



Subdivision -mallinnus

Viestinnän koulutusohjelma
3D-visualisointi
Opinnäytetyö
24.5.2010

Markus Elo

TIIVISTELMÄSIVU

Koulutusohjelma Viestinnän koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto 3D-visualisointi	
Tekijä Markus Elo			
Työn nimi Subdivision -mallinnus			
Työn ohjaaja Jaro Lehtonen			
Työn laji Opinnäytetyö	Aika 23. toukokuuta 2010	Numeroidut sivut 50	
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee subdivision surface eli subdivision -pinta mallintamisen käytännön työtapoja. Työtavat esitellään mahdollisimman ohjelmisto riippumattomasti. Aihetta käsitellään kuvamateriaalin avulla asioita ja eri työvaiheita havainnollistamaan.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa suomenkielistä materiaalia aiheesta aloitteleville subdivision -mallintajille, sillä sitä ei ole aiemmin tästä näkökulmasta suomen kielellä käsitelty. Opinnäytetyön tarkoituksena on myös toimia edistyneemmille mallintajille muistikirjana.</p> <p>Opinnäytetyö voidaan jakaa kahteen osioon, yleiseen osioon ja Keltaisen kirahvin eläinystävät matinea elokuvan hahmomallinnukseen. Yleinen osio käsittelee subdivision -pintoja yleisesti sekä menetelmiä niiden hallitsemiseen poleilla ja loopeilla . Keltaisen kirahvin eläinystävien mallinnus käsittelee elokuvan hahmojen mallintamisen työmenetelmiä, esimerkkinä käytetään elokuvan hiiren mallinnusta.</p> <p>Opinnäytetyöstä tärkeimmäksi asiaksi nousi polejen merkitys geometrian hallinnan kannalta. Poleilla on tärkeä rooli polygoni- ja reunasilmukoiden kulkusuunnan määrittelyssä. Mallinnuksessa on hyvä käyttää nelikulmaisia polygoneja ja sijoittaa polet ainoastaan paikkoihin, joissa niiden olemassa olo on välttämätöntä.</p>			
Teos/esitys/Produktio Keltaisen kirahvin eläinystävät -hahmomallinnus			
Säilytyspaikka Metropolia Ammattikorkeakoulun kirjasto, Tikkurilan toimipiste			
Avainsanat subdivision surface, mallinnus, loopit, polet, Keltainen kirahvi, 3D			

Degree Programme in Media		Specialisation 3D Visualisation
Author Markus Elo		
Title Subdivision Modeling		
Tutor Jaro Lehtonen		
Type of Work Bachelor 's Thesis	Date 23 May 2010	Pages 50
<p>ABSTRACT</p> <p>The subject of the thesis is Subdivision surface modeling a.k.a. subdivision modeling. The purpose was to produce material written in the Finnish language. The target audience is entry-level Subdivision modelers. The examples were kept as software independent as possible. No previous material on the subject from this point of view was available in the Finnish language.</p> <p>Generic things about subdivision modeling and usage of poles and loops in modeling were first examined. Then the modeling processes of a mouse character for an animation-movie named "Yellow Giraffe's Animal friends" were explained. "Yellow Giraffe's Animal Friends" is a movie which combines old material from a cut-out animation "Yellow Giraffe's Animal Stories" to new a 3D animation. Author has worked as character modeler for movie and assistant director and Art Director to movies "DEMO" version which is used to help raise funding to the full movie.</p> <p>The use of the extra ordinary vertices a.k.a. poles was emphasized. Poles are vertices which are connected to three and five or more than five edges. Using poles that connect to more than five edges usually makes ugly looking artifacts to the end result of the subdivision surface. Poles are used to change direction of poly- and edge flow. It is important to use poles only in places where they are needed to get certain shapes. When using quadrangle polygons a.k.a. quads to model the end result of the subdivision surface and they are easy to predict. If polygons with odd number of border vertices are used, there is going to be poles in the subdivision surfaces.</p>		
Work/Performance/Project "Yellow Giraffe's Animal Friends" character modeling		
Place of Storage Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Tikkurila Campus Library		
Keywords subdivision surface, 3D, modeling, loop, pole		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	2
2	SUBDIVISION SURFACE	3
2.1	Miksi on hyvä käyttää subdivisionia mallinnuksessa?.....	5
2.2	Subdivisionin historiaa lyhyesti	8
2.3	Mallinnus ohjelmat	9
3	SUBDIVISION -MALLINNUKSESSA TÄRKEITÄ ASIOITA.....	11
3.1	Polygonit	11
3.2	Pole.....	14
3.3	Loopit.....	17
4	SUBDIVISION JA PRIMITIIVIT	26
4.1	Kuutio	26
4.2	Pallo	27
4.3	Sylinteri	28
4.4	Kartio	29
4.5	Torus.....	30
5	KELTAISEN KIRAHVIN ELÄINYSTÄVIEN MALLINNUS	31
5.1	Referenssi materiaalit	34
5.2	Hiiren mallinnus	36
6	POHDINTA	48
	LÄHTEET	49

1 JOHDANTO

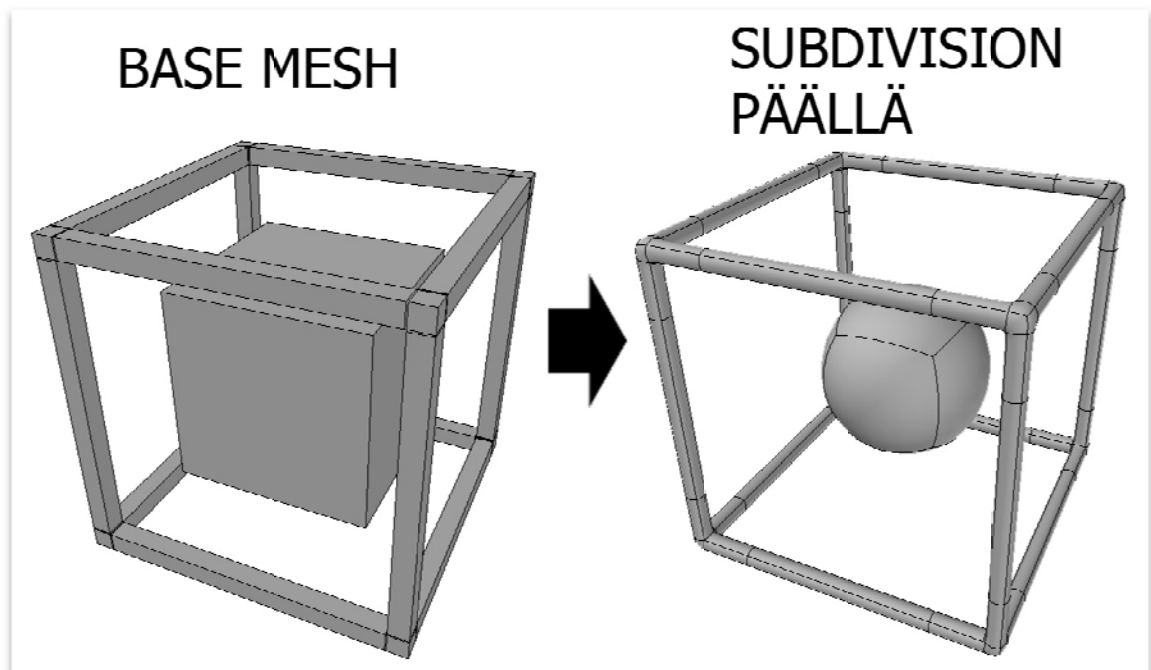
Opinnäytetyöni aiheeksi valitsin subdivision -mallinnuksen, sillä olen ollut aiheesta kiinnostunut siitä lähtien, kun olen 3D-tietokonegrafiikan parissa ollut vuodesta 2001 lähtien. Aloittaessani aikoinaan mallinnuksen opettelua olisin kaivannut juuri tämän opinnäytetyön kaltaista materiaalia. Olen vuosien saatossa huomannut, että subdivision -mallinnuksesta ei oikeastaan ole saatavilla suomenkielistä materiaalia.

Opinnäytetyöni tarkoituksena ei ole kertoa, miten jokin tietty asia mallinnetaan vaan tarjota vinkkejä subdivision -mallinnuksen teknisistä asioista, joita on hyvä tietää mallinnusprosessin aikana. Toivon, että tästä työstä olisi apua etenkin aloitteleville subdivision -mallintajille ja ehkä myös edistyneemmille mallintajille. Työn tarkoituksena on toimia myös itselleni muistikirjana. Pyrin tässä työssä havainnollistamaan käsiteltävät asiat selkeiden esimerkkien ja kuvien avulla sekä mahdollisimman ohjelmisto riippumattomasti.

Opinnäytetyöni case studyna toimii mallintamani hahmot Keltaisen kirahvin eläinystävät matinea elokuvaan. Keltaisen kirahvin eläinystävät on Keltaisen kirahvin eläintarinoista tehtävä matinea elokuva. Omaa mallinnustapaani esittelen elokuvan hiiri hahmon avulla.

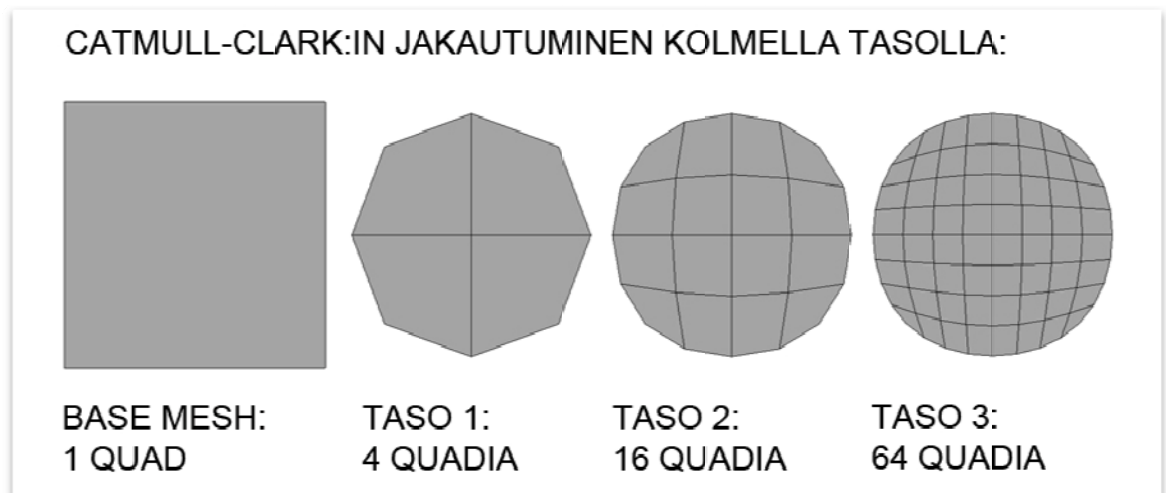
2 SUBDIVISION SURFACE

Subdivision surface -mallinnuksessa (SDS) tai lyhemmin sanottuna subdivision -mallinnuksessa objektin alkuperäisen geometrian pinnat jaetaan pienempiin osiin käyttämällä matemaattisia algoritmeja. Subdivision -pintaobjektin muokkaus tapahtuu muokkaamalla alkuperäistä geometriaa, jota kutsutaan yleensä nimellä cage, control -tai base mesh. Base meshin verteksejä kutsutaan kontrollipisteiksi. Mallinnukseen käytetään normaaleja polygonimallinnustyökaluja, sillä base mesh on polygoniobjekti, jonka kontrollipisteiden avulla subdivision -pinnat lasketaan. Katso alla oleva kuva 1.



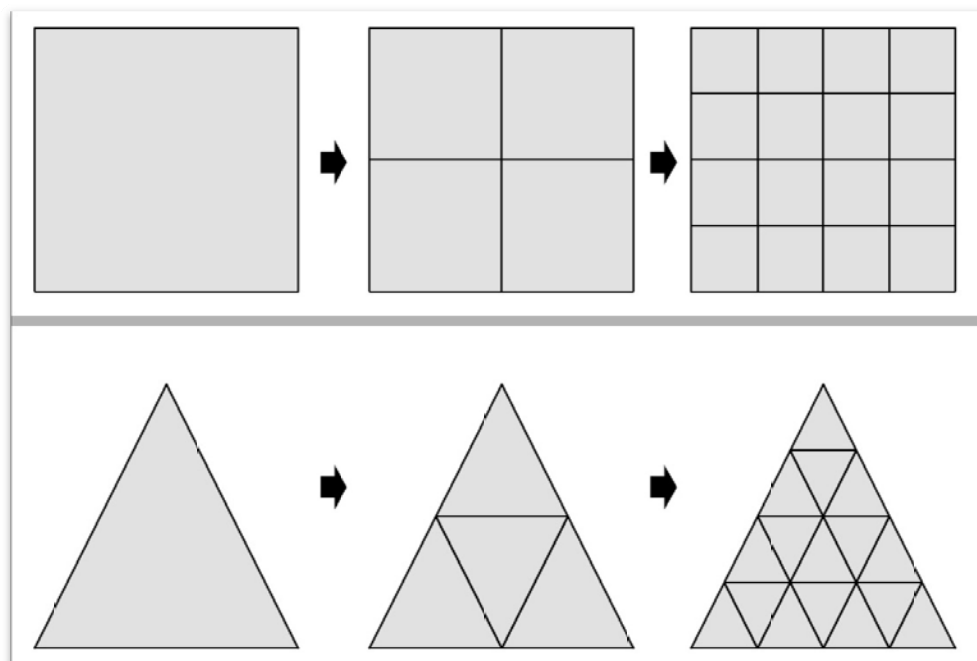
Kuva 1: Vasemmalla base mesh ja oikealla sama geometria, jossa subdivision-pinta päällä.

Subdivision -pinnat mahdollistavat monimutkaisten sileäpintaisten muotojen mallintamisen ja animaation käyttämällä pienempää määrää geometriaa, joka muutoin vaatisi suurempaa määrää geometriaa ja työtä sen muokkaamiseen. (Capizzi 2003.) Subdivision -pintojen jako-tarkkuuteen vaikutetaan iteraatioilla, joista käytän tässä työssä termiä taso. Catmull-Clark subdivision -pinnoissa jokaisella tasolla jaetaan nelikulmainen polygonin neljään osaan. Esimerkiksi, jos base meshinä on yksi nelikulmio, niin se jakautuu tasolla yksi neljäksi polygoniksi ja tasolla kaksi se jakautuu kuuteentoista osaan jne. Katso esimerkki kuva 2.



Kuva 2: Nelikulmion jakautuminen kolmella eri tasolla käytettäessä Catmull-Clark algoritmiä.

Matemaattisia menetelmiä tai algoritmeja subdivision -pintojen muodostamiseen on olemassa tri mesh eli kolmio sekä quad mesh eli nelikulmio pohjaisia. Ehkä eniten käytetyin algoritmeista on Catmull-Clark, joka toimii parhaiten nelikulmioista muodostuvaan base meshiin. Tapoja, mistä kohtaa geometriaa jaetaan, on vertex split ja face split. Vertex split jakaa geometriaa pisteiden kohdalta ja face split jakaa tahkoja pienempiin osiin. Kuva 3 havainnollistaa quad mesh sekä tri mesh pohjaista face split`iä. Kolmiopohjaisia subdivision -pintoja tullaan tulevaisuudessa mahdollisesti käyttämään reaaliaikaisissa sovelluksissa paljon, varsinkin kun Direct X 11 mahdollistaa tesselaation (Common Paradox Tech Blog 2009).

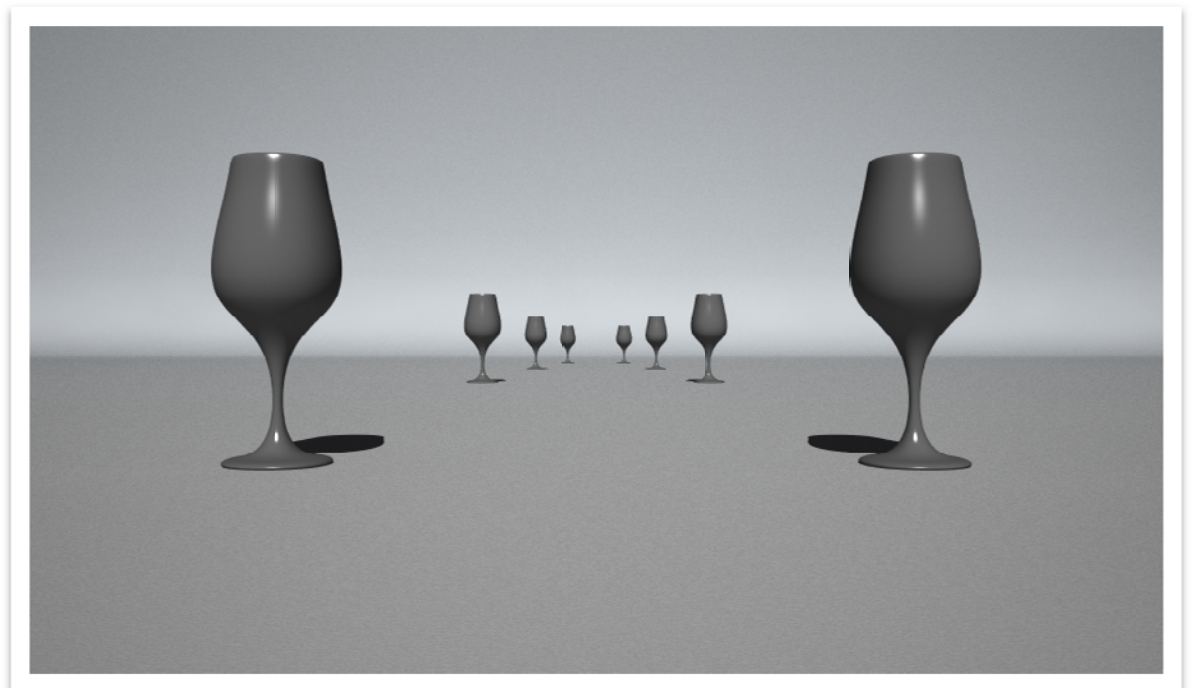


Kuva 3: Quad ja tri facesplit

2.1 Miksi on hyvä käyttää subdivisionia mallinnuksessa?

Useimmissa ohjelmissa on mahdollista säätää objektin subdivision -pintojen näyttötasot ja renderointitasot erikseen. Animoitaessa voidaan käyttää objektissa alempia subdivision -pintojen näyttötasoja tai pitää subdivision -pinnat kokonaan pois päältä niin, että tietokone jaksaa pyörittää animaation esikatselua paremmin viewportissa. Jotkin ohjelmat antavat säätää myös sen, missä järjestyksessä subdivision -pinnat lasketaan. Esimerkiksi lasketaanko subdivision-pinnat ennen vai jälkeen luiden deformaatiota, tai vaikka ennen morpheja. Subdivision pintojen käyttö helpottaa myös objektin UV koordinaattien unwrappäämistä, johtuen siitä että unwrapäessä käytetään matala tarkkuuksista base meshiä.

Subdivision -pintojen avulla on mahdollista toteuttaa LOD-objektit (Level of detail) helposti subdivision -pinnan tasoa säätämällä. Kauempana kameraa oleva objekti ei tarvitse yhtä korkeaa tasoa subdivision-pinnassa kuin objekti, joka on lähempänä kameraa. Kuvan 4 oikealla puolella olevissa pikareissa Catmull-Clark subdivision -pintojen tasona on kaikissa neljä, kun taas vasemmalla puolella olevissa, kauimpana olevassa pikarissa tasona on yksi, seuraavassa taso on kaksi, toiseksi lähimpänä kameraa olevassa taso on kolme ja lähimpänä kameraa olevassa pikarissa tasona on neljä.



Kuva 4: Vasemmalla pikareissa käytetty tasoja 4,3,2 ja 1. Oikealla puolella tasona on 4.

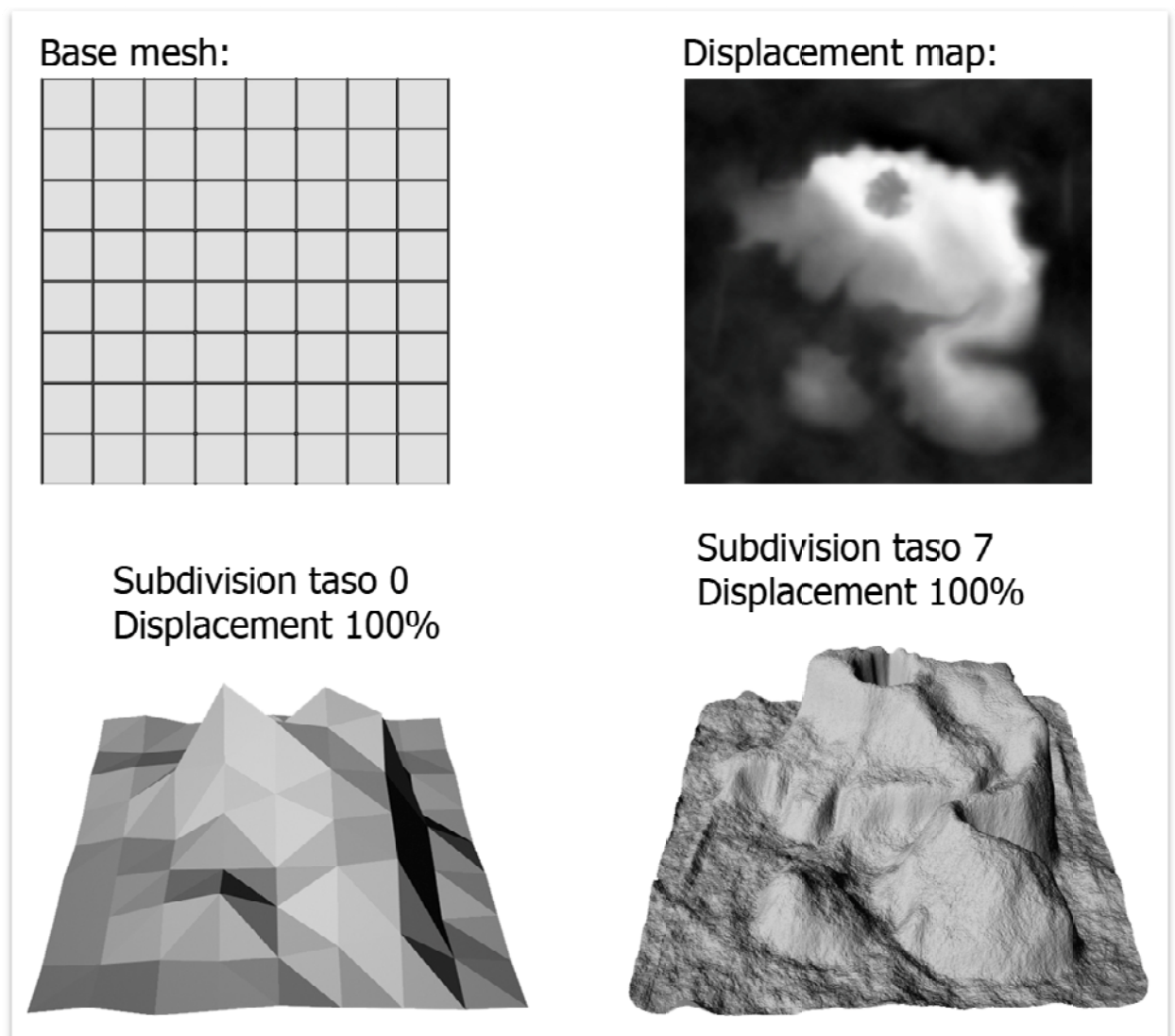
Verrattuna smooth shadingiin, jossa säädetään verteksin normaalin kulmaa sileän vaikutelman aikaan saamiseksi, subdivision -pinnat lisäävät oikeaa geometriaa pyöristääkseen ja "silittääkseen" reunoja. Optimaalisen lopputuloksen aikaansaamiseksi yleensä käytetäänkin subdivision -pintojen kanssa smooth shadingia. Monet ohjelmat käyttävät kulmien asteisiin perustuvaa smooth shadingia, tämä tarkoittaa sitä, että shaderille annetaan asteluku, jonka perusteella se "siloittaa" pintojen varjostusta. Esimerkiksi jos smooth shadingin asteluvuksi annetaan vaikka 45 astetta, niin silloin kaikki kulmat, jotka ovat alle 45 astetta smooth sheidataan.

Kuvassa 5 on vasemmassa reunassa pikarin base mesh, jossa ei ole subdivision -pintoja eikä smooth shadingia päällä. Viereisessä pikarissa on taas smooth shading päällä mutta ei subdivision -pinnat. Oikealla puolella olevissa on molemmissa Catmull-Clark subdivision-pinnat päällä tasolla 3 ja reunimmaisessa lisäksi smooth shading päällä.



Kuva 5: Smooth shading VS. subdivision.

Subdivision -pintoja muokkaamaan voidaan käyttää harmaasävyistä korkeuskarttaa, jota kutsutaan nimellä displacement map. Displacement mapissa korkein kohta on valkoinen, musta on matalin ja harmaasävyt ovat näiden väliltä. Displacement mappia yleensä käytetään tuomaan objektiin lisää yksityiskohtia, kuten hahmoihin ryppyjä. Mutta sitä voi myös käyttää mallinnukseen, kuten esimerkiksi kuvassa 6 on käytetty displacement mappia maaston mallinnukseen. Esimerkissä displacement mappia on käytetty 64 polygoniseen litteään levyyn. On hyvä huomata, miten subdivision -pintojen taso vaikuttaa lopputulokseen.

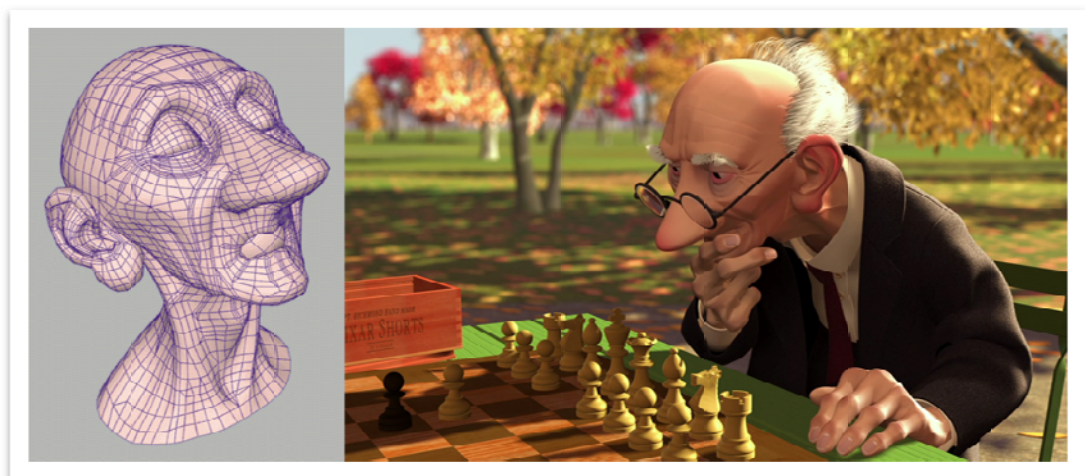


Kuva 6: Esimerkki displacement mapin käytöstä subdivision -pinnan kanssa.

2.2 Subdivisionin historiaa lyhyesti

40-50 luvulla G. de Rham keksi käyttää käyrien kuvaamiseen reunojen leikkaus menetelmää (corner cutting). 1974 G. Chaikin esitteli reunojen leikkaus menetelmään perustuvan algoritmin. Vuonna 1978 näki päivänvalon Edwin Catmullin ja Jim Clarkin kehittämä Catmull-Clark subdivision -pinta. Lisäksi samana vuonna julkaisivat Daniel Doo ja Malcom Sabin Doo- Sabin subdivision -pinnan. Edwin Catmull on animaatiostudio Pixarin perustaja jäsen ja toimii tällä hetkellä (2010) Pixar sekä Walt Disney animaatio studioiden puheenjohtajana. Vuonna 1987 Charles Loop kehitti Loop subdivision pinnan kolmioista muodostuville objekteille. Vuonna 1990 interpoloivan kolmio pohjaisen Butterflyn suunnittelivat Nira Dyn, David Levine ja John A. Gregory. (Catmull & Clark 1978; Farin, Gerald 2002.)

Vuonna 1997 animaatiostudio Pixarin šakkia pelaavasta vanhasta miehestä kertova Oscarin voittanut lyhytelokuva Geris game esitteli Catmull-Clark Subdivision -pinnat, ja sai herätettyä mielenkiintoa niitä kohtaan. Kangas-simulaatio on toinen suuri innovaatio jonka Geri` s game esitteli. Kuvassa 7 Geri Geris game lyhytelokuvasta. (DeRose, Kass & Truong 1999; Robertson 1998.)



Kuva 7: Pixarin Geris game vuodelta 1997.

Multiresolution subdivision surface sekä adaptiivisten subdivision -pintojen hyödyntäminen ovat ehkä suurimpia viime aikojen uudistuksia. Monitasoiset subdivision -pinnat mahdollistavat pintojen muokkauksen siten, että geometriaa pystyy muotoilemaan subdivision eri tasoilla, eikä tarvitse pelkästään muokata base meshiä.

2.3 Mallinnus ohjelmat

Tämä luku kartoittaa lyhyesti mitä eri subdivision mallinnuksen mahdollistavia ohjelmia on olemassa. Eri ohjelmiin kannattaakin tutustua, jotta löytää workflow`hun eli työnkulkuun ja toimintatavoiltaan itselleen parhaiten soveltuvan ohjelman. Ohjelmia valittaessa kannattaa ottaa myös huomioon haluaako ohjelman, jolla voi pelkästään mallintaa vai käyttääkö sitä myös animointiin ja renderöintiin.

Suurin osa nykyisistä 3D-ohjelmista joissa polygonimallinnus on mahdollista, tukevat myös subdivision pintojen käyttöä. Subdivision mallintamisen perustekniikat pysyvät samoina ohjelmasta riippumatta, mutta jotkin ohjelmat ovat suunniteltu ominaisuuksiltaan enemmän subdivision mallintamista silmällä pitäen, kuten esimerkiksi Luxologyn Modo tai Nevercenterin Silo. Modo tarjoaa erittäin hyvät ominaisuudet subdivision-mallinnukseen ja animaatio studio Pixar on lisensoinut subdivision -pinta patenttinsa Modon valmistaja Luxologylle(Luxology 2007).

Yksi tärkeä tekijä ohjelman valinnassa on tietysti hinta. Vaihtoehtona kaupallisille ohjelmille rinnalla on nykyään myös todella hyviä ilmaisia ohjelmia. Kaupallistenkin ohjelmien kohdalla voi olla harkinnan arvoinen asia, että onko pidemmän päälle kannattavaa tukea isoja yrityksiä, kuten Autodesk, joka syö kilpailua ostamalla pienempiä yrityksiä. Autodeskin ohjelmia ovat muun muassa 3ds Max, Maya, Mudbox ja Softimage. Autodeskin ohjelmien kilpailijoita ovat muun muassa Newtekin Lightwave 3D, Maxonin Cinema 4D, Side Effects Softwaren Houdini, Modo, Silo, Pixologicin Zbrush, Pilgwayn 3D-Coat ja kotimainen Realsoft 3D. Newtekillä on tällä hetkellä kehitteillä Lightwavesta uuden sukupolven 3D ohjelma nimeltään Core.

Freelancerille ilmaisohjelmilla uran aloittaminen voikin olla hyvä ratkaisu, koska silloin ei mene rahaa hukkaan kalliisiin lisensseihin ja tästä syystä tienäminen voi alkaa aikaisemmin. Hyviä ilmaisohjelmia ovat esimerkiksi Wings 3d sekä suuren käyttäjäkunnan kasannut Blender.

Perinteisempien polygonimallinnus ohjelmien rinnalle on tullut skulptausohjelmia tai toisin sanoen digitaalisia kuvanveisto ohjelmia. Zbrush, Mudbox ja 3D-Coat ovat kasvattaneet suosiotaan. Modo sisältää myös hyvät skulptaus ominaisuudet. Skulptausohjelmien avulla pystytään toteuttamaan todella yksityiskohtaisia, pääasiassa

orgaanisia objekteja, mutta esimerkiksi Zbrushin 3.5 version myötä tuli uusia planar brusheja joiden avulla helpottuu myös "teollisten terävien" muotojen skulptaus. Ohjelmat on suunniteltu siten, että käyttäjän tarvitsee kiinnittää huomiota teknisiin asioihin mahdollisimman vähän. Monet skulptausohjelmat mahdollistavat myös tekstuureiden maalaamisen suoraan objektin pinnalle. Yleensä skulptausohjelmat käyttävät monitasoisia subdivision-pintoja, mutta 3D-Coat esimerkiksi mahdollistaa lisäksi vokseleiden eli kolmiulotteisten pikseleiden kanssa skulptaamisen. 3D-Coatissa vokseleilla skulptatun objektin saa tehtyä polygoniobjektiksi käyttämällä retopologia työkaluja.

Sculptris on Tomas Pettersonin kehityksen alla oleva mielenkiintoinen skulptausohjelma. Sculptris käyttää adaptiivista jakoa, eli geometriasta saadaan tiheämpää alueilla, joissa sitä tarvitaan enemmän sekä alueilla joissa tiheä geometria on vähemmän oleellista muodon kannalta, geometria on harvempaa.

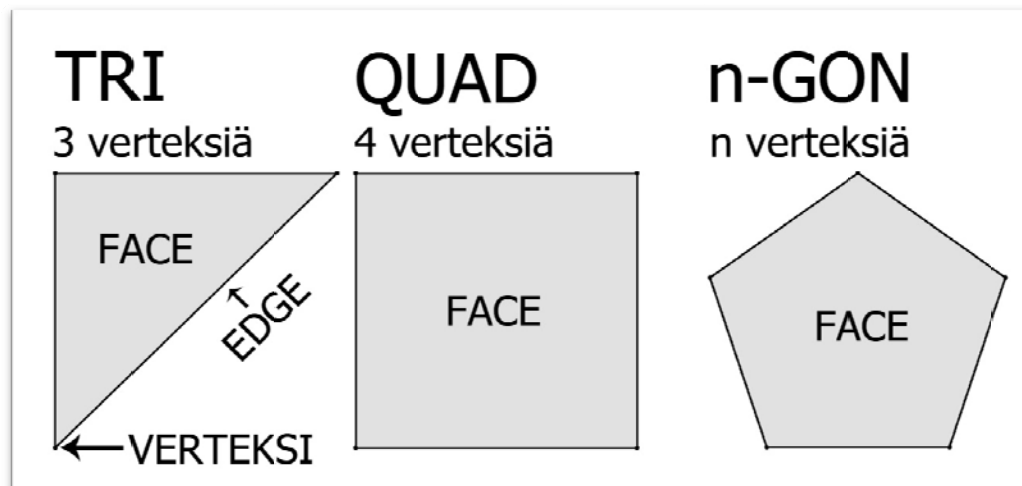
Monissa ohjelmissa on nykyään olemassa retopologia – työkalut, joilla saadaan tehtyä objektista uudella topologialla varustettu versio. On olemassa myös erillisiä retopologia ohjelmia, kuten esimerkiksi TopoGun. Retopologia työkalut mahdollistavat sen, että mallintaja voi mallintamaa muodon valmiiksi keskittymättä suuremmin topologiaan ja vasta kun on tyytyväinen muotoon aloittaa topologian tekemisen olemassa olevan muodon päälle. Usein retopologia -työkaluilla tehdään korkea resoluutioisesta mallista kevyemmällä geometrialla varustettu versio, tai muuttamaan 3D-skannatun objektin käyttökelpoisemmaksi materiaaliksi.

3 SUBDIVISION -MALLINNUKSESSA TÄRKEITÄ ASIOITA

Tässä luvussa käsittelen vuosien saatossa hyväksi todettuja asioita, joita tulee ottaa huomioon subdivision -mallinnuksessa. Käsiteltävät asiat toimivat pääasiallisesti quad meshiksi jakautuvissa subdivision -pinnoissa, kuten Catmull-Clark, subpatch, NURMS (NonUniformly Rational MeshSmooth), jne. Tässä luvussa vastaan muun muassa kysymyksiin, miksi kannattaa käyttää nelikulmioita mallintaessa? Mitä ovat polet sekä miten ne vaikuttavat?

3.1 Polygonit

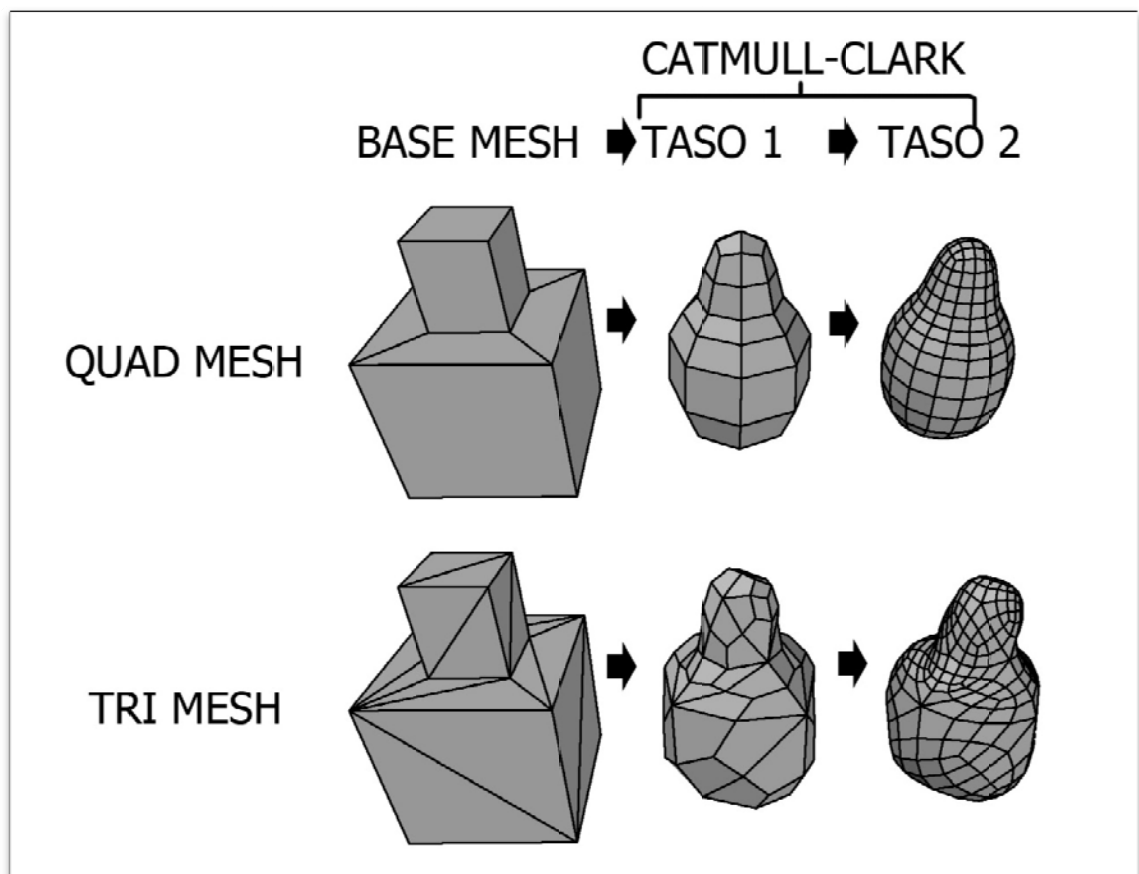
Polygonit muodostuvat vertekseistä eli nurkkapisteistä, edgeistä eli reunoista ja faceista eli tahkoista. Yksinkertaisin polygoni, johon face voi muodostua on kolmipisteinen polygoni, josta käytetään mallinnuksessa yleensä trigonista lyhennettyä nimeä tri. Quadrangle eli nelikulmaista polygonia kutsutaan usein nimellä quad. Viisi tai useampi kulmaisista polygoneista käytetään nimeä N-gon. Katso kuva 8.



Kuva 8: Polygonit ja mistä osista ne muodostuvat.

Subdivision -mallinnuksessa on hyvä pyrkiä käyttämään nelipisteisiä polygoneja eli quadeja. N-goneja subdivision -mallinnuksessa ei tulisi käyttää lainkaan. Kolmioita on mahdollista käyttää, mutta ne tulisi piilottaa. tri meshiä ja Kolmiot ja n-gonit yleensä aiheuttavat epätoivottua jälkeä subdivision -pinnan renderöityyn lopputulokseen ja topologian tasaisuuteen, asiasta lisää luvussa 3.2. Jotkin ohjelmat eivät edes hyväksy

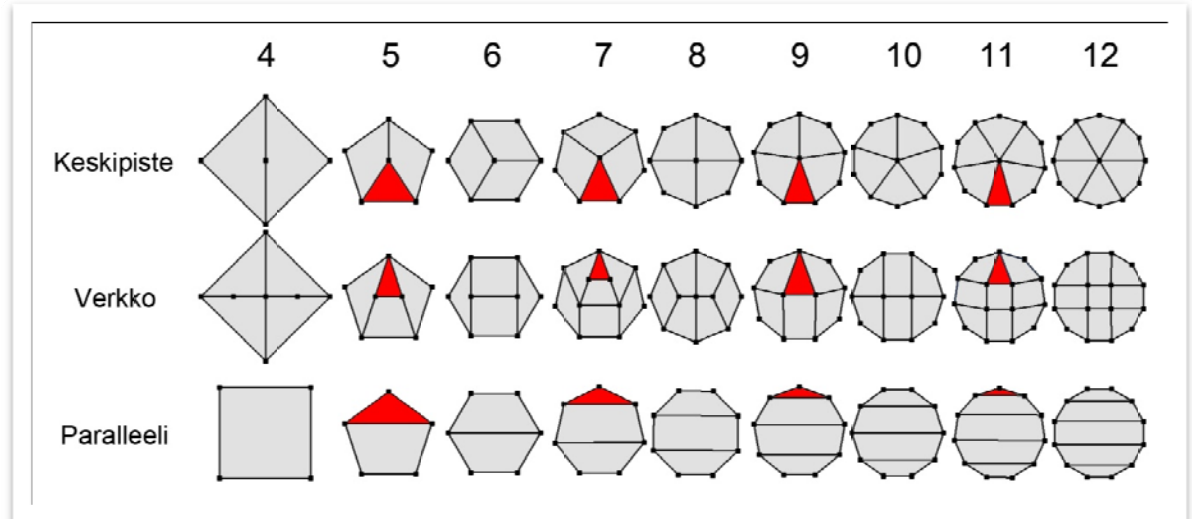
N-goneja subdivision -pintoihin, joten myös yhteensopivuuden kannalta niitä kannattaa välttää. Nelikulmiosta muodostuvan quad meshin pystyy tarvittaessa jakamaan kolmioista muodostuvaksi tri meshiksi. Tällä tavoin jaettaessa objektin polygoni määrä kaksinkertaistuu. Tarpeena tri meshiksi muuttoa voi esimerkiksi olla jos halutaan siirtää base mesh johonkin pelimoottoriin. Peliin mallinnettaessa quad meshiä todennäköisesti käytettäisiin skulptaus tarkoitukseen. Skulptatusta objektista voi luoda normal mapin. Normal mappia voidaan käyttää tuomaan low-poly objektiin lisää yksityiskohtia. Kuva 9 havainnollistaa quad meshin ja tri meshin eroja Catmull-Clark subdivision -pintoja käytettäessä.



Kuva 9: Quad mesh ja tri mesh jaettuna käyttäen Catmull-Clark subdivision -algoritmiä.

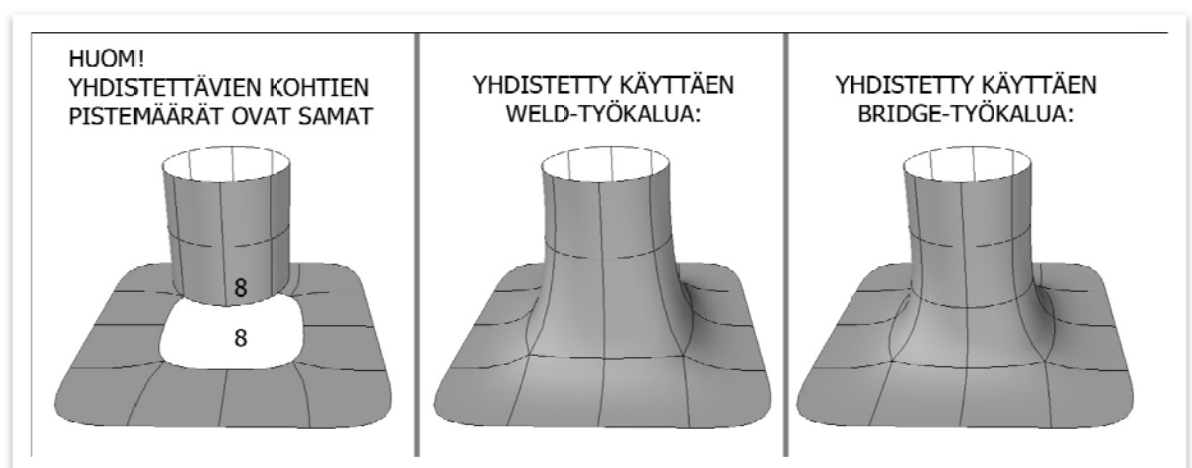
Kuva 10 havainnollistaa miten polygoneja pystytään jakamaan reunapisteiden lukumäärän säilyessä samana, sekä pyrkien pitämään jaosta syntyvät polygonit nelipisteisinä. Kuvan 10 osoittamalla tavalla jakaminen voidaan toteuttaa eri tavoilla, kuten keskipisteen mukaan, verkkomaista topologiaa ylläpitäen tai rinnakkaisten pisteiden mukaan eli paralleelisesti. On hyvä huomioida, että reunapisteiden lukumäärän ollessa pariton syntyy lopputulokseen aina kolmio.

Kolmioiden poistaminen geometriasta onnistuu hyvin, jos niitä on parillinen määrä, kolmioiden poistamisesta lisää tietoa luvussa 3.2.



Kuva10: Muista! Jos polygonin reunapisteiden lukumäärä on pariton, sitä ei pysty jakamaan ilman että, geometriaan ei tulisi kolmioita.

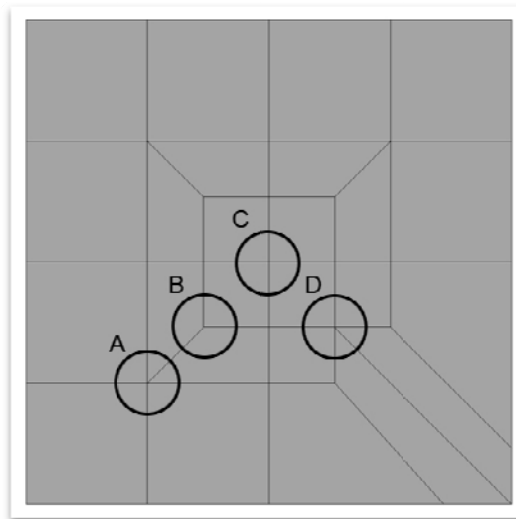
Yhdistettäessä kahta objektaa on tärkeää huolehtia siitä, että yhdistettävien kohtien verteksien lukumäärä on sama. Katso kuva 11. Mikäli verteksien lukumäärä ei täsmää, tulee yhdistämiskohtaan epätoivottuja poleja sekä kolmioita. Kohtien yhdistämiseen käytetään yleensä työkaluja nimeltään bridge ja weld. Mikäli yhdistettävien kohtien lukumäärä ei täsmää, voidaan käyttää apuna askellus menetelmiä. Luvussa 3.2 on tietoa poleista ja askelluksesta luvussa 3.3.



Kuva 11: Yhdistettäessä on tärkeää, että yhdistettävien kohtien pisteiden lukumäärät ovat molemmissa kohdissa samat.

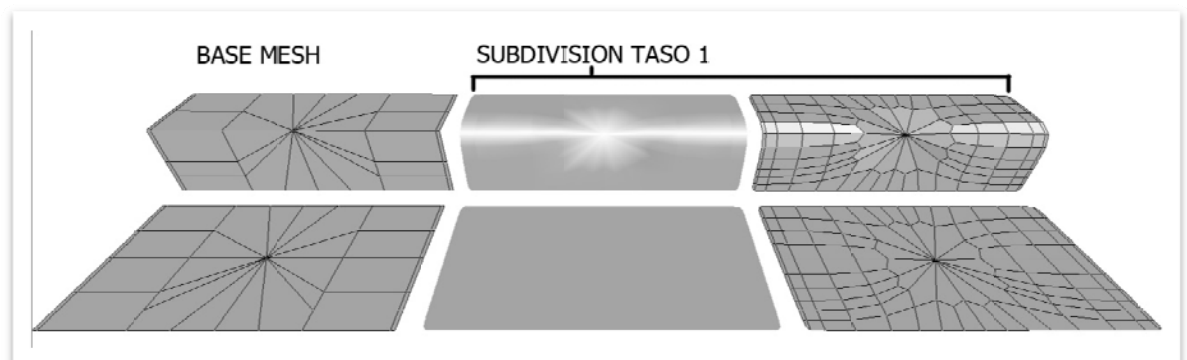
3.2 Pole

Epätavallisilla vertekseillä (extraordinary vertices) eli poleilla subdivision -mallinnuksessa tarkoitetaan pisteitä, joista lähtee kolme, viisi tai useampi reuna. Mikäli pisteestä lähtee neljä reunaa, niin silloin sitä ei lasketa poleksi. Kolmen pisteen polesta usein käytetään nimeä N-pole ja viiden pisteen polesta E-pole. Kuva 12 havainnollistaa mitä polet ovat. Kuvan kohdassa A on E-pole, B on N-pole, C ei ole pole ja D kohdan polesta, johon kiinnittyy reunoja enemmän kuin viisi, käytän nimeä X-pole. X-polessa kirjain X on korvattavissa reunojen lukumäärällä, esimerkiksi 6-pole , 50-pole, jne.



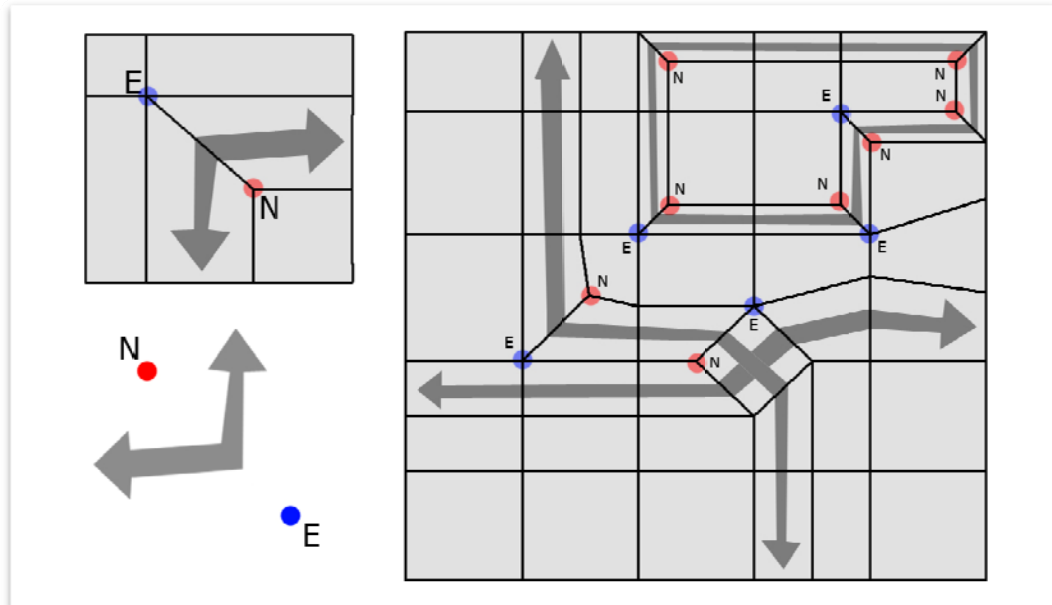
Kuva 12: A on E-pole. B on N-pole. C Ei ole pole. D on X-pole.

Suurempia poleja kuin N ja E tulisi välttää mallintaessa, sillä ne aiheuttavat epätoivottua ja rumaa "nivistystä" sekä venymistä subdivision -pinnan lopputulokseen. Katso kuva 13. Kaikkia poleja tulee välttää alueilla, joissa tapahtuu suuria muodonmuutoksia, sillä epätoivottu vaikutus voimistuu näillä alueilla.



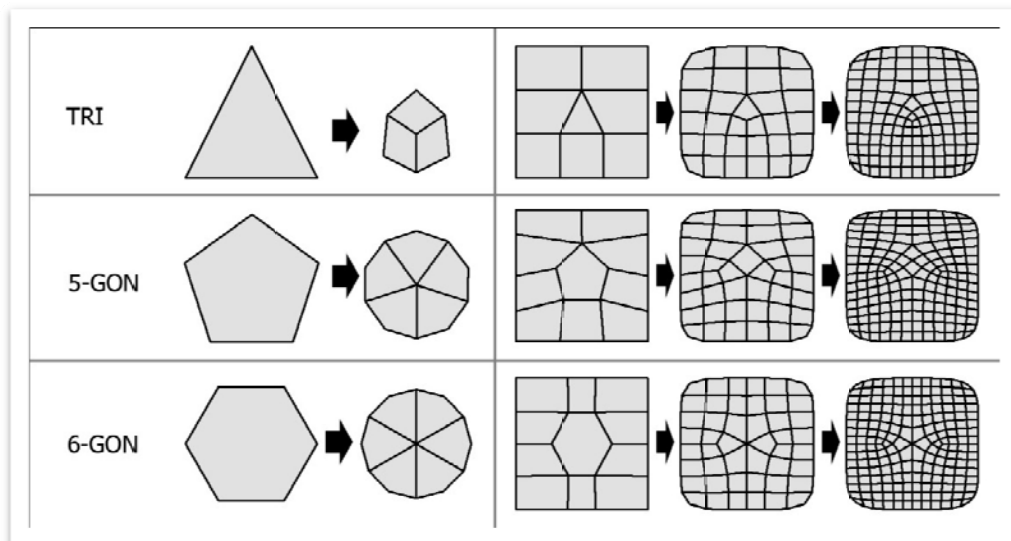
Kuva 13: "Nivistystä" jota X-polet aiheuttavat. Kuvan esimerkissä X-pole on 14-pole.

N- ja E-poleja tulee käyttää hallitusti, sillä niillä on tärkeä rooli edge looppien eli reunasilmukoiden ja polygonien kulkusuuntien ohjaamisessa. Ilman poleja ei pysty monimutkaisia muotoja hyvin toteuttamaan. Polet luovat toistensa väliin "portteja" joiden välistä polygoni- sekä edge loopit kulkevat, katso kuva 14.



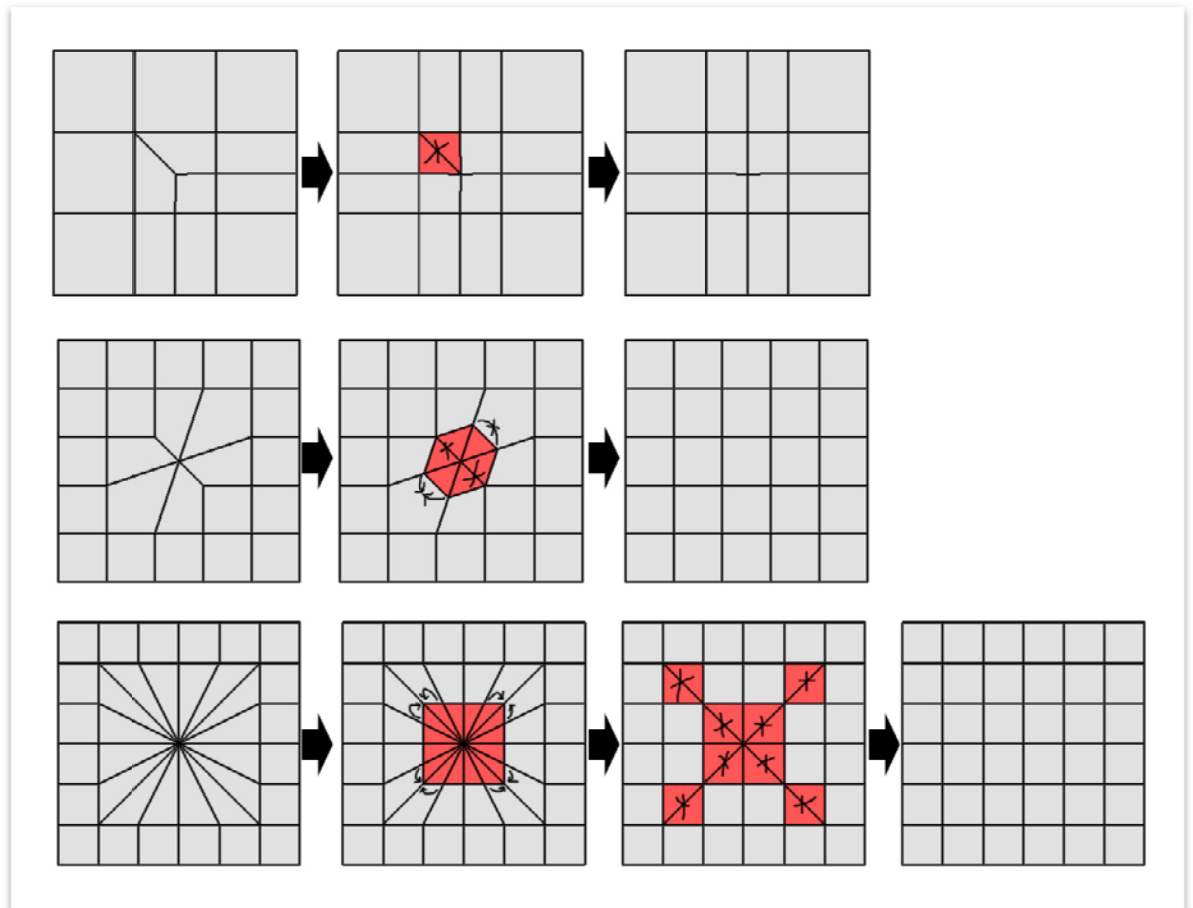
Kuva 14: N- ja E-polejen vaikutus polygonien ja reunojen kulkusuuntiin.

Syy miksi kolmioita ja n-goneja ei ole hyvä käyttää, koska n-gonit subdivision-pinnassa jakautuessaan luovat hallitsemattomia poleja. On hyvä, että mallintajalla on täysi valta siihen missä polet objektissa sijaitsevat ja sen myötä myös topologiaan. Kuva 15 havainnollistaa kolmion sekä n-gonien jakautumista käyttäen Catmull-Clarkia.



Kuva 15: Kolmion, 5-gonin ja 6-gonin jakautuminen käyttäen Catmull-Clarkia.

Poleja voidaan poistaa muuttamalla niiden ympäristön geometriaa muodostumaan nelikulmioiksi. Polejen poisto onnistuu parhaiten, jos poleen kiinnittyy parillinen määrä reunoja. Polen poisto vaikuttaa aina polyflow`hun. Alla olevassa kuvassa 16 on muutama esimerkki, miten poleja pystytään poistamaan.

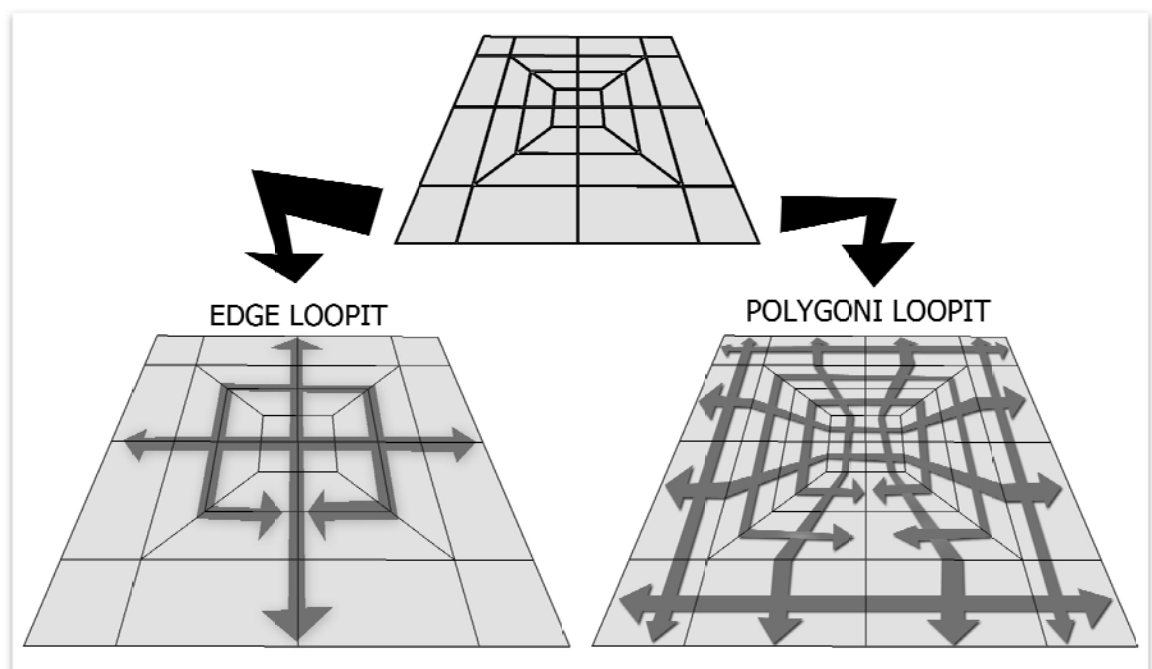


Kuva 16: Polejen poistaminen.

3.3 Loopit

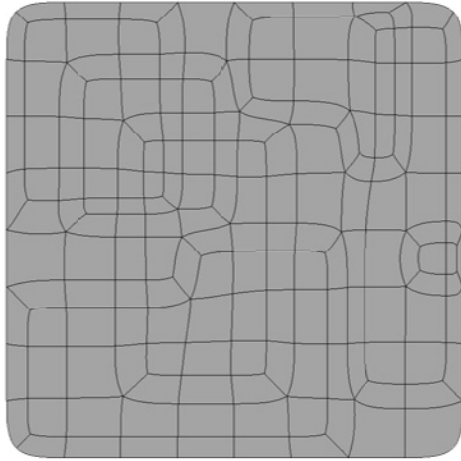
Edge loopeilla eli reunasilmukoilla vaikutetaan geometrian, topologiaan, tiheyteen ja muotoon, sekä niitä käytetään muun muassa yksityiskohtien ja piirteiden luomiseen. Topologialla tarkoitetaan sitä, että missä järjestyksessä geometria on objektissa. Oikeastaan kuvaavampi nimi topologialle mallinnuksessa on kuitenkin edge- tai polyflow eli suomennettuna reunojen tai polygonien virtaus.

Oikeanlainen edgeflow on tärkeä varsinkin animoitavissa kohteissa, kuten esimerkiksi hahmoissa. Hahmoja mallintaessa edge looppien onkin hyvä seurata piirteitä, kuten esimerkiksi silmän ympärystä tai lihaksistoa. Tässä luvussa käsitellän asioita, joiden avulla pystytään vaikuttamaan edgeflow`iin. Edge ja polygoni loopit kulkevat aina vähintään kahden reunan läpi, katso kuva 17. Edge loopeissa reunat kulkevat siihen saakka, kunnes törmäävät poleen tai objektin reunaan. Polygoni loopit päättyvä objektin reunaan, kolmioon tai n-goniin. Loopit voivat kulkea toistensa seassa, on järkevää koettaa välttää useiden looppien kulmien vierekkäisyyttä, välttääkseen poleja. Katso kuva 18.

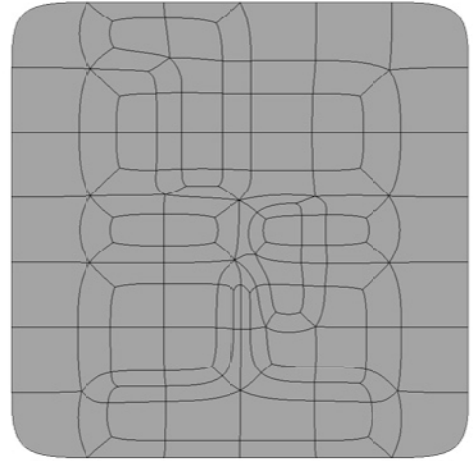


Kuva 17: Vasemmalla puolella nuolella merkattu edge loopit ja oikealla puolella merkattuna ovat polygoni loopit.

LOOPIT VOIVAT KULKEA...



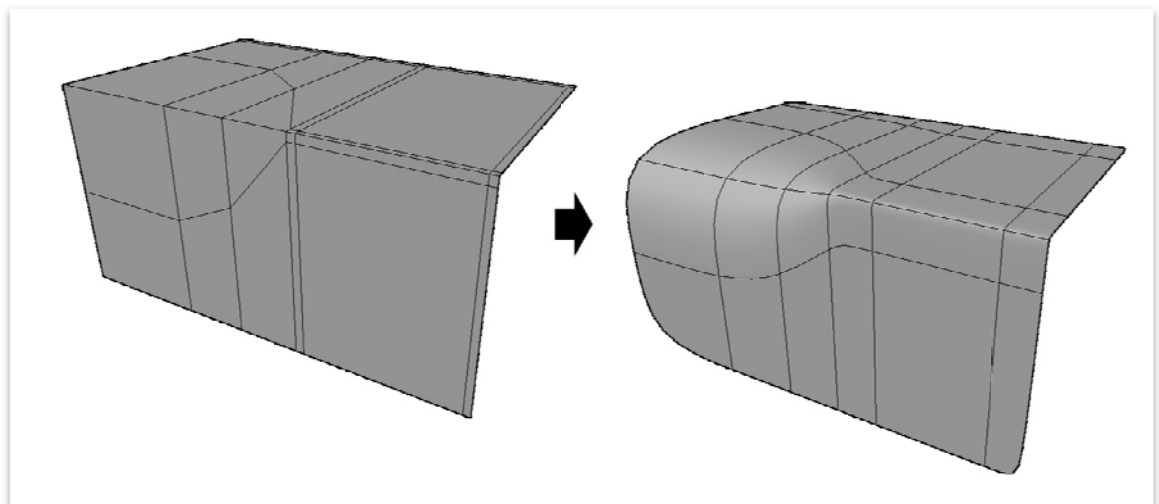
...NÄIN!



...EI NÄIN!

Kuva 18: Jos välttää looppien kulmien osumista samaan kohtaan välttyy myös X-poleilta.

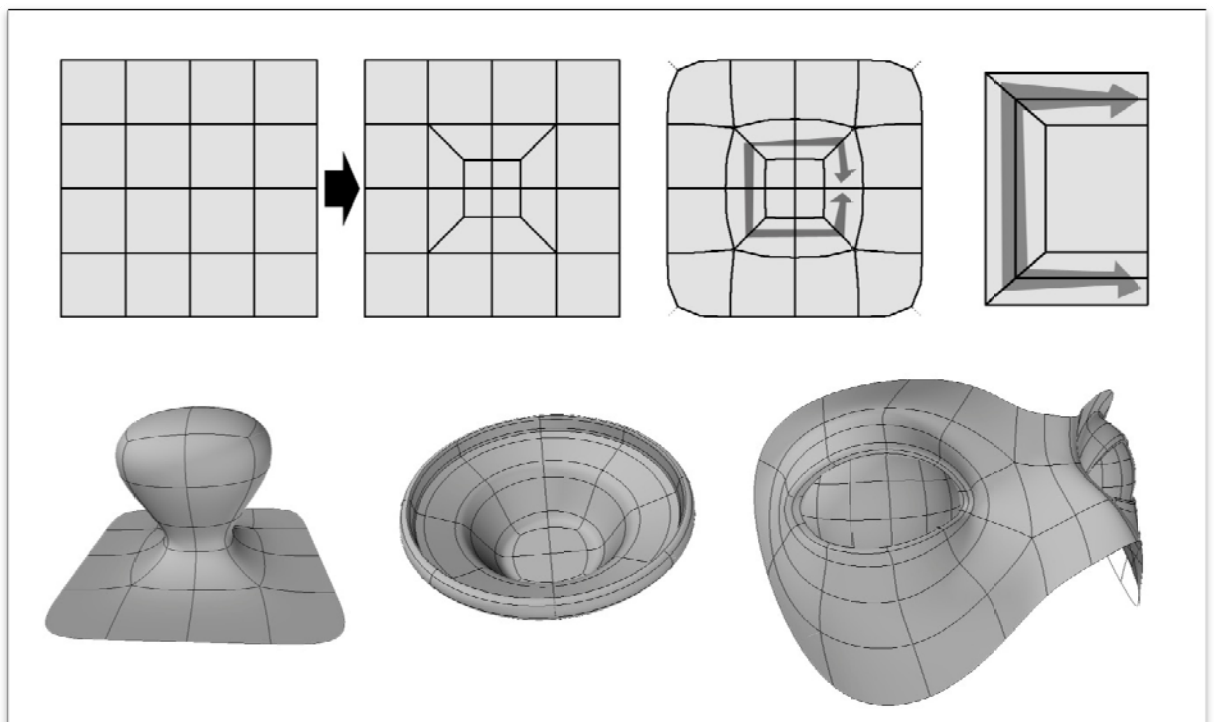
Subdivision -pinnoissa kulmia saadaan teroitettua lisäämällä reunan läheisyyteen toinen reuna. Katso kuva 19. Joissakin ohjelmissa on mahdollista säätää reunojen terävyyttä lisäämättä uutta reunaa. Järkevintä on silti pyrkiä mallintamaan terävät reunat reunoja lisäämällä, sillä silloin objekti on helposti siirrettävissä eri ohjelmien välillä.



Kuva 19: Subdivision -pinnan reunojen terävyys.

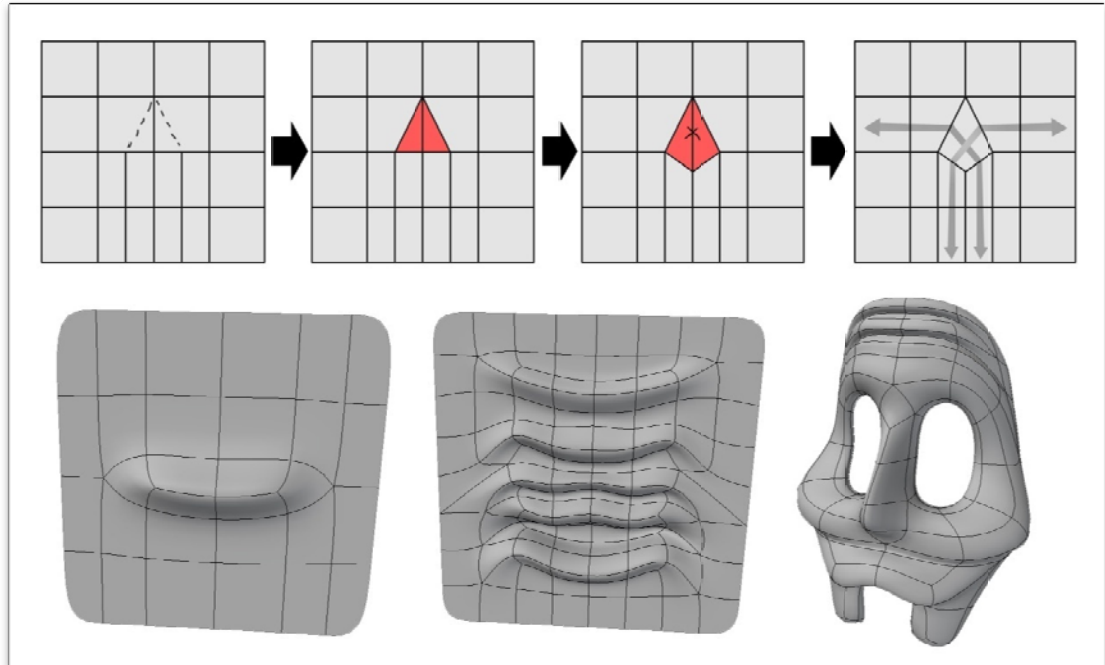
Looppien muodostamisessa käytännöllisiä työkaluja ovat extrude, split loop, spin edge, cut, connect, bridge ja weld. Spin edge pyörittää valittua reunaa niiden polygonien reunapisteiden rajoissa, joiden välissä valittu reuna on. Cutin ja connectin avulla pystytään "leikkaamaan" uusia reunoja olemassa oleviin polygoneihin. Connectin avulla pystyy myös lisäämään uuden pisteen reunalle, jos työkalua käytettäessä valittuna on yksi reuna. Weld -työkalulla pystyy "hitsaamaan" pisteitä ja joissakin ohjelmissa myös reunoja kiinni toisiinsa. Split loopin avulla pystytään sijoittamaan uusia edge looppeja polygoni loopin sisälle, eli se siis nimensä mukaisesti jakaa polygoni looppeja.

Yleisin käytettävistä loopeista on niin kutsuttu C-loop eli circural loop, joka muodostuu yleensä aina käytettämällä extrude- tai bevel -työkalua. Hyvänä esimerkkinä C-looppien käytöstä toimii silmien ja suun ympärystä. Aloittelevan mallintajan on hyvä pyrkiä aluksi käyttämään C-looppeja, sillä ne ovat loopeista helpoimpia hallita. Katso kuva 20.



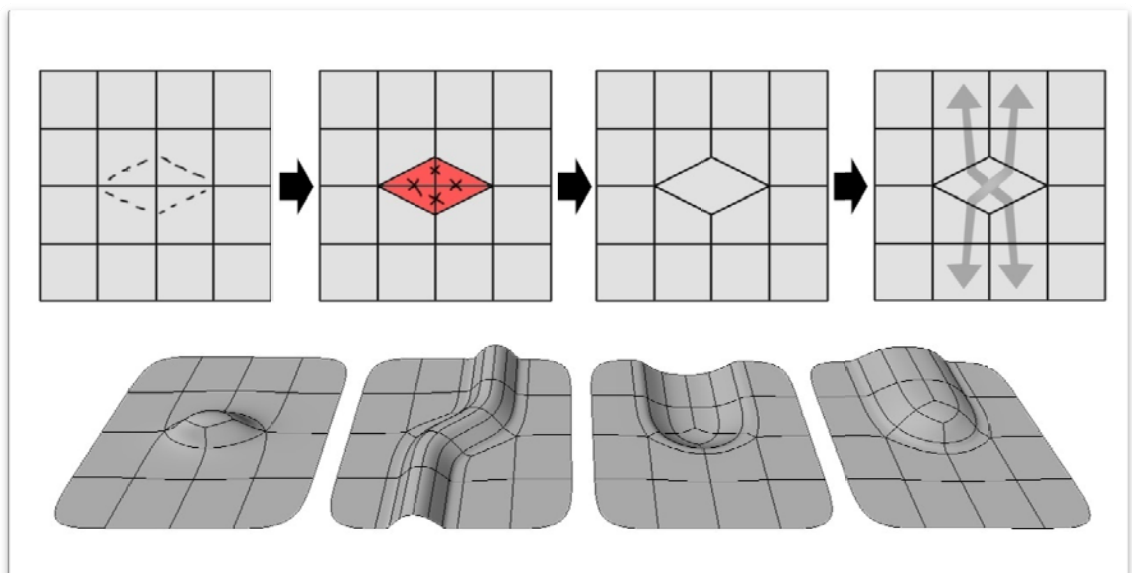
Kuva 20: C-loop on usein esiintyvä looppi.

T-looppi on saanut kutsuma nimensä sen tavasta vaikuttaa polyflowiin. T-looppia voidaan käyttää myös askellus tarkoitukseen. Katso kuva 21.



Kuva 21: T-looppi on kätevä erilaisten ryppyjen muodostuksessa.

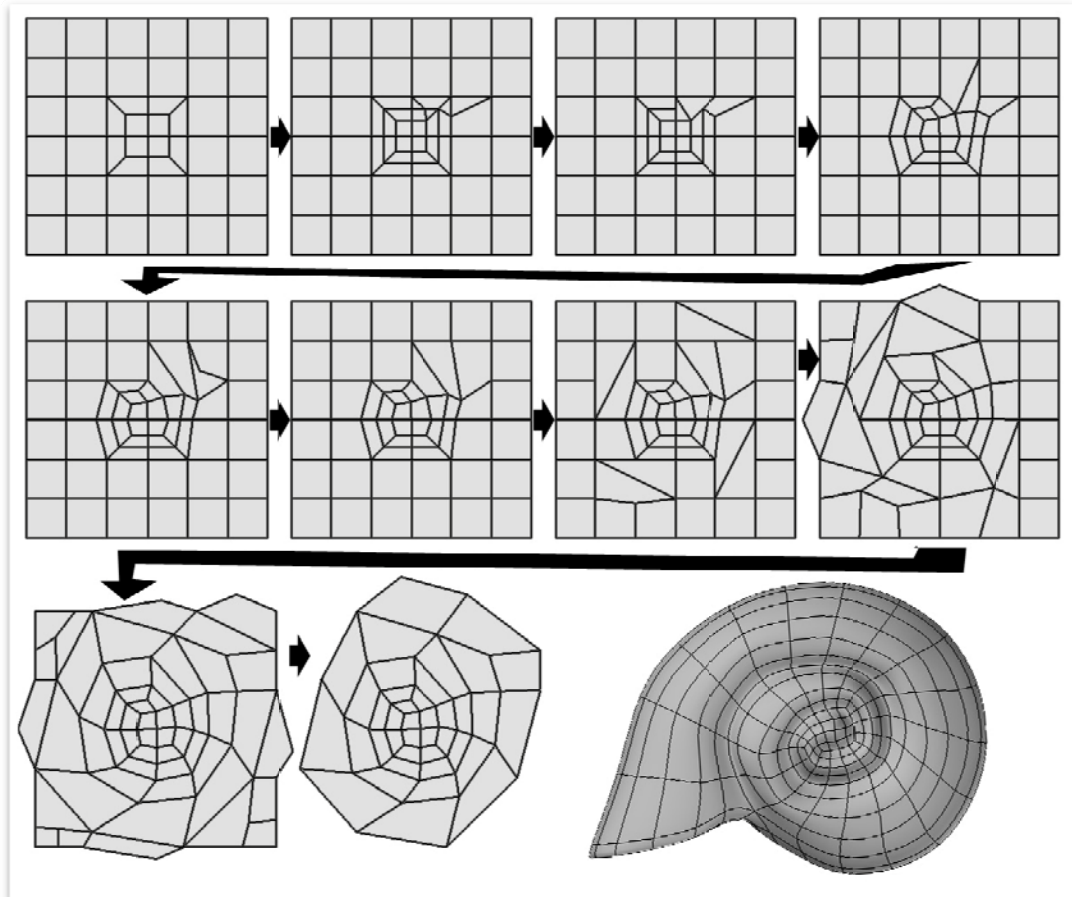
Diamond looppi eli timantti looppi saa nimensä nelikulmiosta, jota sen luomiseen käytetään. Kuva 22 kertoo miten timantti looppi luodaan, huomaa kaksi vastakkain muodostuvaa E polea.



Kuva 22: Timantti looppi.

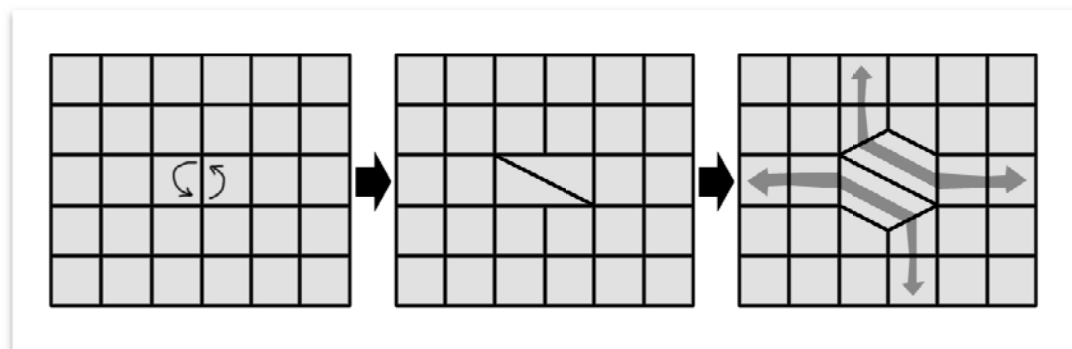
Spiraali looppi on saanut nimensä sen tavasta kulkea spiraalimaisesti. Spiraali looppi voidaan tehdä muokkaamalla C-looppia. C-loopin yhden kulman polyflow pitää ensin

muuttaa kulkemaan C-loopin sisään, jonka jälkeen spiraalin muodostamista voidaan jatkaa reunoja kääntämällä käyttämällä spin edge -työkalua. Kuvassa 23 on esimerkki spiraali loopin mallinnuksen vaiheista. Spiraali looppia on harvinainen, mutta sitä voi käyttää esimerkiksi kotilon mallinnuksessa. Välillä spiraali looppia näkee silmän ympärillä käytettynä.



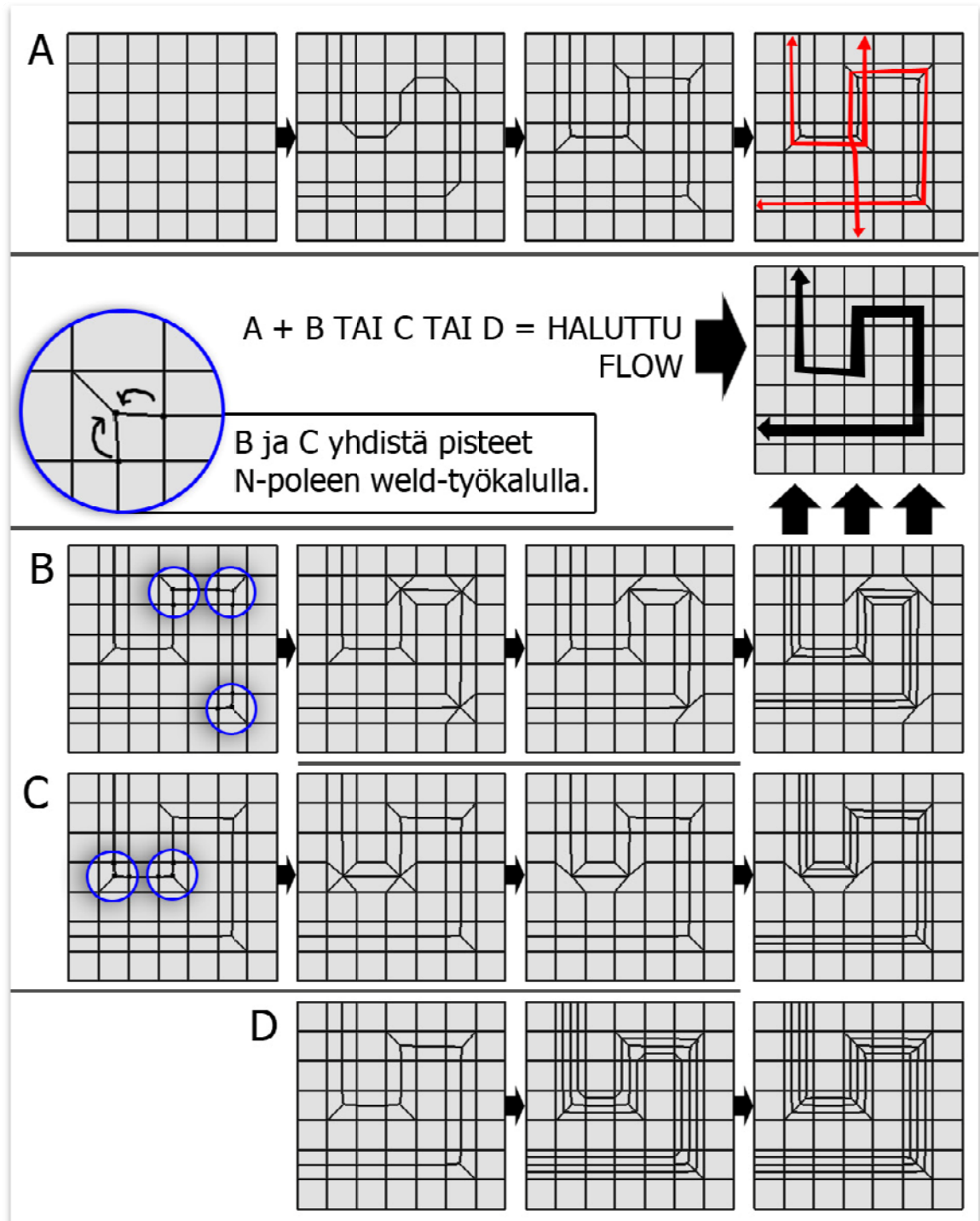
Kuva 23: Spiraali looppi.

Kuvassa 24 esiintyvä spin looppia tehdään edgeä pyörittämällä käyttäen joko spin quad- tai spin edge -työkalua. Spin loopin lopputuloksena on kaksi looppia, jotka ovat toistensa peilikuvat.



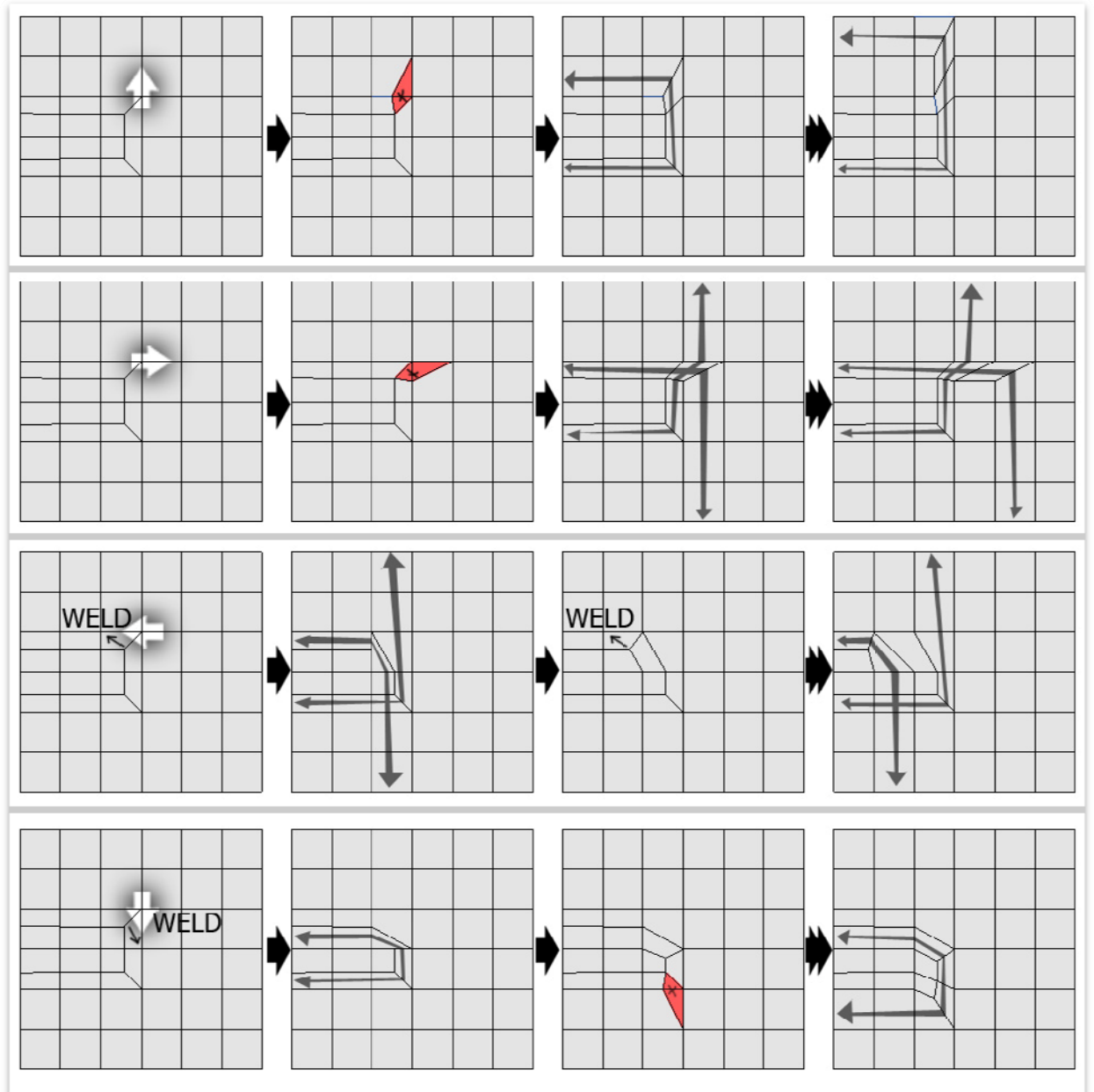
Kuva 24: Spin loop.

Cut loop luodaan "leikkaamalla" geometriaa. Cut looppien luominen onnistuu nimensä mukaisesti cut -työkalulla, mutta myös käyttämällä connect -työkalua. Leikattu tulos vaatii muokkaamista, että saadaan aikaiseksi halutunlainen flow. Katso kuva 25.



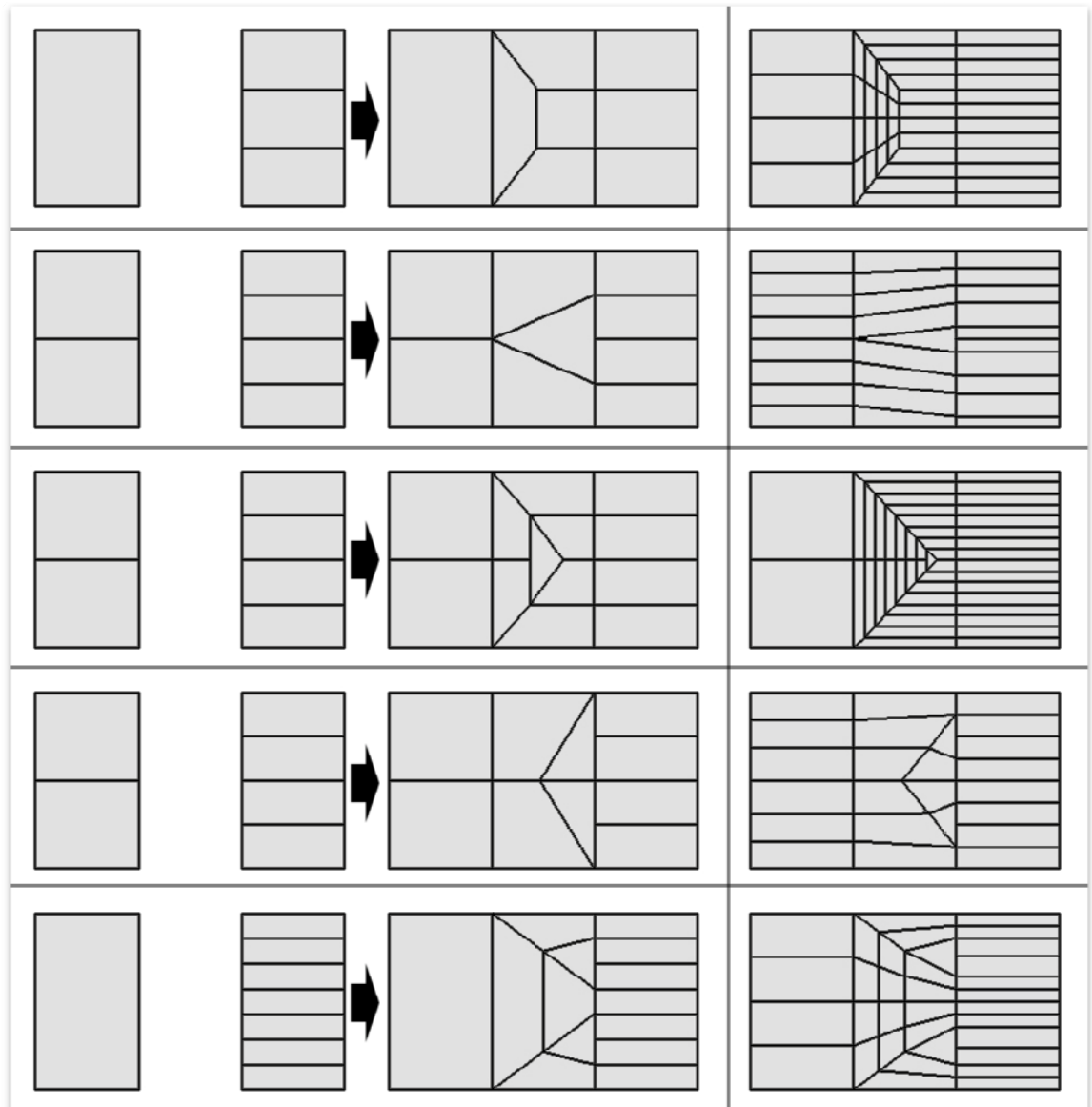
Kuva 25: Cut loop luodaan käyttämällä cut- tai connect -työkalua.

Looppeja ja poleja voi myös siirtää. Alla olevassa kuvassa 26 on muutama esimerkkitapa polejen ja looppien siirtoon. Spin edge- tai spin quad -työkalulla saadaan myös siirrettyä poleja sekä muutettu polyflow`ta.



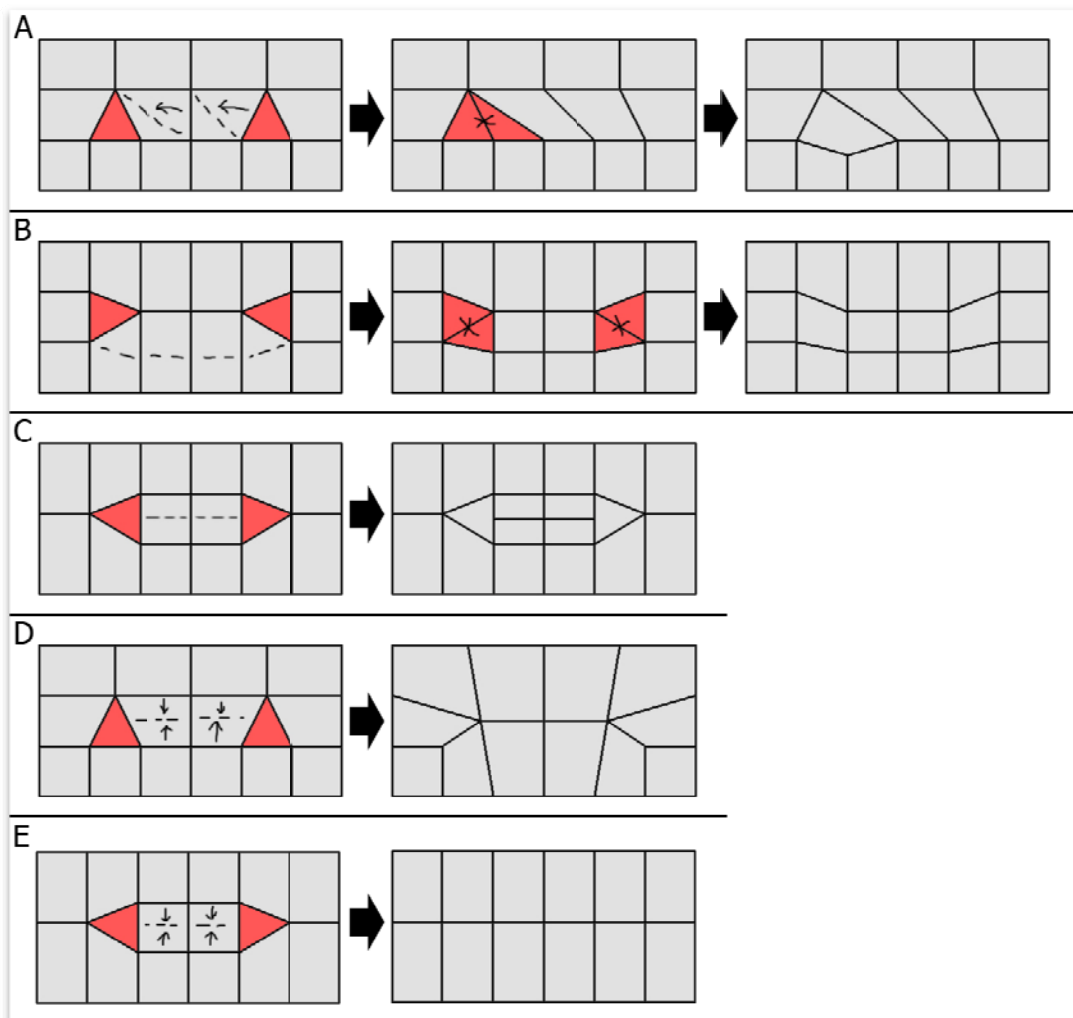
Kuva 26: Menetelmiä looppien ja polejen siirtämiseen.

Askeetus menetelmiä käyttämällä saadaan yhdistettyä eri tarkkuuksisia alueita. Askeltaminen tapahtuu yleensä muuttamalla tiheämmän geometrian edgeflow:n suunta kulkemaan takaisin siihen suuntaan, mistä se lähtöisin. Askeetus on hyödyllinen esimerkiksi käsissä, joissa sormissa on tiheämpää geometriaa, kuin kämmenen alueella tai korvan kiinnittämisessä pään sivuun. Kuvassa 27 esimerkkejä muutamasta menetelmästä, joita voi käyttää askellukseen.



Kuva 27: Erilaisia tapoja askeltaa.

Kolmioiden poisto onnistuu parhaiten, jos niitä on parillinen määrä, sillä kaksi kolmiota pystyy eliminoimaan toisensa. Tapoja kolmioiden poistamiseen on reunojen lisääminen, yhdistäminen, poistaminen sekä pyörittäminen. Esimerkki kuvan 28 kohdassa A pyöritetään reunoja, että saadaan kuljetettua toinen kolmio toisen viereen. Reunoja pyörittämällä voi myös tarvittaessa siirtää kolmion piiloon sellaiseen paikkaan, josta se ei näy. Kolmioiden ollessa vierekkäin voidaan niiden väliin jäävä reuna poistaa ja kolmiot yhdistyvät nelikulmioksi. Tämän tapa jättää lopputulokseen yhden N-polen sekä E-polen. Kohdassa B kolmioiden tuhoamiseksi käytetään uusia reunoja samalla luoden alkuperäisten kolmioiden rinnalle uudet kolmiot. Kolmioiden väliset reunat poistetaan, että tilalle saadaan nelikulmiot, samalla poistuu myös kaksi E-polea. Kohdassa C luodaan kolmioiden välille uusia reunoja siten että, kolmioiden reunapisteiden lukumäärä kasvaa yhdellä. Tämä tapa jättää jälkeensä kaksi T-looppia. D ja C kohdassa yhdistetään kolmioiden väliset reunat.



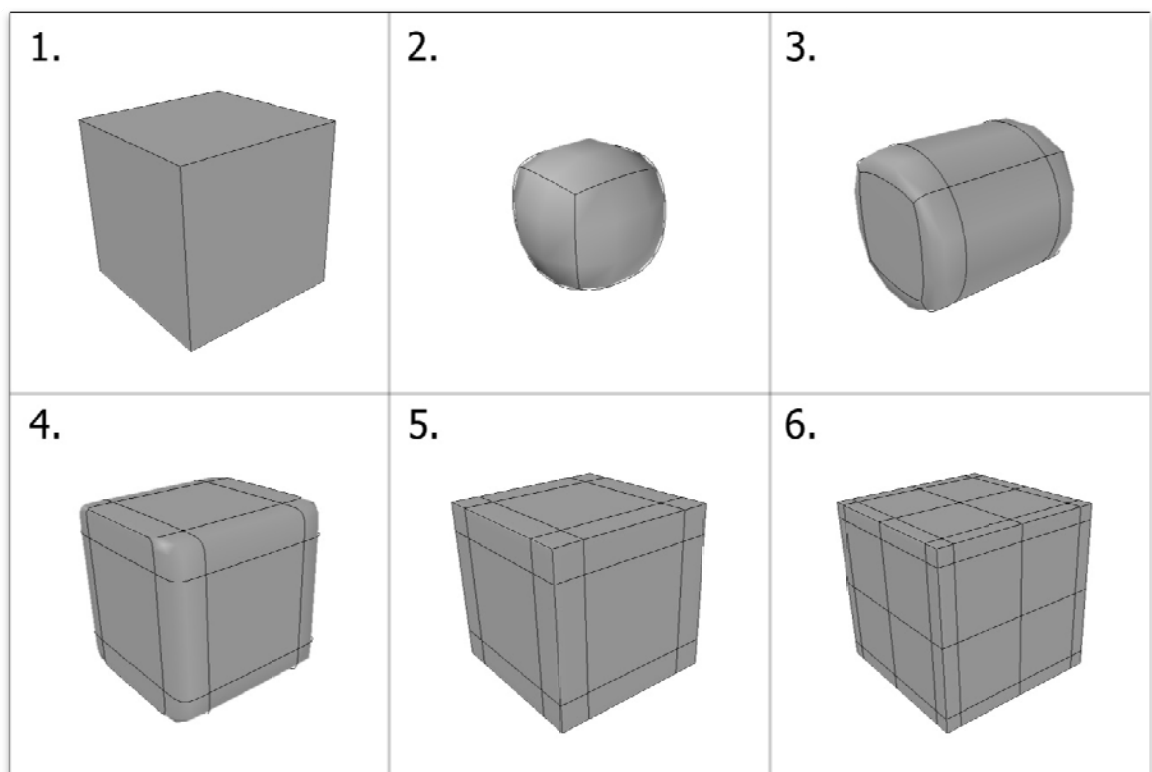
Kuva 28: Kolmioiden poisto tapoja.

4 SUBDIVISION JA PRIMITIIVIT

Tässä luvussa käsittelen työtapoja, joiden avulla kuutio, pallo, sylinteri, kartio ja torus saadaan mallinnettua subdivision -pintoja käyttämällä, koska 3D-ohjelmien polygoniprimitiivit eivät suostu pitämään muotoaan, kun niihin asetetaan subdivision -pinta päälle. Näitä työtapoja voi soveltaa niin hard surface (esimerkiksi teollisesti valmistetut asiat) mallinnuksessa, kuin orgaanisessakin mallinnuksessa. Esimerkeistä ilmenee hyvin myöskin subdivision -pintojen käyttäytyminen.

4.1 Kuutio

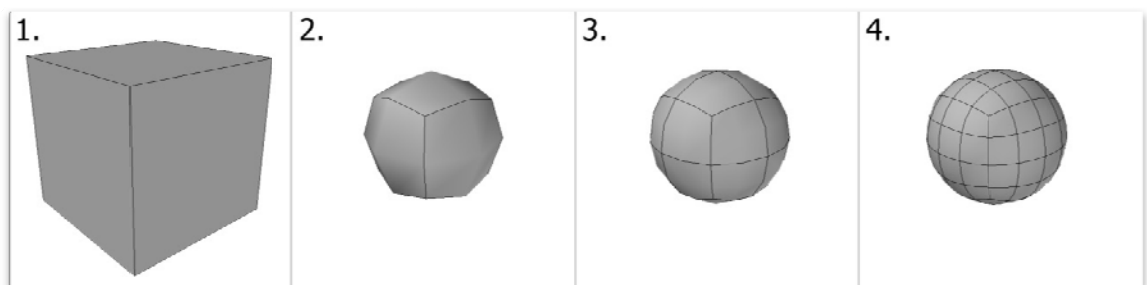
Kuution subdivision -mallinnus etenee seuraavalla tavalla. Ensin luodaan kuutio, johon laitetaan subdivision -pinta päälle. Subdivision -pinta päällä kuutio muistuttaa enemmän palloa kuin kuutiota. Kuutioon pitää lisätä edge looppeja alkuperäisten reunojen molemmin puolin, että saadaan aikaiseksi terävämmät reunat. Katso kuva 29.



Kuva 29: Subdivision kuution mallinnus vaiheet.

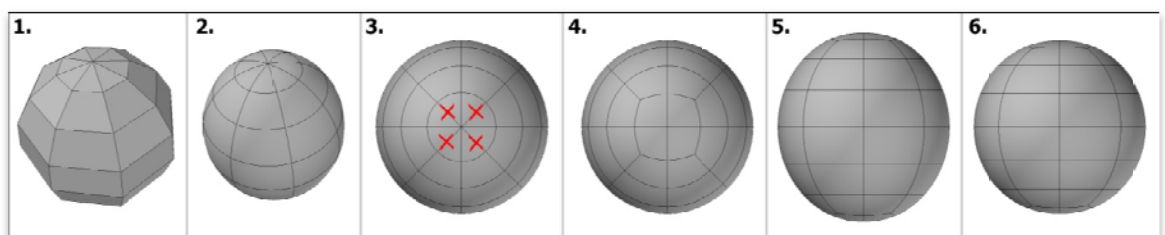
4.2 Pallo

Pallon tekemiseen subdivisionilla on pari kätevää lähestymistapaa. Yksi vaihtoehto on lähteä liikkeelle kuutiosta ja toinen tapa on aloittaa pallosta. Kuutiosta aloittamisen etuina on, että objektin geometria muodostuu nelikulmioista jo mallinnuksen aloitusvaiheessa ja muoto on jo pallo sekä se on helppo unwrapata samalla tavalla kuin kuutio. Aloitetaan luomalla kuutio johon laitetaan subdivision -pinta päälle. Subdivision -pinta päällä kuutio on jo pallon muotoinen, käyttötarkoituksesta riippuen saattaa tämä jo riittää. Mutta jos kontrolloitavaa geometriaa tarvitsee pallossa lisää, on hyvä hyväksyä subdivision -pinnan ensimmäinen taso uudeksi base meshiksi niin monta kertaa, kuin on tarpeen. Tarvittaessa voi myös työkalua joka löytyy monesta ohjelmasta esimerkiksi nimellä spherify tai spherize. Katso kuva 30.



Kuva 30: Subdivision pallon mallinnus vaiheet, kun lähtökohtana on kuutio.

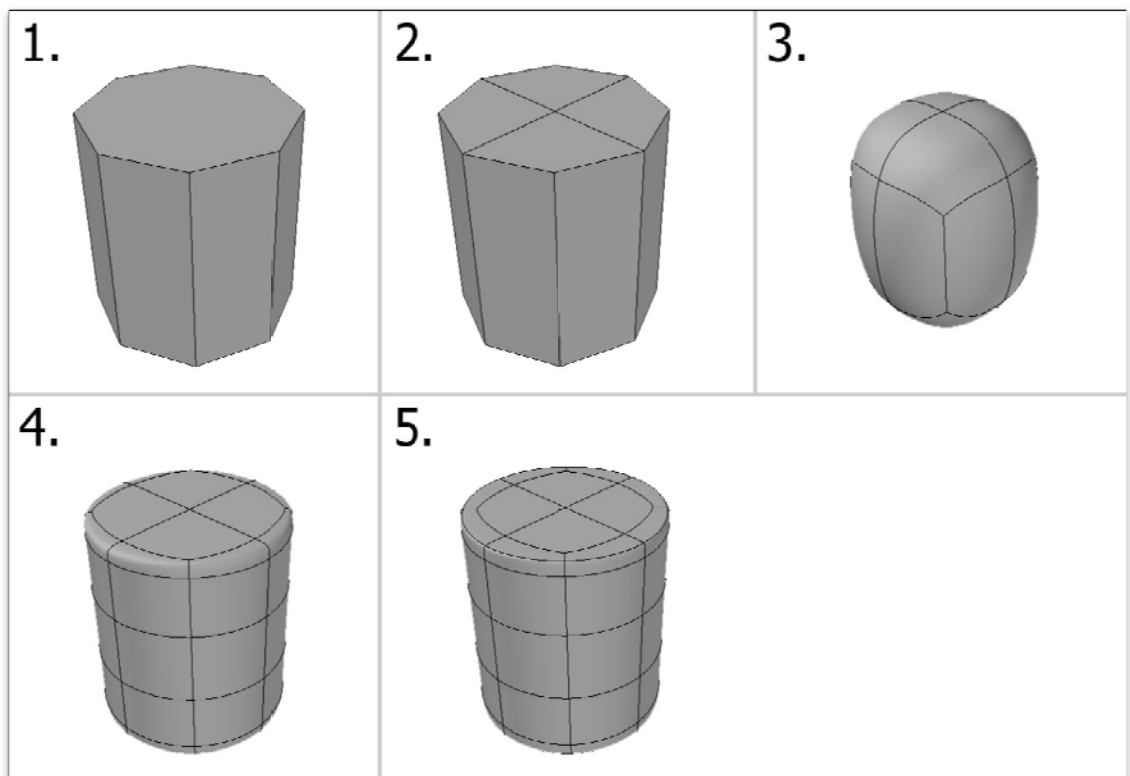
Aloitetaan luomalla pallon, jolla on kahdeksan reunaa sekä kahdeksan segmenttiä, jonka jälkeen asetetaan subdivision-pinta päälle. Pallosta liikkeelle lähdettäessä on pari ongelmaa. Ensimmäinen ongelma on se, että pallon napoihin muodostuu polet ja kolmioita niiden ympärille. Tämä on helppo korjata yhdistämällä kolmioita neliöiksi. Toisena ongelmana on se että pallo näyttää venyneeltä. Venyminen saadaan korjattua litistämällä palloa hieman. Katso kuva 31.



Kuva 31: Subdivision pallon mallinnus vaiheet, kun lähtökohtana on pallo.

4.3 Sylinteri

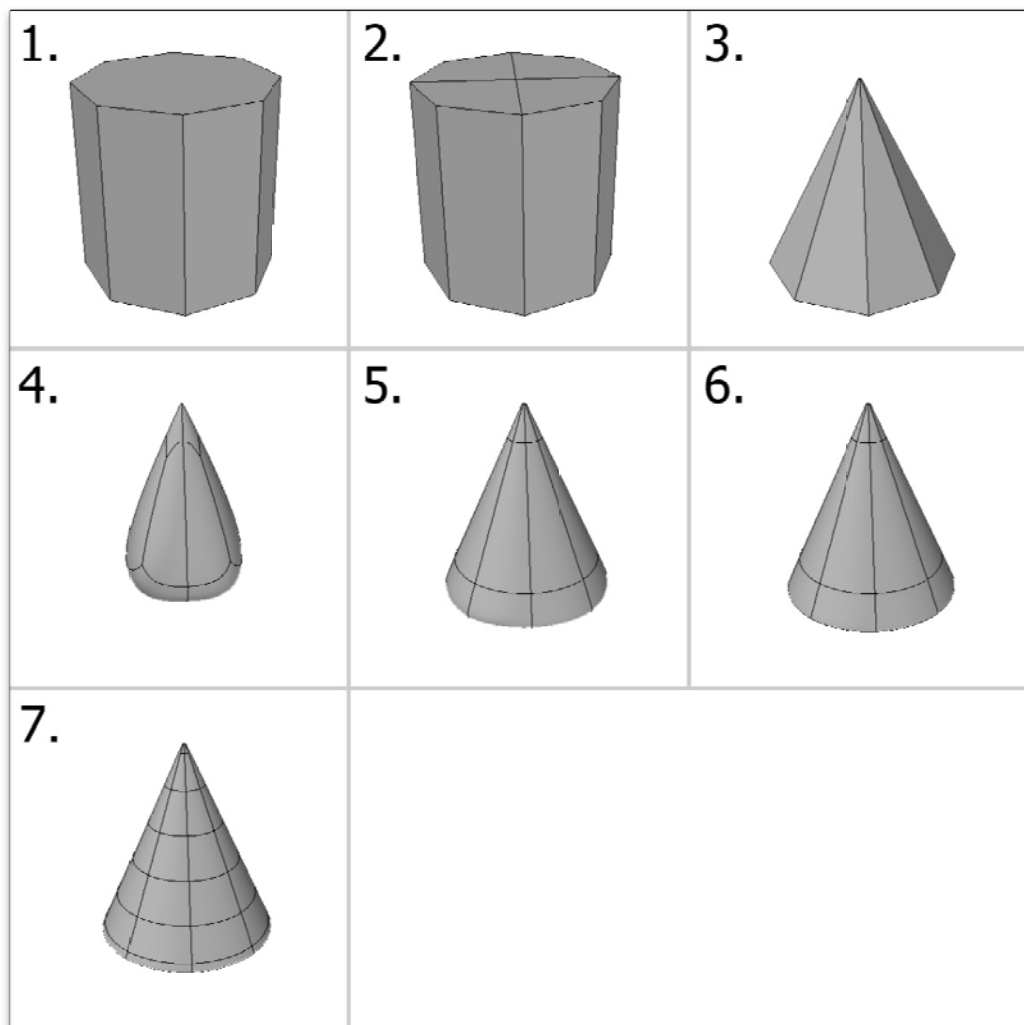
Sylinteri aloitetaan luomalla sylinteri primitiivi, jossa on kahdeksan kulmaa. Seuraavaksi jaetaan sylinterin päädyt nelikulmioiksi, jotka tässä tapauksessa muodostuvat oktagoneista eli kahdeksankulmioista. Päätyjen jakamisen jälkeen asetetaan objektiin subdivision pinta päälle. Päädyt terävöidään lisäämällä niiden läheisyyteen reunasilmukat, lisäksi sylinterin keskivaiheille voidaan lisätä muutama silmukka, että saadaan aikaiseksi tasaisempi verkko. Lopuksi Sylinterin päätyjä sisennetään hieman, tämä "teroittaa" reunoja vielä lisää. Katso kuva 32.



Kuva 32: Subdivision sylinterin mallinnusvaiheita.

4.4 Kartio

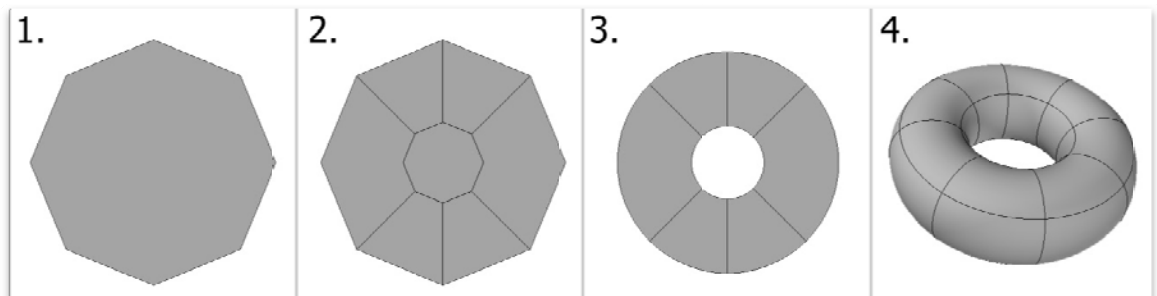
Kartio aloitetaan luomalla kahdeksankulmainen sylinteri. Koska sylinterin päädyt muodostuvat oktagoneista, niiden jakaminen nelikulmioiksi onnistuu helposti ja kätevästi. Seuraavaksi skaalataan sylinterin toisen päädyn polygonit, jotta saadaan aikaiseksi kartiomainen muoto. Subdivision -pinnan päälle asettamisen jälkeen luodaan reunasilmukat päätyjen läheisyyteen. Kartion pohjan reunoja terävöidään sientämällä pohjan polygoneja hieman. Lopuksi voidaan luoda täyte reunasilmukoita, jotta saadaan aikaiseksi tasaisempi geometrian tarkkuus. Katso kuva 33.



Kuva 33: Subdivision kartion mallinnus vaiheet, kun lähtökohtana on sylinteri.

4.5 Torus

Aloitetaan luomalla oktagoni. Oktagonia sisennetään ja poistetaan keskusta muodostuva oktagoni. Seuraavaksi asetetaan subdivision -pinta päälle ja käytetään extrude -työkalua polygoneihin, jotta saadaan aikaiseksi torus. Tarvittaessa geometrian tarkkuutta voidaan lisätä hyväksymällä subdivision -pinnan taso uudeksi basemeshiksi. Torus on täysin poleton. Katso kuva 34.



Kuva 34: Subdivision pallon mallinnus vaiheet, kun lähtökohtana on oktagoni.

5 KELTAISEN KIRAHVIN ELÄINYSTÄVIEN MALLINNUS

"Keltaisen kirahvin eläinystävät" on "Keltaisen kirahvin eläintarinoista" tehtävä matinea elokuva. "Keltaisen kirahvin eläintarinat" on vuonna 2003 valmistunut lapsille suunnattu pala-animaatiosarja, joka on jatkoa Unicef-palkinnon saaneelle sarjalle "Aurinko on Keltainen Kirahvi". Eläintarinoiden jokainen jaksossa esiintyy eri eläin, mutta Keltainen Kirahvi esiintyy kertojana joka jaksossa. Sarja sisältää runoja ja kertomuksia eläimistä, ne käsittelevät myös erilaisia teemoja, kuten esimerkiksi ystävyyttä. Epidem ZOT:in tuottamat keltaiset kirahvit on ohjannut Jaana Wahlforss ja Antonia Ringbom sekä käsikirjoittanut Jaana Wahlforss. Katso kuva 35.



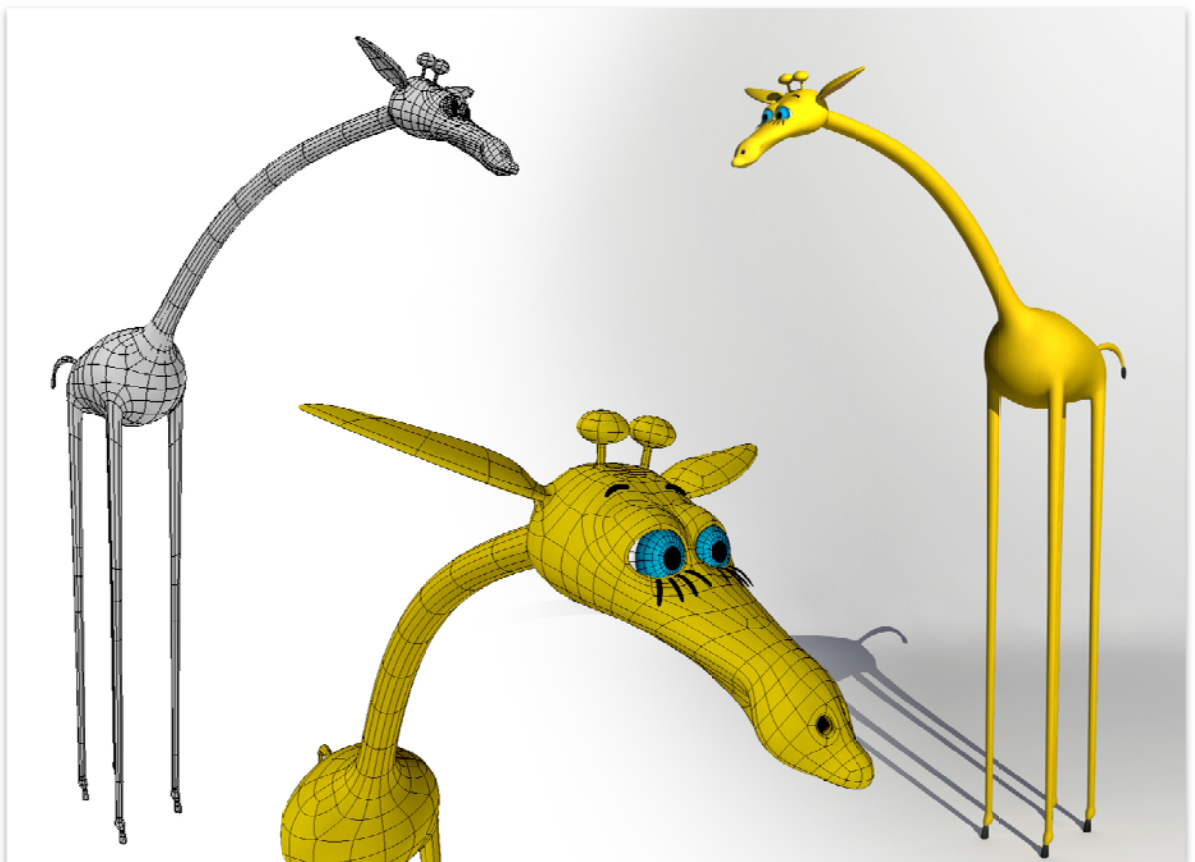
Kuva 35: Kuvakaappaus Keltaisen kirahvin eläintarinoiden alkutunnuksesta.

"Keltaisen kirahvin eläinystävät" matineaelokuva sisältää kuusi pala-animaatio lyhytelokuvaa sarjasta sekä uutta 3D-tietokoneanimaatiota. 3D-materiaali on johdantona ja siirtymänä, joilla "juonnetaan" 2D pala-animaatiot alkavaksi. Pala-animaatioiden väliin tulevat 3D-animaatiovälilyonnot sijoittuvat elokuvateatterin saliin. Salissa Keltainen kirahvi ja joukko muita eläimiä katsovat 2D-animaatioita. Elokuvateatteriin yritetään äänillä luoda tunnelma siitä, että oikeassa teatterissa olevat lapset olisivat istumassa 3D-eläinten kanssa "saman" teatterin katsomossa. Eläimet istuvat "teatterin" eturiveillä ja oikeat lapset teatterin takarivillä. Keltainen Kirahvi toimii

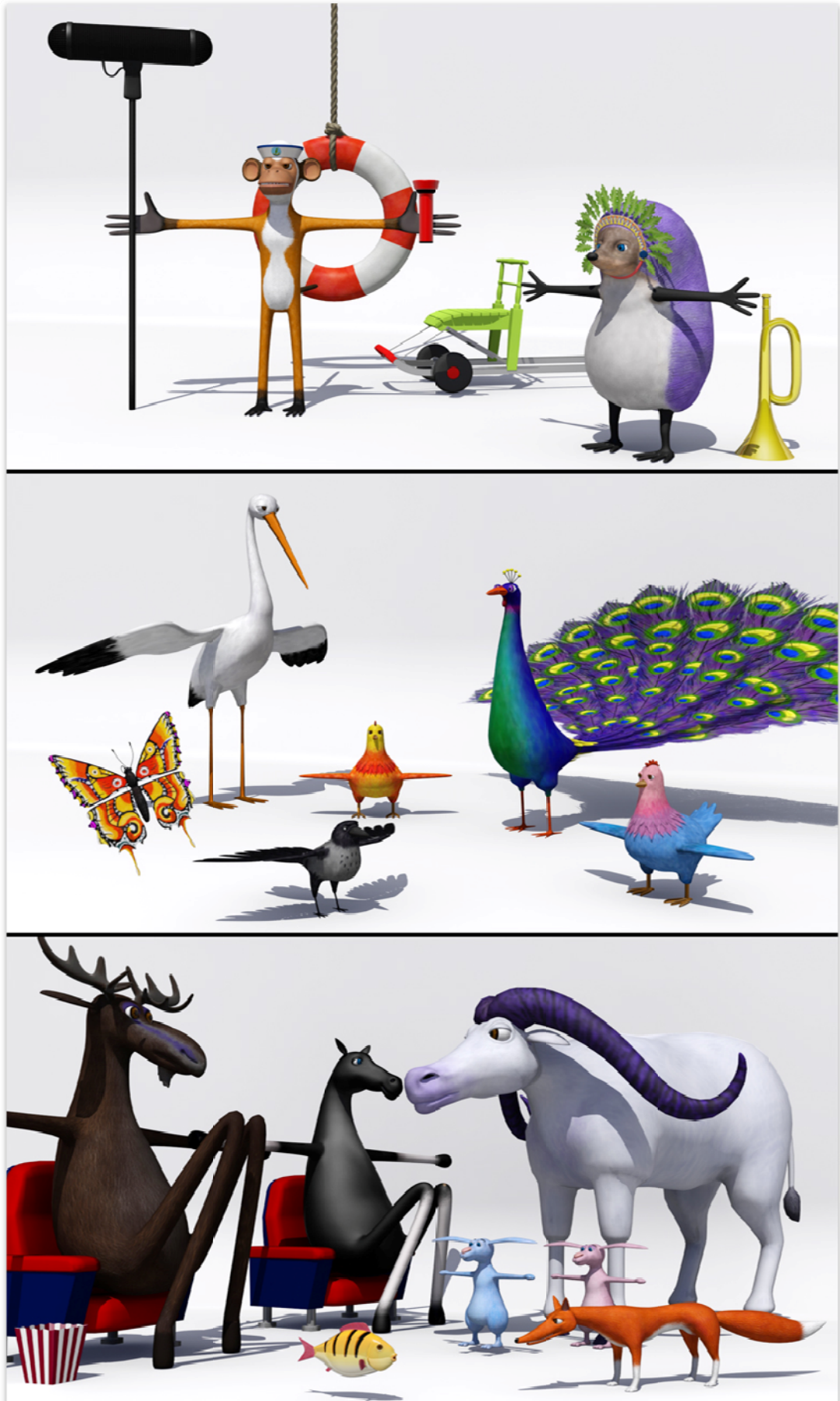
myös 3D-animaatioissa ainoana puhuvana eläimenä juontajana. Kirahvin juontojen avulla siirrytään katsomaan seuraavaa 2D-animaatioita. Juontojen aikana esiintyy myös seuraavan alkavan pala-animaation eläin "näyttelijänä" sekä yleisö. Jokaisessa 3D-animaatiossa esiintyy myös apina, joka toimii kirahvin avustajana.

Tehtävänäni oli toimia hahmomallintajana Keltaisen kirahvin eläinystävät elokuvaan. Sain toimeksiannon ollessani harjoittelussa Mediakeskus Valossa. Keväällä 2010 olin apulaisohjaajana, elokuvasta tehtyyn lyhyeen "DEMO" -animaatioon. "DEMO" -animaatiota käytetään apuvälineenä lopullisen elokuvan rahoituksen haussa.

Luvuissa 5.2 ja 5.3 kerron hiiri hahmon avulla menetelmistä, joita käytin Keltaisen kirahvin eläinystävien hahmojen mallinnuksessa. Mallintamiani eläinhahmoja on kolmetoista kappaletta. Mallintamiani eläimiä ovat keltainen kirahvi, apina siili, kettu, kanat, kala, kanit, haikarat, hirvi, hevonen, hiiri, siili. Lisäksi mallinsin myös "propseja" siilin ja apinan käytettäväksi, sekä teatterin penkit. Hahmojen väri tekstuurit maalasin käyttämällä Zbrushia. Kuvassa 36 keltainen kirahvi ja kuvassa 37 muita keltaisen kirahvin 3D hahmoja.



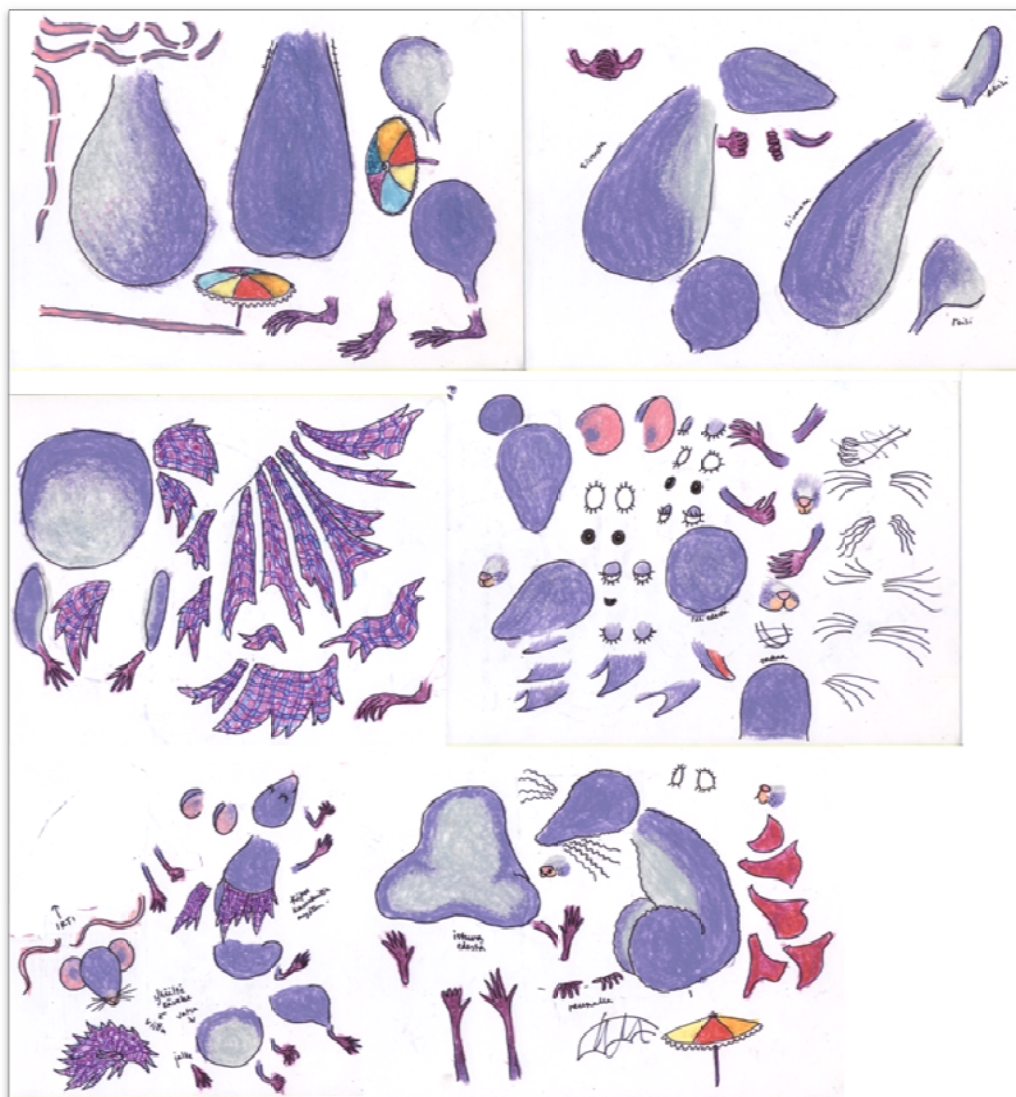
Kuva 36: Keltainen kirahvi.



Kuva 37: Keltaisen kirahvin eläinystäviä.

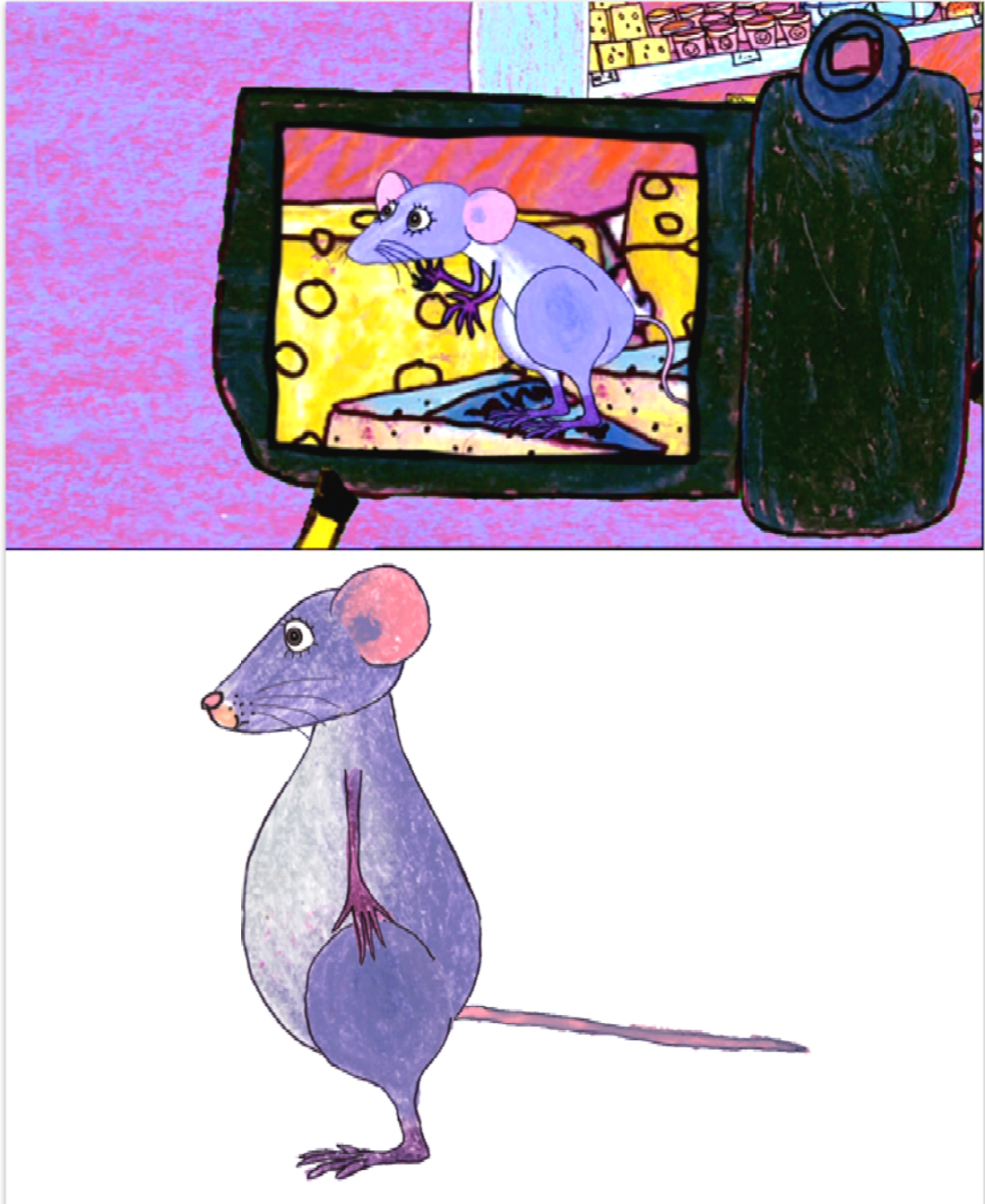
5.1 Referenssi materiaalit

Referenssimateriaalina mallinnettaviin 3d-animaatiohahmoihin minulla oli käytettävissäni alkuperäisiä pala-animaatiohahmojen kalvoja sekä animaatio elokuvien DVD -levyt Keltaisen kirahvin eläintarinoita 1 ja 2. Kalvoilla olevien hahmojen ääriiviivat on piirretty tusseilla ja väritetty öljypastelleilla. Kalvoilla olevat animaatiohahmot koostuivat pala-animaatiota varten jaotelluista palasista. Alla kuva 38 jossa kalvoilta skannatut hiiren palat.



Kuva 38: Kalvoilta skannatut hiiren palat.

Skannasin mallinnettävien hahmojen kalvot sekä lisäksi etsin DVD -levyiltä sopivia kohtia, joista otin kuvakaappauksia käyttäen VLC media player ohjelmaa. Keltainen kirahvi on mallinnettu pelkästään ruudunkaappausten perusteella, sillä siitä ei ollut kalvoja saatavilla. Skannatuista kalvojen palasista kokosin hahmojen sivuprofiili kuvat. Kuvassa 39 on esimerkki ruudulta kaapatusta hiiren kuvasta sekä kalvojen palasista koostettu sivuprofiili.

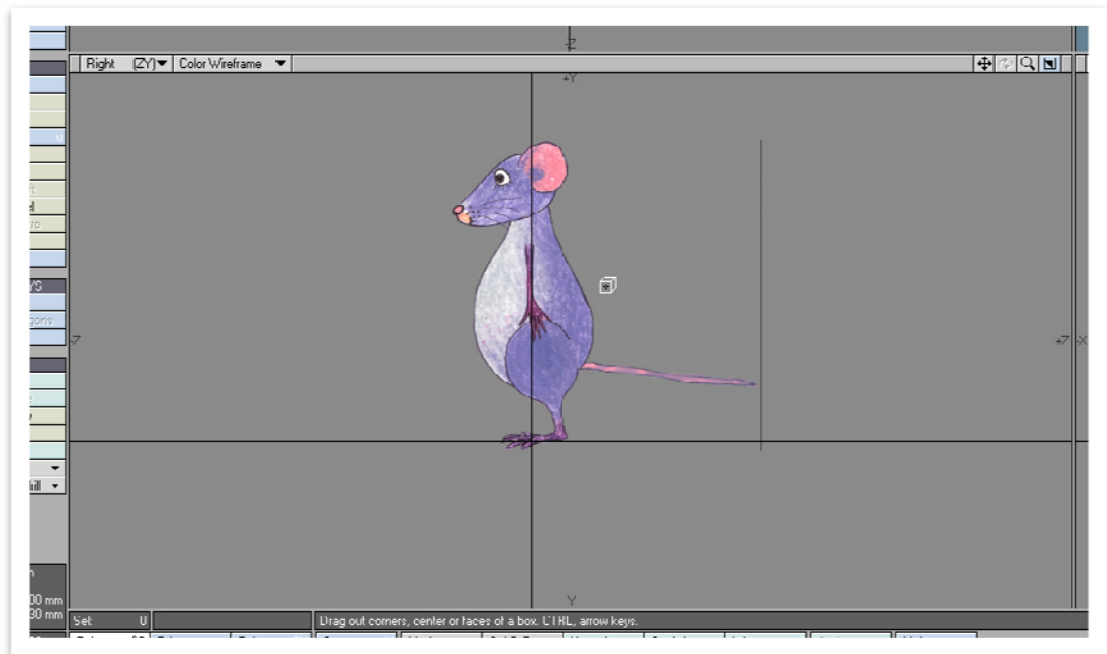


Kuva 39: Yläpuolella ruudun kaappaus j alapuolella on kalvojen palasista kasattu sivuprofiili.

5.2 Hiiren mallinnus

Tässä luvussa esittelen joitakin vaiheita hiiren mallinnuksesta. Mallintaessani etenin suurista selkeistä muodoista kohti pieniä yksityiskohtia, samalla koko mallinnuksen ajan silhuettia tarkkaillen ja kokonaisuutta muokaten.

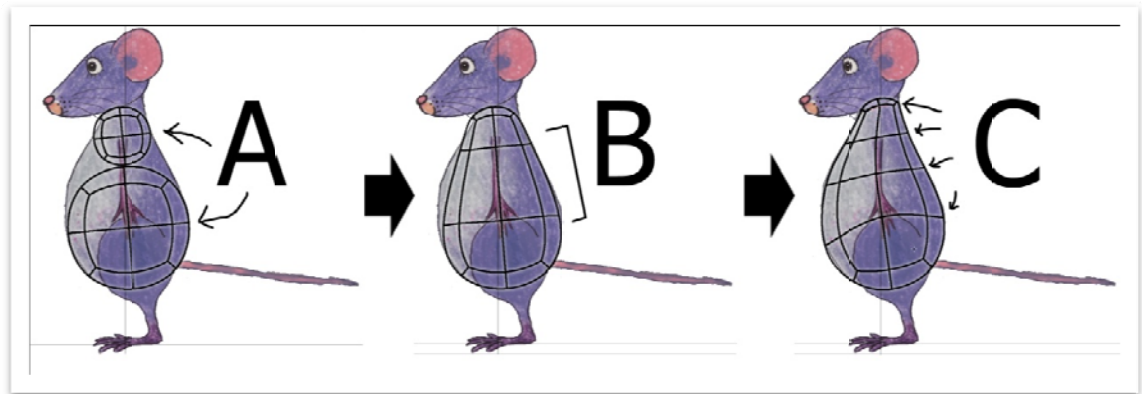
Hiiren mallintamiseen käytin Lightwave 3D -ohjelmaa. Aluksi ennen mallinnuksen aloittamista lurasin kuvan hiiren sivuprofiilista oikean ortogonaalisen näkymän taustakuvaksi. Katso kuva 40.



Kuva 40: Hiiren sivu profiili ortogonaalisen näkymän taustakuvana lightwave 3D -ohjelmassa.

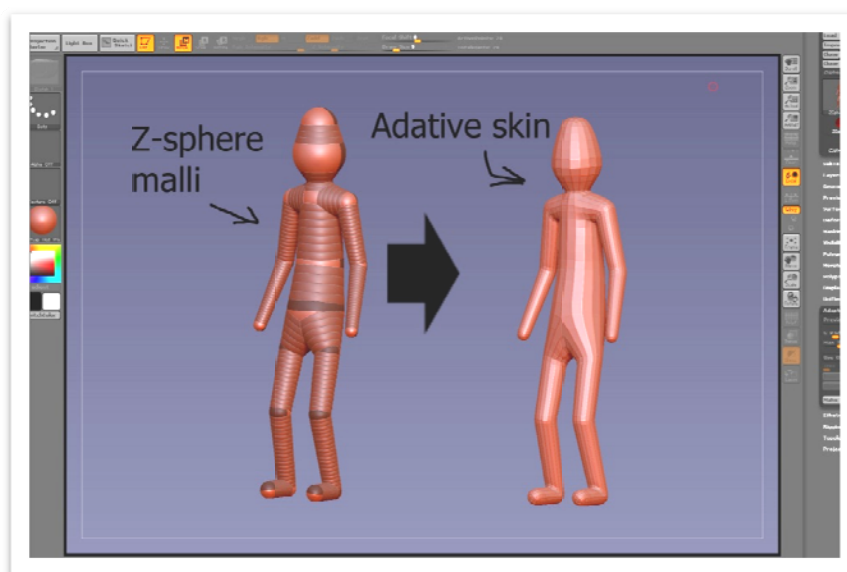
Muotojen nopeassa luonnostelussa käytin kehittämäni menetelmää, jota kutsun nimellä SDS-palloblokkauk. SDS-pallo nimen etuliite tulee subdivision Surfacen lyhenteestä. Siinä käytetään apuna palloa, joka on tehty kuutiosta hyväksymällä siihen subdivision -pinnan ensimmäinen taso. Näitä palloja asettelemalla avainpaikkoihin ja niitä yhdistämällä bridge -työkalua käyttämällä, saa nopeasti blokattua hahmon muotoa sekä sijoitettua uusia edge looppeja.

SDS-palloblokkauksen vaiheita kuvassa 41. Kohdassa A lisätään SDS-pallot, B kohdassa yhdistetään SDS -pallojen puolikkaat käyttämällä bridge -työkalua ja C kohdassa lisätään edge looppeja sekä muokataan muotoa. Huomaa, miten SDS-pallojen keskimäinen looppi pysyy geometriassa bridge-työkalun käytön jälkeen.



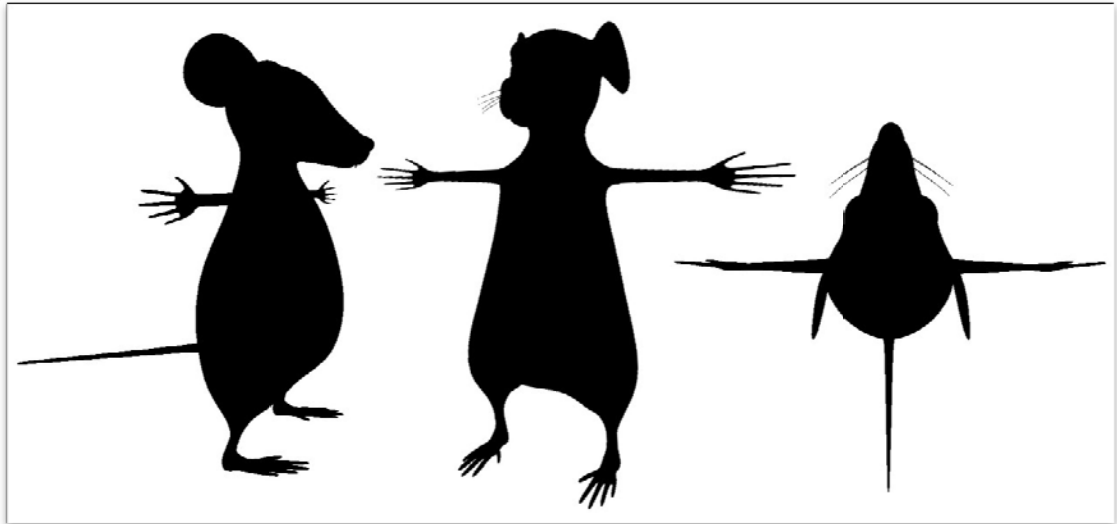
Kuva 41: SDS-pallo blokkauksen vaiheita. A asetetaan pallot, B yhdistetään pallojen puolikkaat ja C luodaan täyte looppeja sekä muokataan muotoa.

Idean SDS-palloilla blokkaukseen sain aikoinaan Zbrushin z-spherejen käyttöä opitellessani, kun ryhdyin ajattelemaan, että miten muilla ohjelmilla voisi toimia mallintaessa hieman samankaltaisesti. Z-sphere on Zbrushin työkalu, jonka avulla on mahdollista luoda nopeasti ja suhteellisen helposti etenkin orgaanisen 3D-mallin "luonnos" muodostamalla z-sphereistä Adaptive Skin -työkalulla geometria, jota voi käyttää pohjana skulptaukseen. Katso alla oleva kuva 42.



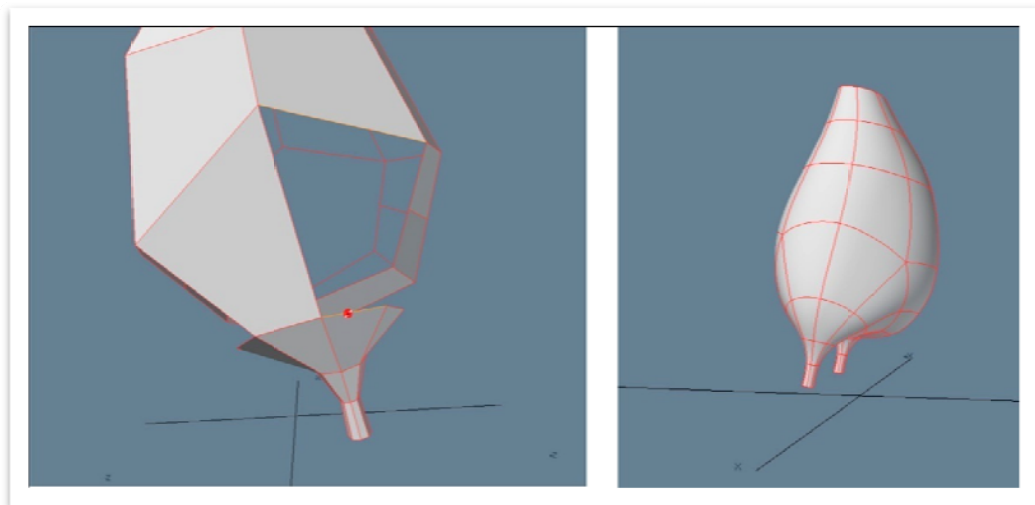
Kuva 42: Kuvakaappaus Zbrushista. Vasemmalla z-sphereillä muodostettu "luonnos" ja oikealla puolella siitä on muodostettu Adaptive Skin.

Hahmoja mallintaessani käytän kahta erilaista materiaalia, toista mallintaessa ja toista silhuetin tarkkailun apuna. Silhuetin tarkkailussa käytän materiaalia, jonka diffusen arvo on asetettuna nolnaan prosenttiin, joten materiaali näyttää pelkästään objektin muodon mustana silhuettina. Katso kuva 43. Mallintaessa on kannattavaa silloin tällöin myös varmistaa, että base mesh näyttää hyvältä myös ilman subdivision-pintoja.



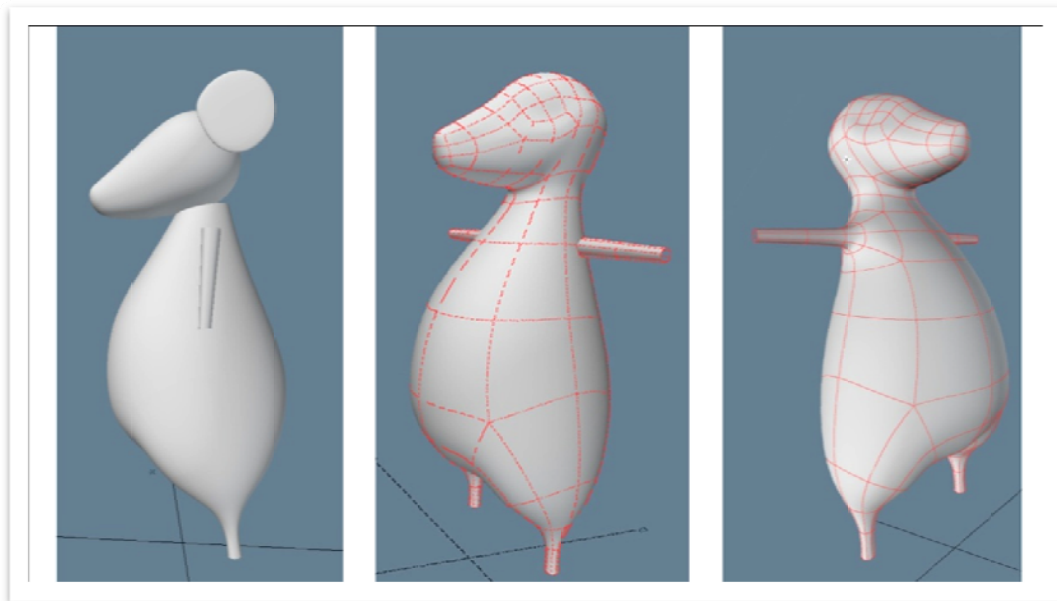
Kuva 43: Kuvassa on valmis hiiri katsottuna eri kulumista silhuetti materiaalin kanssa.

Hiiren keskivartalon perusmuodon blokkauksen jälkeen muokkasin sen soveltuvaksi jalkojen lisäykseen. Tein molemmin keskivartaloa jalkojen alkamiskohtiin aukot, joiden reunapisteiden lukumääränä oli kahdeksan. Aukkojen teon jälkeen ryhdyin muokkaamaan jalkoja kahdeksansivuisesta sylinteristä ja yhdistin ne vartaloon, katso kuva 44.



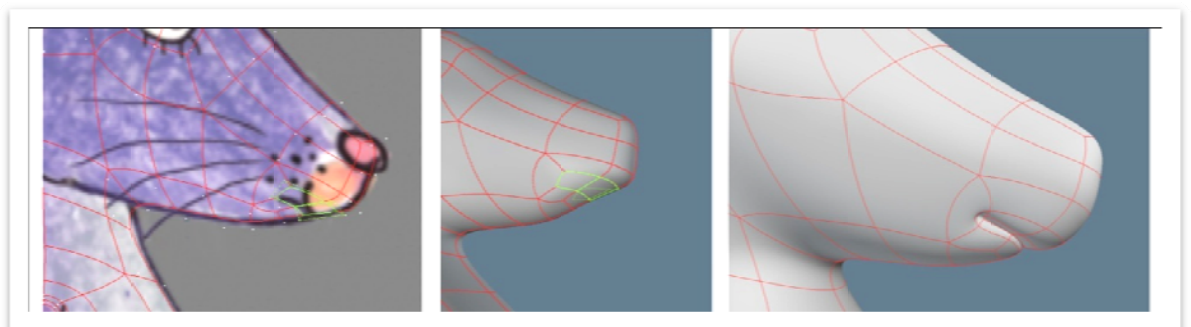
Kuva 44: Jalkojen mallinnus.

Seuraavana vaiheena blokkasin pään muodon käyttämällä SDS-palloja sekä blokkasin käsivarret ja korvat kahdeksankulmaisesta sylinteristä. Tämän jälkeen yhdistin pään kiinni vartaloon ja lisäsin päähän C-loopin alustamaan paikkoja silmille. Käsivarret käänsin sivuille ja muokkasin keskivartalon geometrian soveltuvaksi käsivarsien kiinnitykseen, eli tein keskivartaloon käsivarsien yhdistyskohtiin reiät joiden reunapisteiden lukumääränä oli kahdeksan, kuten käsivarren sylintereissäkin oli. Katso Kuva 45.



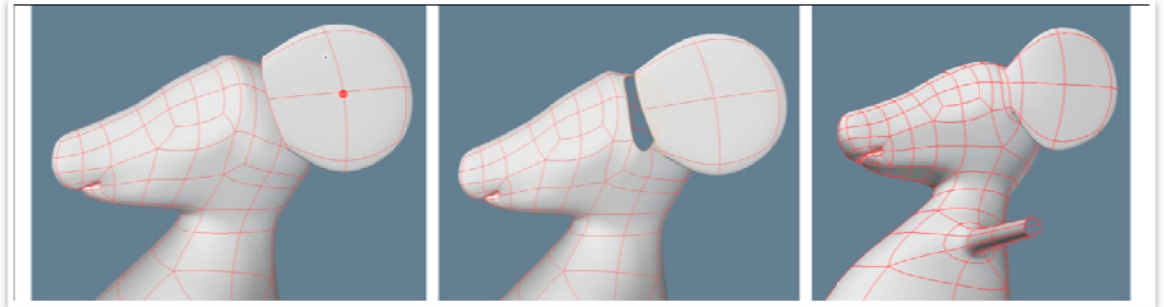
Kuva 45: Pään perusmuodon sekä käsivarsien lisääminen.

Käsivarsien ja pään kiinnityksen jälkeen mallinsin suun alustavaa geometriaa multishift-työkalua käyttäen. Multishift on Lightwave 3D:n työkalu, joka on eräänlainen sekoitus bevel- ja ekstrude-työkalua. Huomaa suun ympärille muodostuva C-looppi rakenne. Katso kuva 46.



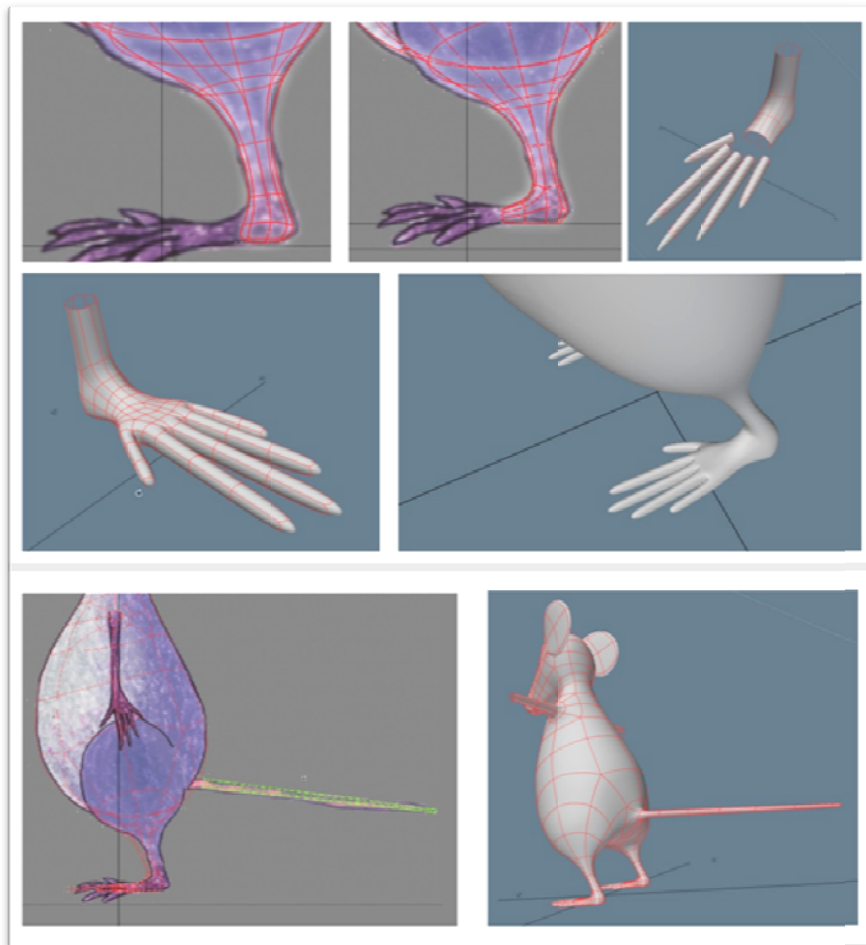
Kuva 46: Suun seudun alustavaa geometriaa.

Ennen korvien kiinnittämistä lisäsin loopin, joka kiertää suupieliin ja takaraivon kautta pään ympäri. Korvien kiinnitystä varten sisensin pään takaosan polygoneja luoden samalla C-loopin. Kiinnityksen jälkeen muokkasin uudelleen yleismuotoa ja polyflow`ta. Katso kuva 47.



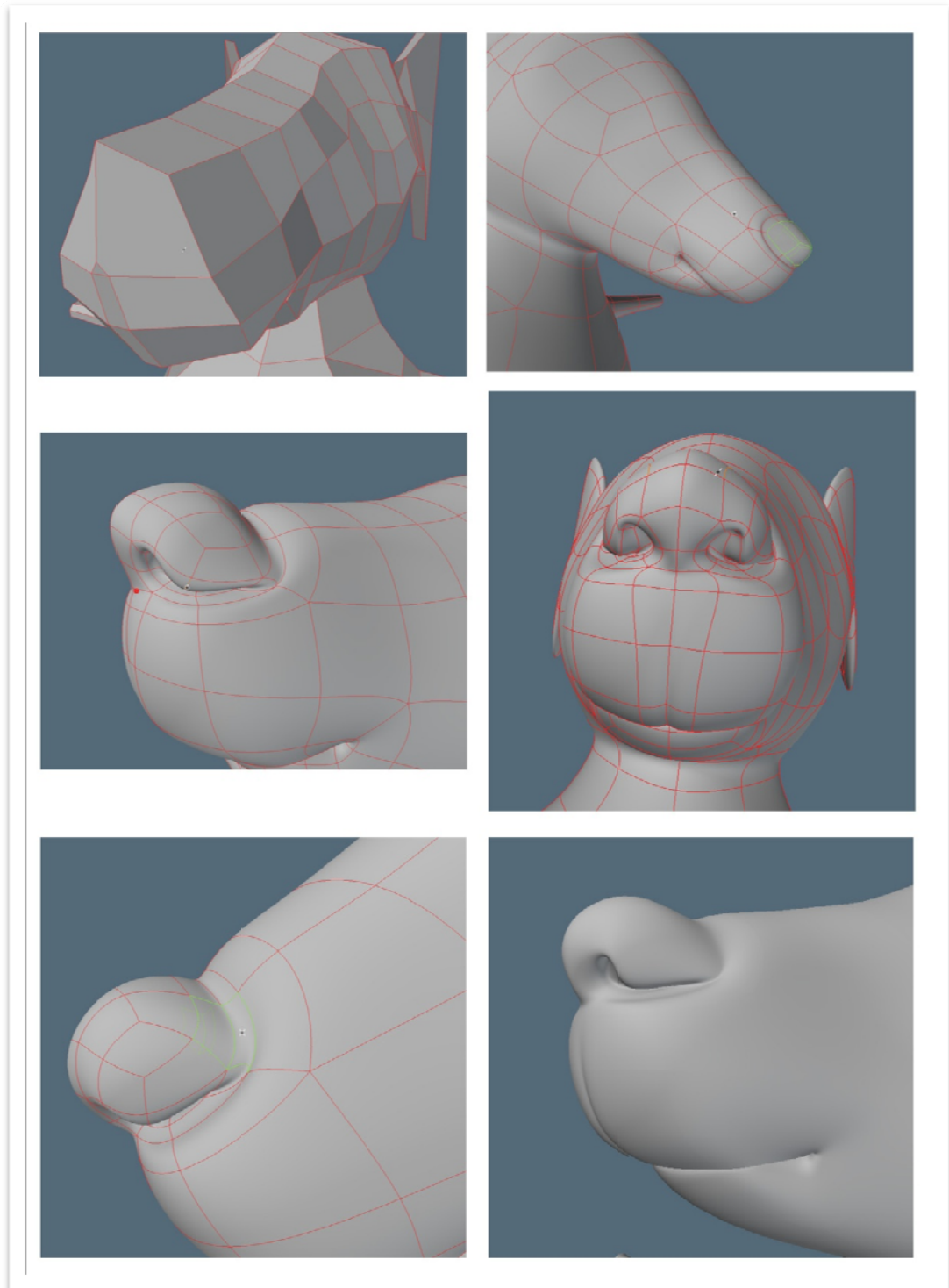
Kuva 47: Korvien kiinnittäminen päähän.

Korvien kiinnityksen jälkeen aloitin nilkan ja jalkaterän mallinnuksen. Jalkojen valmistuttua, mallinsin hännän kahdeksankulmaista sylinteriä muokkaamalla. Kuva 48.



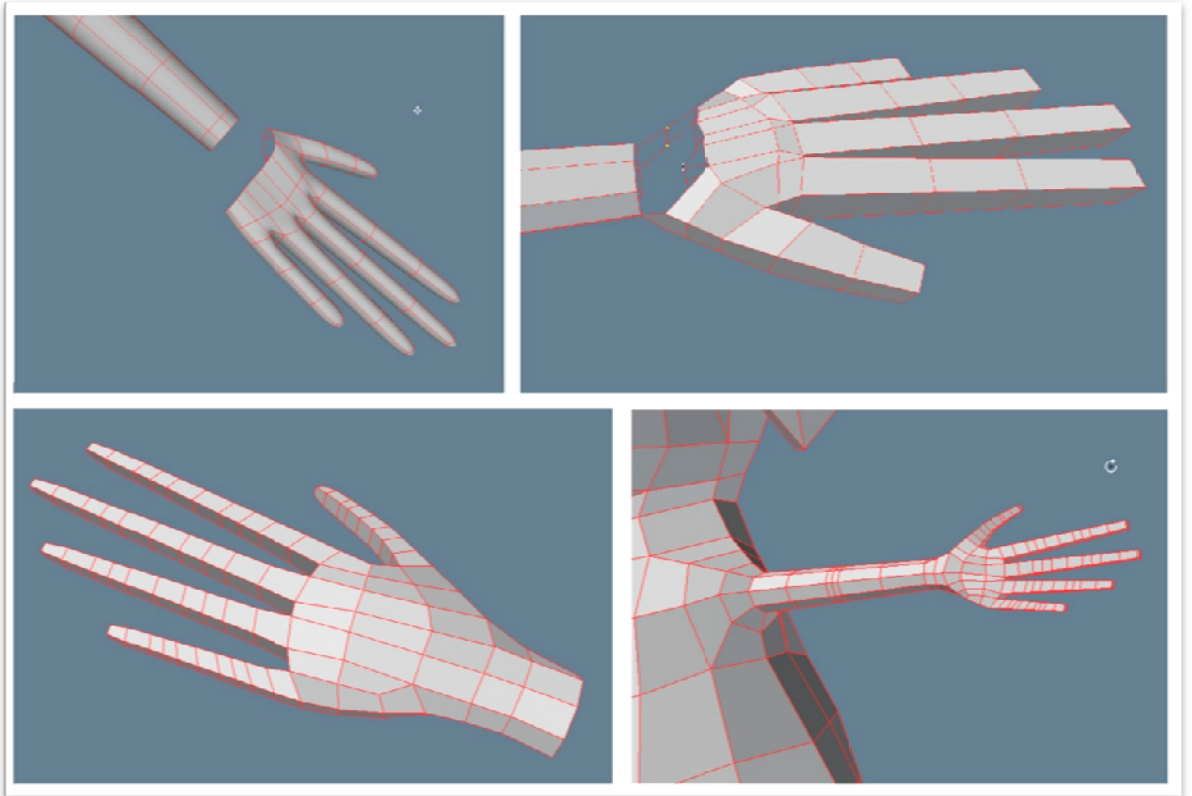
KUVA 48: Jalkojen loppuosan ja hännän mallinnus.

Järjestyksessä seuraavana mallinnettavana kohteena oli nenä. Nenä mallinnuksen aloitin tekemällä ensin nenän alapuolella olevan "halkeaman" alun, jonka jälkeen en käytin extrude-työkalua nostaakseni nenän perusmuodon esille sekä muokkasin polyflow`ta. Sierainten tekemisessä käytin myös extrude-työkalua. Katso kuva 49.



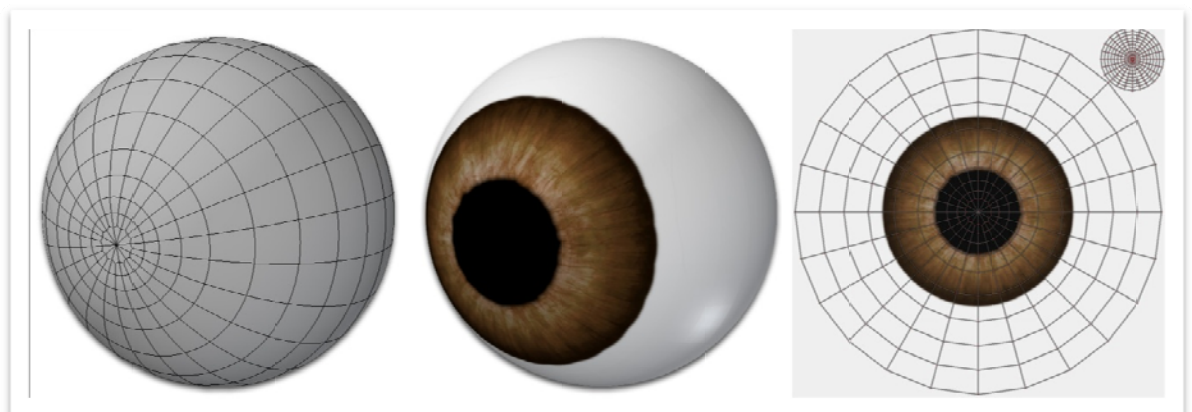
Kuva 49: Nenän mallinnus.

Kämmenten mallinnuksessa käytin hyödyksi jalkojen geometriaa, kopioin jalkaterän josta lähdin muokkaamaan hiirelle kämmentä. Ajan säästön kannalta on järkevää käyttää hyödyksi asioita, jotka on aikaisemmin mallintanut, mikäli niitä pystyy helposti muokkaamaan uuteen tarkoitukseen. katso kuva 50.



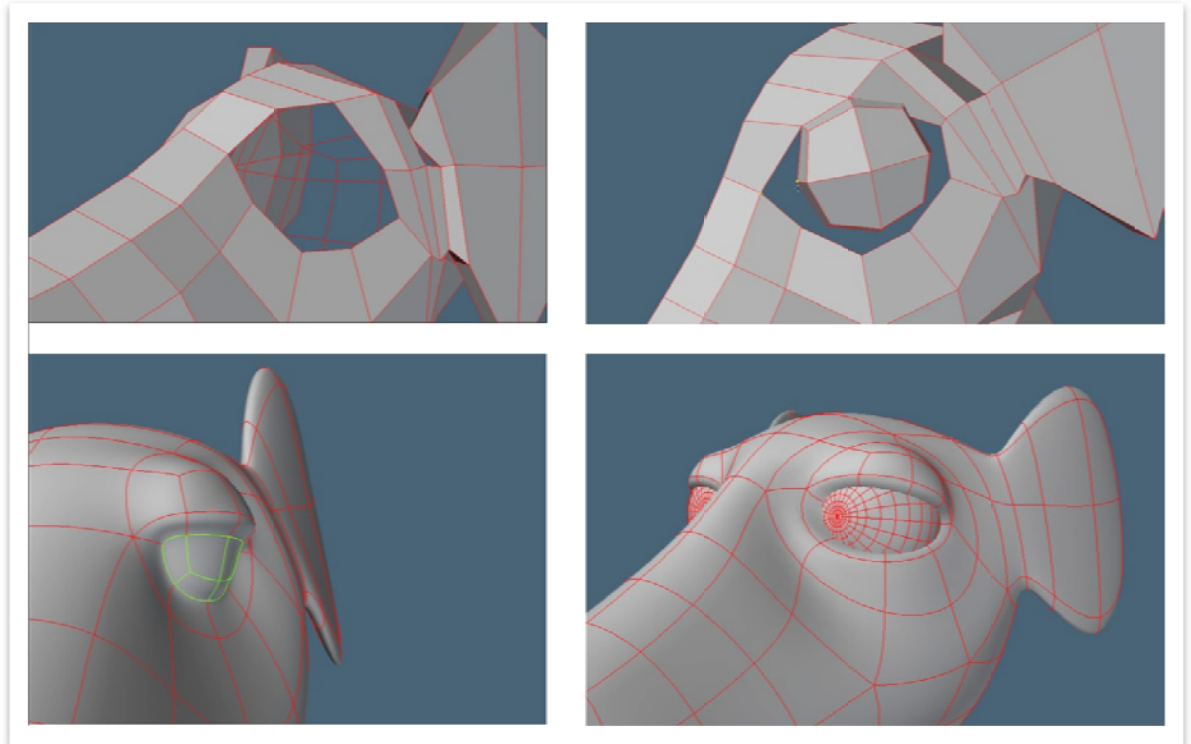
Kuva 50: hiiren kämmen on mallinnettu jalkaterän geometriasta muokkaamalla.

Jokaisen hahmolla silmien geometria on sama, joten silmien teksturointi onnistui helposti. Tein Adobe Photoshopilla silmien teksturointia varten pohjan, jonka eri tasoja muokkaamalla sai nopeasti tehtyä paljon erilaisia iiriksiä sekä pupilleja. Katso kuva 51.



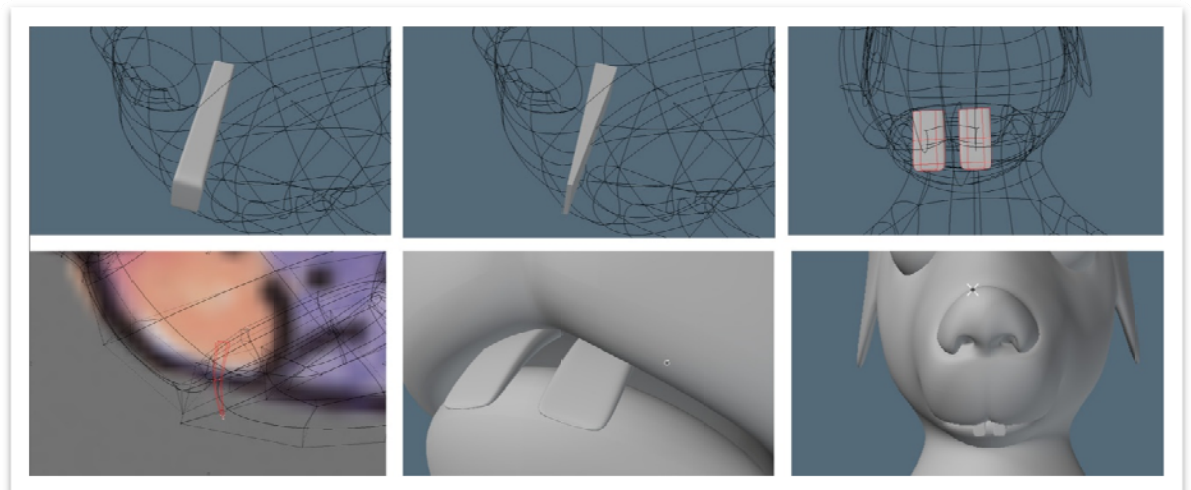
Kuva 51 : Silmät.

Silmäluomia varten tein päähän silmän kohdalle ensin aukon jonka reunapisteiden lukumäärä on kahdeksan. Silmäluomia lähdin mallintamaan SDS-pallon puolikkaasta muokkaamalla. Katso kuva 52.



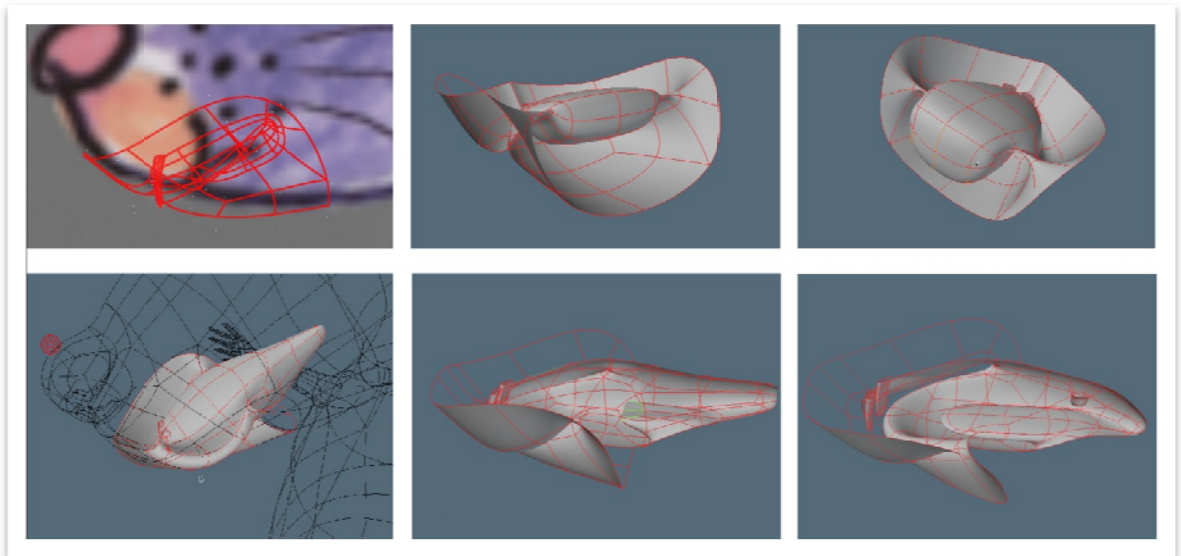
Kuva 52: Silmäluomien mallintaminen.

Lopuksi mallinsin vielä hiiren hampaat, suun sisäosan sekä viikset. Haluan vielä tässä vaiheessa muistuttaa lukijaa, että esiteltujen vaiheiden väliin mahtuu paljon polyflow`n ja muodon muokkausta. Hampaiden muotoilemisen aloitin laatikkomaisesta muodosta, jonka reunat teroitin. Katso kuva 53.

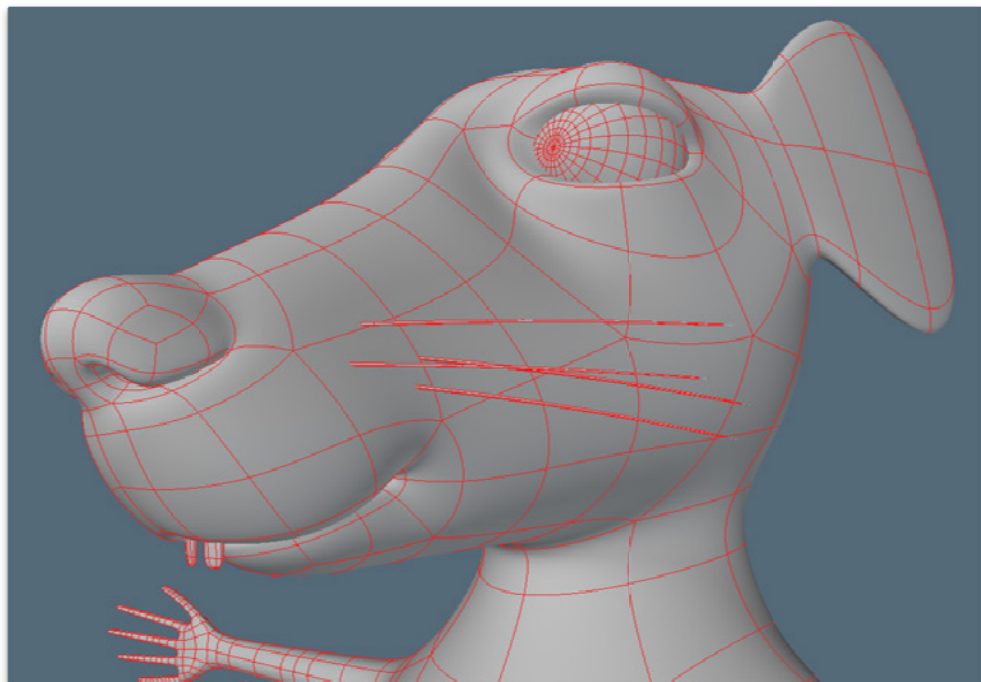


Kuva 53: Hampaiden mallinnus.

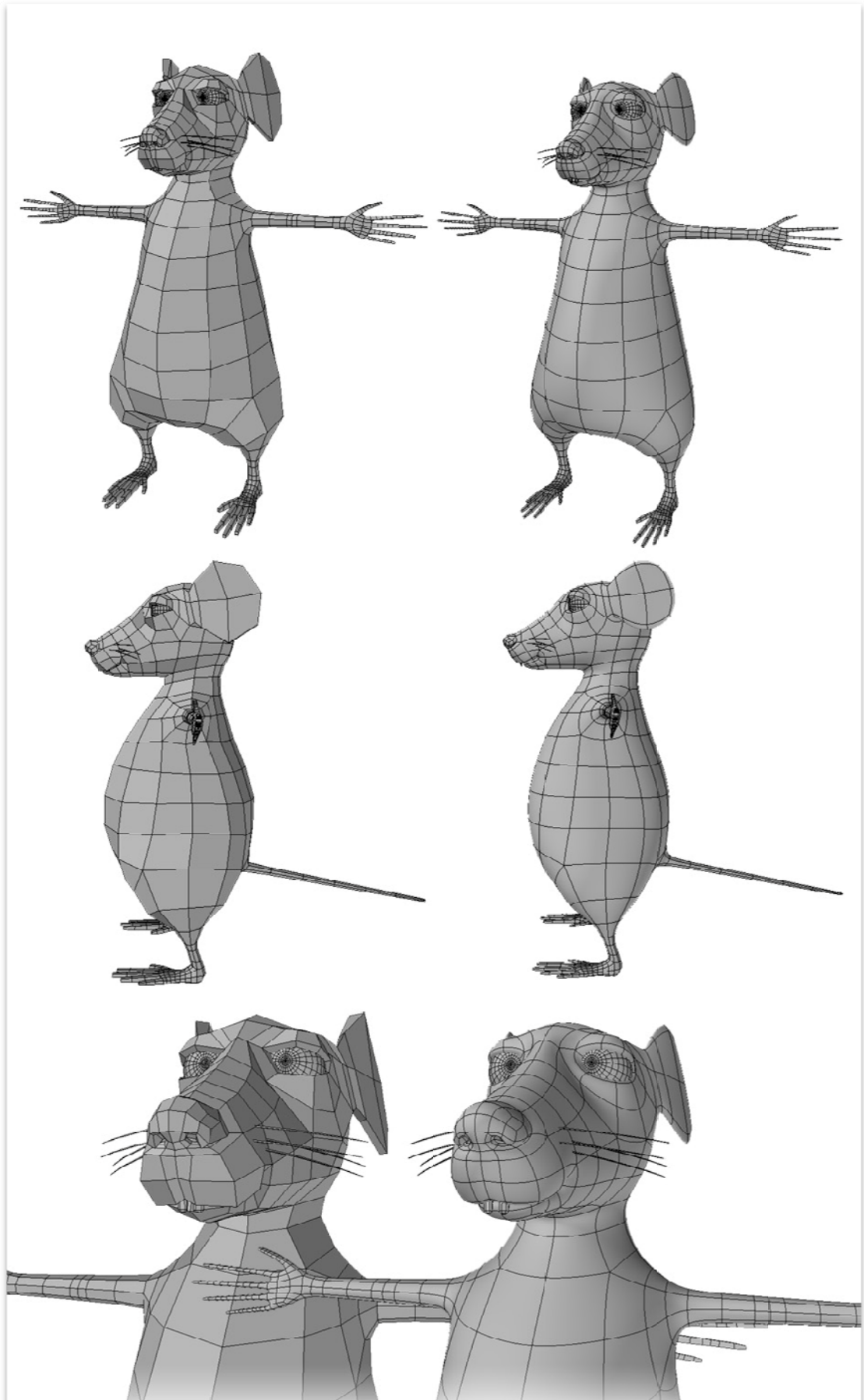
Suuta mallintaessa piilotin kaikki muut polygonit, kuin suun välittömässä läheisyydessä olevat, sekä käänsin niiden normaalit osoittamaan toiseen suuntaan mallinnuksen ja muodon hahmottamisen helpottamiseksi. Ollessani tyytyväinen muotoon käänsin polygonien normaalit takaisin ja jatkoin kielen ja muiden suun yksityiskohtien mallintamisella. Katso kuva 54. Seuraavaksi kiinnitin suun takaisin kiinni päähän. Viikset mallinsin laatikosta muokkaamalla. Kuvassa 55 viikset ja pää sekä kuvassa 56 valmis hiiri.



Kuva 54: Suun sisäosan mallinnus.

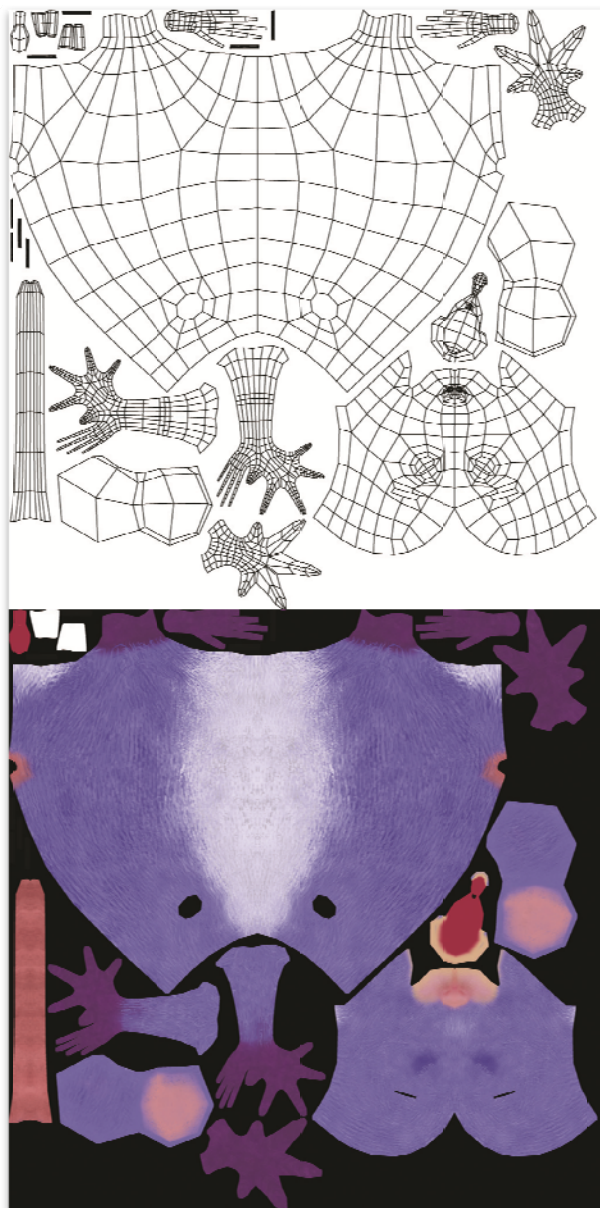


Kuva 55: Valmis pää viiksineen.

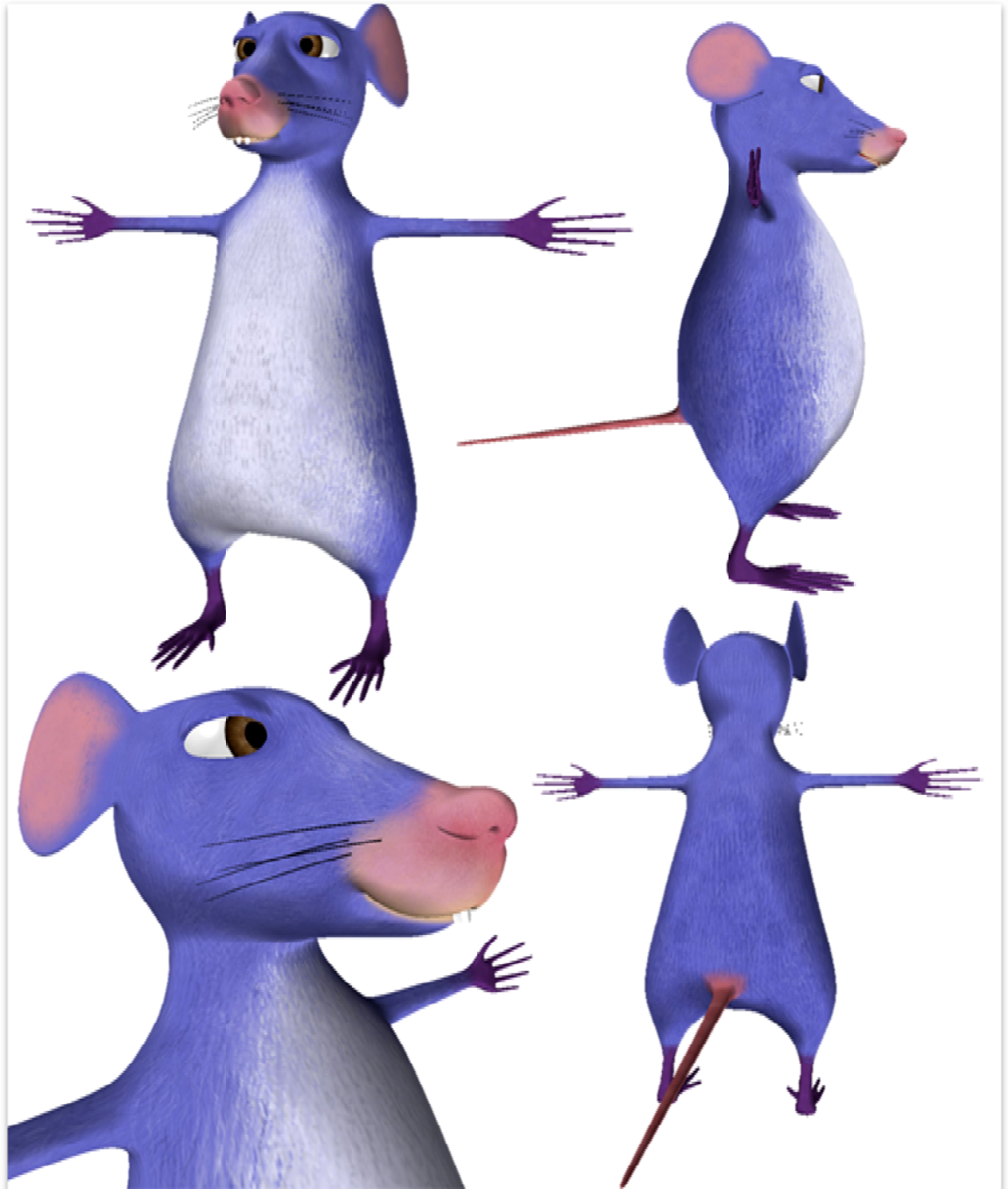


Kuva 56: Vasemmalla hiiren base mesh ja oikealla hiiri subdivision -pinta päällä.

Ennen hiiren Zbrushiin teksturointia varten siirtämistä, unwrappasin UV-koordinaatit ja varmistin vielä kerran, ettei objektissa ole kolmioita. Zbrushiin exportattaessa on tärkeää, ettei objektissa ole yhtään kolmiota tai n-gonia. Exporttasin hiiren base meshin OBJ tiedosto muodossa ulos. Exportatun objektin latasin Zbrushiin tooliksi, jonka jälkeen säädin subdivision tason kuuteen ja maalasin väritekstuurin. Zbrush käyttää objektin pintaan maalaamisessa polypaint`ia, minkä tarkkuus on riippuvainen geometrian määrästä. Kuvassa 57 hiiren väritekstuuri ja UV-layout sekä kuvassa 58 hiiri tekstuureiden kanssa.



Kuva 57: Kuvassa yläpuolella on hiiren UV-layout ja alapuolella Zbrushissa maalattu väritekstuuri.



Kuva 58: Valmis hiiri väritekstuurin kanssa.

Valmiin hiiren base meshin kokonaispolygonimäärä on 2884. Geometria muodostuu pelkästään nelikulmiosta, joten eri subdivision -pinnan tasojen polygoni määrä on helposti laskettavissa. Catmull-Clark jakaa tasolla yksi nelikulmion neljään osaan, tasolla kaksi sama nelikulmio on jaettu kuuteentoista osaan ja tasolla kolme base meshin nelikulmio on jakautunut 64 polygoniin. Hiiren polygonimäärät kolmella eri tasolla ovat siis seuraavat: tasolla yksi polygonimäärä on 11536, tasolla kaksi polygoneja on 46144 ja tasolla kolme 184576.

6 POHDINTA

Voisin käytännön kokemuksen myötä todeta, että tärkeimmät asiat joita subdivision -pintojen kanssa työskentelevän mallintajan täytyy ensisijaisesti hallita, ovat polet, mielikuvitus sekä luova ongelmanratkaisukyky. Kun hallitsee polet, hallitsee myös topologian ja polyflow`n.

Kuten opinnäytetyössänikin ilmenee, on mallinnettaessa hyvä pitää mielessä parilliset luvut 4,6,8,10,12,16,24,32,48,64 jne. Kun pitää parilliset luvut mielessä, on helppo välttää turhien polejen syntymistä. Edge looppien merkitys vähenee mitä tiheämpää geometriaa objektissa on, mutta niin kauan kuin on tarve muokata matalaa base meshiä, on myös edge looppien oltava kohdallaan. Vaikka nykyään on mahdollista skulptata hahmo ja tehdä siitä retopologia -työkaluja käyttämällä uusi objekti, jossa polyflow on toimiva, niin mielestäni mallintajan tulisi kuitenkin osata mallintaa base mesh, jossa on toimiva topologia.

Subdivision -pinta mallinnus on tällä hetkellä varmasti yksi käytetyimpiä mallinnustekniikoita. Ehkä tulevaisuudessa tietokoneiden laskentatehojen kasvaessa, vokselit saattavat nousta kilpailevaan asemaan subdivision -pintojen kanssa. Vokseleita käytetään tieteellisessäkin käytössä, kuten esimerkiksi tietokonetomografiassa (Lähde, Karhula, Oikarinen, Suramo & Talala 1997.).

Mutta kuitenkin luulisin, että adaptiivisilla monitasoisilla subdivision -pinnoilla päästään aika pitkälle asti. Lähi tulevaisuudessa monitasoiset subdivision -pinnat todennäköisesti yleistyvät 3D-ohjelmissa. Subdivision -pintoja tullaan varmasti näkemään teknologian kehittymisen myötä enemmän myös reaaliaikaisissa sovelluksissa, kuten peleissä.

LÄHTEET

Capizzi, Tom 2003. Inspired 3D: Subdivision Modeling Techniques. Animation World Network [verkkodokumentti]. < <http://www.awn.com/articles/tutorials/iinspired-3di-subdivision-modeling-techniques> >

(luettu 23.1.2010)

Catmull, Edwin & Clark, Jim 1978. Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes. Computer-aided design. 6/1978, 350–355.

Common Paradox Tech Blog 2009. White paper: DirectX 11. Common Paradox Tech Blog [verkkodokumentti].

<<http://www.commonparadox.com/2009/09/white-paper-directx-11/>>

(luettu 14.3.2010)

DeRose, Tony; Kass, Michael & Truong, Tien 1999. Subdivision Surfaces in Character Animation. SIGGRAPH 99 Course Notes. [verkkodokumentti].

<<http://mrl.nyu.edu/publications/subdiv-course1999/sig99notes.pdf>>

(luettu 20.1.2010)

Farin, Gerald 2002. A History of Curves and Surfaces in CAGD. Farin, Gerald; Hoschek, Josef & Myung-Soo, Kim. Handbook of computer aided geometric design. Amsterdam: North-Holland.

Luxology LLC. 2007. Luxology Licenses Pixar Animation Studios' Subdivision Surface Patents. Luxology LLC. [verkkodokumentti].

<http://www.luxology.com/press/release/100807_pixar.aspx>

(luettu 21.3.2010)

Lähde, Seppo; Karhula, Virpi; Oikarinen, Jarkko; Suramo, Ilkka & Talala, Tomi 1997.

Tekotodellisuus radiologiassa. Duodecim, 21/1997 [verkkodokumentti].

<http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-

[1&p_p_col_count=1&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo70475&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=#1](http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo70475&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=#1)>

(luettu 7.5.2010)

Robertson, Barbara 1998. Meet Geri: The New Face of Animation. Computer Graphics World. [verkkodokumentti]. < <http://design.osu.edu/carlson/history/PDFs/meet-geri.pdf>>

(luettu 5.2.2010)