

# **Pelimoottoreiden suosiotutkimus peliasset- tien tuottajalle**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintäteknikka

2023

Lauri Lehmonen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Lauri Lehmonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 36	Valmistumisaika 2023
Työn nimi <b>Pelimoottoreiden suosiotutkimus peliasettien tuottajalle</b>		
Tutkinto ja koulutusala Tieto- ja viestintätekniikka insinööri (AMK)		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)		
Tiivistelmä <p>Tutkimustyössä pyrittiin löytämään tekijöitä pelimoottoreiden suosion kasvulle Global Game Jam -pelikehitystapahtumassa tekemällä sen pelituotosarkistoiden tiedoista suosion kasvua mittaavia kaavioita ja vertaamalla kaavioiden tietoa pelimoottorien kehitys historiallisiin tapahtumiin etsien mahdollisia vaikuttajia. Vertailulla saadaan suuntaavaa tietoa peliasettien tuottajalle. Aluksi esitettiin peliasetteja ja niitä myyvien pelimoottoreiden asettikauppoja. Pelimoottoreista tuodaan esiin niiden syntyä ja alkuvaiheita, historiallisia hetkiä niiden kasvussa, eri versioiden julkaisuja sekä huomattavia tekijöitä ja muutoksia niiden kehityksessä.</p> <p>Mahdollisia esille tuotuja tekijöitä pelimoottoreiden suosion kasvussa verrattiin Global Game Jam -tapahtuman lukuihin. Pohdinnassa ja yhteenvedossa mietittiin, miten saadut tulokset vastasivat pelimoottoreiden tapahtumia ja mitkä ovat olleet huomattavia tekijöitä näiden pelimoottoreiden suosion kasvuissa, sekä miten tätä tietoa voidaan hyödyntää peliasettien tuottamisen suunnittelussa näille pelimoottoreille.</p>		
Asiasanat Godot, Unreal, Unity, Global Game Jam, pelimoottori, asset, peliaset		

## Abstract

Author(s) Lauri Lehmonen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 36	
Title of Publication <b>Popularity survey of game engines for the producer of game assets</b>		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Information and Communications Technology		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
Abstract <p>The research sought to find factors for the game engines' traction at the Global Game Jam game development event by creating graphs from its yearly game output archives and comparing the data with the historical events of these game engines, identifying possible influencers. The comparison provides indicative information for the producer of game assets. First, game assets and the asset stores of the game engines that sell them were presented. Game engines are explored by their emergence and start-up phases, historical moments in their growth, publications of different versions, and significant factors and changes in their development.</p> <p>Different possible factors in game engines are raised to compare their growth to the numbers measured from the Global Game Jam event. The reflection and summary deliberated how the results received corresponded to the events of the game engines and what have been noticeable factors in increasing the traction of these game engines, as well as how this information can be used in planning the producing of game assets for these game engines.</p>		
Keywords Godot, Unreal, Unity, Global Game Jam, game engine, asset, game asset		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Peliassetit .....	2
3	Pelimoottoreiden peliassetitkaupat .....	4
3.1	Godotin peliassetitkirjastot ja -kaupat .....	4
3.2	Unityn peliassetitkirjastot ja -kaupat.....	4
3.3	Unrealin peliassetitkirjastot ja -kaupat.....	5
4	Pelimoottorit.....	7
4.1	Yleisesti pelimoottoreista .....	7
4.2	Godot.....	8
4.3	Unity .....	11
4.4	Unreal.....	15
5	Global Game Jam.....	18
6	Case: Pelimoottoreiden suosiotutkimus peliassettien tuottajalle.....	21
6.1	Pelimoottoreiden suosion tutkiminen GGJ -tapahtumassa .....	21
6.2	Pelimoottoreilla tuotettujen pelien muutokset 10 vuoden ajalta .....	22
6.3	Tutkimuksen tulos ja tulosten pohdinta .....	23
7	Yhteenveto ja pohdinta .....	26
	Lähteet .....	28

Liite 1. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrän kasvu vuosittain

Liite 2. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrä vuosittain

Liite 3. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien vuosittainen osuus

## 1 Johdanto

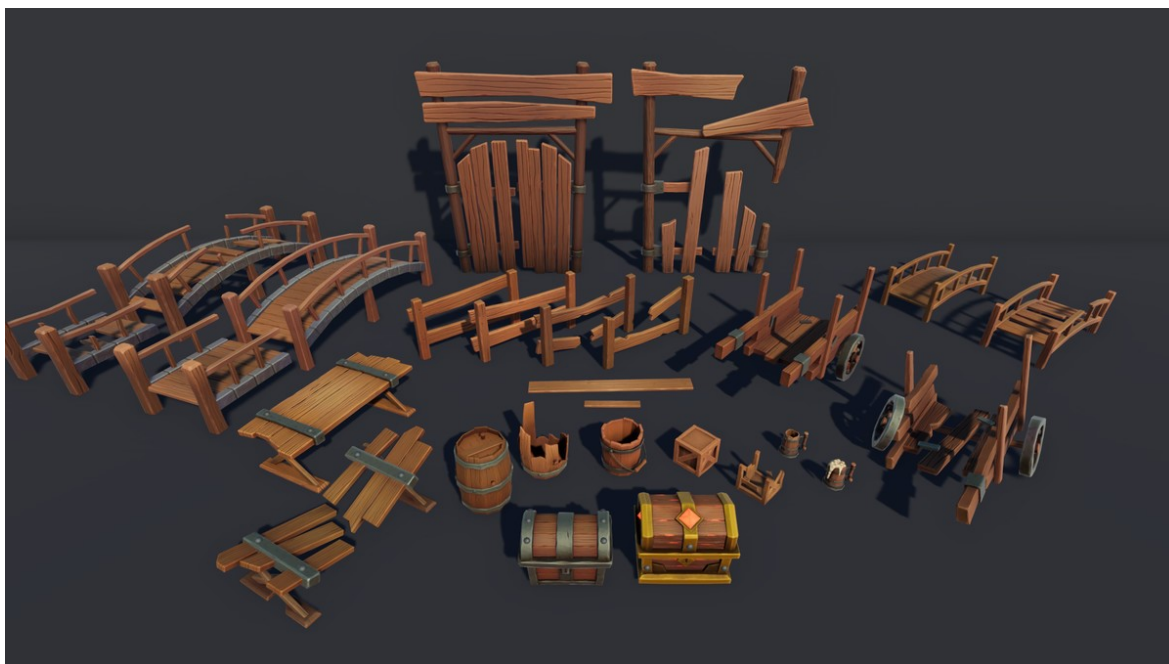
Työn tavoitteena on tutkia kolmen pelimoottorin, Godotin, Unityn ja Unrealin suosion kasvua vuosittaisen Global Game Jam -tapahtuman tuotosten kautta, sekä etsiä tekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet suosion kasvuihin ja pohtia tämän tiedon pohjalta hyötyjä peliasettien tuottamisesta näille pelimoottoreille.

Työssä tutustutaan peliasetti-, asettikauppa- ja pelimoottorikäsitteisiin, mitä ovat asetit ja peliasetit, kuinka niitä voidaan tuottaa ja mitä osaamista niiden tuottaminen saattaa sisältää, mitä muutoksia ja palveluja tutkittavien pelimoottoreiden asettikaupat nykyisin tai tulevaisuudessa tulevat tarjoamaan, sekä esitellään lyhyesti pelimoottorin tarkoitus ja alku pelien tuottamisessa. Tämän jälkeen tutustutaan ja etsitään tärkeitä hetkiä kolmen eri pelimoottorin, Godotin, Unityn ja Unrealin historiasta vuosittaisten tapahtumien kautta, joita tul- laan lopuksi hyödyntämään pohdinnassa vertaillen niitä vuosittaisiin suosion muutoksiin.

Pelimoottoreiden suosiota tutkitaan vuosittaisten Global Game Jam -tapahtumien kautta, verraten eri vuosilta niillä tuotettujen pelien määrää, kasvutrendien muutosta eri vuosina ja niiden prosentuaalista osuutta verrattuna muilla pelimoottoreilla tuotettuihin peleihin. Tästä saatua tietoa verrataan pohdinnassa pelimoottoreiden vuosittaisiin tapahtumiin, miettien niiden vaikutusta suosion muutoksissa ja arvioiden pelimoottoreiden tulevien vuosien suosion muutoksia, ja kuinka sitä voidaan hyödyntää peliasettien tuottamisen suunnittelussa näille pelimoottoreille.

## 2 Peliassetit

Assetti tai peliassetit tulevat englannin kielen sanoista; asset ja game asset, joilla kuvaillaan kaikkea digitaalista tuotettua omaisuutta, joka voidaan peliassetin kohdalla tuoda osaksi videopeliä. Näitä ovat esimerkiksi hahmot, mallit, ääniefektit, tekstuurit, valaistus, rakennukset ja ympäristöt. (Unity.) Kuten pelit, assetit itsessään voivat koostua useista eri aseteista, kuten pelihahmo, joka sisältää hahmon 3D-mallin, animaatiot, tekstuurit, äänet yms. Peleihin ja niiden luomiseen on myös olemassa lisäosia, jotka auttavat luomaan pelimoottorissa peliassetteja. Pelikehitysmarkkinoilla on myös yleistynyt nimitys game-ready assets, eli pelivalmiit assetit, joilla tarkoitetaan peliassetteja, jotka ovat suoraan peliin sopivia ja sisältävät kaiken tarvittavan, eivätkä tarvitse loppukäyttäjän muokkausta niiden peliin tuomisessa (Ramezani 2022; Rafiee 2023). Kuvassa 1 on esimerkki peliasseteista, Game Asset Deals -sivustolla peliassetteja myyvältä Blink-nimiseltä peliassetituottajalta (Blink 2023).



Kuva 1. Esimerkki myytävistä peliasseteista (Blink 2023)

Määrite siitä mikä lasketaan peliassetiksi on vaihteleva pelialalla. Suoraan suomeksi käännettynä, asset tarkoittaa omaisuuserää, jolla on saaja ja vastaanottaja. Tietokoneella tuotettua, peleissä sekä muissa tietotekniikkaa hyödyntävissä tarkoituksissa käytettävää asetteja voisi kutsua digitaalseksi omaisuudeksi. Techopedia määrittelee digitaalisen omaisuuden seuraavasti: ”Digitaalinen omaisuus on mitä tahansa tekstiä tai mediaa, joka on muotoiltu binaarilähteeksi ja sisältää käyttöoikeuden; digitaalisia tiedostoja, joissa ei ole tätä oikeutta, ei pidetä digitaalisena omaisuutena.” (Rouse 2023) Tätä termiä käytetään useammin henkilöiden verkkotileistä, sekä NFT -tuotteiden ja kryptovaluutan yhteydessä, ja on

näin parempi käyttää suoraa englannin lainasanaa 'assetti' kun tarkoitetaan näitä peleihin ja muuhun digitaaliseen luomiseen käytettävää omaisuuserää.

Peliassettien lisäksi, asetteja voidaan käyttää myös muilla aloilla digitaalisen tuotannon luomisessa, kuten elokuvateollisuudessa, koneiden ja ajoneuvojen simuloinnissa, arkkitehtuurisessa suunnittelussa, tai huonekalujen, autojen ja asuntojen esittelyssä ja myynnissä (Kandasamy 2021). Peliasseista 3D-malleja voidaan käyttää myös 3D-printtauksessa, joka mahdollistaa 3D-mallien laajan käytön 3D-printtausta hyödyntävillä aloilla ja harrastajakunnissa. 3D-printattuja malleja ja kappaleita käytetään prototyyppien testauksessa ja esittelyssä, sekä osina tai itse kappaleiden luomisessa, kuten laitteiden osina tai miniatyyri malleina.

Peliteollisuudessa, tyypillinen 3D-peliassetin luomisprosessi aloitetaan suunnittelemalla kappale piirustuksilla, joiden avulla ja joita muokkaamalla päädytään lopulliseen visuaaliseen asuun miltä kappaleen tulisi näyttää kolmiulotteisena. Piirustusten mukaan luodaan karkea kolmiulotteinen versio 3D-mallinnus ohjelmalla, josta lähdetään tekemään yksityiskohtaisempi ja lopullinen 3D-mallinnettu versio. 3D-mallin valmistuttua, siihen voidaan tuoda tekstuureja, valaistusta ja muita tarvittavia yksityiskohtia. Jos peliassetin on tarkoitus sisältää animaatiota, sille suunnitellaan 'rigi'; hahmon tai muun liikuttamista varten rakennettavat toiminnot (Suomisanakirja). Rigi yleisesti koostuu 3D-mallinnus ja animaatio-ohjelman luiksi kutsutuista osista, joita toisiin liittämällä rakennetaan luurangoksi kutsuttu runkorakenne peliassetille hallitsemaan sen liikuttamistoimintoja. Rigin avulla voidaan luoda, nauhoittaa ja tuoda animaatioita peliassetille. (Autodesk a; Autodesk b.)

Peliassetin luominen voi vaatia useamman taidon osaamista ja osaajaa, tuomaan se piirustuksista pelimaailmassa toimivaksi kappaleeksi. Pelialalla on paljon eri osa-alueen osaajia, jotka joko keskittyvät yhteen tai useaan osaamiseen peliassettien luomisessa. Kokonaisuudessaan assetit ja peliasetit ovat monipuolinen markkina, joka koostuu useista eri alan käyttäjäkunnista sekä tuottajista, sekä luovilta että teknisiltä taustoilta, jotka pystyvät hyödyntämään toistensa tai samoja asetteja ja palveluita, kuten pelimoottoreita ja niiden peliassetkauppoja. (ARC Academy 2023.)

### 3 Pelimoottoreiden peliassettikaupat

#### 3.1 Godotin peliassettikirjastot ja -kaupat

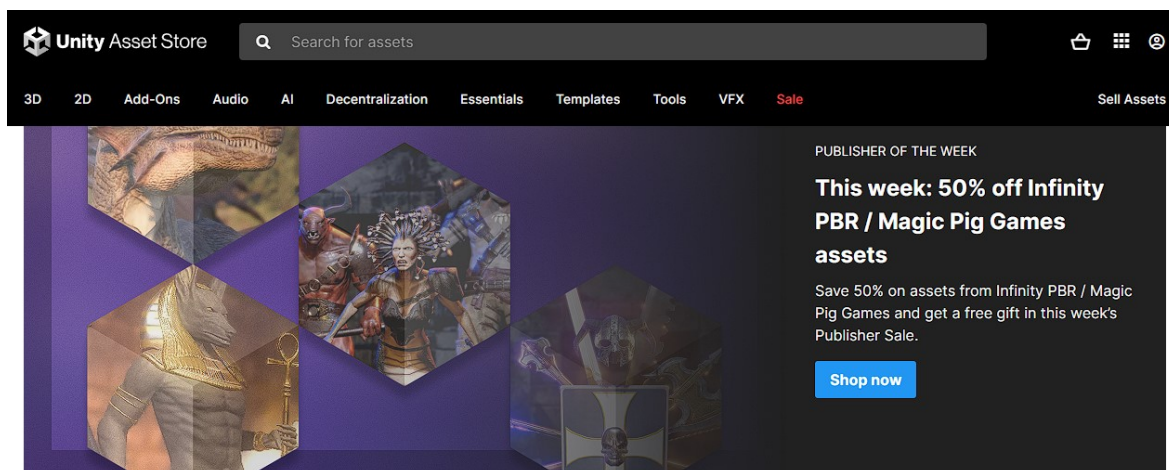
Godot Asset Library, tunnetaan myös nimellä AssetLib, on Godotin tukema kirjasto käyttäjien tuottamista Godot-lisäosista, -skripteistä, -työkaluista ja muista pelin luomiseen liittyvistä peliasseteista. Godot kutsuu näitä kaikkia asseteiksi. AssetLib poikkeaa muiden pelimoottoreiden peliassettikaupoista jakamalla vain ilmaisia asetteja eikä siis suorita kaupallista toimintaa. Niitä saavat vapaasti käyttää kaikki Godotin käyttäjät ja niitä pystytään myös lataamaan suoraan pelimoottorin sovelluksesta. (Godot Asset Library.)

Elokuun 23, 2022, Godotin itsenäisen rahoitusyhtiön, Godot Foundation perustaminen on mahdollistanut maksullisten peliassettien myynnin Godotin virallisilla AssetLib kirjastossa. Tämä kaupankäynti ominaisuus on vielä suunnitteilla ja on yksi päätavoitteista saada vaittomammin Unityn ja muiden pelimoottoreiden käyttäjät vaihtamaan käyttämänsä pelimoottorinsa Godottiin. (Godot Foundation; Linietsky 2022b; Linietsky 2023c.)

Godotille löytyy myös kolmannen osapuolen peliassettikauppasivustoja, kuten GodotAssetStore ja GodotMarketplace, joissa käyttäjät voivat myydä ja ostaa peliassetteja sivustoilla. Nämä sivustot muistuttavat enemmän muiden pelimoottoreiden peliassettikauppoja. (Godot Asset Store; Godot Marketplace.)

#### 3.2 Unityn peliassettikirjastot ja -kaupat

Marraskuun 10, 2010, avattu Unity Asset Store tarjoaa Unity-pelimoottori yhteisön ja Unity Technologin tuottamia ilmaisia ja markkinallisia peliassetteja eri tekstuureista, malleista, animaatiosta yms. tutoriaaleihin ja pelimoottori ohjelman lisäosiin. Sivustolla on myös konkaisia Unity-projekti esimerkkejä, jotka sisältävät ja yhdistelevät useita eri peliassetteja. (Unity Technologies 2010; Unity Documentation a.) Kuvassa 2 on Unity Asset Store -sivuston etusivun näkymä alennuksista ja suosituimmista tuotteista.

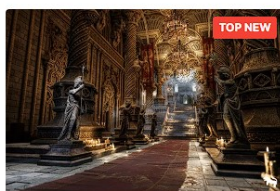


### Staff picks



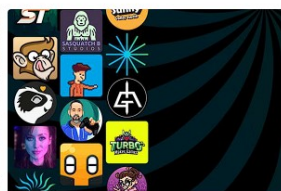
#### Top free assets

Check out the wildly popular free assets, and grab them for your next project.



#### Top new assets

Find the latest and greatest releases and see what all the buzz is about.



#### Curated Assets from Unity Affiliates

Explore assets curated by our affiliates that can help you quickly prototype games, including AR/VR, worldbuilding, sci-fi, RPG, and much more.



#### Top assets

Check out the most powerful and popular paid assets, and see how they can level up your workflow.

## Kuva 2. Unity Asset Store

Unity Asset Storen sisältöä voi myös ladata Unity-pelimoottori sovelluksen kautta käyttäen Unity Package Manager (UPM) -työkalua, jolla eri peliassetteja voidaan tuoda Unity-projekteihin. UPM avulla voidaan myös ladata pelimoottorille käyttäjien ja yhteisön luomia lisäosia. (Unity Documentation b.)

### 3.3 Unrealin peliassettikirjastot ja -kaupat

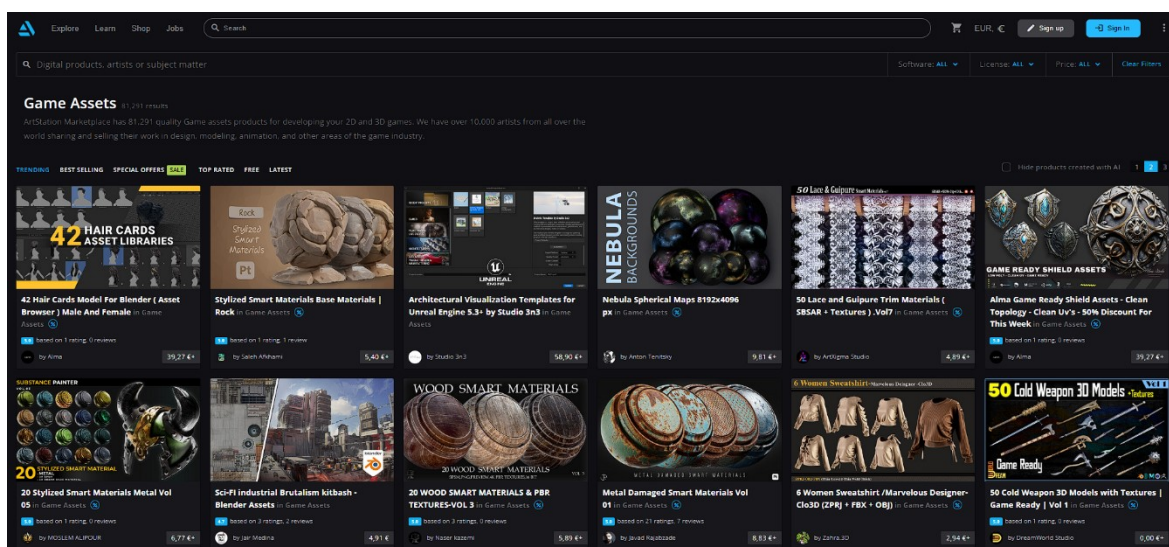
Unreal Engine Marketplace on Epic Gamesin Unreal-pelimoottorin virallinen peliassettikauppa sivusto, joka tarjoaa sisältöä Unreal kehittäjille kaupalliseen ja opetukselliseen käyttöön (Unreal Engine b). Epic Games tekee myös sopimuksia peliassettituottajien kanssa heidän tuotoksien jakamisesta ilmaiseksi eri kuukausina, jolloin sivustolla on joka kuukausi aina uusi erä ilmaisia peliassetteja (Unreal Engine f).

Marraskuun 12, 2019, Epic Games ilmoitti ostaneensa ruotsissa toimivan ja perustetun Quixel-yrityksen. Quixel rakentaa ja ylläpitää 3D-skannaus tekniikan avulla luotuja asetteja yrityksen Megascan-nimellä toimivassa asettikirjastossa. Assetit ovat luoto käyttäen Quixelin omia 3D-skannauslaitteita, ja tekemällä yhteistyötä eri peli- ja elokuvastudioiden kanssa (Waqar 2018; Jonathan 2023). Megascan sisältää sekä 2D- että 3D-asetteja, joita

voidaan ladata Bridge-nimisen työpöytäsovelluksen kautta. (Nordic 9 2019.) Bridge on myös osana Unreal-pelimoottori sovelluksen käyttäjäympäristöä, josta käyttäjät pystyvät suoraan hyödyntämään Quixelin kirjastoa. Megascan on ilmainen Unrealin Unlimited -maksuohjelmaan kuuluville, mutta sen tarjontaa pystyy käyttämään myös Unrealin ulkopuolella kuukausimaksua vastaan. (Waqar 2021.) Quixel tarjoaa myös Mixer-nimistä teksturointi työpöytäsovellusta 3D-mallien teksturointiin, käyttäen Quixelin tekstuurikirjastoa. Mixer on kokonaan ilmainen ja voi myös käyttää Unrealin ulkopuolella. (Laila 2023.)

MetaHuman on Epic Gamesin fotorealismia tavoitteleva digitaalisen hahmon luontiohjelma, joka ennako julkaistiin huhtikuun 14, 2021. Ohjelma on pilvipohjainen, ja sitä voidaan suorittaa verkkoselaimessa tai Unreal-pelimoottorilla lataamalla sen lisäosa. Ohjelmalle julkaistiin kesäkuun 15, 2023, MetaHuman Animator, kasvoanimaatiotyökalu, jolla pystytään antamaan MetaHuman-hahmoille kasvoanimaatioita Applen Live Link -ohjelmalla ja iPhoneen tai iPadin TrueDepth -kameran videokuvalla. Käyttäjä pystyy kuvaamaan kameralla henkilön kasvon liikkeitä ja siirtämään ne animaatioksi MetaHuman-hahmoille. (Epic Games 2021a; Epic Games 2021b; Dev Community; Unreal Engine g.)

Epic Games on aikeissa yhdistää Unreal Engine Marketplace ja Quixel peliasett tarjonnat, Sketchfab 3D-asettikaupan tarjonnan, sekä kuvassa 3 näkyvän peliasettikaupan lisäksi artisteille tarjoavan portfoliosivuston ArtStationin palvelut, yksittäisen Fab-nimisen palvelun alle (Artstation). Fab tulisi sisältämään peli- ja 3D-asetteja monille eri media-aloille ja pelimoottoreille Unrealin lisäksi ja jatkamaan yhdistyvien sivujen palveluja. Epic Games ennustaa julkaisevansa palvelun 2024 vuoden aikana. (Epic Games a.) Epic Games osti Sketchfabin heinäkuussa 2021 ja ArtStationin huhtikuussa 2021 (Epic Games 2021c; Epic Games 2021d).



Kuva 3. ArtStation-sivuston peliasettikauppa

## 4 Pelimoottorit

### 4.1 Yleisesti pelimoottoreista

Id Software suunnitteli pelimoottorin noin 1991 ja esitteli sen käsitteen DOOMin lehdistötiedotteessaan 1993. Nimitys; Pelimoottori, tulee John Carmackin ja John Romeron, 1993 julkaistun Doom-pelin luomiseen käytetystä ”Doom moottorista”, jota Romero vertasi Doom-pelin ”pellin alla” toimivaksi moottoriksi. (Balasubramanian 2022.) Kuvassa 4 näkymä 1993 julkaistusta Doom-pelistä (IMDB a).



Kuva 4. 1993 julkaistu Doom-peli (IMDB a)

Pelimoottorit ovat ohjelmistokehyksiä, pääsääntöisesti videopelien kehittämiseksi, jotka tarjoavat työkaluja ja valmiita ohjelmointiratkaisuja, ei vain videopelien luomiselle, mutta yleisemmin datasyötteestä saatavan tiedon visuaalisesti esitettävän sisällön luomiselle. Pelimoottorit mahdollistavat sen, ettei videopelejä tai muuta visuaalisesti esitettävää sisältöä tarvitse kirjoittaa suoraan ohjelmointikielillä, vaan niiden rakentaminen voidaan suorittaa käyttöliittymässä, jopa ilman että käyttäjä osaisi kirjoittaa tai lukea kyseistä kieltä. Tämän avulla rakennettavan videopelin ohjelmointia voidaan nopeasti muokata ja toistaa sekä käyttää uudelleen uusien pelien luomisessa. Käyttöliittymän kautta pelien luominen on myös helpommin lähestyttävää ja mahdollistaa sen, että useammat pelinkehityksestä

kiinnostuneet luovat henkilöt voivat alkaa kehittämään pelejä ilman että heidän tarvitsisi opetella pelin toiminnalle vaadittavaa ohjelmointia. (Balasubramanian 2022.)

Pelimoottorit yleensä sisältävät työkaluja ja ominaisuuksia 2D- ja 3D-hahmotukselle, fysiikkamoottorin pelin sisäisen fysiikan suorittamiselle, sekä äänen, videon, ohjelmoinnin, animaation, syötteiden, muistin, tekoälyn ja verkkotoimintojen muokkaamiselle ja hallinnalle. Pelimoottorista riippuen ne pystyvät tarjoamaan laajan valikoiman pelin tekemiselle hyödyllisiä työkaluja. (Balasubramanian 2022.)

Moni peliyritys käyttää omia, yrityksensä sisäisiä ja itse ohjelmoituja pelimoottoreita pelien luomisen apuna. Mutta koska pelimoottorin luominen on yleisesti katsottuna vaativampaa kuin itse pelin luominen, moni peliyritys säästää aikaa ja rahaa, ja tyytyy käyttämään kolmannen osapuolen lisensoituja pelimoottoreita. Näistä tällä hetkellä suosituimmat ovat Unreal suurissa 3D-peleissä, ja Unity mobiili- sekä 2D-peleissä. (Balasubramanian 2022.)

Lisensoitujen kolmannen osapuolen pelimoottoreiden lisäksi on myös tarjolla avoimen-lähdekoodin pelimoottoreita. Näistä yhdeksi suosituimmaksi on viime vuosien aikana noussut Godot. (Schardon 2022.)

## 4.2 Godot

Godot-pelimoottorin nimi tulee irlantilaisen Samuel Beckettin absurdin teatterin näytelmästä ”Huomenna hän tulee”, alkuperäisellä ranskan kielellä ”En attendant Godot”, jossa näytelmän hahmot odottavat salaperäistä ”Godot”-nimistä henkilöä, joka ei kumminkaan koskaan saavu näytelmän aikana. Kun pelimoottorin alkuperäiset kehittäjät Juan Linietsky ja Ariel Manzur lähtivät kehittämään Godottia, he pitivät sitä projektina, johon tultaisiin odottamaan ja toivomaan aina lisää ominaisuuksia ilman loppua. (Linietsky 2015.)

Godot-pelimoottorin käyttöjärjestelmä käyttää node-arkkitehtuuria projektien rakentamisessa. Nodet esittävät kaikkea mitä projekti sisältää, kuten kuvia, ääniä, hahmoja, valoja, kameroita jne. Kaikki nodet sisältävät ja omaksuvat nimen, sekä muutettavia ominaisuuksia. Niitä kutsutaan joka ruudun päivityksessä. Niitä pystytään laajentamaan uusilla ominaisuuksilla ja funktioilla. Ja ne voidaan lisätä tai niille voidaan lisätä muita nodeja lapsiksi, kun niille on määritelty uniikki nimi. Toistensa lapsiksi lisätyt nodet muodostavat puumaisen kokonaisuuden, jota kutsutaan skeneksi. Kun skene tallennetaan, sitä voidaan käyttää noden tavoin ja lisätä muille nodeille lapsiksi rakentamaan uusia skenejä. (Godot Engine.)

Godot ensimmäistä kertaa julkaistiin 2007 kaupallisena versiona, kunnes 2014 se siirtyi avoimelle MIT-ohjelmointilisenssille. Linietsky uskoi, että pelimoottorimarkkinoilla on sekä halua että tarvetta ilmaiselle kattavalle avoimen lähdekoodin pelimoottorille. Linietsky oli

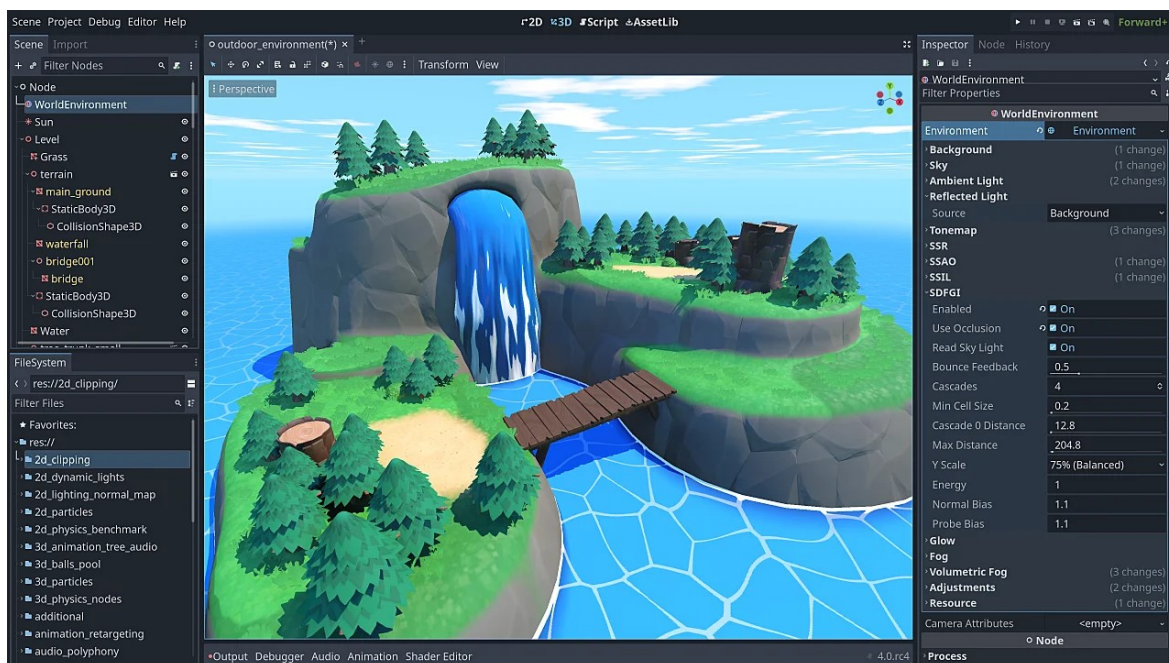
toiminut peliteollisuudessa noin yli 15 vuotta kun hän avasi pelistudiosansa Buenos Airesissa. Pelimoottorit eivät vielä silloin olleet kaikkien saataville kalliin hinnan vuoksi ja kaikki piti tehdä alusta-alkaen, jos ryhtyi kehittämään pelejä. Ajatus Godotin siirtämisestä avoimelle ohjelmointilisenssille syntyi tarpeesta ja ideasta hyödyntää yhteisökehittämisen mallia, jossa kuka tahansa voisi osallistua, löytää ongelmia ja puutteita, sekä edistää Godotin toiminnallisuuksia, helpottaen Linietskyn ja Manzurin työtaakkaa pelimoottorin kehittämisessä kahden hengen voimin. Jakamalla heidän oman työtuloksensa, muut ihmiset pystyisivät täten tuomaan mukaan omansa. (Linietsky 2023.)

Tammikuun 2018 julkaistu Godot 3.0 oli siihen mennessä pelimoottorin suurin päivitys. 3.0-version huomattavin muutos oli renderöintimoottorin vaihtuminen, siirtyen OpenGL ES 2.0 uudempaan OpenGL ES 3.0 -versioon. Pelimoottori pystyi nyt käyttämään fysiikkaperusteista renderöintiä, jolla pystytään luomaan monimutkaisia materiaaleja helpommin lajittelemalla materiaalin säädöt eri ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi sen metallisuuteen, karheuteen, heijastuvuuteen tai läpinäkyvyyteen. (Linietsky 2018a.) Fysiikkaperusteinen renderöinti on alun perin Walt Disney Animation Studiosin luoma menetelmä, joka nopeuttaa eri materiaalien luomista 3D-malleihin (Burley 2015). OpenGL ES 2.0 tuotiin takaisin maaliskuun 13, 2019 julkaistussa 3.1 päivityksessä uuden renderöintimoottorin rinnalle vaihtoehdoksi, tukemaan heikompi tehoisempia laitteita (Linietsky 2019a).

Game Developers Conference on joka vuotinen San Franciscossa pidettävä videopelikehittäjien tapahtuma. Juan Linietsky pitää yllä blogia hänen GDC vierailuistaan tapahtumassa, jossa hän käy esittelemässä osallistujille Godot-pelimoottoria. Moni tapahtumaan osallistujista ei ollut kuullut Godotista vuosina 2016 ja 2017 Linietskyn mukaan, mutta tilanne muuttui 2018 version 3.0 julkaisun jälkeen. Suuri osa kiinnostuneista olivat uhkapeli yritysten edustajia, jotka olivat harkitsemassa tai jo ottaneet Godotin käyttöön yrityksissään. Kaupallisten pelimoottoreiden uhkapelilisenssit olivat hintavia ja niiden lähdekoodi oli yritysten mukaan vaikeampi hallita verrattuna Godotin ilmaiseen lähdekoodiin. Godot myös yllättävästi oli alkanut saamaan huomiota enemmän keskikokoisilta yrityksiltä, eikä oletetusti pieniltä yrittäjiltä. Eurooppalaiset ja Latina Amerikkalaiset yritykset suurelta osin pitivät Godotista avoimen lähdekoodin kannalta. Moni yritys esitti pettymystä muita suurempia markkinoita hallitsevia pelimoottoreita kohtaan, jotka joko sisälsivät käyttäjien datan keruuta, tai olivat muulloin liian kalliita ylläpitää. Monet koulut ja yliopistot olivat myös ottaneet Godotin käyttöön peli ohjelmoinnin opettamisessa. (Linietsky 2018b.)

Godot-pelimoottorin 4.0-version Beta julkaistiin syyskuun 15, 2022, ja varsinainen versio julkaistiin maaliskuun 1, 2023. Kuvassa 5 on Godot 4.0 -pelimoottori sovelluksen käyttäjä näkymä. Godot 4.0 tuo mukanaan useita muutoksia eri työkaluille animaatioissa,

ohjelmoinnissa, äänen toistossa, fysiikkamoottorissa ja monessa muussa osa-alueessa. Mutta näistä suurimmat ja näkyvimät muutokset olivat 3D- ja 2D-hahmotuksen uusi Vulkan-pohjainen moottori, joka paransi pelien valaistusta, varjojen tarkkuutta ja muita suoritusta parantavia ominaisuuksia. Godot 4.0 sisältää vielä OpenGL-moottorin heikko tehoisemmille koneille ja laitteille. (Verschelde 2022; Godot Contributors 2023.)



Kuva 5. Godot 4.0 pelimoottorin sovellus (Godot Contributors 2023)

Koska Godot on avoimen ohjelmointilisenssin ohjelma ja pelikonsoleille ohjelmoidut pelit tarvitsevat pelikonsoleiden tuottajalta tiukan salassapitosopimuksen allekirjoittamista siitä, kuinka pelikonsoleiden toimintoja pystytään hallitsemaan, Godot ei sisällä pelikonsoleilla toimimisen kannalta tarvittavia lähdekoodeja. Vaikka Godotilla ei pysty suoraan tuottamaan pelikonsoleille sopivia pelejä, on Godotille olemassa useita eri kolmannen osapuolen lisensoituja yrityksiä, jotka tarjoavat palveluja, joiden avulla Godotilla tuotetut ohjelmat voidaan näiden lisensoitujen yritysten kautta kääntää pelikonsoleille. Näitä kolmannen osapuolen yrityksiä ovat muun muassa, Lone Wolf Technology, Pineapple Works, GOTM, Flynn's Arcade ja uutena tulokkaana Godotin kehityksen veteraaneilta, W4 Games. (Linietzky 2022a.)

Elokuun 9, 2022, Godot-pelimoottorin alkuperäisestä kehityksestä vastanneet Juan Linietzky, Rémi Verschelde ja Fabio Alessandrelli, sekä tietoteknisessä yrittäjyydessä ja myynnissä kokenut Nicole Farronato, julkaisivat aloittavansa yhdessä W4 Games -nimisen yrityksen, joka keskittyy julkaisemaan ja markkinoimaan avoimella lähdekoodilla luotuja pelejä kaikille pelimarkkinoilla oleville alustoille. Uuden yrityksen tarkoituksena on vahvistaa ja ammattimaistaa Godotin ekosysteemiä, mutta samalla pysyä omana yksilöllisenä osana Godotin avointa yhteisöä. (W4 Games 2022; Sawers 2022; W4 Games.)

2023 vuoden GDC-tapahtumassa Juan Linietskyn kertoi, että Godotilla luotujen pelien määrä Valven Steam-pelikaupassa on huomattavasti kasvanut viime vuosien aikana. SteamDB -sivustolta saadun datan perusteella, Godotilla luotujen pelien määrä kasvaa noin 60 – 80 % joka vuosi, verrattuna Unitylla ja Unrealilla luotuihin peleihin, joiden vuosittainen nousu on noin 5 %. Linietskyn kasvuennusteen mukaan Godotilla luotujen pelien määrä tulisi saavuttamaan Unityn ja Unrealin luvut vuoteen 2028 mennessä. Esityksessä kerrottiin myös, että Godotilla on 35 tuhatta päivittäistä käyttäjää, pelimoottorilla on 5 miljoonaa uniikkia asennusta, ja Godotin verkkosivuilla on kuukausittain noin 800 tuhatta uniikkia vierailijaa. (Linietsky 2023a.)

### 4.3 Unity

Unity-pelimoottori sai nimensä yhteistyön ja yhteensopivuuden konnotaatioiden yhdistämisestä (Peckham 2019). Unity-pelimoottorin kehittivät Nicholas Francis, Joachim Ante ja David Helgason, Kööpenhaminassa, 2002 ja 2004 vuosien välisenä aikana. Francis ja Ante olivat itsenäisesti alkaneet kehittää omia pelimoottoreitaan, kunnes toukokuun 2002 Ante vastasi Francissin OpenGL-foorumeilla esitettyyn kysymykseen halukkaista kumppaneista lähtemään mukaan kehittämään hänen grafiikkatyökaluprojektia. Ante ja Francis myöhemmin päättivät yhdistää pelimoottoriprojektinsa ja Ante matkusti Berliinistä Kööpenhaminaan, Helgasonin, Francisin vanhan koulukaverin asunnolle siksi aikaa, kunnes he saivat nopeasti yhdistettyä molemmat pelimoottorit. Helgasonin avusti heitä projektissa, ja kun 2004 Ante ja Francis perustivat yhteisen peliyhtiönsä, Over The Edge Entertainment (OTEE), Helgason tarjoutui toimimaan yrityksen toimitusjohtajan roolissa heidän epäonnistuttuaan löytämään sopivaa henkilöä tähän rooliin. OTEE julkaisi ensimmäisen pelinsä 2005, GooBall (Kuva 6), joka osoittautui Anten mukaan liian hankalaksi pelata eikä siten saanut suosiota pelaajilta. Tunnistettuaan, että he olivat parempia kehittämään työkaluja ja prototyyppjejä peleille, sen sijaan että pyrkisivät kehittämään ja myymään pelejä, yritys vaihtoi tavoitettaan kehittämään pelimoottoria Mac-pohjaiselle kehittäjäyhteisölle. 2007 OTEE vaihtoi nimensä Unite Technologies. (MCV Staff 2009; Peckham 2019.)



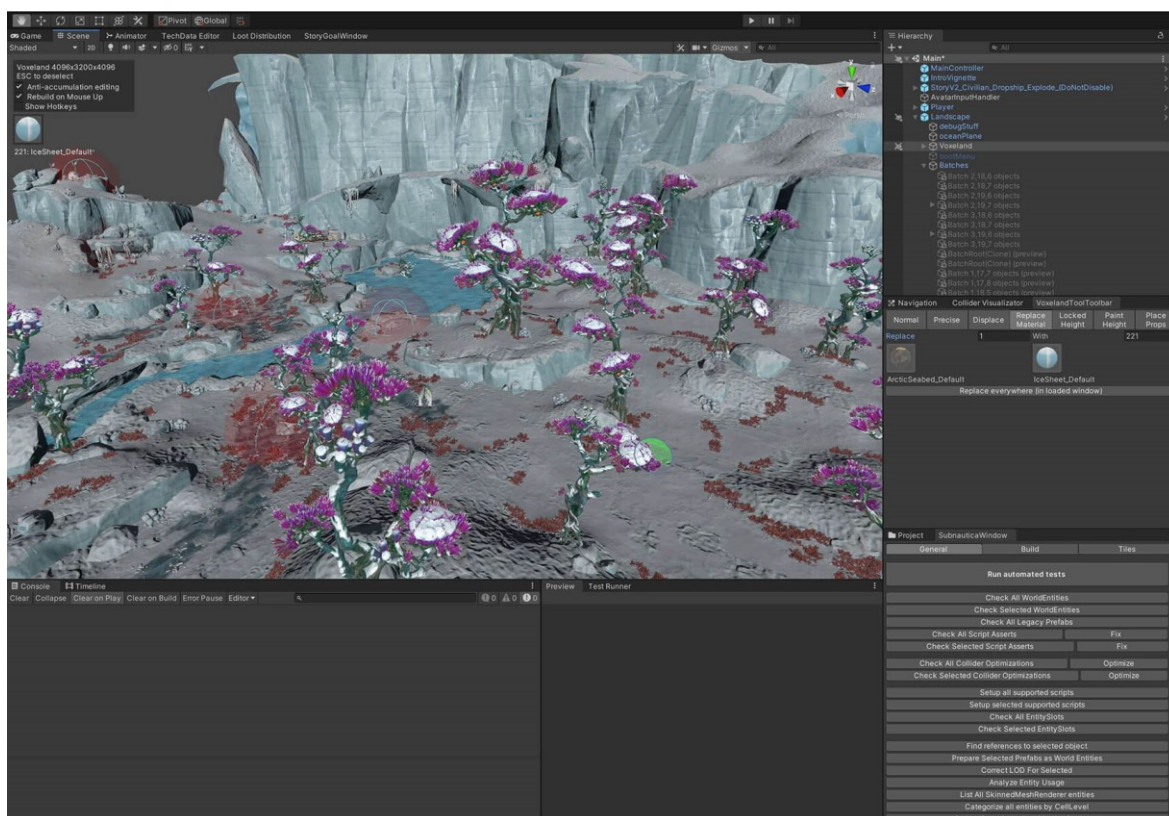
Kuva 6. 2005 Mac-käyttöjärjestelmälle julkaistu GooBall-peli (Macintosh Repository 2005)

Heinäkuun 10, 2008 Apple julkaisi App Store -nimisen sovelluskaupan, jossa käyttäjät pystyivät ostamaan kolmannen osapuolen sovelluksia Mac-pohjaisille iPhone-älypuhelimilleen. Unity-pelimoottorin aikaisempi kokemus Mac-pohjaisten pelien kehittämisessä nosti sen vahvaan asemaan pelien tuottamisessa iPhone-älypuhelimille. (MCV Staff 2009.)

Pelimoottorin 2.5 versio julkaistiin GDC 2009 -tapahtuman yhteydessä ja toi Unityn ensimmäistä kertaa Windows-käyttöjärjestelmille. Monet yritykset olivat esittäneet halukkuutta käyttää Unity-pelimoottoria, mutta eivät pystyneet tuomaan Mac-koneita yrityksen infrastruktuuriin. Siirtyminen Mac-ympäristöstä tukemaan myös Windows-järjestelmiä vaati pelimoottorin kokonaan uudelleen kirjoittamista. (MCV Staff 2009.)

2012 Unity-pelimoottoria oli ladattu yhteensä 6 miljoonaa kappaletta ja sen rekisteröityneiden käyttäjien määrä nousi miljoonaan (Unity Technologies 2012). Samana vuonna tehdyn Game Developer -lehden kyselyn mukaan, 53.1 % älypuhelin pelitekijöistä käytti Unity-pelimoottoria pelien tuottamisessa (Game Developer magazine 2012). Heinäkuun 13, 2016 mennessä Unityn rekisteröityneiden käyttäjien määrä oli noussut 5.5 miljoonaan (Matney 2016).

Lokakuun 22, 2014, Helgason astui alas toimitusjohtajan roolista ja hänen seuraajaksi valittiin Electronic Arts -peilyhtiön entinen toimitusjohtaja, John Riccitiello (Helgason 2014). Syyskuun 5, 2018, TechCrunch Disrupt 2018 -konferenssin keskustelussa John Riccitiello kertoi, että Unity-pelejä ladataan 2 miljardia kappaletta joka kuukausi ja jokainen on ainakin kerran kokeillut Unity-pelejä jossain 3 miljardista laitteesta, johon niitä on ladattu. Yli puolet mobiilipeleistä ja yli 60-70% kaikista VR, AR ja XR -laitteille tehdyistä ohjelmista on toteutettu Unitylla. Yksi syy Unityn suosiolle Riccitiellon mukaan on sen kehittäjäystävällinen kuukausimaksurakenne, jossa peliyhtyritysten ei tarvitse antaa osuutta heidän tuotoistaan Unitylle samaan tapaan kuin useat muut pelimoottorit lisenssiehdoissaan vaativat. (Dillet 2018.) Kuvassa 7 on Unknown Worlds -peilyhtiön yli 6 miljoonaa kappaletta myyneen Subnautica-pelin näkymä Unity-pelimoottori sovelluksessa. Yritys siirtyi omasta pelimoottoristaan käyttämään Unity-pelimoottoria 2013 helpottamaan ja nopeuttamaan peli-ideoidensa testausta. (Unity Technologies 2023b.)



Kuva 7. Unity-pelimoottorin sovellus (Unity Technologies 2023b)

Syyskuun 18, 2020, Unity-yritys toi osakkeensa pörssiin julkiseen kaupankäyntiin (Gainy 2020). Unityn IPO, eli listautumisanti, papereista tuli julkiseksi myös Unityn 2019 tulot ja niiden lähteet. Unity-pelimoottorin kuukausimaksuista saadut tulot olivat vain kolmannes yrityksen kaikista tuloista ja suurimmaksi tulon lähteeksi 2019 nousi 54 % Operate Solution

-sektori, joka vastaa Unity-pelien sisäisestä rahastuksesta, kuten pelaajalle suunnatuista mainoksista ja ostoksista. (Sinclair 2020a; Gainy 2020.)

Heinäkuun 12, 2022, Unity-yritys yhdistyi ironSourcen kanssa. ironSource-yhtiö on erikoistunut tuottamaan analytiikan ja mainostamisen työkaluja älypuhelin pelintekijöille. Yhdistymisen seurauksena IronSourcen johto ja jäsenet tulivat osaksi Unityn yrityksen lautakuntaa ja eri johtoasemia. (Lestiyo & Whitten 2022; Wallace & Zeloof 2022.) Yritysten yhdistyminen sai paljon negatiivista palautetta Unityn pelintekijöiltä sosiaalisessa mediassa. Negatiivinen palaute tuli sekä Unityn lähiaikaisesta keskittymisestä mainostuloilla yrityksen rahoittamiseen, että myös ironSource-yhtiön historiasta InstallCore asennus- ja sisällönjakelualustan kehittäjänä. (Francis 2022.) Microsoftin Windows Defender -ohjelma luokitteli InstallCoren haittaohjelmaksi maaliskuun 11, 2015 (Microsoft Security Intelligence 2015). Yhdistyminen oli suoraa seurausta Applen App Tracking Transparency julkaisulle. (Seufert 2022; Statt & Roettgers 2022.) Applen ATT vaatii sovelluksia pyytämään lupaa käyttäjiltä heidän tietojen keräämisestä (Cross 2021).

Syyskuun 12, 2023, Unity ilmoitti uuden Unity Runtime Fee laskutus päivityksen blogillaan. Unity Runtime on Unity-sovelluksen ohjelmisto-osa, joka asentuu Unitylla tuotettujen ohjelmien yhteydessä. Unity Runtime Feen ideana on seurata Unity Runtimen avulla, kun uusi asennus on tapahtunut ja laskuttaa tuotteen tekijää tai julkaisijaa jokaista asennusta kohden. Suunniteltu päivitys sai suurta vastustusta kehittäjiltä ja julkaisijoilta sosiaalisessa mediassa, moni viitaten kuinka heidän luottamus Unity-yritykseen on menetetty. Ongelmiksi muun muassa nousi hyväntekeväisyyteen tuotetut ohjelmat, joiden tuotto menee kokonaisuudessaan hyväntekeväisyyteen, ohjelmien asennuksen väärinkäyttö, jossa joku voi jatkuvasti asentaa ja poistaa ohjelman aiheuttaen taloudellista vahinkoa, sekä pelit, jotka ovat osana paketti tai muita tarjouksia eivät tuota tarpeeksi tuloja maksamaan tätä laskua. Unity ei myöskään pystynyt antamaan selkeää vastausta, kuinka näitä asennuksia pystytään luotettavasti seuraamaan ja täten laskuttamaan. (Batchelor 2023.) Unity pahoitteli päivitystä ja muutti nykyistä Unityn laskutusta, tehden Runtime Feestä vaihtoehdollisen tilanteissa, joissa se käy tavallista laskutusta halvemmaksi (Whitten 2023; Unity 2023). Unity Runtime Feen päivityksen blogi postoi myöhemmin poistettiin (Unity Technologies 2023a).

Lokakuun 9, 2023, Unity ilmoitti John Riccitiellon eroavan kaikista johtoasemista yrityksessä. Hänen tilalle väliaikaisesti nimitettiin James M. Whitehurst, kunnes yritys löytää uuden henkilön pysyvään johtorooliin. Riccitiello neuvoo Unitya vielä johtopäätöksissä tämän ajan taatakseen sujuvan muutoksen yrityksen johdon vaihdossa. (Davis & Wallace 2023.)

## 4.4 Unreal

Unreal on Epic Gamesin Tim Sweeney'n kehittämä pelimoottori, joka tuotettiin 1998 yhdessä saman nimisen räiskintäpelin kanssa kilpailemaan id-peliyhtiön kehittämää Quake II -räiskintäpeliä vastaan. Pelimoottorin ideana oli luoda pohja, jota voitaisiin laajentaa ja parannella usean pelisukupolven aikana. (GTOON 2019.)

Versio 2.0 keskittyi tekemään Unreal-pelimoottorista, ilmaisen jaettavan työkalun Unreal Development Kit -ohjelman avulla 2004, jolla pystyttäisiin myös kehittämään pelejä useille eri alustoille, kuten pelikonsoleille. Tämä julkaisu tapahtui, kun sen hetkiset pelikonsolisukupolvet olivat vanhenemassa. (Thomsen 2012; GTOON 2019.)

Versio 3.0 ajoitettiin uuden pelikonsolisukupolven alulle ja täten oli suunniteltu hyödyntämään uusinta pelikonsolien käyttämää teknologiaa alusta alkaen. Vaikka 3.0 oli tehokas ja näyttävä pelimoottori, sen käyttö osoittautui liian hankalaksi monille eri pelistudioille, ja studiot huomasivat myöhään että 3.0 kehittäminen oli hitaampaa ja kalliimpaa kuin entisessä versiossa. 2007, pelistudio Silicon Knights jopa haastoi Epicin oikeuteen, syyttäen että 3.0 ei tehnyt mitä sopimuksessa luvattiin. (Thomsen 2012.)

Versio 4.0 julkaistiin 2014 ja toi suuresti muutoksia ja paransi huomattavasti pelimoottorin graafisia ominaisuuksia, lakkasi käyttämästä UnrealScript-kieltä vaihtaen sen C++-kieleen, sekä toi node-pohjaisen Blueprint Visual Scripting-järjestelmän. Blueprint Visual Scripting -järjestelmä, yleisemmin puhuttuna; Blueprint, on visuaalinen käyttöliittymän sisäinen peliohjelmointijärjestelmä, jonka avulla pelin ominaisuuksia voidaan ohjelmoida nodeja yhdistellen. (Unreal Engine a.) Suurin merkittävä muutos versiossa 4.0 oli pelimoottorin omistuksellisuuden muuttuminen kuukausimaksulliseksi pelintekijöille, jonka kautta kuka tahansa pääsi käsiksi pelimoottoriin ja Epic Gamesin antamaan tukeen halvemmalla hinnalla. (Unreal Engine 2014.)

Seuraavana vuonna 2015, Epic Games vaihtoi Unreal-pelimoottorin käyttämisen ilmaiseksi ja julkaisi Unreal Marketplace -resurssikauppa verkkosivun, jossa kaikki Unrealin käyttäjät pystyivät myymään ja jakamaan pelimoottoriin liittyviä tuotoksiaan (Thomsen 2012; Unreal Marketplace 2023b). Vuosi myöhemmin 2016, Unrealin käyttäjä määrä oli noussut 1.5 miljoonalla (Takahashi 2016).

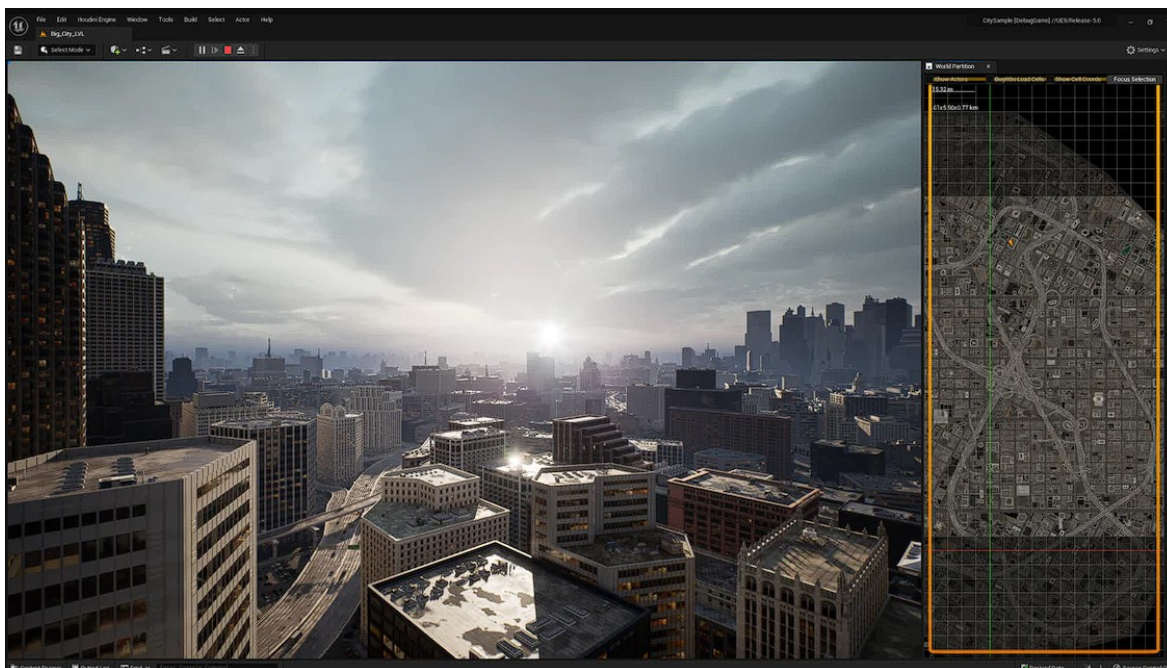
Epic Games esitteli Unreal version 5.0 ensimmäistä kertaa PS5 pyörivällä demolla nimeltä Lumen in the Land of Nanite (Kuva 8). Yksi versio 5.0 tavoitteista oli saavuttaa fotorealismi, joka olisi elokuvateollisuuden CG:n tasolla. Versio 5.0 toi mukanaan useita eri graafisia ja muita työkaluja, kuten Nanite ja Lumen -järjestelmät. Nanite-järjestelmä hyödyntää mikromonikulmiogeometriä laskentaa, pienentäen 3D-mallien geometrisiä yksityiskohtia tarpeen

mukaan, säilyttäen niiden pääpiirteisen muodon, kuten kun kappaleita katsotaan etäältä, josta tarkempia yksityiskohtia ei pystytä silmin havaitsemaan. Lumen on puolestaan 5.0-version täysin dynaaminen globaali valaistus- ja heijastusjärjestelmä. (Martin 2020; Statt 2020; Unreal Engine 2020a; Unreal Engine c; Unreal Engine d.)



Kuva 8. Lumen in the Land of Nanite (IMDB b)

World Partition työkalu puolestaan auttaa käyttäjiä luomaan suurempia pelimaailmoja, automaattisesti jakamalla maailmat helpommin hallittaviksi sektoreiksi, jotka voidaan tarpeen mukaan ladata esiin. Kuvassa 9 on World Partition työkalun sektori näkymä Unreal pelimoottorissa. (Unreal Engine e.)



Kuva 9. Unreal 5.0 World Partition työkalun sektori näkymä (Epic Games b)

Version 5.0 esittely muutti myös pelimoottorin maksusuunnitelmia nostamalla lisenssimaksuvapaan rajan \$50 tuhannesta \$1 miljoonaan USD:hen. Pelimoottorin käyttäminen ja myytävien pelien tuottaminen on siis täysin ilmaista, kunnes sillä tuotetun pelin tuotot saavuttavat \$1 miljoonan USD tuloksen, jonka jälkeen vasta Epic Games perii pelin tuottajalta maksun tulorajan jälkeen saadusta tuotosta. (Machkovech 2020.) Unreal 5.0 julkaistiin The State of Unreal Keynote -videoesityksen yhteydessä, 5.4.2022 (Sinclair 2022; Unreal Engine 2022).

## 5 Global Game Jam

GGJ, Global Game Jam, on 15 vuotta toiminut maailman suurin pelikehitystapahtuma, jonka toiminta tapahtuu ympäri maailman sadoissa eri sijainneissa yli sadoissa eri maissa, sisältäen kymmeniätuhansia "jammereiksi" kutsuttuja osallistujia. Osallistujat tulevat yhteen suunnittelemaan lyhyeksi aikaa pelejä annetun teeman perusteelta. Global Game Jam -tapahtuman ja sen sisar tapahtuman, GGJ NEXT, järjestää Global Game Jam Inc., kansainvälinen voittoa tavoittelematon yritys, San Luis Obispo, California, USA. (Global Game Jam a.)

GGJ:n tavoite on herätellä ihmisten luovuutta pelien kehityksessä, samalla tutustuttaa ihmiset pelien kehitysprosessiin ja niiden eri osa-alueisiin, kuten ohjelmointiin, iteratiiviseen suunnitteluun, tarinalliseen kerrontaan tai taiteelliseen ilmaisuun. Jammereita kannustetaan tutustumaan uusiin teknisiin työkaluihin, kokeilemaan uusien roolien omaksumista pelien luomisessa, sekä testaamaan heidän taitojaan eri asioissa, joissa tarvitaan suunnittelun, kehityksen, ja testauksen kykyjä. Tapahtuma toimii myös aloituspisteenä uusille pelintekijöille, auttaen luomaan yhteyksiä pelinkehityksestä kiinnostuneiden ihmisten kanssa ja lisästen itseluottamusta lähteä yrittämään ja toimimaan pelinkehityksessä. (Global Game Jam a.)

Tammikuun 2020 pidetty GGJ oli siihen mennessä suurin tapahtuma osallistujia määrien mukaan. 934 sijainnista ja 118 maasta, kehitettiin yhteensä 9 601 peliä yhden viikonlopun aikana (Global Game Jam b). Kuvassa 10 New York NYU korkeakoulun Game Center, pelisuunnittelulinjan, opiskelijat suunnittelemassa pelejä 2020 GGJ -tapahtumassa (NYU 2020b).



Kuva 10. New York korkeakoulun GGJ osallistujien voittajat (NYU 2020a)

Tammikuun 2021, GGJ -tapahtuma pidettiin kokonaan etänä, sen hetkisten Covid säännösten takia. Osallistujien määrä putosi huomattavasti edellisvuodesta. 2021 online-only tapahtumassa syntyi 585 sijainnista ja 104 maasta yhteensä 6 383 peliä. 2022 siirryttiin jälleen kontaktitapahtumaan, pitäen viimevuotiset etäyhteyteen käytetyt osallistumisjärjestelyt vaihtoehtona osallistujille. Tapahtuma sai 33 000 rekisteröityä osallistujaa, 681 sijainnista 100 eri maasta. (Global Game Jam b.)

#### Pelien teemat eri vuosilta:

- 2009: "As long as we have each other, we will never run out of problems", 53 sijaintia, 23 maasta, 1 650 osallistujaa, 370 peliä
- 2010: "Deception", 138 sijaintia, 39 maasta, 4 300 osallistujaa, 900 peliä
- 2011: "Extinction", 169 sijaintia, 44 maasta, 6 500 osallistujaa, yli 1 500 peliä
- 2012: An image of "Ouroboros", 242 sijaintia, 47 maasta, 10 684 osallistujaa, 2 209 peliä
- 2013: The Sound of a Heartbeat, 319 sijaintia, 63 maasta, 16 705 osallistujaa, 3 248 peliä
- 2014: "We don't see things as they are, we see them as we are", 488 sijaintia, 72 maasta, 23 189 osallistujaa, 4 292 peliä
- 2015: "What do we do now?", 518 sijaintia, 78 maasta, 28 800 osallistujaa, 5 438 peliä
- 2016: "Ritual", 632 sijaintia, 93 maasta, 36 164 osallistujaa, 6 866 peliä

- 2017: "Waves", 701 sijaintia, 95 maasta, 36 401 osallistujaa, 7 263 peliä
- 2018: "Transmission", 803 sijaintia, 108 maasta, 42 800 osallistujaa, 8 606 peliä
- 2019: "What home means to you", 860 sijaintia, 113 maasta, 47 006 osallistujaa, 9 010 peliä
- 2020: "Repair", 934 sijaintia, 118 maasta, 48 753 osallistujaa, 9 601 peliä
- 2021: "Lost and Found", 585 sijaintia, 104 maasta, 28 825 osallistujaa, 6 383 peliä
- 2022: "Duality", 680 sijaintia, 100 maasta, 33 000 osallistujaa, 5 860 peliä
- 2023: "Roots", 800 sijaintia, 108 maasta, 39 483 osallistujaa, 7 630 peliä (Global Game Jam b; Global Game Jam c; Global Game Jam 2023).

## 6 Case: Pelimoottoreiden suosiotutkimus peliasettien tuottajalle

### 6.1 Pelimoottoreiden suosion tutkiminen GGJ -tapahtumassa

Pelimoottoreiden suosiota tutkitaan vuosittaisten GGJ -tapahtumassa käytettyjen pelimoottoreiden lukujen avulla ja verrataan sen aikaisiin tapahtumiin pelimoottoreiden historiassa. Tämän vertailun avulla etsitään mahdollisia tekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet suosion muutoksiin pelimoottoreissa GGJ -tapahtumassa. Tutkimuksen lopuksi pohditaan, kuinka tätä ja työssä esitettyä tietoa voidaan hyödyntää peliasettien tuottamisessa.

GGJ arkistoi jokavuotiset tuotokset verkkosivuilleen ja näitä pystytään etsimään hakusanojen avulla, kuten pelimoottorin mukaan. Liitteiden 1-3 kaaviot muodostuvat arkiston pelien pelimoottorin mukaan tehdyistä hakutuloksista 2014 – 2023 vuosien väliltä (Global Game Jam d).

Laskemalla pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrät vuosittain ja vertaamalla niitä edellisvuoden lukuihin, pystytään laskemaan niiden määrän kasvu, joka vastaa pelimoottoreiden suosion kasvua. Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrän kasvut vuosittain (Liite 1) ovat laskettu muutosprosentin kaavalla 1.

$$\left( \frac{x_{(t+1)} - x_{(t)}}{x_{(t)}} \right) * 100 \quad (1)$$

jossa  $x_{(t+1)}$  on tämän vuoden tuotettujen pelien määrä ja  $x_{(t)}$  on edellisvuotena tuotettujen pelien määrä. Tästä saatu tulos luetaan prosentteina.

Liitteen 1 – 3 kuvioihin on tuotu mukaan GameMaker- ja Construct2 -pelimoottorit havainnoimaan muiden yksittäisten pelimoottoreiden muutoksia itse tutkittavien kolmen pelimoottorin rinnalle. GameMaker ja Construct2 edustavat myös huomattavasti käytettyjä pelimoottoreita GGJ-tapahtumassa.

Construct2:lla tuotettiin 1 peli vuonna 2014 ja 254 peliä vuonna 2015 (Liite 2), mistä johtuen sen 2014 ja 2015 välinen kasvu oli 25 300 %. Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrän kasvun (Liite 1) lukemisen helpottamiseksi, Construct2 2015 vuoden kasvua ei ole merkitty kaaviolle. Kaavioissa (Liite 1. Liite 2. Liite 3.) vuoden 2023 Construct2 tiedot sisältävät myös sinä vuonna GGJ mukaan tulleen Construct3 pelimoottorin luvut.

Kaavioissa (Liite 1. Liite 2. Liite 3.) esiintyvä None/Other sisältää kaikki muut tapahtumissa käytetyt pelimoottorit sekä pelit, jotka eivät ole käyttäneet pelimoottoria peliensä toteuttamisessa. None/Other on otettu vertailuun mukaan esittämään yleistä muutosta pelimoottoreissa, sekä tuomaan esille mahdollisia poikkeamia.

## 6.2 Pelimoottoreilla tuotettujen pelien muutokset 10 vuoden ajalta

Unitylla tuotetut pelit vastaavat yli puolta kaikista tuotetuista peleistä GGJ -tapahtumissa. Unity, Unreal ja Godot ovat olleet pysyvässä nousussa tutkittavien vuosien aikana, lukuun ottamatta vuosia 2020 ja 2021, jolloin kaikki pelimoottorit olivat laskussa. 2021 – 2023 nähdään kaikissa pelimoottoreissa lähes samansuuntaista kasvua (Liite 1.).

Godot näyttää lupaavaa nousua (Liite 1.), jota voidaan verrata myös pelimoottorilla tuotettujen pelien määrän vuosittaiseen kasvuun Steamissä. Godotin 2019 ja 2020 näyttävät suurta noin 101 ja 87 % nousua kasvussa, seuraten Godot 3.0 julkaisua 2018 (Liite 1.). Godot kärsi vähiten 2021 kasvun laskusta kokonaan etänä pidetyn tapahtuman aikana (Liite 1.). Vuonna 2023 Godot näki taas suurta noin 70 % nousua, merkiten samana vuonna julkaistua Godot 4.0 -versiota (Liite 1.).

Unity on pitkään hallinnut yli puolta kaikista peleistä (Liite 3.). Unity oli suurimmillaan 2020, lievästi yli 65% kaikista peleistä ja on sen jälkeen viimeiset 3 vuotta kokenut pientä pudotusta, pudoten joka vuosi noin 1%. Syyskuussa 2022 Unityn ja ironSourcen yhdistymisestä seurannut negatiivinen palaute pelimoottorin käyttäjiltä ei ole huomattavasti vaikuttanut pelimoottorin lukuihin tutkimuksessa (Liite 1. Liite 2. Liite 3.). Unity Technologies pääjohtajan vaihtumisen merkitystä tuloksissa ei pystytä lukemaan 2014 edeltävien vuosien tietojen puutteen takia.

Unreal on ollut pysyvässä nousussa (Liite 2. Liite 3.). Vuodet 2015, 2016 ja 2019 näyttävät suurta nousua kasvussa (Liite 1.). Unrealilla oli suurta noin 266 %:n nousua kasvussa 2015 (Liite 1.). Tätä edeltävänä vuonna 2014 Unreal siirtyi kuukausimaksu malliin. Unreal myös siirtyi kuukausimaksu mallista ilmaiseen malliin vuotta myöhemmin 2015 (Liite 1.). Unreal edelleen näki suurta noin 97 % nousua kasvussa 2016. Vuosina 2017 ja 2018 Unreal pysyi edelleen hyvin kasvussa, mutta lähempänä muiden pelimoottoreiden lukuja (Liite 1.). Unreal jälleen näki huomattavaa noin 42 % kasvua tuotetuissa peleissä 2019 (Liite 1.). Unrealilla tuotettujen pelien osuus tapahtumassa oli jo lähes yksi kymmenestä 2023 (Liite 3.).

Koronan takia kokonaan etänä pidetty tapahtuma vähensi huomattavasti osallistujia 2021 (Liite 1. Liite 2. Liite 3.). Osallistujien määrät ovat vuosivuodelta kasvanut 2021 jälkeen, mutta eivät ole vielä ylittäneet 2018 – 2020 vuosien välisiä määriä (Liite 2.).

Muut pelimoottorit ovat pienentäneet osuuttaan suuresti 2014 ja 2021 välisenä aikana (Liite 2.). Muiden yhteen laskettujen pelimoottorien osuus kaikista peleistä on pysynyt 17 – 20 % välillä viimeisen 5 vuoden aikana (Liite 2.). Vuonna 2018 nähdään poikkeuksellisen suurta kasvua muissa pelimoottoreissa (Liite 1.).

### 6.3 Tutkimuksen tulos ja tulosten pohdinta

Tutkimuksesta saatiin aikaiseksi kuvaa pelimoottoreiden suosion muutoksista ja viitattua tätä muutosta pelimoottoreiden sen aikaisiin tapahtumiin. Tätä tietoa käyttäen voidaan lähteä pohtimaan ja antamaan suuntaa peliassettien tuottamisessa pelimoottoreille.

Godot, Unity ja Unreal edustavat nopeasti kasvavia ja suuria pelimoottoreita, joiden ympärille on kasvamassa ja jo kasvanut peliassettien kuluttajakunta. Yleisesti olisi hyvä tuottaa peliasetteja monille eri peliasettikaupoille ja pelimoottoreille, jotta pystytään tarpeen vaatiessa vaihtamaan mille pelimoottorin asiakaskunnalle tuottaminen kohdistetaan. Pystytään myös paremmin löytämään asiakkaita, jotka ovat kiinnostuneita ja halukkaita ostamaan tuottajan valmistamia peliasetteja.

Assetit ja peliasetit ovat hyvin laaja käsite, jota hyödynnetään monella alalla pelien kehityksen lisäksi. Kaikkien näiden alojen läpikäynti voi mahdollisesti paljastaa lisää asiakasryhmiä, joille tuottaa heidän tarpeeseensa sopivia asetteja. Eri pelimoottorit jo itsessään palvelevat useita eri aloja, joten kun tarkoituksena on tavoittaa mahdollisimman monta asiakasta aseteille, peliasetit antavat hyvän lähtökohdan niiden myymisen ja jakamisen edistämiseksi.

On usein parempi, että myytävä tuote sisältää enemmän kuin yhden ominaisuuden. Täten sillä voidaan antaa enemmän arvoa ja tavoitetaan enemmän asiakkaita, jotka ovat kiinnostuneita vain osasta tuotteen ominaisuuksista. Peliassettien olisi myös hyvä olla pelivalmiita, joten niiden tulisi sisältää ominaisuuksia, joita asiakas odottaa valmiilta tuotteelta. Kuten jos lähdetään tuottamaan hahmoja, niiden tulisi sisältää hahmon mallin ja tekstuurien lisäksi yleisesti käytettäviä animaatioita ja yhteen sopivuutta mahdollisten animointi työkalujen ja ohjelmien kanssa.

Peliassettien tuottaja, joka ei hallitse kaikkia eri osa-alueita peliassettien luomisessa ja pyrkii luomaan vain oman osa-alueensa peliasetteja, tulisi suhtautua opettelemaan muiden osa-alueiden toteuttamista vähintään ymmärtääkseen kuinka ne yhteensopivat toistensa kanssa. Näin pystytään luomaan peliasetteja, jota muiden osa-alueiden tuottajat voivat helpommin hyödyntää ja täten ovat halukkaampia ostamaan. Sekä ymmärtämällä laajemmin monipuolisemman peliassetin tuottamista, pystytään helpommin toimimaan ryhmätehtävissä, joissa näitä valmistetaan.

Peliassettien tuottaminen ja myyminen on yksi helppo tapa lähteä viemään itseään pelikehitysmarkkinoille. Jos on halukas pääsemään osaksi peliyhtiötä tai projektia, omia myytäviä peliasetteja voi myös käyttää omassa portfoliossaan näyttämään osaamistaan. Vaikka peliassettien tuottamisesta ei saisi itselleen vakituista työtä tai työtarjousta, on sitä silti

mahdollista käyttää oman oppimisen edistäjänä, sekä hyvällä onnella pienituloisena rahanlähteenä. Peliassetien myymisestä pystytään saamaan myös käyttäjäpalautetta asiakailta, jota voidaan hyödyntää oman osaamisensa kehittämisessä.

Monen pelimoottorin tarina alkoi tarpeesta yksinkertaistaa pelien ohjelmointiprosessi. Pelimoottorit ovat nykyään lähes välttämättömiä pelien rakentamisessa, varsinkin kun peleissä pyritään käyttämään monimutkaisia fysiikkalaskelmia ja vaikuttavan näköistä grafiikkaa. Pelimoottoreita löytyy tällä hetkellä laajasti useaan tarpeeseen, sekä maksullisina että ilmaisina.

Godot on nähnyt suosion kasvua 3.0-version julkaisusta lähtien ja todennäköisesti tulee jatkamaan tätä nousua. Godot-yhteisö on viime vuosien aikana rakentanut pelimoottorin ympärille yrityksistä ja voittoa tavoittelemattomista organisaatioista ekosysteemin, joka tukee pelimoottorin käyttöä ja kehitystä myös markkinallisten pelien tuottamisessa.

Godotin AssetLib maksullisen ja myytävän tarjonnan palvelut ovat vielä suunnitteilla, eikä voida tarkasti arvioida niiden valmistumisaikataulua, mutta Godotin pelimoottori itse näyttää lupaavaa suosion kasvua ja sen graafisesti vaatimattomampi teho verrattuna Unityn ja Unrealin pelimoottoreihin, tulisi myös laskea käyttäjien peliassetti tarpeiden vaatimuksia. Peliassettituottajan olisi hyvä opetella tuottamaan Godotille peliassetteja, ennen kuin AssetLibin kaupalliset palvelut saapuvat, jotta pystytään hyötymään vasta-alkavasta maksullisten peliassetien tarjonnasta. Tämän voi aloittaa tuottamalla muutamia ilmaisia peliassetteja tai tuottamalla jo kolmannen osapuolen Godot-peliassettikaupoille tuotteita.

Unity-pelimoottori on vahvassa ja vakaassa tilassa GGJ -tapahtumissa, edustaen yli puolta tapahtumassa tuotetuista peleistä, näyttäen pysyvää kasvua sillä tuotetuissa peleissä. Unity on huomattavasti suosittu kuin Godot ja Unreal GGJ -tapahtumissa, mutta sen suosio saattaa näkyvästi laskea 2024 mennessä, edeltävän syksyn aikaisen kohun takia.

Unityn syksyllä 2023 aiheuttama kohu laskutuksen muutoksesta kolhi pahasti pelimoottorin mainetta ja loi epävarman ilmapiirin kehittäjien keskuudessa pelimoottorin tulevaisuudesta. Vuotta aikaisemmin 2022 Unityn yhdistyminen ironSource-yhtiön kanssa oli jo aikaisemmin herättänyt epäilystä, miten tämä tulisi muuttamaan yrityksen toimintaa ja kehitystä rahoittaa itseään. Monet kehittäjät ja pelialan yritykset ilmaisivat vahvasti harkitsevansa pelimoottorin vaihtoa uudesta laskutuksesta johtuen, mutta nämä muutokset eivät välttämättä tule esille ennen kuin tällä hetkellä kehitteillä olevat Unityyn perustuvat pelit ovat saatu valmiiksi ja julkaistua. Kevään 2024 GGJ -tapahtuman tulisi heijastaa lukujensa kautta, kuinka moni Unity-käyttäjä on vaihtamassa tai halukas oppia käyttämään toista pelimoottoria.

Tämä kannattaa ottaa huomioon myytävien peliasettien suunnittelussa ja kuinka paljon aikaa tulee käyttämään Unity Storelle menevien peliasetin tekemisessä. Unity Store on kumminkin suuri ja jo yli 10 vuotta toiminnassa oleva peliasettikauppa, jolle löytyy hyvin asiakkaita myös mobiilimarkkinoilla.

Unreal on ollut pitkään peliteollisuudessa ja tunnettuna tekijänä videopelien historiassa. Unreal-pelimoottorin laskutuksen muuttaminen kuukausimaksulliseksi ja myöhemmin ilmaiseksi nosti sen suosioita huomattavasti GGJ -tapahtumissa. Tämä näkyy myös Unrealin vuoden aikaisessa 1.5 miljoonan käyttäjän kasvussa sen jälkeen, kun laskutus muuttui ilmaiseksi. Pelien teknologian kasvaessa, korkeatehoisten pelimoottoreiden tuottaminen muuttuu hankalimmaksi, mikä on saanut monet peliyrietykset siirtymään kolmannen osapuolen pelimoottoreille.

Unrealin 2024 julkaistavaan Fab-sivustoon olisi hyvä tutustua jo pelkän ArtStationin portfolio palvelun takia. Sivusto tulee myös yhdistelemään useiden eri kauppojen tarjontaa, joilla saattaa olla erilaiset vaatimukset minkä laatuista peliasettia he suostuvat julkaisemaan. Unreal Marketplace -kaupassa on jo paljon laadukasta tarjontaa, varsinkin mukaan lukien Quixelin Megascan ja muut tarjonnat, joten olisi hyvä suunnitella mahdollisimman uniikkia tarjontaa, jotta ei kilpailisi Quixelin peliasettien kanssa.

GGJ -tapahtuma on myös kasvanut vuosittain. 2021 etäyhteysjärjestelyt tiputtivat määriä huomattavasti, eikä myöhempien vuosien paluu takaisin kontaktitapahtumaan palauttanut lukuja edellisvuosien asettamaan kasvun suuntaan. Luvut ovat olleet 2021 vuoden jälkeen edelleen nousussa osallistujien kannalta. Unityn 2023 syksyn aikainen kohu saattaa näkyä myös 2024 GGJ -tapahtuman osallistujamäärissä, jos Unity-pelimoottorin käyttäjä määrissä nähdään suurta muutosta.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Työn tavoitteena oli tutkia kolmen valitun pelimoottorin suosiota Global Game Jam -tapahtumassa, laskemalla tapahtuman tuotosarkistoista vuosittain tuotettujen pelien määrät ja niiden käyttämät pelimoottorit. Sekä tutkimalla pelimoottoreiden, Godotin, Unityn ja Unrealin historioita, etsien merkittäviä tapahtumia, jotka ovat saattaneet vaikuttaa GGJ -tapahtumasta laskettuihin suosion muutoksiin pelimoottoreiden käytössä. Tätä tietoa tulkitsemalla tehtiin pohdintaa antamaan suuntaa peliasettituottajalle, kun lähdetään luomaan tuotteita näille pelimoottoreille.

Tutkimus onnistui löytämään eri tekijöitä, jotka ovat voineet vaikuttaa pelimoottoreiden suosioden kasvuun ja nousuun Global Game Jam -tapahtumassa. Tekijöitä on monenlaisia ja niiden löytämiseksi on otettava huomioon useita eri muutoksia ja tapahtumia pelimoottoreiden historiassa. Tästä johtuen tutkimukseen on tullut myös mukaan tekijöitä, jotka eivät välttämättä ole vaikuttaneet tai havaittu vaikuttavan pelimoottoreiden suosioon yleisesti tai itse Global Game Jam -tapahtumassa.

Suoran tai epäsuoran vaikutuksen todistaminen pelimoottorin suosion muutoksessa on tilanne kohtaisesti vaikeaa. Tutkimusta on osittain tehty tulos pohjaisesti etsien mahdollisia vaikuttajia suosion muutoksissa, kun muutoksia on havaittu. On täten mahdollista, että työssä esitetyt tekijät ovat osittain tuotu esille vahvistusharhan kautta. Osa esitetyistä teknisistä aiheista ovat uusia ja niille ei välttämättä löydy asiantuntijoita, joten työssä on yritetty hyödyntää alalla työskentelevien yritysten ja henkilöiden antamaa ymmärrystä näistä aiheista.

Työ aikaisemmin sisälsi esittelyn pelimoottoreiden opetustarjonnasta, sarjan esimerkki peleistä, joita pelimoottoreilla on tuotettu tai on tulossa, esittelyt pelimoottoreiden maksusopimuksista, ja esittelyt pelimoottoreiden teknisistä ominaisuuksista. Näitä osuuksia on osittain tuotu osaksi nykyistä tekstiä ja viittauksia niistä syntyneestä pohdinnasta on poistettu lopullisesta työstä.

Työssä ei esitelty tarkemmin eri peliasetteja, niiden tuottamisesta tai tuottamiseen käytettyistä ohjelmista, eikä niiden myymisestä peliasettikaupoissa. Nämä olisi sopinut osaksi työn aihetta, mutta olisi myös tehneet työstä huomattavasti laajemman toteuttaa, esitellä ja tarkistaa.

Tutkimusta on mahdollista jatkaa seuraamalla pelimoottorien kehitystä, sekä joka vuotisia GGJ -tapahtumia. Jos ja kun havaitaan uusia suosiota saavia pelimoottoreita, ne voidaan tuoda osaksi tutkimusta. Tai jos halutaan seurata tietyn GGJ -tapahtumissa käytetyn pelimoottorin suosiota, voidaan siitä samaan tapaan tuottaa kaavoja.

Tutkimusta rajattiin Global Game Jam -tapahtumien vuotisiin tuotoksiin pelimoottoreiden suosion arvioimisessa, mutta enemmän tukevan tiedon saamiseksi tulisi myös tutkia pelimoottoreiden suosioita muiden tietokantojen kautta. Nämä voivat olla pelimoottoreiden tai niiden tuotosten myyntimäärät, pelimoottorin rekisteröityjen käyttäjien määriä, käyttäjä tai kriitikko arvioita peleistä tai niiden pelimoottoreista, tai pelien ja pelimoottoreiden tunnistettavuutta yleisökyselyllä. Koska pelimoottoreiden asiakaskuntaa löytyy myös paljon videopelien ulkopuolelta, jatkotutkimuksessa olisi hyvä ottaa huomioon muut teollisuudet, jotka hyödyntävät pelimoottoreita, jotta saadaan kuvaa pelimoottoreiden suosiosta myös peliteollisuuden ulkopuolella.

Työ antaa hyvin kuvaa tutkituista pelimoottoreista lukijalle ja tutkijalle, joka ei aikaisemmin ole kuullut niiden syntyhistorioista ja vaiheista pelikehityksessä. Se herättelee myös kiinnostusta peliasseteista ja ideasta toimia niiden tuottajana pelialalla.

## Lähteet

ARC Academy. 2023. 8 Key Roles in Game Design. ARC Academy. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://arc.academy/8-key-roles-in-game-design/>

ArtStation. About. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.artstation.com/about>

Autodesk a. Game assets: Create video game assets with industry-standard software to unlock a world of benefits. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.autodesk.com/solutions/game-assets>

Autodesk b. Rigging: character animation is in the bones of rigging software. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.autodesk.com/solutions/rigging-software>

Balasubramanian, K. 2022. Game Engines: All You Need to Know. Gameopedia. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.gameopedia.com/game-engines-all-you-need-to-know-about/>

Batchelor, J. 2023. Devs on Unity Runtime Fee: "The trust is gone forever". GamesIndustry.biz. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.gamesindustry.biz/devs-on-unity-runtime-fee-the-trust-is-gone-forever>

Blink. 2023. Stylized Wooden Props – RPG Props. Game Asset Deals -peliassettikauppa. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.gameassetdeals.com/asset/199327/stylized-wooden-props-rpg-props>

Burley, B. 2015. Extending the Disney BRDF to a BSDF with Integrated Subsurface Scattering. Walt Disney Animation Studios. Kurssimateriaali. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa [https://blog.selfshadow.com/publications/s2015-shading-course/burley/s2015\\_pbs\\_disney\\_bsdf\\_notes.pdf](https://blog.selfshadow.com/publications/s2015-shading-course/burley/s2015_pbs_disney_bsdf_notes.pdf)

CBInsights. 2018. The \$120B Gaming Industry Is Being Built On The Backs Of These Two Engines. CBInsights. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.cbinsights.com/research/game-engines-growth-expert-intelligence/>

Cross, J. 2021. What is App Tracking Transparency and how do you block app tracking? Macworld. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.macworld.com/article/344420/app-tracking-transparency-privacy-ad-tracking-iphone-ipad-how-to-change-settings.html>

Davis, R & Wallace, R. 2023. Unity Announces Leadership Transition. Business Wire. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.businesswire.com/news/home/20231009494331/en/Unity-Announces-Leadership-Transition>

Dev Community. Animating with Live Link. Epic Games Dev Community -dokumentointi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/metahuman/animating-metahumans-with-livelihood-in-unreal-engine>

Dillet, R. 2018. Unity CEO says half of all games are built on Unity. TechCrunch. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://techcrunch.com/2018/09/05/unity-ceo-says-half-of-all-games-are-built-on-unity/>

Epic Games. 2021a. Announcing MetaHuman Creator: Fast, High-Fidelity Digital Humans in Unreal Engine. Epic Games. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.epicgames.com/site/en-US/news/announcing-metahuman-creator-fast-high-fidelity-digital-humans-in-unreal-engine>

Epic Games. 2021b. MetaHuman Creator is Now Available in Early Access. Epic Games. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.epicgames.com/site/en-US/news/metahuman-creator-is-now-available-in-early-access>

Epic Games. 2021c. ArtStation is Now Part of Epic Games. Epic Games. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.epicgames.com/site/en-US/news/artstation-is-now-part-of-epic-games>

Epic Games. 2021d. Sketchfab is now part of Epic Games. Epic Games. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.epicgames.com/site/en-US/news/sketchfab-is-now-part-of-epic-games>

Epic Games a. Everything you need to build new worlds. Fab-verkkosivu. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.fab.com/>

Epic Games b. Unreal Engine 5. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5>

Francis, B. 2022. Why is Unity's merger with IronSource angering developers? Game Developer. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.gamedeveloper.com/culture/why-is-unity-s-merger-with-ironsource-angering-developers>

Gainy. 2020. Unity IPO Review. Gainy. Unity-listautumisanti. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.gainy.app/ipo/unity-ipo-review>

Game Developer magazine. 2012. Mobile game developer survey leans heavily toward iOS, Unity. Game Developer. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.gamedeveloper.com/audio/mobile-game-developer-survey-leans-heavily-toward-ios-unity>

Global Game Jam a. About. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://globalgamejam.org/about>

Global Game Jam b. History. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://globalgamejam.org/history>

Global Game Jam c. Thank you for an amazing Global Game Jam 2023! Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://v3.globalgamejam.org/news/thank-you-amazing-global-game-jam-2023>

Global Game Jam d. Games. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://globalgamejam.org/2023/games?title=&country=All&city=&tools=coherence&diversifier=All&platforms=All>

Global Game Jam. 2023. Global Game Jam 2023 Theme Reveal. GlobalGameJam. Youtube-video. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=ZacnAp-mZJpU>

Godot Asset Library. Peliassettkirjasto. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://godotassetlibrary.com/>

Godot Asset Store. Peliassettikauppa. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://godotassetstore.org/>

Godot Contributors. 2023. Godot 4.0 sets sail: All aboard for new horizons. Godot Engine. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godot-4-0-sets-sail/>

Godot Engine. Nodes and Scenes. Godot-dokumentti. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa [https://docs.godotengine.org/en/stable/getting\\_started/step\\_by\\_step/nodes\\_and\\_scenes.html](https://docs.godotengine.org/en/stable/getting_started/step_by_step/nodes_and_scenes.html)

Godot Foundation. The Godot Foundation. Godot Foundation -verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://godot.foundation/>

Godot Marketplace. Peliassettikauppa. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://godotmarketplace.com/>

GTOON. 2019. Focus: Unreal Engine - A Brief History of Unreal. Renderosity Magazine. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://magazine.renderosity.com/article/5330/focus-unreal-engine-a-brief-history-of-unreal>

Helgason, D. 2014. Leading Unity into the Future. Unity-blogi. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://blog.unity.com/community/leading-unity-into-the-future>

Hollister, S. 2020. Unity's IPO filing shows how big a threat it poses to Epic and the Unreal Engine. The Verge. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.theverge.com/2020/8/24/21399611/unity-ipo-game-engine-unreal-competitor-epic-app-store-revenue-profit>

IMDB b. Lumen in the Land of Nanite. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa [https://www.imdb.com/title/tt13759744/mediaindex/?ref=tt\\_mv\\_sm](https://www.imdb.com/title/tt13759744/mediaindex/?ref=tt_mv_sm)

IMDB a. Doom. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.imdb.com/title/tt0286598/>

Jonathan. 2023. How are the 3D scans acquired and processed? Quixel. Viitattu 16.11.2023. Saatavissa <https://help.quixel.com/hc/en-us/articles/115000616925-How-are-the-3D-scans-acquired-and-processed->

Kandasamy, J. 2021. What are 3D Assets and Why are They Significant? Digital First Magazine. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.digitalfirstmagazine.com/what-are-3d-assets-and-why-are-they-significant/>

Laila, S. 2023. What is Quixel Mixer? Quixel. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://help.quixel.com/hc/en-us/articles/115000613005-What-is-Quixel-Mixer->

Lestiyo, I & Whitten, M. 2022. Welcome, ironSource! Unity-blogi. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://blog.unity.com/news/welcome-ironsource>

Linietsky, J. 2015. Introduction au moteur Godot. RMLL. Videoitu esitys. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://rml.ubicast.tv/videos/introduction-au-moteur-godot/>

Linietsky, J. 2018a. Godot 3.1 is out and ready for the big leagues. Godot Engine. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godot-3-0-released/>

Linietsky, J. 2018b. Godot is doing well at GDC 2018! Godot Engine. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godot-doing-well-gdc-2018/>

Linietsky, J. 2019a. Godot 3.1 is out, improving usability and features. Godot Engine. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godot-3-1-released/>

Linietsky, J. 2019b. Juan Linietsky: The State of Godot | GDC 2019, at GitHub HQ. Godot Engine. Youtube-video. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=C0szslgA8VY>

Linietsky, J. 2022a. Godot and consoles, all you need to know. Godot Engine. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godot-consoles-all-you-need-know/>

Linietsky, J. 2022b. Godot's Graduation: Godot moves to a new Foundation. Godot Engine. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/godots-graduation-godot-moves-to-a-new-foundation/>

Linietsky, J. 2023a. Godot as an Open Ecosystem - Juan Linietsky (GDC 2023). Godot Engine. Youtube-video. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=XduuHNOGGqI>

Linietsky, J. 2023b. The open-source game engine you've been waiting for: Godot. The Stack Overflow Podcast. Podcast. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://player.simplicast.com/ca59470d-ebd4-470e-8016-84f0869495b0?dark=false>

Linietsky, J. 2023c. X/Twitter 15.9.2023. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://twitter.com/reduzio/status/1702660450427494801>

Lunden, I. 2022. Unity is merging with ironSource in an all-stock deal valuing Ironsource at \$4.4B in a big consolidation play for gaming. TechCrunch. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://techcrunch.com/2022/07/13/sources-ironsource-and-unity-are-merging-in-a-big-consolidation-play-for-gaming-and-interactive-content/>

Machkovech, S. 2020. Unreal Engine is now royalty-free until a game makes a whopping \$1 million. Ars Technica. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://arstechnica.com/gaming/2020/05/unreal-engine-is-now-royalty-free-until-a-game-makes-a-whopping-1-million/>

Macintosh Repository. 2005. GooBall. Macintosh Repository. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.macintoshrepository.org/26983-gooball>

Martin, M. 2020. PlayStation 5: watch stunning 9 minute real-time demo Lumen in the Land of Nanite, built in the next-gen Unreal Engine 5. VG247. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.vg247.com/playstation-5-unreal-5-demo>

Matney, L. 2016. Unity raises \$181M monster round at a reported \$1.5B valuation. TechCrunch. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://techcrunch.com/2016/07/13/unity-announces-181-million-monster-round-led-by-dfj-growth/>

MCV Staff. 2009. United they stand. MCVUK. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.mcvuk.com/development-news/united-they-stand/>

Microsoft Security Intelligence. 2015. PUA:Win32/InstallCore. Microsoft. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.microsoft.com/en-us/wdsi/threats/malware-encyclopedia-description?Name=PUA:Win32/InstallCore&threatId=213927>

Nordic 9. 2019. Quixel was acquired by Epic Games. Nordic 9. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://nordic9.com/news/quixel-was-acquired-by-epic-games-news4860652815/>

NYU. 2020a. Global Game Jam 2020 Award Winners. NYU – Tisch School of the Arts – Game Center. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://gamecenter.nyu.edu/global-game-jam-2020-award-winners/>

NYU. 2020b. About. NYU – Tisch School of the Arts – Game Center. Viitattu 21.11.2023. Saatavissa <https://gamecenter.nyu.edu/about/>

Peckham, E. 2019. How Unity built the world's most popular game engine. TechCrunch. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://techcrunch.com/2019/10/17/how-unity-built-the-worlds-most-popular-game-engine/>

Rafiee, A. 2022. What Is a Game Ready Asset and How to Have One: A Comprehensive Guide. Dream Farm Studios -blogi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://dreamfarmstudios.com/blog/game-ready-asset/>

Ramezani, P. 2022. Game Ready Assets (All You Need To Know). Pixune-blogi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://pixune.com/blog/game-ready-assets/>

Rouse, M. 2023. Digital Asset. Techopedia. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.techopedia.com/definition/23367/digital-asset>

Sawers, P. 2022. How W4 plans to monetize the Godot game engine using Red Hat's open source playbook. TechCrunch. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://techcrunch.com/2022/08/19/how-w4-plans-to-commercialize-the-godot-game-engine-by-following-red-hats-playbook/>

Schardon, L. 2022. Best Game Engines for 2023 – Which Should You Use? GameDev Academy. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://gamedevacademy.org/best-game-engines/>

Seufert, E. 2022. Why are Unity and ironSource merging? Mobile Dev Memo. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://mobiledevmemo.com/why-are-unity-and-ironsource-merging/>

Sinclair, B. 2020. What did we learn from the Unity IPO filing? Games Industry.biz. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.gamesindustry.biz/what-did-we-learn-from-the-unity-ipo-filing>

Sinclair, B. 2022. Epic launches Unreal Engine 5. Games Industry.biz. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.gamesindustry.biz/epic-launches-unreal-engine-5>

Statt, N & Roettgers, J. 2022. Why game developers are revolting against Unity. Protocol. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://www.protocol.com/newsletters/entertainment/unity-backlash-game-developers-ironsource>

Statt, N. 2020. Epic Games announces Unreal Engine 5 with stunning PlayStation 5 demo. The Verge. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.theverge.com/2020/5/13/21256079/epic-unreal-engine-5-playstation-5-demo-next-gen-graphics-release-date>

Suomi Sanakirja. Rig; animaatio|k=en. Suomi Sanakirja. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.suomisanakirja.fi/rig>

Takahashi, D. 2016. Epic Games says Unreal Engine added 1.5 million users in past year. GamesBeat. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://venturebeat.com/games/epic-games-unreal-engine-gains-1-5m-users-in-past-year/>

Thomsen, M. 2012. History of the Unreal Engine. IGN. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.ign.com/articles/2010/02/23/history-of-the-unreal-engine>

Unity Documentation a. Unity's Asset Store. Unity-dokumentti. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://docs.unity3d.com/Manual/AssetStore.html>

Unity Documentation b. Unity's Package Manager. Unity-dokumentti. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://docs.unity3d.com/Manual/Packages.html>

Unity Technologies. 2010. Unity Technologies Launches 3rd Party Marketplace 'Unity Asset Store'. Unity. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://unity.com/our-company/newsroom/unity-technologies-launches-3rd-party-marketplace-unity-asset-store>

Unity Technologies. 2012. Unity Technologies Reaches One Million Registered Developers. Unity. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://unity.com/our-company/newsroom/unity-technologies-reaches-one-million-registered-developers>

Unity Technologies. 2023a. Unity plan pricing and packaging updates. Unity-blogi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://blog.unity.com/news/plan-pricing-and-packaging-updates>

Unity Technologies. 2023b. Creating the undersea world of Subnautica. Unity. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://create.unity.com/creating-the-undersea-world-of-subnautica-case-study>

Unity. 2023. Changes to Unity Plans and Pricing. Unity. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://unity.com/pricing-updates>

Unity. Game Development Terms. Unity. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://unity.com/how-to/beginner/game-development-terms>

Unreal Engine. 2014. Epic Games Releases Unreal Engine 4 for All. Unreal Engine -blogi. Viitattu 16.11.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/epic-games-releases-unreal-engine-4-for-all>

Unreal Engine. 2020a. Unreal Engine 5 Revealed! | Next-Gen Real-Time Demo Running on PlayStation 5. Youtube-video. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=qC5KtatMcUw>

Unreal Engine. 2020b. A first look at Unreal Engine 5. Unreal Engine -blogi. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/a-first-look-at-unreal-engine-5>

Unreal Engine. 2021. Twitter. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://twitter.com/UnrealEngine/status/1468353075073142788Fortnite Chapter 4 Unreal 5.1>

Unreal Engine. 2022. Unreal Engine 5 Release | The State of Unreal 2022 Keynote Presentation. Youtube-video. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa [https://www.youtube.com/watch?v=7ZLibi6s\\_ew](https://www.youtube.com/watch?v=7ZLibi6s_ew)

Unreal Engine a. Introduction to Blueprints. Unreal Engine -dokumentti. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/introduction-to-blueprints-visual-scripting-in-unreal-engine/>

Unreal Engine b. Marketplace. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store>

Unreal Engine c. Unreal Engine 5.0 Release Notes. Unreal Engine -dokumentti. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/unreal-engine-5.0-release-notes/>

Unreal Engine d. Lumen Global Illumination and Reflections. Unreal Engine -dokumentti. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine/>

Unreal Engine e. World Partition. Unreal Engine -dokumentti. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/world-partition-in-unreal-engine/>

Unreal Engine f. Featured free Unreal Marketplace. Unreal Engine -blogi. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/featured-free-unreal-marketplace-content-february-2023>

Unreal Engine g. Delivering high-quality facial animation in minutes, MetaHuman Animator is now available! Unreal Engine -blogi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/delivering-high-quality-facial-animation-in-minutes-metahuman-animator-is-now-available>

Verschelde, R. 2022. The next big step: Godot 4.0 reaches Beta. Godot Engine. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa <https://godotengine.org/article/dev-snapshot-godot-4-0-beta-1/>

W4 Games. 2022. Hello World: W4 Games formed to strengthen Godot ecosystem. W4 Games. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://w4games.com/2022/08/09/hello-world-w4-games/>

W4 Games. About. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://w4games.com/>

Wallace, R & Zeloof, M. 2022. Unity Announces Merger Agreement with ironSource. Unity. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://investors.unity.com/news/news-details/2022/Unity-Announces-Merger-Agreement-with-ironSource/default.aspx>

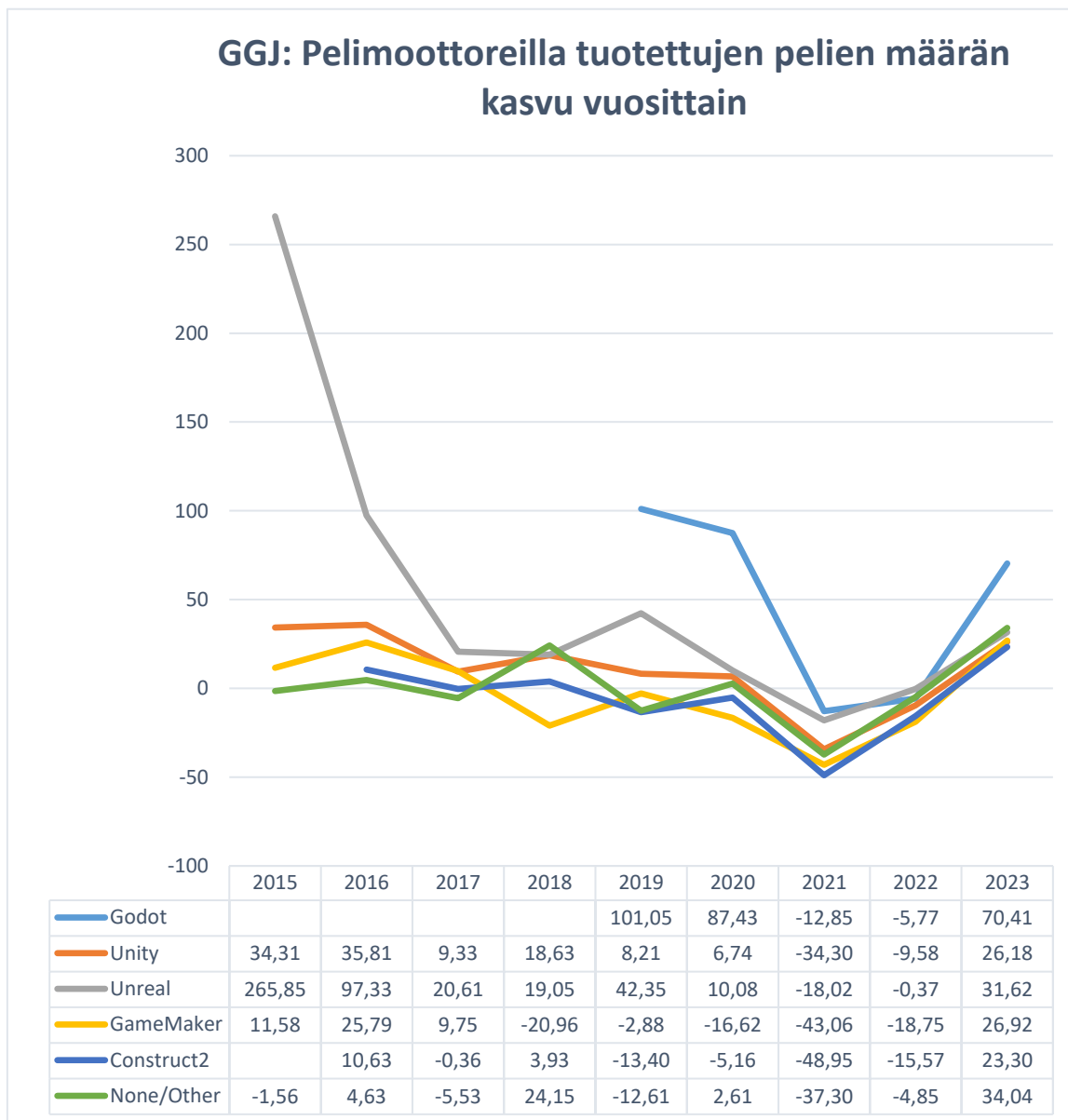
Waqar. 2018. What is Megascans? Quixel. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://help.quixel.com/hc/en-us/articles/115000607525-What-is-Megascans->

Waqar. 2021. What is Quixel Bridge? Quixel. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://help.quixel.com/hc/en-us/articles/115000613105-What-is-Quixel-Bridge->

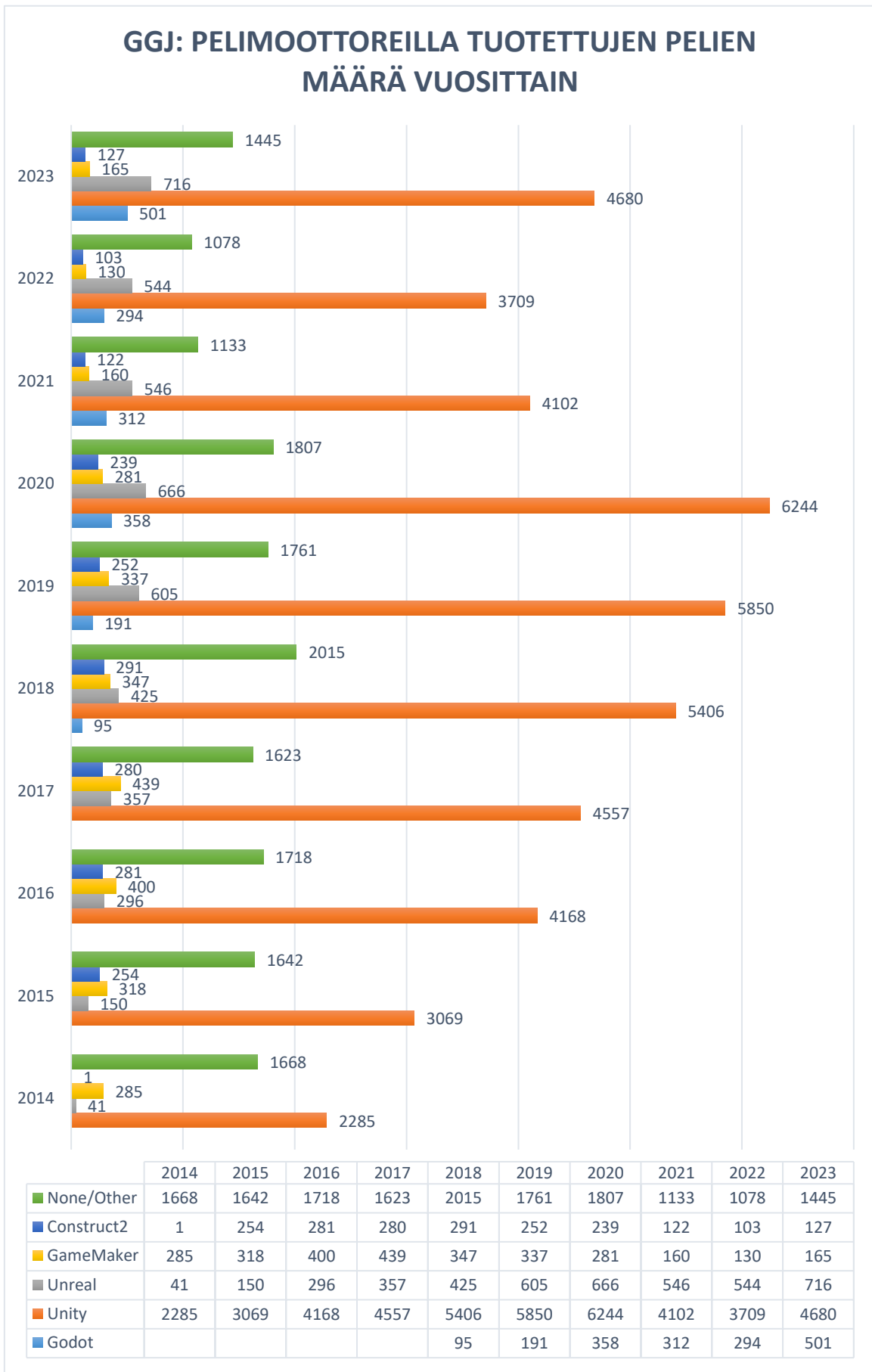
Webster, A. 2011. No royalties on Unreal Development Kit until \$50,000 in sales. Ars Technica. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa <https://arstechnica.com/gaming/2011/02/no-royalties-on-unreal-development-kit-until-5000-in-sales/>

Whitten, M. 2023. An open letter to our community. Unity -blogi. Viitattu 13.11.2023. Saatavissa <https://blog.unity.com/news/open-letter-on-runtime-fee>

Liite 1. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrän kasvu vuosittain.



Liite 2. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien määrä vuosittain.



Liite 3. GGJ: Pelimoottoreilla tuotettujen pelien vuosittainen osuus.

