

# 3. FDM (Fused Deposition Modeling) – periaate ja käyttökohteet

## Johdanto

### Mikä on FDM?

FDM, eli Fused Deposition Modeling, on yksi yleisimmistä 3D-tulostustekniikoista, jota käytetään laajalti sekä teollisuudessa että kuluttajamarkkinoilla. FDM-tekniikassa käytetään termoplastista filamenttia, joka sulatetaan ja kerrostetaan kerros kerrokselta muodostaen kolmiulotteisen esineen. Tämä prosessi mahdollistaa monimutkaisten ja tarkkojen muotojen luomisen suhteellisen edullisesti ja nopeasti.

FDM-tulostusprosessi alkaa digitaalisen 3D-mallin luomisella, joka jaetaan kerroksiksi tulostusohjelmiston avulla. Tulostin kuumentaa filamentin sulamispisteeseen ja suuttimen kautta se puristetaan ulos tulostusalustalle. Kun yksi kerros on valmis, tulostusalusta laskeutuu tai suutin nousee, ja seuraava kerros tulostetaan edellisen päälle. Tämä toistuu, kunnes koko esine on valmis.

### FDM:n historia

FDM-tekniikan kehitti S. Scott Crump vuonna 1988, ja se patentoitiin vuonna 1992. Crump perusti Stratasys-yhtiön, joka on yksi johtavista 3D-tulostuslaitteiden valmistajista. Alun perin FDM-tekniikkaa käytettiin pääasiassa prototyyppien valmistukseen, mutta teknologian kehittyessä ja patenttien vanhentuessa sen käyttö on laajentunut monille muille aloille, kuten lääketieteeseen, ilmailuun ja kuluttajatuotteisiin.

FDM:n suosio perustuu sen yksinkertaisuuteen, kustannustehokkuuteen ja kykyyn käyttää erilaisia materiaaleja, kuten PLA, ABS ja PETG. Tämä tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon sekä ammattilaisille että harrastajille, jotka haluavat luoda kestäviä ja tarkkoja 3D-tulosteita.

## FDM:n Periaate

### Toimintaperiaate

Fused Deposition Modeling (FDM) on yksi yleisimmistä 3D-tulostustekniikoista, joka perustuu materiaalin kerrostamiseen. FDM-tulostimessa käytetään termoplastista filamenttia, joka sulatetaan ja puristetaan suuttimen läpi kerros kerrokselta, muodostaen lopullisen kolmiulotteisen objektin. Tämä prosessi mahdollistaa monimutkaisten muotojen ja rakenteiden luomisen suhteellisen edullisesti ja nopeasti.

FDM-tulostimen keskeiset komponentit ovat:

- **Suulakepuristin (extruder):** Sulattaa ja puristaa filamentin.
- **Tulostusalusta:** Alusta, jolle tulostettava objekti rakennetaan.
- **Liikejärjestelmä:** Ohjaa suuttimen ja tulostusalustan liikettä.

## Materiaalit

FDM-tulostuksessa käytetään erilaisia termoplastisia materiaaleja, joista yleisimpiä ovat:

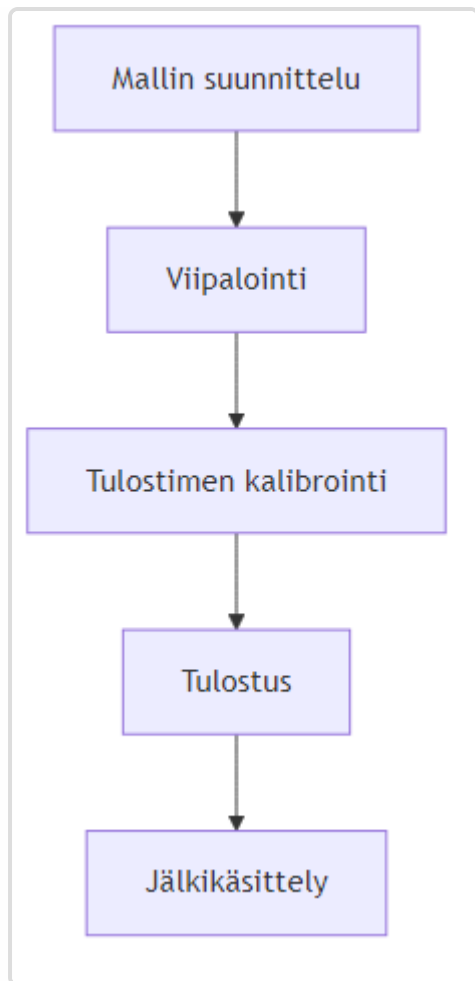
- **PLA (Polylactic Acid):** Biohajoava ja helppokäyttöinen materiaali, joka sopii hyvin prototyyppien ja koriste-esineiden tulostukseen.
- **ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene):** Kestävä ja lämpöä sietävä materiaali, joka soveltuu hyvin mekaanisiin osiin.
- **PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol):** Yhdistää PLA:n helppokäyttöisyyden ja ABS:n kestävyden, sopii hyvin funktionaalisiin osiin.

## Tulostusprosessin vaiheet

FDM-tulostusprosessi voidaan jakaa useisiin vaiheisiin:

1. **Mallin suunnittelu:** 3D-malli luodaan CAD-ohjelmistolla.
2. **Viipalointi (slicing):** Malli jaetaan kerroksiksi viipalointiohjelmistolla, joka luo G-koodin tulostimelle.
3. **Tulostimen kalibrointi:** Tulostusalustan ja suuttimen kalibrointi varmistaa tarkan tulostuksen.
4. **Tulostus:** Filamentti syötetään suulakepuristimeen, joka sulattaa ja puristaa sen kerros kerrokselta.
5. **Jälkikäsittely:** Tulostettu objekti voidaan viimeistellä esimerkiksi hionnalla tai maalaamalla.

Mermaid-diagrammi tulostusprosessin vaiheista:



Näiden vaiheiden tarkka hallinta on tärkeää laadukkaan tulosteen saavuttamiseksi. FDM-tulostus tarjoaa laajan valikoiman sovelluksia, kuten prototyyppien valmistus, pienerätuotanto ja opetusmateriaalit.

Fused Deposition Modeling (FDM) on yksi yleisimmistä 3D-tulostustekniikoista, jota käytetään laajasti prototyyppien valmistuksessa ja pienimuotoisessa tuotannossa. Tässä osiossa käsitellään FDM-tekniikan periaatteita ja käyttökohteita sekä sen keskeisiä komponentteja.

## FDM-laitteiston Komponentit

FDM-laitteisto koostuu useista keskeisistä komponenteista, jotka yhdessä mahdollistavat 3D-tulostuksen. Seuraavassa käsitellään näitä komponentteja yksityiskohtaisemmin.

### Tulostuspää

Tulostuspää on FDM-laitteiston keskeinen osa, joka liikkuu X-, Y- ja Z-akselien suuntaisesti. Sen tehtävänä on sulattaa ja purkaa tulostusmateriaalia, kuten muovia, tarkasti määriteltyihin kohtiin tulostusalustalla. Tulostuspään liikkeet ohjataan tarkasti ohjausjärjestelmän avulla.

### Tulostusalusta

Tulostusalusta on tasainen pinta, jolle tulostettava esine rakennetaan kerros kerrokselta. Alustan on oltava riittävän vakaa ja tasainen, jotta tulostus onnistuu tarkasti. Joissakin FDM-laitteistoissa

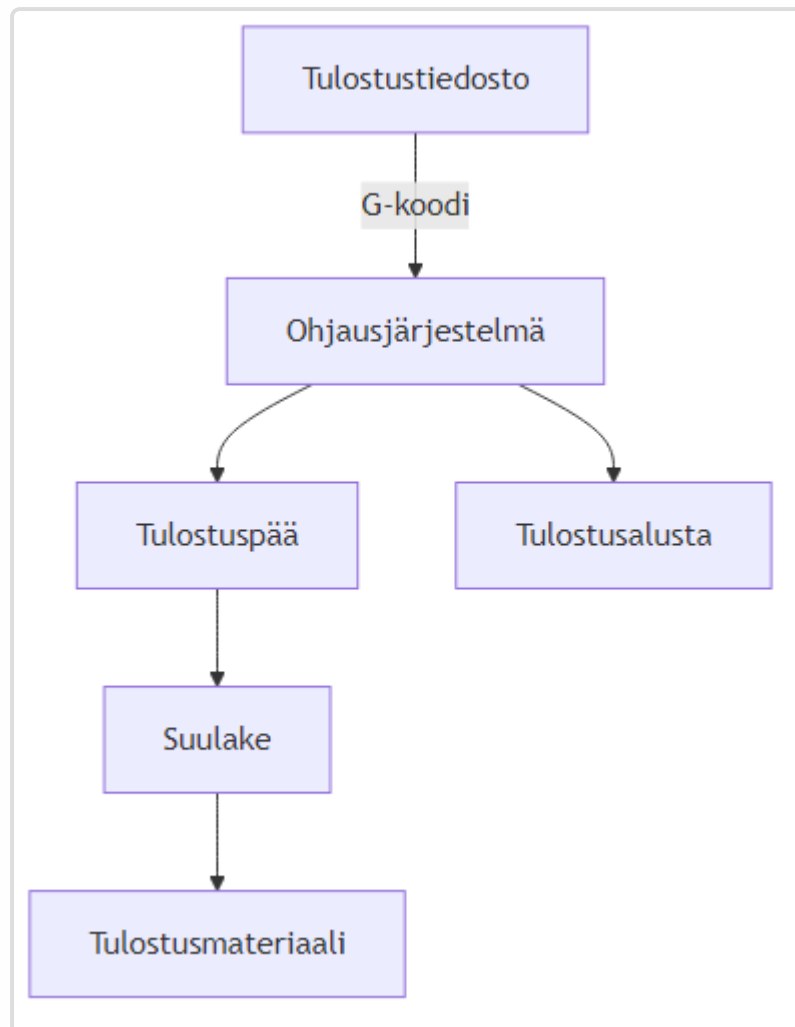
tulostusalusta voi olla lämmitettävä, mikä parantaa tulosteen kiinnittymistä alustaan ja vähentää muodonmuutoksia.

## Suulake

Suulake on tulostuspään osa, joka vastaa sulatetun materiaalin purkamisesta. Suulakkeen halkaisija vaikuttaa tulosteen tarkkuuteen ja kerrospaksuuteen. Yleensä suulakkeet ovat vaihdettavissa, mikä mahdollistaa erilaisten materiaalien ja tulostusasetusten käytön.

## Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä on FDM-laitteiston aivot, joka hallitsee tulostuspään liikkeitä ja materiaalin purkamista. Se vastaanottaa tulostustiedoston, joka on yleensä G-koodimuodossa, ja muuntaa sen ohjeiksi, joita laitteisto noudattaa. Ohjausjärjestelmä varmistaa, että tulostus tapahtuu tarkasti ja tehokkaasti.



FDM-tekniikan avulla voidaan valmistaa monenlaisia esineitä, kuten prototyypppejä, työkaluja ja lopputuotteita. Sen etuja ovat muun muassa materiaalien laaja valikoima, suhteellisen alhaiset kustannukset ja helppokäyttöisyys.

Fused Deposition Modeling (FDM) on yksi suosituimmista 3D-tulostustekniikoista, joka perustuu materiaalin kerrostamiseen. Tässä menetelmässä sulatettua muovia puristetaan suuttimen läpi ja

kerrostetaan kerros kerrokselta muodostaen lopullinen esine. FDM on erityisen suosittu sen helppokäyttöisyyden ja kustannustehokkuuden vuoksi.

FDM-tulostusprosessi alkaa digitaalisen 3D-mallin luomisella CAD-ohjelmistolla. Kun malli on valmis, se siirretään viipalointiohjelmistoon, joka jakaa mallin ohuiksi kerroksiksi ja luo tulostuspolut. Tulostin seuraa näitä polkuja ja puristaa sulatettua muovia suuttimen läpi muodostaen esineen kerros kerrokselta.

## FDM-prosessin vaiheet

1. **Mallin luominen:** 3D-malli luodaan CAD-ohjelmistolla.
2. **Viipalointi:** Malli jaetaan kerroksiksi viipalointiohjelmistolla.
3. **Tulostus:** Tulostin puristaa sulatettua muovia suuttimen läpi ja kerrosta sen alustalle.
4. **Jäähdytys:** Jokainen kerros jäähtyy ja kovettuu ennen seuraavan kerroksen lisäämistä.
5. **Viimeistely:** Tarvittaessa esine viimeistellään poistamalla tukimateriaalit ja hiomalla pinnat.

## FDM:n Käyttökohteet

FDM-tekniikkaa käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla ja sovelluksissa. Seuraavassa on joitakin yleisiä käyttökohteita:

- **Prototyyppien valmistus:** FDM on ihanteellinen nopeaan prototyyppien valmistukseen, koska se mahdollistaa nopean ja edullisen mallien testauksen ja kehittämisen.
- **Lopputuotteiden valmistus:** Joissakin tapauksissa FDM:ää käytetään myös lopputuotteiden valmistukseen, erityisesti pienissä tuotantosarjoissa.
- **Opetus ja tutkimus:** FDM-tulostimia käytetään laajasti oppilaitoksissa ja tutkimuslaitoksissa opetustarkoituksiin ja tutkimusprojekteihin.
- **Kustomoidut osat:** FDM mahdollistaa kustomoitujen osien ja komponenttien valmistuksen, mikä on hyödyllistä esimerkiksi lääketieteellisissä sovelluksissa.

## FDM:n Edut ja Haitat

### Edut

- **Kustannustehokkuus:** FDM-tulostimet ja materiaalit ovat yleensä edullisempia verrattuna muihin 3D-tulostustekniikoihin.
- **Helppokäyttöisyys:** FDM-tulostimet ovat käyttäjäystävällisiä ja sopivat hyvin sekä aloittelijoille että ammattilaisille.
- **Monipuolisuus:** Laaja valikoima materiaaleja, kuten PLA, ABS ja PETG, mahdollistaa erilaisten esineiden valmistuksen.
- **Nopea prototyyppien valmistus:** FDM mahdollistaa nopean prototyyppien valmistuksen ja testauksen.

## Haitat

- **Pinnanlaatu:** FDM-tulosteiden pinnanlaatu voi olla karkea, ja ne saattavat vaatia jälkikäsittelyä.
- **Rajoitettu tarkkuus:** FDM-tulostimien tarkkuus on yleensä alhaisempi verrattuna muihin 3D-tulostustekniikoihin.
- **Rajoitettu materiaalivalikoima:** Vaikka FDM:ssä on saatavilla useita materiaaleja, se ei pysty käsittelemään kaikkia materiaaleja, kuten metalleja tai keraameja.
- **Tukimateriaalien tarve:** Monimutkaiset geometriset muodot saattavat vaatia tukimateriaaleja, jotka on poistettava tulostuksen jälkeen.

FDM, eli Fused Deposition Modeling, on yksi suosituimmista 3D-tulostustekniikoista. Se perustuu materiaalin kerrostamiseen sulattamalla ja ekstruudoimalla termoplastista filamenttia. Tämä tekniikka on laajalti käytössä eri teollisuudenaloilla sen kustannustehokkuuden ja monipuolisuuden vuoksi.

FDM-tekniikassa käytetään termoplastista filamenttia, joka syötetään tulostuspäähän. Tulostuspää kuumentaa filamentin sulamispisteeseen, minkä jälkeen se ekstruudoidaan ohuina kerroksina tulostusalustalle. Tulostuspää liikkuu X, Y ja Z-akseleilla, muodostaen halutun 3D-mallin kerros kerrokselta.

## FDM:n Vaiheet

1. **Mallin valmistelu:** 3D-malli luodaan CAD-ohjelmistolla ja muunnetaan STL-tiedostoksi.
2. **Viipalointi:** STL-tiedosto viipaloidaan kerroksiksi viipalointiohjelmistolla, joka luo G-koodin tulostimelle.
3. **Tulostus:** Tulostin lukee G-koodin ja aloittaa tulostuksen ekstruudoimalla filamenttia kerros kerrokselta.
4. **Jälkikäsittely:** Tulostettu osa voidaan tarvittaessa viimeistellä poistamalla tukimateriaalit ja hiomalla pintaa.

## Käyttökohteet

### Teollisuus

FDM-tekniikkaa käytetään laajasti teollisuudessa, erityisesti osien ja työkalujen valmistuksessa. Sen avulla voidaan luoda kestäviä ja tarkkoja komponentteja, jotka kestävät teollisuuden vaatimuksia.

- **Esimerkki:** Autoteollisuudessa FDM:ää käytetään prototyyppien ja työkalujen valmistukseen, mikä nopeuttaa tuotekehitysprosessia.

### Prototyyppien Valmistus

FDM on ihanteellinen prototyyppien valmistukseen, koska se mahdollistaa nopean ja edullisen mallien tuottamisen. Tämä auttaa suunnittelijoita ja insinöörejä testaamaan ja kehittämään tuotteita ennen massatuotantoa.

- **Esimerkki:** Elektroniikkateollisuudessa FDM:ää käytetään koteloiden ja muiden komponenttien prototyyppien luomiseen.

## Koulutus ja Tutkimus

Koulutus- ja tutkimuslaitokset hyödyntävät FDM-tekniikkaa opetuksessa ja tutkimuksessa. Se tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden oppia 3D-tulostuksen perusteet ja soveltaa niitä käytännössä.

- **Esimerkki:** Yliopistot käyttävät FDM-tulostimia insinööriopiskelijoiden projektitöissä ja tutkimushankkeissa.

## Kuluttajamarkkinat

FDM-tulostimet ovat yleistyneet myös kuluttajamarkkinoilla, sillä ne ovat suhteellisen edullisia ja helppokäyttöisiä. Kuluttajat voivat luoda omia mallejaan ja tulostaa ne kotona.

- **Esimerkki:** Harrastajat käyttävät FDM-tulostimia luodakseen henkilökohtaisia esineitä, kuten koristeita ja varaosia.

## Yhteenveto

FDM on monipuolinen ja kustannustehokas 3D-tulostustekniikka, joka soveltuu moniin eri käyttökohteisiin. Sen periaate on yksinkertainen, mutta mahdollistaa monimutkaisten ja tarkkojen osien valmistuksen.

## FDM:n Tulevaisuus

### Teknologian kehitys

Fused Deposition Modeling (FDM) on yksi suosituimmista 3D-tulostustekniikoista, ja sen tulevaisuus näyttää lupaavalta teknologian jatkuvan kehityksen ansiosta. FDM-tekniikan kehitys keskittyy useisiin avainalueisiin:

- **Materiaalien monipuolistuminen:** Uusien materiaalien kehittäminen, kuten biopohjaiset ja kierrätettävät filamentit, laajentaa FDM:n sovellusmahdollisuuksia. Tämä mahdollistaa ympäristöystävällisempien ja kestävämpien tuotteiden valmistuksen.
- **Tulostusnopeuden parantaminen:** Uudet tulostuspäät ja ohjelmistopäivitykset mahdollistavat nopeamman tulostuksen ilman laadun heikkenemistä. Tämä tekee FDM:stä entistä kilpailukykyisemmän vaihtoehdon perinteisille valmistusmenetelmille.
- **Tarkkuuden ja pinnanlaadun parantaminen:** Kehittyneet tulostusalgoritmit ja tarkemmat laitteistot parantavat tulosteiden tarkkuutta ja pinnanlaatua, mikä on erityisen tärkeää teollisissa sovelluksissa.

- **Monimateriaalitulostus:** FDM-tulostimet, jotka pystyvät käsittelemään useita materiaaleja samanaikaisesti, mahdollistavat monimutkaisempien ja toiminnallisten osien valmistuksen yhdellä tulostuskerralla.

## Uudet sovellukset

FDM-tekniikan kehittyessä sen sovellusalueet laajenevat jatkuvasti. Tässä muutamia esimerkkejä uusista sovelluksista:

- **Lääketiede:** FDM:ää käytetään yhä enemmän lääketieteellisten laitteiden ja implanttien valmistuksessa. Esimerkiksi potilaskohtaiset ortoosit ja proteesit voidaan tulostaa nopeasti ja kustannustehokkaasti.
- **Rakennusteollisuus:** FDM-tekniikkaa hyödynnetään rakennuskomponenttien, kuten muottien ja pienoismallien, valmistuksessa. Tämä mahdollistaa nopeamman prototyyppien kehityksen ja vähentää materiaalihukkaa.
- **Kuluttajatuotteet:** Yksilöllisten ja räätälöityjen kuluttajatuotteiden, kuten korujen ja kodin sisustusesineiden, valmistus on yleistymässä FDM:n avulla. Tämä tarjoaa kuluttajille mahdollisuuden saada ainutlaatuisia tuotteita nopeasti.
- **Ilmailu- ja autoteollisuus:** FDM:ää käytetään kevyiden ja kestävien osien valmistukseen, mikä auttaa vähentämään ajoneuvojen painoa ja parantamaan polttoainetehokkuutta.

FDM:n tulevaisuus on täynnä mahdollisuuksia, ja sen sovellusalueet laajenevat jatkuvasti tekniikan kehittyessä. Tämä tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon monille teollisuudenaloille, jotka etsivät innovatiivisia ja kustannustehokkaita valmistusratkaisuja.

Fused Deposition Modeling (FDM) on yksi suosituimmista 3D-tulostustekniikoista, joka perustuu materiaalin kerrostamiseen. Tämä tekniikka on erityisen suosittu sen kustannustehokkuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi. Tässä oppaassa käsitellään FDM:n periaatteita ja käyttökohteita.

FDM-tekniikassa käytetään termoplastista filamenttia, joka sulatetaan ja kerrostetaan kerros kerrokselta muodostaen kolmiulotteisen esineen. Prosessi alkaa digitaalisen 3D-mallin luomisella, joka jaetaan kerroksiin tulostusohjelmiston avulla. Tulostin liikuttaa suutinta X, Y ja Z-akseleilla, jolloin sulatettu materiaali kerrostuu alustalle.

1. **Mallin valmistelu:** 3D-malli luodaan CAD-ohjelmistolla ja muunnetaan STL-tiedostoksi.
2. **Viipalointi:** STL-tiedosto jaetaan kerroksiin viipalointiohjelmistolla, joka luo G-koodin tulostimelle.
3. **Tulostus:** Tulostin kuumentaa filamentin ja suutin liikkuu määritellyn reitin mukaisesti kerrosten luomiseksi.
4. **Jäähdytys ja jälkikäsittely:** Tulostettu esine jäähdytetään ja tarvittaessa jälkikäsitetään.

FDM-tekniikkaa käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla ja sovelluksissa. Seuraavassa on joitakin yleisiä käyttökohteita:



- **Prototyyppien valmistus:** FDM on ihanteellinen nopeaan prototyyppien valmistukseen, koska se mahdollistaa edullisen ja nopean mallien testauksen ja kehittämisen.
- **Lopputuotteet:** Joissakin tapauksissa FDM:ää käytetään lopputuotteiden valmistukseen, erityisesti pienissä tuotantosarjoissa tai räätälöidyissä osissa.
- **Opetus ja tutkimus:** FDM-tulostimia käytetään laajasti oppilaitoksissa ja tutkimuslaitoksissa opetustarkoituksiin ja tutkimusprojekteihin.
- **Lääketiede:** FDM:ää hyödynnetään lääketieteellisten mallien ja apuvälineiden valmistuksessa, kuten proteeseissa ja kirurgisissa malleissa.

## Keskeiset opit

- FDM on kustannustehokas ja laajasti käytetty 3D-tulostustekniikka.
- Se perustuu termoplastisen materiaalin kerrostamiseen.
- FDM soveltuu erityisesti prototyyppien valmistukseen ja pieniin tuotantosarjoihin.

## Tulevaisuuden näkymät

FDM-tekniikan kehitys jatkuu, ja tulevaisuudessa odotetaan parannuksia tulostusnopeudessa, materiaalivalikoimassa ja tarkkuudessa. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia erityisesti teollisessa tuotannossa ja henkilökohtaisessa valmistuksessa.