



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Lahtinen

# SATUNNAISGENERAATION KÄYTTÖ PELEISSÄ

2019

Liiketalouden yksikkö  
2019

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Lahtinen
Työn nimi	Satunnaisgeneraation käyttö peleissä
Vuosi	2019
Kieli	Suomi
Sivumäärä	42
Ohjaaja	Raija Tuomaala

---

Tämän työn tarkoitus on tutkia, mitä satunnaisgeneraatiolla on luotu, ja mihin sitä kannattaa käyttää. Tästä työstä on tarkoitus myös käydä selväksi, mitä on satunnaisgeneraatio. Tavoitteena on myös selvittää joitakin pelinkehitykseen liittyviä käsitteitä.

Luon teoriapohjan käyttäen lähteinä erilaisia pelintekoon tarkoitettua kirjallisuutta, erilaisia tutkimuksia ja haastatteluita. Haastattelen myös yhtä pelinkehittäjää, ja teen arvioita seitsemän eri pelin satunnaisgeneraation käytöstä. Teen arvioinnit eri osa-alueittain. Kaiken sen pohjalta tarkoitus on tehdä päätelmiä siitä, mihin kaikkien satunnaisgeneraatio toimii pelinkehityksessä.

Lopputuloksena voidaan todeta, että satunnaisgeneraatio toimii hyvin varsinkin pienten pelialueiden luomisessa. Tässä tapauksessa se toimii niin pelinkehityksen aikana kuin mekaniikkana, joka luo peliin sisältöä kesken pelin. Päätelmäni mukaan satunnaisgeneraatio on hyvä vaihtoehto pelinkehittäjille silloin, kun halutaan luoda peliin jotakin paljon, tai kun luominen käsin vaatisi paljon aikaa.

## ABSTRACT

Author	Ville Lahtinen
Title	Usage of Procedural Generation in Games
Year	2019
Language	Finnish
Pages	42
Name of Supervisor	Raija Tuomaala

---

The objective of this thesis was to investigate what has been created with procedural generation, and where it should be used. This work also makes it clear what procedural generation is. The aim was also to define and study some of the other concepts regarding game development.

The theory on the topic of study is based on different books regarding game development, as well as various studies and interviews. A game developer was also interviewed, and evaluations were made on how seven different games use procedural generation. Evaluations are made in different categories. Based on these evaluations the intention is to make deductions on where procedural generation should be used in game development.

In conclusion, it can be stated that procedural generation works well on creating small gameplay areas. In this case, it works both in making areas during development, and as a gameplay mechanic that creates new areas as the game is played. The conclusion is that all things that are created in great numbers, or things that take a lot of time to make manually, should be considered to be made with procedural generation.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	SATUNNAISGENERAATIOSTA .....	11
	2.1 Mitä satunnaisgeneraatiolla voi tehdä?.....	12
	2.2 Mitä satunnaisgeneraatiolla ei kannata tehdä?.....	15
	2.3 Mitä satunnaisgeneraatio ei ole.....	16
	2.4 Satunnaisgeneraatio eri lajityyppien peleissä .....	19
3	NÄKÖKULMIA SATUNNAISGENERAATIOON .....	21
	3.1 Pelinkehittäjän haastattelu .....	21
	3.2 Satunnaisgeneraation arviointia.....	26
	3.2.1 Ancient Domains of Mystery (ADOM).....	26
	3.2.2 Civilization-pelisarja.....	28
	3.2.3 Dwarf Fortress.....	29
	3.2.4 Heroes of Might and Magic III .....	30
	3.2.5 Minecraft.....	31
	3.2.6 The Elder Scrolls V: Skyrim.....	33
	3.2.7 .kkrieger .....	34
4	SATUNNAISGENERAATION SOPIVUUS ERI OSA-ALUEILLA.....	35
5	PÄÄTELMIÄ JA MAHDOLLISIA JATKOTUTKIMUKSIA .....	37
	LÄHTEET.....	39

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Ilmassa leijuva sieni The Elder Scrolls IV: Oblivion pelissä	9
<b>Kuva 2.</b> Satunnaisesti generoitu luolasto Diablo III -pelissä.	13
<b>Kuva 3.</b> Borderlands 2 -pelissä löytynyt ase, joka on satunnaisesti luotu	14
<b>Kuva 4.</b> Loitsu tekee eri määrän vahinkoa hahmoihin pelissä Final Fantasy X – HD Remaster (Julkaisuvuosi 2013)	18
<b>Kuva 5.</b> ”You feel excited” viesti ADOM pelissä.	27
<b>Kuva 6.</b> Dwarf Fortress -pelin maailmanluonti.	29
<b>Kuva 7.</b> In the Wake of Gods -modin valikko, jossa voi säätää asetuksia	31
<b>Kuva 8.</b> Minecraft -pelin maailmanluontivalikko	32
<b>Kuva 9.</b> Merkkirivillä ”Testi1234” luotu Minecraft maailma	32
<b>Taulukko 1.</b> Haastattelun vastauksia 1	22
<b>Taulukko 2.</b> Haastattelun vastauksia 2	23
<b>Taulukko 3.</b> Haastattelun vastauksia 3	24
<b>Taulukko 4.</b> Haastattelun vastauksia 4	25
<b>Taulukko 5.</b> Haastattelun vastauksia 5	26

## 1 JOHDANTO

Videopelit ovat vuosikymmenien ajan hyödyntäneet satunnaisgeneraatiota vähintään jossain määrin pelin kehitystä. Satunnaisgeneraatiosta puhutaan myös proseduraalisena generaationa (procedural generation). Jotkut pelit käyttävät sitä jopa pelimekaniikkana, jotta peliin tulisi mahdollisimman paljon lisäsisältöä pienemmällä vaivalla, kuin jos kaikki tehtäisiin käsin.

Satunnaisgeneraatio tarkoittaa sitä, että ennalta määritellyillä algoritmeilla luodaan tietynlaisia asioita, kuten esimerkiksi peleihin tasoja, varusteita, vihollisia tai muita asioita, joita yleisesti ottaen tarvitsee luoda paljon peliin. (Green 2016) Tämän hetken tunnetuimpia esimerkkejä on Borderlands -pelisarjan aseet, joita on miljoonia, ja niistä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki on luotu satunnaisesti. (Yin-Poole 2012) Aseet tosin on luotu peliin jo valmiiksi pelin kehityksen aikana, eikä niitä tule lisää kesken pelin.

Videopelien rinnalla kasvanut demoskene on ollut erityinen tapa luoda kaikkea erittäin luovaa mahdollisimman rajatulla muistitilalla. Demoskene on tietokoneharrastajien keskuudessa suosittu harrastus, jossa ohjelmoidaan visuaalisia näytöksiä käyttäen rajallista määrää muistia. Demoskenen ohella on luotu myös pelejä käyttäen minimaalista määrää muistia. Peleistä .kkrieger on näyttävä räiskintäpeli, joka käyttää vain 96 kilotavua. Pelin yhden kehittäjän blogikirjoituksen mukaan tämä on ollut mahdollista muun muassa käyttämällä satunnaisgeneraatiota tehokkaasti. (Giesen 2012)

Ensimmäiset pääsääntöisesti satunnaisgeneraatiota hyödyntävät pelit olivat niin sanottuja roguelike-pelejä, joissa pelialue luotiin joka pelikerralle satunnaisesti. Roguelike-pelit saavat nimensä Rogue-nimisestä pelistä, joka kehitettiin 1980, ja siinä pelin kartat luotiin satunnaisgeneraatiolla. Jokaiseen luolan tasoon tavarat ja viholliset asettuivat satunnaisesti. Tämänkaltaiset pelit ovat samankaltaisia kuin alkuperäinen Rogue, mutta niihin on lisätty omat piirteensä ja erikoisuutensa, jolloin ne erottuvat alkuperäisestä ja samalla muista vastaavista peleistä. Näistä tunnetuimpia

esimerkkejä ovat Beneath Apple Manor (julkaisuvuosi 1978), joka on ensimmäinen roguelike-peli, Angband (julkaisuvuosi 1990), Nethack (julkaisuvuosi 1987), Ancient Domains of Mystery (ADOM, julkaisuvuosi 1994) ja Tales of Maj'Eyal (ToME, julkaisuvuosi 2012).

Satunnaisgeneraatio toimii hyvin roguelike-pelien tasojen luomisessa. Se luo pelaajalle lähes loputtomasti erilaisia pelikertoja, vaikka hahmo kuolisi varhaisessa vaiheessa, sillä seuraavalla pelikerralla kaikki on taas erilaista. Tasot ovat useimmiten näissä peleissä luolastojen kerroksia, mutta ne voivat olla myös rakennusten kerroksia tai jopa avaruuden sektoreita riippuen siitä, minkälaiseen maailmaan peli sijoittuu. (Smith & Bryson 2014)

Roguelike-peleissä on myös tyypillistä se, että koska ne sijoittuvat usein suhteellisen perinteiseen fantasiaroolipeli ympäristöön haltioineen ja örkkeineen, niin erilaiset loitsukääröt ja taikajuomat (tai vastaavat esineet), joita pelaaja löytää, voivat olla satunnaisesti generoituja. Esimerkiksi yhdellä pelikerralla punainen taikajuoma on parannusjuoma, kun taas toisella pelikerralla se voi olla esimerkiksi myrkyjuoma. (Hugo ym. 2004) Tämän vuoksi hahmolle tuntemattomien juomien juominen ja kääreiden lukeminen voi olla hahmolle riskialtista. Tämän mekaniikan takia pelaajan on hyvä olla varovainen ennen kuin lähtee juomaan juomia tai lukemaan kääreitä, joita ei ole tunnistanut jollain tapaa.

Roguelike-peleissä aseet ja varusteet on usein satunnaisesti generoitu. Usein ne ovat vain perusversioita itsestään, mutta niissä voi olla jokin erikoisuus. Esimerkiksi ase voi olla pysyvästi myrkyllinen, joten viholliset, joita sillä lyö, saavat myrkytyksen. Toisaalta voi käydä myös niin, että asetta ei saa otettua pois kädestä, sillä se tarttuu pelaajaan kiinni kirouksen vuoksi. Satunnaisgeneraatio vaikuttaa myös siihen, mitä kaikkea pelaaja kohtaa. Välillä pelaaja voi kohdata lauman vihaisia ”örkkejä”, jotka haluavat tappaa hänet siltä seisomalta. Toisaalta vastaan saattaa tulla ystävällinen liskomies, joka vain juttelee mukavia.

Dwarf Fortress (julkaisuvuosi 2006) on erittäin paljon satunnaisgeneraatiota käyttävä simulaatiopeli, jossa tarkoitus on luoda oma kääpiöyhteiskunta. Ensimmäisenä peli luo pelimaailman ja asettaa sinne vuoret, meret ja metsät asukkaineen. Sen jälkeen peli luo maailmaan historian, johon kuuluu muun muassa historiallisia hahmoja sekä legendoja taisteluista. (Hall 2014) Pelin satunnaisgeneraation laajuus on niin kattava, että pelkästään siitä voisi tehdä joukon erillisiä tutkimuksia.

Moni muu peli hyödyntää myös satunnaisgeneraatiota. Nykyään on kuitenkin yleisempää käyttää satunnaisgeneraatiota pelin kehityksen aikana sen sijaan, että luotaisiin peliin mekaniikkaa, joka luo satunnaisesti peliin lisäsisältöä peliä pelattaessa. Sellaisen järjestelmän kehitys vaatii enemmän aikaa ja resursseja, kuin luoda peliin valmiiksi sisältö satunnaisgeneraatiolla ja tarkistaa se läpi ennen julkaisua. Jos peliin luo tämän mekaniikan, voi tavaraa olla lähes rajaton määrä. Jos peliin luodaan tavaraa etukäteen, niitä on vain sen verran, kun niitä luodaan.

Esimerkiksi The Elder Scrolls IV: Oblivion -pelin (julkaisuvuosi 2006) metsät ja maan eroosio tehtiin satunnaisgeneraatiolla, (RPGamer 2005) jolloin koko pelin massiivista pelialuetta ei ole tarvinnut täyttää käsin. Jos pelin maailmaa lähtee tutkimaan tarkemmin, löytyy sieltä epäkohtia, kuten ilmassa leijuvia sieniä tai peliobjekteja on osittain maan tai toisen objektin sisässä. Näitä epäkohtia ei välttämättä olisi jäänyt lopulliseen peliin, jos kartta olisi täytetty käsin. Tämä olisi luonnollisesti vaatinut joko enemmän ihmisiä tekemään sitä tai paljon enemmän aikaa, joka olisi vaikeuttanut ja pidentänyt pelin kehitystä huomattavasti, ja täten myös lisännyt kustannuksia. (Green 2016) Pelin jatko-osassa, The Elder Scrolls V: Skyrim (julkaisuvuosi 2011) pelimaailma luotiin käsin kokonaan, ja sen pystyy näkemään yksityiskohtaisesta pelimaailmasta hyvin. (Ohannessian 2011)





**Kuva 1.** Ilmassa leijuva sieni The Elder Scrolls IV: Oblivion -pelissä

Loppujen lopuksi, satunnaisgeneraatio siis vaikuttaa moniin asioihin näissä peleissä ja sen vaikutus on kieltämättä suuri. Mutta miksi nykyään moni peli pitäytyy käsin tehdyissä tasoissa ja luolastoissa? Usein tämä johtuu siitä, että satunnaisgeneroidut tasot voivat näyttää kömpelöiltä, tai sitten ne ovat epäloogisia. Pahimmillaan niissä on alueita, joihin pääsy on evätty, vaikka niihin pitäisi päästä. Sen vuoksi satunnaisgeneraation ei voi valvomatta antaa tehdä mitä vain, ennen kuin teknologia kehittyy merkittävästi.

Tekoälyjen kehitys viime vuosina on ollut erittäin merkittävää, joten jos perinteisen satunnaisgeneraation avuksi laittaa tekoälyn, tulokset olisivat todennäköisesti parempia. Tekoälyllä voidaan ohjata mitä luodaan, jolloin itse ei tarvitse tarkistaa satunnaisgeneraation tuloksia niin useasti, ja se saisi aikaan mahdollisesti jopa luontevan näköistä jälkeä. Tekoälyjen jatkuva kehittyminen myös takaa sen, että sitä voidaan käyttää myös jatkossa. Jos luodaan pelisarjan alkuvaiheessa hyvä tekoäly, joka valvoo satunnaisgeneraatiota, se tulee olemaan jatko-osissa tai muissa vastaavissa peleissä todella hyödyllinen työkalu. (Liapis ym. 2019)

Tämän työn tarkoitus on tutkia, mitä kaikkea satunnaisgeneraatiolla on luotu peleissä. Haastattelun kautta saadaan myös pelinkehittäjän näkökulma aiheeseen. Tämän lisäksi kerron omia arvioitani satunnaisgeneraatiosta eri peleissä. Kaiken sen pohjalta on tarkoitus selvittää, mitä kannattaa luoda satunnaisgeneraatiolla.

Tässä työssä puhutaan monista eri tekniikoista. Näihin tekniikoihin tässä työssä ei perehdytä tarkemmin. Tekniikoita mitä voi käyttää pelinkehityksessä on VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality) ja MR (Mixed Reality).

VR eli virtuaalitodellisuus on täysin virtuaaliseen todellisuuteen pohjautuva tekniikka, jota voidaan käyttää erilaisien kokemusten ja pelien tekemiseen. Tämä tarvitsee yleisesti ottaen erilliset VR-lasit, joiden kautta voidaan nähdä virtuaalinen maailma. Yksi tunnetuimmista VR peleistä on Beat Saber (julkaisuvuosi 2018).

AR eli lisätty todellisuus on tekniikka, jolla voidaan esimerkiksi pelissä, joka hyödyntää kameraa, näyttää oikeassa maailmassa pelin objekteja. Nykyisillä älypuhelimilla on mahdollista kokeilla kaikenlaisia AR pelejä ja kokemuksia. Yksi tunnetuimmista AR tekniikkaa käyttävistä peleistä on Pokemon Go (julkaisuvuosi 2016).

MR eli yhdistetty todellisuus on tekniikka, jossa yhdistetään virtuaalinen ja oikea maailma, jolloin käyttämällä kameraa lisätään oikeaan maailmaan virtuaalisia objekteja, ja niitä voidaan myös yleensä manipuloida oikeiden objektien kanssa. Yksi esimerkki pelistä, joka hyödyntää MR tekniikkaa on Can You See Me Now? (julkaisuvuosi 2001) jossa pelaajat, jotka pelaavat verkossa virtuaalikaupungissa, paikenevat oikeassa kaupungissa juoksevilta tahoilta, joilla on käytössään käsitietokoneet, radiopuhelimet ja GPS-laitteet.

## 2 SATUNNAISGENERAATIOSTA

Satunnaisgeneraatiolla voidaan käytännössä luoda mitä vain peliä varten, kuten pelimaailma, varusteita ja hahmoja. Huomioitavaa näiden luonnissa on se, että luomista varten annetaan aina parametrejä, joiden pohjalta satunnaisgeneraatio luo haluttuja asioita. Tämä tehdään siksi, etteivät algoritmit loisi niin sanotusti ei-toivottuja, turhia ja käyttökelvottomia asioita, jolloin aikaa menisi hukkaan korjaamisessa. Tärkeää on muistaa, ettei lähde tekemään liikaa satunnaisgeneraatiolla. Riskinä on se, että koodin tekeminen vie niin kauan aikaa, ettei pelin tekeminen ole kannattavaa taloudellisesti. (Shaker ym. 2016, 1-2; Green 2016) ”If your game requires a high quantity of content and you need to rely on procedural generation, think of ways in which you can maintain a level of control over the critical parts of it.“(Kramarzewski, Nucci. 2018)

Moniin peleihin on myös luotu fanien toimesta modeja, jotka lisäävät peliin satunnaisgeneraatio-elementtejä. Modeilla tarkoitetaan yleisesti pelikehittäjien ulkopuolisten tahojen tekemiä lisäsisältöjä peliin. Alla on muutama esimerkki peleistä, joissa on tällaisia modeja.

- Stalker: Call Of Pripyat - peliin (julkaisuvuosi 2009) tehty Stalker: Anomaly -modi lisää peliin satunnaisesti generoituja tehtäviä monen muun asian lisäksi.

-The Elder Scrolls III: Morrowind -peliin (julkaisuvuosi 2002) tehty Morrowind comes alive -modi lisää peliin 1200 NPC-hahmoa, joiden tarkoitus on lisätä peliin elämää. Nämä hahmot ilmestyvät ja katoavat satunnaisesti, eivätkä ne näytä samalta.

- The Elder Scrolls V: Skyrim -peliin on tehty useampi modi, jotka luovat satunnaisesti luolastoja.

## 2.1 Mitä satunnaisgeneraatiolla voi tehdä?

Jos pelimaailma on täysin fiktiivinen eikä ei ole olemassa mitään aiempaa pohjaa, johon maailma perustuisi, voidaan se luoda täysin satunnaisgeneraatiolla. Jotta siitä saadaan luontevamman näköinen, voidaan satunnaisgeneraation luomaa maailmaa korjailla käsin, jolloin se näyttää paremmalta. Tällöin sinne ei jää niin paljon mahdollisia epäkohtia. (Shaker ym. 2016, 60-61)

The Elder Scrolls II: Daggerfall (julkaisuvuosi 1996) -peliä varten pelimaailman muoto ja kaupunkien sijainnit olivat jo ennestään määriteltyjä, mutta kaikki ylimääräinen kaupunkien ympärillä ja muualla maastossa lisättiin peliin satunnaisesti. Puiden, luolien ja raunioiden sijainnit tulivat peliin satunnaisesti. Daggerfallin pelimaailma on edelleen yksi isoimmista avoimista pelimaailmoista, mutta koska se on suurimmaksi osaksi täytetty satunnaisesti, se on erittäin karu, eikä se näytä luontevalta. (Whitson 2017, 193)

Yksittäisien tasojen kohdalla satunnaisgeneraatio toimii yllättävän hyvin tänä päivänä, varsinkin 2D-peleissä. Yksinkertaisin tapa luoda esimerkiksi luolaston yksittäinen kerros on määritellä kasa valmiita palasia, joita yhdistelemällä voi generaattori luoda kattavan luolaston. Tästä tyypillinen esimerkki on Roguelike -pelit, joissa tasot luodaan tyypillisesti pelin aikana. (Smith & Bryson 2014)

Yksi tunnetuimmista esimerkeistä satunnaisesti luoduista tasoista ovat Diablo -pelisarjan pelit, joissa pelin luolat luodaan satunnaisesti. Diablo -pelisarjassa on ensimmäisestä pelistä lähtien luotu pelin luolat satunnaisesti, jolloin jokainen pelikerta on ollut erilainen. Aarteet, ansat, hirviöt, huoneet, käytävät ja portaat asetetaan peliin satunnaisesti, jolloin jokainen pelikerta on ainutlaatuinen. Pelissä on staattisia elementtejä, jotka pysyvät samoina pelikerrasta toiseen, luovat tunnelmaa ja antavat turvaa pelaajalle. (Brown 2018) Diablo III -pelin (julkaisuvuosi 2012) pääsuunnittelija on sanonut kertonut asiasta näin.

“On the surface, it looks like a very simple game to make, but name another game out there that has over 100 monsters -- individual, unique types of

monsters -- that isn't an MMO. There's not a lot, and it's because that's not easy to do. It's a lot of content to create. Or games that have randomly-generated environments with randomly-generated encounters. Not easy things to do, but those things are key. It's what keeps Diablo interesting over time. And it's one of the reasons that, I think, you haven't seen many games succeed in that genre.” (Lopez 2008)



**Kuva 2.** Satunnaisesti generoitu luolasto Diablo III -pelissä.

Varusteiden luonti on erittäin tyypillistä varsinkin roolipeleissä tai muissa peleissä. Niitä voi olla erilaisissa peleissä satoja tai jopa tuhansia tai kuten Borderlands-sarjassa on miljoonia aseita. Sen sijaan, että niitä lähdetään kaikkia luomaan käsin, luodaan pohjat ja parametrit sille, millaisia varusteita algoritmi luo. Kun peliin on luotu haluttu määrä varusteita, tarkistetaan ovatko kaikki sellaisia kuin pitää, ja sitten ne voidaan jättää peliä varten joko sellaisinaan, tai hieman muokattuina. (Lee 2014)

Varusteita voidaan luomisen jälkeen joko sijoittaa maailmaan käsin tai jättää pelaajan saamat varusteet satunnaisgeneraation varaan. Esimerkiksi Borderlands 2 -pelissä (julkaisuvuosi 2012) tämä käy niin, että viholliset voivat satunnaisesti tiputtaa varusteita, kuten aseita, suoja, kranaatti- tai luokka-modeja. Kranaatti-modit pelissä lisäävät kranaatteihin, joita pelaaja voi käyttää joko tehoa tai mahdollisesti erilaisia lisävaikutuksia, kuten esimerkiksi muuntaa kranaatin tekemän vahingon

tuli- tai sähkövahingoksi, jolloin ne toimivat paremmin eri vihollisia kohtaan. Luokka-modeilla pelissä tehostetaan hahmoja ylipäänsä lisäämällä joko tasoja pelaajien eri taitoihin tai esimerkiksi lisäämällä aseiden vahinkoa. Myös arkuista ja kaupoista löytyy varusteita; koska ne ovat luotu peliin satunnaisesti, onnekas voi löytää jossain pelin vaiheessa todella hyvän varusteen, jota voi käyttää hyvän tovin. Varusteille on tehty rajoitukset niin, että korkeatasoisia varusteita eivät voi käyttää kuin korkeatasoiset hahmot, joten pelistä ei voi tulla varhaisessa vaiheessa liian helppoa löytämällä todella hyvää, niin sanottua loppupelin varustetta. (Burke 2019)



**Kuva 3.** Borderlands 2 -pelissä löytynyt ase, joka on satunnaisesti luotu

Hahmojen luonti tehdään yleensä käsin, mutta jos peliin luodaan paljon nimettömiä NPC-hahmoja (Non-Player Character, ei-pelaaja hahmoja), kuten esimerkiksi kaupungin kaduille sadoittain ihmisiä, ei niitä ole järkeä luoda kaikkia käsin. Tällöin annetaan koneen luoda ennalta määritellyillä parametreilla suuri joukko hahmoja, ja sitten asetella ne paikoilleen, tai luoda skripti, joka asettelee niitä satunnaisesti kaduille. (Bulitko ym. 2017) Hahmojen luonti on myös mahdollista pelin aikana, ja tätä hyödynnetään muun muassa Grand Theft Auto -pelisarjassa.

Esimerkiksi Grand Theft Auto V-peliin (julkaisuvuosi 2013) satunnaisesti luodut siviilit eivät enää aiempien pelien tapaan ole kaikki vain harmaata massaa, joka vain kävelee ympäriinsä, vaan heille on annettu tehtäväksi satunnainen kasa toimintoja, kuten jutella vastaantuleville ihmisille, puhua puhelimessa, polttaa tupakkaa,

hypätä bussiin ja lopulta mennä kotiin. Tämän on tarkoitus antaa kuva siitä, että kaduilla kävelevät ihmiset ovat realistisia, ja täten saada pelimaailma vaikuttamaan kokonaisuutena elävältä. (Bertz 2012, 67)

Tekstuureita voidaan luoda satunnaisesti peleihin esimerkiksi käyttäen Ken Perlinin kehittämää Perlin Noisea. (Scratchapixel 2019) Tavanomaisesti sitä käytetään veden, tulen, pilvien ja marmoripintojen tekstuurien tekemiseen. Myös muunlaisia tekniikoita ja menetelmiä voidaan käyttää lähes minkälaisen tekstuurin luomiseen, ja tekoälyllä on onnistuttu saamaan todella näyttäviä tekstuureita aikaan. (ACM 2018)

Pieniä tarinapätkiä ja sivutehtäviä pystyy tällä hetkellä tekemään peleihin tekoälyn avustuksella. The Elder Scrolls V: Skyrim -pelissä käytetty Radiant Story on hyvä esimerkki tekoälystä, joka luo satunnaisia kohtaamisia, ja tekee jokaisesta pelikerasta erilaisen. Esimerkiksi jos pelaajan hahmo on hyvä käyttämään loitsuja, voi hahmo yhtäkkiä tulla vastaan ja pyytää pelaajalta apua jonkun loitsun kanssa. (Bertz 2011)

## **2.2 Mitä satunnaisgeneraatiolla ei kannata tehdä?**

Kaiken luonti satunnaisgeneraatiolla on teoriassa mahdollista, mutta käytännössä se ei toimi kuitenkaan hyvin. Monissa, erityisesti luovuutta vaativissa asioissa satunnaisgeneraatio ei toimi hyvin, sillä vaikka se on kontrolloitavissa, se ei pysty simuloimaan taiteellista silmää. Tekoälyn avulla on mahdollista luoda luovuutta vaativia asioita, joskin tekoälyn tekemät luomukset eivät aina ole ihmisen luoman työn veroisia. ”From a computational creativity perspective, while PCG can be viewed as artifact generation, PCG algorithms are rarely classified as creative.” (Yannakakis ym. 2014) (Procedural Content Generation, Satunnainen sisällön generaatio)

Musiikki on yksi erittäin hyvä esimerkki siitä, mitä ei välttämättä kannata luoda peliin satunnaisesti, sillä anti voi olla vain sekavaa melua, ellei se sitten ole pelin kannalta toivottu tulos. Tekoälyn avulla on pystytty luomaan todella hienoja

melodioita. Sen sijaan, että musiikkia edes yritettäisiin luoda satunnaisgeneraatiolla, on se ehkä parempi jättää joko säveltäjille tai tekoälylle. (Plans & Morelli 2012, 197)

Tarinoiden luonti kokonaan satunnaisesti ei toimi, sillä vaikka sillä saisi aikaan sanoja, mutta satunnaisesti järkevien lauseiden, saati kappaleiden luonti on lähes mahdotonta. Tarinoita pystyy jotenkuten luomaan tekoälyn avulla, joskin tämä teknologia on vielä kehitysvaiheessa. Tällä hetkellä se vaatii jonkun kirjoittamaan pohjustusta ennen kuin tekoäly pystyy luomaan minkäänlaista jatkumoa tekstille, ja sitenkin tekoälyn kirjoittama teksti voi olla sekavaa. Tekstinluontiin tehdystä tekoälystä nimeltään GPT-2 annettiin julkiseen käyttöön kouluttamaton malli, sillä sen kehittäjät pelkäsivät, että tutkijoiden kouluttaman mallin avulla ihmiset voisivat luoda esimerkiksi suuret määrät valheellisia uutisia. Vaikka ne olisivat helposti todistettavissa vääriksi, oikean informaation hakeminen internetistä silti vaikeutuisi huomattavasti. (Radford ym. 2019)

Mutta kokonaisien tarinoiden luomisen sijasta olisi ehkä parempi yrittää luoda järjestelmä, joka luo pelin tarinaan pieniä variaatioita satunnaisesti. Tällainen järjestelmä ei muuttaisi koko tarinaa, mutta tekisi pelistä erittäin uudelleenpelattavan. Yksi hyvä vertauskohde luotuihin variaatioihin pelien tarinoissa on pöytäroolipelit, joissa yksi ihminen toimii pelinjohtajana, joka määrää miten tarina muotoutuu muiden pelaajien päätösten mukaan, ja vie sillä tarinaa eteenpäin. ”Table-top RPGs have more complex and open-ended quests, since in those games, quests can be dynamically generated and adapted during gameplay by the human game-master, rather than being prewritten. Procedural quest generation gives a way to bring that flexibility back into videogame quests.” (Shaker ym. 2016, 124)

### **2.3 Mitä satunnaisgeneraatio ei ole**

On asioita, joita moni asiaan perehtymätön luulee satunnaisgeneraatioksi, mutta todellisuudessa ovat jotain muuta. Satunnaisgeneraatio mielletään nykyään usein ns. lootboxeihin. Todellisuudessa ne kuitenkin toimivat samalla tavalla verkkoarpojen



kanssa, eli niiden sisältö arvotaan satunnaisesti ennalta määritellystä mahdollisesta sisällöstä; yleensä kosmeettisia varusteita, tai skinejä, joiden harvinaisuus on ennalta määritelty.

Verkkoarvoissa tämä toimii niin, että on ensin määritelty arvoille yksilöivät numerot. Tämän jälkeen joka arvalle määritetään voittaako arpa vai ei. Lopuksi voittaviin arpoihin määritetään minkä summan pelaaja voittaa. Voittojen summat ja kuinka monta minkäkin kokoista voittoa on kaikkien nähtävissä sivuilla. Arvan ostaessaan pelaaja saa satunnaisesti arvan, ja saatuaan mahdollisen voiton järjestelmä tarkistaa täsmääkö pelaajan voitto arvan numeron kanssa siihen, mitä on kirjattu järjestelmään. Lopuksi, jos kaikki täsmää, niin pelaaja saa rahat joko peli- tai pankkitililleen. (Veikkaus 2019)

Monissa peleissä lootboxit maksavat hieman, ja tällä tavoin pelillä tehdään rahaa pelin tekijöille. Moni nykyajan pelaaja ei kuitenkaan tykkää tästä rahoitusmallista, sillä näitä tyrkytetään pelaajille. Vaikka pelaaja saisi pelissä ilmaiseksi joko säännöllisesti tai satunnaisesti niitä, niin siihen jää yhtä helposti koukkuun kuin oikeaan vedonlyöntiin. Tämän takia moni viranomaistaho on ottanut nämä selvitetäväksi. Muun muassa Belgiassa ne ovat laissa kielletty (Naessens 2018; Locklear 2018), ja moni muu valtio pohtii niiden rajoittamista tai täyttä kieltä. (Naessens 2018; Kelly 2019)

Satunnaisgeneraatiota on myös jossain määrin rinnastettu virtuaalisiin keräilykorttipeleihin, kuten esimerkiksi Hearthstone (julkaisuvuosi 2014) ja Magic: The Gathering Arena (julkaisuvuosi 2018). Molemmissa peleissä pelaajalla on pakka, jonka avulla on tarkoitus voittaa vastustaja. Pakassa olevat kortit voi joko pelaaja itse valita, tai hän voi ottaa pelin valmiiksi luomia pakkoja, joita hienosäätää itse halujensa mukaan. Missään vaiheessa siis ei pelin aikana luoda kortteja, vaan kortit ovat koko ajan valmiina, ellei pelin kehittäjä lisää niitä peliin. Kyseisiin peleihin ei myöskään luoda kortteja satunnaisesti, sillä korttien pitää olla tasapainossa muihin kortteihin, ettei jokin kortti ole selvästi parempi. Silloin tällöin käy vahinko ja peliin luodaan vahva kortti, jonka jälkeen se kielletään virallisissa kisoissa. Kiellon tarkoituksena

on, etteivät kaikki pakat olisi samanlaisia, tai etteivät ottelut olisi vain kiinni siitä, kuka saa pelattua ylivoimaisen kortin ensimmäisenä. (Wizards of the Coast 2019)

Monissa peleissä käytetään satunnaislukugeneraattoria (Random Number Generator, RNG) erilaisissa asioissa. Yksi yleisimmistä satunnaislukugeneraattorin ilmenymistä peleissä on vahingon laskeminen roolipeleissä, tai erilaisissa todennäköisyyslaskelmissa, kuten vaikka edellä mainituissa lootboxeissa. Satunnaislukugeneraattori ei kuitenkaan ole sama asia kuin satunnaisgeneraatio, vaikka ovatkin joissain määrin samankaltaisia toiminnallisuuksiltaan. Ero on kuitenkin selvä; satunnaisgeneraatiolla luodaan asioita, joita sen algoritmit on laitettu luomaan. Satunnaislukugeneraattori taas luo nimensä mukaisesti lukuja, joita käytetään milloin mihinkin tarkoitukseen. Satunnaislukugeneraattori ja satunnaisgeneraatio kulkevat käsi kädessä, mutta niiden funktiot ovat erilaisia. Tämän vuoksi ne ovat myös helposti sekoitettavissa keskenään.

Monissa Dungeons and Dragons -roolipeliin pohjautuvissa roolipeleissä kaikki vahinko, mitä joko pelaaja tekee tai kohdistuu pelaajaan, lasketaan simuloituilla nopanheittoilla, joka toteutetaan satunnaislukugeneraattorilla. Yleensä tämä vahingon laskukaava ilmoitetaan peleissä tyylillä  $1d6+1$  tai  $3d2$ , joista ensimmäinen tarkoittaa yhtä kuusisivuisen nopan heittoa ja lisätään siihen yksi. Tällöin vahinko on mitä tahansa kahden ja seitsemän välillä. Toinen esimerkki tarkoittaa kolmen kaksisivuisen nopan tai kolikon heittoa, jolloin vahinko on mitä tahansa kolmen ja kuuden välillä. Moni videopeli käyttää tätä tai vastaavaa laskukaavaa, jolloin peliin tulee pieni tuurielementti. (Red Blob Games 2012) Peleissä, joissa vahinko lasketaan näin ja näytetään tehty vahinko lukuina, tämän näkee hyvin helposti. Sama hyökäys voi ensin tehdä esimerkiksi kymmenen vahinkoa, mutta toisella kertaa vain seitsemän vahinkoa. Tästä hyvä esimerkki on Final Fantasy -pelisarja.



**Kuva 4.** Loitsu tekee eri määrän vahinkoa hahmoihin pelissä Final Fantasy X – HD Remaster (Julkaisuvuosi 2013)

#### 2.4 Satunnaisgeneraatio eri lajityyppien peleissä

Videopelejä on useaa eri tyyllilajia, ja useimmissa voidaan hyödyntää satunnaisgeneraatiota eri tavoilla. Lähes kaikki pelit voivat hyödyntää satunnaisgeneraatiota pelimaailman tai pienien kokonaisuuksien luomiseen, mutta eri lajityypeissä tämä tarkoittaa eri asioita.

Autopeleihin on suhteellisen helppo luoda satunnaisesti ratoja. Joskin erityisesti rallipeleissä halutaan mallintaa rata oikeiden ralliratojen mukaan. Pelintekijät voivat myös halutessaan luoda peliin lisätiloja, joissa käytetään satunnaisia ratoja, mikä luo peliin lisää sisältöä. (Cardamone 2011) Esimerkiksi pelissä Racecraft (julkaisuvuosi 2016) kaikki radat luodaan satunnaisesti.

Roolipeleissä voidaan luoda luolia ja jopa kokonaisia maailmoja satunnaisesti. Jos peli on erittäin tarinapainoitteinen, kannattaa pelinkehittäjien kuitenkin vähintään tarkistaa tarinan kannalta tärkeät paikat, että ne ovat sellaisia kuin pitää olla. Hyvä on huomioida myös, ettei varsinkaan välikohtauksissa, joissa kamera on lukittuna tiettyihin kuvakulmiin, näy mitään epäkohtia maailmassa, joka voi rikkoa

immersion pelaajalta. Roolipeleissä voidaan myös luoda varusteita, aseita, vihollisia ja NPC-hahmoja satunnaisesti. (Shaker ym. 2016)

Strategiapeleissä karttojen luonti on mahdollista, joskin erityisesti reaaliaikaisissa strategiapeleissä (RTS, Real Time Strategy) karttojen läpikäyminen niiden tasaväkisyyden vuoksi on tärkeää. Jos kartta on suosiollisempi jollekin pelaajille se ei anna hyvää pelikokemusta oikeastaan kellekään. Tämän takia satunnaisgeneroidut kartat toimivat paremmin vuoropohjaisissa strategiapeleissä, kuten esimerkiksi Civilization -pelisarjassa ja Heroes of Might and Magic -pelisarjassa, joissa tarkoitus on enemmänkin tutkia maailmaa ja kaikilla pelaajilla on aikaa miettiä seuraavaa siirtoa. Starcraft -peleissä, joissa tarkoitus on ennemminkin kerätä mahdollisimman nopeasti resursseja, joilla voidaan tehdä armeija, jolla tuhota vastustaja, eivät satunnaisesti generoidut kartat välttämättä toimi. (Togelius ym. 2010)

Räiskintäpeleissä (FPS, First Person Shooter) voidaan luoda karttoja peliä varten. Nykyään moni räiskintäpeli keskittyy erittäin kilpailulliseen pelaamiseen, jolloin karttojen täytyy olla mahdollisimman tasaväkisiä. Niissä ei saa olla mitään paikkaa tai asiaa, mikä antaa etulyöntiasemia toisille pelaajille, jolloin peli ei ole tasaväkinen ja reilu, ja pelin voittaa se, joka ehtii hyödyntämään ensimmäisenä kartan etulyöntiasemaa. Tämän takia karttoja luodessa peliin satunnaisesti täytyy ne tarkistaa huolellisesti. Kartoissa ei saa myöskään olla mitään kohtia joihin hahmo voi jäädä jumiin tai näkymättömiä objekteja, jotka estävät pelaajia ampumasta toisiaan. (Kruse ym. 2016)

Tasohyppelypeleissä tasojen luonti satunnaisesti on helppoa 2D-peleissä, joskin 3D peleissäkään se ei ole mahdotonta. Tästä hyvä esimerkki on Markus Perssonin kehittämä Infinite Mario Bros, jonka kaikki tasot luodaan satunnaisgeneraatiolla. Pelin tasot pohjautuvat Nintendon vuonna 1985 julkaisemaan Super Mario Bros. -peliin, ja nimensä mukaan tasoja onkin pelissä loputtomiin. (Shaker ym. 2016, 53)

### 3 NÄKÖKULMIA SATUNNAISGENERAATIOON

Aikomus on kartoittaa, mikä todella toimii satunnaisesti generoituna. Tarkoitus on saada näkökulmaa asiaa niin pelinkehittäjän, kuin pelaajankin näkökulmasta. Niiden pohjalta voidaan tehdä pohtia siitä, mitä satunnaisgeneraatiolla kannattaa tehdä.

#### 3.1 Pelinkehittäjän haastattelu

Kaiken lukemani taustatiedon pohjalta lähdin haastattelemaan pelinkehittäjää. Tarkoitus tällä kyselyllä on saada yhdeltä tuntemaltani pelinkehittäjältä mielipiteitä satunnaisgeneraatiosta ja yleensä pelinkehityksestä. Otin yhteyttä pelinkehittäjään (Haastatellun pyynnöstä nimeä ei julkaista julkisessa opinäytetyössä), jolla on 25 vuoden kokemus videopeleistä pelaajana ja viidentoista vuoden kokemus pelikehityksestä, joista viimeiset viisi hän on erikoistunut XR-tekniikoihin. XR-tekniikat tarkoittavat kaikkia VR, AR ja MR-tekniikoita yhdessä. Hän itse pelaa lähinnä FPS-, strategia- ja lautapelejä. Hän työskentelee tällä hetkellä markkinointiyrityksessä XR-kehittäjänä. Yritys tekee kaikenlaisia sähköisiä ratkaisuja yrityksille niin viestintään kuin markkinointiinkin, ja yksi osa tätä on XR-kokemusten kehittäminen erilaisiin tarkoituksiin. Haastattelu tapahtui sähköisesti.

##### *Minkälaisia pelejä olet tehnyt?*

Pelikehittäjä: ”Pienen kokoluokan pelejä ja yksin, peliprojektit ovat jääneet lähes poikkeuksetta kesken. Nyt työkseni tehnyt noin 2 vuotta pelejä työkseni, jotka ovat olleet lähinnä pelillistämiprojekteja. Peligenret ovat vaihdelleet 2D:stä 3D:hen.”

Pelillistämiprojekteilla tarkoitetaan kehitystyötä, joilla on tarkoitus muuntaa esimerkiksi jonkun asian oppiminen enemmän pelin kaltaiseen muotoon, jolloin oppiminen voi olla joillekin helpompaa. Pelillistämistä voidaan myös harjoittaa markkinoinnissa. Tällöin voidaan tehdä esimerkiksi jokin pienimuotoinen peli, jota pelaamalla voi kaupan asiakkaalla on mahdollisuus voittaa tarjouskuponkeja kauppaan tai jopa palkintoja.

***Mikä tulee mieleesi sanasta satunnaisgeneraatio ja jos pelissä on satunnaisesti luotua sisältöä, mikä tulee ensimmäisenä mieleen?***

Pelikehittäjä: ”Satunnaisesti tuotettu sisältö. Taustastani johtuen liitä satunnaisgeneraation lähinnä peleihin, vaikka sitä voidaan mahdollisesti hyödyntää muillakin aloilla. Ensimmäisen satunnaisgeneraatiosta tulee mieleen pelien kenttien tai kerätävien tavaroiden satunnainen luominen. esim. Diablo 3:sen kartat”

***Mikä on mielestäsi yleisesti paras tapa luoda peliin seuraavia asioita, riippumatta budjetista tai kehitysjasta?***

Pelikehittäjä: “Yleistä: haastattelu liittyy satunnaisgeneraatioon ja vastaan siihen liittyen seuraaviin kohtiin. Lisäksi on mielestäni otettava huomioon, että peligenerejä on laaja valikoima ja eri genreissä alla olevat osa-alueet voidaan luoda täysin eri tavoilla.”

**Taulukko 1.** Haastattelun vastauksia 1

<b>Osa-alueet:</b>	<b>Pelikehittäjän vastaus:</b>
Luolastot tai muut pienet pelialueet	”Pienet alueet on paras luoda käsin monistamalla ennalta määrättyjä objekteja. Kuitenkin alueiden määrän kasvaessa olisi hyvä harkita satunnaisesti generoituja pelialueita, mikä se peliin sopii.”
Pelimaailma tai isompia pelialueita	”Isommat pelialueet vaativat melkein aina jonkinlaisen kenttäeditorin tekemisen tai juurikin satunnaisesti generoimalla tietynlaisia kokonaisuuksia.”
Aseita & muita varusteita / käytettäviä esineitä	”Jos aseita/varusteita on paljon ja niitä on useita samantasoisia, voidaan niiden luomiseen käyttää satunnaisgeneraatiota. Muuten ne asetellaan peliin tarkalta määrättyihin kohtiin.”
NPC-hahmoja	”Yksittäiset NPC-hahmot luodaan tilannekohtaisesti, mutta mikäli samoja tai lähes samoja hahmoja on useita kannattaa harkita mahdollisesti hahmojen periyttämistä.”
Vihollisia	”-  -”
Musiikki	”Musiikki luominen on yleensä viimeisimpiä, mitä peliin luodaan ja se tuotetaan pelin teemaan sopivaksi ja tilannekohtaisesti. Tiettyihin peleihin toimii myös reaaliajassa generoitu musiikki.”

Tarina (suuri kokonaisuus)	”Yleisesti tarinat luodaan aina kohta kohdalta, mutta jossain tilanteessa ei ole pelin kannalta väliä hairahtuuko tarina sivupolulle ja silloin voidaan käyttää satunnaisgeneraatiota”
Tarinapätkiä (Pieniä kokonaisuuksia)	”-  -”
Kosmeettinen lisäsisältö (Skinit yms.)	”Kosmeettisille sisällön objektille luodaan tietty perusrakenne ja sitten määritellään kohdat, joita voidaan muuttaa satunnaisgeneraatiolla.”

*Mikä on mielestäsi yleisesti paras tapa luoda peliin seuraavia asioita, jos huomioidaan budjetti (5000€) ja kehitysaika (15 htp(henkilötyöpäivää))?  
Anna lyhyt perustelu mielipiteillesi.*

**Taulukko 2.** Haastattelun vastauksia 2

Osa-alueet:	Pelikehittäjän vastaus:
Luolastot tai muut pienet pelialueet	”Käsin, sillä ei ole aikaa tehdä mitään editoria.”
Pelimaailma tai isompia pelialueita	”Mahdollisesti tuolla budjetilla ei isompia pelialueita pysty toteuttamaan”
Aseita & muita varusteita / käytettäviä esineitä	”Mahdollisesti tuolla budjetilla ei useita eri aseita/varusteita pysty toteuttamaan, vaan mennään yhdellä asella.”
NPC-hahmoja	”Mahdollisesti tuolla budjetilla ei erillisiä NPC-hahmoja pysty toteuttamaan”
Vihollisia	”Käsin, sillä vihollisten lukumäärä on todella pieni eikä siihen kannata silloin sotkea periyttämistä.”
Musiikki	”Ostamalla valmista musiikkia”
Tarina (suuri kokonaisuus)	”Luomalla yksinkertainen perusidea pelille, ei mitään kunnollista tarinaa.”
Tarinapätkiä (Pieniä kokonaisuuksia)	”Mahdollisesti tuolla budjetilla ei erillisiä tarinapätkiä pysty toteuttamaan”

Kosmeettinen lisäsältö (Skinit yms.)	”Jättämällä lisäsältö kokonaan pois”
--------------------------------------	--------------------------------------

*Mikä on mielestäsi paras tapa luoda asioita avoimen maailman peliin, jossa on suuria määriä seuraavia asioita?*

**Taulukko 3.** Haastattelun vastauksia 3

Osa-alueet:	Pelikehittäjän vastaus:
Luolastot tai muut pienet pelialueet	”Satunnaisgeneraatiolla, sillä se vähentää työhön kulutettavaa aikaa sisällöntuottamisessa suurilla määrillä.”
Pelimaailma tai isompia pelialueita	”Osittain käsin ja osittain satunnaisgeneraatiolla. Maailman kartta suunnitellaan käsin, mutta sinne sijoitetaan osa-alueita satunnaisgeneraatiolla.”
Aseita & muita varusteita / käytettäviä esineitä	”Satunnaisgeneraattorilla. Mutta ehdoilla, että tiettyjä aseita ja varusteita saa vasta tietyn pisteen jälkeen”
NPC-hahmoja	”Satunnaisgeneraatiolla. Mutta ehdoilla, että tiettyjä hahmoja syntyy vain tietyissä paikoissa.”
Vihollisia	”-  -”
Musiikki	”Kaikki musiikki tehdään käsin, mutta kuunneltavaa tuotetaan paljon. (Myöskään saman musiikin toistaminen ei ole aina huono asia)”
Tarina (suuri kokonaisuus)	”Mielestäni tarinan tuottaminen (main quest) on lähes aina oltava käsin suunniteltu, eikä sitä oikein voi generoida”
Tarinapätkiä (Pieniä kokonaisuuksia)	”Satunnaisgeneraatiolla, mutta mahdollisesti tarinapätkät (side questit) on järkevää toteuttaa satunnaisgeneraatiolla mikäli mahdollista”
Kosmeettinen lisäsältö (Skinit yms.)	”Satunnaisgeneraatiolla. Yleisesti kaikki mikä on mahdollista toteuttaa satunnaisgeneraatiolla kannattaa toteuttaa niin suurissa kokonaisuuksissa.”

*Mikä on mielestäsi paras tapa luoda tarinapainotteiseen peliin seuraavia asioita?*



**Taulukko 4.** Haastattelun vastauksia 4

<b>Osa-alueet:</b>	<b>Pelikehittäjän vastaus:</b>
Luolastot tai muut pienet pelialueet	”Käsin, sillä tarina määrittää paljon pelialueita.”
Pelimaailma tai isompia pelialueita	”-  -”
Aseita & muita varusteita / käytettäviä esineitä	”Satunnaisgeneraatiolla. Mahdollisesti aseet ja varusteet eivät vaikuta tarinaan.”
NPC-hahmoja	”Käsin, sillä tarina määrittää paljon mitä NPC-hahmot ovat ja tekevät.”
Vihollisia	”Käsin, sillä tarina määrittää paljon mitä viholliset ovat ja tekevät.”
Musiikki	”Käsin, sillä tarina määrittää paljon millainen tunnelmat musiikilla pitää luoda..”
Tarina (suuri kokonaisuus)	”Käsin, sillä tarina on pelin oleellisin kohta.”
Tarinapätkiä (Pieniä kokonaisuuksia)	”Käsin, sillä tarina on pelin oleellisin kohta.”
Kosmeettinen lisäsisältö (Skinit yms.)	”Satunnaisgeneraatiolla. Sillä koskeettisella lisäsisällöllä ei ole merkitystä mihinkään.”

*Mikä on mielestäsi kustannustehokkain tapa luoda peliin seuraavia asioita?*

**Taulukko 5.** Haastattelun vastauksia 5

<b>Osa-alueet:</b>	<b>Pelikehittäjän vastaus:</b>
--------------------	--------------------------------

Luolastot tai muut pienet pelialueet	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Pelimaailma tai isompia pelialueita	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Aseita & muita varusteita / käytettäviä esineitä	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
NPC-hahmoja	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Vihollisia	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Musiikki	”Ostaa valmista musiikkia”
Tarina (suuri kokonaisuus)	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Tarinapätkiä (Pieniä kokonaisuuksia)	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”
Kosmeettinen lisäsisältö (Skinit yms.)	”Käsin, sillä olen tehnyt vain pieniä peliprojekteja.”

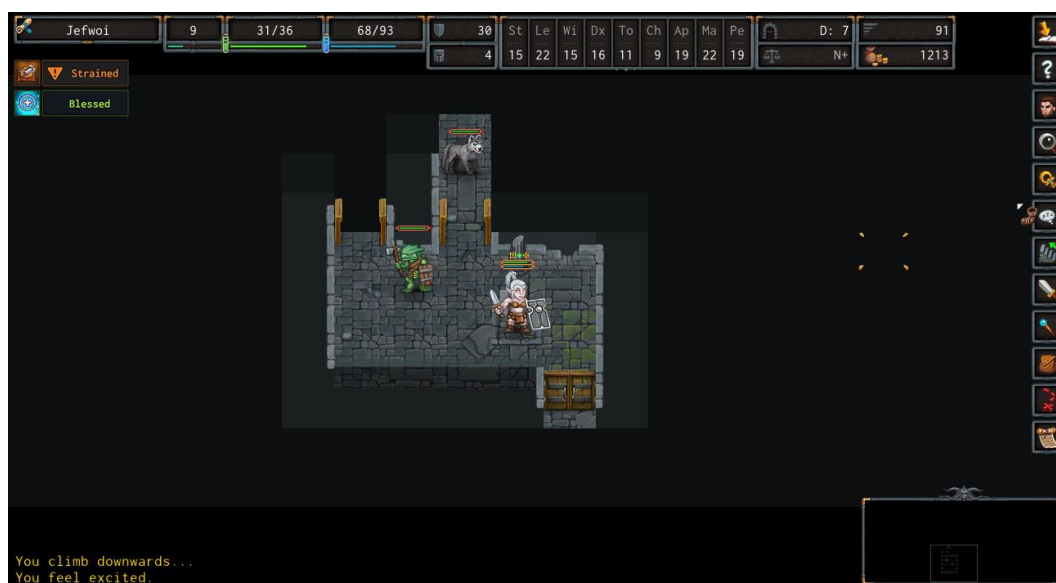
### 3.2 Satunnaisgeneraation arviointia

Olen itse pelannut lukuisia pelejä yli 25 vuoden aikana. Monissa pelaamissani peleissä on hyödynnetty satunnaisgeneraatiota eri tavoin, ja tässä kappaleessa kerron niistä peli kerrallaan. Samalla myös kerron mitä mieltä olen sen toimivuudessa eri kohdissa, ja kerron myös omia ideoita, joilla vastaavissa tilanteissa olevaa satunnaisgeneraatiota voidaan kehittää.

#### 3.2.1 Ancient Domains of Mystery (ADOM)

Aina ensimmäisenä, kun astuu satunnaisesti generoituun luolaan tai sen seuraaviin kerroksiin, pitää katsoa tuleeko jotain erikoisviestiä, joka kertoo, onko kerroksessa

jotain erikoista. Tästä hyvä esimerkki on viesti: ”You feel excited”, jolloin kyseiseen kerrokseen on luotu holvi, joka sisältää paljon vihollisia, ja ne voivat olla joko tiettyä vihollistyyppiä, kuten ”örkkejä” tai epäkuolleita (zombeja, luurankoja, aaveita ja niin edelleen) tai täysin satunnainen joukko vihollisia, jolloin siellä tulee vastaan vahvempia hirviöitä, kuin normaalisti kyseisen kerroksen vaarallisuustasolla tulisi vastaan.



**Kuva 5.** ”You feel excited” viesti ADOM pelissä.

Myös jokaisessa huoneessa voi olla jokin erikoisuus, kuten pimeä huone, jolloin siellä ei näe mitään ilman valoa, tai että huone voi haista porkkanoille. Monilla yksittäisen huoneen vaikutuksella voi olla jokin positiivinen vaikutus hahmoon, mutta vaikutukset voivat olla myös negatiivisia. On esimerkiksi mahdollista päätyä huoneeseen, jossa hahmon ampumat nuolet eivät osu niin tarkasti vihollisiin, tai hahmo menettää kaiken taikaenergiansa.

Viholliset ja esineet, joita kerroksissa tulee vastaan, määrittyvät vaarallisuustason mukaan, mutta aina välillä voi tulla erikoisviesti, jolloin kerrokseen on joko luotu artifakti tai erikoinen vihollinen. Artifaktit ovat yleensä vahvoja esineitä tai aseita, jotka voivat edistää pelaajaa huomattavasti. Jos peli luo kerrokseen tällä tavoin artifaktin, niin peli luo myös sille vahvan, nimetyn vihollisen vahtimaan sitä. Erikoiset viholliset ovat myös nimettyjä, tosin huomattavasti normaalia vastaavaa

vihollista vahvempia vastustajia, joita kohdatessaan peli antaa kuvauksen tästä vihollisesta.

Kaikki nämä yhdessä tekevät jokaisesta pelikerrasta uniikkeja. Ne vaativat pelaajalta vahvaa keskittymistä ja kykyä reagoida tilanteisiin sitä mukaa, kun niitä kehittey. Usein kannattavin taktiikka on vetäytyä ja kohdata ylivoimaiset vastustajat myöhemmin paremmilla varusteilla, tai antaa kokonaan olla, sillä usein pelaajan hahmot kuolevat, jos lähtee tyhmänrohkeasti kohtaamaan vahvoja vihollisia.

Näistä koen erittäin hyvin toimivaksi osioksi pienten alueiden satunnaisgeneraation, erityisesti silloin, kun siihen lisää vielä lisänä eri huoneiden ja tilojen erikoisuudet. Tällöin peliin tulee heti lisää mielenkiintoista sisältöä, kun ei voi tietää, mitä on luvassa, joskus tosin se voi olla epäreilua pelaajan kannalta. Esimerkiksi jokin ansa tai muu voi tappaa pelaajan hahmon helposti aivan alkumetreillä. Tällainen ennemminkin turhauttaa kuin kannustaa pelaamaan lisää.

### **3.2.2 Civilization-pelisarja**

Civilization on Sid Meierin kehittämä pelisarja, joka juontaa juurensa vuoteen 1991. Civilization on yksi tunnetuimpia vuoropohjaisia strategiapelisarjoja, ja pelisarjan viimeisin osa, Civilization VI, julkaistiin vuonna 2016. Pelisarja on myös tunnettu siitä, että vaikka siinä pelataan historiallisilla hahmoilla ja valtakunnilla, sitä pelataan usein pelin satunnaisesti generoiduilla kartoilla. Pelissä on myös ollut perinteenä mahdollisuus pelata simuloitulla maapallolla, jos haluaa roolipelata oikean historian kulkua.

Karttojen generointi satunnaisesti tekee pelin kulusta selkeämpää; ensin etsitään omalla ensimmäiselle kaupungille sijainti. Sitten lähdetään tutkimaan lähimaastoa, laajennetaan, tutustutaan muihin valtakuntiin, jolloin toimitaan joko sotilaallisesti tai diplomaattisesti heidän kanssaan. Koska kartta on satunnaisesti generoitu, se tekee kartan tutkimisesta jännittävää, sillä aina kun tutkii kartoittamatonta aluetta, ei tiedä mitä tulee vastaan, eikä tiedä mitä muita sivilisaatioita pelissä on, ennen kuin heihin on ottanut kontaktia.

### 3.2.3 Dwarf Fortress

Dwarf Fortress -pelin luoman maailma ja sen historia on täysin luotu satunnaisgeneraatiolla. Ennen kuin peliä voi edes pelata, täytyy luoda maailma, jonka kokoa, historian pituutta, sivilisaatioiden, louhosten, petojen, raakalaisuuden ja mineraalien esiintymisten määriä voi pelaaja säätää oman halunsa mukaan. Kun maailma on luotu, voi pelaaja pelata peliä joko pelata peliä sivilisaatiomoodissa, jossa luodaan kääpiösivilisaatio, ja yritetään pärjätä luodussa maailmassa.



**Kuva 6.** Dwarf Fortress -pelin maailmanluonti.

Peliä voi myös pelata seikkailumoodissa, jolloin peliä pelataan lähes samalla tavalla kuin mitä tahansa roguelike-peliä. Pelaajalla on myös mahdollisuus tutkia luodun maailman historiaa tarkemmin. Tässä tilassa on mahdollista nähdä maailmaan luodun historian kaikki merkittävät hahmot ja niiden saavutukset. On myös mahdollista tutkia vuosi vuodelta eri sivilisaatioiden tapahtumia.

Dwarf Fortress on erittäin laaja kokonaisuus, jonka tarkempaan perehtymiseen menee todella paljon aikaa. Toisaalta se on myös mielenkiintoinen laajuutensa vuoksi. Moni pelaaja tosin kokee Dwarf Fortress -pelin aivan liian monimutkaiseksi, mutta jos pääsee alkuun, peli antaa mahdollisuuden tehdä vaikka mitä.

### 3.2.4 Heroes of Might and Magic III

Heroes of Might and Magic III (julkaisuvuosi 1999) on vuoropohjainen strategia-peli, jossa pelaajat kontrolloivat valtakuntia, ja liikuttaa sankareita, jotka liikkuvat oman armeijansa kanssa. Peliin julkaistiin Armageddon's Blade lisäosan myötä karttojen satunnaisgeneraattori, jolloin pelin lukuisten valmiiden karttojen lisäksi oli mahdollista luoda loputtomasti uusia karttoja.

Pelissä valmiina olleet moninpeli kartat ovat käsin tehtyjä ja ovat siksi yleensä tasapainoisia moninpeliä varten. Jotkut pelin yksinpelikampanjaa varten luodut kartat eivät kuitenkaan sovellu moninpeliin, sillä niissä voi olla epätasaisesti sijoiteltuja resursseja pitkin karttaa. Satunnaisgeneraatio pyrkii parhaansa mukaan luomaan tasaväkisiä karttoja, mutta ne eivät aina todellakaan ole aivan tasapuolisia. Ne kuitenkin tuovat peliin käytännössä loputtomasti uudelleenpelattavaa.

Vaikka peli on 20 vuotta vanha, löytyy sille edelleen laaja pelaajakunta, ja peliin on luotu useita modeja, jotka pyrkivät parantamaan pelin satunnaisgeneraatio-algoritmeja. In the Wake of Gods -modilla peliin tulee mahdollisuus säätää itse algoritmeja, jolloin jokaisesta pelikerrasta saa itselleen mieluisen. Tosin parametrejä on säädettävissä niin paljon, että harva jaksaa koskea niihin jokaisen pelikerran jälkeen.



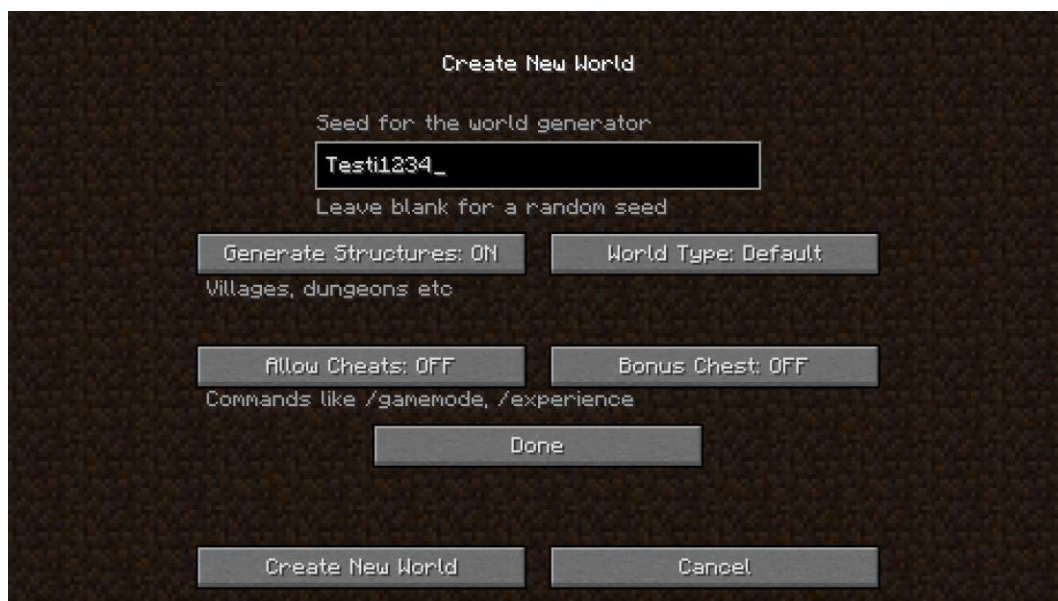
**Kuva 7.** In the Wake of Gods -modin valikko, jossa voi säätää asetuksia

Satunnaisgeneraatio on tässä tilanteessa hyvä lisäys peliin. Hyvä on kuitenkin huomioida, että jos pelaajat pystyvät itse säätämään satunnaisgeneraation algoritmejä, niin säädöt on hyvä kategorisoida erittäin helposti säädettäväksi, ettei parametrien muuntaminen mene liian monimutkaiseksi. Tämä voi olla monille liikaa, ja se voi ajaa monen ihmisen pois koko pelistä. On kuitenkin olemassa pelaajia, jotka haluavat säätää joka ikistä pientä yksityiskohtaa peleissä, joten jos ne halutaan sisällyttää peliin, on se hyväksyttävää. Suosittelemme kuitenkin laittamaan ne omaan valikkoon, ettei keskivertopelaajan tarvitse nähdä kaikkia niitä säätöjä, ellei itse niin halua.

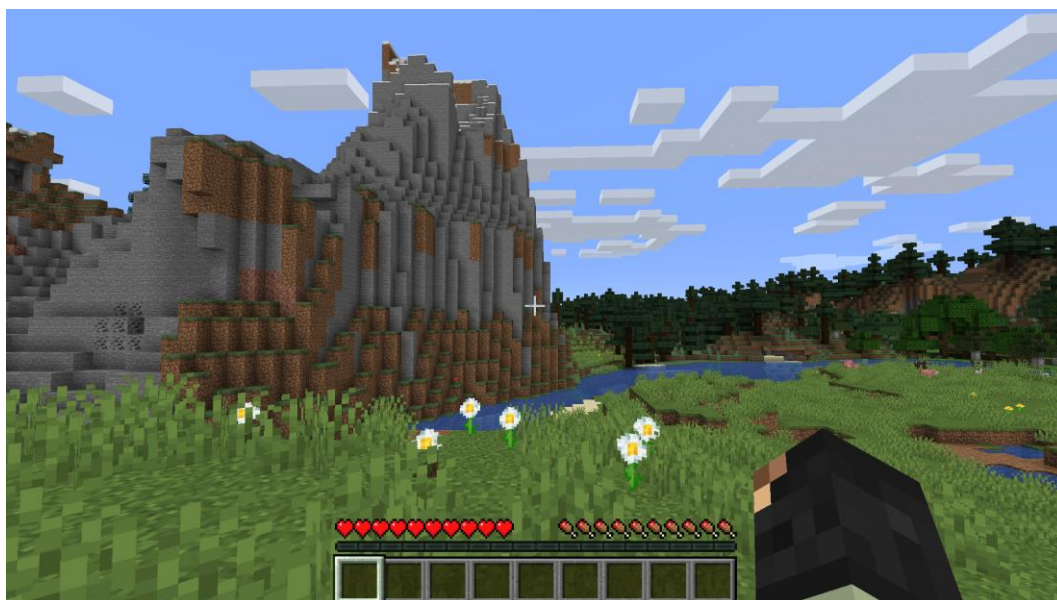
### 3.2.5 Minecraft

Minecraft (julkaisuvuosi 2009) on erittäin suosittu avoimen maailman peli, jossa voidaan luoda ja rakentaa lähes mitä vain. Pelin maailmat luodaan satunnaisgeneraatiolla, joskin peli hyödyntää jokaisen maailman luomisessa niin kutsuttua siementä (Seed) joka on kymmenlukuinen merkkirivi. Jakamalla käyttämäänsä

merkkiriviä pystyy pelaaja jakamaan maailman samassa muodossa muille pelaajille, kuin mitä se oli, kun pelaaja astui ensimmäisen kerran maailmaan.



**Kuva 8.** Minecraft -pelin maailmanluontivalikko



**Kuva 9.** Merkkirivillä "Testi1234" luotu Minecraft maailma

Pelimaailman koko on massiivinen, ja aina löytyy uutta tutkittavaa. Erittäin harva pelaaja tulee koskaan löytämään maailmasta kaikkea, ellei käytä jotain erillistä



ohjelmaa maailman läpikäymiseen. Ainakaan jos pelaaja pelaa peliä selviytymistilassa.

Pelissä on myös luomistila, jossa on helppo luoda ja tehdä omia rakennelmia. Tässä tilassa on helppo myös testata erilaisia asioita, joita peliin on tullut päivityksien myötä. Useat verkossa jaetut maailmat ja rakennelmat, joita näkee, on luotu luomistilassa.

Pelin satunnaisgeneraatiolla on kuitenkin selvät rajat, joiden mukaan se luo asioita. Peli luo maailmaan useita eri biomeja, kuten esimerkiksi tundra- tai aavikkobiomit, joihin kuuluu tietty joukko omia, uniikkeja objekteja. Myös esimerkiksi timantteja löytyy yleisesti ottaen vain, kun menee riittävän syvälle maan pinnan alle. Maailmalla on myös pohja, joka on peruskalliota, jota ei pysty kaivamaan.

Minecraft on loistava esimerkki siitä, kuinka satunnaisgeneraatiolla voidaan luoda massiivisia maailmoita. Maailmat voivat vaikuttaa tyhjiltä, mutta yleensä jos katsoo pinnan alle, voi löytää yllättävän paljon kaikkea. Myös maailmojen jakaminen on hyvä asia, sillä jos joku pelaaja löytää maailman, joka vaikuttaa mielenkiintoiselta, pystyy hän jakamaan sen kavereilleen.

### **3.2.6 The Elder Scrolls V: Skyrim**

Peli hyödyntää Radiant Story-tekoälyä luomaan satunnaisesti sivutehtäviä, joita pelaaja voi tehdä sitä mukaa, kun niitä tulee vastaan. Mitä tämä tekoäly siis käytännössä tekee, on mahdollistaa erilaisia kohtaamisia, joita voi tulla satunnaisesti pelin aikana, kun pelaaja kulkee pitkin Skyrimin teitä ja maailmaa. Jotkut sivutehtävät voivat käynnistyä vain, kun pelaaja saavuttaa riittävän korkean tason. Tällä yrittään varmistaa, ettei pelaaja lähde yrittämään liian vaikeita tehtäviä ennen aikojaan.

Tätä hyödynnetään myös luomaan loputtomasti tehtäviä eri killoille, joihin pelaaja voi liittyä pelin aikana. Nämä tehtävät ovat suhteellisen yksinkertaisia rakenteeltaan, kuten esimerkiksi käy ryöstämässä tavara x henkilön y kotoa. Toki pelin suuri määrä paikkoja, mihin nämä tehtävät voivat sijoittua varmistaa, ettei tismalleen

samanlaista tehtävää tule peräkkäin. Uskon, että tätä tekoälyä kehittämällä on mahdollista luoda tuleviin peleihin massiivisempia tehtäviä, joita tulee loputtomiin varmistuen sen, että peliä voidaan pelata erittäin pitkään ilman, että näkee kaikkea. Tämän tekoälyn lisäksi jos peli hyödyntää myös muunlaista satunnaisgeneraatiota, tulee pelistä erittäin uudelleenpelattava.

### 3.2.7 .kkrieger

Pelinä itsessään .kkrieger ei ole mitenkään erityinen, mutta se on silti hämmästyttävä kokonaisuus. Peli on kehitetty hyödyntämällä satunnaisgeneraatiota; se luo kaiken satunnaisesti samasta lähdedatasta, jolloin tuloksena on samainen peli joka kerta. Huonona puolena tässä on se, että peli ei ole kovin monipuolinen. Toisaalta pelin tarkoitus ei ollut olla monipuolinen, vaan tekninen saavutus.

.kkrieger on räiskintäpeli, joka mahtuu 96kb:n kovalevytilaan. Esimerkiksi tavallinen, 1024 kertaa 768 pikseliä oleva valokuva vie noin 800kb kovalevytilaa. Eli tavallinen valokuva vie noin kahdeksankertaisen tallennustilan verrattuna tähän peliin. Tavalliselle CD-levylle, jolle mahtuu 700Mb dataa, peli mahtuisi yli 7000 kertaa. Tämä on saavutettu tallentamalla pelin tekstuureista vain historiatiedot, ja kaikki meshit ovat vain yksinkertaisia muotoja, jotka peli kutsuu käynnistyksen yhteydessä. Tekstuuri on tiedosto, joka määrittää miltä pinnat näyttävät. Meshit ovat 3D-objektien muodot ja rakenteet määrittävä tieto. Eli kokonaisuutena tällä tavalla luodut 3D-objektit muodostuvat meshistä, jolle asetetaan tekstuurit.

Tällainen pelinkehitystyö ei ole edes pelin kehittäjänkään mielestä kovin hyvä tapa yleisellä tasolla. (Giesen 2012) Tosin jos tätä tekniikkaa kehitettäisiin vielä, ja algoritmeilla voisi karsia pelien vaatimaa tallennustilaa pienemmäksi, mahdollistaisi tämä useamman pelin mahtumisen pienempään tilaan kuin aiemmin. Tämä toisi säästöjä pelin julkaisijoille, kun ei tarvita niin massiivisella tallennuskapasiteetilla olevia fyysisiä tallennusmedioita, kuin myös pelaajillekin, kun ei tarvitse päivittää koneiden kovalevyjä isommiksi.

## 4 SATUNNAISGENERAATION SOPIVUUS ERI OSA-ALUEILLA

Lähdekirjallisuuden, haastattelun ja oman kokemuksen pohjalta voidaan todeta, että satunnaisgeneraation käyttö peleissä on erittäin laajaa ja monipuolista. Sitä voidaan hyödyntää monilla eri osa-alueilla, joskin satunnaisgeneraation käyttö ei ole joka kerta paras tapa tehdä asioita. On kuitenkin aina hyvä harkita tapauskohtaisesti, mihin sitä käyttää. Kramarzewskin ja Nuccin mukaan satunnaisgeneraation käyttö on hyvä harkita, jos luodaan paljon asioita peliin. Sen algoritmeja tehdessä täytyy kuitenkin muistaa, että pitää olla kontrolli siitä, mitä se tarkalleen luo. (Kramarzewski, Nucci. 2018)

Satunnaisgeneraatio toimii erinomaisesti tasojen luomiseen, jolloin saadaan peliin lisää sisältöä, joka lisää pelin uudelleenpelattavuutta. Pelimaailmojen luomisessa satunnaisgeneraatiota voidaan käyttää, mutta sen tuloksia kannattaa tarkistaa käsin. Toki jos maailmangenerointi tehdään hyvin, sitä voidaan käyttää pelissä erillisenä mekaniikkana. Jos yksi pelin mekaniikka on maailman tutkiminen, niin satunnaisgeneraatiolla saadaan loputtomasti peliin sisältöä pitäen pelaajien mielenkiintoa pitkään yllä.

Pelien tarinoissa satunnaisgeneraation käyttöä tulee miettiä harkiten. Useimmiten on parempi jättää pelin päätarina täysin käsikirjoittajien varaan. Sivutarinoita sen sijaan voidaan tehdä loputtomasti satunnaisgeneraatiolla. *Radiant Story* -tekoälyn kaltainen järjestelmä on loistava lisä moneen roolipeliin, tekemällä maailmasta elävän. Tällaisen tekeminen vaatii paljon aikaa ja resursseja, mutta jos se on mahdollista, sitä kannattaa harkita.

Esineiden, aseiden ja varusteiden luomiseen satunnaisgeneraatio on loistava työkalu, jos resurssit riittävät järjestelmän tekoon. Toki on hyvä huomioida, kuinka niitä sijoitetaan peliin, jotta pelin kulku ei muutu liian helpoksi tai vaikeaksi. Jos siis peliin jätetään esimerkiksi vahvoja varusteita alkuun pelitestausta varten, kannattaa tarkistaa, että pääsy niihin evätään tai ne otetaan kokonaan pois.

Musiikki on asia, joka voi tehdä keskiverrosta pelistä hyvän. Tämän vuoksi sitä ei välttämättä kannata tehdä satunnaisesti, ellei se sovi peliin esimerkiksi teemallisesti. Sen sijaan musiikki on hyvä joko luoda itse, palkata säveltäjä tai ostaa valmiiksi tehtyä musiikkia.

NPC-hahmot voidaan luoda peliin satunnaisesti, jos peliin on tarkoitus saada paljon hahmoja esimerkiksi kaupungin kaduille kulkemaan ympäriinsä. Jos peli on tarinapainoinen, niin tarinan kannalta oleelliset hahmot kannattaa luoda käsin. Jos taas pelissä on rajallinen määrä hahmoja, kannattaa ne luoda käsin, koska silloin hahmot saadaan näyttämään juuri sellaisilta kuin ne halutaan, eikä tarvitse käyttää aikaa luodakseen hahmon luontia varten algoritmia.

Jos pelissä on erillisiä vihollisia, niitä voidaan luoda myös peliin satunnaisesti. Erittäin peleissä, joissa on paljon vihollisia, niiden luominen satunnaisesti luo peliin lisää variaatiota pienemmällä vaivalla. Toki satunnaisgeneraatiota voidaan käyttää luomaan vihollisista erinäköisiä, vaikka mekaanisesti ne olisivatkin samoja vihollisia. Tämä luo illuusion siitä, että viholliset olisivat yksilöitä, eikä vain sama vihollinen uudestaan ja uudestaan.

## 5 PÄÄTELMIÄ JA MAHDOLLISIA JATKOTUTKIMUKSIA

Kaiken lukemani perusteella satunnaisgeneraatiota voidaan hyödyntää moniin asioihin. Tekemäni haastattelu ja arviot tukevat tätä. Pelistä riippuen satunnaisgeneraatiota voidaan kuitenkin hyödyntää eri tavoin, mutta tällöin pitää huomioida myös pelin budjetti ja skaala. Jos kyseessä on laaja peli, niin satunnaisgeneraatiosta on paljon apua luodessa peliin sisältöä, jolloin saadaan pienemmällä vaivalla paljon sisältöä.

Pelinkehityksessä pitää huomioida se, mitä luodaan satunnaisesti, ja miten se sijoitetaan peliin. Peleissä on yleensä tapana edetä kaavamaisesti. Jos pelissä on mahdollista saada esimerkiksi varhaisessa vaiheessa varusteita, joilla hahmo vahvistuu aivan liikaa siinä kohtaa pelinkulkua, tulee pelistä aivan liian helppo. Toki jos pelaaja ei saa mitään hyvää varustetta, pelistä voi tulla aivan liian vaikea, jolloin pelissä on hankala päästä eteenpäin.

Haastateltu on työstänyt vain pieniä peliprojekteja, joten hän ei osannut kertoa, mikä on kustannustehokkain tapa työstää pelejä. Kuitenkin voidaan tehdä joitain johtopäätöksiä siitä, että satunnaisgeneraatio ei ole tehokkain tapa tehdä kaikkea. Erityisesti, jos peli on tarinapainotteinen, kannattaa tehdä mahdollisimman paljon käsin, jolloin kaikki pelin aspektit toimivat juuri niin kuin pitää, eikä asioita jää niin herkästi huomaamatta.

Itselleni tuli yllätyksenä se, kuinka satunnaisgeneraatiota voidaan hyödyntää niin tehokkaasti, että sillä voidaan saada pelin tiedostokoko erittäin pieneksi. Myös se yllätti, kuinka moneen eri asiaan satunnaisgeneraatiota voidaankin hyödyntää. Tämä kaikki konkretisoi minulle sitä, kuinka tehokas työväline satunnaisgeneraatio on.

Sääntönä satunnaisgeneraation käyttöön voidaan pitää sitä, että jos jotain tarvitaan luoda peliin paljon, niin silloin satunnaisgeneraatiota kannattaa käyttää. Toisena sääntönä voidaan pitää sitä, että jos haluaa peliin lähes rajattomasti pelattavaa, niin

silloinkin sen käyttö on kannattavaa. Jos taas halutaan saada täsmällinen kokemus aikaan, silloin satunnaisgeneraatiota ei kannata käyttää.

Aihe on erittäin monipuolinen, ja sitä voidaan tutkia erittäin monelta osa-alueelta. Hyviä aiheita, mitä olisi hyvä lähteä tutkimaan tarkemmin, on esimerkiksi Dwarf Fortress, kuinka se käyttää satunnaisgeneraatiota, ja kuinka se vaikuttaa pelin kulkuun. Toinen hyvä aihe mitä lähteä tutkimaan tarkemmin on satunnaisgeneraation käyttö eri osa-alueilla, ja tehdä satunnaisgeneraatiolla esimerkiksi pelimaailmalle kartta. Myös tekoälyn hyödyntäminen satunnaisgeneraation ohella on mielenkiintoinen aihe, jota olisi hyvä avata lisää.

## LÄHTEET

ACM (Association for Computing Machinery). 2018. AI-based framework creates realistic textures in the virtual world. Viitattu 30.9.2019. <https://phys.org/news/2018-07-ai-based-framework-realistic-textures-virtual.html>

Bertz, M. 2012. Go big or go home. *Game Informer* 236, 52-69.

Bertz, M. 2011. The Technology Behind The Elder Scrolls V: Skyrim. Viitattu 29.10.2019. [https://www.gameinformer.com/games/the\\_elder Scrolls\\_v\\_skyrim/b/xbox360/archive/2011/01/17/the-technology-behind-elder-scrolls-v-skyrim.aspx](https://www.gameinformer.com/games/the_elder Scrolls_v_skyrim/b/xbox360/archive/2011/01/17/the-technology-behind-elder-scrolls-v-skyrim.aspx)

Brown, J. 2018. Pitching Diablo. *ICGA Journal* 40, 4, 417-424. Alankomaat. IOS Press.

Bulitko, V. Carleton, S. Cormier, D. Sigurdson, D. & Simpson, J. 2017. Towards positively surprising non-player characters in video games. *Thirteenth Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference*. USA. The AAAI Press.

Burke, C. 2019. Does Borderlands 3 have too many guns? "We definitely reached a threshold where it doesn't matter how big the number is". Viitattu 10.10.2019. <https://www.gamesradar.com/does-borderlands-3-have-too-many-guns-we-definitely-reached-a-threshold-where-it-doesnt-matter-how-big-the-number-is/>

Cardamone, L. Loiacono, D. & Lanzi, P. L. 2011. Interactive evolution for the procedural generation of tracks in a high-end racing game. *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, 395-402. USA. ACM.

Giesen, F. 2012. Metaprogramming for madmen. Viitattu 1.11.2019. <https://fgiesen.wordpress.com/2012/04/08/metaprogramming-for-madmen/>

Green, D. 2016. *Procedural Content Generation for C++ Game Development*. Yhdistynyt Kuningaskunta. Packt Publishing.

Hall, C. 2014. Dwarf Fortress will crush your CPU because creating history is hard. Viitattu 7.11.2019. <https://www.polygon.com/2014/7/23/5926447/dwarf-fortress-will-crush-your-cpu-because-creating-history-is-hard>

Hugo, K. O'Donnell, D. Nepveu, K. & Fabulich, D. Potions and their direct effects in NetHack 3.4. Viitattu 4.11.2019. <http://www.steelypips.org/nethack/343/pot1-343.html>

Kelly, M. 2019. Game studios would be banned from selling loot boxes to minors under new bill. Viitattu 1.10.2019. <https://www.theverge.com/2019/5/8/18536806/game-studios-banned-loot-boxes-minors-bill-hawley-josh-blizzard-ea>

Khaled, R. Nelson, M. J. & Barr, P. 2013. Design metaphors for procedural content generation in games. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. USA. ACM.

Kramarzewski, A. & Nucci, E. D. 2018. *Practical Game Design*. Yhdistynyt Kuningaskunta. Packt Publishing.

Kruse, J. Sosa, R. & Connor, A.M. 2016. Procedural urban environments for FPS games. *Proceedings of the Australasian computer science week multiconference*. USA. ACM.

Lee, J. 2014. How Procedural Generation Took Over The Game Industry. Viitattu 8.11.2019. <https://www.makeuseof.com/tag/procedural-generation-took-gaming-industry/>

Liapis, A. Yannakakis, G.N. Cook, M. & Colton, S. 2019. Guest Editorial Special Issue on AI-Based and AI-Assisted Game Design. *IEEE Transactions on Games*, 11, 1, 1-4. USA. The IEEE Press.



Locklear, M. 2018. Loot crates are now illegal in Belgium. Viitattu 2.10.2019. <https://www.engadget.com/2018/04/25/loot-crates-illegal-in-belgium/>

Lopez, M. 2008. Blizzard's Jay Wilson Talks Diablo III. Viitattu 9.11.2019. <http://pc.gamespy.com/pc/diablo-iii/901260p2.html>

Naessens, P. 2018. Research Report on Loot Boxes. Gaming Commission. Brussels. Belgia. Viitattu 8.10.2019. [https://www.gamingcommission.be/opencms/export/sites/default/jhksweb\\_nl/documents/onderzoeksrapport-loot-boxen-Engels-publicatie.pdf](https://www.gamingcommission.be/opencms/export/sites/default/jhksweb_nl/documents/onderzoeksrapport-loot-boxen-Engels-publicatie.pdf)

Ohannesian, K. 2011. How To Create A World: Skyrim's Director On Building A Never-Ending Fantasy. Viitattu 2.10.2019. <https://www.fastcompany.com/1679118/how-to-create-a-world-skyrims-director-on-building-a-never-ending-fantasy>

Plans, D. & Morelli, D. 2012. Experience-Driven Procedural Music Generation for Games. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND AI IN GAMES, 4, 3, 192-198. USA. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Radford, A. Wu, J. Amodei, D. Amodei, D. Clark, J. Brundage, M. & Sutskever, I. 2019. Better Language Models and Their Implications. Viitattu 2.10.2019. <https://openai.com/blog/better-language-models/>

Red Blob Games. 2012. Probability and Games: Damage Rolls. Viitattu 9.11.2019. <https://www.redblobgames.com/articles/probability/damage-rolls.html>

RPGamer. 2005. RPGamer Feature - The Elder Scrolls IV: Oblivion Interview with Gavin Carter. Viitattu 2.10.2019. <https://archive.rpgamer.com/games/elderscrolls/elder4/elder4interview.html>

Scratchapixel. 2019. Perlin Noise: Part 2. Viitattu 3.10.2019. <https://www.scratchapixel.com/lessons/procedural-generation-virtual-worlds/perlin-noise-part-2>

Shaker, N. Togelius, J. & Nelson, M. J. 2016. Procedural Content Generation in Games. Sveitsi. Springer.

Smith, A. J. & Bryson, J. J. 2014. Logical Approach to Building Dungeons: Answer Set Programming for Hierarchical Procedural Content Generation in Roguelike Games. *Proceedings of the 50th Annual Convention of the AISB*. Yhdistynyt Kuningaskunta. AISB.

Togelius, J. Kastbjerg, E. Schedl, D. & Yannakakis, G. N. 2011. What is procedural content generation?: Mario on the borderline. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games*. USA. ACM.

Togelius, J. Preuss, M. & Yannakakis, G.N. 2010. Towards multiobjective procedural map generation. *Proceedings of the 2010 workshop on procedural content generation in games*. USA. ACM.

Veikkaus. 2017. Elektronisten rahapika-arpojen säännöt. Viitattu 1.10.2019. <https://www.veikkaus.fi/fi/pelisali?show=arvat&selectedTab=/ohjeet/earvat/nettiarpojen-saannot#!/ohjeet>

Whitson, R. 2017. Steampunk and Nineteenth-Century Digital Humanities: Literary Retrofuturisms, Media Archaeologies, Alternate Histories. USA. Routledge.

Wizards of the Coast. 2019. Banned and restricted lists. Viitattu 12.10.2019. <https://magic.wizards.com/en/game-info/gameplay/rules-and-formats/banned-restricted>

Yannanakis, G. N. Liapis, A. & Alexopoulos, C. 2014. Mixed-Initiative Co-Creativity. *Proceedings of the 9th International Conference on the Foundations of Digital Games*. USA. FDG.

Yin-Poole, W. 2012. How Many Weapons are in Borderlands 2? Viitattu 20.9.2019. <https://www.eurogamer.net/articles/2012-07-16-how-many-weapons-are-in-borderlands-2>