mikro a makro vlastnosti dílců.
    - Výzkum zpracování a modifikace materiálů pro specifické aplikace, účely a nové a progresivní obory (vstřikování, AM, moderní lékařství, letectví, energetika, automotive, atd.).



- VaV vlastností a procesní optimalizace pro spojování, spojovací materiály a spojovací technologie (lepení, tmelení, pájení, svařování, atd.).
- VaV technik pro simulace a modelování vlastností materiálů a jejich změn během výrobního procesu, příprava dat pro nadřazené optimalizace technologie a dílců.
- **Nové materiály**
  - VaV nových nebo inovovaných kovových i nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů a materiálových struktur (hybridních materiálů) se zvýšenou odolností proti opotřebení, s minimalizovaným třením v kombinaci s běžnými materiály, sníženou hmotností, zvýšeným poměrem specifické tuhosti, specifické pevnosti a dalších specifických a měrných veličin s vazbou na nákladovost a cenovou dostupnost pro klíčové strojírenské aplikace (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).
  - VaV nových materiálů pro specifické a nové oblasti užití (letectví, energetika, lékařství, elektronika, extrémní odolnosti proti teplotám a kyselinám, atd.).
  - VaV nových materiálů pro spojování (např. vysokoteplotně odolné spoje).
  - VaV materiálů a struktur se zvýšeným vnitřním tlumením a s efektivnějším tlumením strukturálních i lokálních vibrací. Řízené zvyšování tlumení konstrukcí pomocí nových materiálů nebo přídavných materiálů.
  - VaV nových technik, přístupů a aplikací environmentálních technologií a inženýrství, zejména ve zpracování procesních materiálů (vodní a odpadové hospodářství) a v oblasti opětovného použití materiálu (recyklace). VaV v oblasti materiálů a technologií pro aditivní a environmentálně šetrnou výrobu, integrace konvenčních (subtraktivní) a aditivních technologií.
- **Rozšíření užití kompozitů**
  - VaV levnějších vláknových i částicových kompozitů, které se vlastnostmi blíží špičkovým vláknovým kompozitům.
  - VaV způsobů k maximálně efektivnímu (cenově a vlastnostmi optimálnímu) využití špičkových vláknových i částicových kompozitů ve strojírenství.
  - VaV technik spojování kompozitů navzájem a kompozitů a ostatních materiálů (např. laserové svařování kompozitů a plastů, laserové úpravy povrchů pro aplikaci lepidel a tmelů, atp.).
  - VaV SW nástrojů pro podporu konstruktérů navrhujících dílce z kompozitů s neizotropními vlastnostmi.
- **Materiály pro aditivní technologie**
  - VaV materiálů, forem materiálů (prášky, dráty, pelety, atp.) a procesních technologických parametrů zpracování pro aditivní technologie (tepelné procesy navařování i kinetická depozice za nízkých teplot) a hybridní technologie.



- VaV vazeb mezi procesními parametry, chemickým složením materiálů, formou materiálu, užitou technologií, okrajovými podmínkami procesu a výslednými vlastnostmi materiálu zpracovaného metodami AM a HM.
- VaV technologií a procesních parametrů pro efektivní spojování (svařování, pájení, lepení, atp.) a povrchové úpravy dílců vyrobených aditivními metodami (AM a HM).
- VaV technik pro lokální povrchové úpravy a modifikace.
- **Zdokonalování povrchů**
  - VaV pokročilých povrchových úprav a modifikací povrchů dílců a komponent se zaměřením na zvýšení jejich užitečných vlastností.
  - VaV metod zdokonalení povrchu se zaměřením na cílenou modifikaci tvrdosti, rezistence proti korozi, frikčních vlastností, minimalizaci kontaminace okolí, životnosti, chemické odolnosti a dalších mechanických, elektrických, optických a tepelných vlastností je velmi progresivní a materiálově efektivní technika zvyšování užitečných vlastností.
  - VaV metod a technik pro zvýšení homogenity a trvanlivosti vlastností povrchových úprav při současné minimalizaci tloušťek povrchových vrstev a ovlivnění rozměrů dílců.
  - Nanotechnologické ochrany povrchů.
- **Opravy a recyklace**
  - VaV metod pro rekonstrukci tvaru opotřebovaných dílců, rekonstrukci funkčních povrchů dílců a materiálových struktur.
  - VaV aditivních, hybridních, depozičních a povlakovacích metod, materiálů a technologií pro obnovení tvaru a vlastností dílců a komponent.
  - VaV metod pro efektivní recyklaci strojírenských produktů.

#### B/ Indikativní vztah ke klasifikaci CZ NACE

##### **Hlavní relevantní CZ-NACE**

Pozn.: Jedná se pouze o high-tech a medium high-tech produkci z uvedených skupin produkce CZ-NACE a jedná se o produkty s vysokou technickou náročností, které standardně potřebují výzkum a vývoj pro jejich inovace.

25.4 Výroba zbraní a střeliva

26 Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení

27 Výroba elektrických zařízení

28 Výroba strojů a zařízení j. n.

33 Opravy a instalace strojů a zařízení

Navíc do sledované odborné oblasti patří také překrývající se témata s CZ-NACE 24, 29 a 30

Přirozeně do relevantních skupin patří také:

71 Architektonické a inženýrské činnosti; technické zkoušky a analýzy

72 Výzkum a vývoj



### **Návazné CZ - NACE, funkční vazby**

Nejvýznamnější **navazující oddíly** CZ-NACE s nejvyšší náročností na SVA a PS jsou skupiny z oddílů:

- 25 Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení
- 28 Výroba strojů a zařízení j. n.
- 29 Výroba motorových vozidel
- 30 Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení
- 25 Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení
- 27 Výroba el. zařízení

### **Předcházející CZ - NACE, funkční vazby**

Nejvýznamnější **předcházející oddíly** CZ-NACE, které nejvíce ovlivňují strojírenskou výrobní techniku a přesné strojírenství jsou skupiny z oddílů:

- 28 Výroba strojů a zařízení j. n.
- 24 Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárenství
- 25 Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení
- 13 Výroba textilií



## 6.5 Dotazníkové šetření významnosti hlavních technologických témat pro podniky TPSVT

Pro možnost posouzení významnosti aktuálních technologických témat pro výrobce strojírenské výrobní techniky a technologie byly osloveni techničtí ředitelé a vrcholní manažeři nejvýznamnějších podniků TPSVT. Tento průzkum umožnil orientovat předpokládaný zájem jak technologických témat tak i navazujících výzkumných témat z IAP TPSVT.

Zapojeno bylo 20 respondentů ze 14 firem, které dohromady tvoří více jak 65% obrátu v oboru strojírenská výrobní technika v ČR.

|                              |                            |                      |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| HESTEGO a. s.                | SIEMENS                    | TOS ČELÁKOVICE       |
| KOVOSVIT MAS, a. s.          | ŠKODA MACHINE TOOL, a.s.   | TOS KUŘIM - OS, a.s. |
| KULIČKOVÉ ŠROUBY KUŘIM, a.s. | ŠMERAL Brno, a.s.          | TOS VARNSDORF, a.s.  |
| MISAN s.r.o.                 | TAJMAC ZPS, a.s.           | TOSHULIN, a.s.       |
| Pramet Tools, s.r.o.         | TGS obráběcí stroje s.r.o. |                      |

Strukturu odborných témat jsme využili dle standardu pracovní skupiny technologických platforem a klastrů ve středí evropě NUCLEI, ve které jsme jako platforma zapojeni. Zkoumána byla významnost následujících odborných témat, která patří na hranici mezi KETs a mezi aktuální oborové trendy.

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Robotika                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Autonomní mobilní systémy, např. samo se učící roboty, cloud robotika</li> <li>Doplňky robotů (unašeče, polohovadla) a modelace robotů pro speciální aplikace například v biotechnologie, kontrole jakosti, atd.</li> <li>Servisní a výrobní oblasti, např. roboty pro údržbu, čištění, atd.</li> <li>Kolaborativní roboty, pro např. člověk - robot pro výrobní spolupráce</li> </ul> |
| Elektronika pro výrobu                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektronika pro vnitřní procesy, systémy a senzorové systémy</li> <li>Inteligentní a logické systémy, např. řídicí jednotky</li> <li>Přenos dat, např. WLAN</li> <li>Optimalizace spotřeby energie v elektronice, např. snížení spotřeby elektrické energie</li> </ul>                                                                                                                 |
| Výrobní procesy                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimalizace výrobních procesů</li> <li>Aditivní výroba, např. 3D tisk</li> <li>Servis, např. prediktivní údržby, přestavitelné výrobní systémy, atd.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| ICT Informační a komunikační technologie | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analýza dat, např. zpracování velkých objemů dat analytika, umělá inteligence</li> <li>Zabezpečení dat, např. cloud computing, otevřené platformy, atd.</li> <li>Softwarové nástroje, například CAD, CAM, řídicí systémy pro různý hardware</li> </ul>                                                                                                                                 |
| Modelování a simulace                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vizualizace, rozšířená realita</li> <li>Modely pro kontrolu a údržbu</li> <li>Simulační software pro např. multi-parametrické simulace technologických procesů</li> <li>Optimalizace procesů založená na jejich průběžné simulaci</li> <li>Virtuální uvedení do provozu, např. hardware-in-the-loop (HIL)</li> </ul>                                                                   |



Průzkum identifikoval následující významnost jednotlivých odborných témat pro dlouhodobou budoucnost 2025-2030 dotazovaných firem.

| Odborné téma z přechodové oblasti KETs a aktuálních trendových témat                                                                         | Popularita témat dle ČR podniků SVT |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| ICT Informační a komunikační technologie - Softwarové nástroje, například CAD, CAM, řídicí systémy pro různý hardware                        | 5,35                                |
| Výrobní procesy - Optimalizace výrobních procesů                                                                                             | 4,94                                |
| Elektronika pro výrobu - Inteligentní a logické systémy, např. řídicí jednotky                                                               | 4,47                                |
| Modelování a simulace - Simulační software pro např. multi-parametrické simulace technologických procesů                                     | 4,41                                |
| Elektronika pro výrobu - Elektronika pro vnitřní procesy, systémy a senzorové systémy                                                        | 4,24                                |
| Elektronika pro výrobu - Optimalizace spotřeby energie v elektronice, např. snížení spotřeby elektrické energie                              | 4,18                                |
| Výrobní procesy - Servis, např. prediktivní údržby, přestavitelné výrobní systémy, atd.                                                      | 4,18                                |
| Modelování a simulace - Vizualizace, rozšířená realita                                                                                       | 4,18                                |
| Modelování a simulace - Optimalizace procesů založená na jejich průběžné simulaci                                                            | 4,12                                |
| Modelování a simulace - Modely pro kontrolu a údržbu                                                                                         | 4                                   |
| Výrobní procesy - Aditivní výroba, např. 3D tisk                                                                                             | 3,88                                |
| Robotika - Doplnky robotů (unašeče, polohovadla) a modelace robotů pro speciální aplikace například v biotechnologii, kontrole jakosti, atd. | 3,82                                |
| ICT Informační a komunikační technologie - Zabezpečení dat, např. cloud computing, otevřené platformy, atd.                                  | 3,65                                |
| Modelování a simulace - Virtuální uvedení do provozu, např. hardware-in-the-loop (HIL)                                                       | 3,59                                |
| ICT Informační a komunikační technologie - Analýza dat, např. zpracování velkých objemů dat analytika, umělá inteligence                     | 3,35                                |
| Elektronika pro výrobu - Přenos dat, např. WLAN                                                                                              | 3,29                                |
| Robotika - Servisní a výrobní oblasti, např. roboty pro údržbu, čištění, atd.                                                                | 2,94                                |
| Robotika - Kolaborativní roboty, pro např. člověk - robot pro výrobní spolupráce                                                             | 2,76                                |
| Robotika - Autonomní mobilní systémy, např. samo se učící roboty, cloud robotika                                                             | 2,47                                |

Z výsledků je patrný značný význam témat: **digitalizace, simulování, software, optimalizace výrobních procesů, pokročilé senzorky, využívání digitálních dvojčat strojů a technologií, aditivních technologií a nových a speciálních aplikací robotů.** V těchto tématech je nejvýhodnější budoucí dlouhodobé investování do inovací, výzkumu a vývoje produktů a technologií.

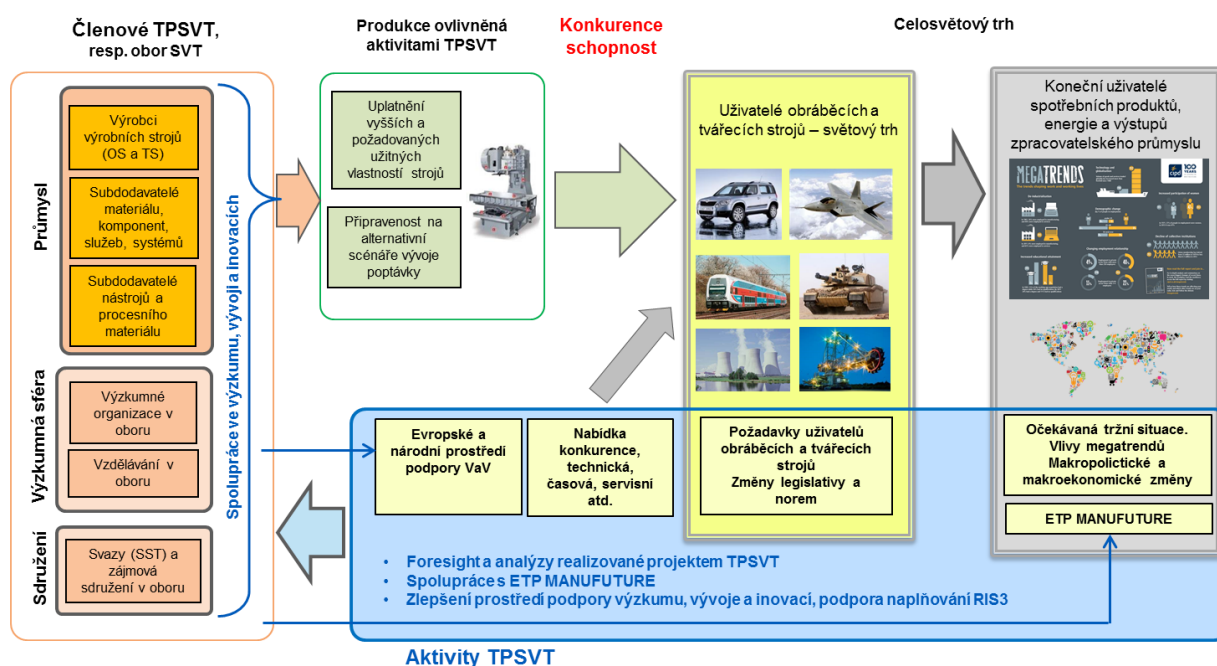
## 6.6 Scénáře budoucnosti

Z hlediska scénářů budoucnosti oboru strojírenská výrobní technika je třeba sledovat celý kontext, ve kterém tento obor pracuje, prosperuje nebo klesá s produkcí. Hlavními cíli TPSVT jsou 1. Udržení a posílení konkurenceschopnosti průmyslové produkce oboru v měřítku Evropy i světa a 2. Zvýšení intenzity společných výzkumných, vývojových a inovačních aktivit mezi oborovými podniky a výzkumnými organizacemi. V principu oba tyto cíle směřují ke zlepšení konkurenceschopnosti v konkrétním oboru TPSVT a svými sideefekty k dalším pozitivům pro stát a společnost.

Hlavním smyslem existence oboru strojírenské výrobní techniky, tedy firem a lidí v tomto oboru zainteresovaných, je prosperovat a svými výstupy sloužit jiným oborům a odvětvím. Prosperita má řadu kladných efektů: a) umožňuje firmám generovat zisk a získávat tak finanční prostředky, které investují do rozvoje a inovací svých produktů a služeb; b) umožňuje odvádět státu daně, a tím prospívat společnosti, minimálně České republice a Evropské unii; c) umožňuje udržovat nebo zvyšovat zaměstnanost. Prosperita průmyslových podniků má řadu dalších kladných efektů - tyto jsou však zásadní.

Prosperitu je možné zajistit v tržním prostředí, ve kterém naše podniky, podniky TPSVT, působí, výhradně prostřednictvím vysoké míry konkurenceschopnosti. Vysoká konkurenceschopnost představuje stav, kdy jsou produkty a služby určité společnosti nebo souboru společností, popřípadě celého oboru, prodávány se ziskem na trhu místo produktů a služeb ostatních soupeřů na trhu, tedy konkurentů. V následujícím textu užíváme pojem trh, jako pojem pro globální, celosvětový trh, neboť většina produkce podniků TPSVT je uplatňována v zahraničí.

Konkurenceschopnost produktu, podniku nebo oboru je ovlivňována řadou faktorů. Nejvýznamnější z těchto faktorů krátce charakterizujeme pomocí uvedeného schématu aktivit TPSVT a současně vymezujeme roli a hodnotíme význam výzkumu, vývoje a inovací pro zvyšování konkurenceschopnosti.





Z hlediska megatrendů a makroekonomiky je obor SVT v ČR naprosto jednoznačně určován a řízen celosvětovou spotřebou výrobních strojů a velmi významným vlivem je spotřeba produkce strojů z ČR v Německu. Produkce strojírenské výrobní techniky vždy velmi úzce kopíruje celkový růst nebo pokles ekonomiky, ale dosahuje lokálně vždy vyšších extrémů pozitiv i negativ. Vzhledem ke geopolitickému určení ČR jako integrální součásti evropské unie, jsou budoucí scénáře vývoje prosperity oboru SVT určovány zásadně ekonomickou situací EU.

V následujícím vycházíme ze dvou hlavních scénářů vývoje EU z hlediska znalostí a inovací, které jsou zpracované na úrovni Evropské komise v dokumentu *The Knowledge Future: Intelligent policy choices for Europe 2050*.

### 6.6.1 Scénář 1 - Rostoucí a úspěšná Evropa

Je to rok 2050 a Evropa a její znalostní ekonomika jsou konkurenceschopné. Klastry dobře financovaných, mezinárodně uznávaných univerzit prosperují v mnoha významných a rostoucích evropských městech, v silných partnerstvích s regionálními institucemi. Vzdělání je "in"; nikdy předtím tolik lidí od učitelů tolik nevyžadovalo: nové dovednosti, nová pracovní místa, nová schopnost vyrovnat se s rychlými změnami, nové perspektivy pro vedení plného života - od kolébky až po hrob. Tento rostoucí požadavek na kontinuální vzdělávání vyvolal novou efektivitu: moduly kurzů sdílené v rámci univerzitních klastrů, výuka založená na online a umělé inteligenci, specializace v rámci veřejných i soukromých institucí. Vzdělávací hry, na kterých vynikají evropští designéři, představují obrovský segment trhu. V podnikání je nyní dominantním způsobem otevřená inovace: nadnárodní společnosti, malé a střední podniky, univerzity a mnoho nových aktérů - nadace, nevládní organizace, jednotlivci (mnoho důchodců) - spolupracují na rychle se měnících globálních sítích při řešení globálních problémů. Evropské mega-města, s jejich jedinečným smyslem pro identitu a zapojení komunit, jsou zaměřením na inovace; "Originál Paříž" - nebo Varšava či Atény - se stal novým druhem světové značky. Mezitím automatizační a datově náročná věda změnila povahu výzkumu. Přesunuli jsme se z otevřené vědy do radikálního otevřeného přístupu: všichni noví herci se vrhnou do výzkumné hry, zejména v astronomii, ekologii, klimatu a dalších oblastech, které přitahují silný veřejný zájem. Evropské výzkumné infrastruktury jsou nové katedrály této vědy: otevřené všem, podporované všemi. Přední vědecké obory jsou konkurenceschopné, celoevropské záležitosti vedená rozšířenou Evropskou radou pro výzkum, zatímco regionální rozdíly v inovačních kapacitách jsou řešeny prostřednictvím samostatně spravovaných fondů pro regionální rozvoj. Instituce EU jsou obecně posíleny; protože regiony a města se staly důležitějšími - rostoucími evropskými laboratořemi demokracie - takže se zvýšila koordinační role institucí EU. Nadměrné vyhýbání se daňovým povinnostem je zkroceno, čímž se posilují veřejné pokladny všude. Evropa kdysi produkovala 30% světových myšlenek, a přestože se Asie v tomto odvětví vyvinula, Evropa se drží nejen na starých hodnotách, dokonce se dnes blíží k 40%. Mnoho průmyslových odvětví je konkurenceschopných a je založeno na zdravých malých a středních podnicích. Její univerzity jsou silné, občané se naplnění - dodržují se základní hodnoty, jako je rovnost, otevřenost, sociální začlenění a odpovědnost za životní prostředí.

#### **Co se stane, pokud věci půjdou v roce 2050 správně? Pozitivní výhled - stručná rekapitulace**

Je to rok 2050 a díky kombinaci štěstí a dobré politiky došlo k několika správným věcem. Evropa a její znalostní ekonomika jsou konkurenceschopné na světových trzích; sociální napětí se zmenšilo, jelikož přínosy inovačního růstu (technologického a sociálního) se rozšiřují rovnoměrněji; znalostní trojúhelník je živ a zdravý.

Od roku 2015 došlo ke změně politického klimatu. Vzhledem k narůstající mezinárodní konkurenci, nedostatkům veřejných financí a narušujícím technologiím většina lidí podporuje evropskou spolupráci: Lepší, viset dohromady, než odděleně. To znamená více spolupráce na úrovni EU týkající se zdanění nadnárodních společností, koordinace výzkumu a regionálního rozvoje a vzdělávání občanů. Veřejné finance jsou nadále pod



tlakem, ale lepší koordinace regulace a pobídek mobilizovala více soukromého kapitálu než kdykoli předtím, aby pomohl financovat výzkum, vzdělávání a inovace. Znalostní trojúhelník těží z udržitelného evropského růstu a přispívá k němu.

Jádrem evropské znalostní ekonomiky jsou klastry dobře financovaných, mezinárodně uznávaných univerzit v některých významných evropských městech, v silných partnerstvích s regionálními institucemi. Rostoucí poptávka po kontinuálním vzdělávání a rekvalifikaci vedla k nové efektivitě: moduly kurzů sdílené v rámci univerzitních klastrů, výuce založené na online a umělé inteligenci, specializaci v rámci institucí, veřejné i soukromé. Inovace je často otevřená; nadnárodní společnosti, malé a střední podniky, univerzity a další aktéři, včetně občanů, spolupracují na rychlé výměně globálních sítí za účelem řešení globálních problémů. Výzkum je více než kdy jindy evropskou silnou stránkou: Přední vědecké obory jsou konkurenceschopné, celoevropské záležitosti vedená rozšířenou Evropskou radou pro výzkum, zatímco regionální rozdíly v inovačních kapacitách jsou potlačeny prostřednictvím samostatně spravovaných fondů pro regionální rozvoj.

Stručně řečeno, věci vzhlížejí. Evropa kdysi produkovala 30% světových myšlenek, a přestože se Asie v tomto odvětví vyvinula, Evropa se drží nejen na starých hodnotách, dokonce se dnes blíží k 40%. Mnoho průmyslových odvětví je konkurenceschopných a je založeno na zdravých malých a středních podnicích. Jejich univerzity jsou silné, občané se naplnění - a dodržují se základní hodnoty, jako je rovnost, otevřenost, sociální začlenění a odpovědnost za životní prostředí.

## 6.6.2 Scénář 2 - Selhávající a neúspěšná Evropa

Je to rok 2050 a Evropa je obětí megatrendů mimo svou kontrolu. Automatizace a globalizace způsobily masovou nezaměstnanost, sociální vyloučení a nespokojenost. Servisní boty, strojové učení, všudypřítomné snímání - co zbývá lidem dělat? Nerovnost je vyšší než kdy jindy; nová kreativní pracovní místa se neustále vyvíjejí z nových technologií, ale jsou určena pouze pro málo kvalifikovaných. Politicky se Evropa rozpadla do koalice bohatých a chudých regionů s minimální koordinací. Severní oblouk zachoval volný pohyb zboží, služeb a lidí; ostatní části Evropy jsou izolované. Nadnárodní společnosti a bohatí jednotlivci využívají globální trhy a digitální technologie k vyloučení daní. Veřejné pokladny jsou ochuzené; a univerzity a laboratoře silně závislé na soukromém financování - což znamená, že nové nápady a talenty jsou řízeny bohatými a mocnými. Několik velkých univerzit dominuje; mnoho slabších regionálních univerzit se uzavřelo nebo sloučilo. Automatizace se také rozšířila do vzdělávacího systému, on-line certifikace jsou normální a začínají se objevovat rozšiřující se kognitivní technologie - nachází výhodu u velkých společností, které chtějí rychlé a levné absolventy. Vědci, kteří se věnují výzkumu, jsou v horké poptávce - často najatými nadnárodními společnostmi v podobě věčného "poradenství bez hranic." Tyto společnosti, na které se veřejné laboratoře a univerzity spoléhají pro velké finanční prostředky, mají brzký přístup k reálným objevům a využívají svůj vliv řízení zbývajících veřejných prostředků na své projekty; to je to, co děláme pro práci a růst, tvrdí. Asijský výzkum je nyní silnější a zaujaté USA uvrhly nové obchodní překážky pro Evropu. Mobilita se snižuje. Několik evropských společností je bohatých a dostatečně inteligentních, aby zůstalo globálními šampiony; ale celkově se ekonomická základna Evropy vytratila a nemnoho inovátorů, které její univerzity produkují, se rychle přesouvají do zahraničí. Inovace je bez hranic; dodavatelské řetězce se rychle formují a rozšiřují - čímž je dlouhodobý regionální rozvoj složitější než kdy jindy. Evropa se dívá dovnitř, bojí se budoucnosti a své hodnoty postupně zdiskredituje.



## **Co se stane, pokud uděláme špatná rozhodnutí? Dystopický pohled na rok 2050 - stručná rekapitulace**

Je to rok 2050 a evropská schopnost inovovat, vzdělávat a zkoumat je v úpadku. Příčina: neschopnost, v první polovině století, být vůdcem spíše než obětí globalizace, technologií a demografických megatrendů. Dvě generace nečinnosti, smůly a špatných rozhodnutí si vybrali svou daň. Počet obyvatel Evropy je nyní méně než 10% celosvětových 9 miliard a jejich podíl na celosvětovém HDP je 15%.

Politicky se Evropa rozpadla do koalice bohatých a chudých regionů s minimální koordinací. Severní oblouk zachoval volný pohyb zboží, služeb a lidí; jiné části Evropy jsou roztrženy. Nadnárodní společnosti a bohatí jednotlivci využívají globální trhy a digitální technologie k vyloučení daní. Veřejné pokladny jsou ochuzené; univerzity a laboratoře jsou silně závislé na soukromém financování - nové myšlenky a talenty jsou řízeny bohatými a mocnými.

Několik velkých univerzit dominuje; mnoho slabších regionálních univerzit se uzavřelo nebo sloučilo. Několik evropských společností je bohatých a dostatečně inteligentních, aby zůstali globálními šampióny, a to především schopností ovládat nové globální hodnotové řetězce ve zdravotnictví, dopravě a strojírenství; ale obecně je ekonomická základna Evropy vyčerpána a několik málo inovátorů, které její univerzity produkují, se rychle přesouvají do Pekingu, São Paolu, Lagosu, Singapuru nebo Bostonu. Automatizace se přesunula mimo fyzické úkoly do vytváření a využívání znalostí; a s ostatními oblastmi světa, které vedou a ovládají tyto technologie, se miliony Evropanů stanou nezaměstnaní a potýkají se s obtížemi. Pro dominantní nadnárodní společnosti je Evropa nyní "outsourcée", spíše než outsourcer; většina evropských společností nepochopila novou globální ekonomiku.

Tam, kde Evropa kdysi vyráběla 30% všech nových myšlenek na světě, nyní bojuje o výtěžek alespoň poloviny. Dívá se dovnitř, bojí se budoucnosti a své hodnoty - jako je svoboda jednotlivců, rovnost, otevřenost, sociální zabezpečení - postupně zdiskredituje.





## 7 PROAKTIVITA - doporučení

V první části foresightu Ukotvení tématu jsme identifikovali a charakterizovali hlavní drivery, které ovlivňují prostředí Strojírenské výrobní techniky ze všech hledisek lokálních i globálních. V rámci explorační byly charakterizovány megatrendy technologické (KETs), znalostní (EU knowledge future 2050) i z hlediska autority pro průmyslové strategie MANUFUTURE. S vrcholnými představiteli významných podniků vytvářejících obor strojírenská výrobní technika bylo provedeno dotazníkové šetření a následná rozprava s cílem identifikovat nejvýznamnější odborná témata hodná zřetel, proto, abyhcom byli schopni zajistit nejvyšší možné tempo inovací a růstu hlavních užitečných vlastností výrobních strojů. Předpokládané scénáře budoucnosti se kterými pracujeme jsou dva krajní scénáře popsány v dokumentu Evropské komise EU knowledge future 2050. Jasným zájmem podniků a organizací sdružených v TPSVT je udržení a posílení konkurenceschopnosti oboru a zajištění jeho prosperity. Z tohoto důvodu je proaktivní strategie TPSVT plynoucí jako závěr technologického foresightu zaměřena jednoznačně na posílení scénáře 1. - Rostoucí a úspěšné Evropa.

Na základě jednání pracovní skupiny 20 zástupců ze 14 významných oborových podniků a firem ve spolupráci s experty RCMT a TPSVT vzešla následující stanoviska a doporučení pro budoucí inovace, výzkum a vývoje.

### 7.1 Doporučené komerční trendy významné pro zvládnutí a naplnění v období 2018-2025

Shrnutí trendů a některých trendů transformovaných na standardy v oboru SVT, které v současnosti hrají hlavní roli a jejich zvládnutí má vysoký potenciál pro posílení konkurenceschopnosti oboru a firem:

1. **Lepší SW podpora pro uživatele**
2. **Rozšiřování multifunkčnosti strojů a stavebnicovosti.**
3. **Rozdělování produkce na levné a na customizovatelné stroje.**
4. **Stále více se uplatňuje robot jako "pomocník"**
5. **Téma energetické spotřeby motivováno jasně ekonomicky, u těžkých strojů se neřeší.**
6. **Kvalitní průmyslový design samozřejmostí a to ve všech velikostech strojů.**
7. **Nabídnout vždy něco v základních tématech přesnosti a výkonu obrábění.**
8. **Aditivní technologie rostou na významu a zařadili se do Machine Tools**
9. **Komponenty strojů zůstávají stejné, ale zvyšují se se jejich detailní vlastnosti, spolehlivost a životnost.**
10. **Téma Industry 4.0 nyní v oblasti Machine Tools svádí k marketingu i k racionálnímu uplatnění.**

Odborný, technický vývoj v oboru ukazuje, že hlavním cílem výrobců všech typů výrobních strojů je zajistit zákazníkovi, aby mohl vyrobit dílec v požadované přesnosti a jakosti co nejproduktivněji. Pro dosažení cenově efektivního řešení kompletní výrobní technologie jsou používány především tyto hlavní technické trendy: **multifunkčnost strojů, automatizace, růst inteligence strojů, postprocesní kontrola obrobků, interakce stroje s obsluhou**. Tyto technické trendy jsou doplněny specifickými prodejními strategiemi jednotlivých firem.

## 7.2 Doporučená konkrétní témata výzkumu, vývoje a inovací pro řešení v období 2018-2025

V kontextu českých výrobců strojírenské výrobní techniky, resp. významných oborových firem je možné analyzovat, která z dílčích oborových výzkumných témat (formulovaných v oborovém IAP) je možné považovat za nejperspektivnější pro zvládnutí naplňování hlavních lokálních i megetrendů. Při významném zjednodušení lze pro přehlednost formulovat, že nejvýznamnějšími tématy výzkumu a vývoje pro naplnění stávajících hlavních trendů jsou:

- **Konstrukce se zvýšeným tlumením vibrací**
- **Virtuální modely strojů a obrábění**
- **Analýza rizik při provozu strojů**
- **Nové strategie pro zvýšení přesnosti dráhového řízení**
- **Predikce teplotních deformací stroje a jejich kompenzace**
- **Jednoduchá a bezpečná obsluha obráběcích strojů**

| Významnost pro firmy TPSVT (bodování) | Téma vývoje a výzkumu                                          | Směr vývoje a výzkumu                                            | Oblasti VaV                                   |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 4                                     | (T24) Konstrukce se zvýšeným tlumením vibrací                  | Tlumení a potlačování vibrací obráběcích strojů                  | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura  |
| 4                                     | (T29) Virtuální modely strojů a obrábění                       | Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií         | Matematické modely strojů a jejich verifikace |
| 4                                     | (T37) Analýza rizik při provozu strojů                         | Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím                  | Spolehlivost a bezpečnost                     |
| 4                                     | (T42) Nové strategie pro zvýšení přesnosti dráhového řízení    | Nové koncepce strojů a pohonů                                    | Řízení a mechatronika                         |
| 4                                     | (T48) Predikce teplotních deformací stroje a jejich kompenzace | Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů | Teplotně-mechanické chování                   |
| 4                                     | (T55) Jednoduchá a bezpečná obsluha obráběcích strojů          | Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím                  | Samostatnost a jednoduchost                   |
| 3                                     | (T09) Stabilita řezného procesu při víceosém obrábění          | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                    | Výkon obrábění                                |
| 3                                     | (T17) Multifunkční stroje                                      | Optimální stavba obráběcích strojů                               | Koncepce strojů a pohonů                      |



|   |                                                                                                                              |                                                               |                                               |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 3 | (T31) Modely mechanické stavby OS pro optimalizační úlohy                                                                    | Optimální stavba obráběcích strojů                            | Matematické modely strojů a jejich verifikace |
| 3 | (T33) Snižování energetické náročnosti obráběcích strojů                                                                     | Ecodesign obráběcích strojů a šetrné využití zdrojů ve výrobě | Ecodesign                                     |
| 3 | (T36) Analýza rizik při konstrukci strojů                                                                                    | Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím               | Spolehlivost a bezpečnost                     |
| 3 | (T38) Rozvoj automatizace a bezobslužnosti výroby                                                                            | Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím               | Automatizace a bezobslužnost                  |
| 3 | (T40) Přídavné odměřovací systémy u obráběcích strojů                                                                        | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti | Řízení a mechatronika                         |
| 3 | (T46) Kompenzace nepřesností víceosých frézovacích center                                                                    | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti | Řízení a mechatronika                         |
| 2 | (T22) Zvyšování přesnosti stavby strojů                                                                                      | Optimální stavba obráběcích strojů                            | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura  |
| 2 | (T25) Nekonenční materiály pro obráběcí stroje                                                                               | Nekonenční materiály ve stavbě obráběcích strojů              | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura  |
| 2 | (T35) Bezpečnost, spolehlivost a kvalita strojních uzlů a komponent                                                          | Interakce obráběcích strojů s obsluhou a okolím               | Spolehlivost a bezpečnost                     |
| 2 | (T41) Odměřování polohy středu nástroje a jeho integrace do řízení                                                           | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti | Řízení a mechatronika                         |
| 2 | (T52) Bezdrátová senzorika                                                                                                   | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti | Monitorování a diagnostika                    |
| 1 | (T03) Optimalizace řezného procesu                                                                                           | Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií      | Řezný proces                                  |
| 1 | (T04) Modelování a sledování řezného procesu včetně optimalizace zatížení nástroje zdokonalenými experimentálními technikami | Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií      | Řezný proces                                  |
| 1 | (T06) Výzkum vhodných řezných podmínek pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů                                             | Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií      | Řezný proces                                  |
| 1 | (T08) Matematické modelování pro návrh technologie výkonného obrábění                                                        | Virtuální obrábění pro optimalizaci strojů i technologií      | Výkon obrábění                                |
| 1 | (T11) Metody tvorby postprocesorů pro víceosé NC stroje                                                                      | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                 | NC programování                               |
| 1 | (T12) Simulace a verifikace NC programů                                                                                      | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                 | NC programování                               |
| 1 | (T13) Optimalizace NC kódu                                                                                                   | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                 | NC programování                               |
| 1 | (T14) Výzkum speciálních problémů výroby tvarově složitých obrobků                                                           | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                 | NC programování                               |
| 1 | (T19) Nekonenční koncepce strojů a pohonů pohybových os                                                                      | Nové koncepce strojů a pohonů                                 | Koncepce strojů a pohonů                      |
| 1 | (T23) Unifikace komponent a metody pro jejich výběr                                                                          | Optimální stavba obráběcích strojů                            | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura  |



|   |                                                                                                                        |                                                                          |                                                              |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 | (T26) Predikce vlastností dílců obráběcích strojů z nekonvenčních materiálů                                            | Nekonvenční materiály ve stavbě obráběcích strojů                        | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura                 |
| 1 | (T27) Technologické postupy pro zpracování nekonvenčních materiálů pro stavbu obráběcích strojů a jejich komponent     | Nekonvenční materiály ve stavbě obráběcích strojů                        | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura                 |
| 1 | (T28) Vývoj technických prostředků pro zvyšování řezných rychlostí nástrojů malých průměrů pro frézování               | Maximalizace výkonu a jakosti řezného procesu                            | Komponenty, skupiny a hlavní nosná struktura                 |
| 1 | (T30) Monitorování zátěžných spekter pohonů a vřeten                                                                   | Optimální stavba obráběcích strojů                                       | Matematické modely strojů a jejich verifikace                |
| 1 | (T32) Moderní výpočtové a návrhové postupy nosných struktur a pohonů                                                   | Optimální stavba obráběcích strojů                                       | Matematické modely strojů a jejich verifikace                |
| 1 | (T34) Ecodesign – Snižování spotřeby materiálu a řešení otázky likvidace OS                                            | Ecodesign obráběcích strojů a šetrné využití zdrojů ve výrobě            | Ecodesign                                                    |
| 1 | (T43) Adaptivní řízení pohonů s kompenzací dynamiky stroje a odchylek polohy nástroje                                  | Nové koncepce strojů a pohonů                                            | Řízení a mechatronika                                        |
| 1 | (T44) Potlačování vibrací s využitím nestandardních softwarových i hardwarových prostředků a řízeným rozbíháním pohonů | Tlumení a potlačování vibrací obráběcích strojů                          | Řízení a mechatronika                                        |
| 1 | (T47) Eliminace tepelných deformací obráběcích strojů pomocí inteligentního řízení chlazení                            | Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů         | Teplotně-mechanické chování                                  |
| 1 | (T49) Měření a kompenzace deformací vřetene a nástroje                                                                 | Kompenzace a minimalizace teplotních deformací obráběcích strojů         | Teplotně-mechanické chování                                  |
| 1 | (T50) Monitorování funkcí a vlastností stroje                                                                          | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti            | Monitorování a diagnostika                                   |
| 1 | (T51) Bezsenzorová diagnostika                                                                                         | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti            | Monitorování a diagnostika                                   |
| 1 | (T53) Pokročilé vyhodnocování signálů                                                                                  | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti            | Monitorování a diagnostika                                   |
| 1 | (T54) Zdokonalení vzdálené diagnostiky a zajištění bezpečnosti při provádění testů na dálku                            | Nové odměřovací systémy pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti            | Monitorování a diagnostika                                   |
| 1 | (T57) Inteligentní obráběcí stroje                                                                                     | Nové koncepce strojů a pohonů                                            | Samostatnost a jednoduchost                                  |
| 1 | (T75) Konstrukční řešení nových a zlepšování technických parametrů stávajících stojanů velkých mechanických lisů       | Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů | Stroje a zařízení pro kusovou nebo malosériovou výrobu       |
| 1 | (T76) Zmenšování energetické náročnosti mechanických lisů                                                              | Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů | Stroje a zařízení pro kusovou nebo malosériovou výrobu       |
| 1 | (T81) Studium možnosti využití nekonvenčních materiálů v konstrukci tvářecích strojů                                   | Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů | Stroje a zařízení stavěné s využitím nekonvenčních materiálů |
| 1 | (T84) Stojany lisů z ocelí o vyšší pevnosti                                                                            | Vývoj nových a inovace stávajících konstrukčních řešení tvářecích strojů | Stroje a zařízení stavěné s využitím nekonvenčních materiálů |



## 7.3 Doporučená odborná témata z přechodové oblasti KETs a aktuálních trendových témat pro zvládnutí v dlouhodobé perspektivě 2020-2030

Z výsledků průzkumu ve firmách je patrný značný význam témat: **digitalizace, simulování, software, optimalizace výrobních procesů, pokročilé senzorky, využívání digitálních dvojčat strojů a technologií, aditivních technologií a nových a speciálních aplikací robotů**. V těchto tématech je nejvýhodnější budoucí dlouhodobé investování do inovací, výzkumu a vývoje produktů a technologií.

Konkrétní významná odborná témata pro řešení seřazená od nejdůležitějších po méně významná:

- ICT Informační a komunikační technologie - Softwarové nástroje, například CAD, CAM, řídicí systémy pro různý hardware
- Výrobní procesy - Optimalizace výrobních procesů
- Elektronika pro výrobu - Inteligentní a logické systémy, např. řídicí jednotky
- Modelování a simulace - Simulační software pro např. multi-parametrické simulace technologických procesů
- Elektronika pro výrobu - Elektronika pro vnitřní procesy, systémy a senzorové systémy
- Elektronika pro výrobu - Optimalizace spotřeby energie v elektronice, např. snížení spotřeby elektrické energie
- Výrobní procesy - Servis, např. prediktivní údržby, přestavitelné výrobní systémy, atd.
- Modelování a simulace - Vizualizace, rozšířená realita
- Modelování a simulace - Optimalizace procesů založená na jejich průběžné simulaci
- Modelování a simulace - Modely pro kontrolu a údržbu
- Výrobní procesy - Aditivní výroba, např. 3D tisk
- Robotika - Doplnky robotů (unašeče, polohovadla) a modelace robotů pro speciální aplikace například v biotechnologie, kontrole jakosti, atd.
- ICT Informační a komunikační technologie - Zabezpečení dat, např. cloud computing, otevřené platformy, atd.
- Modelování a simulace - Virtuální uvedení do provozu, např. hardware-in-the-loop (HIL)
- ICT Informační a komunikační technologie - Analýza dat, např. zpracování velkých objemů dat analytika, umělá inteligence
- Elektronika pro výrobu - Přenos dat, např. WLAN
- Robotika - Servisní a výrobní oblasti, např. roboty pro údržbu, čištění, atd.
- Robotika - Kolaborativní roboty, pro např. člověk - robot pro výrobní spolupráce
- Robotika - Autonomní mobilní systémy, např. samo se učící roboty, cloud robotika



## 7.4 Doporučená nejbližší globální strategie blízka zájmům oboru SVT v ČR

Nejbližší globální strategie na úrovni kontextu Evropy, ke které jsou zájmy TPSVT afinní je strategie MANUFUTURE, resp. strategie plynoucí z širší práce a jednání ETP Manufuture. Konkrétně lze považovat za významné pro obor TPSVT v ČR následující postoje:

Evropský výrobní sektor v reakci na současné probíhající megatrendy musí projít strukturální transformací směrem k udržitelné globální konkurenceschopnosti. To obnáší mimo jiné vytvoření udržitelné ekonomiky z minimálními dopady na životní prostředí a vytvoření udržitelného sociálního prostředí. Pro dosažení těchto cílů je nutno koordinovat výzkumné a vývojové aktivity, které se setkávají s výzvami a příležitostmi v následujících technologických oblastech:

- pokročilé výrobní procesy a technologie včetně mechatroniky, pokročilých výrobních systémech a robotizace
- informační a komunikační strategie
- výrobní strategie
- modelování a simulace s využitím zkušených zaměstnanců
- prediktivní metody a nástroje

### 7.4.1 Vize 2030:

Na základě současných platných megatrendů ve výrobě, ale i sociální, ekonomické a environmentální sféry jsou v současné době ve výrobním sektoru diskutována aktuální dlouhodobá paradigma pro potřebnou transformaci evropského výrobního prostředí, shrnuté do Vize 2030, jakožto jednoho z klíčových dokumentů EFFRA.

V rámci této Vize jsou stanoveny následující body, vedoucí k potřebné transformaci:

Výroba a příroda:

- nutné snížení závislosti na materiálových zdrojích
- udržitelnost ve využití zdrojů, výrobních procesů a pracovníků
- snížení využití nedostatkových surovin ve výrobě a produktech

Výroba v sousedství:

- výroba v dostupné vzdálenosti od obydlí – v blízkosti měst a v krátké dojezdové době
- Výroba integrovaná a akceptovaná v oblastech, kde žijí lidé

Kolaborativní výroba:

- vysoce konkurenční distribuovaná výroba – schopnost rychlé adaptace výroby a reakce na požadavky zákazníků
- vysoká přizpůsobivost zákaznickým požadavkům (highly customized production)





- zvyšování kolaborativní výroby složitých produktů a tím zvyšování jejich přidané hodnoty

#### Lidé a výroba:

- přívětivější propojení lidí a strojů – strojní rozhraní, simulační rozhraní a vizualizace dat a procesů
- diverzifikace výroby a činnosti pro pracovníky s různým stupněm znalostí, zkušeností a věku
- rovnováha mezi pracovním procesem a volným časem pracovníků – flexibilní pracovní doba, dojezdové vzdálenosti a další
- rozvoj znalostí pracovníků a řízení lidí

Uvedená paradigmaty pak znamenají pro sektor výrobní techniky **následující priority ve výzkumu a vývoji výrobní techniky:**

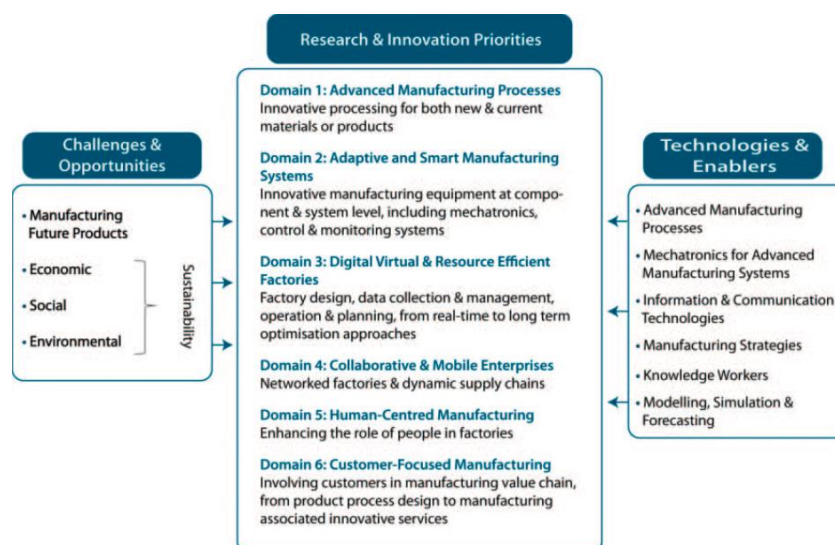
- pokročilé výrobní procesy
- flexibilní a chytré výrobní systémy
- digitalizace, virtualizace a efektivní využití zdrojů ve výrobě
- kolaborativní podniky
- výroba zaměřená na zákaznické úpravy

Výzkumné a vývojové aktivity, vycházející z uvedených priorit, by se měly zaměřit na následující měřitelná a hodnotitelná kritéria v následujících výrobních výzvách a příležitostech:

- výroba pokročilých produktů s výhledem pro vstup na nové trhy
- ekonomická udržitelnost výroby – kombinace vysoké kvality a produktivity s ekonomicky efektivní výrobou, založenou na rekonfigurovatelnosti, adaptabilitě pro malo-sériovou výrobu s akceptovatelnými ekonomickými ukazateli
- sociální udržitelnost – vhodné propojení zkušeností pracovníků a technologie výroby
- environmentální udržitelnost výroby – snížení spotřeby zdrojů a odpadu ve výrobě

Pro dosažení uvedených paradigmat, priorit a kritérií je pro výrobní podniky budoucnosti vhodné využít znalosti a postupy v následujících klíčových oblastech:

- pokročilé výrobní procesy a technologie
- mechatronika pro pokročilé výrobní systémy včetně robotiky
- informační a komunikační technologie
- výrobní strategie
- využití znalostí pracovníků
- modelování, simulace a další prediktivní metody a nástroje



*Základní schéma výzkumných a inovačních priorit.*

## 7.4.2 Jednotlivé priority ve výzkumu a vývoji

### Pokročilé výrobní procesy

Výrobky, které budou vznikat v blízké budoucnosti, budou stále více komplexní. Z tohoto důvodu budou rovněž růst nároky na schopnosti strojních zařízení vytvářet takto složité struktury. A to při minimalizaci zvýšených nákladů. Mikro a nano výroba bude navíc vyžadovat nové specifické přístupy k adaptabilitě, strojní inteligenci a škálovatelnosti výroby.

Bude nutné získat znalosti pro zpracování nových materiálů a struktur. Dále bude vyžadována schopnost výroby a skládání produktů z více různých pokročilých materiálů při zvyšování celkové kvality povrchu produktů.

Dále se budou zvyšovat tvarové a geometrické složitosti produktů. A to jak v makro velikostech, tak i v mikro a nano velikostech. Zároveň porostou nároky na hromadnou výrobu takto inovovaných produktů.

S tím souvisí předpoklad vzniku nových obchodních modelů a strategií, které budou integrovat jak odebírání, tak i přidávání materiálů. S tím se budou měnit také nároky na dodavatelské řetězce.

### Flexibilní a chytré výrobní systémy

V oblasti chytrých výrobních systémů budou kladeny nároky na vývojové aktivity zahrnující nové způsoby výroby jednotlivých dílů i celků, rozvoj mechatroniky, řídicích a monitorovacích systémů.

Jedna z rychle se rozšiřujících oblastí je oblast flexibilních a rekonfigurovatelných robotů. Tito roboti budou vybaveni schopností autonomního rozhodování a spolupráce pro podporu vysoce kustomizované výroby. Tím bude zvýšena rychlost reakce na požadavky trhu.

Dále budou rozvíjeny kognitivní funkce robotů a výrobních systémů tak, aby podpořily zvýšení spolupráce na úrovni výrobní haly v dalšími výrobními systémy a pracovníky. S tím souvisí rozvoj celého odvětví člověk-robot z pohledu bezpečnosti a spolupráce.



Budou vznikat nové mechatronické struktury a konstrukce strojů přizpůsobené robotickému prostředí a vysoce efektivní výrobě s minimalizací využití zdrojů ve výrobě. S tím bude souviset také vývoj vybavení pro vysoce přesnou a opakovatelnou výrobu. Toho bude dosaženo také vývojem a aplikací nových pokročilých materiálů.

### **Digitalizace, virtualizace a efektivní využití zdrojů ve výrobě**

Tato oblast pokrývá zvyšující se nároky na funkčnost výrobních hal a celků a také rozvoj sběru dat a sensoriky pro sledování systémů. Výrobní podniky budou více a více složité a vzájemně propojené. S tím rovněž poroste jejich finanční náročnost, distribuovaný management.

Základními znaky nových systémů bude jejich schopnost rychlé rekonfigurace, vysoké dynamiky výroby a zároveň pokročilého monitoringu a údržby.

Vysoký stupeň digitalizace umožní nové způsoby řízení výroby využitím digitálních modelů, zahrnující v sobě nelineární chování, interakci jednotlivých částí a pokročilý monitoring, který umožní sbírat a vyhodnocovat data na makro i mikro úrovni. Díky tomu bude možné vyhodnocovat velice rychle klíčové sledované faktory a parametry a pružně na ně reagovat.

Výrobní systémy, navržené podle inovativních principů a v nových funkčních strukturách budou více efektivní, méně energeticky náročné a zároveň bezpečnější. Paralelně probíhající podpůrný legislativní proces sníží náklady na implementaci těchto pokročilých prvků a usnadní jejich rozběh v rámci celých podniků.

### **Kolaborativní podniky**

V oblasti spolupráce podniků se bude rozvíjet dodavatelská síť propojením malých a středních podniků s velkými výrobci. Jedním ze směrů bude vytvoření sítě pro předávání dat, založené na bázi cloudových systémů, s předáváním dat v reálném čase. K tomu bude nutné vytvořit také vizualizaci dat, vhodnou pro rozhodovací procesy. Budou proto více a více zastoupena softwarová řešení pro mobilní platformy, zobrazující technická i obchodní data.

S tím souvisí rozvoj Internetu věcí, kdy budou zařízení propojena do firemních sítí a budou poskytovat data o svém stavu, plánované činnosti a budou schopna vytvářet analytická data.

### **Human-center manufacturing**

Základní tezí této oblasti je přesun od pracovníků s rutinní vykonávanou činností směrem k pracovníkům s pokročilými znalostmi, tzv. knowledge-workers. Cílem je zapojení pracovníků do celého systému podniku tak, aby byli schopni své znalosti uplatnit v celém řetězci činností, předávat znalosti novým pracovníkům a flexibilně reagovat na aktuální situace a požadavky výrobního procesu.

S tím souvisí také nutnost vybavenosti podniků na tuto činnost. Podniku budou mít k dispozici prostředky pro přenos znalostí, e-learningové vybavení a další.

Existují tři klíčové aspekty, které musí být vzaty v úvahu pro pochopení a úspěšnou implementaci knowledge-workers v podnicích:

- jak se lidé učí a jak pracují
- jak lidé interagují s moderními technologiemi
- jak lidé přispívají ve zvýšení hodnoty výroby



## 8 Závěr

Technologická platforma strojírenská výrobní technika v rámci řešení projektu TPSVT III. a aktivity 2. technologický foresight předkládá tuto zprávu s rozbohem stavu, analýzou, popisem možných krajních scénářů vývoje a návrhem doporučení, která jsou proaktivní ve smyslu dosažení maximálně pozitivní budoucnosti (pozitivního scénáře budoucnosti).

Tato verze zprávy je vyhotovena ke konci 18 měsíce projektu TPSVT III. Realizační tým projektu i čelnové TPSVT předpokládají další práci na zdokonalení tohoto Technologického Foresightu do konce řešení projektu TPSVT III. jedna je třeba dále pracovat s existujícími zahraničními strategickými materiály, dále sledovat trendy a novinky ovlivňující prostředí podnikání TPSVT a dále realizovat průzkumy v průmyslových podnicích.

## 9 Zdroje informací

V následujícím uvádíme zdroje informací, ze kterých bylo čerpáno a které budou využity a dále informačně vytěženy ještě v druhé polovině řešení projektu TPSVT III.

- Industry perspectives - 2016 Industrial Manufacturing Trends - Robert Bono, Stephen Pillsbury
- ATKearney - Emerging Market Retailing in 2030
- CECIMO - Reflections on the future by the European machine tool industry (2015)
- CECIMO - Study on COMPETITIVENESS OF THE EUROPEAN MACHINE TOOL INDUSTRY (2011)
- CECIMO - DIGITIZATION CAMPAIGN 2017
- CECIMO - Economic and Statistical Toolbox January 2017
- CECIMO - Economic and Statistical Toolbox September - October 2017
- CECIMO - European Additive Manufacturing Strategy 2017 - Filip Geerts, Vincenzo Renda
- CECIMO - Paving the way for digital transformation in the European machine tool industry 2016 - Filip Geerts, Emir Demircan
- COST Foresight 2030 - Living the Digital Revolution 2009
- Deloitte - A look ahead - How modern manufacturers can create positive perceptions with the US public (2017)
- European Commision - 2035 Paths towards a sustainable EU economy (2015)
- European Commision - EnginEurope - For a thriving European Mechanical Engineering industry in the 21st century 2007
- European Commision - EU Manufacturing Industry: What are the Challenges and Opportunities for the Coming Years 2010
- European Commision - Foresight The Knowledge Future - Intelligent policy choices for Europe 2050 (2015)
- European Commision - Global Europe 2050 (2012)
- European Commision - Innobarometer 2016 – EU business innovation trends
- European Commision (Fraunhofer) - Economic Foresight study on R&D for the European Industry 2012
- European Commision (PWC) - Study on skills related to Key Enabling Technologies (KETs) (2015)
- European Commision (PWC) - Boosting the potential of Key Enabling Technologies (2015)
- Global Trends 2030 - Alternative Worlds (2012)
- KPMG - INDUSTRIAL MANUFACTURING - Megatrends Research (2014)
- McKinsey - Manufacturing the future- The next era of global growth and innovation (2012)
- MForesight - ENSURING AMERICAN MANUFACTURING LEADERSHIP THROUGH NEXT-GENERATION SUPPLY CHAINS (2017)
- MOODYS ANALYTICS - Global Economic Forecasts With Alternative Scenarios
- UNIDO - Emerging trends in global manufacturing industries 2013
- WEF - Technology and Innovation for the Future of Production - Accelerating Value Creation (2017)