JR DIMENSIONS
ENGINEERING · PROTOTYPING · ADDITIVE MANUFACTURING

KÄYTÄNNÖN OPAS / FDM-PAINOTUS

3D-tulostus

Mahdollisuudet, menetelmät ja materiaalit



Referenssivalokuvaan pohjautuva tekoälyhavainnekuva.

Ideasta toimivaksi osaksi.
Opas yrityksille, tuotekehittäjille ja yksityishenkilöille.

JR DIMENSIONS / jrdimensions.fi

1.2 • LOKAKUU 2026

Voisiko osasi olla 3D-tulostettu?

3D-tulostus rakentaa osan digitaalisesta mallista kerros kerrokselta. Tässä oppaassa painopiste on FDM-tulostuksessa: muovilankaa käyttävässä menetelmässä, jolla tehdään prototyyppejä ja toiminnallisia käyttöosia.

FDM: tarpeeseen suunniteltu muoviosa

Varaosa, sovite, kotelo, kiinnike tai työjigi voidaan tehdä ilman omaa muottia. Menetelmä sopii sekä ensimmäiseen kokeiluun että lopulliseen käyttöosaan, kun materiaali, rakenne ja kuormitus vastaavat toisiaan.

Tarve	Mitä tulostus mahdollistaa
Tuotteen kehittäminen	Muodon, koon ja kokoonpanon testaaminen ennen lopullista tuotantoa.
Puuttuva tai rikkoutunut osa	Korvaava osa mallinnetaan mittojen, näyteosan tai skannauksen avulla.
Työn helpottaminen	Porausohjain, asennusjigi, suojus tai pidike tiettyyn työvaiheeseen.
Pieni sarja	Osia ilman muottikustannusta; jokainen osa voi tarvittaessa olla erilainen.

Tulostettava osa voi olla valmis käyttöosa tai vain yksi tuotekehityksen välivaihe. Hyvä prototyyppi vastaa tiettyyn kysymykseen: sopiiko osa, toimiiko mekanismi tai onko muoto oikea?

Aloita käyttötarkoituksesta

Kerro ensin, mitä osan pitää tehdä. Menetelmä, materiaali ja rakenne valitaan sen jälkeen. Kallein materiaali ei automaattisesti anna parasta lopputulosta.

Oppaan reitti: mahdollisuudet s. 2 • yleiset rajat s. 3 • menetelmät s. 4-5 • FDM ja sen rajat s. 6-7 • hartsi ja jauhe s. 8 • materiaalit s. 9-11 • filamenttien ominaisuudet s. 12-13 • suunnittelu s. 14 • takaisinmallinnus s. 15 • projektin aloitus s. 16 • sanasto ja lähteet s. 17-18.

Mitä ei saa yhdellä napin painalluksella

3D-tulostus pystyy monimutkaisiin muotoihin, mutta geometria, materiaalin käyttäytyminen ja jälkikäsittely asettavat rajat.

Odotus	Käytännön rajoitus / ratkaisu
Sama lujuus joka suuntaan	Varsinkin FDM-osan kerrosrajat voivat olla heikompi suunta. Tulostusasento ja kuormitus suunnitellaan yhdessä. [6]
Täysin sileä pinta	Kerrokset ja tukien jäljet voivat näkyä. Hionta, pinnoitus tai toinen menetelmä parantaa pintaa. [1, 2]
Tarkka reikä suoraan tulosteesta	Sovitteet testataan. Tarvittaessa reikä porataan tai kalvetaan ja kriittinen pinta koneistetaan. [3, 6]
Vesitiivis osa automaattisesti	Tiiviys riippuu rakenteesta ja prosessista. Tiiveys on erillinen vaatimus, joka todennetaan testillä.
Tyhjä suljettu ontelo	Hartsi tai jauhe pitää saada pois. Suunnittele poistoaukot ja puhdistettavat sisäpinnat. [2, 3]
Kaikki yhdessä kappaleessa	Koneen koko ja valmistussuunta rajoittavat. Suuri osa voidaan jakaa ja liittää. [6]

Kun rikkoutumisella on vakavat seuraukset

Paine, henkilön kannattelu, jarrutus tai muu turvallisuuskriittinen käyttö vaatii määritellyt vaatimukset, mitoituksen ja todentamisen. Tavallinen prototyyppi ei yksin osoita käyttökelpoisuutta.

Joskus toinen valmistustapa on parempi. Vakio-osa kannattaa usein ostaa valmiina. Yksinkertainen metallilevy voi olla edullisin leikata ja taivuttaa. Tiukat sovitteet voivat suosia koneistusta. Suuressa samanlaisten osien sarjassa ruiskuvalu voi olla taloudellisempi.

Näiden valintojen arviointi on suunnittelua: kappalemäärä, kuormitus, pinta, toimitusaika ja kokonaiskustannus ratkaisevat yhdessä. Yhtä yleispätevää kannattavuusrajaa ei ole.

Sama malli, erilainen valmistustapa

Filamentti, hartsi ja jauhe ovat eri lähtöaineita. Menetelmä vaikuttaa pintaan, rakenteeseen, materiaalivalikoimaan ja työn määrään. [1-5]

FDM on usein luonteva lähtökohta

Kun osassa on kohtuullisen kokoisia piirteitä ja muovilta halutaan käytännöllisiä käyttöominaisuuksia, FDM tarjoaa laajan materiaalivalikoiman. Hartsi ja jauhepeti täydentävät sitä, kun yksityiskohdat tai geometria puoltavat toista menetelmää.

Menetelmä	Sopii usein	Huomioi
FDM / FFF Filamentti	Kiinnikkeet, kotelot, jigit, sovitteet ja muotoprototyypit.	Kerrosjälki, tulostussuunta ja tukien tarve.
SLA / DLP / MSLA Valokovettuva hartsi	Pienet yksityiskohdat, sileät prototyypit ja tarkat muodot.	Hartsikohtaiset ominaisuudet, pesu ja jälkikovetus.
SLS Muovijauhe + laser	Monimutkaiset nylonosat, kotelot ja pienet sarjat.	Karhea pinta, jauheen poisto ja jäähtymisaika.
MJF Muovijauhe + aineet + lämpö	Toiminnalliset muoviosat ja sarjatuotanto.	Jauheen poisto, pintakäsittely ja palvelukohtainen materiaalivalikoima.
Metallin LPBF Metallijauhe + laser	Vaativat metalligeometriat ja sisäiset kanavat.	Tuet, lämpökäsittely, koneistus ja laadunvarmistus.

Yleiskatsaus menetelmiin

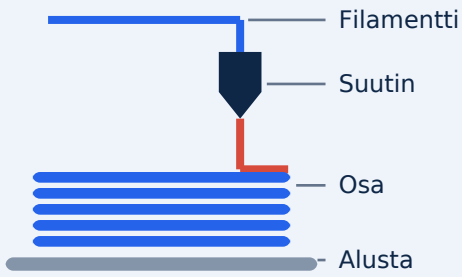
Tämä vertailu ei ole JR Dimensionsin tuotantokaluston tai saatavilla olevien palveluiden luettelo. Sopiva valmistustapa ja sen saatavuus tarkistetaan projektikohtaisesti.

Menetelmän nimi ei takaa laatua. Myös kone, materiaali, tulostusasetukset, osan suunta ja jälkikäsittely vaikuttavat. Kerroskorkeus tai pikselikoko ei yksin kerro valmiin osan mittatarkkuutta.

Näin FDM, SLA ja SLS rakentavat osan

Sininen näyttää valmistetun osan. Punainen näyttää sulan muovin tai lasersäteen. Kuvat ovat periaatteellisia poikkileikkauksia. [1-3]

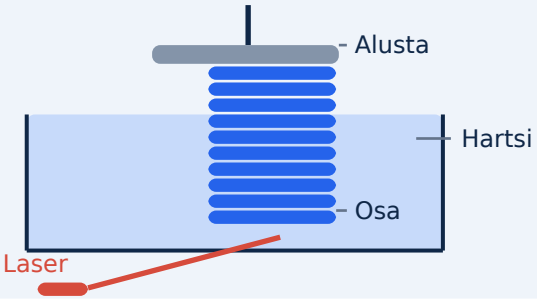
FDM / FFF



Suutin sulattaa muovilangan ja piirtää siitä kerroksen. Uusi kerros tarttuu edelliseen.

Ylitykset voivat tarvita tukia. Rakenteen sisällä voi olla onteloita ja harvaa täyttöä.

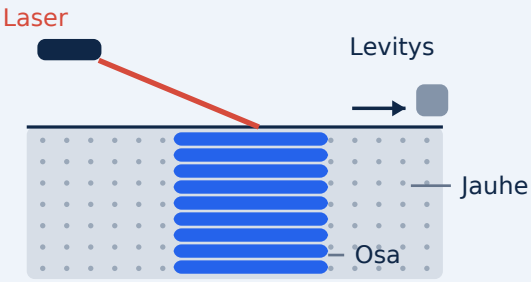
SLA (laser)



Laser kovettaa nestemäisestä hartsista yhden kerroksen. Alusta siirtyy kerrosten välillä.

Osa pestään ja jälkikovetetaan. Tuet voivat olla tarpeen. Kuva: alhaalta valottava SLA.

SLS



Laser sintraa jauhekerroksesta osan poikkileikkauksen. Uusi jauhekerros levitetään.

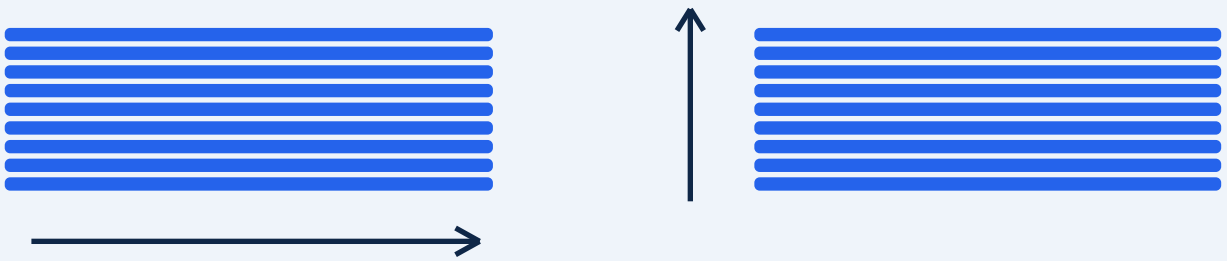
Ympäröivä jauhe tukee osaa. Jäähtymisen jälkeen irtojauhe poistetaan myös onteloista.

Sininen: osa / Punainen: sula muovi tai laser / Harmaa: kone ja jauhe

SLA-kuva esittää alhaalta valottavan laserjärjestelmän. DLP ja MSLA kovettavat myös hartsia, mutta valo muodostetaan eri tavalla. SLS-kuva esittää muovin jauhepetitulostusta.

Käytännöllinen reitti toiminnalliseen osaan

FDM-tulostuksessa suutin sulattaa muovilankaa ja piirtää siitä kerroksia. Ulkoseinämät, sisäinen täyttö ja tulostussuunta muodostavat osan rakenteen. [1, 7]



Lujuus syntyy kokonaisuudesta

Materiaali ei yksin ratkaise. Jäykisterivat, pyöristykset, seinämien määrä ja kuormitukselle sopiva tulostusasento voivat parantaa osaa enemmän kuin pelkkä täytön lisääminen. [6, 7]

Valinta	Vaikutus
Seinämät	Muodostavat osan ulkokuoren. Erityisen tärkeitä esimerkiksi taivutuksessa kuormittuville kohdille.
Sisäinen täyttö	Tukee pintakerroksia ja vaikuttaa massaan sekä tulostusaikaan. Tarve riippuu kuormituksesta ja muodosta.
Tulostusasento	Vaikuttaa kerrossuuntaan, tukien tarpeeseen sekä pintaan ja mittoihin.
Tukirakenne	Mahdollistaa hankalia ylityksiä. Poistaminen voi jättää jälkiä ja vaatia käsityötä.

Hyviä käyttökohteita: elektroniikkakotelot, asennuskiinnikkeet, adapterit, suojukset ja muototestit. Sisäinen täyttö tekee mahdolliseksi kevyemmän osan, mutta kevyt osa pitää silti mitoittaa käyttötarkoitukseen.

100 % täyttö ei tarkoita 100 % varmuutta

Täysin täytettykin tuloste voi rikkoutua kerrosrajasta tai loven kohdalta. Kuormituspolku, liitokset, tulostuslaatu ja käyttöympäristö pitää huomioida.

Mitä FDM ei pysty tekemään sellaisenaan

Osa rajoista on fyysisiä, osa ratkeaa suunnittelulla, tuilla tai jälkikäsittelyllä. Tavallinen filamenttitulostin ei tuota mitä tahansa CAD-mallia valmiiksi käyttöosaksi.

Rajoitus	Miksi / mitä voidaan tehdä
Vapaasti ilmaan alkava piirre	Ensimmäisen muovilangan pitää tarttua johonkin. Lisää tuet, muuta asentoa tai jaa osa. Kahden tuen välinen lyhyt silta on eri asia.
Sisälle jäävä poistamaton tuki	Suljetun kanavan tuki tarvitsee poistoreitin. Liukeneva tuki vaatii nesteelle pääsyn ja poistumisen sekä yhteensopivan materiaalin ja tulostimen. [20]
Mielivaltaisen pieni yksityiskohta	Suuttimen, pursotusleveyden ja kerroskorkeuden koko rajoittaa piirteitä. Ohuempi kerros ei yksin korjaa sivusuunnan rajoja.
Optinen laatu suoraan tulosteesta	Rajapinnat ja ilmaraot sirottavat valoa. Säätö ja jälkikäsittely voivat parantaa kirkkautta huomattavasti, mutta optista tarkkuutta ei voi luvata automaattisesti. [21]
Valmis metalliosa tavallisesta filamentista	Metallijauhetta sisältävä ulkonäköfilamentti on muovikomposiitti. Metalliksi sintrattavat erikoisfilamentit vaativat erillisen jatkoprosessin.
Rajaton koko tai materiaalivalinta	Osa pitää mahtua valmistustilaan. Suutin, alusta, kammio ja kuivaus rajaavat materiaalit; pieni lämpötilapäivitys ei riitä kaikkeen.

Mitä ei voi luvata automaattisesti

Vesitiiveys, isotrooppinen lujuus, hyvin tiukka sovite tai sileä tukipinta eivät seuraa suoraan mallista. Ne määritellään vaatimuksiksi ja ratkaistaan valmistuksen sekä testauksen avulla.

Suunnittelun ratkaisuja: pisaranmuotoinen vaakareikä, viiste suuren ylityksen tilalle, näkyvän pinnan kääntäminen sekä osaamisen kannalta järkevä jako osiin. Ylityksille ja silloille ei ole yhtä yleispätevää maksimia. [6]

Kun pinta tai muodon vapaus ratkaisee

Tarkat yksityiskohdat ja monimutkaiset käyttöosat voivat hyötyä hartsista tai jauhepedistä. Työvaiheet ja materiaalit eroavat FDM-tulostuksesta.

Hartsi: SLA, DLP ja MSLA [2]

Perinteinen laser-SLA kovettaa hartsia laserilla, DLP projisoidulla kuvalla ja MSLA LCD-maskin läpi tulevalla valolla. Kaikki kuuluvat valokovetukseen. Tuloste yleensä pestään ja jälkikovetetaan materiaalin ohjeen mukaan.

Hartsi sopii usein pieniin muotoihin ja yksityiskohtiin. Tavallinen mallihartsi, sitkeä hartsi ja lämmönkestävä hartsi ovat eri tuotteita. Muovin kaltainen ulkonäkö ei tarkoita, että hartsi käyttäytyy kuten PETG tai nylon. Tuet voivat jättää jälkiä myös muuten sileään pintaan.

SLS ja MJF: jauhe tukee osaa [1, 3, 4]

SLS yhdistää muovijauheen laserin lämmöllä. MJF käyttää sulautumista ja reunojen tarkkuutta ohjaavia aineita sekä lämpöä. [25] Muoviosat eivät yleensä tarvitse erillisiä tukirakenteita, koska ympäröivä jauhe tukee niitä.

Jauhepeti antaa vapautta esimerkiksi sisäisiin muotoihin ja moniosaisiin rakenteisiin. Irrallinen jauhe pitää kuitenkin poistaa. Suljettu onkalo jää täyteen jauhetta ilman poistoreittiä. Pinta on yleensä hienorakeinen; värjäys ja muu jälkikäsittely muuttavat ulkonäköä.

Toive	Kysy ennen valmistusta
Napsautettava tai joustava osa	Mikä materiaali kestää vaaditun venymän ja toistomäärän?
Ohut kanava tai ontelo	Miten hartsi tai jauhe poistetaan ja sisäpinta puhdistetaan?
Pieni liikkuva mekanismi	Mitkä välykset ovat kyseiselle koneelle ja materiaalille toimivia?
Useita samanlaisia osia	Miten osat asetellaan, jälkikäsitellään ja tarkastetaan?

Metallitulostus on oma kokonaisuutensa. Metallin laserjauhepetitulostus tarvitsee usein tukia ja jälkityötä. Lämpökäsittely ja toiminnallisten pintojen koneistus voivat olla olennainen osa toimitusta. [5]

Yleisimmät muovit käyttötarpeen mukaan

Valitse ensin olosuhteet: sisätila vai ulkoilma, kuormitus, iskut, lämpö ja joustavuus. Taulukko kuvaa materiaaliperheitä, ei tietyn tuotteen taattuja arvoja.

Materiaali	Hyöty / tavallinen käyttö	Rajoitus
PLA [8]	Jäykkä, helposti tulostettava. Muototestit, esittelymallit ja kevyen käytön sisäosat.	Lämpö pehmentää suhteellisen helposti. Voi olla hauras iskuissa. Ei oletusvalinta kuumaan autoon.
PETG [9]	Sitkeä yleismateriaali koteloihin, pidikkeisiin ja moniin käyttöosiin.	Pinta voi langoittua. Pitkäaikainen kuormitus voi aiheuttaa virumista; lämmönkestävyys on rajallinen.
ASA [10]	Sään ja UV-säteilyn kesto. Ulkokotelot ja ulkona käytettävät kiinnikkeet.	Vaatii hallitun tulostusympäristön. Kutistuminen ja vääntyminen pitää huomioida.
ABS [11]	Sitkeä muovi koteloihin ja teknisiin prototyyppeihin. PLA:ta parempi lämmönkesto.	UV-kesto yleensä ASA:ta heikompi. Tulostus vaatii ympäristön ja ilmanvaihdon hallintaa.
TPU [13]	Joustava materiaali suojuksiin, pehmusteisiin, jalkoihin ja vaimentimiin.	Shore-kovuus vaihtelee. Joustava osa ei ole automaattisesti toimiva tiiviste.

Lämpötila ei ole yksi yleispätevä raja

Suuttimen tulostuslämpötila, lasisiirtymä, HDT-lämpötila ja jatkuva käyttölämpötila tarkoittavat eri asioita. HDT mitataan määrätyllä kuormalla. Osan muoto, käyttöaika ja kuormitus vaikuttavat siihen, milloin se alkaa taipua.

Esimerkkivalintoja: muodon kokeilu → PLA; tavanomainen sisäkäytön kotelo → PETG; säässä oleva osa → ASA; pehmeä kosketuspinta → TPU. Nämä ovat lähtökohtia, jotka tarkistetaan todellista käyttötarvetta vasten.

Kemikaalien, pesuaineiden ja öljyjen kesto tarkistetaan materiaalin tiedoista ja tarvittaessa kokeella. Materiaaliperheen nimi ei yksin osoita soveltuvuutta tiettyyn aineeseen.

Nylon, PC ja kuituvahvistus

Kun käyttö on vaativampaa, tarvitaan tuotekohtaiset tiedot ja hallittu prosessi. Tekninen materiaali ei korjaa väärää rakennetta.

Materiaali	Missä siitä voi olla hyötyä	Mitä pitää varmistaa
PA / nylon [12]	Sitkeyttä ja kulutuksenkestoa tarvitsevat osat ja mekanismit. PA6, PA11 ja PA12 eivät ole sama materiaali.	Kosteus muuttaa mittoja ja ominaisuuksia. Kuivaus, materiaalilaatu ja käyttöympäristö vaikuttavat.
PA-GF / PA-CF [15]	Kuitutäytteet lisäävät yleensä jäykkyyttä ja voivat vähentää tulostuksen vääntymistä.	Suuntariippuvuus, kuitupitoisuus ja kosteustila. Kuitu voi vähentää venymää ja kuluttaa suutinta.
PC / polykarbonaatti [18]	Sitkeä tekninen muovi, jolla on hyvä mekaaninen ja lämmönkesto. Kiinnikkeet, kotelot ja rasitetut osat.	Vaatii hallitun lämpöympäristön ja kuivan filamentin. Vääntyminen ja kerrosten halkeilu ovat mahdollisia.
PC Blend / PC-seokset [14]	Tulostettavuutta tai muita ominaisuuksia varten muokattu PC-pohjainen koostumus.	PC-merkintä ei yksin kerro seoksen sisältöä tai ominaisuuksia. Käytä kyseisen tuotteen tietolehteä.

CF tai GF ei tarkoita jatkuvaa kuitua

Tavallisen kuitutäytteisen filamentin lyhyet kuidut eivät muodosta jatkuvaa kantavaa rakennetta kaikkien kerrosten läpi. Suurempi jäykkyys ei automaattisesti tarkoita parempaa iskunkestoa tai kerrosten välistä lujuutta.

Kuiva ja kostea nylon käyttäytyvät eri tavoin. Tarkista, missä kosteustilassa valmistajan arvot on mitattu. Samalla materiaalilla kuiva koekappale ja käytössä kosteutta imenyt osa voivat antaa eri tuloksen. [12, 15]

Jauheena käytettävä PA12 sekä valokovettuva hartsi ovat omia materiaalikokonaisuuksiaan. Niiden tietoja ei pidä siirtää suoraan saman nimisen FDM-filamentin tai sen tulosteen ominaisuuksiksi.

PAHT-CF ja PPS-CF vaativampaan käyttöön

Nämä ovat teknisiä kuitutäytteisiä filamentteja. Valinta tehdään käyttöolosuhteiden ja tuotekohtaisen tiedon perusteella, ei pelkän materiaalinimen mukaan.

PAHT-CF: tekninen kuituvahvistettu nylon [17, 22]

Sopii esimerkiksi jäykkyyttä, lämpökestoa ja mittapysyvyyttä tarvitseviin jigeihin sekä kiinnikkeisiin. PAHT-CF-nimi ei yksin määritä peruspolyamidia. Bambu Lab ilmoittaa PA12:n ja muita pitkäketjuisia polyamideja; Siraya Techin PAHT-CF on PPA-pohjainen.

Vähäisempi veden imeytyminen kuin jollakin PA6-laadulla voi auttaa säilyttämään ominaisuuksia kosteassa. Se ei poista kuivaustarvetta tai tee osasta kosteudelle muuttumatonta. Tulostus vaatii tuotteen mukaiset lämpöolosuhteet ja kulutusta kestävän suuttimen. [17]

PPS-CF: hiilikuituvahvistettu polyfenyleenisulfidi [16]

PPS-pohja tarjoaa hyvän kemikaali- ja lämmönkeston sekä vähäisen kosteudenoton. Kuitutäyte kasvattaa jäykkyyttä. Käyttökohteita voivat olla kuumat tai kemiallisesti kuormitetut tekniset kiinnikkeet, kun osa ja prosessi on todennettu.

PPS-CF voi olla jäykkä ja samalla pienellä murtovenymällä rikkoutuva. Se ei ole automaattisesti paras iskuun tai toistuvaan taivutukseen. Valitun tuotteen tulostus-, kuivaus- ja mahdolliset lämpökäsittelyohjeet ovat olennaisia. [16]

Tuotekohtainen esimerkki	Mitä se tarkoittaa käytännössä
Bambu PAHT-CF [17]	Valmistaja ohjeistaa suljetun tulostusympäristön, kuivan syötön ja kulutusta kestävän suuttimen.
Bambu PPS-CF [16]	Tietolehden V1.0 suutinalue on 310-340 °C ja kammioalue 60-90 °C. Pelkkä 350 °C suutin ei osoita koko prosessin soveltuvuutta.

Saatavuus varmistetaan erikseen

Materiaalien kuvaus auttaa valinnassa. Se ei ole lupaus siitä, että jokainen laatu on heti varastossa tai valmistettavissa kaikilla tulostimilla. Projektissa valitaan täsmällinen tuote ja valmistusprosessi.

Lujuus, jäykkyys ja sitkeys ovat eri asioita

Filamentin tekninen tietolehti auttaa vertaamaan materiaaleja. Valmiin FDM-osan käyttäytymiseen vaikuttavat lisäksi rakenne, tulostussuunta ja prosessi.

Ominaisuus	Mitä se kertoo	Käytännön tulkinta
Vetolujuus (MPa) [23]	Vetokokeen suurin nimellinen vetojännitys; ei aina jännitys murtumishetkellä.	Suuri arvo ei yksin anna osan sallittua kuormaa tai iskunkestoa.
Kimmomoduuli (MPa / GPa)	Kuinka paljon materiaali joustaa pienellä kuormalla.	Suurempi moduuli tarkoittaa jäykempää materiaalia, ei automaattisesti suurempaa murtokuormaa.
Murtovenymä (%)	Kuinka paljon koekappale venyy ennen murtumaa.	Pieni arvo voi rajoittaa napsautuksia, taipuvia saranoita ja muodonmuutoksen sietoa.
Iskunkesto	Kyky sietää nopeaa kuormitusta testimenetelmän mukaan.	Vertaile samalla menetelmällä ja samalla lovituksella mitattuja tuloksia.
Viruminen ja väsyminen [26, 27]	Muodonmuutos ajan myötä / toistuvan kuorman aiheuttama vaurio.	Pitkään kuormitettu kiinnike ja kerran vedetty koekappale tarvitsevat eri tarkastelun.

FDM-esimerkki: sama PPS-CF, eri suunta [16]

Bambu PPS-CF:n TDS V1.0: XY 87 MPa, Z 24 MPa. Testituloste: suutin 320 °C, kammio 60 °C, 100 % täyttö, ei lämpökäsittelyä. Arvot eivät ole oman osan sallittuja jännityksiä.

Lue myös testin ehdot. Oliko koekappale kuiva vai kostea, lämpökäsitelty vai käsittelemätön, täysin täytetty vai ontto? Millä suunnalla ja lämpötiloilla se tulostettiin? Sama materiaali voi antaa eri tuloksia eri prosesseilla.

Kuituvahvistus tekee kompromissin

CF ja GF voivat lisätä jäykkyyttä ja mittapysyvyyttä. Murtovenymä voi samalla pienentyä. Napsautettava kansi voi siksi hyötyä sitkeästä vahvistamattomasta muovista enemmän kuin hyvin jäykästä komposiitista.

Lämpö, kosteus ja käyttöympäristö

Materiaalin pitää säilyttää toimintansa todellisissa olosuhteissa. Tulostettavuus ja valmiin osan käyttöominaisuudet ovat kaksi eri tarkastelua.

Tekijä	Mitä pitää tarkistaa
Lämpö: Tg, HDT ja käyttölämpötila [24]	Tg kuvaa lasisiirtymää. HDT on kuormitettu lämpötesti. Jatkuva käyttö riippuu myös ajasta, kuormasta ja osan muodosta. HDT ei ole suora käyttöraja.
Kosteus filamentissa [19]	Kosteus voi heikentää pintaa ja tulostuksen laatua. Kuivaa tuotteen ohjeella ja pidä syöttö kuivana tarvittaessa.
Kosteus valmiissa osassa [12, 17]	Nylonin mitat, jäykkyys ja sitkeys voivat muuttua veden imeytyessä. Valinta tehdään myös lopullista kosteustilaa varten.
UV ja sää [10, 11]	Ulko-osassa huomioidaan auringonvalo, lämpösyklit ja kosteus. ASA on usein luonteva lähtökohta; pelkkä korkea lämpökesto ei osoita UV-kestoa.
Kemikaalit	Tarkista aine, pitoisuus, lämpötila ja altistusaika. Sama materiaaliperhe voi sisältää eri tavoin käyttäytyviä laatuja.
Pinta ja kuluminen	Kuitutäytetty pinta voi olla karhea. Liukupinnan, vastakappaleen ja kulumisen sopivuus arvioidaan yhdessä.

Kuivaaminen ja kuivana säilyttäminen eroavat [19]

Tiivis laatikko ja kuivausaine ehkäisevät kosteuden kertymistä. Ne eivät välttämättä kuivaa jo kosteaa filamenttia riittävästi. Kuivaimen todellinen lämpötila, ilmankierto ja materiaalin vaatima aika ratkaisevat.

Myös tulostusprosessi vaikuttaa. Lämpöolosuhteet, kuivaus, nopeus ja jäähdytys muuttavat kerrosten sitoutumista sekä mittapysyvyyttä. Lämpökäsittely voi muuttaa ominaisuuksia ja mittoja; sen jälkeen kriittiset sovitteet tarkastetaan uudelleen.

Kun materiaalia vertaillaan: tarkista sama standardi, kuorma, suunta, kosteustila ja käsittely. Esimerkiksi lovellinen ja loveton iskutesti tai eri kuormalla mitattu HDT eivät ole suoraan sama vertailu.

Suunnittele tulostusta varten

Tulostusasento, välykset ja liitokset kannattaa ratkaista jo mallinnuksessa. Näin vähennetään korjaustyötä ja turhia tulostuskierroksia. [6, 7]



Reikä 10,4 mm / tappi 10,0 mm

Halkaisijavälys 0,4 mm

Välys puolelle 0,2 mm

Suunnittelukohta	Käytännön lähtökohta
Kuormitus ja pyöristykset	Vältä teräviä sisänurkkia kuormitetuissa kohdissa. Lisää tarvittaessa ripoja ja suuntaa rakenne kuormituksen mukaan.
Seinämän paksuus	Valitse prosessille sopiva seinämä. FDM:ssä tarkista myös viipalointiohjelman muodostamat seinämälinjat.
Liitokset	Toistuvasti avattavaan ruuviliitokseen voidaan käyttää metallista kierreholkkia tai mutteripesää.
Ylitykset ja tuet	Vähennä tukia muuttamalla asentoa, viistämällä tai jakamalla osa. Tukipinta ei yleensä vastaa näkyvän sivupinnan laatua.
Sovitteet	Jätä tarkoituksenmukainen välys. Tee sovitetesti samalla materiaalilla ja tulostussuunnalla kuin lopullinen osa.

Välys ja mittatarkkuus ovat eri asioita

Esimerkkisovitteessa 10,0 mm tapille suunniteltu 10,4 mm reikä antaa nimellisesti 0,4 mm halkaisijavälyksen eli 0,2 mm puolelle. Tämä on laskuesimerkki, ei yleinen suositus tai valmistustakuu.

Pienet tekstit ja yksityiskohdat: niiden toimivuus riippuu suunnasta ja prosessista. Kokeile kriittinen kohta pienellä näytekappaleella. Näin koko osaa ei tarvitse tulostaa uudelleen pelkän sovitteen tai tekstin vuoksi.

Tarkat kohdat sovitaan piirustukseen. Merkitse kriittiset mitat, toleranssit ja toiminnalliset pinnat. Yhtä toleranssia ei pidä olettaa automaattisesti kaikille mitoille tai menetelmille.

Näyteosasta korvaavaksi osaksi

Skannaus tallentaa pintaa. Käyttökelpoinen korvaava osa syntyy, kun mitat, kiinnitykset ja toimintatapa ymmärretään.



Alkuperäinen referenssivalokuva: musta, jäykisterivoilla varustettu kiinnike. Kuvasta ei voi yksin todentaa mittoja tai materiaalia.

Vaihe	Mitä ratkaistaan
1. Tutki näyteosa	Mihin osa liittyy? Onko se kulunut, vääntynyt tai rikkoutunut? Mitkä pinnat ovat toiminnallisia?
2. Mittaa ja tarvittaessa skannaa	Mittaus antaa kriittiset mitat. Skannaus auttaa monimutkaisen ulkomuodon tallentamisessa.
3. Mallinna	Päätä, säilytetäänkö alkuperäinen geometria vai tehdäänkö valmistusta tai käyttöä tukevia muutoksia.
4. Sovita ja testaa	Tarkista asennus, liike ja kuormitus. Korjaa tarvittaessa malli ennen lopullista osaa.

Skannaus ei ole automaattinen CAD-piirustus

Kiiltävät ja tummat pinnat sekä piilossa olevat kohdat voivat vaikeuttaa skannausta. Verkkopinta voi tarvita korjausta ja takaisinmallinnusta. Tärkeät reiät ja sovitteet kannattaa mitata erikseen.

Kannen havainnekuva perustuu yllä olevan kiinnikkeen muotoon. Se on tekoälyllä tehty kuvitus, ei valokuva valmistetusta varaosasta eikä todiste mittatarkasta kopioinnista.

Näillä tiedoilla päästään liikkeelle

Valmista 3D-mallia ei tarvitse olla. Kuva, luonnos, mitat tai näyteosa voivat riittää työn ensimmäiseen arvioon.

Kerro tai toimita	Miksi tieto tarvitaan
Käyttötarkoitus	Mitä osa tekee ja mitä tapahtuu, jos se ei toimi?
Kuvat ja mitat	Kokonaiskoko, kiinnitykset, kriittiset reiät ja sopivat vastakappaleet.
Kuormitus ja olosuhteet	Voimat, iskut, lämpö, ulkokäyttö, kosteus ja kemikaalit.
Määrä ja aikataulu	Yksi kokeilu, pieni sarja vai toistuva tarve?
Pinta ja tarkkuus	Näkyvä pinta, väri, sovitteet ja hyväksymiskriteerit.
Mahdolliset tiedostot	STEP mallin muokkaamiseen; STL tai 3MF tulostusgeometriaan. Ilmoita yksikkö ja oikea mittakaava.

Mistä hinta muodostuu?

Mallinnus tai takaisinmallinnus, materiaalit, koneaika, tuet, jälkikäsittely, sovituskierrokset ja tarkastus muodostavat kokonaisuuden. Suuri osan tilavuus ei ole ainoa kustannustekijä.

Toimiva etenemistapa: tarve ja vaatimukset → valmistettavuuden arvio → malli → tarvittaessa sovitusprototyyppi → lopullinen osa. Vaativa osa voi tarvita useamman testikierroksen.

Ota yhteyttä JR Dimensionsiin

Kerro ideasi tai lähetä kuva osasta. Menetelmä ja materiaali valitaan käyttötarpeen mukaan.

jrdimensions.fi
info@jrdimensions.fi

Materiaalien, menetelmien ja toimitusten saatavuus sekä projektin sisältö sovitaan erikseen. Oppaan esimerkit eivät ole lupaus tietystä hinnasta, toleranssista tai toimitusajasta.

Termit tutuiksi

Oppaan sisältö on käytännön yleiskatsaus. Lopullinen materiaalivalinta ja hyväksymisrajat perustuvat osan vaatimuksiin sekä valitun prosessin tuotekohtaisiin tietoihin.

Termi	Merkitys
Anisotropia	Ominaisuudet riippuvat suunnasta. Esimerkiksi FDM-osan XY- ja Z-suuntien lujuudet voivat erota.
Viruminen	Osa muuttaa muotoaan ajan kuluessa jatkuvan kuormituksen alla. Lämpö voi nopeuttaa ilmiötä.
Toleranssi / välys	Toleranssi on sallittu mittavaihtelu. Välys on toisiinsa liittyvien osien tarkoituksellinen kokoero.
HDT / Tg	HDT kuvaa muodonmuutosta määrätyssä lämpötestissä kuorman alla. Tg on lasisiirtymälämpötila.
Viipalointi / jälkikäsittely	Mallista valmistusohjeiksi / tulostuksen jälkeen tehtävä puhdistus, kovetus, hionta tai muu työ.

TDS on materiaalin tekninen tietolehti

TDS kertoo valmistajan tuotekohtaiset ominaisuudet ja testausehdot. SDS on käyttöturvallisuustiedote. Kumpikaan ei yksin osoita yksittäisen valmiin osan soveltuvuutta käyttökohteeseen.

CF / GF: hiilikuitu / lasikuitu. Tavallisessa kuitutäytteisessä filamentissa kuidut ovat lyhyitä. Jatkuvakuitutulostus on eri valmistusratkaisu.

XY / Z: XY viittaa kerrostason suuntiin, Z kerrosten rakentumissuuntaan. Testikappaleen tarkka asento on aina tarkistettava tietolehdestä.

Käytännön valintajärjestys

1. Määrittele käyttö ja olosuhteet.
2. Valitse materiaaliperhe ja täsmällinen tuote.
3. Suunnittele rakenne ja tulostussuunta.
4. Varmista valmistusprosessi.
5. Sovita ja testaa tarvittaessa.

Lisätietoa valmistajien lähteistä

Lähteet ovat klikattavia. Tuotesivujen ja tietolehtien numeeriset arvot koskevat kyseistä tuotetta ja ilmoitettuja testausehtoja.

Lähteet (numerot tekstissä)

[1] Formlabs: Menetelmien yleisvertailu

[2] Formlabs: Filamentti- ja hartsitulostus

[3] Formlabs: SLS: suunnittelu ja jauheen poistaminen

[4] HP: MJF-menetelmä

[5] EOS: Metallitulostuksen jälkikäsittely

[6] Prusa: FDM-osan suunnittelu

[7] Prusa: Seinämät ja kerrokset

[8] Prusa: PLA

[9] Prusa: PETG

[10] Prusa: ASA

[11] Prusa: ABS

[12] Prusa: PA / nylon

[13] Prusa: Joustavat materiaalit

[14] Prusa: PC-seoksen ominaisuudet

[15] Polymaker: PA6-GF: tuotekohtainen esimerkki

[16] Bambu Lab: PPS-CF: tekninen tietolehti

[17] Bambu Lab: PAHT-CF: tuotekohtainen esimerkki

[18] Prusa: PC: polykarbonaatin ominaisuudet

[19] Prusa: Filamentin kuivaus ja säilytys

[20] Prusa: Liukenevat tukimateriaalit

[21] Prusa: FDM-tulosteen läpinäkyvyys

[22] Siraya Tech: PAHT-CF: PPA-pohjainen esimerkki

[23] Instron: Vetokokeen suureet

[24] Instron: HDT ja Vicat: ISO 75 / 306

[25] HP: SLS:n ja MJF:n toimintaperiaate

[26] Instron: Viruminen

[27] Instron: Väsyminen

Kuvitus: alkuperäinen referenssivalokuva käyttäjän aineistosta (IMG_5188.jpeg). Kannen kuva on tähän valokuvaan pohjautuva tekoälyhavainnekuva. Tekniset periaatekuvat on piirretty tätä opasta varten; ne eivät ole mittakaavapiirustuksia. Visuaalinen ilme pohjautuu JR Dimensionsin brändiohjeeseen.

Versio 1.2 • 7.10.2026
Erillinen lähteisiin perustuva faktantarkistus tehty 7.10.2026. Vertailut ovat yleisiä, eivät valmistajan markkinointiväitteiden mukaisia laatutakuita. Suunnittelu-, kustannus- ja tilausohjeet ovat toimituksellista käytännön tulkintaa.