



# TEMINĖ APŽVALGA: NAUJI PROCESAI, MEDŽIAGOS IR TECHNOLOGIJOS GAMYBAI

Parengė:

**Agnė Paliokaitė**

**Jelizaveta Baranova**

UAB Visionary Analytics

**Prof. habil. dr. Gintautas Tamulaitis**

Vilniaus Universitetas

Vilnius, 2013-10-14

## TURINYS

SANTRAUKA.....	2
ĮVADAS.....	7
1 IŠŠŪKIS: AUKŠTESNĖS PRIDĖTINĖS VERTĖS IR AUKŠTO FUNKCIONALUMO PRODUKTŲ GAMYBA .....	8
2. IŠŠŪKIS: GAMYBOS PRODUKTYVUMO DIDINIMAS .....	11
3. GLOBALŪS KAITOS VEIKSNIAI .....	12
4. SPECIFINIAI KAITOS VEIKSNIAI .....	14
4.1. Naujų medžiagų savybių panaudojimas .....	14
4.2. Prietaisų, paremtų naujais reiškiniais ar funkcijomis, kūrimas ir diegimas .....	17
4.3. Efektyvus produktų projektavimas .....	18
4.4. Lankstūs ir automatizuoti gamybos procesai .....	21
4.5. Vadybos inovacijos lanksčiai gamybai.....	25
BIBLIOGRAFIJA .....	27

## SANTRAUKA

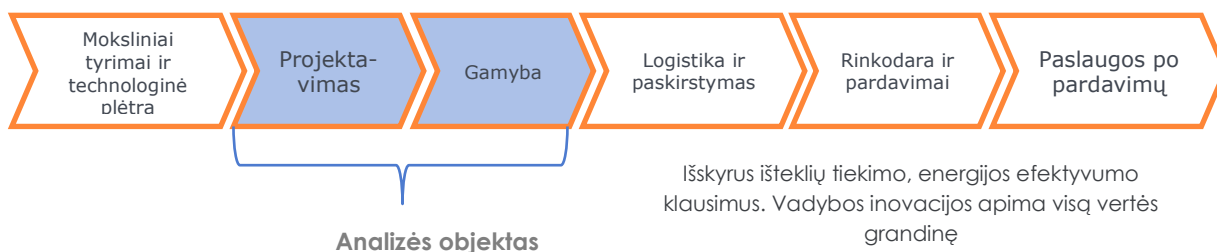
### Tikslas ir metodas

Šios teminės apžvalgos tikslas – įvertinti, kokios ateities technologijų grupės prioritetinėje kryptyje „Nauji procesai, medžiagos ir technologijos gamybai“ leis spręsti kylančius ilgalaikius iššūkius gamybai ir todėl gebėjimas jas vystyti turės esminį poveikį šios krypties konkurencingumui iki 2030 m. Ši apžvalga parengta remiantis Europos Sąjungos (ES) ir tarptautinių organizacijų atliktų prognostinių tyrimų metaanalize ir strateginiais dokumentais. Taip pat ji remiasi pirmajame sumanios specializacijos prioritetų identifikavimo etape atlikta analize<sup>1</sup>. Apžvalgos rezultatai bus naudojami pirmosios ekspertų grupės „Nauji procesai, medžiagos ir technologijos gamybai“ diskusijos metu, siekiant išskirti Lietuvos konkurencingumui didžiausią poveikį iki 2030 m. darysiančias technologijas.

### Analizės objektas

Šioje apžvalgoje analizuojamos technologijos, naudojamos produktų projektavime ir jų gamyboje. Tiekimo grandinės, energijos efektyvumo, rinkodaros ir kitų produkto vertės kūrimo etapų (žr. pav. žemiau) ši apžvalga neapima. Taip pat atskirai nenagrinėjami žmogiškųjų išteklių klausimai. Tačiau pasiūlytos technologijos gali būti taikomos ir kituose produkto vertės kūrimo etapuose, pvz., sutrumpinti tiekimo grandinę, o vadybos inovacijos (nauji verslo modeliai, darbo organizavimas, taupiosios (angl. *lean* arba *Toyota Production System*) sistemos ir kt.) gali apimti visą vertės grandinę.

### Analizės objektas produktų vertės grandinėje



Šaltinis: sudaryta autorių

Gamybos ir projektavimo (įskaitant dizainą) etapai yra glaudžiai susiję – gamybai reikia produktų prototipų (projektų), o patikrinti prototipai vėliau yra diegiami į rinką per masinę gamybą. Todėl įtaką iššūkiams darantys globalūs ir specifiniai kaitos veiksniai neskaidomi pagal iššūkius ir nagrinėjami kartu. Taip pat neišskiriamos medžiagos, technologijos ar procesai, nes dažnai šie elementai yra tarpusavyje susiję (medžiagos yra technologijų dalis, o technologijos taikomos gamybos procesuose).

### Iššūkių, tendencijų ir ateities technologijos bei procesai

Iššūkiu šioje apžvalgoje laikoma pagrindinė problema (arba klausimas), kurią siekiama išspręsti (atsakyti). Sprendimas turėtų leisti pasiekti proveržį atitinkamoje kryptyje ir ženkliai sustiprinti susijusių ekonominių veiklų konkurencingumą. Kaitos veiksnys - tendencija ar faktorius, nuo kurio priklauso kaip (koku būdu) bus

<sup>1</sup> Tarptautinė nepriklausomų ekspertų grupė (2013). Pasiūlymai dėl Lietuvos sumanios specializacijos prioritetinių kryptių. Prieiga per internetą: [http://www.mosta.lt/images/ss/Pasiulymai\\_del\\_Lietuvos\\_sumanios\\_specilizacijos\\_krypciu.pdf](http://www.mosta.lt/images/ss/Pasiulymai_del_Lietuvos_sumanios_specilizacijos_krypciu.pdf), nuo 28 psl.

sprendžiamas iššūkis / problema. Technologija (plačiaja prasme) - galimas problemos sprendimo arba atsakymo į klausimą būdas.

Remiantis ateities tendencijų analize, išskirti du pagrindiniai iššūkiai, aktualūs Lietuvos gamybai: „Aukštesnės pridėtinės vertės ir aukšto funkcionalumo produktų gamyba“ ir „Gamybos produktyvumo didinimas“, kurie apima produkto kūrimo ir jo gamybos etapus. Šiuos iššūkius kuria augantys darbo jėgos ir žaliavų kaštai bei spaudimas užtikrinti greitą, tikslią ir prie individualių poreikių pritaikytą gamybą.

Iššūkyje „Gamyba, užtikrinanti aukštesnę pridėtinę vertę“ įvertinami poreikiai kurti naujus aukšto funkcionalumo produktus bei juos greitai diegti rinkoje. Čia skiriamas didelis dėmesys naujosioms, išmaniosioms medžiagoms. Siūlant sprendimus šiam iššūkiui nėra įtrauktos visos aukštesnės pridėtinės vertės produktų technologijos, taip pat technologijos logistikos grandinei optimizuoti ir energijos efektyvumui didinti, nes joms skirtos kitos kryptys – pvz. maisto technologijų ir agro-inovacijų, sveikatos technologijų ir biofarmacijos, energetikos ir tvarios aplinkos, transporto, logistikos ir e-sistemų.

Iššūkyje „Gamybos produktyvumo didinimas“ įvertinami gamybos procesai ir jų atitikmuo dabartinėms ekonomikos sąlygoms. Šis iššūkis daugiau susijęs su gamybos procesu, gamybos linijų ir įrankių efektyvumu, nei su galutinių produktų kūrimu.

Analizės metu identifikuoti šie specifiniai kaitos veiksniai ir su jais susijusios ateities technologijos (plačiaja prasme):

Kaitos veiksniai	Technologijų grupės
<b>Iššūkis „Aukštesnės pridėtinės vertės ir aukšto funkcionalumo produktų gamyba“</b>	
<b>Naujų medžiagų savybių panaudojimas</b>	<p><b>Anglies elektronika</b> apima medžiagas, sudarytas iš grafeno, anglies nanovamzdelių, deimantų ar jų sluoksnių. Anglies nanovamzdeliai (angl. <i>carbon nanotubes</i>) yra nanometrų skersmens vienasieniai ar daugiasieniai vamzdeliai, sudaryti iš vienasluoksnio anglies atomų tinklo (angl. <i>carbon net</i>), kaip grafene (angl. <i>graphene</i>). Nano-vamzdeliai gaminami taip pat iš silicio, boro nitrido ir kitų medžiagų. Nanovamzdeliai naudojami kurti naujos kartos tranzistoriams ir jais paremtiems elektroniniams grandynams. Mechaniniai prietaisai ir įrenginiai iš kompozitinių medžiagų, pagamintų naudojant nanovamzdelius, yra lengvesni ir mechaniškai atsparesni, nei pasiekta naudojant anglies pluoštą (angl. <i>carbon fiber</i>).</p>
	<p><b>Medžiagos kietakūniams šviesos šaltiniams ir šviesos valdymui</b> (medžiagos puslaidininkiniams šviestukams, netiesiniams optiniams kristalams, fotoniniai kristalai). Pvz., <b>fotonikos terminu</b> (angl. <i>photonics</i>) aukštoiosiose technologijose apibūdinamos šviesos technologijos, išėinančios už klasikinės optikos ribų ir apimanančios šviesą ribotų matmenų dariniuose, netiesinius efektus esant dideliame šviesos intensyvumui ir pan. Šios technologijos leidžia kurti naujus šviesos šaltinius, perduoti informaciją optiniu būdu, sukurti naujus informacijos kaupimo ir apdorojimo įrenginius, medicininius optinius prietaisus, gali būti panaudojamos alternatyviuose energijos šaltiniuose.</p>
	<p><b>Organinė elektronika ir optoelektronika</b> (angl. <i>organic electronics and optoelectronics</i>). Ši technologijų grupė apima naujų tipų polimerines ir smulkiamolekulines organines medžiagas (organinius puslaidininkius ir kitas žemoje temperatūroje apdorojamas medžiagas). Galima išskirti keturias pagrindines taikymo sritis: organiniai šviestukai (angl. OLED), organiniai vaizduokliai (mobiliesiems telefonams, televizoriams ir specializuotiems informacijos vizualizavimo prietaisams), organiniai fotovoltiniai elementai (tikimasi, kad jų pagrindu bus kuriami trečiosios kartos saulės elementai), ir organinė elektronika (tranzistorių iš organinių junginių pagrindu). Šios technologijos jau sparčiai skverbiasi į vaizduoklių, šviesos šaltinių, fotovoltinių elementų ir kitas rinkas.</p>
	<p><b>Biomedžiagos gamybai ir pramoninės biotechnologijos</b>, tikėtina, darys įtaką maisto, chemijos, energijos, vaistų ir tekstilės gamybai. Biotechnologijos panaudojamos gamyboje ir biomedžiagų kūrimo. Pastaruoju metu biotechnologijose</p>

Kaitos veiksniai	Technologijų grupės
	<p>vis daugiau naudojamos nanotechnologijos.</p> <p><b>Išskirtines mechanines savybes turinčios medžiagos</b> (pvz., atsistatančios formos medžiagos, atsikuriančios medžiagos). Pvz., biomimetikos (angl. biomimetics) technologijos taiko biologinių sistemų struktūras ir funkcijas kurti naujas medžiagas ir gamybos įrengimus. Atsikuriančių medžiagų (angl. <i>self-healing materials</i>) technologijos naudojamos gaminti medžiagas, kurios atkuria savo pradinę būseną be išorinės pagalbos. Tokias medžiagas suplėšius arba kitaip deformavus, jos susijungia atgal, vėl suformuodamos vientisą medžiagą be išorinio žmogaus įsikišimo.</p> <p><b>Mažasvorės medžiagos</b> (angl. <i>lightweight materials</i>) yra gaminamos iš metalų lydinių ir kitų medžiagų. Dažniausiai naudojamos mažasvorės medžiagos yra didelio stiprumo plienas, plastikas, aliuminio lydiniai ir anglies pluoštas. Pagrindiniai šių medžiagų vartotojai yra aviacijos, automobilių ir vėjo turbinų pramonės sektoriai.</p> <p><b>Naujos magnetinės medžiagos</b> gali būti naudojamos gamyboje, pavyzdžiui, jutiklių ar aušinimo technologijose.</p> <p><b>Naujų medžiagų rizikos vertinimo technologijos</b>, apimančios visas technologijas, kurios įvertina medžiagų gyvavimo ciklą, atlieka medžiagų srauto analizę (angl. <i>material flow analysis</i>), įvesties-išvesties analizę (angl. <i>input-output analysis</i>), numato galimą poveikį žmogaus sveikatai ir aplinkai.</p>
<p><b>Prietaisų, paremtų naujais reiškiniais ar funkcijomis, kūrimas ir diegimas</b></p>	<p><b>Fluorescuojančios nanodalelės</b> (angl. <i>fluorescent nanoparticles</i>) yra nanometrinių matmenų dalelės iš puslaidininkinių medžiagų ar metalų, kuriose pasireiškia erdvinio kvantavimo reiškiniai. Palyginus su klasikiniiais fluorescuojančiais organiniais dažais fluorescuojančios nanodalelės pasižymi parankesnėmis taikymas cheminėmis ir optinėmis savybėmis (didesniu fluorescencijos našumu, fotostabilumu, geresniu biosuderinamumu). Jos naudojamos biologinių žymeklių ir saulės elementų gamyboje. Panašaus tipo aktualios technologijos būtų puslaidininkinės nanodalelės, metalų nanodalelės.</p> <p><b>Spintronika</b> (angl. <i>spintronics</i>) apima kietakūnius prietaisus, kuriuose informacija įrašoma, perduodama ir apdorojama panaudojant su elektronų sukurtus susijusius magnetinius momentus. Spintroninės technologijos gali būti naudojamos informacijos kaupimui, apdorojimui, kodavimui, naujos kartos skaičiavimo technikos kūrimui.</p> <p><b>Lanksčioji elektronika</b> (angl. <i>flexible electronics arba circuits</i>) – tai prietaisai, kuriuose naudojami elektroniniai grandynai, sudaryti iš neorganinių ar, dažniau, organinių medžiagų pagamintų elektroninių elementų, sumontuotų ant lanksčių padėklų.</p> <p><b>Jutikliai, įskaitant biojutiklius ir biojutiklių lustus.</b> Biotechnologijų šaka, apimanti iš anglies arba biomedžiagų pagamintų mažų matmenų jutiklių taikymą atpažinti teršalams ir kenksmingoms cheminėms bei biologinėms medžiagoms.</p> <p><b>Didelės galios elektronikos prietaisai.</b></p>
<p><b>Iššūkis „Gamybos produktyvumo didinimas“</b></p> <p><b>Efektyvus projektavimas</b></p>	<p><b>Produktų modeliavimo, simuliacijos ir vizualizacijos technologijos</b> apima informacines ir kt. technologijas, įskaitant <b>integruotą skaitmeninę medžiagų inžineriją</b> (angl. <i>integrated computational materials engineering</i>). Taikant integruotą skaitmeninę medžiagų inžineriją, skaičiavimo įrankiais aprašyta informacija apie medžiagų savybes yra integruojama su inžinerine produkto analize ir gamybos procesų simuliacija. Taip produkto projektas gali būti nuodugniai ištirtas ir optimizuotas be prototipų konstravimo. Ši technologija gerai tinka įvertinti naudojamų produkto medžiagų alternatyvas. Ši technologijų grupė modeliuoja realius ir įsivaizduojamus procesus (pvz., nauja produkto architektūra, funkcijos ar jo išorės vizualizacija, padidintas patogumas vartotojui (angl. <i>usability, user experience</i>), procesų vizualizacija).</p> <p><b>Didelio duomenų srauto analizė</b> (angl. <i>big data analytics</i>). Apdoroja didelį tiesioginės ir netiesioginės informacijos kiekį, leidžia identifikuoti vartotojų poreikius, surasti informaciją apie produktų idėjas, prognozuoti gamybos tendencijas.</p> <p><b>Virtualios verslo ekosistemos technologijos.</b> Jas sudaro visos technologijos, palaikančios virtualų tarpusavyje susijusių įmonių, vartotojų ir kitų suinteresuotų asmenų tinklą; pvz., virtualūs inžinierių pasitarimai, virtualus vartotojų dalyvavimas produkto kūrime. Virtualios gamyklos leidžia projektuotojams ir kitiems kūrėjams sudaryti sutartis jų prototipų ir produktų gamybai internetu.</p> <p><b>Naujos produktų dizaino technologijos (įskaitant 3D prototipus)</b></p>

Kaitos veiksniai	Technologijų grupės
	<p><b>individualizuotam taikymui ir nišinėms rinkoms.</b> Apima technologijas, kuriomis siekiama užtikrinti produktų dizaino pritaikymą individualiems vartotojų poreikiams (pvz., mobilios biomechaninės laboratorijos (angl. <i>biomechanical MiniLab</i>), 3D kūno dalių skaneriai žmogaus judesių analizei, išmanusis veidrodis (angl. <i>i.mirror</i>)). Apima <b>3D prototipų kūrimą</b> - gamybos technologijas išsinešams konstrukcijoms gaminti pagal paruoštus 3D modelius.</p>
Lankstūs ir automatizuoti gamybos procesai	<p><b>Naujos kartos robotikos technologijos.</b> Naujos kartos robotų technologijos pasižymės išvystytais robotų gebėjimais uosti, matyti, skirti garsus, judėti ir priimti sprendimus. Nuo automatizuotų gamybos linijų (žemiau) skiriasi tuo, kad naujos kartos robotai gebės atlikti žmonių funkcijas lanksčioje darbo aplinkoje (angl. <i>unconstrained environment</i>), tuo tarpu automatizuotos gamybos linijos veikia standartizuotoje aplinkoje.</p>
	<p><b>Automatizuotos gamybos linijos.</b> Apima robotikos technologijas bei gali integruoti įvairias technologijas, pvz. pramoninių lazerių technologijas, mechatroniką ir kt.</p>
	<p><b>3D spausdinimas / 3D gamyba</b> (angl. <i>additive manufacturing, 3D printing</i>). Apima 3D spausdintuvus ir kitas technologijas, naudojamas gaminti vientisą produktą palaipsniui pridėdam medžiagą pagal 3D kompiuterinį to produkto modelį. 3D spausdintuvai mažina gamybos išlaidas ir trukmę, panaikinant įrankių išlaidas, įgalina sudėtingų formų ir struktūrų gamybą bei supaprastina gamybos procesus.</p>
	<p><b>Naujos formavimo ir sujungimo technologijos</b> (angl. <i>advanced forming and joining technologies</i>), pvz. šaltasis formavimas, frikcinis kaitinimas. Šaltasis formavimas (angl. <i>cold forming</i>) naudojamas pažangaus suvirinimo srityse, frikcinis kaitinimas (angl. <i>friction stir</i>) leidžia sujungti metalinius komponentus lokaliai dėl trinties užkaitinus reikiama vietą bei suteikti gaminiui reikiama formą panaudojant plastinę deformaciją. Šios technologijos leis dirbti su įvairesnėmis medžiagomis, didinti energijos ir išteklių panaudojimo efektyvumą.</p>
	<p><b>Šalto purškimo technologija</b> (angl. <i>cold gas-dynamic spray technology</i>). Dideliu greičiu per purkštuką (angl. <i>nozzle</i>) išlekiančios dalelės jungiasi tarpusavyje sudarydamos reikiamos formos kūnus. Sparčiai vystoma pramoninėje metalų apdailoje.</p>
	<p><b>Jutimo, matavimo ir procesų valdymo technologijos</b> (angl. <i>sensing, measurement and process control technologies</i>). Įgalina nuotolinio valdymo, kontrolės, matavimo ir prognozavimo sistemų taikymą (pavyzdžiui, darbo ir sveikatos apsaugai, kokybės kontrolei, procesų kontrolei siekiant reguliuoti išteklių ir energijos srautus ir optimizuoti jų suvartojimą).</p>
<p><b>Skaitmenizuoto procesų valdymo sistemos</b> apima skaitmeninius procesus gamybos automatizavimui, „skaitmenines gamyklas“, visaapimančias informacines gamybos strategijas, ir pan. Naudojamos lanksčiam gamybos automatizavimui integruojant informacines technologijas (programinė įranga, automatizuoto valdymo sistemų projektavimas ir kūrimas iš standartinių komponentų, kt.) su kitomis, pvz. robotika, mechatronika, kt. „Skaitmeninės gamyklos“ (angl. <i>digital factory</i>) technologija (plačiąja prasme) į skaitmeninę erdvę perkelia visus gamybos procesus ir funkcijas. Kompiuterinės gamybos (angl. <i>Computer Aided Manufacturing (CAM)</i>) technologijos remiasi programine įranga, kuri projektavimo reikalavimus (iš kompiuterinio projektavimo sistemų) verčia į instrukcijas gaminių kontrolei įrangai, minimizuojant žmogaus funkcijas. Visaapimančios informacijos strategijos (angl. <i>all-encompassing information strategies</i>) apima komunikacijos ir interaktyvius įrankius, duomenų apdorojimo ir prognozavimo programas, informacijos iš į produktą įterptų jutiklių surinkimą ir apdorojimą.</p>	
Vadybos inovacijos lanksčiai gamybai	<p><b>Naujos vadybos technologijos</b> (plačiąja prasme), susijusios su naujų verslo modelių diegimu, naujomis darbo organizavimo, žmogiškųjų išteklių valdymo sistemomis, taupiosiomis (angl. <i>lean</i>) sistemomis ir kt. Šios inovacijos svarbias atsižvelgiant į tokias tendencijas kaip lanksčių ir automatizuotų procesų taikymas, skaitmenizuotos ir virtualios gamyklos, atvirosios inovacijų vietos, trumpėjanti tiekimo grandinė, vartotojų įtraukimas, auganti autonomiškos kvalifikuotos darbo jėgos svarba, ir kt.</p>

ŠALTINIS: SUDARYTA AUTORIŲ

Kai kurios ateities technologijos (pvz., 3D gamybos technologijos, simuliacinio, modeliavimo, nuotolinio valdymo technologijos ir kt.), gali būti taikomos sprendžiant abu identifikuotus iššūkius bei yra susijusios su įvairiais specifiniais kaitos veiksniais. Todėl technologijų priskyrimas iššūkiams ir kaitos veiksniams nėra griežtas.

Technologiniai ir gamybos procesų pokyčiai verčia gamybos įmones ieškoti būdų atspėti naujus rinkos poreikius arba juos formuoti, diegti naujus verslo modelius, efektyviau valdyti naujus gamybos procesus ir sistemas. Taigi, kelia naujus lūkesčius aukštos kokybės žiniomis grįstai vadybai ir vadybos inovacijoms. Todėl kaitos veiksnys „Vadybos inovacijos lanksčiai gamybai“ taip pat laikomas horizontaliu.

## ĮVADAS

### TIKSLAS IR METODAS

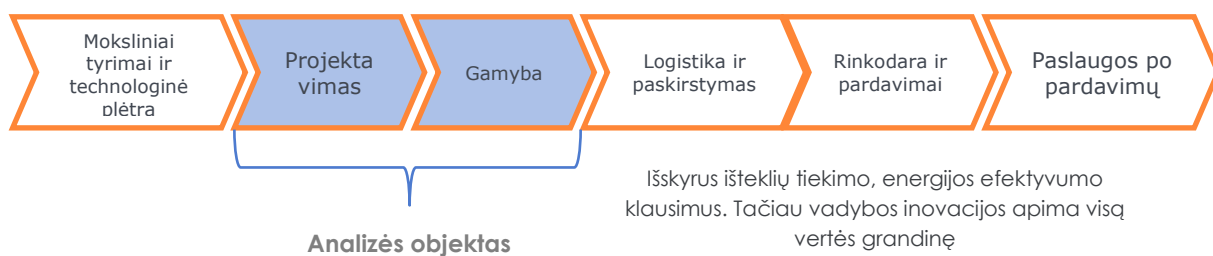
Šios teminės apžvalgos tikslas – nustatyti, kokios technologijų grupės „Nauji procesai, medžiagos ir technologijos gamybai“ kryptyje leis spręsti kylančius ilgalaikius iššūkius. Gebėjimas jas vystyti ir sėkmingai taikyti turės esminį poveikį Lietuvos gamybos konkurencingumui iki 2030 m. Apžvalgos rezultatai bus naudojami pirmosios ekspertų grupių diskusijos metu, siekiant išskirti Lietuvos konkurencingumui didžiausią poveikį iki 2030 m. darysiančias technologijas.

Remiantis Lietuvos, ES ir tarptautinių organizacijų atliktų prognostinių tyrimų metaanalize ir strateginiais dokumentais, buvo nustatytos technologijos, aktualios ateities gamybai. Aprašant techninį technologijų turinį buvo pasitelkti tos srities dokumentai. Iš apžvelgtų dokumentų daugiausiai remtasi šiais: McKinsey Global Institute, 2012; Industry Innovation Council, 2011; Deloitte, 2012; Fraunhofer Society et al., 2012; Executive Office of the President, 2012; IDA Institute for defense analyses, 2012; Europos Komisija, 2010 (žr. Bibliografiją).

### ANALIZĖS OBJEKTAS

„Nauji procesai, medžiagos ir technologijos gamybai“ kryptis yra pirmiausia skirta gamyboje naudojamų medžiagų, procesų, gamybos linijų ir įrankių efektyvumo didinimui. Ši kryptis didžiąja dalimi neapima galutinių produktų kūrimo, kuriam skirtos kitos prioritetinės kryptys – pvz., Maisto technologijų ir agroinovacijų, Sveikatos technologijų ir biofarmacijos, Efektyvios energetikos ir tvarios aplinkos, Transporto, logistikos ir e-sistemų. Technologijos, skirtos logistikos grandinei optimizuoti ir energijos efektyvumui didinti, čia neįtrauktos, nes šias technologijas taip pat apima kitos prioritetinės kryptys. Tačiau pasiūlytos technologijos gali būti taikomos ir kituose produkto vertės kūrimo etapuose, pvz., sutrumpinti tiekimo grandinę arba sumažinti energijos vartojimą. Vizualiai šios apžvalgos objektas pavaizduotas žemiau (pav.1).

**Pav. 1: Analizės objektas produktų vertės grandinėje**



Šaltinis: sudaryta autorių

Kryptis apima keturias grupes, kuriose galima tikėtis struktūrinių pokyčių: (1) „Naujos funkcinės medžiagos gamybai“, (2) „Lankstūs automatizuoti gamybos procesai“, (3) „Naujos produktų ir procesų dizaino technologijos“ ir (4) „Naujos gamybos technologijos“. Svarbiausi galimi kiekvienos šių grupių elementai aprašomi žemiau (Tarptautinė nepriklausoma ekspertų grupė, 2013), tačiau krypties plėtra nebūtinai turėtų apsiriboti tik šiose grupėse įvardintų technologijų ir procesų plėtra:



1. Naujos funkcinės medžiagos, tokios kaip: medžiagos naujos kartos elektronikai, optoelektronikai ir jonikai; bio-medžiagos; tikslinės paskirties hibridinės, nanostruktūrinės, kompozicinės ir išmaniosios medžiagos, bei kt.
2. Lanksčios automatizuotos gamybos procesai, ypač orientuojantis į skaitmeninį modeliavimą, simuliaciją ir vizualizaciją, paruošimą gamybai. Ši sudėtinė krypties dalis gali apimti nuotolinio valdymo, kontrolės, matavimo ir prognozavimo sistemas, pvz., skirtas darbo ir sveikatos apsaugai, kokybės kontrolei, procesų kontrolei siekiant reguliuoti išteklių ir energijos srautus; taip pat robotiką ir lankstų gamybos automatizavimą integruojant skirtingas technologijas. Lietuvoje didžiausią potencialą turi technologijų taikymas inovatyvių produktų gamybai ir „minkštosioms“ automatizavimo sistemų dalims (programinė įranga ir kt.).
3. Produktų ir procesų dizaino technologijos skirtos naujiems taikymams ir nišinėms rinkoms, pvz., nauja produkto architektūra, funkcijos ar jo išorės vizualizacija, padidintas patogumas vartotojui (angl. *usability, user experience*), procesų vizualizacija; rinkodaros ir vadybos inovacijos, orientuojantis į verslo modelio inovacijas, prekės ženklų kūrimą ir kt.;
4. Naujos gamybos technologijos, tokios kaip fotonika (tokiose srityse kaip lazeriai, fotoelektra, šviestukai), 3D gamyba (angl. *3D printing, additive manufacturing*) ir kt.

Lietuvos pramonė susiduria su įvairiais struktūriniais iššūkiais, susijusiais su mokesčių politika, neišvystyta alternatyvių finansinių šaltinių rinka, ir kt. Tačiau įgyvendinant šią prioritetinę kryptį, siekiama pirmiausia atliepti šiuos ilgalaikius iššūkius Lietuvos ūkio konkurencingumui: verslo-mokslo, tarpsektorinės ir tarptautinės partnerystės stoka kuriant ir diegiant žinias, technologijas ir inovacijas; žemas verslo produktyvumas; pažangių technologijų, inovatyvių procesų, produktų ir paslaugų stoka (Tarptautinė nepriklausoma ekspertų grupė, 2013). Remiantis ateities tendencijomis ir ilgalaikiais iššūkiais gamybai globaliu mastu, šioje apžvalgoje identifikuoti du pagrindiniai iššūkiai ateities gamybai:

1. Aukštesnės pridėtinės vertės ir aukšto funkcionalumo produktų gamyba, ir
2. Gamybos produktyvumo didinimas.

Žemiau esančiuose skyriuose aprašomas šių iššūkių kontekstas. Kaitos veiksniai yra panašūs abiem iššūkiams, todėl analizuojami kartu. Prie kaitos veiksnių išskiriamos su jais susijusios ateities technologijos.

## 1 IŠŠŪKIS: AUKŠTESNĖS PRIDĖTINĖS VERTĖS IR AUKŠTO FUNKCIONALUMO PRODUKTŲ GAMYBA

Pasaulio mastu įvertinus gamybos sektorius pagal jų konkurencinio pranašumo šaltinį, imlumą įvairiems gamybos veiksniams, gamyklų veiklos vietos pasirinkimą, mokslinių tyrimų svarbą konkurencinėms strategijoms bei rinkodaros ypatumus, MicKinsey Global Institute (2012) savo studijoje apie ateities gamybą išskyrė penkias pramonės sektorių grupes (pav. 2). Toks pramonės segmentavimas padeda paaiškinti atskirų pramonės sektorių raidą ir poreikius, pvz., įvertinant, su kokiais iššūkiais susiduria automobilių elektronikos komponentų tiekėjai (pasaulinių technologijų grupė) ir automobilių mechaninių dalių tiekėjai (regioninė perdirdbimo grupė). Ši klasifikacija parodo, kad skirtingos pramonės sektorių grupės turi

skirtingus poreikius – vieni yra daugiau imlūs žinioms, kiti energijai, tretį darbo ištekliams. Pramonės sektoriai, tiekiantys pasaulines inovacijas vietinėms rinkoms, sukuria daugiausiai pridėtinės vertės lyginant su kitais gamybos sektoriais. Tačiau šių pramonės sektorių prekyba yra gana lokalizuota ir pasaulio mastu prekiaujama tik jos komponentais. Todėl ši gamyba reikalauja didelių investicijų į inovacijas. Kita aukštos pridėtinės vertės sektorių grupė apima maisto ir gėrimų gamybą, gumos ir plastiko gamybą, metalų gaminių gamybą. Šių produktų gamyba sukuria daug pridėtinės vertės, tačiau produktai dažniausiai yra realizuojami vietinėse / regioninėse rinkoje dėl aukštų transportavimo kaštų. Kita vertus, to paties pramonės sektoriaus atskirų įmonių kuriama pridėtinė vertė gali skirtis. Pvz., automobilių, išsiskiriančių technologiniu pranašumu ir tikslia inžinerija, gamintojai taiko kitokius reikalavimus produktams nei pigių modelių gamintojai.

**Pav. 2: Gamybos sektorių grupės ir jų dalis pasaulio gamybos pridėtinės vertės struktūroje, procentai, 2010 metai**



Šaltinis: sudaryta autorių pagal McKinsey Global Institute, 2012

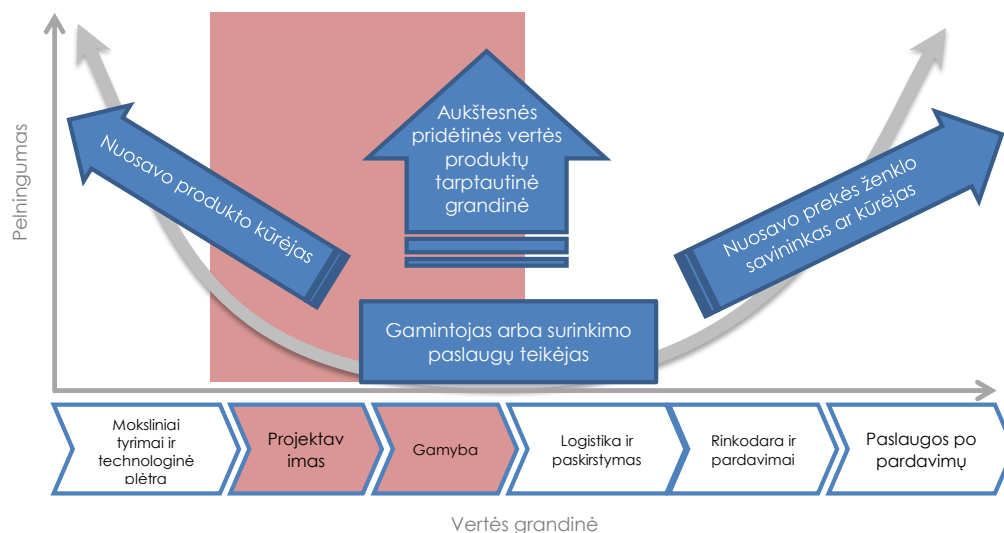
Globalizacija ir agresyvi konkurencija tarptautinėje verslo aplinkoje, ypač susijusi su „naujomis“ ekonomikomis (Kinija, Indija, Pietų Korėja, Brazilija ir kt.), bei greitas technologijų kaitos tempas kuria spaudimą ne tik žemais kaštais konkuruojantiems pramonės sektoriams, bet jau ir naujų technologijų gamintojams išsivysčiusiose šalyse. Senka naudingųjų iškasenų, energetinių ir kitų išteklių prieinamumas bei auga esminių gamybos veiksnių (energijos ir žaliavų, Lietuvoje – ir darbo išteklių) kaina. Išteklių trūkumas veikia kaip mokslu paremtų radikalių technologinių inovacijų proveržio katalizatorius. Mokslo atradimai ir technologinė plėtra tokiose kryptyse kaip medžiagų mokslas (naujos medžiagos), informacinės, bio- ir nanotechnologijos, bei technologijų konvergencija, ypač fizikos, chemijos ir biologijos mokslų srityse, kuria galimybes radikalioms produktų ir procesų inovacijoms, atveria naujas nišas ateities gamybai, keičia skirtingų gamybos grandinės veikėjų vaidmenį ir geografinės vertės grandinės ribas. Prognozuojama, kad ši „slenkanti pramonės revoliucija“ ateityje pakeis esamus gamybos standartus ir visuomenės vartojimo įpročius. Dėl globalių tendencijų, tokių kaip agresyvi trečiųjų šalių konkurencija ir augantys žaliavų kaštai, žemais kaštais paremta

pramonės įmonių strategija, ypač išsivysčiusiose šalyse, praranda patrauklumą. Įvairiuose pramonės sektoriuose veikiančios įmonės ieško naujų nišų ir pereina prie aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybos.

Aukščiau aprašyti iššūkiai itin aktualūs Lietuvos pramonės įmonėms. Didelė Lietuvos pramonės dalis šiuo metu vis dar dirba mažiau pelningose pridėtinės vertės grandinės dalyse – parduoda žaliavas, surinkimo paslaugas arba gamybos pajėgumus, gamina žemos pridėtinės vertės produktus (Tarptautinė nepriklausoma ekspertų grupė, 2013). Taip pat Lietuvoje nėra stipriai išvystyti (nėra jų kritinės masės šalies ekonomikoje, per maža pridėtinė vertė Lietuvos BVP, trūksta eksporto ir užimtumo pajėgumų) aukštos pridėtinės vertės sektoriai – chemijos ir vaistų gamyba, transporto įranga, staklių įranga, prietaisai. Aukštųjų technologijų pramonės dalis tebėra maža, didelė dalimi dėl menkos tarpsektorinės integracijos, nors tokias galimybes suteikia pažangių aukštųjų technologijų diegimas tradicinėje gamyboje.

Įmonės lygyje aukštesnę pridėtinę vertę pasiekama pereinant į kokybiškai naują pridėtinės vertės kūrimo grandinės lygmenį (žr. pav. 3). Tai apima naujų produktų kūrimą bei našesnių gamybos technologijų ir vadybinių inovacijų taikymą.

**Pav. 3: Aukštesnės pridėtinės vertės kūrimas įmonėse**



Šaltinis: sudaryta autorių pagal Estonian development fund, 2009

Prognozuojama, kad išsivysčiusių šalių pramonė ateityje turėtų būti orientuota į aukštos pridėtinės vertės produktus, pasižyminčius išskirtinėmis savybėmis (McKinsey Global Institute (2012), Europos Komisija, 2010; Executive Office of the President, 2012; World Economic Forum, 2012). Aukštos pridėtinės vertės produktai apima jau egzistuojančius ir tik kuriamus produktus, kurie pasiūlys inovatyvius sprendimus naujiems vartotojų poreikiams. Masinis pritaikymas (angl. *mass customisation*) bei kiekvieno vartotojo poreikių patenkinimas (angl. *tailor-made*) bus vienas pagrindinių paklausos veiksnių. Pvz., naujos kartos lėktuvams reikės efektyvaus kuro bei svorį mažinančių sprendimų, kurie atsiras naujų medžiagų ir gamybos procesų srityse. Medicinos technologijos tampa sumanios, pritaikytos kiekvieno žmogaus organizmui. Vaistai pradeda gaminti remiantis daugiau biologijos nei chemijos mokslais (Dunkerton, 2012). Energetikos sektoriuje

vystoma atsinaujinančioji energetika, kurios sėkmė priklauso ir nuo inovatyvios įrangos gamybos, pvz., vėjo turbinų.

Apibendrinant, aukštos pridėtinės vertės gamyba<sup>2</sup> ateityje remsis:

- naujų aukštos pridėtinės vertės produktų kūrimu;
- dabartinių produktų plėtra didinant jų pridėtinę vertę, pvz., naudojant pažangias medžiagas jų gamybai.

## 2. IŠŠŪKIS: GAMYBOS PRODUKTYVUMO DIDINIMAS

Globalios aplinkos pokyčiai lemia žemais kaštais paremto pramonės konkurencinio pranašumo praradimą. Ekonominė krizė privertė Lietuvos gamybos įmones padidinti produktyvumą, bet produktyvumas daugiausiai augo ne dėl investicijų į technologinį atsinaujinimą ar inovacijas, o dėl mažinamo darbuotojų skaičiaus (Paliokaitė, 2013; Tarptautinė nepriklausoma ekspertų grupė, 2013). Svarbiausi konkurencingumo veiksniai yra stiprėjanti konkurencija aukštųjų technologijų srityje bei augantys gamybos kaštai:

1. Konkurencinis spaudimas stiprėja iš „naujųjų ekonomikų“ (Kinija, Indija, Pietų Korėja, Brazilija ir kt.), kurios konkuruoja ne tik žemų kaštų gamyboje, bet ir naujų technologijų srityje.
2. Kylant gyvenimo lygiui Lietuvoje, auga darbo išteklių kaina. Be to, žaliavų bei energetinių išteklių kainos yra nepastovios, ilguoju laikotarpiu reikšmingai augančios. Auga ne tik naudingųjų iškasenų, bet ir žemės ūkių produktų, vandens ir kitų gamyboje reikalingų produktų kainos.

Lietuva buvo ir išliks priklausoma nuo importuojamų žaliavų. Mažinant Lietuvos priklausomybę nuo išteklių rinkų svyravimų, išteklių panaudojimo efektyvumas yra būtinas, be to, jis turi augti sparčiau nei šalies ekonomika. Kita vertus, produktų pritaikymas prie individualių poreikių kels papildomų reikalavimų kaštų vadybai. Nepriklausoma nuo apimčių gamyba, kai vieneto kaštai nepriklauso nuo gamybos apimties, turėtų tapti vienu esminių gamybos tikslų.

Produktyvumą didina procesų ir produktų inovacijos, nepagrindinių gamybos funkcijų perkėlimas už įmonės ribų (angl. *outsourcing*), aukštesnės kvalifikacijos darbo jėga (Europos Komisija, 2010). Taip pat energijos efektyvumas prisideda prie kaštų mažinimo energijai imliuose pramonės sektoriuose. Ateityje, pvz., pigių robotų technologijos sumažins darbo jėgos santykį didindamos kapitalo investicijų poreikį. Pažangių medžiagų taikymas gamyboje reikalaus naujų ir pažangesnių gamybos procesų.

Aukštesnių gamybos kaštų, agresyvios konkurencijos ir besikeičiančių gamybos procesų technologijų kontekste Lietuvos pramonė turi diegti gamybos sistemas, kurios:

- (i) būtų lengvai atnaujinamos, į kurias būtų lengvai ir greitai integruojamos naujos technologijos ir funkcijos;
- (ii) lengvai prisitaikytų prie įvairios apimties užsakymų, skirtingų produktų nišinėse rinkose gamybos poreikių (užtikrintų gamybos lankstumą);
- (iii) būtų pritaikytos naujų pažangių medžiagų naudojimui.

<sup>2</sup> Aukštos pridėtinės vertės gamyba yra pažangiausių techninių žinių ir patirties taikymas produktų kūrimui, gamybos procesams ir susijusioms paslaugoms, kurie turi didelį potencialą paspartinti šalies ekonominį augimą ir sukurti didelę ekonominę vertę (Technology Strategy Board, 2012).

Gamybos ir projektavimo (įskaitant dizainą) etapai yra glaudžiai susiję – gamybai reikia produktų prototipų (projektų), o patikrinti prototipai vėliau yra diegiami į rinką per masinę gamybą. Todėl įtaką iššūkiams darantys globalūs ir specifiniai kaitos veiksniai neskaidomi pagal iššūkius ir nagrinėjami kartu. Taip pat neišskiriamos medžiagos, technologijos ar procesai, nes dažnai šie elementai yra tarpusavyje susiję (medžiagos yra technologijų dalis, o technologijos taikomos procesuose).

### 3. GLOBALŪS KAITOS VEIKSNIAI

Gamybos, užtikrinančios aukštesnę pridėtinę vertę, ir gamybos produktyvumo didinimo problemų sprendimai priklauso nuo eilės bendrųjų kaitos veiksnių – klimato ir socialinės kaitos, globalizacijos ir technologinės kaitos – kurių kiekvienas daro savitą įtaką. Žemiau esanti lentelė iliustruoja bendrųjų kaitos veiksnių įtakos kryptis.

**Lentelė 1: Iššūkių globalūs kaitos veiksniai**

<b>Aplinka ir klimato kaita</b>	
<b>Kylančių problemų pavyzdžiai</b>	Globali klimato kaita, augantis energijos poreikis, gamtinių išteklių ribotumas, griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai.
<b>Poveikio pavyzdžiai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplinkos apsaugos ir tvarumo problemos sąlygos, kad ateinančiu dešimtmečiu šalys sieks konkurencingos energetikos politikos, kuri užtikrintų energijos išteklių prieinamą ir patikimą energijos tiekimą, tvarų vartojimą bei neigiamo poveikio aplinkai mažinimą. Toks siekis atsispindės šalies įstatymuose, reglamentuose bei valstybinėje skatinimo politikoje. Visi gamybos sektoriai bus priversti ieškoti naujų efektyvios, išteklius taupančios gamybos būdų, pradėdant nuo energiją taupančio produktų dizaino iki energiją taupančių gamybos procesų ir efektyvios logistikos.</li> <li>Taikant „žaliosios“ gamybos principus, jau dabar įmonės siekia padidinti energijos naudojimo efektyvumą ir sumažinti išmetamų teršalų kiekį. Ieškoma naujų gamybos būdų, pvz., pakeičiant naudojamų energijos išteklių derinį, vietoje anglies vartojant atsinaujinančius energijos šaltinius, pereinant prie gamybos įrenginių, naudojančių hibridinius ar elektrinius variklius.</li> </ul>
<b>Socialinė kaita</b>	
<b>Kylančių problemų pavyzdžiai</b>	Senstanti visuomenė, nauji sveikatos sutrikimai, konkrečiai darbo vietai pritaikytų darbo įgūdžių stoka, nuolat kintantys įgūdžių ir kompetencijų poreikiai, darbo jėgos stoka dėl netolygios darbo jėgos pasiūlos.
<b>Poveikio pavyzdžiai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kai kuriuose pramonės sektoriuose trūks kvalifikuotos darbo jėgos ir ypač „talentų“. Šalys, kurios rengs „talentus“, pvz., pažangiuose mokslinių tyrimų centruose, įgaus konkurencinį pranašumą (McKinsey Global Institute, 2012).</li> <li>Talentų trūkumo veiksnių stiprina demografinės tendencijos, ypač darbo jėgos senėjimas pažangiose ekonomikose. Per ateinančius du dešimtmečius pasaulinės darbo jėgos augimas sulėtės, daugelyje išsivysčiusių ekonomikų augimas bus nežymus (McKinsey Global Institute, 2012, World Economic Forum, 2012). Gamybos įmonės rizikuoja prarasti daug vertingos patirties dėl darbuotojų išėjimo į pensiją.</li> <li>Besivystančios šalys tampa turtingesnės ir praranda žemų darbo kaštų pranašumą (šiose šalyse atlyginimai sparčiai auga). Tai skatina gamybos perorientavimą – iš darbo jėgai imlios gamybos link kapitalui imlios gamybos (angl. <i>capital intensive</i>).</li> <li>Naudojant automatizuotą gamybą, bus siekiama mažinti darbo kaštus.</li> </ul>
<b>Globalizacija ir ekonominė aplinka</b>	
<b>Kylančių problemų</b>	Ilgalaikių ekonominių krizių poveikis, kapitalo trūkumas, pasaulio augimo centrų perkėlimas, pagrindinio vartotojo geografinės vietos

<b>pavyzdžiai</b>	pasikeitimas, besikeičiantys vartotojų poreikiai, paklausos fragmentacija, paklausos personalizavimas.
<b>Poveikio pavyzdžiai</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Išsivysčiusių šalių indėlis į pasaulio BVP mažės. Viena prognozių teigia, kad iki 2030 Kinijos pasaulinio BVP dalis, paskaičiuota atsižvelgiant į perkamosios galios paritetą, bus didesnė nei JAV ir Europos kartu sudėjus (World Economic Forum, 2012).</li> <li>Šešios augančios ekonomikos - Brazilija, Kinija, Indija, Indonezija, Pietų Korėja ir Rusija - sudarys daugiau nei pusę viso pasaulio ekonomikos augimo iki 2025 metų (World Economic Forum, 2012). Šiose šalyse formuojasi plati vidurinė klasė, kurios išlaidos sudarys didžiąją pasaulio vartotojų išlaidų dalį. Taigi pagrindinis vartotojas gyvens už Europos ribų. Augant rinkoms besivystančiose šalyse, gamintojai privalės įvaldyti produkto įvairovę siekiant patenkinti naujų vartotojų poreikius.</li> <li>Produktų pritaikymas prie individualių poreikių yra konkurencinga strategija aukštos klasės prabangos prekių segmente. Dėl augančių vartotojų poreikių toks produktų pritaikymas ateityje išsiplės į vidutinę rinką. Pvz., net generinių vaistų gamyboje farmacinės įmonės turės prisitaikyti prie individualizuotos paklausos, specializuodamosi siaurose nišose bei pritaikydamos vaistus individualizuotiems poreikiams. Automobilių ir kiti gamintojai sieks trumpinti produktų gyvavimo ciklą bei didinti produktų modifikacijų skaičių.</li> <li>Besivystančių šalių paklausos ištekliams augimas, išteklių tiekimo protekcionizmas bei energijos išteklių apmokestinimas sąlygoja išteklių kainų augimą bei jų stoką. Išteklių kainos bus nepastovios, keliančios papildomų iššūkių pramonės sektoriams, kuriuose žaliavos sudaro pagrindinę kainos dalį. Pvz., maisto ir gėrimų gamybos sektoriuje žaliavos gali sudaryti iki 65 proc. visų išlaidų.</li> </ul>
<b>Spartėjanti technologinė kaita ir inovacijos</b>	
<b>Kylančių problemų pavyzdžiai</b>	Nuolat besikeičiančios technologijos, informacinių ir komunikacijos technologijų sparti kaita, technologinis spaudimas iš vartotojų, naujų išteklių poreikis, naujų inovacijų centrų atsiradimas.



<p><b>Poveikio pavyzdžiai</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologinė pažanga lemia vis didėjantį produktų pritaikymo poreikį, siektiną visuose gamybos sektoriuose. Pvz., lėktuvų gamintojai susiduria su spaudimu iš aviakompanijų, kurios reikalauja daugiau lankstumo pritaikant orlaivių konfigūracijas skirtingiems maršrutams ir vartotojų grupėms.</li> <li>• Išteklių trūkumas skatina technologinę pažangą. Tačiau ir technologiniai pokyčiai didina kai kurių išteklių paklausą. Pvz., aviacijos ir kosmoso pramonės perėjimas prie anglies (angl. <i>carbon</i>) darinių reikalauja pakeisti aliuminį titanu, kad būtų išvengta korozijos. Tai didina titano paklausą. Automobilių pramonės perėjimas prie lengvųjų medžiagų, naujos kartos atominiai traukiniai gali apsunkinti aliuminio, anglies ir retųjų žemių (angl. <i>rare earth materials</i>) paklausos patenkinimą. Perėjimas prie automobilių su elektrine pavara taip pat gali padidinti automobilių gamintojų paklausą retosioms žemėms. Pvz., paklausa neodimiui gali padidėti nuo 15 proc. dabartinės pasaulinės gamybos iki 550 proc. dabartinės pasaulinės gamybos iki 2020 m. (McKinsey Global Institute, 2012). Anglies pluošto paklausa gali pasiekti 600 kilotonų – apie 20 kartų nei dabartinė paklausa. Atsiranda kliūtys automobilių tiekimo grandinėje, aštrėja konkurencija dėl išteklių su kitomis pramonėmis, pvz., aviacijos.</li> <li>• Inovacijos gamyboje nebėra išsivysčiusių šalių prerogatyva. Jas diegia daugelis besivystančių šalių ir šių šalių indėlis į globalių inovacijų kūrimą didėja. Be to, pasaulinio lygio mokslo bazė nebėra vienvaldiškai dominuojanti sėkmingų inovacijų sąlyga. Inovacijų sąvoka apima daug daugiau nei aukštąsias technologijas. Tai „žemesnio“ lygio technologijos (angl. <i>low-technologies</i>), paslaugų sektoriaus ir socialinės inovacijos, kurios yra būtinos užtikrinti pažangios gamybos plėtrą (OECD, 2012). „Žemesnio“ lygio technologijos dažnai yra pigios, jau žinomos ir taikomos kitur, pvz., vandens šildymas saule.</li> <li>• Didelį pramoninį mastą įgyja šios naujų technologijų grupės:       <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Nanotechnologijos.</b> Pasižymi: 1) nanometriniais matmenimis, 2) naujomis savybėmis ir funkcijomis, susijusiomis su mažais matmenimis, 3) specifiniais gamybos būdais.</li> <li>- <b>Šviesos technologijos.</b> Technologijos, kuriose šviesa yra įrankis arba informacijos pernešimo terpė. Šviesos technologijomis paprastai laikomos technologijos, pagrįstos neklasikinės optikos reiškiniais ir naujais šviesos šaltiniais (lazerinės technologijos, puslaidininkinė optoelektronika, šviesa erdviškai ribotuose dariniuose)</li> </ul> </li> </ul>
-----------------------------------	--

Šaltinis: sudaryta autorių pagal McKinsey Global Institute (2012), Europos Komisija, 2010; World Economic Forum, 2012, OECD, 2012.

## 4. SPECIFINIAI KAITOS VEIKSNIAI

### 4.1. Naujų medžiagų savybių panaudojimas

Atsižvelgiant į tai, kad naudojamos medžiagos gali būti apjungtos ir sudaryti gamybos prietaisą/ įrankį (pvz., elektronikos mikroschemos), tikslinga išskirti du glaudžiai susijusius kaitos veiksnis:

1. Naujų medžiagų savybių panaudojimas, kur akcentuojamos naujų medžiagų technologijos;
2. Prietaisų, paremtų naujais reiškiniais ar funkcijomis, kūrimas ir diegimas, kur naujų medžiagų technologijos yra taikomos su kitomis technologijomis (pvz., elektronikos mikroschemos). Šis kaitos veiksnys aprašytas kitame poskyryje.

Naujos pažangios medžiagos įgalina naujų procesų ir produktų gamybą, gali padėti sumažinti energijos paklausą bei ribotų žaliavų poreikį. Naujų medžiagų gamybos ir taikymo technologijos gali būti naudojamos skirtinguose plėtros ir komercinimo etapuose (Europos Komisija, 2010). Kai kurios medžiagos jau yra plačiai naudojamos, bet tikimasi jų tolimesnės pažangos ir taikymo sričių praplėtimo. Kitos medžiagos dar tik kuriamos ir testuojamos. Jų naudojimo sritys dažnai yra gana siauros. Pvz., mikroelektronika ir nanoelektronika yra „senos“ technologijos, plačiai taikomos gamyboje. Šios technologijos jau suformavo savo atskirą pramonės sritį – puslaidininkinių prietaisų gamybą (IDA Institute for defense analyses, 2012). Kita vertus, jose vis dar tikimasi esminių technologinių proveržių. Šios technologijos naudojamos greitai besikeičiančiose puslaidininkinėse elektronikos ir optoelektronikos, telekomunikacijų, automobilių ir kosmoso bei kt. srityse.

Pažangių medžiagų taikymas leidžia padidinti gamybos efektyvumą ir produktų funkcionalumą. Šios medžiagos gali būti praturtintos norimomis savybėmis, pvz., biologiškai perdirbamos arba iš naujo naudojamos gamyboje, kai produkto gyvavimo ciklas baigiasi (Industry Innovation Council, 2011).

Kai kurios medžiagų technologijos, gali būti taikomos sprendžiant abu kaitos veiksnius bei yra susijusios tarpusavyje. Todėl technologijų priskyrimas kaitos veiksniams nėra griežtas.

**Nanomedžiagos** dažniausiai naudojamos puslaidininkinės elektronikos ir optoelektronikos bei konstrukcinių medžiagų (angl. *structural materials*) gamyboje (McKinsey Global Institute, 2012). Puslaidininkinėje elektronikoje ir optoelektronikoje įvairūs nanotechnologijų gaminiai (šviesą emituojantys kvantiniai taškai, grafeno (angl. *graphene*) elektronika, spintroniniai (angl. *spintronics*) ir fotoniniai (angl. *photonics*) prietaisai) gali pakeisti elektroninius ir optoelektroninius prietaisus, gaminamus iš silicio. Be to, tolimesnė nanostruktūrizavimo (angl. *nanostructuring*) plėtra galėtų paskatinti didesnio tankio portatyvinių energijos šaltinių, pigesnių ir našesnių saulės elementų ir itin stiprių kompozitų (angl. *composite*) gamybą. Patentų analizės būdu nustatyta, kad ateityje nanotechnologijos bus itin reikšmingos chemijos, vaistų, metalų inžinerijos ir elektronikos srityse (Europos Komisija, 2010). Nanotechnologijų plėtra dažnai yra ilgojo laikotarpio projektai, kai investuojama į medžiagų, platformų ir taikymo būdų tyrimus visoje pramonėje. Taip pat reikėtų tirti naujai kylančias saugumo, aplinkos ir sveikatos rizikas, atsirandančias dėl produktų, pagamintų naudojant nanotechnologijas.

**Anglies elektronika** apima medžiagas, sudarytas iš grafeno, anglies nanovamzdelių, deimantų ar jų sluoksnių. **Anglies nanovamzdeliai** (angl. *carbon nanotubes*) yra nanometrų skersmens vienasieniai ar daugiasieniai vamzdeliai, sudaryti iš vienasluoksnio anglies atomų tinklo (angl. *carbon net*), kaip grafene (angl. *graphene*). Nano-vamzdeliai gaminami taip pat iš silicio, boro nitrido (angl. *boron nitride*) ir kitų medžiagų. Nanovamzdeliai naudojami kurti naujos kartos tranzistoriams ir jais paremtiems elektroniniams grandynams. Mechaniniai prietaisai ir įrenginiai iš kompozitinių medžiagų, pagamintų naudojant nanovamzdelius, bus lengvesni ir mechaniškai atsparesni, nei pasiekta naudojant anglies pluoštą (angl. *carbon fiber*). Jų pagrindiniai vartotojai bus automobilių, dviračių, sporto įrangos pramonės sektoriai<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Top 5 Trends in Nanotechnology (Kovas, 2013). Prieiga per internetą: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/nanotechnology/top-5-trends-in-nanotechnology> [Žiūrėta: 2012-09-15]



**Medžiagos kietakūniams šviesos šaltiniams ir šviesos valdymui** (medžiagos puslaidininkiniams šviestukams, netiesiniams optiniams kristalams, fotoniniai kristalai). **Fotoninėse** technologijose (angl. *photonics*) panaudojamos šviesos banginės ir korpuskuliarinės savybės. Plačiaja prasme fotonika apima šviesos generavimą, perdavimą, valdymą ir detektavimą, tačiau aukštosiose technologijose šiuo terminu apibūdinamos šviesos technologijos, išeinančios už klasikinės optikos ribų ir apimančios šviesą ribotų matmenų dariniuose, netiesinius efektus esant dideliame šviesos intensyvumui ir pan. Šios technologijos leidžia kurti naujus šviesos šaltinius, perduoti informaciją optiniu būdu, sukurti naujus informacijos kaupimo ir apdorojimo įrenginius, medicininius optinius prietaisus, gali būti panaudojamos alternatyviuose energijos šaltiniuose. Pvz., fotonikos srityje kuriama itin saugi ir greita **kvantinė komunikacija**<sup>4</sup>. Šioje duomenų perdavimo technologijoje naudojami kvantiniai kartotuvai – įrenginiai, kurie sugeba sustabdyti fotonus dešimtis sekundžių ir vėliau juos išleisti. Kitas pavyzdys būtų „**Li-Fi**“ **technologija**, užtikrinanti greitą bevielį didelės apimties duomenų perdavimą pasitelkiant moduliuotą paprasto puslaidininkinio šviestuko (angl. LED) šviesą. Tinkamai išnaudojant apšvietimo infrastruktūrą „Li-Fi“ duomenų perdavimo technologija nekenkia aplinkai, yra saugi ir pigi.

**Organinė elektronika ir optoelektronika** (angl. *organic electronics and optoelectronics*). Ši technologijų grupė apima naujų tipų polimerines ir smulkiamolekulines organines medžiagas, pvz., organinius puslaidininkius ir kitas žemoje temperatūroje apdorojamas medžiagas. Galima išskirti keturias pagrindines taikymo sritis: organiniai šviestukai (angl. OLED), organiniai vaizduokliai (mobiliesiems telefonams, televizoriams ir specializuotiems informacijos vizualizavimo prietaisams), organiniai fotovoltiniai elementai (tikimasi, kad jų pagrindu bus kuriami trečiosios kartos saulės elementai), ir organinė elektronika (tranzistorių iš organinių junginių pagrindu). Šios technologijos jau sparčiai skverbiasi į vaizduoklių, šviesos šaltinių, fotovoltinių elementų ir kitas rinkas. technologijos gamyboje šiuo metu naudojamos Laukiama naujų taikomųjų sprendimų, pvz., medicininiams implantams ir vienkartinėms biologinėms RFID (angl. *Radio Frequency IDentification*) pakavimo etiketėms.

**Biomedžiagos, pramoninės biotechnologijos** ir biologinės medžiagos (angl. *biological agents*), tikėtina, darys įtaką maisto, chemijos, energijos, vaistų ir tekstilės gamybai (IDA Institute for defense analyses, 2012; OECD, 2011). Biotechnologijos panaudojamos gamyboje, alternatyviojoje energijos gavyboje ir biomedžiagų kūrime. Pastaruoju metu biotechnologijose vis daugiau naudojamos nanotechnologijos. Pvz., tinkamai paveikus iš baltyminių molekulių sudarytą nanopluoštą (angl. *nanofibre*) savarankiškai susiformuoja pageidautinas (biologinis) darinys. Šiuo metu daugiau nei 250 biotechnologijų<sup>5</sup> yra naudojamos sveikatos priežiūros produktams ir vakcinoms gaminti. Gamybos procesuose naudojamos biotechnologijos padeda sumažinti atliekų kiekį ir sunaudoti mažiau energijos bei vandens. Vis dažniau gamyboje naudojamos biocheminės ir bioplastikinės medžiagos.

4 Naujas pasiekimas išlaikant susietumą (2011-09-01). Prieiga per internetą: <http://www.balsas.lt/naujiena/553369/naujas-pasiekimas-islaikant-susietuma> [Žiūrėta: 2012-09-15]

<sup>5</sup> What is Biotechnology? Prieiga per internetą: <http://www.bio.org/articles/what-biotechnology> [Žiūrėta: 2012-09-15]

Perspektyvi biotechnologijų šaka yra iš anglies arba biomedžiagų pagamintų mažų matmenų **nanojutiklių** gamyba ir taikymas atpažinti teršalus ir kenksmingas chemines bei biologines medžiagas.

**Išskirtines mechanines savybes turinčios medžiagos** (pvz., atsistatančios formos medžiagos, atsikuriančios medžiagos). **Atsikuriančių medžiagų** (angl. *self-healing materials*) technologijos naudojamos gaminti medžiagas, kurios atkuria savo pradinę būseną be išorinės pagalbos, prailgina pagamintų produktų eksploatavimo trukmę. Pvz., šias medžiagas suplėšius, sukarpus arba kitaip deformavus, jos susijungia atgal, suformuodamos vientisą medžiagą be išorinio žmogaus įsikišimo. Tokios medžiagos galėtų pailginti produktų eksploatavimo laiką, sumažinti žaliavų paklausą, pagerinti saugumo užtikrinimą. Gali būti naudojamos, pvz., formuoti lėktuvų korpusus, kur itin svarbu turėti vientisą medžiagą be defektų. **Biomimetikos**<sup>6</sup> (angl. *biomimetics*) technologijos taiko biologinių sistemų struktūras ir funkcijas kurti naujas medžiagas ir gamybos įrengimus.

**Mažasvorės medžiagos** (angl. *lightweight materials*) yra gaminamos iš metalų lydinių ir kitų medžiagų. Šių medžiagų sudėties ir struktūros pasirinkimas priklauso nuo siekiamų medžiagos savybių ir taikymo srities (McKinsey & Company, 2012). Pvz., viena medžiaga pasižymi standumu, o kita – lankstumu. Dažniausiai naudojamos medžiagos yra didelio stiprumo plienas, plastikas, aliuminio lydiniai ir anglies pluoštas. Nors mažasvorės medžiagos yra palyginti brangios, tikėtina, kad jų naudojimas ateityje reikšmingai augs, ypač siekiant mažinti CO<sub>2</sub> taršą. Pagrindiniai šių medžiagų vartotojai yra aviacijos, automobilių ir vėjo turbinų pramonės sektoriai. Jos naudojamos visur, kur naudojami besisukantys ašmenys.

**Naujos magnetinės medžiagos** gali būti naudojamos gamyboje, pavyzdžiui, jutiklių ar aušinimo technologijose.

Pažangios medžiagos yra naujos, todėl jų poveikis žmogui bei aplinkai lieka neaiškus. **Naujų medžiagų rizikos vertinimo technologijos** apima visas technologijas, kurios įvertina medžiagų gyvavimo ciklą, atlieka medžiagų srauto analizę (angl. *material flow analysis*), įvesties-išvesties analizę (angl. *input-output analysis*), numato galimą poveikį žmogaus sveikatai ir aplinkai (Industry Innovation Council, 2011).

## 4.2. Prietaisų, paremtų naujais reiškiniiais ar funkcijomis, kūrimas ir diegimas

Žemiau glaustai aptariamos kelios technologijų grupės, susijusios su prietaisų, paremtų naujais reiškiniiais ar funkcijomis, kūrimu bei diegimu.

**Spintronika**<sup>7</sup> (angl. *spintronics*) apima kietakūnius prietaisus, kuriuose informacija įrašoma, perduodama ir apdorojama panaudojant su elektronų sukintais susijusius magnetinius momentus. Spintroninės technologijos gali būti naudojamos informacijos kaupimui, apdorojimui, kodavimui, naujos kartos skaičiavimo technikos kūrimui.

**Fluorescuojančios nanodalelės** (angl. *fluorescent nanoparticles*) yra nanometrinių matmenų dalelės iš puslaidininkinių medžiagų ar metalų, kuriose pasireiškia erdvinio kvantavimo reiškiniai. Palyginus su klasikiniais

<sup>6</sup> The top 10 emerging technologies for 2013, World Economic Forum interneto puslapis. Prieiga per internet: <http://forumblog.org/2013/02/top-10-emerging-technologies-for-2013/> [Žiūrėta: 2012-09-15]

<sup>7</sup> Spintronics: Fundamentals and Applications. Prieiga per internetą: [http://nanotechnology.unlv.edu/ee453\\_fall2008\\_projects/ee453\\_project15.pdf](http://nanotechnology.unlv.edu/ee453_fall2008_projects/ee453_project15.pdf) [Žiūrėta: 2012-09-15]

fluorescuojančiais organiniais dažais fluorescuojančios nanodalelės pasižymi parankesnėmis taikymo, cheminėmis ir optinėmis savybėmis. Pvz., jų fluorescencijos našumas ir fotostabilumas (angl. *photostability*) yra didesni, jų biosuderinamumas (angl. *biocompatibility*) yra geresnis (Ruedas-Rama M. et al., 2012). Jos naudojamos biologinių žymeklių ir saulės elementų gamyboje.

**Lanksioji elektronika** (angl. *flexible electronics arba circuits*) – tai prietaisai, kuriuose naudojami elektroniniai grandynai sudaryti iš neorganinių ar, dažniau, organinių medžiagų pagamintų elektroninių elementų, sumontuotų ant lanksčių padėklų. Šios technologijos taikymas būtų lankstus planšetinis kompiuteris, nelūžtantis jį susukant. Kitas taikymo pavyzdys – naujos kartos aprangos produktai, gaminami iš medžiagų, kuriose įterptos lanksčiosios elektroninės sistemos, reaguojančios į aplinką ir atliekančios iki šiol naudotiems rūbams ar apavui nebūdingas funkcijas (pvz., tekstilė, nuolatos matuojanti žmogaus kūno temperatūrą ir, esant poreikiui, atvėsinti ar pašildanti kūną) (Executive Office of the President, 2012).

**Jutikliai, įskaitant biojutiklius ir biojutiklių lustus** – biotechnologijų šaka, apimanti iš anglies arba biomedžiagų pagamintų mažų matmenų jutiklių taikymą atpažinti teršalams ir kenksmingoms cheminėms bei biologinėms medžiagoms.

Kiti prietaisai gali apimti **didelės galios elektronikos** prietaisus, energinius kaupiklius bei fotovoltinius elementus, tačiau pastarosios dvi grupės šioje kryptyje neįtrauktinos, nes jas apima kita prioritetinga kryptis „Efektyvi energetika ir tvari aplinka“.

### 4.3. Efektyvus produktų projektavimas

Pastaruosiu metu itin stiprėja du naujų produktų kūrimo varomųjų jėgų aspektai: (1) rinkų globalizavimas, įskaitant visuotinį pažangiausių technologijų prieinamumą, pasaulinę konkurenciją, telekomunikacijas ir visuotinį mobilumą ir (2) produktų lokalizaciją, įskaitant vietos rinkos poreikių patenkinimą, vietinį reguliavimą, ir didėjančią prisitaikymo prie vartotojo poreikių svarbą.

Augantis poreikis produktus pritaikyti ir individualizuoti verčia gamybos įmones ieškoti mažos apimtys gamybos sprendimų. Kita vertus, aštri konkurencija ir mažėjantis produktų gyvavimo ciklas spaudžia ieškoti būdų greičiau pereiti nuo mokslinės ar technologinės idėjos iki galutinio produkto gamybos. Taigi efektyviam produkto prototipų kūrimui reikia technologijų, kurios:

- įgalintų kurti individualizuotus produktus;
- leistų naujus produktus sparčiai diegti į rinką.

**Modeliavimo ir simuliacijų** technologijos leidžia sutrumpinti laiką tarp gaminio projekto ir pramoninės gamybos, padidinti gamybos efektyvumą, taupyti lėšas ir laiką. Projektavimas tampa lankstesniu. Simuliuoti ir modeliuoti galima visus produkto ciklo etapus kartu bei kiekvieną atskirai. Modeliavimo ar simuliacijų objektas būna arba reali medžiaga, procesas, sistema (kai siekiama surasti konkrečios problemos sprendimą arba padidinti procesų efektyvumą), arba

#### Modeliavimo ir simuliacijų technologijų pavyzdžiai:

- Naudojant baigtinių elementų analizę ir skysčių dinamikos pagrindus modeliuojamas skysčių judėjimas į kitą komponentą.
- Automobilių rėmų struktūrinių atsakų į smūgį, triukšmą, vėją ir kitą tikrinimas – automobilio korpuso atsparumo modeliavimas (Toyota).
- Elektroninės grandinės modeliuojamos skaitmeninėje erdvėje patikrinti jų veikimą.

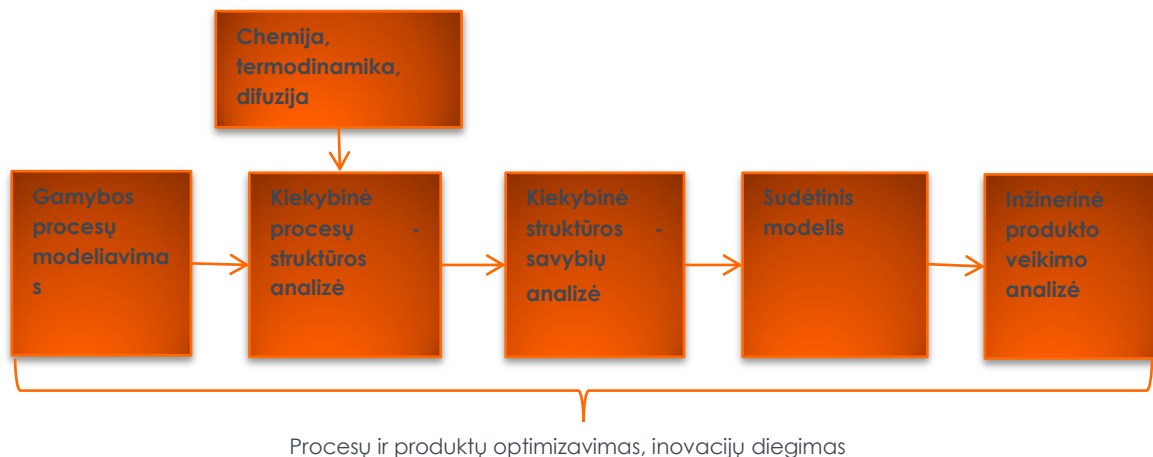
**Šaltinis:** sudaryta autorių pagal IDA Institute for defense analyses, 2012

įsivaizduojami procesai ir produktai (kai siekiama rasti naujus kelius ar palyginti kelias projektų alternatyvas) (IDA Institute for defense analyses, 2012).

**Skaitmeninis modeliavimas, simuliacija ir vizualizacija** leidžia virtualiai įvertinti kuriamą produktą ar procesus. Panaudodami sukauptus produktų kūrimo ir gamybos duomenis (pvz., užsakymo ir staklių darbo duomenis) gamintojai gali pritaikyti pažangius skaičiavimo metodus ir sukurti skaitmeninį visos gamybos proceso modelį. Ateityje modeliavimas ir simuliacijos bus naudojami kurti virtualią realybę remiantis individų elgesiu (angl. *agent-based*), konstruos žmogaus organizmo funkcijas ląstelių lygmenyje.

Nauja ir itin efektyvi produkto ir gamybos procesų optimizavimo technologija yra ICME arba **Integruota skaitmeninė medžiagų inžinerija** (angl. *integrated computational materials engineering*) (IDA Institute for defense analyses, 2012). Šios technologijos taikymo pavyzdys schematiškai pavaizduotas pav. 4. Taikant ICME skaičiavimo įrankiais aprašyta informacija apie medžiagų savybes yra integruojama su inžinerine produkto analize ir gamybos procesų simuliacija. Taip produkto projektas gali būti nuodugniai iširtas ir optimizuotas per kelias valandas ar dienas be prototipų konstravimo. Ši technologija gerai tinka įvertinti naudojamų produkto medžiagų alternatyvas.

**Pav. 4: Integruotos skaitmeninės medžiagų inžinerijos taikymo pavyzdys**



Šaltinis: pagal Allison J. Integrated Computational Materials Engineering (ICME): Integrating Computational Materials Science and Engineering, Prieiga per internetą: [http://web.ornl.gov/sci/cmsinn/talks/10\\_allison.pdf](http://web.ornl.gov/sci/cmsinn/talks/10_allison.pdf) [Žiūrėta: 2012-09-15]

Skaitmeninės bei informacinės technologijos prisideda prie lankstesnių, efektyvesnių gamybos procesų ir individualizuoto (pritaikyto) produkto kūrimo.

**Didelio duomenų srauto analizė** (angl. *big data*) paskatina ir palengvina eksperimentinių duomenų panaudojimą produktų projektavimo etape. Pvz., panaudojus duomenis apie langų valytuvo darbą, galima tiksliau prognozuoti vietovės orą ir pritaikyti produktus konkrečiai rinkai. Diegiant galutiniam vartotojui skirtus produktus, socialinės technologijos (pvz., bendravimo ir informacijos pasidalijimo platformos) suteikia informaciją, leidžiančią suprasti vartotojų elgesį ir tiksliai pakoreguoti produkto dizainą. Duomenų, surinktų po pardavimo per produktuose įdiegtus jutiklius, analizė padeda įvairių sričių gamintojams tobulinti produktų funkcijas ir dizainą (McKinsey Global Institute, 2012).

### Visaapimančios informacijos technologijos

(angl. *all-encompassing information strategies*) per duomenų analizę siekia: (1) tiksliai nustatyti reikalavimus produktui; (2) patobulinti gamybos procesus; (3) pagerinti produktų kokybę bei (4) padidinti produkto ciklo efektyvumą. Šios technologijos apima komunikacijos įrankius ir interaktyvius įrankius virtualiojoje erdvėje, duomenų apdorojimo ir prognozavimo programas, į produktus įterptų jutiklių informacijos surinkimą ir apdorojimą. Prognozuojama, kad tradicines gamybos IT sistemas pakeisdamos į visaapimančias informacijos sistemas puslaidininkų, automobilių ir kosmoso pramonės sektorių įmonės galutinių produktų pardavimo maržą padidintų apie 2-6.5 proc. punktų, jeigu (McKinsey Global Institute, 2012).

### Virtualios verslo ekosistemos technologijas

sudaro visos technologijos, palaikančias virtualių tarpusavyje susijusių įmonių, vartotojų ir kitų suinteresuotų asmenų tinklą. Pvz., vartotojai ir kiti suinteresuoti asmenys kartu gali dalyvauti produkto kūrimo ir jo savybių formavime. Tai leidžia su nedidelėmis sąnaudomis pritraukti specialistus iš įvairių geografinių vietų. Ši technologija tinka ir tuo atveju, kai įmonės stokoja kvalifikuotų specialistų atlikti pavieniams darbams. Pvz., Texas Instruments naudoja virtualias inžinierių grupes įvertinti projektuojamiems naujiems puslaidininkų produktams (McKinsey Global Institute, 2012). Tokiu būdu įmonė sutelkia kvalifikuotus specialistus su produkto kūrimu susijusių problemų sprendimui.

**Virtualios gamyklos** (angl. *virtual factory*) paslaugos leidžia projektuotojams ir kitiems kūrėjams sudaryti sutartis jų prototipų ir produktų gamybai internetu. Užsakymo dydis varijuoja nuo 1 vieneto iki dešimčių tūkstančių ir gali būti atliktas bet kokioje pasaulio taške. Žinomiausi tokių paslaugų tiekėjai yra Shapeways, Ponoko, Sculpteo ir i.materialise<sup>8</sup>. Pvz., i.materialise yra interneto puslapis, kuriame galima užsakyti 3D spausdinimo paslaugas, teikiamas naudojant 17 medžiagų<sup>9</sup>. „Makerspaces“ yra interneto gamyklos pavyzdys, kuris jungia pasaulio **„atvirų inovacijų“ vietas** (angl. *hackerspace*). „Atvirų inovacijų“ vietose, skirtose įvairių produktų kūrėjams, suteikiama įranga, reikalinga savarankiškai atlikti tyrimus ir bandymus įvairiose mokslų srityse, visų pirma skaitmeninių technologijų srityje. Pirma tokio tipo gamykla buvo atidaryta 2006 metais Austrijoje<sup>10</sup>.

**Taupiosios inovacijos** (angl. *frugal innovation, frugal engineering*) yra trumpalaikiam vartojimui pritaikytų produktų diegimo į rinką procesas, kurio metu siekiama supaprastinti produktus (atsisakant ilgam jų naudojimui reikalingų savybių) ir mažinti jų gamybos kaštus. Jos leidžia plėtoti inovacijas ir naujus produktus su žemomis kūrimo ir gamybos sąnaudomis. Šios inovacijos remiasi spartesniu produkto įdiegimo į rinką procesu, inovatyviu komercinimu, retrospektyvinės inžinerijos inovacijomis (angl. *reverse-engineered innovation*).

### Privati „atvirųjų inovacijų“ vieta, TechShop, JAV:

- Rankinės staklės, Tormach 3 ašių CNC staklės, metalo tekinimo staklės;
- ShopBot 3 ašių CNC maršrutizatorius;
- Suvirinimo įranga, įskaitant MIG, TIG, dujų, lankinį ir taškinių suvirinimą;
- Lakštinio metalo gamybos įranga;
- CNC metalų pjovimo įrankis;
- Osciloskopai ir kita elektronikos įranga;
- Įvairi įranga darbui su plastikais ir kompozitais, įskaitant anglies pluoštą;
- Lazerinis graveris;
- 3D spausdintuvas, naudojantis plastiką;
- Tekstilės zona.

Šaltinis: sudaryta autorių pagal TechShop interneto svetainės informaciją. Prieiga per internetą: <http://www.techshop.ws/>

<sup>8</sup> 20 Tech Trends for 2013. Prieiga per internetą: <http://designmind.frogdesign.com/blog/20-tech-trends-for-2013.html#14> [Žiūrėta: 2012-09-15]

<sup>9</sup> i.materialise interneto puslapis. Prieiga per internetą: <http://i.materialise.com/>

<sup>10</sup> Prieiga per internetą: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hackerspace> [Žiūrėta: 2012-09-15]



Spartusis įdiegimas į rinką reiškia, kad stengiamasi kuo greičiau pradėti gaminti produktą, net jei jis nepilnai atitinka rinkos poreikius ir standartus. Produkto tobulinimas atliekamas juo prekiaujant (inovacijos per komercinimą). Gaminant sekančią produkto kartą, atsižvelgiama į vartotojų reakciją. Tam, kad produktas iškart pasiektų savo vartotoją, reikia užtikrinti, kad vartotojas jau būtų susipažinęs su produktu. Todėl pritaikomos atvirkštinės inžinerijos inovacijos, kai naudojamas jau egzistuojantis produktas ar jo funkcija, ir ieškoma naujo būdo taikyti šį produktą ar funkciją. Ši koncepcija kilo Indijoje ir Kinijoje, o visame pasaulyje išpopuliarėjo ekonominės krizės metu (McKinsey, 2012).

**Naujos produktų dizaino technologijos, skirtos individualizuotam taikymui ir nišinėms rinkoms**, apima technologijas, kuriomis siekiama užtikrinti produktų dizaino pritaikymą individualiems vartotojų poreikiams. Tai yra pavienės technologijos, kurių taikymas ateityje gali reikšmingai išplėsti. Pavyzdžiu gali būti mobilios biomechaninės laboratorijos (angl. *biomechanical MiniLab*), 3D kūno dalių skaneriai, naudojami žmogaus judesių analizei, kurios metu skanuojami fiziniai žmogaus parametrai ir pagal juos parenkamas produkto dizainas, išmanusis veidrodis (angl. *i.mirror*)<sup>11</sup> leidžiantis pamatyti vartotojo atvaizdą su personalizuotu produkto projektu (technologinis sprendimas – planšetinio kompiuterio integravimas į veidrodį).

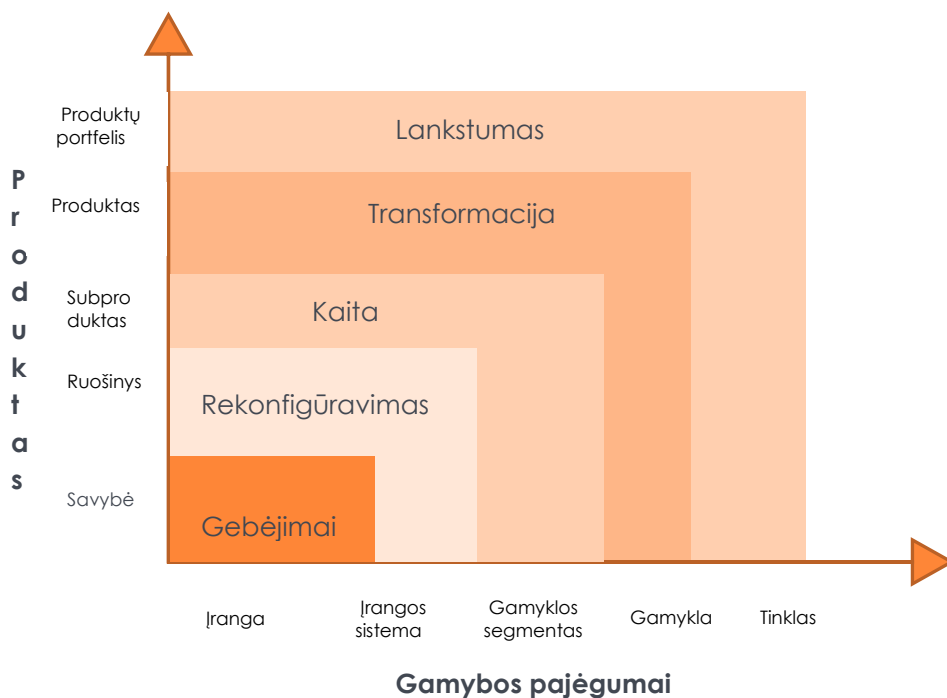
Viena svarbiausių technologijų šioje grupėje - **3D prototipų kūrimas** - apima gamybos technologijas, kurios gamina ištisines konstrukcijas pagal paruoštus 3D CAD modelius (angl. *3D models*). Sukūrus 3D CAD modelį, galima iškart pažiūrėti, kaip atrodys galutinis produktas. Dauguma 3D spausdinimo būdu pagamintų produktų naudojami kaip funkciniai modeliai, prototipai, liejimo pavyzdžiai arba modeliai produkto pristatymui. Aviacija, automobilių ir pramoninio plastiko sektoriai laikomi pagrindiniais 3D gamybos vartotojais. Tačiau 3D spausdinimas vis dažniau taikomas individualioms vartojimo prekėms (papuošalams, protezavimui, dantų implantams) gaminti. Produktų kūrimo etape 3D padidina gamybos lankstumą, mažina dizaino kūrimo prototipų gamybos trukmę (McKinsey Global Institute, 2012).

#### 4.4. Lanksčių ir automatizuotų gamybos procesų užtikrinimas

Antrasis iššūkis „Didesnis gamybos procesų produktyvumas“ skatina pramonę tapti sumania ir diegti tokius gamybos procesus, įrankius ir sistemas, kurie būtų lankstūs, t.y. (i) lengvai atnaujinami, į juos būtų lengva greitai integruoti naujas technologijas ir funkcijas; (ii) sudarytų galimybes naujus produktus greičiau diegti į rinką; (iii) lengvai pritaikomi įvairios apimtys užsakymams skirtingų produktų gamybai nišiniams poreikiams. Tai padėtų ne tik didinti produktyvumą ir verslo procesų efektyvumą siekiant mažinti kaštus, bet ir padidinti tiekimo grandinės efektyvumą ir sinchronizavimą, bei nuo masinės gamybos pereiti prie masinio pritaikymo (angl. *mass customization*).

Pav. 5 schematiškai pavaizduota, kaip gamybos lankstumas siejasi su produkto išvystymo lygmenimis ir gamybos apimtimis (IDA Institute for defense analyses, 2012).

<sup>11</sup> Prieiga per internetą: [http://prezi.com/0suimw9\\_4tqi/imirror/](http://prezi.com/0suimw9_4tqi/imirror/) [Žiūrėta: 2012-09-15]

**Pav.5: Gamybos lankstumo lygiai**

Šaltinis: Wiendahl, H. P. et al. (2007)

Šiuolaikinė konkurencinga gamyba turi pasižymėti ypatingu lankstumu (angl. *agility*). Įmonė pasiekia aukščiausią lankstumą, kai siūlo rinkai skirtingų produktų portfelį. Tam pasiekti reikalinga kooperacija su medžiagų ir komponentų tiekėjais, vykdančiais veiklą įvairiose šalyse. Formuojamas gamybos tinklas, kuris apima keletą savarankiškų įmonių. Informacinės technologijos, gamybos technologijos, masinis pritaikymas, personalizavimas, modeliavimo galimybės ir kiti veiksniai kelia gamybos lankstumo lygį.

Užtikrinant gamybos lankstumą, diegiamos pažangios gamybos technologijos, apimančios robotikos technologijas (angl. *robotics*), 3D gamybą, formavimo ir sujungimo technologijas (angl. *advanced forming and joining technologies*), jutimo, matavimo ir procesų valdymo technologijas (angl. *sensing, measurement and process control technologies*), automatizuotą gamybą ir nanogamybą (angl. *nanomanufacturing*). Tikimasi, kad šios technologijos padidins gamybos spartą, efektyvumą ir patikimumą. Integruojant su kitomis aukšto poveikio technologijomis (angl. *enabling technologies*), poveikis turėtų būti dar didesnis – ateityje gali būti sukurti nauji pramonės sektoriai ir verslo modeliai, kilti „slenkanti pramonės revoliucija“ (Europos Komisija, 2010). Žemiau aptariamos kai kurios esminės technologijos, svarbios gamybos procesų lankstumui, orientuojantis į didesnę produktyvumą, geresnį pritaikymą ir didesnę gamybos greitį.

**Naujos kartos robotikos technologijos** pasižymės išvystytais robotų gebėjimais uosti, matyti, skirti garsus, judėti ir priimti sprendimus. Robotų pažanga įmanoma dėl pažangos įrangos (mašinių), dirbtinio intelekto, komunikacijos tarp įrenginių (angl. *machine-to-machine*), jutiklių srityse. Tokie robotai pakeis gyvus darbuotojus lanksčioje darbo aplinkoje (angl. *unconstrained work environment*). Kitaip tariant, robotai galės vykdyti nestandartizuotas funkcijas, kurioms atlikti reikės priimti

sprendimus pagal situaciją. Naujos kartos robotus galima išskirti į tris grupes (lent. 2):

**Lentelė 2: Naujos kartos robotų technologijos**

Robotikos technologija	Apibrėžimas	Taikymas
<b>Robotai, panašūs į žmones</b> (angl. <i>humanoid robotics</i> )	Pigūs ir mažo dydžio robotai, turintys reikiamus žmogaus pojūčius.	Mažos apimties surinkimas, pvz., personalizuoti produktai.
<b>Autonominiai pramoniniai robotai</b>	Autonominės lauko mašinos, atliekančios paprastus lauko darbus.	Kasyba, krovinių gabenimas, miškininkystė, statybos, sandėliavimas.
<b>Moduliniai robotai</b> (angl. <i>modular robots</i> )	Robotai, kurių dirbtinis intelektas leidžiameisti jų funkcijas ir formą, prisitaikant prie naujos aplinkos ir naujų užduočių; jie gali dirbti autonomiškai ir su kitais robotais, atlikdami sudėtingas užduotis.	Visoje gamybos grandinėje ir visuose pramonės sektoriuose.

Saltinis: Deloitte, 2012

**Automatizuotos gamybos linijos** apima robotikos technologijas, bei gali integruoti įvairias technologijas, pvz. pramoninių lazerių technologijas, mechatroniką ir kt. Dabartinės pramoninės robotikos technologijos taip pat išlieka aktualios pramonei, ypač siekiančiai pereiti nuo darbo kaštams imlios gamybos prie kapitalui imlios gamybos, nes robotų diegimo kaštai mažėja. Jie skirti mažinti gamybos svyravimams, didinti pasikartojančių procesų spartą, spręsti ergonominius ribojimus, gerinti gamyklos produktyvumą (Georgia Institute of Technology et al., 2013). Dažniausiai jie taikomi gamybiniuose surinkimo procesuose, kai gaminami vienetiniai produktai, aukšto tikslumo arba tvirtumo produktai. Robotų dydis sumažėjo, tad jie gali būti kompaktiški ir prisitaikantys prie gamybos reikalavimų, kas palengvina jų transportavimą gamyklos viduje bei produktų personalizavimą. Be to, robotų valdymas ir programavimas lengvėja, leidžia greitą gamybos perorientavimą nuo vieno produkto prie kito.

**3D spausdinimas / 3D gamyba** (angl. *additive manufacturing, 3D printing*) apima 3D spausdintuvus ir kitas technologijas, naudojamas gaminti vientisą produktą palaipsniui pridėdant medžiagą pagal 3D kompiuterinį to produkto modelį. **3D spausdintuvai** mažina gamybos išlaidas ir trukmę, panaikinant įrankių išlaidas, įgalina sudėtingų formų ir struktūrų gamybą bei supaprastina gamybos procesus. 3D spausdintuvų esminiai (dabartiniai) trūkumai yra produktų kokybė ir spausdinimo tikslumas, didelė kaina, nepakankama sparta. Manoma, kad 3D gamybos technologija yra lūžio taške, kai tikimasi esminio technologinio proveržio, susijusio su dabartinės technologijos taikymu. Technologijos pažanga praplės taikymo sritis, leis naudoti daugiau medžiagų. 3D spausdintuvų technologijos tobulėja itin sparčiai. Yra sukurti spausdintuvai, kurie gali dirbti su apie 1 000 medžiagų įskaitant kietus ir lanksčius plastikus, keramiką ir metalus. Vokietijoje jau sukurta technologija, įgalinanti 3D gamybą iš medienos masės. Įmonė Organovo (JAV) spausdina popierines servetėles naudojimui laboratorijose<sup>12</sup>. Tolimesnė 3D

<sup>12</sup> 3D pavyzdžiams naudojama informacija iš interneto straipsnio „What's Hot in Manufacturing Technology“ . Wallstreet Journal (2013-06-10). Prieiga per internetą: <http://online.wsj.com/article/SB10001424127887323855804578510743894302344.html>



gamybos technologijos plėtra apims kelių medžiagų spausdinimą, sumanių komponentų spausdinimą, į juos integruojant jutiklius, elektroninius grandynus (pvz., klausos aparatai, judesio aptikimo pirštinės). Cybaman Technologies (Didžioji Britanija) sukūrė įrenginį „Replicator“, kuris pradeda nuo pagrindinės formos spausdinimo ir vėliau ją apdoroja į galutinę formą. Kadangi 3D spausdintuvai pinga, ateityje jų plėtra turėtų fokusuotis į spartos ir lankstumo didinimą. Pagamintų produktų funkcionalumas turėtų didėti integruojant skirtingas savybes: optines, elektrines ir struktūrines.

Alternatyva minėtai gamybos technologijai yra **šalto purškimo technologija** (angl. *cold gas-dynamic spray technology*). Dideliu greičiu per purkštuką (angl. *nozzle*) išlekiančios dalelės jungiasi tarpusavyje sudarydamos reikiamos formos kūnus.. Technologija sparčiai vystoma pramoninėje metalų apdailoje. Tiksliai kontroliuojant purkštuvą, įrengimo operatoriai gali sukurti itin tvirtus trimačius metalinius objektus, panašius į 3D gamybos produktus. Gamyboje galima naudoti net egzotiškus metalus, pvz., titaną (Executive Office of the President, 2012)<sup>13</sup>.

Prognozuojama, kad ateityje bus vystomos pažangios **formavimo ir sujungimo technologijos** (angl. *advanced forming and joining technologies*) (Executive Office of the President, 2012). Dauguma dabartinių mechaninės gamybos procesų priklauso nuo tradicinių technologijų, daugiausiai nuo metalų liejimo, kalimo, apdirbimo ir suvirinimo. Ši sritis yra pribrendusi naujovėms – reikalingi nauji būdai dirbti su įvairesnėmis medžiagomis, kartu didinant energijos ir išteklių panaudojimo efektyvumą. Pvz., šaltasis formavimas (angl. *cold forming*) galėtų būti naudojamas remonto arba pažangaus suvirinimo srityse. Frikcinio kaitinimo (angl. *friction stir*) technologijos leidžia sujungti metalinius komponentus lokaliai dėl trinties užkaitinus reikiamą vietą, suteikti gaminiui reikiamą formą pabnaudojant plastinę deformaciją.

**Jutimo, matavimo ir procesų valdymo technologijos** (angl. *sensing, measurement and process control technologies*) įgalina nuotolinio valdymo, kontrolės, matavimo ir prognozavimo sistemų taikymą (pavyzdžiui, darbo ir sveikatos apsaugai, kokybės kontrolei, procesų kontrolei siekiant reguliuoti išteklių ir energijos srautus ir optimizuoti jų suvartojimą). Gamybos duomenys gali būti renkami naudojant jutiklių ir įvairias kitas technologijas (drėgmės jutiklius, GPS įrangą, žnyples metalo storiui įvertinti ir kt.). Ištikus neplanuotai gamybos operacijai, jutikliai gali aptikti trikdžio šaltinį ir išsiųsti žinutę gamybos vadovui (pvz., į telefoną).

**Automatizuoto ir skaitmenizuoto procesų valdymo sistemos** naudojamos lanksčiam gamybos automatizavimui integruojant skirtingas technologijas, ypač informacines technologijas (programinė įranga, automatizuoto valdymo sistemų projektavimas ir kūrimas iš standartinių komponentų, kt.). Šios technologijos skirtos nuotoliniam įrenginių valdymui ir kontrolei. Pvz., programinė įranga gali būti naudojama procesų kontrolei siekiant reguliuoti išteklių ir energijos srautus ir optimizuoti jų suvartojimą. Taikymai gali apimti visišką gamybos automatizavimą ir valdymo perkėlimą į skaitmeninę erdvę, pvz.:

- Kompiuterinė gamybos technologija (angl. *Computer Aided Manufacturing (CAM)*) remiasi programine įranga, kuri projektavimo reikalavimus (iš kompiuterinio projektavimo sistemų) verčia į instrukcijas gaminių kontrolinei įrangai, minimizuojant žmogaus funkcijas (Industry

<sup>13</sup> „What's Hot in Manufacturing Technology“ . Wallstreet Journal (2013-06-10). Prieiga per internetą: <http://online.wsj.com/article/SB10001424127887323855804578510743894302344.html>

Innovation Council, 2011). Pavienių produktų gamyboje, kompiuterinė gamyba sumažina gamybos trukmę ir kainą. Kitą vertus, ji yra nepatikima masinėje gamyboje, kai dėl produktų projekto netikslumo gali būti sunaikinta tūkstančiai produkto vienetų.

- Kompiuterinė integruota gamyba (angl. *Computer-integrated manufacturing*) į bendrą sistemą susieja kompiuterinį projektavimą ir gamybą, automatizuotą išteklių priežiūrą, robotų technologijas, automatizuotą gamybos planavimą ir kontrolę;
- Hibridinės gamybos sistemą (angl. *Hybrid Manufacturing System*) sudaro darbuotojai, kompiuteriai ir įranga, derinami planuojant ir valdant informacinius bei žaliavų srautus.
- „Skaitmeninės gamyklos“ technologija apima į skaitmeninę erdvę perkeltus įrengimus, gamybos linijas, darbuotojų funkcijas. Tokioje gamykloje galima simuliuoti produktus arba gamybos sistemas. Tankiai instaliuotų jutiklių technologijos (pvz., fotoaparatai ir lustinis atsakiklis) padeda „synchronizuoti“ produkto modelį ir realius gamybos pajėgumus kiekviename gamybos taške. Tai užtikrina pirminę kokybę ir sumažina gamybos trukmę. Automobilių gamintojai naudoja šią technologiją optimizuoti gamybos linijų išdėstymui (McKinsey Global Institute, 2012).

#### 4.5. Vadybos inovacijos lanksčiai gamybai

Mažą gamybos efektyvumą lemia ne tik technologinių inovacijų stoka, bet ir neefektyvūs verslo procesai, vadybos įgūdžių ir patirties stoka. Įvairūs aukščiau aprašytos tendencijos technologijose ir gamyboje neišvengiamai privers įmones ieškoti būdų atspėti naujus rinkos poreikius arba juos formuoti, geriau integruoti naujas technologines žinias ir greitai atnaujinti darbo jėgos kompetencijas, diegti naujus verslo modelius, valdyti naujus gamybos procesus, sistemas. Tai kels naujus lūkesčius lanksčiai, į klientų poreikius orientuotai ir aukštos kokybės žiniomis grįstai vadybai bei vadybos inovacijoms. Taikant technologiją be kvalifikuotos darbo jėgos ir naujų vadybinių gebėjimų pasiekama automatizuota netvarka (Deloitte, 2012).

Vadybos inovacijos, susijusios su naujų verslo ir rinkodaros modelių diegimu, naujomis darbo organizavimo, žmogiškųjų išteklių valdymo sistemomis, taupiosiomis (angl. *lean*) sistemomis ir kt., gali apimti visą vertės grandinę. Šios inovacijos svarbios atsižvelgiant į tokius iššūkius kaip lanksčių ir automatizuotų procesų taikymas, „skaitmenizuotos“ ir virtualios gamyklos, „atvirosios inovacijų vietos“, tiekimo grandinės trumpėjimas, autonomiškas darbas, ir kt. Kitaip tariant, vadyba privalo kurti naujus santykius su darbuotojais, tiekėjais ir vartotojais, arba prie jų prisitaikyti.

Išskiriami keturi lanksčių gamybos operacijų veiksniai (McKinsey Global Institute, 2012):

**Lentelė 3: Lanksčių gamybos operacijų veiksniai**

Veiksny	Apibrėžimas
Pirmenybė (angl. <i>pre-emption</i> )	Projektavimo ir operacijų pasirinkimai, galintys apsaugoti įmonę nuo veiklos nutrūkimo, pvz., naudojamų išteklių diversifikacija;
Aptikimas (angl. <i>detection</i> )	Investicijos į stebėsenos sistemą, leidžiančią iš anksto

Veiksny	Apibrėžimas
	ižvelgti problemas;
Atsako stiprumas (angl. <i>response strength</i> )	Gamybos sprendimai turi remtis tiksliais instrukcijomis ir išorės/vidinių kaitos veiksnių analize.
Galimybių identifikavimas (angl. <i>opportunity capture</i> )	Ateities tendencijų analizė ir kintančios aplinkos panaudojimas įmonės pranašumui sukurti.

Šaltinis: sudaryta autorių pagal McKinsey Global Institute, 2012.

Autonomiška (savarankiška) darbo jėga užtikrina lanksčią gamybą. Prognozuojama, kad ateityje darbuotojų lankstumas bus itin skatinimas (Deloitte, 2012). Diskutuojamos naujos radikalios vadybos tendencijos: darbuotojai, nustatantys sau atlyginimą, ir pan.

## BIBLIOGRAFIJA

### Pagrindiniai šaltiniai:

1. Deloitte (2012). The automation evolution. Prieiga per internetą: [http://www.deloitte.com/view/en\\_US/us/Insights/Browse-by-Content-Type/deloitte-review/98d047c28a998310VgnVCM3000001c56f00aRCRD.htm](http://www.deloitte.com/view/en_US/us/Insights/Browse-by-Content-Type/deloitte-review/98d047c28a998310VgnVCM3000001c56f00aRCRD.htm).
2. BIS, Department for Business, Innovation and Skills (2010). Potential for resource efficiency savings for businesses. Prieiga per internetą: <http://enworksinbox.com/sites/default/files/BIS%20Potential%20for%20Resource%20Efficiency%20Savings%20Report%202009.pdf>.
3. Dunkerton S. (2012). Integrating materials and processes to manufacture new products presentation. Industrial Technologies 2012 Conference.
4. Estonian development fund (2009). Industry Engines 2018. Talinn: Policy Brief 03/2009.
5. Europos Komisija (2010). EU Manufacturing Industry: What are the Challenges and Opportunities for the Coming Years? First tentative findings of a sector-specific analysis carried out in DG Enterprise and Industry. Prieiga per internetą: [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/industrial-competitiveness/economic-crisis/files/eu\\_manufacturing\\_challenges\\_and\\_opportunities\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/industrial-competitiveness/economic-crisis/files/eu_manufacturing_challenges_and_opportunities_en.pdf)
6. Executive Office of the USA President (2012). Report to the president capturing a domestic competitive advantage in advanced manufacturing. US: Report of the Advanced Manufacturing Partnership Steering Committee Annex 1: Technology Development Workstream Report. Prieiga per internetą: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp\\_final\\_report\\_annex\\_1\\_technology\\_development\\_july\\_update.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp_final_report_annex_1_technology_development_july_update.pdf)
7. Fraunhofer Society with participating institutes (2012). Economic foresight study on industrial trends and the research needed to support the competitiveness of European industry around 2025. Prepared for the European Commission. Prieiga per Internetą: [http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/economic-foresight-on-rd\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/economic-foresight-on-rd_en.pdf)
8. Georgia Institute of Technology et al. (2013). A Roadmap for U.S. Robotics From Internet to Robotics. Prieiga per Internetą: <http://www.cra.org/ccc/files/docs/2013-Robotics-Roadmap>
9. IDA Institute for defense analyses (2012). Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing.
10. Australian Future Manufacturing Industry Innovation Council (2011). Trends in manufacturing to 2020. Prieiga per Internetą: <http://www.innovation.gov.au/industry/futuremanufacturing/FMIIC/Documents/TrendsinManufacturingto2020.pdf>
11. McKinsey & Company (2012). Lightweight, heavy impact.
12. McKinsey Global Institute (2012). Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation. Prieiga per Internetą:

- [http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/the\\_future\\_of\\_manufacturin\\_g](http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/the_future_of_manufacturin_g)
13. National Science and Technology Council (2011). Materials Genome Initiative for Global Competitiveness. US. Prieiga per Internetą:
  14. OECD (2012). Science, Technology and Industry Outlook 2012 Highlights. Prieiga per Internetą:  
[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/materials\\_genome\\_initiative-final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/materials_genome_initiative-final.pdf)
  15. OECD (2011). Future Prospects for Industrial Biotechnology, OECD Publishing. Prieiga per Internetą: <http://www.genomicaybioeconomia.org/images/1-1.pdf>
  16. Paliokaitė, A. (2013). Long term national challenges facing Lithuania's economy and society: Background discussion paper to support development of Smart Specialisation Strategy in Lithuania. Prieiga per Internetą:  
[http://www.mosta.lt/images/documents/ss/Report\\_on\\_longterm\\_national\\_challenges.pdf](http://www.mosta.lt/images/documents/ss/Report_on_longterm_national_challenges.pdf)
  17. Ruedas-Rama M. et al. (2012). Fluorescent nanoparticles for intracellular sensing. A review, *Analytica Chimica Acta*, Volume 751.
  18. Scapolo F. et al. (2003). The Future of Manufacturing in Europe 2015-2020: The Challenge for Sustainability. Prieiga per Internetą:  
<http://foresight.jrc.ec.europa.eu/documents/eur20705en.pdf>
  19. Tarptautinė nepriklausoma ekspertų grupė (2013). Pasiūlymai dėl Lietuvos sumanios specializacijos prioritetinių krypčių. Prieiga per internetą:  
[http://www.mosta.lt/images/ss/Pasiulymai\\_del\\_Lietuvos\\_sumanios\\_specilizacijos\\_krypciu.pdf](http://www.mosta.lt/images/ss/Pasiulymai_del_Lietuvos_sumanios_specilizacijos_krypciu.pdf)
  20. Technology Strategy Board (2012). High Value Manufacturing strategy| 2012-2015. Prieiga per Internetą:  
<https://www.innovateuk.org/documents/1524978/2139688/High+Value+Manufacturing+Strategy+2012-15/>
  21. Technopolis group (2013). Global trends and drivers as challenges for Lithuanian research and innovation policy: Background paper to support the development of a Smart Specialisation Strategy in Lithuania. Prieiga per Internetą: [http://www.mosta.lt/images/Global\\_trends.pdf](http://www.mosta.lt/images/Global_trends.pdf)
  22. The National Science and Technology Council (NSTC) (2011). Materials Genome Initiative for Global Competitiveness.
  23. Wiendahl, H. P. et al. (2007). Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 56 (2).
  24. World Economic Forum (2012). The Future of Manufacturing Opportunities to drive economic growth. A World Economic Forum Report in collaboration with Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Prieiga per Internetą:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_MOB\\_FutureManufacturing\\_Report\\_2012.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_MOB_FutureManufacturing_Report_2012.pdf)

**Kiti šaltiniai**

Design-to-value, McKinsey. Prieiga per internetą: [http://www.mckinsey.com/client\\_service/operations/expertise/product\\_development/design-to-value.html](http://www.mckinsey.com/client_service/operations/expertise/product_development/design-to-value.html)

„What's Hot in Manufacturing Technology“. Wallstreet Journal (2013-06-10). Prieiga per internetą: <http://online.wsj.com/article/SB10001424127887323855804578510743894302344.html>

I-mirror pavyzdys. Prieiga per internetą: [http://prezi.com/0suimw9\\_4tqj/imirror/](http://prezi.com/0suimw9_4tqj/imirror/)

20 Tech Trends for 2013. Prieiga per internetą: <http://designmind.frogdesign.com/blog/20-tech-trends-for-2013.html#14.html>

i.materialise interneto puslapis. Prieiga per internetą: <http://i.materialise.com>

Hackerspace. Prieiga per internetą: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hackerspace>

TechShop interneto svetainės informacija. Prieiga per internetą: <http://www.techshop.ws/>

Allison J. Integrated Computational Materials Engineering (ICME): Integrating Computational Materials Science and Engineering, Prieiga per internetą: [http://web.ornl.gov/sci/cmsinn/talks/10\\_allison.pdf](http://web.ornl.gov/sci/cmsinn/talks/10_allison.pdf)

The top 10 emerging technologies for 2013, World Economic Forum interneto puslapis. Prieiga per internetą <http://forumblog.org/2013/02/top-10-emerging-technologies-for-2013/>

Top 5 Trends in Nanotechnology (Kovas, 2013). Prieiga per internetą: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/nanotechnology/top-5-trends-in-nanotechnology>

Naujas pasiekimas išlaikant susietumą (2011-09-01). Prieiga per internetą: <http://www.balsas.lt/naujiena/553369/naujas-pasiekimas-islaikant-susietuma>

Li-Fi: bevielis duomenų perdavimas, pasitelkiant šviesą (2012-10-06). Prieiga per internetą: <http://www.technologijos.lt/n/technologijos/it/S-28701>