



OPETUSSUUNNITELMAUUDISTUKSEN IMPLIKOIMA TAVOITETASON NOUSU MATEMATIIKASSA JA LUONNONTIETEISSÄ - TOTTA VAI TARUA?

Harry Silfverberg

Turun yliopisto

TIIVISTELMÄ

Tutkimus pyrkii vastaamaan siihen, asettaako POPS 2014 matematiikassa ja luonnontieteissä oppimisen laadulle korkeamman vaatimustason kuin edeltäjänsä POPS 2004. Mahdollista tavoitetasoa nousua arvioitiin ns. uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl, 2001) kehyksessä. Tutkimusaineistoina olivat opetussuunnitelman perusteiden POPS 2004 ja POPS 2014 matematiikkaa ja luonnontieteitä käsittelevät ainekohtaiset tavoitteistot. Tutkimusaineistojen analysointi tehtiin tietokoneavusteisena kvantitatiivisena sisällönanalyysinä. Tulosten mukaan opetussuunnitelmauudistus näyttäisi tutkituissa oppiaineissa implikoivan siirtymää taksonomian alemmiltä tavoitetasoilta ylemmille. Oppiaineet eroavat kuitenkin siinä, millaisia painopisteen muutoksia opetussuunnitelmateksteissä on tapahtunut.

JOHDANTO

Opetussuunnitelman uudistuksella pyritään luonnollisesti yleensä luomaan puitteet aiempaa parempaan oppimiseen. Koska ennen viimeksi tehtyä opetussuunnitelmauudistusta oli laajalti käyty keskustelua siitä, että edeltänyt opetussuunnitelma oli sisällöllisesti liian laaja, uudistukselle asetettiin yhtenä sen yhdeksästä päätavoitteesta tavoite ”jäsentää ja karsia perusopetuksen sisältöjä siten, että voidaan kiireettömämmin keskittyä olennaiseen ja syventää oppimista” (Opetushallitus, 2016). Tässä tutkimuksessa ei niinkään tarkastella sisällöllisiä muutoksia, joita opetussuunnitelman uudistuksessa tehtiin, vaan kiinnitetään erityinen huomio siihen, millä tavoin tavoitteena mainittu oppimisen syventäminen mahdollisesti näkyy uusissa opetussuunnitelman perusteiden POPS 2014 tavoitteistossa verrattuna edellisen POPS 2004:n tavoitteistoon. Mahdollisten laadullisten muutosten paljastamiseen käytetään apuna ns. uudistettua Bloomin taksonomiaa (Anderson & Krathwohl, 2001; Tikkanen & Aksela, 2012) ja CATA-analyysia (Computer-Assisted Quantitative Content Analysis, ks. esim.

Neuendorf & Skalski 2009, s. 207-208). Laadullisilla muutoksilla tarkoitetaan tässä nimenomaan tämän uudistetun Bloomin taksonomian (UBT) mukaisia tavoitetaso muutoksia, jossa tavoitteet jaetaan kuuteen vaatavuustasoon muistaminen, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja luominen.

Valtioneuvoston päättämä tuntijakoasetus sekä Opetushallituksen julkaisema Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet -asiakirja (POPS) ovat tärkeimmät peruskoulussa annettavan opetuksen valtakunnallisen ohjauksen välineet. Perusopetuksen tuntijaon muutokset ja opetussuunnitelman perusteiden uusimiset on toistaiseksi tehty noin kymmenen vuoden välein. Viimeisimmät perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS 2014) Opetushallitus hyväksyi 22.12.2014. Edelliset perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS 2004), joita siis tässä tutkimuksessa verrataan nykyisiin, Opetushallitus hyväksyi 16.1.2004, ja niiden mukaiset opetussuunnitelmat olivat käytössä vuodesta 2006 alkaen.

Vaikka ns. curriculum-teorian ja opetussuunnitelmaprosessien tutkimus on Suomessa ollut varsin aktiivista (vrt. esim. Autio, 2002; Pietarinen ym. 2016; Seikkula-Leino, 2013; Törnroos, 2005; Vitikka ym. 2011), opetussuunnitelmauudistuksiin liittyviä muutoksia meillä on viime aikoina kuitenkin tutkittu melko vähän. Holapan (2007), Rokan (2011), Seikkula-Leinon (2010) ja Silfverbergin (2014 ja 2016) tutkimusten ohella muut selvitykset ovat olleet pääosin pro gradu -tutkielmia.

Opetussuunnitelman perusteet määrittävät luokka-asteittain oppiaineiden opetuksen tavoitteet, sisällöt ja arvioinnin perusteet. Lisäksi oppiaineiden välistä yhteistyötä pyritään edistämään ns. laaja-alaisilla oppimiskokonaisuuksilla. Opetussuunnitelman perusteissa kuvataan luokka-asteittain 1-2, 3-6 ja 6-9 seitsemän laaja-alaista osa-aluetta Ajattelu ja oppimaan oppiminen (L1), Kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu (L2), Itsestä huolehtiminen ja arjen taidot (L3), Monilukutaito (L4), Tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen (L5), Työelämätaidot ja yrittäjyys (L6), Osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävän tulevaisuuden rakentaminen (L7). Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena ovat matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tavoitetekstit.

TUTKIMUKSEN ONGELMAT

Tutkimukselle asetettiin seuraavat tutkimusongelmat:

- (1) Missä määrin POPS 2014:n tavoitteisto asettaa matematiikan ja luonnontieteiden oppimisen laadulle korkeamman vaatimustason kuin POPS 2004:n tavoitteisto arvioituna ns. uudistetun Bloomin taksonomian kehyksessä?
- (2) Miten matematiikka, fysiikka, kemia, biologia ja maantieto eroavat tässä suhteessa toisistaan?

TUTKIMUSASETELMA

Aineistot

Tutkimus on osa laajempaa tutkimusta, jonka pääaineiston muodostavat Opetushallituksen vuosina 2004 ja 2014 julkaisemat suomenkieliset perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS 2004; POPS 2014). Analyysissä kummatkin tekstit jaettiin opetus- ja kasvatustoiminnan yleistavoitteita koskeviin osa-aineistoihin POPS2004Yle.txt ja POPS2014Yle.txt sekä opetussuunnitelman perusteiden ainekohtaisiin määräyksiä ja ohjeistoja sisältäviin osa-aineistoihin. Tällä tavoin pääaineistot jakaantuivat kaikkiaan 46 tekstimuotoiseen osa-aineistoon sisältäen alkuperäisten julkaisujen formaatissa mitaten tutkittavaa tekstiä yhteensä 554 sivua. Tässä yhteydessä tutkimusongelmaa tarkastellaan kuitenkin vain matematiikan, fysiikan, kemian, biologian ja maatiedon osalta käyttäen osa-aineistoja Mat2004.txt, Mat2014.txt, Fys2004.txt, Fys2014.txt, Kem2004.txt, Kem2014.txt, Bio2004.txt, Bio2014.txt, Maa2004.txt ja Maa2014.txt. Matematiikassa tarkastelu kohdistuu perusopetuksen vuosiluokille 1–9 mutta luonnontieteissä opetussuunnitelman rakenteesta johtuen vain vuosiluokille 7–9.

Tutkimusaineiston analyysi

Tutkimusaineistojen sisällön analyysiin käytettiin erityisesti tekstiaineiston laajuuden takia tietokoneavusteista kvantitatiivista sisällönanalyysia (Computer-Assisted Quantitative Content Analysis CATA, ks. esim. Neuendorf & Skalski 2009, 207-208). CATA-analyysin tekoon on saatavissa useita tietokoneohjelmistoja, joista vertailun jälkeen päädyttiin Harvardin yliopistossa kehitettyyn suomenkielisen tekstin analyysiin soveltuvaan Yoshikoder-ohjelmistoon (Lowe, 2015). Ohjelman erityinen etu on sen hakusanojen etsinnässä mahdollistama sanojen taivutusmuotojen huomioiminen, joka on ratkaisevan tärkeä ominaisuus suomenkielisten tekstien analyysissa.

CATA-analyysin keskeinen osa on avainsanojen valinta, joiden esiintyvyyttä tarkasteltavassa tekstissä tutkitaan. Tässä tutkimuksessa konstruoidun sanaston ytimen muodosti ns. uudistetun Bloomin taksonomian englanninkielinen esimerkkisanasto (Anderson & Krathwohl, 2001), joka suomennettiin. Näin saatua ydinsanastoa täydennettiin lisäämällä siihen suomenkielisen synonyymihakemiston (Synonyymit.fi, www.synonyymit.fi) avulla kullekin esimerkkisanaston termille erityisesti tutkittuun suomenkieliseen opetussuunnitelmakontekstiin sopivimmiksi katsotut synonyymit. Lisähaasteen sanaston laadinnalle asetti se, että sanaston avainsanojen on tarkoitus kuvata toimintoja, jotka sijoittuvat kuusiporaisen uudistetun Bloomin taksonomian eri tasoille. Koska alkuperäisen taksonomian 129 esimerkkinä annetuista avainsanoista 15 esiintyy useammalla kuin yhdellä taksonomian tasolla, sanastoa jouduttiin taksonomian erottelevuuden vuoksi korjaamaan siten, että kukin yksittäinen avaintermi ja sen synonyymi löytyvät vain yhdeltä taksonomian tasolta. Se, mille tasolle kukin eri tasoilla esiintynyt avainsana jäi, perustui luonnollisesti tutkijan omaan harkintaan kyseisen

tavoitepiirteen vaativuudesta. Sanaston laadinnan tulkinnallisuutta ja subjektiivisuutta pyrittiin minimoimaan valitsemalla ydinsanaston kullekin taksonomian tasolle sellaisia avainsanoja, jotka esiintyivät useimmissa tieteellisissä julkaisuissa, joissa tasoille oli annettu avainsanaluetteloita. Näin pohjana ollut englantinkielinen avainsanaluettelo perustui usean tutkijan harkintaan.

Niissä kielissä kuten suomen kielessä, joissa sanoilla on useita taivutusmuotoja, tietokoneavusteisen kvantitatiivisen sisällön analyysin on otettava tämä huomioon. Tässä tutkimuksessa käytetty ohjelmisto Yoshikoder mahdollistaa tämän ns. villikorttitoiminnolla. Villikorttisyntaksi * avainsanan tai sen kantaosan perässä etsii kaikki ne avainsanan esiintymät, joissa alkuosana on annettu sanan kantaosa ja symbolin * paikalla mikä tahansa merkkijono paitsi tyhjä väli. Esimerkiksi avainsanalla ratkais* mukaan lasketaan kaikkien tyyppiä ratkaisu, ratkaistu, ratkaisen, ratkaisee, ratkaisemme, ratkaisivat, ratkaisija, ratkaise, ratkaiseminen, ratkaisumenetelmä jne. Lopulliseen tätä tutkimusta varten laadittuun sanastoon valikoitui yhteensä 324 villikorttisyntaksilla katkaistua sanaa, jotka jakautuivat Bloomin taksonomian tasoille seuraavasti: Muistaminen 83, Ymmärtäminen 45, Soveltaminen 40, Analysoiminen 50, Arvioiminen 47 ja Luominen 59. Sanaston sopivuutta tutkittuun kontekstiin tutkittiin pistokokeenomaisesti Yoshikoder-ohjelmaan sisältyvällä konkordanssianalyysillä KWIC.

Analyysin luotettavuus

Tulosten pysyvyyden ja toistettavuuden näkökulmasta tekstien tietokoneavusteinen kvantitatiivinen sisällön analyysi on metodina triviaalilla tavalla äärimmäisen reliaabeli, sillä tietokoneohjelma löytää samasta tekstistä samaa sanastoa käyttäen toistettaessa joka kerta täsmälleen samat avainsanojen esiintymät (Gebauer, Tang, & Baimai, 2008). Tarkemmin ajatellen tämäkin metodi ei tietenkään ole täysin reliaabeli. Kun otetaan huomioon se, että kaikki tietokoneen löytämät osumat tekstistä eivät välttämättä ole relevantteja ja että relevanttiuden arviointi perustuu viime kädessä tutkijan tai tutkijoiden arvioon, metodin toistettavuus on luonnollisesti täydellistä vain teknisessä mielessä. Tutkimusmetodin validiteettiin vaikuttavat monet tekijät kuten käytetyn sanaston relevanttius ja kattavuus, sanaston alkuperä, sanaston kieli, sanojen taivutusmuotojen käsittely, sanaston erottelevuus tutkittujen luokittelujen suhteen jne. Validiteetin kannalta turvallisin tilanne on se, jos tutkija voi tutkimuksessaan käyttää sekä teoreettisin argumentein perusteltuja että aiemmissä tutkimuksissa validoituja vakiintuneen aseman saavuttaneita sanastoja. Valitettavasti tällaisia sanastoja on toistaiseksi kuitenkin tarjolla suhteellisen harvoilta aihealueilta ja nekin useimmiten englantinkielisinä.

On selvää, että pitämällä sanasto suppeana ja tarkkaan valikoituna sanastoon kuuluvat yksittäiset avainsanat kohdentuvat varmemmin juuri tutkittavaan käsitteistöön eikä esimerkiksi näiden sivumerkityksiin. Toisaalta laajalla ja kattavalla sanastolla löydetään tekstistä tutkittavien sanojen synonyymit varmemmin

kuin suppealla sanastolla. Useimmiten teksteissä on tutkittuihin asioihin viitattu useilla samaa tai lähes samaa tarkoittavilla käsitteillä ja ilmauksilla. Synonymian ohella myös polysemia toisin sanoen se, että kirjoitus- tai ääntämisasultaan sama sana voi eri konteksteissa tarkoittaa eri asiaa, asettaa haasteita sanaston oikealle kohdentumiselle. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että sanaston koon ja sisällön sovitus vaatii yleensä monivaiheisen tarkistusprosessin, jossa joko sanaston lisäyksellä tai karsinnalla pyritään siihen, että sanasto mahdollisimman hyvin täyttää tehtävänsä. Tutkimuksen luotettavuuteen luonnollisesti vaikuttaa suuresti myös se, kuinka onnistuneesti avainsanojen kantaosat osataan valita ja minkälainen villikortin sallima avainsanan vaihtelu näin laskennassa toteutuu. Esimerkiksi avainsana ratkaisu* sallima vaihtelu on huomattavasti suppeampi kuin avainsanan ratkais*. Jos taas kantaosa rajataan sanassa kovin lyhyeksi, mukaan voi tulla sanoja, joiden merkitys on toinen kuin haetaan. Kuten edellä sanotusta ilmenee, tietokoneavusteisen kvantitatiivisen sisällönanalyysin luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Mahdolliset virhetekijät ovat kuitenkin hallittavissa. Luotettavien tulosten saamiseksi avainasemassa on käytettävän sanaston huolellinen suunnittelu, perustelu, testaus ja kehittäminen.

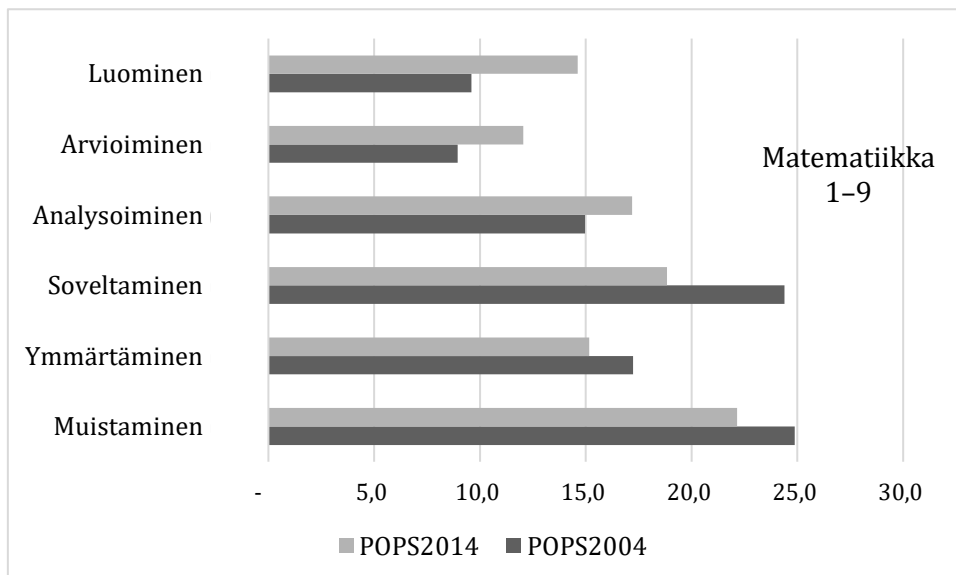
TULOKSET

Matematiikkaa koskevilla opetussuunnitelman perusteiden teksteissä tutkittu sanasto jakaantui uudistetun Bloomin taksonomian (UBT) tasoille taulukon 1 mukaisesti. POPS2004-tekstissä tutkitun sanaston eli UBT-sanojen osuus on tekstin koko sanastosta noin 33 % ja POPS2014-tekstissä noin 26 %. Koska UBT-sanoilla pyritään erityisesti tavoittamaan oppimisen laadullisia eroja, tutkimusongelman kannalta keskeisintä on tarkastella termien suhteellista jakaantumista taksonomian sisällä (sarakkeet f [%] UBT-sanoista).

Taulukko 1. Avainsanojen jakautuminen uudistetun Bloomin taksonomian (UBT) tasoille opetussuunnitelman perusteiden ainekohtaisissa teksteissä.

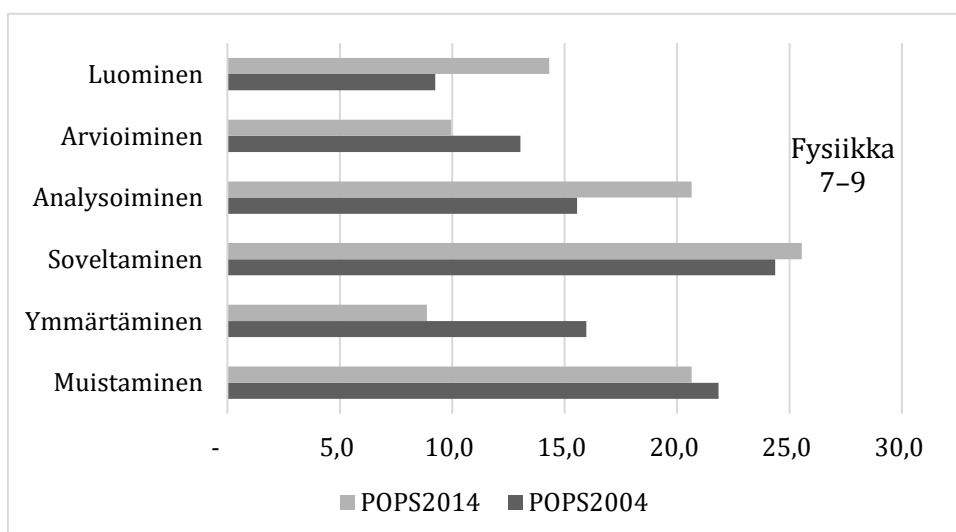
Uudistettu Bloomin taksonomia (UBT)	Mat2004.txt (sanoja 1886)			Mat2014.txt (sanoja 4383)		
	f	f [%]	f [%]	f	f [%]	f [%]
	UBT-sanat	kaikista sanoista	UBT-termeistä	UBT-sanat	kaikista sanoista	UBT-sanoista
Muistaminen	153	8,1	24,9	241	5,5	22,2
Ymmärtäminen	106	5,6	17,2	165	3,8	15,2
Soveltaminen	150	8,0	24,4	205	4,7	18,8
Analysoiminen	92	4,9	15,0	187	4,3	17,2
Arvioiminen	55	2,9	8,9	131	3,0	12,0
Luominen	59	3,1	9,6	159	3,6	14,6
Yhteensä	615	32,6	100,0	1088	24,8	99,9

Matematiikan osalta POPS2014-tekstissä viitataan taksonomian kolmen alimman tason toimintoihin suhteellisesti harvemmin ja kolmen ylimmän tason toimintoihin suhteellisesti useammin kuin POPS2004-tekstissä. Painotusten muutos vuodesta 2004 vuoteen 2014 näkyy selkeästi kuvioista 1.



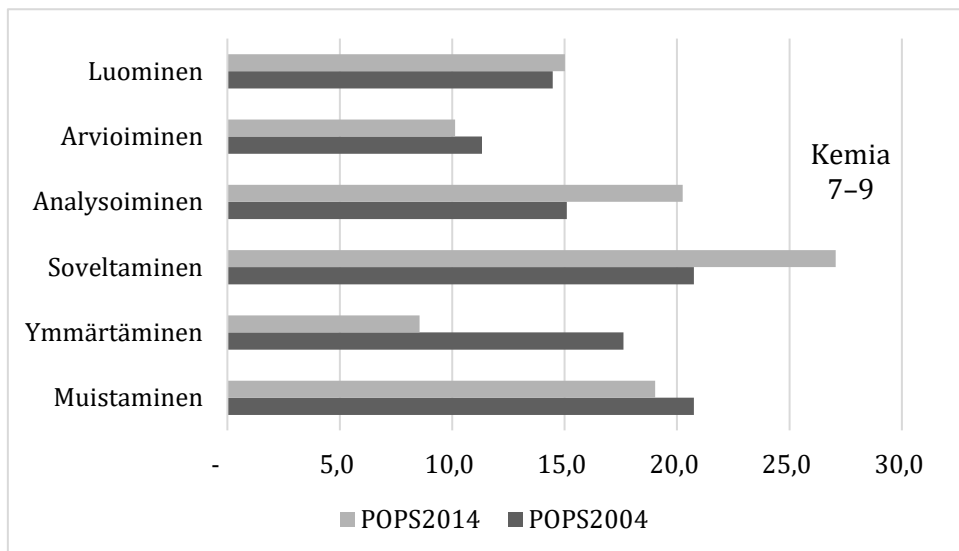
Kuvio 1. Avainsanojen jakaantuminen taksonomian eri tasoille teksteissä Mat2004.txt ja Mat2014.txt

Myös fysiikassa ja kemiassa painotukset ovat muuttuneet mutta eri tavalla kuin matematiikassa, kuten kuvioista 2 ja 3 voi havaita. Fysiikassa ymmärtämisen ja arvioinnin tasoon viittaava terminologia on suhteellisesti vähentynyt ja analysoinnin ja luomisen tasoon viittaava terminologia vastaavasti painottunut. Tasolla 1 Muistaminen ja tasolla 3 Soveltaminen muutokset ovat vähäisiä.



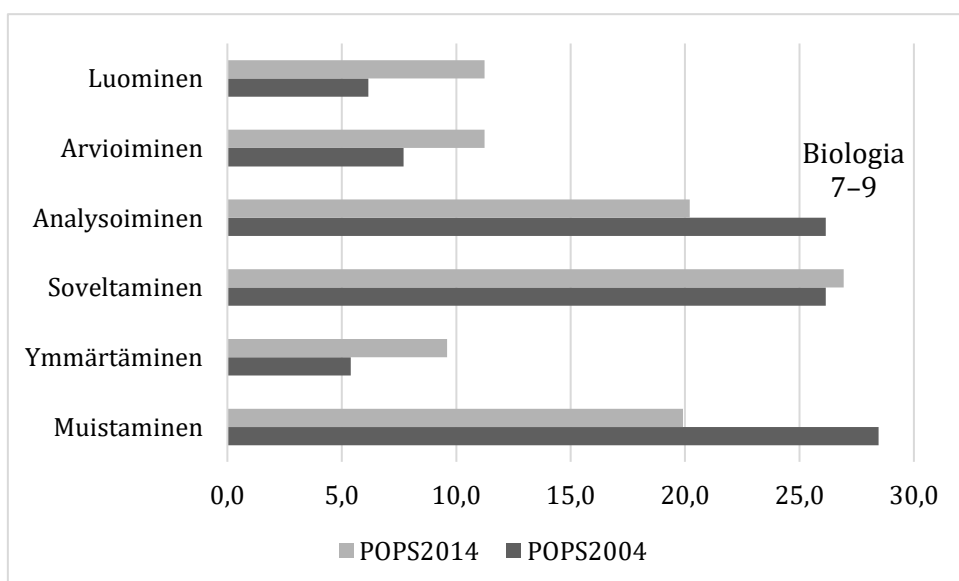
Kuvio 2. Avainsanojen jakaantuminen taksonomian eri tasoille teksteissä Fys2004.txt ja Fys2014.txt

Kemian opetussuunnitelmateksteissä ymmärtämisen tasoon viittaava terminologia on suhteellisesti vähentynyt painopisteen siirtyessä enemmän soveltamiseen ja analysointiin. Tasoilla Muistaminen, Arvioiminen ja Luominen ei ole juurikaan tapahtunut muutosta.



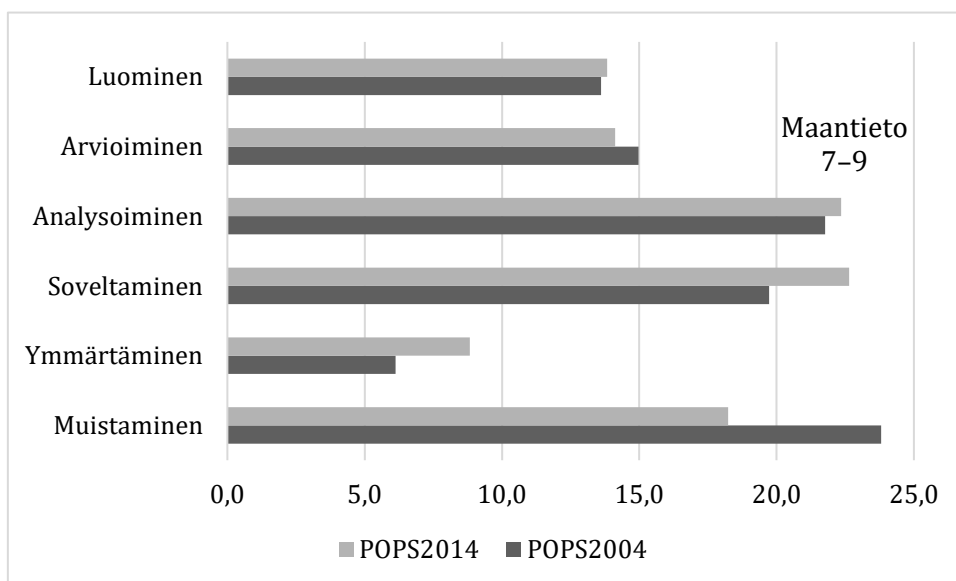
Kuvio 3. Avainsanojen jakaantuminen taksonomian eri tasoille teksteissä Kem2004.txt ja Kem2014.txt

Biologiassa ja maantiedossa uudistetun Bloomin taksonomian mukaisissa tavoiteprofiileissa kummassakin muistamisen merkitys näyttää vähentyneen ja ymmärtämisen vastaavasti kasvaneen. Biologiassa opetussuunnitelmateksti näyttää lisäksi korostavan vähemmän kuin aiemmin analysointia painotuksen siirtyessä arvioinnin ja luomisen tasoille.



Kuvio 4. Avainsanojen jakaantuminen taksonomian eri tasoille teksteissä Bio2004.txt ja Bio2014.txt

Maantiedossa tavoiteprofiilien muutokset ovat vähäisempiä kuin biologiassa. Jossain määrin painopiste näyttää olevan siirtynyt muistamisesta ymmärtämiseen ja soveltamiseen.



Kuvio 5. Avainsanojen jakaantuminen taksonomian eri tasoille teksteissä Maa2004.txt ja Maa2014.txt

POHDINTA

Tulokset osoittivat, että POPS 2014:n tavoitteisto näyttää asettavan oppimisen laadulle jonkin verran korkeamman vaatimustason kuin POPS 2004:n tavoitteisto arvioituna ns. uudistetun Bloomin taksonomian kehyksessä. Tämä tuskin on ollut opetussuunnitelmanlaattijoiden tietoinen pyrkimys uudistuksessa. Uskoakseni tässä on ennemminkin kyse kielellisestä harhasta, joka syntyy tavoitekuvausten ilmausten, erityisesti verbien, vaihtelevasta käytöstä. Tätä tulkintaa puoltaa se, että analyysin tuloksena tuotetut tavoiteprofiilit olivat erilaiset eri oppiaineissa. Avainsanojen esiintymisen määrittäminen teksteistä automatisoiduilla toiminnoilla on myös herkkä virheille, jos sanojen esiintymiskontekstia ei erikseen tarkisteta. Jotta voidaan olla varmoja siitä, että avainsanojen osumat viittaavat juuri niihin merkityksiin, joita haetaan, automatisoidun kvantitatiivisen sisällönanalyysin rinnalla tulisi tarkistaa myös lähiteksti, jossa sanat esiintyvät esimerkiksi ns. konkordanssianalyysillä. Jatkotutkimuksissa tämä tullaan tekemään systematisemmin. Kvantitatiivisella sisällönanalyysillä saatujen tulosten merkityksellisyyden arviointi kaipaa tuekseen opetussuunnitelmatekstien kvantitatiivista analyysiä. Tässä toteutettu analyysi antaa kuitenkin viitteitä siitä, millä tavalla muutoksia tavoitekuvauksista kannattaa tutkia tarkemmin.

LÄHTEET

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R., ym. (toim.) (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Autio T. (2002). *Teaching Under Siege. Beyond the Traditional Curriculum Studies and/or Didaktik Split*. Acta Universitatis Tamperensis 904. Tampere: Tampere University Press.
- Gebauer, J., Tang, Y., & Baimai, C. (2008). User requirements of mobile technology: Results from a content analysis of user reviews. *Information Systems and e-Business Management*, 6(4), 361–384.
- Holappa, A.-S. (2007) *Perusopetuksen opetussuunnitelma 2000-luvulla – uudistus paikallisina prosesseina kahdessa kaupungissa*. Väitöskirja. Kasvatustieteiden ja opettajankoulutuksen yksikkö, Oulun yliopisto, Acta Universitas Ouluensis E 94.
- Lowe W. (2015). *Yoshikoder: Cross-platform multilingual content analysis*. Java software version 0.6.5. <https://github.com/conjugateprior/yoshikoder/releases> [Luettu 6.3.2017].
- Neuendorf, K. A., & Skalski, P. D. (2009). Quantitative Content Analysis and the Measurement of Collective Identity. Teoksessa R. Abdelal, Y.M, Herrera, A.I. Johnston, & R. McDermott (toim.) *Measuring Identity: A Guide for Social Scientists* (ss. 203–236). Cambridge: Cambridge University Press.
- Opetushallitus. (2016). *Opetussuunnitelman perusteiden uudistamisen tavoitteet*. <http://www.oph.fi/ops2016/tavoitteet> (Luettu 19.10.2017).
- POPS 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki: Opetushallitus. http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf (Luettu 19.10.2017)
- POPS 2014. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus. <http://www.oph.fi/ops2016/perusteet> (Luettu 19.10.2017).
- Pietarinen, J., Pyhältö, K., & Soini, T. (2016). Large-scale curriculum reform in Finland – exploring the interrelation between implementation strategy, the function of the reform, and curriculum coherence. *The Curriculum Journal*, DOI: 10.1080/09585176.2016.1179205.
- Rokka, P. (2011). *Peruskoulun ja perusopetuksen vuosien 1985, 1994 ja 2004 opetussuunnitelmien perusteet poliittisen opetussuunnitelman teksteinä*. Acta Universitatis Tamperensis 1615. Tampereen yliopisto.
- Seikkula-Leino, J. (2010). The implementation of entrepreneurship education through curriculum reform in Finnish comprehensive schools. *Journal of Curriculum Studies*, 43, 69–85. doi:10.1080/00220270903544685.

- Seikkula-Leino, J. (2013). *Opetussuunnitelmien paikallinen uudistus perusopetuksessa vuosina 2004–2006*. Turku: Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisu A:215.
- Silfverberg, H. (2014). The Hidden and Salient Messages of the Mathematics Curriculum about the Changes in the Culture of Mathematics Education. Teoksessa H. Silfverberg, T. Kärki & M.S. Hannula. (toim.) *Nordic Research in Mathematics Education. Proc. of NORMA14 Conference*, 236–246.
- Silfverberg, H. (2016). Using 'Zoctagon' as a frame for Evaluating Curricula. Teoksessa B. Zimmermann & L. Eronen (toim.) *Mathematics and Education - Learning, Technology, Assessment. Festschrift in Honour of Lenni Haapasalo*. Münster, Deutschland: WTM Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien, 133–142.
- Tikkanen, G., & Aksela, M. 2012. Analysis of Finnish chemistry Matriculation Examination questions according to Cognitive Complexity. *NorDina : Nordisk tidsskrift i naturfagdidaktikk*. 8(3), 258–268.
- Törnroos, J. (2005). *Opetussuunnitelma, oppikirjat ja oppimistulokset – seitsemänn luokan matematiikan osaaminen arvioitavana*. Jyväskylä: Koulutuksen tutkimuslaitos Tutkimuksia 13.
- Vitikka, E., Krokfors, L., & Hurmerinta, E. (2012). The Finnish national core curriculum: Structure and development. Teoksessa H. Niemi, A. Toom, & A. Kollinniemi (toim.), *Miracle of education. The principles and practices of teaching and learning in Finnish schools* (pp. 83–96). Rotterdam: Sense Publishers. 9.