



jamk

Kestävät valmistusteknologiat

Koulutus on Jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskuksen rahoittama. Palvelukeskus edistää työikäisten osaamisen kehittämistä ja osaavan työvoiman saatavuutta. Palvelukeskuksen toimintaa ohjaavat opetus- ja kulttuuriministeriö sekä työ- ja elinkeinoministeriö.

Rahoittaja



Jatkuvan oppimisen ja
työllisyyden palvelukeskus

Kestävät valmistusteknologiat, 5 op

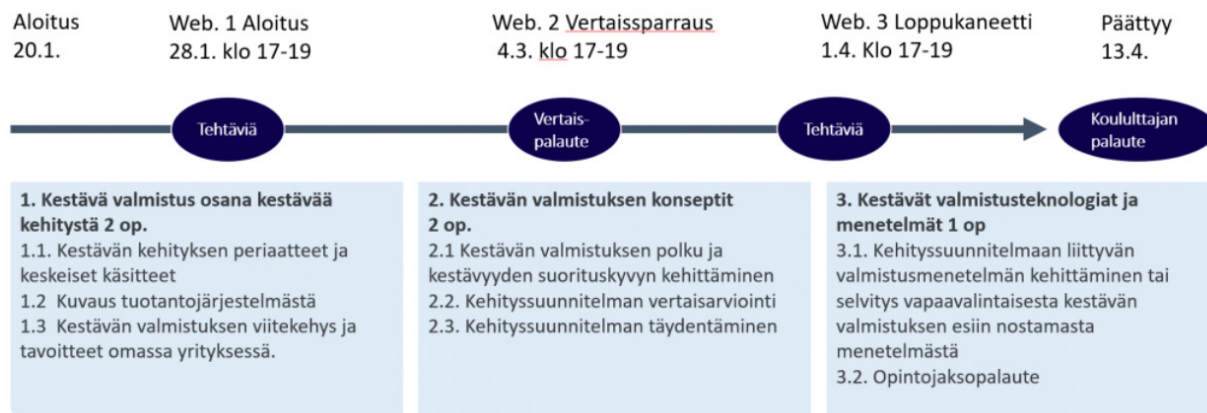
Kestävät valmistusteknologiat opintojakso toteutettiin

- 18.9.2023 – 11.12.2023
- 15.1.2024 – 5.4.2024
- 20.1.2025 – 13.4.2025

Opintojakson osaamistavoitteet

- Kestävyyden periaatteiden ymmärtäminen: Oppimistavoitteena on saavuttaa ymmärrys kestäväyyden käsitteestä valmistusteknologioiden näkökulmasta sekä tiedostaa ympäristövaikutusten ja resurssien käytön merkitys valmistusprosesseissa.
- Kestävän valmistuksen työkalut: Oppimistavoitteena on oppia tuntemaan kestävän valmistuksen systematiikkaa sekä tutustua erilaisiin arviointityökaluihin ja indikaattoreihin.
- Kestävien valmistusmenetelmien tuntemus: Tavoitteena on perehtyä erilaisiin kestäviin valmistusmenetelmiin, kuten energiatehokkaisiin prosesseihin, kierrätykseen perustuviin tekniikoihin ja hybridivalmistukseen.
- Innovaatioiden ja digitaalisten teknologioiden rooli: Tavoitteen on ymmärtää, miten digitaaliset teknologiat, kuten tekoäly ja IoT, voivat edistää kestävien valmistusprosessien suunnittelua, seurantaa ja optimointia.
- Tulevaisuuden visiointi: Opiskelijoiden tulee pystyä hahmottamaan, miten kestävät valmistusteknologiat voivat vaikuttaa tulevaisuuden teollisuuteen ja yhteiskuntaan sekä osallistua keskusteluun alan kehityksen suunnasta huomioiden myös eettiset näkökulmat.

Opintojakson rakenne ja esimerkkiajoitus



1. Kestävä valmistus osana kestävää kehitystä

Kestävän valmistuksen käsitteen avausta

- Kestävä valmistus on olennainen osa laajempaa kestäväen kehityksen tavoitetta. Se korostaa ympäristön, talouden ja yhteiskunnan tasapainoista huomioon ottamista valmistusprosesseissa ja tuotantoketjuissa. Kestävä valmistus pyrkii vähentämään ympäristövaikutuksia, kuten resurssien liikkakäyttöä, energiankulutusta ja päästöjä, samalla kun se edistää eettisiä ja sosiaalisia näkökohtia, kuten työntekijöiden hyvinvointia ja yhteisöjen osallisuutta.
- Tavoitteena on luoda tuotteita ja palveluita, jotka ovat pitkäikäisiä, resurssitehokkaita ja vähemmän haitallisia ympäristölle. Kestävä valmistus edistää myös kiertotaloutta, jossa materiaaleja ja komponentteja kierrätetään ja uudelleenkäytetään, vähentäen jättemääriä ja luonnonvarojen kulutusta.
- Yhteensovittamalla taloudelliset, ympäristölliset ja yhteiskunnalliset näkökulmat kestävä valmistus tukee kestäväen kehityksen päämääriä, kuten ilmastonmuutoksen hillitsemistä, luonnon monimuotoisuuden suojelua ja ihmisten elämänlaadun parantamista. Se osoittaa, kuinka liike-elämä ja tuotanto voivat toimia voimavarana globaalin kestävyuden edistämiseksi.

Oppimistehtävien luonne

Ensimmäisessä osiossa opiskelija perehtyi kestäväen kehityksen valmistusta koskeviin osa-alueisiin. Tutustuen kestäväen valmistuksen periaatteisiin, keskeisiin käsitteisiin ja toimijoihin niin maailmalla kuin Suomessakin.

Tarkoituksena on, että ensimmäisen osion tehtyä opiskelija:

- Omasi käsityksen siitä mitä kestäväällä kehityksellä ja valmistuksella tarkoitetaan
- Tunnisti oman toimialan kannalta keskeiset kestäväen valmistuksen periaatteet ja mahdollisuudet
- Löysi oman työpaikkasi toimintojen liityntäpinnat kestävään valmistukseen.

1.1 Kestävän kehityksen periaatteet ja keskeiset käsitteet

Kestävän kehityksen kokonaisuus ja keskeiset käsitteet

Kestävä kehitys on käsite, joka kattaa monipuolisesti yhteiskunnallisia, taloudellisia ja ekologisia näkökohtia ja pyrkii varmistamaan, että nykyiset tarpeet tyydytetään ilman, että vaarannetaan tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Kestävä kehitys on kehitysmalli, joka tasapainottaa inhimilliset tarpeet, taloudellisen kasvun ja ympäristönsuojelun pitkällä aikavälillä.

Kestävä kehitys perustuu kolmeen keskeiseen ulottuvuuteen:

1. Ekologinen kestävyys: Tämä tarkoittaa luonnonvarojen kestävää käyttöä ja ympäristön suojelua. Kestävässä kehityksessä pyritään vähentämään saastumista, luonnonvarojen liikakäyttöä ja ekosysteemien heikkenemistä.
2. Sosiaalinen kestävyys: Tämä painottaa yhteiskunnan oikeudenmukaisuutta, tasa-arvoa ja ihmisoikeuksien kunnioitusta. Sosiaalisesti kestävässä kehityksessä huolehditaan siitä, että kaikilla ihmisillä on mahdollisuus hyvään elämään, koulutukseen, terveydenhuoltoon ja sosiaaliseen osallisuuteen.
3. Taloudellinen kestävyys: Taloudellinen kestävyys pyrkii tasapainottamaan talouskasvun tarpeet ja resurssien tehokkaan käytön. Tämä voi sisältää esimerkiksi kiertotalouden periaatteiden omaksumista, investointeja uusiutuviin energialähteisiin ja köyhyyden vähentämistä. Taloudellinen kestävyys pyrkii luomaan tasapainoista kasvua, joka ei perustu velkaantumiseen tai varantojen hävittämiseen.

Kestävä kehitys tunnetaan usein myös "kolmen P:n" periaatteena: Planet (maapallo), People (ihmiset) ja Profit (voitto). Tämä tarkoittaa, että kestävä kehitys pyrkii saavuttamaan tasapainon ympäristöllisen kestävyuden, sosiaalisen oikeudenmukaisuuden ja taloudellisen menestyksen välillä.

Kestävä kehitys ei ole pelkästään yksittäinen päämäärä, vaan jatkuva prosessi, joka vaatii yhteistyötä, innovaatioita ja tietoisia päätöksiä kaikilla yhteiskunnan tasoilla, niin paikallisesti kuin globaalisti, varmistaakseen maapallon ja sen asukkaiden hyvinvoinnin pitkällä aikavälillä. Sen vuoksi eri toimialat, keskusjärjestöt ja yritykset ovat laatineet omia kestävä kehityksen ohjelmia, joilla pyritään edellä mainittuihin päämääriin. Pyrkimys pysyä eettisen toiminnan kehityksessä mukana, aiheuttaa painetta myös toteuttaa ohjelmia ja saada kestävyudessa tuloksia aikaiseksi.

(Opetushallitus 2023; Ympäristöministeriö.)

Kestävä valmistus

Kestävä valmistus on olennainen osa YK:n kestävä kehityksen ohjelmaa, joka tunnetaan myös nimellä Agenda 2030. Tämä agenda pyrkii saavuttamaan 17 kestävä kehityksen tavoitetta (Sustainable Development Goals, SDG), jotka kattavat laajan kirjon ympäristöllisiä, sosiaalisia ja taloudellisia haasteita. Kestävä valmistus tukee yleisesti useita näistä tavoitteista, kuten tavoitetta 9 (Teollisuus, innovaatio ja infrastruktuuri), tavoitetta 12 (Vastuullinen kuluttaminen) sekä tavoitetta 13 (Ilmastotoimet).

Kuvailtaessa kiteytetysti kestävä valmistusta Agenda 2030:n puitteissa, kestävä valmistus pyrkii edistämään resurssitehokkuutta, pienentämään hiilijalanjälkeä ja vähentämään ympäristövaikutuksia valmistusprosesseissa. Samalla se korostaa inhimillisten oikeuksien kunnioittamista, työntekijöiden oikeuksien varmistamista ja yhteisöjen osallistamista tuotantoketjuissa.

(Kestavakehitys.fi; oph.fi.)

Kestävän valmistuksen kautta teknologia tulee avuksi kestävän kehityksen toteuttamisessa. Kestävä valmistus voi esimerkiksi edistää ilmastotoimia vähentämällä kasvi-huonekaasupäästöjä, parantamalla energiatehokkuutta ja hyödyntämällä uusiutuvia energialähteitä. Lähestymällä asiaa myös toisin, kestävä valmistus voi auttaa sopeutumaan ilmastomuutoksen vaikutuksiin tai vähentää muutoksen haittatekijöitä. Yksi kestävän valmistuksen muoto on tulevaisuuden autonominen tuotanto, joka perustuu digitalisaatioon, tekoälyyn ja robotiikkaan. Autonominen tuotanto mahdollistaa itsenäisesti toimivat, älykkäät ja joustavat tuotantoprosessit ja -laitteet, jotka voivat mukautua muuttuviin olosuhteisiin.

Kestävä valmistus voi edistää vastuullista kulutusta ja tuotantoa kierrättämällä ja uudelleenkäyttämällä materiaaleja ja tuotteita, vähentämällä jätteen määrää ja haitallisuutta, parantamalla tuotteiden laatua ja elinkaarta



sekä huomioimalla tuotteiden ympäristöön liittyviä ja/tai sosiaalisia kustannuksia. Kestävyyteen liittyvät kustannuslaskennan mallit ja arvioinnin mittarit ovat kehitystyön kohteena.

Kestävä valmistus voi mahdollistaa kumppanuuksia luomalla verkostoja ja yhteistyötä eri toimijoiden välillä, kuten hallitusten, yritysten, tutkimuslaitosten, kansalaisjärjestöjen ja paikallisyhteisöjen. Kestävyden periaatteilla toimiva valmistus voi myös edistää teknologian siirtoa ja innovaatioiden levittämistä hyvällä yhteistyöllä. Toki kestävydestä on muodostunut yrityksille myös kilpailullinen dimensio.

(Alihankinta 2019; VTT 2023 1; VTT 2023 2.)

Keskeiset käsitteet

- Agenda 2030: YK:n jäsenmaiden vuonna 2015 sopima toimintaohjelma
- Kestävän kehityksen kasvatus: Tähtää vahvistamaan yksilön tapaa toimia ja ajatella kestävää kehitystä.
- Globaalikasvatus: Maastrichtin globaalikasvatuksen julistus (2002). Ymmärrys glob. riippuvuussuht.
- Ekologinen kestävyys: ihmisen toiminnan sopeuttaminen luonnon ja ympäristön uusiutumisen- ja kestävyyskykyyn
- Taloudellinen kestävyys: ...kun maapallon resurssit ehtivät uusiutua nopeammin kuin niitä käytetään.
- Kulttuurinen kestävyys: ..., takaa kulttuurien kehittymisen ja säilymisen sukupolvelta toiselle.
- Sosiaalinen kestävyys: hyvinvoinnin edellytysten siirtymistä ja kehittymistä sukupolvelta toiselle

(Opetushallitus.)

Tulkinnan kehittymisen vaiheet Suomessa

1. Gro Harlem Brundtland, 1987: "Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa."
Edellä mainittua käsitelmäärityä seurattiin Ympäristön ja kehityksen Suomen toimikunnassa 1990-luvulla. (Hallituksen selonteko eduskunnalle seurailu samaa määrittelyä)
2. Suomen kestävän kehityksen toimikunta 1994/1995, työryhmän laatima muistio: "Kestävä kehitys on jatkuvaa, ohjattua yhteiskunnallista muutosta eri aluetasoilla, jonka päämääränä turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet."
Keskeistä on kolme ulottuvuutta, ympäristotaloudellinen, yhteiskunnallinen ja kulttuurinen, jossa talous on alistettu ekologiselle kestävyydelle. Lähestymistapa korostaa ihmisen henkisesti uudistuvaa kehitystä sekä inhimillisen pääoman että eettisen kasvamisen mielessä.
3. Kestävä kehitys pääomakäsittein, 1990-luvun lopulta lähtien: Maailmanpankin pääjohtaja Ismail Serageldin muotoili kestävän kehityksen määritelmän talouspoliitikoille ymmärrettävään muotoon hyvin saman kaltaisesti kuin Suomessa: "Kestävä kehitys tarkoittaa sitä, että jätämme tuleville sukupolville yhtä paljon mahdollisuuksia kuin meillä on ollut, ellei jopa enemmän."
Mahdollisuudet voidaan tulkita varallisuudeksi, vauraudeksi, pääomaksi, jota voidaan konkretisoida ja mitata neljän pääomalajin avulla (esitellään seuraavaksi).
Ihminen on kuitenkin viimeisen noin sadan vuoden aikana kuluttanut ekponeniallisella vauhdilla luonnonvaroja

(Ympäristöministeriö.)

Neljä pääomalajia:

- Inhimillinen pääoma (esim. osaaminen, tiede, tutkimus ja kehitys, patentit)
- Fyysinen pääoma (esim. tuotantokoneistot, infrastruktuuri, rakennettu ympäristö)
- Sosiaalinen pääoma (esim. lainsäädäntö, hallinto, sosiaaliset verkostot, luottamus ja legitimitetti)
- Luontopääoma (uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat)

Kestävän kehityksen kannalta on tärkeää vahvistaa inhimillistä ja sosiaalista pääomaa eli yhteiskunnan ja kansalaisten **innovaatio- ja muutoksenhallintakykyä**.

(Hyria; Ympäristöministeriö.)

Suomen tilanne kestävän kehityksen edistämässä
Agendan 2030 –tavoitteet – Mihin teollisuus voi vastata, poimintoja tilannekatsauksesta

7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY



Tavoite 7.

Energian saatavuus ja energiatehokkuus ovat Suomessa erinomaisella tasolla. Sen sijaan energiankäytön kokonaismäärän osalta tilanne ei ole yhtä hyvä, sillä vuonna 2018 käytimme 1,38 miljoonaa terrawattituntia energiaa. Energiankäyttöä tulee siksi myös vähentää tehostamisen lisäksi. Uusiutuvat energianlähteet ja niiden käyttö ovat kasvaneet vuosittain.

Tavoite 9.

Taloudelliset panostukset tutkimukseen ja tieteeseen olivat pitkään laskussa. Nyt suuntaa on käännetty, ja tukea annetaan erityisesti hiilineutraaliutta ja kiertotaloutta tukeville innovaatioille. Taloutemme nojaa edelleen vanhaan, paljon luonnonvaroja kuluttavaan teollisuuteen.

9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE



12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION



Tavoite 12.

Kestävät kulutus- ja tuotantotavat ovat niin Suomen, Pohjoismaiden kuin kaikkien rikkaiden, teollistuneiden maiden heikkous. Suurin osa kuluttamistamme tavaroista tuotetaan Suomen rajojen ulkopuolella. Osansa tilanteesta kertoo myös se, että suomalaiset tuottavat yli neljä kertaa enemmän jätettä muihin EU-maihin verrattuna. Myös ruokahävikkimme on suurta.

Tavoite 13.

Ilmastonmuutosta hillitsevät toimet edistyvät liian hitaasti. Suomen hiilidioksidipäästöt ovat viime vuosina jopa kasvaneet. Vastaavasti hiilinielumme ovat supistuneet. Kotimaan rajojen sisäpuolella tapahtuneiden päästöjen lisäksi huomioon tulisi ottaa toiminnastamme aiheutuneet päästöt rajojemme ulkopuolella.

13 CLIMATE ACTION



(Opetushallitus.)

Wiek et al. (2011) on listannut kestävän kehityksen edistämisen kannalta 5 päätäittoa:
Systemiajattelu, Ennakoinnin taito, Normatiivinen osaaminen, Strateginen ajattelu, Ihmissuhdetaidot

Lähteet

- Alihankinta (2019). [Kestävä valmistus.](#)
- I.S. Jawahir. 2008. Beyond the 3R's: 6R Concepts for Next Generation Manufacturing: Recent Trends and Case Studies. Symposium on Sustainability and Product Development IIT, Chicago, August 7-8, 2008.
- [Mitä on kestävä kehitys?](#) Artikkelit ympäristöministeriön www-sivuilla.
- Kestävä kehitys. Hyria www-sivut.
- Kestävä kehitys opetuksessa. Tampereen yliopiston ja ammattikorkeakoulun www-sivut.
- [Kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma Agenda 2030.](#) Valtioneuvoston kanslian www-sivut.
- [Kestävän kehityksen keskeiset käsitteet.](#) Opetushallituksen www-sivut.
- [Kestävän kehityksen tilanne Suomessa.](#) Opetushallituksen www-sivut.
- Kestävän kehityksen osa-alueet. Kouvolan ammattiopiston pedanet -sivut.
- Kestävän tulevaisuuden indikaattoreiden tautamateriaali. [Opetus-, kasvatus- ja koulutusalojen säätiö – OKK-säätiö sr.](#)
- Luonnon kantokyvyn turvaava, hyvinvoiva ja globaalisti vastuullinen Suomi. [Kestavakehitys.fi](#)
- VTT (2023). [Kestävä valmistus ja autonominen tuotanto.](#) Palvelukuvaus.
- VTT (2023). [Tekoäly mullistaa autonomisen valmistuksen: VTT ja Oulun yliopisto nimittävät Shuai Lin yhteisprofessoriksi.](#) VTT uutiset.
- [What are the Sustainable Development Goals? 2023.](#) United Nations Development

Ideoinnissa on käytetty tekoälyä. OpenAI. (2023). ChatGPT (Mar 14 version) [Laaja kielimalli]



1.1. Tehtävä, käsitteet ja lyhenteet

Tehtävässä opiskelijat valitsivat kestävään valmistukseen liittyvän käsitteen, josta etsi tietoa aktiivisesti hyödyntäen annettua termiä ja sen suomen-/englanninkielistä nimeä.

Opiskelijat kertoivat omin sanoin, mitä termi/lyhenne tarkoittaa, lähteitä hyödyntäen. Lisäksi opiskelijat täydensivät toistensa tekemiä kuvauksia.

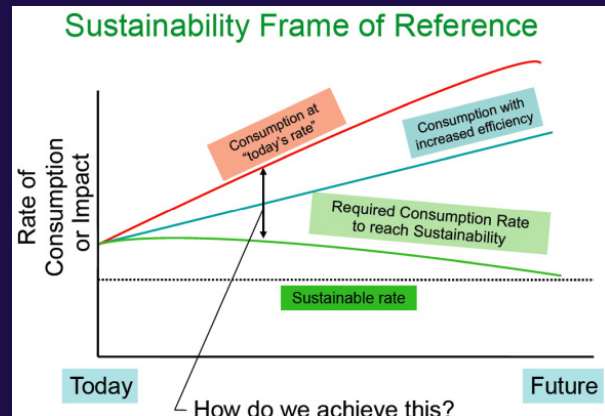
1.2 Kestävän valmistuksen viitekehys

Kestävä valmistus

Kestävä valmistus on kokonaisvaltainen lähestymistapa, joka perustuu toiminnoiltaan arvioimiseen, mittaamiseen ja jatkuvaan kehittämiseen. Lähestymistavalla pyritään saavuttamaan ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen liittyvät tavoitteet samalla kun yritetään minimoida tuotannon

aiheuttamat haitalliset vaikutukset. Arvioinnin, mittaamisen ja kehittämisen työkalut ovat keskeisiä osia näissä pyrkimyksissä, mahdollistaen tietoon perustuvan päätöksenteon ja toimenpiteiden suunnittelun. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin näitä työkaluja ja niiden roolia kestävässä valmistuksessa. Mutta ennen sitä kannattaa tiedostaa mitä oikein yritetään saavuttaa.

Artikkelissa "Green Manufacturing - Scratching the Surface" David A. Dornfeld käsittelee kestävä valmistuksen käsitettä, merkitystä ja haasteita. Hän määrittelee kestävä valmistuksen muiden tapaan valmistusprosessiksi, joka minimoi ympäristövaikutukset ja maksimoi sosiaalisen ja taloudellisen arvon. Artikkelissa korostetaan kestävä valmistuksen tärkeyttä sekä ympäristön että yritysten kannalta, sillä se voi parantaa resurssitehokkuutta, innovaatiokykyä, kilpailukykyä ja vastuullisuutta. Ajatusta havainnollistaa erinomaisesti kuva, joka ehkä parhaiten tuo esille kestävä valmistuksen ydintavoitetta.



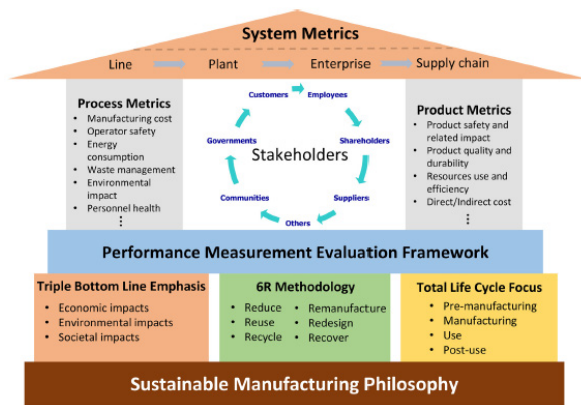
(Dornfeld A. 2010.)

Tuote-, prosessi- ja järjestelmäintegraatio

Paljon siteeratut Aihua Huang ja M. F. Badurdeen ovat tehneet tutkimusta kestävä valmistuksen kokonaisuudesta ja kehittäneet konseptin, jonka avulla kestävä valmistuksen suorituskykyä voidaan arvioida ja mitata eri tasoilla. Heidän ajatuksensa perustuvat siihen, että tuotteiden, valmistusprosessien ja järjestelmien välillä on monimutkaisia vuorovaikutussuhteita, jotka vaikuttavat kestävään kehitykseen. Siksi kehitystyössä ei voida keskittyä vain kolmion yhteen osaan. Monet valmistavat yritykset ja muut toimijat käyttävät tätä kolminaisuuden kuvaa lähtökohta kestävä kehityksen kehitysohjelmissa.

Tutkijoiden eteenpäin kehittämä kattavampi filosofia "Sustainability Performance Measurement House" viittaa kolmitasoiseen lähestymistapaan, jossa kestävä valmistuksen suorituskykyä mitataan ja arvioidaan. Toyotan tuotantojärjestelmästä lainattua Talo-metaforaä käytetään havainnollistamaan eri osa-alueiden integraatiota ja niiden hierarkiaa. Konsepti perustuu siihen, että kestävä valmistuksen arvioinnissa on otettava huomioon sidosryhmien näkökulma ja eri tasoilla tapahtuvat muutokset ja vaikutukset.

(Huang, Badurdeen 2017.)



Selvennystä kestäväen valmistuksen kolminaisuuden elementteihin:

Tuotetason integraatio:

Ensimmäinen taso liittyy yksittäisen tuotteen kestävyteen. Tässä osassa arvioidaan tuotteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia, materiaalivalintoja, kierrätettävyyttä ja muita kestävyteen liittyviä tekijöitä.

Prosessitaso: Toinen taso keskittyy valmistusprosessien kestävyteen. Tämä sisältää energiankulutuksen, päästöt, jätehallinnan ja muiden ympäristövaikutusten arvioinnin. Tavoitteena on varmistaa, että

tuotantoprosessit ovat tehokkaita ja vähemmän ympäristölle haitallisia.

Järjestelmätaso: Kolmas taso liittyy laajempaan näkemykseen, joka kattaa koko valmistusjärjestelmän. Tämä taso käsittelee esimerkiksi toimitusketjun hallintaa, resurssien tehokasta käyttöä ja kestävää strategista suunnittelua.

Kokonaisuutena Huangin ja Badurdeenin luoma -filosofia pyrkii sisällyttämään kestäväen valmistuksen periaatteet ja käytännöt kaikkiin valmistuksen osa-alueisiin, aina yksittäisistä tuotteista koko valmistusjärjestelmään asti. Tämä lähestymistapa korostaa kestävyden merkitystä kaikilla valmistuksen tasoilla ja tarjoaa kokonaisvaltaisen kehyksen kestäväen valmistuksen edistämiseksi. Se liittyy mukaan elinkaaren hallinnan ja kiertotalouden. Konseptia on siteerattu paljon tieteellisissä julkaisuissa.

(Huang, Badurdeen 2017.)

6R -metodi

Kestäväen valmistukseen liittyy 6R-periaate, joka korostaa kuutta avainkäsitettä, jotka liittyvät tuotteiden elinkaaren hallintaan.

- Reduce (Vähennä): Materiaalien ja resurssien käytön vähentäminen valmistusprosessissa.
- Reuse (Uudelleenkäytä): Tuotteiden tai materiaalien käyttöä uudelleen alkuperäiseen tarkoitukseensa ilman merkittäviä muutoksia.
- Recycle (Kierrätä): Käytetyt materiaalit kerätään, käsitellään ja muutetaan uusiksi raaka-aineiksi tai tuotteiksi.
- Recover (Hyödynnä): Käytetyt materiaalit tai energiavirrat palautetaan takaisin valmistusprosessiin tai muuhun hyödylliseen käyttöön.
- Redesign (Suunnittele uudelleen): Tuotteiden suunnittelu siten, että niitä on helpompi kierrättää, uudelleenkäyttää ja hyödyntää.
- Remanufacture (Uudelleenvalmista): Käytettyjen tuotteiden purkamista, huoltoa ja korjaamista niin, että ne saavuttavat lähes alkuperäisen tuotteen tason.

(Hernández et al. 2019.)

Elinkaaren kokonaisvaltainen huomioiminen

Elinkaaren kokonaisvaltainen huomioiminen on keskeinen käsite kestävässä valmistuksessa, ja se heijastaa laajempaa näkemystä siitä, mitä kestävä valmistus todella tarkoittaa. Käsite korostaa, että kestävyys ei ole vain yhden vaiheen tai osa-alueen parantamista, vaan se ulottuu koko tuotteen tai prosessin elinkaaren kattavaan tarkasteluun. Kestävässä valmistuksessa pyritään tekemään valintoja ja toteuttamaan käytäntöjä, jotka vaikuttavat myönteisesti ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen kaikissa elinkaaren vaiheissa.

Kestävän valmistuksen yhteydessä elinkaaren kokonaisvaltainen huomioiminen tarkoittaa sitä, että kestävää valmistusta ei voida arvioida tai mitata vain tuotteen valmistusvaiheessa. Sen sijaan on huomioitava kaikki vaiheet, joita tuote tai prosessi käy läpi aina suunnittelusta ja raaka-aineiden hankinnasta käyttöön, huoltoon, kierrätykseen ja lopulta hävittämiseen tai uudelleenkäyttöön saakka. Jokainen näistä vaiheista tarjoaa mahdollisuuden vaikuttaa kestävyteen, resurssitehokkuuteen ja ympäristövaikutuksiin.

Elinkaaren kokonaisvaltainen huomioiminen edellyttää strategista ajattelua ja päätöksentekoa, joka ulottuu perinteisten valmistuskäytäntöjen ja liiketoimintamallien ulkopuolelle. Se vaatii myös yhteistyötä eri sidosryhmien, kuten suunnittelijoiden, valmistajien, jakelijoiden ja kuluttajien, välillä. Tämä lähestymistapa edustaa kestävän valmistuksen kehityksen kärkeä.

Teknologisesta näkökulmasta puhutaan "suljetun silmukan" (closed-loop) -valmistuksesta, joka painottaa juuri materiaalien ja resurssien tehokasta käyttöä tuotantoprosesseissa. Suljetussa silmukassa tuotteen elinkaaren loppuvaiheet, kuten kierrätys ja uudelleenkäyttö, integroidaan osaksi valmistusprosessia.

Cradle-to-cradle" (C2C) -malli

Elikaaren huomiointiin liittyy "cradle-to-cradle" (C2C) -malli, jonka ovat lanseeranneet kemisti Michael Braungart ja arkkitehti William McDonough. Tämä malli korostaa tuotteiden suunnittelua ja valmistusta siten, että ne ovat täysin kierrätettäviä tai jopa biologisesti hajoavia ja voivat palata turvallisesti takaisin luontoon ilman haitallisia ympäristövaikutuksia. C2C-malli pyrkii poikkeamaan perinteisestä "cradle-to-grave" (vauvasta hautaan) -mallista, jossa tuote valmistetaan, käytetään ja päättyy lopulta kaatopaikalle.

(Ethica 2023; Jawahir, Bradley 2016; Wikipedia 2023.)

Lähteet

- Ana E. Bonilla Hernández, Tao Lu, Tomas Beno, Claes Fredriksson, I.S. Jawahir. 2019. [Process sustainability evaluation for manufacturing of a component with the 6R application.](#)
- Dornfeld, D. A. 2010, February 2. [Green manufacturing - Scratching the surface.](#) Green Manufacturing.

- Ethica 2023. [Haluatko olla markkinamurroksen johtaja? Osoita edelläkävijyytesi Cradle to Cradle™ -tuotesertifioinnilla! www-dokumentti.](#)
- Huang a., Badurdeen F. M. 2017. [Sustainable Manufacturing Performance Evaluation at the Enterprise Level: Index- and Value-Based Methods.](#)
- Haung A. 2017. [A framework and Metrics for Sustainable Manufacturing Performance Evaluation at The Production Line, Plant and Enterprise Levels.](#)
- Institute for Sustainable Manufacturing – University of Kentucky. 2023. Sustainable Manufacturing in the Industry 4.0 Era. 7th International Forum on Sustainable Manufacturing.
- I.S. Jawahir and Ryan Bradley. 2016. [Technological Elements of Circular Economy and the Principles of 6R-Based Closed-loop Material Flow in Sustainable Manufacturing.](#)
- Jawahir, I. S., 2008. [Beyond the 3R's: 6R concepts for next generation manufacturing: Recent trends and case studies.](#)
- Wikipedia. 2023. [Circular Economy.](#)

Tekstin sisällön tuotantoon on käytetty tekoälyä. OpenAI. (2023). ChatGPT (Mar 14 version) [Laaja kielimalli]



1.2. Tehtävä, kuvaus tuotantojärjestelmästä

Tehtävän tarkoituksena oli tarkastella tarkemmin tuotantojärjestelmän rakennetta, toimintaa ja keskeisiä osatekijöitä. Tehtävä toimiialustana opintojakson seuraaville tehtäville.

Opiskelija laati tutusta tuotannollisesta ympäristöstä kuvauksen, joka avaa tuotannon toimintaa. Kuvauksen tarkoituksena oli antaa kokonaiskuva tuotantoprosessista. Kuvauksen alkuun kerrottiin lyhyesti oma toimiala ja tuotteet mitä valmistetaan. Esimerkkejä asioista, joita kuvaus voi sisältää.

- Valmistusketjut: Selvitä, missä tuotantoketjussa yritys tai toimija sijaitsee. Onko ketju kokonaisvaltainen valmistusprosessi vai osa siitä? Kuuluuko tuotantoverkkoon alihankkijoita tai kumppaneita.
- Materiaalivirrat: Kerro, miten raaka-aineet ja materiaalit virtaavat tuotantoprosessin läpi. Tämä voi sisältää tietoa raaka-aineiden hankinnasta, niiden käsittelystä ja muokkauksesta sekä tuotteiden valmistamisesta.
- Tuotantotekniikka: Kuvaile, millaisia tuotantotekniikoita tai -prosesseja valmistus sisältää. Selitä, miten raaka-aineet muuttuvat lopputuotteiksi ja kerro mitä valmistustekniikoita tuotannossa käytetään.
- Teknologia ja laitteisto: Kuvaile käytettyä teknologiaa ja laitteistoa. Millaisia koneita ja laitteita käytetään, ja miten ne tukevat tuotantoprosessia?

Tekstin tukena oli mahdollista käyttää myös kaavioita ja kuvia. Vastauksen pituus tuli olla noin kaksi sivua.

1.3 Kestävän valmistuksen liityntäpinnat omassa yrityksessä tai yhteisössä

Liityntäpinnat kestäväan valmistukseen

Kestävän valmistuksen implementointi alkaa tuotannon aktiviteettien ja kestäväan valmistuksen liityntäpintojen tunnistamisella. Kestävän valmistuksen ja tuotannon toimintojen liityntäpinnat ovat niitä kohtia ja yhteyksiä, joissa erilaiset kestäväan kehityksen periaatteet ja käytännöt liittyvät yhteen valmistuksen ja tuotannon prosessien kanssa. Näitä liityntäpintoja voi olla monia, ja ne vaihtelevat eri yritysten ja toimialojen välillä. Esimerkkejä kestäväan valmistuksen ja tuotannon liityntäpinoista:

- Raaka-aineiden hankinta: Kestävän valmistuksen kannalta on tärkeää valita ekologisesti ja eettisesti kestäviä raaka-aineita. Tämä voi liittyä esimerkiksi metsähakkeen hankintaan puutuoteteollisuudessa tai kierrätetyn muovin käyttöön muovituotannossa.
- Energiatehokkuus: Valmistusprosessien energiatehokkuus on keskeinen osa kestäväan tuotantoa. Liityntäpinta voi olla esimerkiksi investointi energiatehokkaisiin laitteisiin tai uusiutuvan energian käyttö tuotantolaitoksissa.
- Jätteiden hallinta ja kierrätys: Kestävän valmistuksen yhteydessä on tärkeää hallita tuotantoprosesseista syntyviä jätteitä ja edistää kierrätystä. Liityntäpinta voi olla jätehuollon järjestäminen ja yhteistyö kierrätysyritysten kanssa.
- Logistiikka ja kuljetukset: Tuotteiden kuljetus ja logistiikka vaikuttavat hiilijalanjälkeen ja ympäristövaikutuksiin. Kestävän valmistuksen liityntäpinta voi olla optimoitujen kuljetusreittien suunnittelu tai siirtyminen ympäristöystävällisempiin kuljetusmuotoihin, kuten raideliikenteeseen.
- Tuotantoprosessien tehostaminen: Kestävän valmistuksen tavoitteena on usein vähentää hukkaa, lisätä tuotantoprosessien tehokkuutta ja pienentää ympäristövaikutuksia. Mikä voi tarkoittaa esimerkiksi Lean-tuotantomenetelmien käyttöönottoa.
- Tuotteen suunnittelu ja muotoilu: Kestävän tuotannon näkökulmasta tuotteen suunnittelussa ja muotoilussa on otettava huomioon materiaalivalinnat, kierrätettävyyys ja pitkäikäisyys.
- Yhteistyö sidosryhmien kanssa: Kestävässä valmistuksessa yhteistyö sidosryhmien, kuten toimittajien, asiakkaiden ja viranomaisten kanssa, on keskeistä. Yhteistyö voi sisältää esimerkiksi tietojen jakamisen ympäristövaikutuksista tai yhteiset hankkeet kestäväyden edistämiseksi.
- Sertifioinnit ja standardit: Monet kestäväan valmistuksen toimijat pyrkivät saamaan sertifikaatteja ja noudattamaan tiettyntyyppisiä kestävyysstandardeja. Liityntäpinta voi olla näiden standardien täyttämiseen liittyvien toimintojen integroiminen tuotantoprosesseihin.
- Koulutus ja tietoisuuden lisääminen: Kestävän valmistuksen edistäminen voi vaatia työntekijöiden koulutusta ja tietoisuuden lisäämistä kestäväan kehityksen periaatteista.

(OpenAI Chat GPT 3,5)

Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvausta voidaan käyttää tuotannon kehittämisessä kohti kestäväää valmistusta. Tunnetuimmalta merkitykseltään arvoketjun lähestymistavan (Value Stream Mapping) kehitti Harvardin yliopiston professori Michael E. Porter kirjassaan Kilpailuetu: Luominen ja ylläpitäminen (Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance). Aivan alkujaan idea on luotu 1950 Toyotan tuotannonkehityksessä ja LEAN-filosofiaan se jalkautui 1997, kun Peter Hines ja Nick Rich julkaisivat artikkelin ”The Seven Value Stream Mapping Tools”. Porter jakoi yrityksen toiminnot kahteen kategoriaan: perustoimintoihin ja tukitoimintoihin. Perustoiminnot ovat niitä, jotka liittyvät suoraan tuotteen tai palvelun valmistukseen ja myyntiin, kuten sisään- ja ulostulologistiikka, tuotanto, markkinointi ja jälkimarkkinointi. Tukitoiminnot ovat niitä, jotka tukevat perustoimintoja, kuten hankinta, teknologiakehitys, henkilöstöhallinto ja infrastruktuuri.

Arvovirtakuvaus on menetelmä, jolla analysoidaan yrityksen tai toimialan eri toimintoja ja prosesseja, jotka liittyvät tuotteen tai palvelun luomiseen ja toimittamiseen asiakkaille. Arvoketjun lähestymistavan tavoitteena on tunnistaa ja parantaa niitä toimintoja ja prosesseja, joissa lisätään arvoa tuotteelle tai palvelulle sekä vähennetään kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Arvoketjun analysoinnin avulla yritys voi arvioida kunkin toiminnon tai prosessin tehokkuutta, laadukkuutta, kannattavuutta ja nykyisin myös ympäristöystävällisyyttä sekä tunnistaa mahdolliset parannuskohteet.

(Brock, T., Tardi, C., 2023; Väisänen, J 2023.)

Lähteet

- Brock, T., Tardi, C., 2023. Value chain: Definition, model, analysis, and example.
- Marketlinks. 2023. 1.1. Overview of the value chain approach.
- Stobierski, T.,. 2020. What is a value chain analysis? 3 steps. Harvard Business School Online.
- Ritschkoff A-C., et al. 2021. Kiertotalouden askeleet kestävään arvонуontiin.
- Suomen ympäristökeskus (Syke). 2023. Tuotekehitys.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2023. Lean & Environment Toolkit: Chapter 3 - Value Stream Mapping.
- Väisänen, J. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus.
- Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelma. (2019). Katalyysoiva tieteeseen perustuva poliittinen toiminta kestävän kulutuksen ja tuotannon puolesta.



1.3. Tehtävä, liityntäpinnat kestävään valmistukseen

Tässä tehtävässä opiskelijat pohtivat kestävään valmistuksen periaatteita liittäen ne itselle tuttuun tuotannolliseen ympäristöön. Tehtävä on luonteeltaan kartoittava, ja siinä jäsennellään kestävään valmistuksen keskeisiä näkökohtia ja etsitään liityntäpintoja suhteessa tuotannolliseen toimintaan.

Opiskelijat laativat ajatuskartan, joka visualisoi tuotantojärjestelmän liityntäpintoja kestäväan valmistukseen.

1. Ota ajatusten tueksi edellisessä tehtävässä laadittu kuvaus tuotantojärjestelmästä: Laadi ajatuskartan pohja, johon kirjaat valmistusprosesseja ja toimintoja.
2. Keskity liityntäpintoihin: Mieti, miten valitsemasi tuotantojärjestelmä voi vaikuttaa kestäväan valmistukseen. Tarkastele erityisesti seuraavia näkökohtia:
 - a. Materiaalien käyttö: Kuinka raaka-aineet ja materiaalit käsitellään tuotantojärjestelmässä?
 - b. Energiankulutus: Miten energiaa käytetään tuotantoprosesseissa ja kuinka sitä voidaan optimoida?
 - c. Päästöt ja ympäristövaikutukset: Miten tuotantojärjestelmä vaikuttaa ympäristöön ja miten päästöjä voidaan vähentää?
 - d. Työntekijöiden terveys ja turvallisuus: Mitä toimenpiteitä on otettu käyttöön työntekijöiden turvallisuuden takaamiseksi?
 - e. Laadunvalvonta: Kuinka laadunvalvonta liittyy kestävyteen ja tuotantojärjestelmään?
3. Jalosta ajatuskarttaa: Käytä luomaasi karttapohjaa visualisoimaan em. liityntäpinnat. Käytä kuvia, kuvakkeita, symboleja, värikoodauksia ja tekstejä selventämään, miten eri tekijät liittyvät toisiinsa ja miten ne vaikuttavat kestäväan valmistukseen.

- Palauta tiedosto tai linkki keskustelualueelle, jotta muut voivat katsoa miltä kokonaisuus näyttää sinun kontekstissasi. Tarkoitus on saada ja antaa tukea keskustelualueella.
- Katsele ja kommentoi muiden ajatuskarttoja. Uusien näkökulmien saamisesta on hyötyä opintojakson toisessa ja kolmannessa osiossa. Anna ainakin yksi kommentti avuksi jollekin toiselle opiskelijalle.

Apua ajatuskartan teossa:

- [MindMeister](#)
- [MindonMap](#)
- [How to Make a Mind Map](#)
- [Tee ajatuskartta](#)



Internet-lähteitä, jotka paaluttavat kestävän kehityksen sisältöjä. Linkkien avulla tutuksi tulevat kästävää kehitystä ohjaavat toimijat.

Kestävä kehitys:

- [YK:n kestävän kehityksen tavoitteet \(SDG\)](#): YK:n kestävän kehityksen tavoitteet ovat maailmanlaajuisesti tunnustettuja ja pyrkivät edistämään kestävää kehitystä kaikilla elämänaloilla.
- [YK-liitto - Kestävä kehitys](#): Suomen YK-liitto on suomalainen kansalaisjärjestö, joka keskittyy edistämään Yhdistyneiden Kansakuntien tavoitteita ja teemoja Suomessa.
- [Kestäväkehitys.fi - etusivu](#): Kestävän kehityksen keskus tarjoaa laajan valikoiman tietoa ja resursseja kestävästä kehityksestä, sen periaatteista ja käytännön soveltamisesta.
- [Suomen Valtioneuvoston Kanslia - Kestävä kehitys](#): Suomen Valtioneuvoston Kanslia tarjoaa tietoa valtionhallinnon toimista ja politiikoista liittyen kestäväan kehitykseen.
- [Opetushallitus - Kestävän kehityksen tila Suomessa](#): Opetushallituksen sivusto tarjoaa kattavan katsauksen kestäväan kehityksen tilanteeseen Suomessa. Sivustolta löytyy tietoa koulutuksen roolista kestäväan kehityksen edistämisessä.

Kestävä valmistus:

- [Kestävä valmistus ja ympäristöystävälliset materiaalit](#): GreenBiz on johtava lähde kestäväan valmistuksen ja ympäristöystävällisten käytäntöjen alalla. Sivustolla on artikkeleita, raportteja ja resursseja, jotka auttavat ymmärtämään ja soveltamaan kestäväan valmistuksen periaatteita.
- [Kestävä valmistus Euroopan unionissa](#): Euroopan komission sivusto tarjoaa tietoa EU:n kestäväan valmistuksen politiikoista ja aloitteista.
- [Kiertotalous ja kestävä tuotanto](#): Euroopan komission Kiertotalousportaali tarjoaa tietoa kiertotalouden periaatteista ja käytännön esimerkkejä siitä, miten yritykset voivat edistää kestäväa valmistusta.
- [Maailman talousfoorumin Kestävän valmistuksen aloite](#): WEF tarjoaa laajan valikoiman resursseja ja raportteja kestävästä valmistuksesta ja siihen liittyivistä trendeistä.
- [Sivusto Sustainability | US EPA](#): Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) sivusto tarjoaa kattavaa tietoa kestävydestä ja sen merkityksestä EPA:n työlle ja yhteiskunnalle. Sivusto tarjoaa tietoa kestäväan valmistuksen ja ympäristöystävällisten käytäntöjen edistämisestä Yhdysvalloissa.
- [Ympäristöystävälliset materiaalit ja tuotantoprosessit](#): EPA:n alasivusto, joka tarjoaa tietoa ympäristöystävällisistä materiaaleista ja vihreästä kemiasta.
- [Kiertotalouden liiketoimintamallit valmistavassa teollisuudessa - Sitra](#): Kiertotalouden työkirja on räätälöity suomalaisille valmistavan teollisuuden yrityksille. Se sisältää tarkkoja esimerkkejä seuraavilta neljältä sektorilta: (1) Koneet ja laitteet, (2) Meriteollisuus, (3) Energia ja (4) Kuljetus ja liikenne.
- [Glossary | Sustainable Manufacturing \(epa.gov\)](#): Hämmästyttävän määrän termiselityksiä sisältävä EPA:n alasivusto.
- [Raaka-aineiden, materiaalien ja tuotteiden kestäväan tuotannon edistäminen \(vyl.fi\)](#): Viherympäristöliitto tarjoaa ohjeita periaatteellisten ratkaisujen tekemiseen kestäväan tuotannon edistämisessä.
- [Building sustainability in manufacturing operations | McKinsey](#): Tämä on McKinseyn sivusto, joka kertoo, miten yritykset voivat rakentaa kestävyttä valmistusprosesseihinsa. Sivustolla esitellään erilaisia keinoja vähentää hiilijalanjälkeä

Artikkeleita ajatuksia herättämään

- [7 approaches for sustainable manufacturing growth](#): Forbes Indian sivuston artikkeli, joka kertoo, miten valmistusyritykset voivat edistää kestävää kasvua. Artikkelissa esitetään seitsemän keskeistä tekijää, jotka kuluttajat, teollisuusjohtajat, poliittiset päättäjät, tutkijat, opettajat ja nuoret tarvitsevat ottaa huomioon kestävä valmistuksen varmistamiseksi.
- [Future of sustainable manufacturing is technology driven | Forbes India](#): Artikkel, joka kertoo, miten teknologia on muuttamassa valmistussektoria kestävämmäksi. Huomioi kirjoituksen sisältämät linkit muihin samaa aihetta käsitteleviin artikkeleihin.
- [Kolme kestävä kehityksen polkua yrityksen menestykseen](#): Sitran julkaisema artikkeli, joka käsittelee kestävä kehityksen eri ulottuvuuksia ja niiden vaikutusta yritysten toimintaan ja kilpailukykyyn.
- [Liiketoimintamme edistää kestävä kehitystä | Valmet Oyj](#): Tietoa Valmet Oyj tavasta toteuttaa kestävä kehitystä liiketoiminnassaan.
- [Kestävä kehityksen viitekehys | NCC](#): NCC:n kestävyystyö. Tästä voi katsoa esimerkkiä siitä, mitä yritys katsoo kuuluvaksi kestävä valmistuksen piiriin.



2. Kestävän valmistuksen konseptit

Kestävän valmistuksen implementointi

- Kestävän valmistuksen toteuttaminen käytännössä vaatii useita toimenpiteitä eri osa-alueilla, kuten strategisessa suunnittelussa, valmistusprosesseissa, kestävyden mittaamisessa ja yrityskulttuurissa. Tässä osiossa opintojaksolle etsitään omalle alalle soveltuvia keinoja toteuttaa kestävää valmistusta käytännössä ja tehdään omalle työpaikalla kohdentuva kestävyden suunnitelma.
- Tehtävää voidaan luonnehtia strategiseksi suunnitteluksi. Laajasti katsoen siinä yritys määrittelee selkeät ja mitattavat tavoitteet kestävyden parantamiseksi ja ottaa huomioon asiakkaiden, sidosryhmien ja yhteiskunnan odotukset. Strateginen suunnittelu auttaa myös tunnistamaan mahdollisuudet innovoida ja erottautua kilpailijoista kestävillä ratkaisuilla.
- Valmistusprosessit on toinen keskeinen kehityksen osa-alue kestävässä valmistuksessa. Prosessit kattavat kaikki tuotannon vaiheet alkaen raaka-aineiden hankinnasta ja käsittelystä aina tuotteiden valmistukseen, pakkaamiseen ja kuljetukseen. Teknologisiin ratkaisuihin paneudutaan tarkemmin osiossa 3, mutta osiossa 2 pyritään löytämään ja nimeämään kestävyden kannalta keskeiset valmistusketjun vaiheet.
- Kestävyden mittaaminen on kolmas tärkeä osa-alue kestävän valmistuksen jalkauttamisessa. Kestävyden periaatteita toimeenpanevan yrityksen täytyy seurata ja arvioita säännöllisesti kestävyystavoitteidensa toteutumista ja vaikutuksia eri näkökulmista. Kestävyden mittaaminen auttaa raportoimaan tuloksista ja saamaan palautetta eri sidosryhmiltä. Kestävyden mittaamiseen on olemassa erilaisia työkaluja ja menetelmiä, kuten elinkaariarviointi, hiilijalanjälki, yhteiskuntavastuuraportointi ja kestävyysindeksit. Tämän opintojakson kehitystehtävässä keskitytään valitsemaan omalle toimialalle sopivia kestävyysindeksejä.

Oppimistehtävä

Kehitystehtävässä perehdyt kestävän valmistuksen soveltamiseen käytännössä. Tutustut kestävän valmistuksen toimintoihin. Opit hahmottamaan tarjolla olevia kestävän valmistuksen mittareita ja indeksejä ja valitsemaan niistä sopivia konkretisoimaan kestävän kehityksen toimien vaikuttavuutta omassa työpaikassa.

Osio tarjoaa mahdollisuuden oman työn ja yrityksen tuotannon/valmistuksen kehittämiseen kestävyden näkökulmasta. Voit tehdä tehtävässä valintoja lähestymistavan suhteen. Valintamahdollisuudet on kerrottu varsinaisessa tehtävänannossa. Tehtävä etenee tämän sivun alakohtien mukaan.

Toisen osion tehtyäsi:

- Osaat hahmotella suunnitelman kuinka kestävän valmistuksen kehittämisessä kannattaa edetä oman toimialasi yrityksessä
- Löydät ja tunnistat sinulle tutun tuotannon kannalta keskeiset mittarit kuinka arvioida kestävän kehityksen toteutumista

2.1 Kestävän valmistuksen kehityssuunnitelma

2.1.1 Kestävän valmistuksen toteuttaminen

Valmistusprosessit ovat tärkeä osa nykyaikaista taloutta ja yhteiskuntaa, sillä ne tuottavat tuotteita ja palveluita, jotka vastaavat ihmisten tarpeisiin ja toiveisiin. Valmistusprosessit ovat kuitenkin myös suuria ympäristön kuormittajia, sillä ne kuluttavat luonnonvaroja, energiaa ja vettä sekä tuottavat jätteitä, päästöjä ja muita haittoja. Valmistusprosessien kestävyuden parantaminen on siis välttämätöntä, jotta voidaan turvata planeetan kantokyky ja tulevien sukupolvien hyvinvointi. Kestävä valmistus on sekä haaste että mahdollisuus yrityksille, jotka haluavat olla kilpailukykyisiä ja vastuullisia markkinoilla. Ylimmältä tasolta katsoen kestävä valmistuksen toteuttaminen käytännössä vaatii kolmea asiaa:

- strategista suunnittelua,
- prosessien optimointia ja uudistamista,
- kulttuurin luomista ja ylläpitämistä.

Kestävän valmistuksen strategia

Kestävän valmistuksen toteuttaminen käytännössä edellyttää ensiksi yrityksen omaavan selkeän ja kattavan kestävä valmistuksen strategian, joka kuvaa yrityksen visiota, missiota, arvoja, tavoitteita ja toimenpiteitä kestävä valmistuksen edistämiseksi. Strategian tulisi perustua yrityksen liiketoimintalogiikkaan, asiakastarpeisiin, sidosryhmien odotuksiin ja markkinatilanteeseen. Strategian tulisi myös olla linjassa kansallisten ja kansainvälisten kestävä kehityksen ohjelmien ja normien kanssa. Strategian laatimiseksi yrityksen tulisi tehdä kestävä valmistuksen analyysi, jossa arvioidaan yrityksen nykytilaa ja tulevaisuuden skenaarioita kestävä valmistuksen näkökulmasta. Analyysin avulla yritys voi tunnistaa kestävä valmistuksen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat sekä määrittää kestävä valmistuksen painopistealueet ja mittarit.

Konkreettisia toimenpiteitä strategian laatimiseksi ovat mm.

- Nimetä vastuhenkilö tai -tiimi kestävä valmistuksen koordinoimiseksi ja seuraamiseksi.
- Tehdä ympäristövaikutusten arviointi (LCA) tuotteille ja prosesseille sekä tunnistaa niiden merkittävimmät ympäristövaikutukset.
- Asettaa SMART-tavoitteet (spesifiset, mitattavat, saavutettavat, relevantit ja aikataulutetut) kestävä valmistuksen parantamiseksi.
- Valita sopivat kestävä valmistuksen indikaattorit (KPI) seurata edistymistä ja raportoida tuloksista.
- Integroida kestävä valmistuksen tavoitteet ja toimenpiteet yrityksen liiketoimintasuunnitelmaan, budjettiin ja palkitsemisjärjestelmään.

(Bureau Veritas 2023; Choi 2022; Green Business Bureau 2022; OpenAI Bing; Open AI chat GPT)

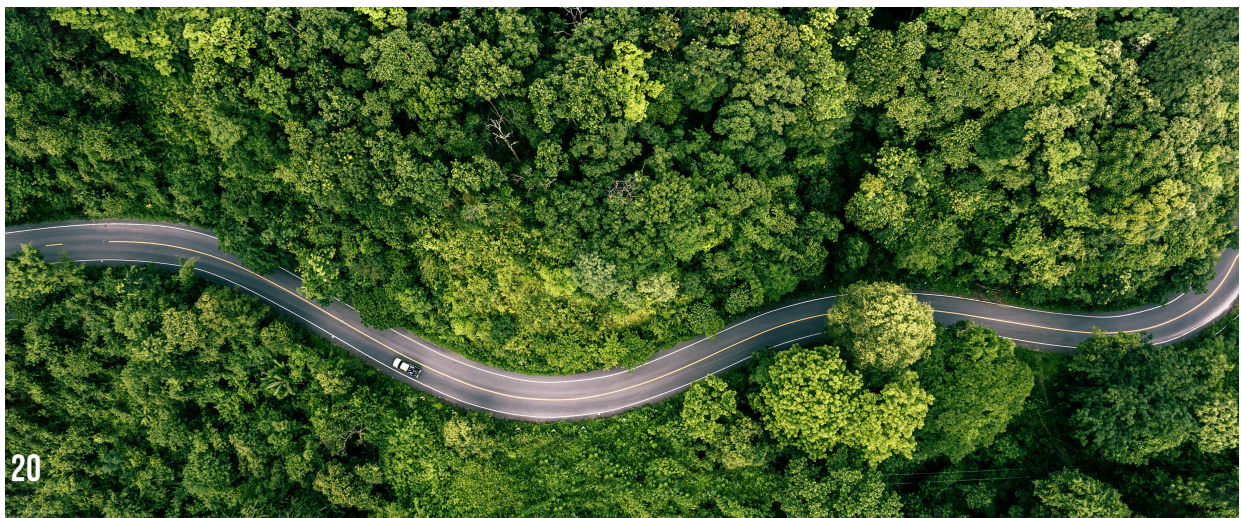
Kestävän valmistuksen prosessit

Toisena askeleena kestävän valmistuksen toteuttaminen vaatii tuotannolliselta yritykseltä valmistusprosessien optimointia ja uudistamista kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa tavoitteena yrityksen pyrkimystä vähentää raaka-aineiden, energian, veden ja muiden resurssien kulutusta sekä jätteen, päästöjen ja muiden ympäristöhaittojen syntymistä. Kehitystyö voi tuoda yritykselle säästöjä, tehokkuutta ja laatua. Yritys voi myös hyödyntää uusiutuvia energialähteitä, kierrätysmateriaaleja ja kiertotalouden ratkaisuja sekä parantaa tuotteidensa suunnittelua ja elinkaarta. Jatkumon vaikutukset voivat tuoda yritykselle innovaatioita, arvoa ja asiakastytyvääsyyttä. Yritys voi myös ottaa käyttöön ja soveltaa digitaalisia teknologioita, kuten tekoälyä, robotiikkaa, 3D-tulostusta ja lohkoketjua, jotka voivat mahdollistaa älykkään, joustavan ja yhteistyöhön perustuvan valmistuksen.

Konkreettisia toimenpiteitä prosessien kehittämiseksi voivat olla:

- Tehdä energiakatselmus ja tunnista energiansäästämömahdollisuudet sekä investoida energiatehokkaisiin laitteisiin ja järjestelmiin.
- Vaihtaa fossiiliset polttoaineet uusiutuviin energialähteisiin, kuten aurinko-, tuuli- tai biopolttoaineisiin.
- Vähentää materiaalihukkaa ja optimoida materiaalivirtoja sekä käyttää kierrätysmateriaaleja tai biopohjaisia materiaaleja raaka-aineina.
- Noudattaa parhaita käytäntöjä jätteen lajittelussa, kierrätyksessä ja hyödyntämisessä sekä välttää kaatopaikkajätteen syntymistä.
- Vähentää päästöjä ilmaan, veteen ja maaperään sekä käyttää puhdistus- ja käsittelymenetelmiä haitallisten aineiden poistamiseksi.
- Parantaa tuotteiden suunnittelua siten, että ne ovat energiatehokkaita, pitkäikäisiä, korjattavia, uudelleenkäytettäviä ja kierrätettäviä sekä välttää vaarallisten aineiden käyttöä.
- Hyödyntää digitaalisia teknologioita, kuten sensoreita, IoT:ta, pilvipalveluita ja big dataa, valmistusprosessien seurantaan, ohjaamiseen ja optimointiin.
- Kehittää uusia tuotteita ja palveluita, jotka edistävät kestävää kehitystä ja ratkaisevat yhteiskunnallisia ongelmia.

(Green Business Bureau 2022; OpenAI Bing.)



Kestävän valmistuksen kulttuuri

Kestävän valmistuksen toteuttaminen edellyttää kolmanneksi, että yritys luo ja ylläpitää kestävän valmistuksen kulttuuria, joka heijastaa yrityksen strategiaa, arvoja ja tavoitteita. Kulttuuri tarkoittaa yrityksen johdon, työntekijöiden, asiakkaiden ja muiden sidosryhmien sitoutuneisuutta ja motivaatiota kestävän valmistuksen edistämiseen. Kulttuurin luomiseksi ja ylläpitämiseksi yrityksen tulisi viestiä ja kouluttaa kestävän valmistuksen merkityksestä ja hyödyistä sekä tunnistaa ja palkita kestävän valmistuksen parhaita käytäntöjä ja tuloksia. Yrityksen tulisi myös osallistaa ja kuunnella sidosryhmiään sekä tehdä yhteistyötä muiden yritysten, tutkimuslaitosten ja julkisten toimijoiden kanssa.

Kestävän valmistuksen strategia on suunnitelma siitä, miten yritys voi tuottaa tuotteita ja palveluita kestäväällä tavalla, eli niin, että se huomioi ympäristön, talouden ja yhteiskunnan tarpeet ja vaatimukset. Kestävän valmistuksen strategia voi sisältää erilaisia sisältöjä riippuen yrityksen toimialasta, visiosta, arvoista ja tavoitteista. Yleisesti ottaen kestävän valmistuksen strategian sisältöä voi listata seuraavasti:

- Kestävän kehityksen tavoitteiden (Agenda 2030) mukauttaminen yrityksen toimintaan ja niiden seuranta ja raportointi.
- Kestävän valmistuksen periaatteiden, kuten resurssitehokkuuden, elinkaariajattelun, kiertotalouden ja eko-innovaatioiden, soveltaminen yrityksen tuote- ja palvelukehityksessä, valmistusprosesseissa ja toimitusketjuissa.
- Kestävän valmistuksen kulttuurin luominen ja ylläpitäminen yrityksessä siten, että se edistää henkilöstön osaamista, motivaatiota, osallistumista ja hyvinvointia sekä asiakkaiden, sidosryhmien ja yhteiskunnan luottamusta ja tyytyväisyyttä.
- Kestävän valmistuksen mittareiden ja indikaattoreiden valitseminen ja käyttöönotto yrityksen suorituskyvyn, vaikuttavuuden ja edistymisen arvioimiseksi ja parantamiseksi.

(Nikula 2023; Open AI Bing2023; Opetushallitus 2021; Ulkoministeriö 2023..)

Lähteet:

- Bureau Veritas. 2023. [CSRD - Yritysten kestävyysraportointi-direktiivi.](#)
- Choi, C., et al. 2022. [Building sustainability in manufacturing operations.](#)
- Green Business Bureau. 2022. Sustainable Manufacturing: How to Create a Sustainable Warehouse and Green Factory.
- Nikula T. 2023. [Kestävä kulutus ja tuotanto.](#)
- Opetushallitus. (2021). [Kestävän kehityksen keskeiset käsitteet.](#)
- Palosaari, R., 2023. [Kestävän kehityksen huomioiminen yritystoiminnassa.](#)
- Ulkoministeriö. 2023. [Agenda 2030 - kestävän kehityksen tavoitteet.](#)
- Van Herzele, T., Vervecken, M. 2022. How can manufacturing be sustainable and sustainability be manufacturable? Ernst & Young Global Limited.

2.1.2 Työkaluja kestävän valmistuksen soveltamiseen käytännössä

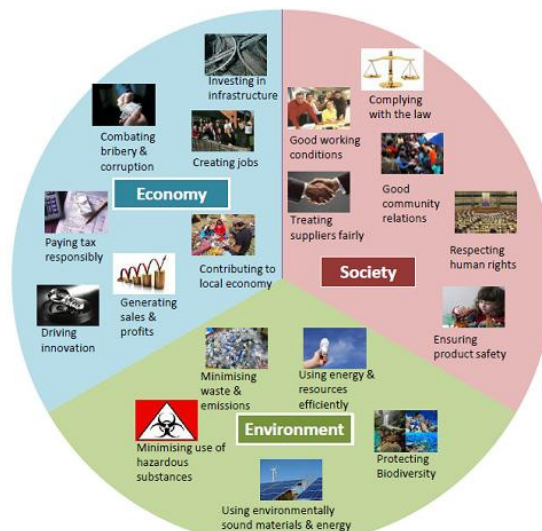
Kestävän valmistuksen edistämiseksi on olemassa useita työkaluja, jotka on kehittänyt laaja joukko ympäristöviranomaisia, aktiivisia kansalaisjärjestöjä ja konsultointiyrityksiä. Nämä työkalut voivat auttaa yrityksiä arvioimaan ympäristösuorituskykyään, pohtimaan kestävyystavoitteita, luomaan toimintasuunnitelmia ja vertailemaan toimintaansa vertaisiinsa. Tavoitteena on päästöjen ja jätteitä vähentäminen koko toiminnassa ja toimitusketjuissa. Linkit esitellyjen työkalujen internet sivuille löytyvät opintojakson 2 osion lopusta.

Tässä osiossa esitellään näistä työkaluista merkittävimpiä seuraillen Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) sivuston listausta ja kategorioita. EPAN Sivusto E3 Sustainability Tools esittelee yli 60 työkalua ja resurssia, jotka on tarkoitettu auttamaan yrityksiä, sidosryhmiä ja arviointitiimejä parantamaan tuotantoprosessiensa ja tuotteidensa ympäristösuorituskykyä, tehokkuutta ja kilpailukykyä. Työkalut on jaettu kahdeksaan kategoriaan:

- Kestävän valmistuksen työkalut
- Elinkaariarviointi
- Energiätehokkuus
- Hiilijalanjälki
- Materiaalihallinta:
- Myrkyllisten kemikaalien ja saasteiden ehkäisy
- Yhteisön kehittäminen
- Työturvallisuus
- Työvoiman kehittäminen

Työkalujen avulla yritykset voivat muun muassa mitata ja seurata resurssien käyttöään, vertailla suorituskykyään vertaisiinsa, luoda kestävyystavoitteita ja toimintasuunnitelmia sekä vähentää päästöjä ja jätteitä koko toiminnassaan ja toimitusketjuissaan.

(EPA 2023)



Sustainable Manufacturing 101 Module

Sustainable Manufacturing 101 Module on Yhdysvaltain kauppaministeriön kansainvälisen kaupan osaston koostama kokoelma koulutusmateriaaleja, jotka on tarkoitettu tutustuttamaan yrityksiä, erityisesti pieniä ja keskisuuria valmistajia, kestävän valmistuksen käsitteisiin, lähestymistapoihin, strategioihin, terminologiaan ja säädöksiin. Moduuli opastaa käyttäjiä kestävän valmistuksen eri osa-alueista ja auttaa yrityksiä tunnistamaan säästö- ja arvonlisäysmahdollisuuksia omassa tuotannossa ja koko toimitusketjussa. Koulutusmateriaali sisältää myös kestävän valmistuksen liiketoimintatapausten case-esimerkkejä.

(EPA 2023; ITA 2023)

EPA Lean Manufacturing and Environment Toolkits

EPA Lean Manufacturing and Environment Toolkits on kokoelma työkaluja ja resursseja, jotka on tarkoitettu auttamaan yrityksiä yhdistämään lean-valmistuksen ja ympäristönsuojelun tavoitteet ja käytännöt. Työkalut ja resurssit tarjoavat teknisiä ohjeita, tapaustutkimuksia, tosiasioita ja linkkejä, jotka osoittavat, miten lean-valmistus voi auttaa yrityksiä vähentämään ympäristöhukkaa, säästämään kustannuksia, parantamaan laatua ja lisäämään asiakastytyväisyyttä.

(EPA 2023; Open Ai Bing 2023)

OECD Toolkit

OECD Toolkit for SMEs on käytännön opas, joka auttaa pk-yrityksiä parantamaan tuotantoprosessiensa ja tuotteidensa tehokkuutta ja edistämään kestävästä kehityksestä sekä vihreää kasvua. Työkalupakki tarjoaa kaksi osaa: aloitusoppaan ja verkkosivuston, jossa on teknistä ohjausta ja hyödyllisiä linkkejä.

Toolkitin tarkoituksena on antaa yrityksille yksinkertainen ja kansainvälisesti sovellettava tapa mitata ja seurata ympäristösuorituskykyään. Toolkit sisältää joukon ympäristösuorituskyvyn indikaattoreita (EPI), jotka kuvaavat yrityksen ympäristövaikutusten suuruutta ja laatua suhteessa sen tuotantoon tai toimintaan. Indikaattorit perustuvat kansainvälisesti tunnustettuihin standardeihin ja menetelmiin, kuten ISO 14000 -sarjaan.

(Nylund, H., 2018; OECD 2023.)

EMAS-järjestelmä

EMAS (the Eco-Management and Audit Scheme) on vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä, joka on tarkoitettu kaikille yrityksille ja organisaatioille, jotka haluavat parantaa ympäristönsuojelunsa tasoa ja raportoida siitä avoimesti. EMAS perustuu EU:n asetukseen ja se koostuu ISO 14001 -standardin mukaisesta ympäristöjärjestelmästä ja ympäristöselonteosta. Suomessa EMAS-toimintaa organisoivat Suomen ympäristökeskus ja Mittatekniikan keskus.

(Suomen ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2023.)

EPA:n sivuston lisätietoja ja muita resursseja

Epan sivuston Lisätietoja ja resursseja -osio tarjoaa linkkejä muihin sivustoihin, jotka sisältävät lisää tietoa ja resursseja kestäväen valmistuksen edistämiseksi. Seuraavassa poimintoja hyödyllisistä linkeistä

- Kestäväen valmistuksen kumppanuusohjelma (SMP), joka on EPA:n ohjelma, joka tarjoaa teknistä tukea ja tunnustusta yrityksille, jotka sitoutuvat kestäväen valmistuksen periaatteisiin ja käytäntöihin.
- Kestäväen valmistuksen innovaatioinstituutti (SMII), joka on yhteistyöverkosto, joka yhdistää teollisuuden, akateemisen maailman ja hallituksen edustajia edistämään kestäväen valmistuksen tutkimusta, koulutusta ja teknologian siirtoa.
- Kestäväen valmistuksen kansainvälinen portaali (SMIP), joka on verkkosivusto, joka tarjoaa tietoa ja resursseja kestäväen valmistuksen parhaista käytännöistä eri maissa ja alueilla.

(EPA 2023; Open Ai Bing 2023)

Lähteet:

- Hallam, C., & Contreras, C. (2016). [The interrelation of Lean and green manufacturing practices: A case of push or pull in implementation.](#)
- International Trade Administration (ITA). (n.d.). 2023. [Sustainable Manufacturing 101 Module.](#)
- US EPA. (n.d.). 2023. [Sustainable Manufacturing Tools / Sustainable Manufacturing.](#)
- US EPA. (n.d.). 2023. [Lean & Environment Toolkit: Chapter 1.](#)
- Nylund, H., 2018. [Kestävä kehitys valmistavassa teollisuudessa 3/3.](#)
- OECD. (n.d.). 2023 [About sustainable manufacturing and the toolkit - OECD.](#)
- OECD. (n.d.). 2011. Sustainable Manufacturing Toolkit - Seven Steps to Environmental Excellence - Strat up guide.
- Suomen ympäristöhallinnan verkkopalvelu. 2023. [EMAS-järjestelmä ja sen toteuttaminen.](#)



2.1.3 Kestävän valmistuksen mittaaminen ja mittarit

Kestävän valmistuksen mittaaminen tarkoittaa tuotannon ympäristövaikutuksien ja resurssitehokkuuden seuranta ja arviointia erilaisten mittareiden avulla. Mittareita voidaan käyttää esimerkiksi vertailemaan eri tuotantomenetelmiä, asettamaan ympäristötavoitteita ja raportoimaan edistymisestä.

(Suomen ympäristökeskus 2023.)

Kestävän kehityksen indikaattorikokoelmat

Yleisimmin käytetyt mittarit riippuvat siitä, mitä tuotantoalaa tai -prosessia halutaan mitata. Indikaattoreita käytetään vertailemaan, asettamaan ja raportoimaan kestävän valmistuksen tavoitteita. Eri tasoilla on erilaisia indikaattorikokoelmia ja raportteja. Suomalaisesta näkökulmasta tärkeimpiä ovat YK-indikaattorit, Eurostatin indikaattorit, Suomen kansalliset indikaattorit ja tietyt järjestöjen ja tutkimuslaitosten indikaattorit. Indikaattoreiden valintaan vaikuttavat tuotannon tavoitteet, kohderyhmät, hyödyntämistapa ja saatavilla oleva tieto.

Karkeasti mittarit voidaan luokitella kolmeen luokkaan:

- Määrälliset mittarit kuvaavat tuotannon ja osallistujien määrää, käytettyjä resursseja, päästöjä, jätemääriä jne. Esimerkiksi energiankulutus, hiilijalanjälki, materiaalitehokkuus ja kierrätysaste ovat määrällisiä mittareita.
- Laadulliset mittarit kuvaavat tuotannon laatua, vaikuttavuutta ja kestävyyttä. Esimerkiksi ympäristösertifikaatit, asiakastyytyväisyys, työhyvinvointi ja innovaatiokyky ovat laadullisia mittareita.
- Tulospittarit kuvaavat tuotannon vaikutuksia ympäristöön, talouteen ja yhteiskuntaan. Esimerkiksi luonnon monimuotoisuus, ilmastonmuutos, työllisyys ja köyhyys ovat tulospittareita.

(Kestäväkehitys.fi; OpenAI Bing 2023; Pirkkala, S. 2019.)

Sustainable Manufacturing Indicator Repository (SMIR) on Euroopan komission rahoittama hanke. SMIR tarjoaa yli 200 mittaria, jotka on jaettu kymmeneen kategoriaan. SMIR:n tavoitteena on auttaa yrityksiä valitsemaan sopivat mittarit omien tavoitteidensa ja toimialansa mukaan.

(Kestäväkehitys.fi 2023;
Pirkkala S. 2019.)

Sustainable Manufacturing Toolkit (SMT) on YK:n teollisen kehityksen järjestön (UNIDO) ja Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) yhteistyössä kehittämä työkalu. SMT:n avulla yritykset voivat arvioida nykyistä tilannettaan, asettaa parannustavoitteita ja seurata edistymistään.

(Kestäväkehitys.fi 2023; Open Ai Bing 2023; Pirkkala S. 2019.)

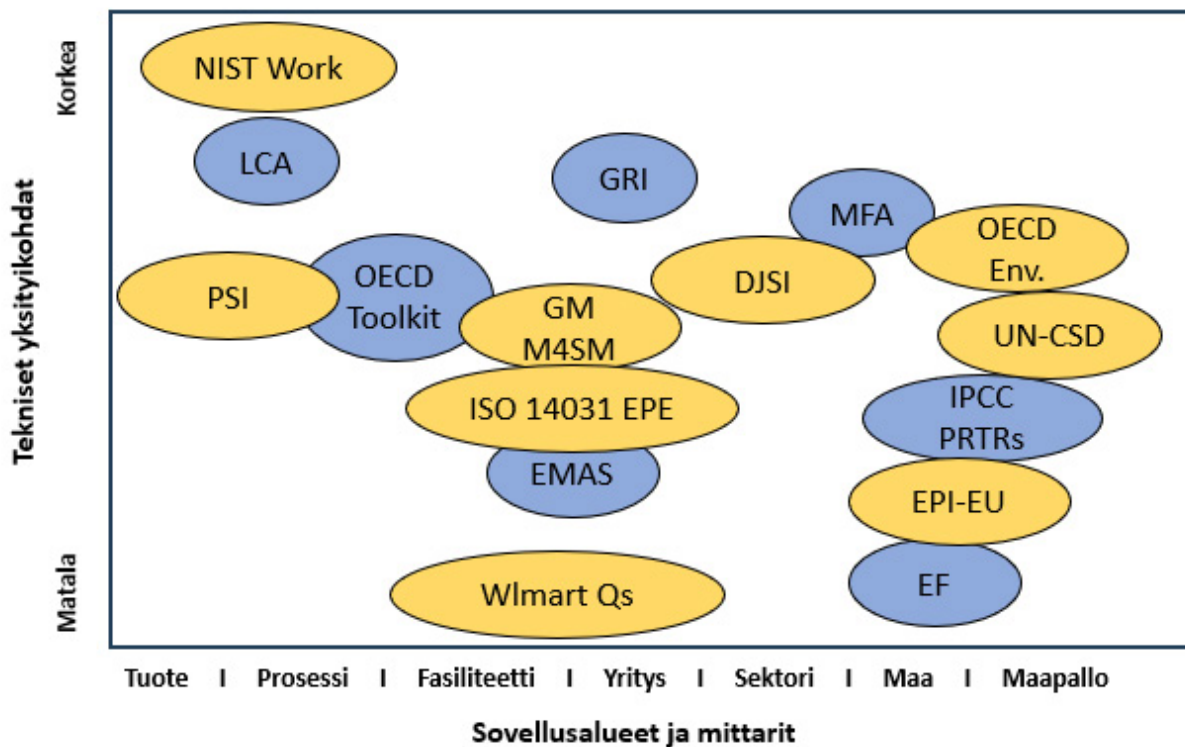
Global Reporting Initiative (GRI) on kansainvälinen organisaatio, joka edistää yritysten vastuullista raportointia. GRI tarjoaa ohjeita ja standardeja, joiden avulla yritykset voivat raportoida taloudellisesta, ympäristöllisestä ja sosiaalisesta vaikuttavuudestaan. GRI:n standardeihin kuuluu useita kestävän valmistuksen kannalta merkityksellisiä aiheita, kuten materiaalit, energia, vesi, päästöt, jäte, ympäristövaikutusten arviointi, työvoima, ihmisoikeudet ja korruptio.

(Kestäväkehitys.fi 2023; Open Ai Bing 2023; Pirkkala S. 2019.)

Kestävän valmistuksen mittarit voivat olla myös osa laajempia kestävän kehityksen mittaristoja, jotka tarkastelevat talouden, ympäristön ja sosiaalisen kehityksen yhteensovittamista.

Process Sustainable Index (ProcSi) on kehitetty Teknillisessä korkeakoulussa Grazissa Itävallassa. ProcSi kuuluu ekologisen jalanjäljen perheeseen, joka vertaa erilaisia ympäristöpaineita. ProcSi mahdollistaa tuotteen tai palvelun koko elinkaaren arvioinnin ympäristön näkökulmasta. ProcSi:n avulla voidaan vertailla eri tuotantovaihtoehtoja niiden ekologisen vaikutuksen perusteella. ProcSi:n arvo voi vaihdella nolasta äärettömään. Mitä pienempi ProcSi:n arvo on, sitä kestävämpi prosessi on. ProcSi:n avulla voidaan myös tunnistaa prosessin kriittiset osat ja etsiä tapoja parantaa niitä.

(Besen, R., & Boarin, P. 2008; Wikipedia.)



Lähteet:

- Huang A. 2017. [A framework and Metrics for Sustainable Manufacturing Performance Evaluation at The Production Line, Plant and Enterprise Levels.](#)
- Kestävän kehityksen toimikunta. (2023). [Kestävä kehitys ja Agenda2030.](#)
- Pirkkala Sami. (2019). Kestävän kehityksen mittarit ja indikaattorit maailmalla ja Suomessa. Viitattu 12.10.2023.
- Suomen ympäristökeskus. (2023). [Kestävä tuotanto.](#)
- Besen, R., & Boarin, P. (2008). Sustainable Process Index: A tool for the evaluation of environmental impacts of processes. In C.A. Brebbia & E. Tiezzi (Eds.), *Ecosystems and Sustainable Development VII* (pp. 3-12). WIT Press.
- Wikipedia contributors. (2021, October 12). Sustainable Process Index. In Wikipedia.

2.1.4 Kestävän valmistuksen standardit

Kestävän valmistuksen standardeja määrittelevät kansainväliset ja kansalliset standardointiorganisaatiot. Esimerkiksi Euroopan standardointiorganisaatio (CEN) ja Kansainvälinen standardointijärjestö (ISO) ovat keskeisiä toimijoita, jotka kehittävät standardeja yhteistyössä eri maiden asiantuntijoiden kanssa. Standardit ovat yleensä suosituksia ja niiden käyttö on vapaaehtoista, mutta joillakin sektoreilla ne voivat olla pakollisia. Euroopan standardointijärjestöt CEN ja CENELEC ovat ryhmitelleet standardinsa YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden mukaan, mikä auttaa organisaatioita tunnistamaan, mitkä standardit edistävät tiettyjä kestävän kehityksen tavoitteita.

Standardien laatimistyöhön osallistuvat asiantuntijat tulevat monilta yhteiskunnan osa-alueilta, kuten elinkeinoelämästä, tutkimuslaitoksista, kuluttaja- ja kansalaisjärjestöistä, korkeakouluista ja julkishallinnosta. Tämä monialainen yhteistyö varmistaa, että standardit heijastavat laajaa näkemystä ja ovat sovellettavissa eri toimialoilla.

Suomessa Suomen Standardisoimisliitto (SFS) ohjaa ja koordinoi standardisointia, ja järjestö toimii linkkinä kansallisen ja kansainvälisen standardoinnin välillä. SFS:n sivustolta löytyy tietoa ympäristöön ja kestävään kehitykseen liittyvistä standardeista, jotka voivat sisältää kestävän valmistuksen elementtejä.

Standardeja kannattaa käyttää oman tuotannon kestävyiden tilannekartoituksessa ja kehittämisessä. SFS:n sivuilta löytyy kooste ISO 14000 ympäristöjohtamisen standardin osista ([Ympäristö ja kestävä kehitys | SFS](#)), johon tutustumalla on hyvä aloittaa kestävyiden kartoittaminen.

([SFS Suomen Standardit. 2023; 2024.](#))



2.1. Tehtävä, kestävän valmistuksen kehityssuunnitelma

Tavoitteena oli laatia suunnitelma, jossa parannetaan tuttua tuotanto- tai valmistusjärjestelmää vastaamaan kestävän kehityksen haasteisiin. Tarkoituksena soveltaa kestävän valmistuksen periaatteita ja toimintamalleja. Opiskelija valitsi toisen annetuista lähestymistavoista kehityssuunnitelmaan.

a) **Tuotantoketjujen lähestymistapa** sopii, jos opiskelija työskentelee operatiivisessa ohjauksessa ja johtamisessa. Näkökulma kohdistuu valmistusverkkoon.

b) **Valmistusmenetelmien lähestymistapa** sopii, jos opiskelija työskentelee teknologian ja/tai prosessien kehittämisessä. Valinta kohdistuu enemmän suoraan valmistusmenetelmiin.

1. Kerro lyhyesti tehtävän tavoitteesta ja rajauksesta. Analysoi järjestelmän nykytilaa ja tunnista sen vahvuudet ja heikkoudet kestävän valmistuksen näkökulmasta. Kuvaa analyysin tuloksia selkeästi ja havainnollisesti esimerkiksi taulukoiden tai kuvien avulla.
2. Laadi suunnitelma, jossa esität konkreettisia toimenpiteitä, joilla voit parantaa valmistusjärjestelmän kestävyttä. Perustele valintasi ja pyri auttavasti arvioimaan kehitysehdotusten vaikutuksia taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti.
3. Valitse kestävyuden mittaamiseksi sopivia indikaattoreita ja mittareita, jotka kuvaavat järjestelmän suorituskykyä ja vaikutuksia. Priorisoi toimenpiteet niiden hyötyjen ja kustannusten mukaan.
4. Laadi alustava havainnollinen dokumentaatio (n. 2-3 sivua), jolla voit esitellä suunnitelmasi keskeiset kohdat: toimenpiteet, indikaattorit ja mittarit.

- Palauta tiedosto tai linkki keskustelualueelle opiksi ja hyödyksi koulutusryhmälle.
- Tutustu kaverien tuotoksiin ja anna palautetta niistä.

Seuraavat aineistot auttavat kestävän valmistuksen soveltamisessa yrityselemän käytäntöihin.

Kestävän valmistuksen konseptit

- [Konepajan työkalut – Google Drive](#): Kahdeksan konepajateollisuuden yritystä, Savon koulutuskuntayhtymä ja Savonia amk ovat kehittäneet toimintamallin sekä työkalut ympäristövaikutusten seurantaan ja raportointiin
- [E3 Sustainability Tools | US EPA](#). EPAn koontasivu, josta löytyy kymmeniä kestävän kehityksen ja kestävän valmistuksen työkaluja eri kategorioissa.
- [Lean & Environment Toolkit: Content & Acknowledgments | US EPA](#). EPAN. sivusto, joka lähestyy kestävästä valmistuksesta LEANin näkökulmasta.
- [Lean & Environment Toolkit: Chapter 3 | US EPA](#). Edellisen EPAN -sivusto alaluku. Huomioi hyvä arvovirtakuvauksen hyödyntäminen.

- [Tools | Sustainable Manufacturing \(epa.gov\)](#). Kattava koonti valtiollisten, yritysten ja ei kaupallisten toimijoiden luomista kestävästä valmistuksen työkaluista.
- [Home U.S. Environmental Protection Agency \(EPA\) Lean Toolkits](#). EPA:n koontasivu, josta löytyy kaikki Lean-työkalut ympäristöaisoiden hoitoon.
- [OECD Better Policies for Better Lives](#). OECD:n Sustainable Manufacturing Toolkit -työkalupakin esittely. Sisältää myös linkin erilliseen pdf-oppaaseen.

Kestävyyden arviointi

Huom! Valitettavasti SpringerLink aineistojen jako vaihtelee. Välillä ne ovat ilmaisia, välillä maksullisia.

- [Sustainable Manufacturing and Technology: The Development and Evaluation | SpringerLink](#): SpringerLink -sivusto, joka tarjoaa tieteellisen artikkelin kestävästä valmistuksesta ja teknologian kehittämisestä ja arvioinnista. Artikkelissa annetaan ymmärrys ja ohjeet siitä, miten valmistusyritys voi kehittää ja arvioida kestävyttään käytännöllisellä tavalla. Artikkelissa esitetään myös kestävästä valmistuksesta arviointimalli, joka perustuu monikriteeriseen päätöksentekoon.
- [Digital Technology and Sustainable Manufacturing: The Nexus](#): Tämä on toinen SpringerLinkin sivusto, joka tarjoaa tieteellisen artikkelin digitaalisen teknologian ja kestävästä valmistuksesta välisestä yhteydestä. Artikkelissa tutkitaan, miten digitaalinen teknologia voi edistää kestävästä valmistuksesta tavoitteita ja parantaa yritysten operatiivista tehokkuutta. Artikkelissa käytetään myös empiiristä tutkimusta Intian tekstiiliteollisuudesta tukeakseen väitteitä.
- [EMAS-järjestelmä ja sen toteuttaminen \(ymparisto.fi\)](#): Kaikille yrityksille ja organisaatioille tarkoitettu vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä. Ympäristöjärjestelmä on organisaation ympäristöjohtamisen väline, jonka avulla organisaatio tunnistaa toimintansa, tuotteidensa ja palvelujensa välilliset ja välittömät ympäristövaikutukset ja toimii suunnitelmallisesti erilaisten päästöjen ja jätteiden sekä energian ja luonnonvarojen kulutuksen vähentämiseksi.

2.2 Vertaisarviointi & 2.3. Suunnitelman täydentäminen



Tuotannon tai valmistuksen kehittäminen on aina haasteellista. Suuria kuningasajatuksia harvoin syntyy ja kehityksessä eteneminen on usein pienten askelten ottamista. Eräskin tuotantopäällikkö totesi, että parhaita toimenpiteitä tekisi mieli säästää seuraavallekin vuodelle, kun ylin johto paineisti kovasti tavoitteissa. Pienetkin vinkit ovat kullannarvoisia ja apu on tarpeen, kun ei meinaa nähdä metsää puilta. Opintojaksolla on mahdollisuus päästä "benchmarkkaamaan" eli vertaisoppimaan ainakin virtuaalisesti.

Tehtävän tarkoituksena oli kerätä näkemyksiä, ajatuksia ja ideoita oman suunnitelman kehittämiseksi ja vastaavasti tarjota omia huomioita toisten tueksi. Opiskelijat esittelivät webinaarissa lyhyesti oman suunnitelmansa, ja keskustelivat opiskelijakollegoidensa kanssa niistä. Jokainen kirjasi ylös asioita, joilla pääsi jatkokehittämään suunnitelmaansa.

3. Kestävät valmistusteknologiat ja -menetelmät

Kestävät valmistusmenetelmät

Valmistusmenetelmiä kehittämällä pyritään tuotannon tehostamiseen, laadun parantamiseen ja päästöjen vähentämiseen. Esimerkiksi robotiikka, automaatio, digitaalisuus, älykkyys ja modulaarisuus ovat teknologisia keinoja, jotka muuttavat valmistusprosesseja ja tuovat uusia haasteita ja mahdollisuuksia. Toisaalta jokin hyvin vanhakin menetelmä voi tuoda ratkaisun uusien kehitysversioiden myötä. Mikä vain valmistusmenetelmä voi olla kestävä valmistusmenetelmä, kunhan se vain vastaa kestävyysperiaatteisiin.

Modernit valmistusmenetelmät usein liitetään osaksi kestävää valmistusta. Tämä juontuu niiden luonteesta tuoda uusia mahdollisuuksia koko ketjuun tuotekehityksestä valmistuksen ja käytön kautta tuotteen elinkaaren päättämiseen. Samasta syystä kestävä kehityksen periaatteiden huomioiminen täytyy ulottaa lähes kaikkiin yrityksen liiketoiminta-alueisiin. Ainetta lisäävät menetelmät, kansan kielellä 3D-printtaus on merkittävin perinteisiä ajatumalleja ravisteleva valmistusteknologia. Siksi se nostetaan usein kärkiteknologiaksi myös kestävä valmistuksen osalta. Kokonaisuutena kestäviä valmistusmenetelmiä leimaa erityisesti piirteinä ekotehokkuus, elinkaarilähtöisyys ja innovatiivisuus.

Oppimistehtävä

Selvitysluonteisessa tehtävässä jatketaan kestävä valmistuksen soveltamista käytännössä. Tehtävä jatkaa edellisessä osiossa aloitettua kehityssuunnitelmaa. Tutustut valmistusmenetelmiin, joita nostetaan esille kestävä kehityksen yhteydessä.

Osio tarjoaa mahdollisuuden jatkaa oman työn ja yrityksen tuotannon/valmistuksen kehittämistä kohdistuen valmistusmenetelmiin.

Kolmannen osion tehtyäsi:

- Hahmotat millaista tietoa on tarjolla kestävä valmistusmenetelmistä ja millä valmistuksen osa-alueilla kehitys on voimakkainta
- Tunnistat sinulle tutun tuotannon kannalta keskeiset uusia ratkaisuja tuovat valmistusmenetelmät



3.1 Valmistusprosessin tai -menetelmän kehittäminen



3.1. Tehtävä, valmistusprosessin tai -menetelmän kehittäminen

Tavoitteena oli jatkaa edellistä oppimistehtävää liittämällä kehityssuunnitelmaan ehdotus tietyn valmistusmenetelmän kehittämiseksi. Pohjustavana työnä perehdyttiin lähdekirjallisuuden esiin nostamiin valmistusmenetelmiin, jotka tarjoavat uusia mahdollisuuksia reagoida kestävyiden haasteisiin.

Mikäli opiskelija ei ole valmistuksen kanssa tekemisissä ja tehtävän tekoon ei löydy sopivaa valmistuksellista kontekstia, voi tehtävän tehdä joustavasti soveltaen ja valita selvitettäväksi jonkin omavalintaisen kestävien valmistusmenetelmien kategoriaan kuuluvan valmistusmenetelmän.

1. Valitse edellisen oppimistehtävän suunnitelmaan pohjautuen tarkempaan tarkasteluun valmistusketjun yksi vaihe, jota haluat kehittää teknologisesti. Kerro lyhyesti, miksi valitsit kyseisen työvaiheen tai valmistusketjun osan ja mitä tavoitteita sinulla on sen kehittämiseksi.
2. Tutustu erilaisiin teknologisiin ratkaisuihin, joilla voit parantaa valitsemasi vaiheen suorituskykyä ja kestävyttä.
3. Valitse yksi tai korkeintaan muutama valmistusmenetelmä tai teknologinen ratkaisu, jota haluat soveltaa valmistusketjun kehittämiseen. Perustele valintasi ja arvioi sen toteutettavuutta ja kannattavuutta.
4. Kuvaa lisäksi, miten teknologinen ratkaisu muuttaa valmistusprosessia ja mitä hyötyjä ja haasteita se tuo. Vertaile muutamien eri ratkaisujen etuja ja haittoja sekä niiden vaikutuksia tuotteen laatuun, tuotannon tehokkuuteen ja ympäristöön.

- Raportin 3.1 osion kokonaispituus noin 3-4 sivua. Voit täydentää edellisten tehtävien dokumentteihin.
- Mikäli tehtävän raportti sisältää kilpailullista salaista tietoa, niin sitä ei tarvitse jakaa julkisesti nähtäväksi. Tällöin tehtävän arvioitava raportti palautetaan vain opettajalle näkyvään Moodlen palautuslaatikkoon. Jos tehtävä ei sisällä salaista tietoa, niin tehtävän sai halutessaan palauttaa muiden iloksi ja yhteiseksi opiksi Moodlen erilliseen julkiseen palautuslaatikkoon. Opiskelijoilla oli mahdollisuus tutustua myös muiden tuotoksiin, joista saattoi saada arvokasta tietoa eri teknologioista ja valmistusmenetelmistä.

Materiaalit opintojaksosta on koottu kevään 2025 toteutuksen Moodle-työtilasta, jonka on luonut opintojakson opettaja Miikka Parviainen.