

## HENGITYS JA VERENKIERTO OPPIKIRJOISSA JA OPPILAJDEN KÄSITYKSISSÄ

*”No siis se menee sillei varmaan niinku täst keuhkojen kautta ni sit menee käy tuolla jossain veren niinku...verta menee sinne keuhkojen mukana ja sit se niinku jatkaa matkaa minne lieneekin.”*

Anu Kuitunen

Hanna Torkkeli

Kasvatustieteiden ja matemaattis-luonnontieteiden pro gradu –tutkielma  
Opettajankoulutuslaitos sekä Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Jyväskylän yliopisto  
Syksy 2010

## TIIVISTELMÄ

Kuitunen, A. & Torkkeli, H. 2010. Hengitys ja verenkierto oppikirjoissa ja oppilaiden käsityksissä. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos sekä Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Kasvatustieteiden ja matemaattis-luonnontieteiden pro gradu -tutkielma, 141 s.

Tutkimuksemme käsittelee oppilaiden käsityksiä hengityksestä ja verenkierrosta. Koska *Olipa kerran elämä* –videot ovat vielä tänäkin päivän käytössä kouluissa, tutkimuksemme yksi osa kohdistuu videoiden katselun vaikutukseen suhteessa oppilaiden käsityksiin. Tutkimuksessamme vertailemme myös videoiden katselun vaikutusta eri-ikäisten oppijoiden käsitysten muuttumiseen. Tämän lisäksi perehdymme Jyväskylän normaalikouluissa käytettävien oppikirjojen hengitystä ja verenkiertoa koskevaan sisältöön. Hengityksen ja verenkierron valitsimme tutkimuksemme aiheeksi, koska nämä muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden ja ovat ihmisen elimistön toiminnan kannalta tärkeitä.

Oppilaiden käsityksiä ja videoiden vaikutusta niihin tutkittiin esi- ja jälkihaastattelujen avulla, joiden välissä tutkittavat katsoivat *Olipa kerran elämä*-sarjan jaksot *Hengitys* ja *Sydän*. Haastateltavina tässä tutkimuksessa oli kolme oppilasta jokaiselta kouluasteelta: alakoulusta, yläkoulusta ja lukiosta. Kaikki haastateltavat olivat Jyväskylän normaalikouluista. Sekä haastattelujen että oppikirjojen analyysi toteutettiin käyttäen apuna sisällönanalyysiä. Haastatteluissa käytimme teemahaastattelua, joka on niin sanottu puolistrukturoitu haastattelun muoto.

Videoiden perusteella oppilaille muodostui jonkin verran virhekäsityksiä. Osittain syntyneitä virhekäsityksiä muodostui, koska tutkittavat tulkitsivat videota aiempien käsitysten perusteella. Tyypillisin virhekäsitys videoiden katselun jälkeen oli hiilidioksidin kulkeminen veressä punasoluihin sitoutuneena. Haastattelujen perusteella videot toimivat kuitenkin lähinnä motivoivana mieleenpalauttamisen apuna.

Avainsanat: hengitys ja verenkierto, konstruktivismi, käsitteellinen muutos, luonnontieteellinen ajattelu, Piaget, sisällönanalyysi

## **ABSTRACT**

Kuitunen, A. & Torkkeli, H. 2010 Respiration and Circulation System in Textbooks and in Pupils' Conceptions. University of Jyväskylä: Departments of Teacher Education and Biology and Environmental Science. Master's thesis, 141 p.

Our research deals with pupils' conceptions on respiration and circulation system. Since the Once Upon a Time...videos are still used in schools today, our research focuses on the influences the video has on pupils' conceptions. On our research we compare the influences the video has on the change of conceptions of different-aged pupils. In addition to this we examine the contents dealing with respiration and circulation system in the textbooks used in Jyväskylä Normaalikoulu. We chose respiration and circulation system as a topic of our research, because they form a functional entity and since they are an important part of the human body activity.

The influence watching the videos had was examined by the pre- and post-interviews. Between the interviews examinees watched the episodes Respiration and Heart from the Once Upon a Time... series. There were three examinees from each school level: primary school, secondary school and upper secondary school. All interviewees were from Jyväskylä Normaalikoulu. We used content analysis in both interviews and the analysis of the textbooks. In the interviews we used the focused interview, which is a semi-structured form of an interview.

Some fallacies were made by pupils after watching the videos. Partly these fallacies were formed because the examined interpreted videos according to their earlier conceptions. The most typical fallacy after the videos was the conception that carbon dioxide passes along the blood attached to the red cells. Based on the interviews the main function of the videos was helping to recall the conceptions.

Key words: conceptual change, constructivism, Piaget, respiration and circulation system, scientific thinking, content analysis

## **ESIPUHE**

Pro gradu –tutkielmamme teko on ollut mielenkiintoinen poikkitieteellinen projekti, joka on kestänyt kaikkiaan parisen vuotta, edeten aiheen valinnasta moninaisten vaiheiden jälkeen kohti tätä lopullista tutkintotyötämme. Onneksemme valitsimme tutkimukseemme aiheen, joka on jaksanut innostaa ja motivoida meitä näiden kuukausien ajan työskentelemään eteenpäin. Erityisen iloisia olemme myös päätöksestä tehdä tutkimuksemme yhdessä. Parityö onkin opettanut meille paljon yhteisen projektin eteenpäin saattamisesta.

Ensiksikin tahdomme kiittää graduohjaajiamme lehtori Jari Haimia Bio- ja ympäristötieteiden laitokselta ja lehtori Ilkka Ratista Opettajankoulutuslaitoksesta. Erityiskiitos myös ala- ja yläkoulun sekä lukion opettajille, jotka auttoivat meitä oppilashaastattelujemme käytännönjärjestelyissä.

Kiitos kuuluu myös niille lukuisille läheisillemme, jotka ovat monin tavoin tukeneet meitä projektimme edetessä. Kiitos myös siitä, että olette onnistuneesti vieneet ajatuksiamme muualle gradun parista.

Parin vuoden uurastuksen jälkeen voimme viimein ylpeydellä todeta: tässä tämä nyt sitten on!

21.10.2010

Anu Kuitunen ja Hanna Torkkeli

## KUVAT

KUVA 1	Ihmisen hengityselimistö sekä keuhkorakkulat, joita ympäröi verisuonia .....	12
KUVA 2	Ihmisen verenkiertoelimistö .....	16
KUVA 3	Ihmisen sydämen rakenne .....	17
KUVA 4	Ihmisen tärkeimmät imusuonet ja imusolmukkeet .....	24
KUVA 5	Alakoulun kirjan kuva, jossa hengityselimistöä ja keuhkorakkuloita .....	78
KUVA 6	Yläkoulun kirjan kuva ääreisverenkierrosta ja imusuonesta.....	80
KUVA 7	Lukion oppikirjan kuva, jossa kuvataan verenkierron yleinen kulku.....	82

## KUVIOT

KUVIO 1	Piaget'n kognitiivisen kehityksen vaiheet .....	27
KUVIO 2	Luonnontieteellisen oppimisen työtapana eli oppimissykli.....	41
KUVIO 3	Laadullisen aineiston analyysin runko vaiheittain .....	51
KUVIO 4	Haastattelututkimuksen kulku .....	59
KUVIO 5	Kuvien kokonaismäärä sekä affektiivisten ja kognitiivisten kuvien osuudet ala- ja yläkoulun sekä lukion oppikirjoissa hengitystä ja verenkiertoa käsittelevillä sivuilla.....	77
KUVIOT 6-14	Haastateltavien hengitystä ja verenkiertoa koskevista käsityksistä muodostetut käsitekartat .....	91;95;99;103;106;110;113;117;120

## TAULUKOT

TAULUKKO 1	Oppikirjojen tekstiosuuden analysointi.....	67
TAULUKKO 2	Oppikirjojen tekstiosuuden havainnollistaminen .....	76

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ESIPUHE

## KUVAT, KUVIOT JA TAULUKOT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖN TOIMINTA</b> .....	<b>10</b>
2.1	HENGITYKSEN TEHTÄVÄ .....	10
2.2	HENGITYSTIET.....	11
2.3	KEUHKOT .....	11
2.4	KEUHKOTUULETUS .....	13
2.5	HENGITYSLIHAKSET .....	13
2.6	KAASUJEN VAIHTUMINEN KEUHKORAKKULOISSA .....	14
2.7	VERI.....	15
2.8	VERENKIERTOJÄRJESTELMÄ.....	15
2.8.1	<i>Verenkiertoelimistön rakenne</i> .....	15
2.8.2	<i>Sydän</i> .....	17
2.8.3	<i>Verisuonet</i> .....	20
2.9	KAASUJEN VAIHTUMINEN KUDOKSISSA.....	21
2.10	HENGITYKSEN SÄÄTELY.....	22
2.11	KUDOSNESTE JA IMUNESTE .....	23
<b>3</b>	<b>PIAGET’STA OPETUSSUUNNITELMAAN: KATSAUS TUTKIMUKSEN KASVATUSTIETEELLISEEN TAUSTAAN</b> .....	<b>25</b>
3.1	PIAGET’N KOGNITIIVINEN KEHITYSTEORIA.....	25
3.1.1	<i>Johdatus Piaget’n maailmaan</i> .....	25
3.1.2	<i>Sensomotorinen kausi (syntymästä 18–24 kuukauteen)</i> .....	27
3.1.3	<i>Esioperationaalinen kausi (1,5- 2 vuodesta 6 vuoteen)</i> .....	29
3.1.4	<i>Konkreettisten operaatioiden kausi (6 vuodesta 11 vuoteen)</i> .....	30
3.1.5	<i>Formaalisten operaatioiden kausi (11 vuodesta eteenpäin)</i> .....	31
3.2	KONSTRUKTIVISMI JA KONSTRUKTIVISTINEN OPPIMISKÄSITYS .....	31
3.2.1	<i>Konstruktivismi</i> .....	31
3.2.2	<i>Konstruktivistinen oppimiskäsitys</i> .....	33
3.2.3	<i>Konstruktivismin vaikutuksia opetukseen</i> .....	33
3.3	KÄSITTEELLINEN MUUTOS .....	34
3.3.1	<i>Käsitteet järjellisen ajattelun taustalla</i> .....	34
3.3.2	<i>Käsitteellinen muutos osana oppimista</i> .....	35
3.3.3	<i>Käsitteellisen muutoksen edellytykset</i> .....	38
3.3.4	<i>Käsitteellinen muutos ja oppikirjat sekä kuvat</i> .....	39
3.3.5	<i>Luonnontieteellinen ajattelu</i> .....	40
3.4	OPPIMATERIAALITUTKIMUS JA KUVAT OPPIKIRJOISSA .....	41
3.5	HENGITYKSEN JA VERENKIERRON OPETUSSISÄLLÖT OPETUSSUUNNITELMISSA .....	43
3.5.1	<i>Valtakunnallinen opetussuunnitelma</i> .....	44

3.5.2	<i>Normaalikoulun koulukohtainen opetussuunnitelma</i> .....	47
<b>4</b>	<b>TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT</b> .....	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>TUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT</b> .....	<b>50</b>
5.1	MENETELMIEN TEOREETTINEN TARKASTELU .....	50
5.1.1	<i>Sisällönanalyysi</i> .....	50
5.1.2	<i>Tutkimushaastattelun teoriapohjaa</i> .....	52
5.1.3	<i>Käsittekartta teoriassa</i> .....	54
5.2	NÄIN TOTEUTETTIIN TUTKIMUKSEN ENSIMMÄINEN OSA.....	55
5.2.1	<i>Oppikirjojen tekstin analyysi</i> .....	55
5.2.2	<i>Kuvien analyysi</i> .....	57
5.2.3	<i>Olipa kerran elämä –jaksojen analysointi</i> .....	58
5.3	TUTKIMUKSEN TOISTA OSAA TEKEMÄSSÄ .....	59
5.3.1	<i>Tutkimuksen yleinen kulku</i> .....	59
5.3.2	<i>Haastattelujen kulku</i> .....	60
5.3.3	<i>Haastatteluaineiston analysointi</i> .....	63
5.3.4	<i>Käsittekartan tekeminen</i> .....	64
<b>6</b>	<b>TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU</b> .....	<b>66</b>
6.1	OPPIKIRJA-ANALYYSI.....	66
6.1.1	<i>Oppikirjojen tekstiosuuden analyysi</i> .....	66
6.1.2	<i>Oppikirjojen kuvituksen analysointi</i> .....	76
6.1.3	<i>Miten opetus etenee oppikirjoissa</i> .....	83
6.2	TUTKIMUKSESSA KÄYTETTYJEN <i>OLIPA KERRAN ELÄMÄ</i> –SARJAN JAKSOJEN KUVAUS.....	85
6.2.1	<i>Sydän- jakson yleinen kulku</i> .....	85
6.2.2	<i>Hengitys- jakson yleinen kulku</i> .....	88
6.3	OPPIJOIDEN YMMÄRRYS .....	90
6.3.1	<i>Alakoulun oppilaat</i> .....	90
6.3.2	<i>Yläkoulun oppilaat</i> .....	102
6.3.3	<i>Lukion opiskelijat</i> .....	112
<b>7</b>	<b>POHDINTA</b> .....	<b>125</b>
7.1	TUTKIMUKSEN ANTIA.....	125
7.2	TYÖN LUOTETTAVUUS JA EETTISYYS .....	127
7.3	<i>OLIPA KERRAN ELÄMÄ</i> –VIDEOIDEN KÄYTTÖ KOULUISSA.....	131

#### AINEISTOLÄHTEET

#### KIRJALLISUUSLÄHTEET

#### LIITTEET

## 1 JOHDANTO

*Kun lapsemme haluavat tietää, ruoki heidän uteliaisuuttaan. Kohtele heitä myös yksilöinä, jotka ymmärtävät usein enemmän kuin aikuiset luulevat. Se vahvistaa heitä ja he tulevat kiittämään sinua siitä.*

-Albert Barillé

Oppilaiden luonnontieteellinen ajattelu ja sen kehittyminen ovat puhututtaneet tutkijoita lähiaikoina. Oppilaiden käsitysten muovautuminen on yksi tutkimuskenttiemme mielenkiintoisimmista kohteista. Näistä syistä olemme tällä tutkimuksellamme pyrkineet etsimään tietoa oppilaiden ymmärryksen kehitymisestä. Nykykäsitysten mukaan oppilaiden kognitiivinen kehitys noudattelee jonkinasteista kaavaa, jota Piaget on tutkinut jo 1970-luvulla.

Hengitys- ja verenkierto ovat ihmisen elimistön keskeisiä elintoimintoja. Usein niiden toiminta nähdään toisistaan erillisinä, vaikka todellisuudessa hengitys- ja verenkierto muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden. Hengitykseen ja verenkiertoon perehdymme tarkemmin luvussa kaksi. Tutkimuksessamme meitä kiinnosti myös hengityksen ja verenkierron käsittely oppikirjoissa. Mikkilä (Mikkilä-Erdmann), Olkinuora ja Hannus ovat perehtyneet oppikirjojen rakenteeseen ja erityisesti oppikirjojen eri osien merkitykseen oppimisessa. Näiden lisäksi Levie ja Lentz ovat tutkineet erityisesti oppikirjojen kuvien funktiota oppimisessa.

Johdannon alussa viittasimme Albert Barillé'n lausahdukseen lasten ja nuorten tiedonjanosta. Barillé onkin tuottanut lähes kaikille suomalaisille tutut *Olipa kerran* –



sarjat. Näistä tutuin lienee ihmisen biologiaa käsittelevä *Olipa kerran elämä*. Sarjan jaksot ovat monelle tuttuja myös koulumaailmasta ja niitä käytetään laajasti opetuksessa vielä tänäkin päivänä.

Pro gradu -tutkielmamme aiheena on ihmisen hengitys ja verenkierto. Tutkimuksemme jakautui kahteen eri osaan. Ensimmäisessä osassa tutkimme hengityksen ja verenkierron teoreettiseen viitekehykseen nojaten, miten hengitystä ja verenkiertoa kuvataan eri kouluasteiden oppikirjoissa ja *Olipa kerran elämä* –sarjassa. Tutkimuksen toisessa osassa kartoitimme alakoulu-, yläkoulu- ja lukioikäisten oppilaiden luonnontieteellisten käsitysten muovautumista. Kartoituksessa käytimme yhtenä osana Albert Barillén *Olipa kerran elämä* –sarjan jaksoja ihmisen hengityksestä ja verenkierrosta.

Tutkimuksemme kohteina olivat alakoululaiset, yläkoululaiset ja lukiolaiset. Tutkimuksellamme tavoittelimme laajempaa käsitystä siitä, miten hengitys- ja verenkierto käsitellään eri asteiden kouluissa.

## 2 HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖN TOIMINTA

### 2.1 Hengityksen tehtävä

Hengitys määritellään fysiologiseksi tapahtumasarjaksi, jonka avulla eliöt saavat energian elintoimintoihinsa. Laajasti ajateltuna hengityksen voidaan katsoa käsittävän kolme osatapahtumaa: ulkoinen hengitys, hengityskaasujen kuljetus eliön nesteissä sekä soluhengitys. Ulkoinen hengitys tarkoittaa hengityskaasujen ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) vaihtoa ympäristön kanssa. (Lehtonen ym. 2001, 226.) Koska ihmisellä on monia solukerroksia, suora yhteys ja kuljetus (diffuusio) solujen välillä olisi tehotonta. Ihmiselle on monien muiden eläinten tapaan kehittynyt kuljetussysteemi paikkaamaan pelkän diffuusion hidasta etenemistä. Tämän kuljetussysteemin eli verenkiertojärjestelmän avulla solut saavat tarvitsemiaan aineita sekä energiaa ympäristöstä. (Campbell & Reece 2004, 871–872.)

Soluhengitys eli solujen energia-aineenvaihdunta puolestaan tarkoittaa lyhyesti sitä solujen aineenvaihdunnan osaa, joka tuottaa energiaa ATP:nä (adenosiinitrifosfaatti), runsasenergisenä yhdisteenä, jota solut käyttävät välittömänä energianlähteenä. (Lehtonen ym. 2001; 67, 226, 657.) Ihminen tarvitsee jatkuvasti happea voidakseen valjastaa ravinnosta saatavan energian käyttöönsä soluhengityksessä. Samalla elimistön on päästävä eroon prosessissa syntyvästä kuona-aineesta, hiilidioksidista. Tämä tapahtuu verenkierron ja hengityselimistön avulla. (Campbell ym. 1999, 826.)

Hengityselimistöön kuuluvat hengitystiet ja keuhkot. Hengitystiet ohjaavat hengitysilman keuhkoihin, joista happi puolestaan siirtyy verenkierron kuljetettavaksi kaikkialle elimistöön. Vastaavasti hiilidioksidi siirtyy keuhkoissa

verenkierrosta uloshengitettävään ilmaan ja poistuu elimistöstä. (Niensted ym. 2006, 258–259.)

## 2.2 Hengitystiet

Hengitysteihin kuuluvat nenäontelo sivuonteloineen, nielu, kurkunpää, henkitorvi ja keuhkoputket. Hengitysilma kulkee sieraimista nenäonteloon. Nenäontelon seinämissä ilmaa puhdistetaan. Epäpuhtaudet tarttuvat kiinni limakalvoa peittävään limaan ja kulkeutuvat limakalvojen värekarvojen liikkeen avulla liman mukana nieluun nieltäviksi. Karkein puhdistus tapahtuu jo nenässä, jossa suurimmat epäpuhtaudet tarttuvat nenäkarvoihin. (Niensted ym. 2006, 258–261.) Nenäontelossa ilma myös lämmitetään ja kosteutetaan ja siitä kerätään hajuja aistittavaksi (Campbell ym. 1999, 830). Lämmityksestä vastaa limakalvojen verisuonitus (Niensted ym. 2006, 258–262).

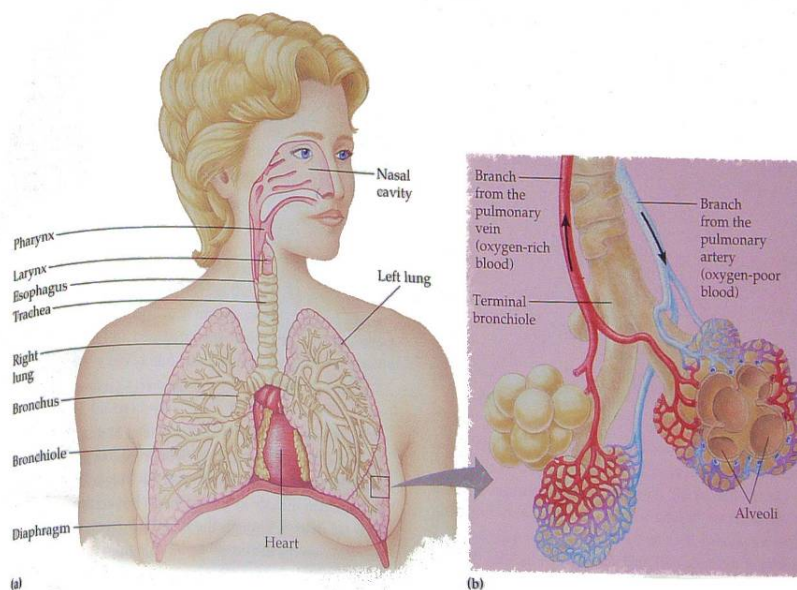
Nenäontelo johtaa nieluun, jossa hengitystiet ja ruuansulatuskanava risteävät (Niensted ym. 2006, 259; Campbell ym. 1999, 830). Nielussa on myös rustoista muodostunut, limakalvon peittämä, kurkunpää, joka mm. estää ruuan pääsyn hengitysteihin nieltäessä. Nenäontelosta hengitysilma kulkeutuu nielun ja kurkunpään kautta henkitorveen, joka on noin kymmenen senttimetriä pitkä joustava, rustojen tukema putki. (Niensted ym. 2006, 261–266.) Henkitorvi jakautuu vasempaan ja oikeaan pääkeuhkoputkeen, jotka johtavat keuhkoihin (vasen vasempaan keuhkoon, oikea oikeaan). Pääkeuhkoputket jakautuvat keuhkojen sisällä edelleen keuhkoputkiksi, jotka haarautuvat aina vain ohuemmiksi putkiksi. (Niensted ym. 2006, 266; Campbell ym. 1999, 830.) Lopulta putket ovat läpimitaltaan vain millimetrin. Näitä putkia kutsutaan ilmatiehyiksi. (Niensted ym. 2006, 267.) Hengitystiet ovat ikään kuin puu, jonka runko on henkitorvi, oksisto koostuu keuhkoputkista ilmatiehyeiseen ja juuret nenäontelosta sivuonteloineen (mukaillen Campbell ym. 1999, 830).

## 2.3 Keuhkot

Keuhkot on parillinen, kimmoisa elin, joka sijaitsee rintaontelon sisällä. Sen sisällä tapahtuu kaasujen vaihto. Kumpikin keuhko koostuu keuhkopussista, joka on

kaksilehtinen kalvo. Sen sisempi lehti on kiinni keuhkon pinnassa, ulompi puolestaan verhoaa rintaontelon sisäseinämää. Lehtien välistä tilaa nimitetään keuhkopussinonteloksi, ja se sisältää voitelunestettä, joka vähentää kitkaa keuhkojen laajentuessa. Vasen keuhko koostuu kahdesta ja oikea kolmesta lohkoista. Kukin lohko jakautuu vielä sidekudoksisin väliseinin jaokkeisiin. Näitä on kummassakin keuhkossa kymmenen. Kuhunkin jaokkeeseen menee oma keuhkoputkenhaaransa. (Niensted ym. 2006, 267–269.)

Keuhkoputken ohuista haaroista, ilmatiehyistä, ilma kulkee hengitystiehyiden kautta keuhkorakkulatietehyisiin. Nämä keuhkoputkien pienimmät haarat päättyvät keuhkoissa lopulta keuhkorakkulasäkkiin, jossa on lukuisia keuhkorakkuloita eli alveoleja. (Niensted ym. 2006, 267.) Alveoleja on keuhkoissa miljoonia ja ne tarjoavat riittävän suuren pinta-alan hengityskaasujen tehokkaaseen vaihtoon. (Niensted ym. 2006, 266; Campbell ym. 1999, 830.) Keuhkokudos koostuukin pääasiassa alveoleista. Lisäksi keuhkokudoksessa on valtimoita ja laskimoita. Nämä kulkevat yleensä keuhkoputkien seurassa. Lisäksi näiden seurassa kulkevat imutiet, jotka vievät imunestettä keuhkoporttiin päin. (Niensted ym. 2006, 267–269.) Jokaisen keuhkorakkulan ympärillä on hiusverisuonten verkosto. Näihin hiussuoniin hengitysilman happi siirtyy keuhkorakkuloista (ks. kuva 1). Samoin näistä suonista hiilidioksidi siirtyy keuhkorakkuloihin ja edelleen uloshengitettäväksi. (Campbell ym. 1999, 830.)



Kuva 1. Ihmisen hengityselimistö sekä keuhkorakkulat, joita ympäröi verisuonia (Campbell ym. 1999, 831)

## 2.4 Keuhkotuuletus

Keuhkotuuletuksella tarkoitetaan ulkoilman ja hengityselinten välillä tapahtuvaa ilmanvaihtoa (Niensted ym. 2006, 272). Arkikielessä tästä käytetään nimitystä hengitys. Hengityksessä saavutamme maksimaalisen happipitoisuuden ja minimaalisen hiilidioksidipitoisuuden keuhkorakkuloissa (Campbell ym. 1999, 830). Ihmisillä rauhallisessa hengityksessä sisäänhengitys on aktiivista, ja tähän saadaan energia rintakehään kiinnittyvien hengityslihasten työstä. Uloshengitys puolestaan on passiivinen, eikä näin ollen vaadi energiaa. (Niensted ym. 2006, 272–274.) Nisäkkäiden, kuten myös ihmisten, sisäänhengitystä nimitetään negatiiviseksi painehengitykseksi, sillä ilma imetään painamisen sijaan keuhkoihin. Tämä perustuu siihen, että hengityslihasten avulla laajennetaan rintakehän ja –ontelon tilavuutta. Keuhkot seuraavat perässä, jolloin alveolien ilmanpaine muuttuu pienemmäksi kuin ilmakehän paine. Tällöin ilmaa tulee imetyksi sieraimista sisään ja hengitysteiden kautta alveoleihin, sillä ilma pyrkii siirtymään suuremmasta paineesta pienempään. (Campbell ym. 1999, 830–831.)

Uloshengityksen aikana hengityslihakset rentoutuvat, rintakehä palaa lepoasentoonsa ja keuhkojen tilavuus pienenee. Näin alveolien kasvanut ilmanpaine pakottaa ilman ulos hengitysteitä pitkin (Campbell ym. 1999, 831.) Kiivaammin hengitettäessä myös uloshengitykseen tarvitaan energiaa. Tämä saadaan uloshengityslihasten tekemästä työstä. (Niensted 2006, 272–274.)

## 2.5 Hengityslihakset

Tärkeimpiä sisäänhengityslihaksiamme ovat pallea ja uloimmat kylkivililihakset. Pallea sijaitsee rinta- ja vatsaontelon välissä ja se lähtee rintakehän alareunoista. (Niensted ym. 2006, 272.) Se on levymäinen luustolihas, joka muodostaa rintaontelon pohjan (Campbell ym. 1999, 831). Pallea kaartuu holvimaisesti ylöspäin. Pallean supistuessa sen holvi mataloituu, jolloin keuhkot laajenevat alaspäin. Uloimmat kylkivililihakset saavat supistuessaan kylkiluut nousemaan. Tällöin rintaontelo laajenee sivuille ja eteenpäin. (Niensted ym. 2006, 272–273.)

Uloshengityslihakset ovat esimerkiksi sisemmät kylkivälilihakset sekä vatsalihakset. Näistä ensiksi mainitut vetävät supistuessaan kylkiluita alaspäin sekä lähentävät niitä toisiinsa ja selkärankaan. Vatsalihakset puolestaan työntävät supistuessaan vatsaontelon elimiä ylöspäin tyhjentäen tällöin ilmaa rintaontelosta. (Niensted ym. 2006, 274.)

## 2.6 Kaasujen vaihtuminen keuhkorakkuloissa

Hengityskaasujen yhteydessä käytetään niiden määrän yksikkönä osapainetta. Kokonaisilmanpaine merenpinnan tasolla on noin 101 kPa, ja koska sen happipitoisuus on 21 %, hapesta muodostuu 21,2 kPa ilmanpaine. Kaasujen osapaineet eri osien välillä mahdollistavat diffuusion. Kaasu pyrkii aina diffundoitumaan suuremman osapaineen puolelta kohti pienempää osapainetta. (Niensted ym. 2006, 278; Campbell ym. 1999, 833–844.)

Kaasujen pyrkimykseen siirtyä suuremmasta osapaineesta pienempään perustuu myös ilman ja veren välinen kaasujen vaihto alveoleissa. Happi siirtyy alveoleista vereen, sillä veressä sen osapaine on pienempi kuin alveoli-ilmassa. (Niensted ym. 2006, 278.) Ilman happi liukenee alveolin epiteeliä ympäröivään nesteeseen (alveolinestekerros), josta se siirtyy alveolin ja hiussuonen seinämien läpi vereen. Myös hiilidioksidi vaihtuu vastaavasti verestä alveoleihin uloshengitettäväksi. (Campbell ym. 1999, 833–844; Niensted ym. 2006, 278.)

Happi kulkee veressä punasolujen hemoglobiiniin kiinnittyneenä. Hemoglobiini koostuu neljästä osasta, joissa kussakin on yksi ns. hemi-osa. Tämän keskellä puolestaan on rauta-atomi. Happimolekyylit kiinnittyvät tähän rauta-atomiin. Jokaisessa hemoglobiinissa on näin ollen neljä hapenkuljetuspaikkaa. (Niensted ym. 2006, 281–283; Campbell ym. 1999, 834.) Happimolekyylit kiinnittyvät hemoglobiiniin keuhkoissa ja muualla kehossa ne siirtyvät kudoksille (Campbell ym. 1999, 834).

Hemoglobiiniin sitoutuu 99 % vereen kulkeutuneesta hapesta. Loppu liukenee plasmaan ja punasolujen nesteeseen. Pieni osa (1-2 %) keuhkovaltimoiden veren hemoglobiinista ei happeudu. Tämä johtuu siitä, että osa keuhkoihin tulevasta verestä käy muualla kuin alveoleissa. (Niensted ym. 2006, 280–281.)

## 2.7 Veri

Veri poikkeaa muista kudoksista siinä, että sen soluväliaine eli plasma on juoksevaa. Nestemäisyytensä vuoksi veri voi kuljettaa liuenneita aineita kehon osista toiseen. Plasmaa verestä on noin 55 prosenttia ja erilaisia soluja loput 45 prosenttia (Campbell & Reece 2004, 882). Pääosa veren soluista on kuitenkin punasoluja, jotka ovat tumattomia ja muodostavat noin neljänneksen yhden ihmisen kaikista soluista. Punasolut rakentuvat suureksi osaksi hemoglobiinista. Hiilidioksidi vastaavasti kulkeutuu vain osin hemoglobiiniin sitoutuneena. Pääsääntöisesti se muuttuu kuljetuksen ajaksi vetykarbonaatiksi, joka kulkeutuu keuhkoihin vereen liuenneena. (Niensted ym. 2000, 165; 168.)

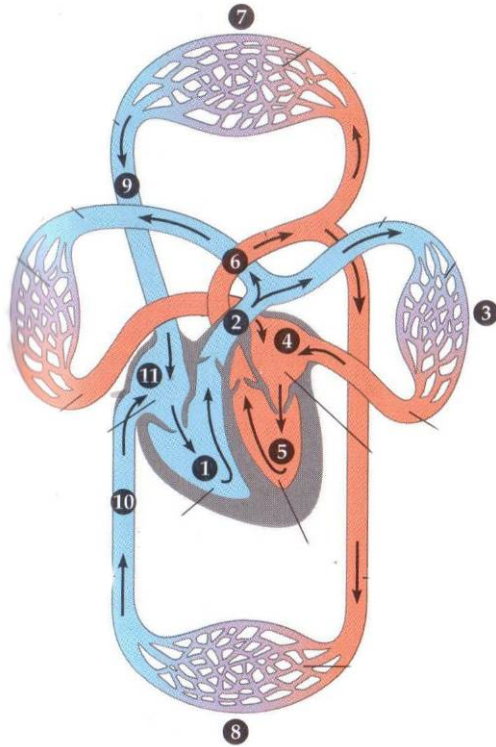
Veressä on myös valkosoluja eli leukosyyttejä, joiden tehtävänä on elimistön puolustus. Valkosoluja on kehossamme viittä eri päätyyppiä ja yhdessä ne puolustavat elimistöä infektioilta. Valkosolut viettävät suurimman osan ajastaan verenkierron ulkopuolella immuunijärjestelmässä tai kudospaineteessä, joissa vieraiden aineiden tuhoaminen pääasiallisesti tapahtuu. Normaalisti valkosoluja on veressä vain pieni määrä, mutta infektion aikana tuo määrä saattaa moninkertaistua hetkellisesti. (Campbell & Reece 2004, 883.)

Verihiutalet eli trombosyytit ovat punasolujen tapaan kiekkomaisia tumattomia soluja. Niiden tehtävä liittyy lähinnä verenvuodon tyrehtymiseen. Veren plasma sisältää myös runsaasti erilaisia proteiineja, esimerkiksi albumiineja ja globuliineja, sekä pienimolekyylisiä aineita, kuten epäorgaanisia suoloja. (Niensted ym. 2000, 176–179.)

## 2.8 Verenkiertojärjestelmä

### 2.8.1 Verenkiertoelimistön rakenne

Verenkiertoelimistöön (ks. kuva 2) kuuluvat kolme perusosaa: verenkierron neste eli *veri*, joukko putkia eli *verisuonia*, joiden kautta neste kulkee elimistössämme sekä lihaksinen pumppu eli *sydän* (Campbell & Reece 2004, 871–872).



Kuva 2. Ihmisen verenkiertoelimistö (Campbell ym. 1999, 815)

Verenkierto toimii ihmisen elimistön kuljetusjärjestelmänä. Sen tehtävänä on huolehtia kudosten ravinnonsaannista (esimerkiksi happi, glukoosi, rasvahapot, vitamiini, kivennäisaineet) sekä kuona-aineiden (esimerkiksi hiilidioksidi, virtsa-aine ja -hapot) poiskuljetuksesta. Näiden lisäksi veri kuljettaa mm. kemiallisia viestejä (hormonit) sekä tasoittaa ruumiinosien välisiä lämpötila- ja happamuuseroja. (Niensted ym. 2000, 185.)

Sydäimestä, verisuonista ja verestä koostuu verenkiertojärjestelmämme, joka voidaan jakaa isoon ja pieneen verenkiertoon. Tässä tutkimuksessa käytämme pienestä verenkierrosta nimitystä keuhkoverenkierto. Keuhkoverenkierrossa veri kulkee verisuonia pitkin molempiin keuhkoihin, joissa kaasujen vaihtuminen tapahtuu. Isoa verenkiertojärjestelmää pitkin hapekas veri kulkeutuu kaikkialle kehoon. Kaikkea tätä toimintaa ylläpitää sydän, joka pumpkaa verta taukoamatta sekä isoon että keuhkoverenkiertoon. (Campbell & Reece 2004, 874–875.)

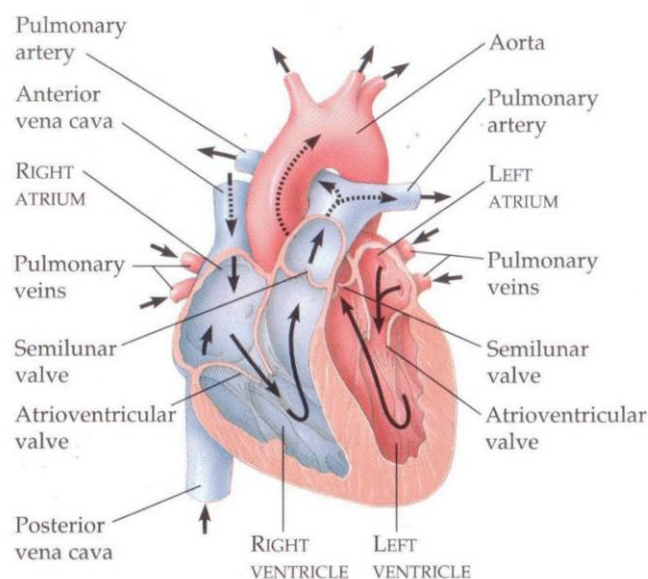
Keuhkoverenkierrossa valtimot tuovat vähähappista verta keuhkoihin, jossa tapahtuu kaasujen vaihtuminen. Sydämen sykähtäessä kerran veri puristuu sydämen oikeasta kammiosta keuhkovaltimoon, joka haarautuu edelleen kahdeksi. Toinen haaroista



kuljettaa verta vasempaan ja toinen oikeaan keuhkoon. Keuhkovaltimot haarautuvat edelleen hiusverisuoniksi, jotka lopulta kiertyvät keuhkorakkuloiden ympärille. Koska keuhkorakkuloita ja hiussuonia on keuhkoissa paljon, kaasujen vaihtuminen on tehokasta. Keuhkoihin tullessaan veri on vähähappista ja runsashiilidioksidista. Happi ja hiilidioksidi siirtyvät keuhkorakkuloiden ilman ja veren välillä diffundoitumalla niin, että keuhkoista palatessaan veri on erittäin hapekasta ja hiilidioksidia on vain vähän. Lopulta keuhkojen monet hiussuonet yhtyvät keuhkolaskimoiksi, jotka tuovat veren sydämen vasempaan eteiseen. Sydän pumpkaa vasemmasta eteisestä veren vasempaan kammioon, josta se edelleen uuden puristuksen voimasta jatkaa liikettä aorttaan. Aortan jakautuu kolmeksi haaraksi, joiden kautta runsashappinen veri kulkeutuu isoon verenkiertoon ja edelleen ylä- ja alavartaloomme, joissa verisuonet jakautuvat edelleen hiussuoniksi. Yksi haaroista kulkee sepelvaltimoon, joka turvaa sydänlihaksen hapensaannin. (Campbell & Reece 2004, 875.)

### 2.8.2 Sydän

Ihmisen sydän on noin omistajansa nyrkin kokoinen elin. Sydän koostuu pääosin poikkijuovaisesta lihaskudoksesta. Muista poikkijuovaisista lihaskudoksista poiketen sydänlihas ei kuitenkaan ole tahdonalaista kudosta vaan sen toimintaa säätelee monimutkainen automaattinen hermosto (ks. kuva 3). (Campbell & Reece 2004, 875.)



Kuva 3. Ihmisen sydämen rakenne (Campbell ym. 1999, 815)

Sydän sijaitsee ihmisellä rintalastan takana alakärki vasemmalle kääntyneenä. Yleensä sydämen kuvitellaan sijaitsevan selvästi rintakehän vasemmalla puolella. Todellisuudessa sydän sijaitsee kuitenkin lähestulkoon keskellä rintakehän suojassa. Sydän koostuu neljästä lokerosta: kahdesta eteisestä ja kahdesta kammioista. Kammioiden lisäksi sydän on jakautunut vasempaan ja oikeaan osaan. Vähähappinen veri, jota usein kutsutaan tympeäksi vereksi, saapuu palatessaan sydämeen ensimmäisenä oikeaan eteiseen, josta se puristetaan oikeaan kammioon. Oikeasta kammioista veri kulkeutuu supistuksen voimasta keuhkoverenkiertoon, josta se palautuu hapekkaana sydämen vasempaan eteiseen ja edelleen vasemman kammion kautta kaikkialla kehoon. (Campbell & Reece 2004, 875.) Sydän koostuu siis kahdesta toisistaan erillään olevasta pumpusta: oikeasta sydämen puoliskosta, joka pumppaa verta keuhkoverenkiertoon, ja vasemmasta puoliskosta, joka pumppaa verta ruumiiseen (Guyton & Hall 2000, 96). Ohutseinäiset eteiset toimivat vartalosta sydämeen päin palaavan veren kokoojina. Eteiset pumppaavat verta edelleen kammioihin. Veren lyhyestä kuljetusmatkasta johtuen eteisten seinämien ei tarvitse olla yhtä paksuja kuin kammioiden, jotka pumppaavat veren edelleen kaikkialle vartaloon. (Campbell & Reece 2004, 875.)

Veren kiertosuunta sydämeen ja sen kautta valtimoihin on säädelty läppien avulla. Nämä läpät estävät sydämen supistuessa veren takaisinvirtauksen ja ohjaavat sitä oikeaan suuntaan. Molempien eteisten ja kammioiden välillä tätä läppää kutsutaan eteis-kammioläpäksi. Eteisten supistuessa läpät ovat auki, jolloin veri virtaa eteisistä kammioihin. Kammioiden supistuessa paine vastaavasti sulkee läpät, jotta veri ei pääse virtaamaan takaisin eteisiin. Läpät ovat kiinnittyneet kammioiden seinämiin jänteiden avulla, mikä estää niiden kääntymisen väärään suuntaan. (Campbell & Reece 2004, 876.) Jänteet kiinnittyvät kammioiden sisällä oleviin nystylihaksiin, jotka supistuvat samalla kun kammiokin. Juuri näiden pienten nystylihasten toiminta estää läppien kääntymisen. Myös kammioiden ja niistä lähtevien valtimoiden välillä on läpät. Näitä läppiä kutsutaan kammiio-valtimoläpiksi ja niiden avulla estetään veren paluu aortasta ja keuhkovaltimosta takaisin sydämeen. Kammioiden supistuessa veri virtaa valtimoihin painaen kammiio-valtimoläpät sen seinämää vasten. Kammioiden laajetessa virtaava veri vastaavasti painaa läpän irti seinämästä, jolloin läppä sulkeutuu ja virtaus takaisin sydämeen estyy. (Niensted ym. 2000, 191.)

Sydämen sykkeen voi kuulla painamalla korvan tiukasti toisen rintakehään. Ääni muodostuu siitä, kun palaava veri iskeytyy sulkeutuneisiin läppiin. (Campbell & Reece 2004, 876.)

### *Syke*

Sydän puristuu ja rentoutuu rytmisessä syklissä. Puristuessaan sydän pumppaa verta eteenpäin; rentoutuessaan sydämen lokerot täyttyvät verellä. Puristusvaiheesta käytetään nimitystä systolinen vaihe ja rentoutumisvaiheesta nimitystä diastolinen vaihe. Kammioden puristuessa ne työntävät verta valtimoihin. Jokaisen puristuksen yhteydessä veren työntyessä valtimeen sen joustava seinämä venyy. Tämä valtimon venyminen voidaan tuntea esimerkiksi kaulavaltimosta, josta voidaan mitata syke eli sydämen lyöntitiheys laskemalla, montako kertaa valtimo sykähtää eli sen seinämä venyy minuutissa. Sykkeestä käytetään toisinaan myös nimitystä pulssi. (Campbell & Reece 2004, 875–876.)

Sydämen sykettä ohjaa erityinen sähköinen systeemi, joka saa aikaan sydänlihaksen rytmisen supistumisen. Sykettä ohjaava impulssi syntyy sinussolmukkeessa, josta se siirtyy kolmea eteisjohtorataa pitkin eteis-kammiosolmukkeeseen. Tämä sähköinen impulssi etenee nopeasti läpi koko sydämen. Eteiset supistuvat noin 0,15 sekuntia ennen kammioita, mikä aikaansaa kammioden täyttymisen verellä. Kammioden supistuminen alkaa impulssin saapuessa eteis-kammiosolmukkeeseen, josta se siirtyy edelleen eteis-kammiokimppuun. Tästä se jatkaa matkaa oikealle ja vasemmalle puolelle haarautuvia Purkinjen säikeitä pitkin kaikkialle kammioihin. Kun impulssi saavuttaa Purkinjen säikeiden päät, se kulkeutuu pitkin kammioden omia lihassäikeitä, joissa impulssin eteneminen on paljon hitaampaa. Kammioden puristuessa veri virtaa valtimoihin ja sieltä edelleen kehoon. (Guyton & Hall 2000, 107–110.)

### *Verenpaine*

Nesteiden liike perustuu erilaisiin paineisiin. Neste liikkuu aina suuremman paineen alueelta pienemmän paineen suuntaan. Veren kulku valtimoissa perustuu siis verenpaineeseen. Verenpaineeseen vaikuttavat sydämen minuuttitilavuus eli

sydämen pumppaaman veren määrä sekä nopeus, jolla veri pääsee virtaamaan valtimoista hiussuoniin. Virtauksen nopeutta säätelee verenkierron ääreisvastus. Ääreisvastuksesta voidaan käyttää myös nimitystä perifeerinen vastus ja nämä ovat yhteisnimitys niille tekijöille, jotka hidastavat veren virtausta suurissa valtimoissa. Pääasiassa ääreisvastus johtuu veren ja verisuonten seinämien välisestä hankauksesta, jota säätelee verisuonten keskimääräinen läpimitta: mitä kapeampia suonet ovat sitä suurempi on ääreisvastus. (Niensted ym. 2000, 212–213.)

Verenpaineen ylläpitämistä vaikeuttaa nesteen pyrkimys virrata painovoiman mukaisesti alaspäin. Niinpä verenpaineen onkin oltava riittävä, jotta veri pystyy nousemaan painovoimaa vastaan. Nuorella terveellä aikuisella verenpaine on noin 120mmHg/75mmHg, mistä ensimmäinen luku kuvaa systolisen eli sydämen puristusvaiheen painetta ja jälkimmäinen diastolisen eli rentoutumisvaiheen painetta. Lihastyö lisää systolista verenpainetta, jolloin paine kasvaa intensiteetin kasvaessa. Toisaalta myös henkiset tekijät vaikuttavat verenpaineeseen (esimerkiksi stressi nostaa verenpainetta). (Niensted ym. 2000, 212–213.)

### 2.8.3 Verisuonet

Verenkiertoelimistö koostuu erilaisista verisuonista: valtimoista, laskimoista sekä hiussuonista. Valtimot kuljettavat verta pois päin sydäimestä; laskimot tuovat verta kaikkialta kehosta sydämeen päin. Valtimoiden ja laskimoiden välillä on ohuita hiussuonia. Erilaiset verisuonet koostuvat kuitenkin samanlaisista kudoksista. Sekä valtimoiden että laskimoiden seinämät koostuvat kolmesta erilaisesta kerroksesta. Uloin kerros rakentuu elastisia kuituja sisältävistä soluista, joiden vaikutuksesta suonet kestävät vääntymistä, puristumista ja muuta mekaanista rasitusta. Uloin kerros myös kiinnittää verisuonet ympäristöönsä. Keskimmaisessä kerroksessa on myös elastisia kuituja, kimmosyitä, sisältäviä soluja sekä lihassyitä, mutta solut ovat sileitä toisin kuin uloimmassa kerroksessa. Sisimmäistä kerrosta kutsutaan endoteeliksi. Litteistä levyepiteelisoluista koostuva endoteeli on sileäpintainen, jotta se vastustaisi mahdollisimman vähän veren kulkua suonissa. (Campbell & Reece 2004, 877.)

Erot verisuonten rakenteessa heijastavat niiden toimintaa verenkiertoelimistössä. Toisin kuin valtimot ja laskimot, hiussuonet ovat yksikerroksisia ja koostuvat vain

endoteelista sekä sidekudoksisesta tyvikalvosta. Hiussuonissa tapahtuu pääsääntöisesti aineiden vaihto veren ja ulkoisten nesteiden sekä solujen välillä. Yksikerroksisuuden vuoksi aineiden vaihtuminen on tehokkaampaa kuin monikerroksisten verisuonten ja ympäristön välillä. (Campbell & Reece 2004, 878–878.) Hiussuonia on paljon ja kukin hiussuoni on käytössä vain osan ajasta. Hiussuonia sulkevat tarpeen mukaan erityiset sileän lihaksen muodostamat sulkijat. (Niensted ym. 2000, 218.)

Valtimot ovat paksuseinäisempiä kuin laskimot, sillä niiden tehtävänä on sopeutua laskimoita korkeampaan verenpaineeseen. Valtimot kestävätkin hyvin sydämen sykerytmia ja sopeutuvat nopeasti vaihtuvaan verenpaineeseen. Valtimoiden kimmoisuus auttaa ylläpitämään verenpainetta, jopa sydämen rentoutuessa. Laskimoissa verenpaine on enää vähäistä ja veri kulkeekin lähinnä ympäröivien lihasten puristuksen voimasta. Suurimmissa laskimoissa suonen sisällä olevat läpät estävät veren kulun pois päin sydäimestä. (Campbell & Reece 2004, 878–878.)

Hiussuonissa hapekas veri luovuttaa happea soluille ja vastaanottaa soluhengityksessä vapautunutta hiilidioksidia. Lopulta hiussuonet yhtyvät jälleen muodostaen laskimoita, joita pitkin veri kulkeutuu kohti sydäntä. Alavartalostamme veri palaa alaonttolaskimon kautta sydämeen ja oikeaan eteiseen. Ylävartalosta oikeaan eteiseen palaava veri kulkeutuu vastaavasti yläonttolaskimo kautta. Oikeasta eteisestä veri kulkeutuu uudelleen oikeaan kammioon ja näin veri kulkee suljetussa kuljetussysteemissämme. (Campbell & Reece 2004, 875.)

## 2.9 Kaasujen vaihtuminen kudoksissa

Kudoksissa osapaineiden erot kudossoluissa ja hiusverisuonissa mahdollistavat hapen siirtymisen verestä soluun. Soluhengityksessä solut käyttävät saamansa hapen energiaa sisältävien molekyylien pilkkomiseen. Pilkkominen vapauttaa molekyyleistä energiaa, jonka solut sitovat runsasenergiisiin ATP-molekyyleihin myöhempää käyttöä varten. Energiaa solut tarvitsevat erilaisiin solun toimintoihin, jotka ovat elämälle välttämättömiä. Soluhengitys tapahtuu solujen mitokondrioissa. (Campbell ym. 1999; 147, 784, 826, 834.)

Soluhengityksessä syntyy hiilidioksidia, joka elimistön täytyy poistaa. Hiilidioksidi siirtyy kudossoluista vereen myös suuremmasta osapaineesta pienempään diffuusion kautta. (Campbell ym. 1999; 147,826, 834.) Hiilidioksidista suurin osa, 70 % kulkee veressä bikarboaatina. Noin 7 % hiilidioksidista kulkee liuenneena hiilidioksidina plasmassa ja 23 % kiinnittyy hemoglobiinin aminohappoihin. (Campbell ym. 1999, 835; mukailten Niensted ym. 2006, 284–285.)

## 2.10 Hengityksen säätely

Hengityksen säätelyn tarkoituksena on sovittaa hengityksen rytmi ja syvyys vastaamaan verenkierron rytmiä ja tätä kautta elimistön tarpeita (Campbell ym. 1999, 833). Säätelystä huolehtii hengityskeskus, joka sijaitsee aivoissa ydinjatkeessa ja aivosillassa. Se säätelee kehosta saamiensa viestien ohjeistamana hengitysilijaksia. (Niensted ym. 2006, 286–288; Lehtonen ym. 2001, 226–227.)

Hengityksen säätely voidaan jakaa humoraaliseen ja neuraaliseen säätelyyn. Näistä ensimmäisessä hengityskeskusten toimintaa ohjaavat veren mukana kulkevat aineet, jälkimmäisessä puolestaan hermoimpulssit. (Niensted ym. 2006, 286–289.) Humoraalisessa säätelyssä hengityskeskus pyrkii säilyttämään tasapainotilan tarkkailemalla veren hiilidioksidipitoisuutta ja pH:n muutoksia (Niensted ym. 2006, 286–287; Campbell ym. 1999, 833). Tämä tapahtuu kemoreseptorisolujen avulla. Nämä aortan ja päävaltimoiden keräisissä sijaitsevat solut aistivat veren happi-, hiilidioksidi- ja vetyionipitoisuuksia. (Niensted ym. 2006, 287; Lehtonen ym. 2001, 226.) Jos hiilidioksidipitoisuus veressä kasvaa tai pH alenee, hengityskeskus säätelee hengityskertojen määrää suuremmaksi (Campbell ym. 1999, 833). Eniten hengityksen humoraaliseen säätelyyn vaikuttava aine on hiilidioksidi. Hapen puute on vain harvoin syynä hengityksen säätelyyn, sillä hengitystä ehditään säädellä sopivammaksi jo ennen tämän ilmenemistä hiilidioksidin lisääntymisen vuoksi (tai neuraalisen säätelyn vaikutuksesta). (Niensted ym. 2006, 287.)

Neuraalinen eli hermostollinen säätely vaikuttaa keuhkotuuletuksen säätelyyn merkittävämmässä määrin kuin humoraalinen. Fyysisen suorituksen aikana eri osat kehoa (esim. lihakset ja nivelet) välittävät hermoimpulsseja hengityskeskukseen,

joka puolestaan nopeuttaa keuhkotuuletusta. (Niensted ym. 2006, 288; Lehtonen ym. 2001, 226.)

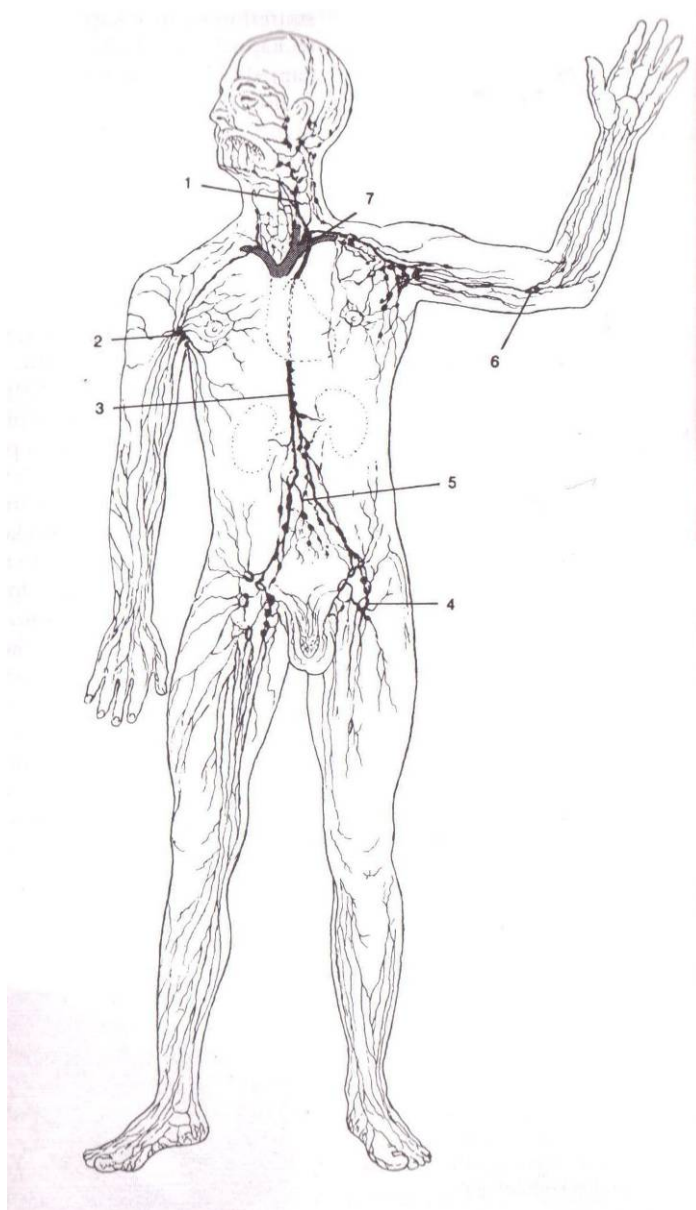
Lisäksi keuhkojen reseptorit ohjaavat neuraalista hengitysrytmin säätelyä. Keuhkojen kudoksissa olevat hermopäätteet toimivat venytysaistimina. Ne ärtyvät sisäänhengityksen loppuvaiheessa välittäen viestin hengityskeskukseksi. Tämä puolestaan pysäyttää sisäänhengityksen. (Niensted ym. 2006, 288; Campbell ym. 1999, 833; Lehtonen ym. 2001, 226–228.) Näin ehkäistään myös keuhkojen ylilaajeneminen (Campbell ym. 1999, 833). Tämän jälkeen uloshengitys pääsee alkamaan. Hengitysilman ulosvirtauksen seurauksena venytysaistimien ärsytystä purkautuu, jolloin aloitetaan jälleen sisäänhengitys. (Lehtonen ym. 2001, 226; 228.) Rauhallisessa hengityksessä uloshengitys on passiivista. Voimakkaasti hengitettäessä sen sijaan uloshengitykseen käytetään myös uloshengityslihaksia, jotka hengityskeskus aktivoi. Tätä systeemiä kutsutaan Hering-Breuerin heijasteeksi. (Niensted ym. 2006, 288; Lehtonen ym. 2001, 228.)

Voimme myös säädellä omaa hengitystämme joko pidättämällä hengitystä tai hengittämällä nopeammin ja tiheämmin (Campbell ym. 1999, 832). Tätä kutsutaan tahdonalaiseksi säätelyksi. Tätä käytämme esimerkiksi puhuessa, laulaessa ja sukeltaessa. (Niensted ym. 2006, 288–289; Lehtonen ym. 2001, 226.)

## 2.11 Kudosteneste ja immuneste

Hiussuonissa verenpaine työntää veriainetta ulos suonesta kudostenesteeksi. Suurin osa tästä plasmasta, pääosin vedestä, palaa kuitenkin passiivisesti takaisin verisuoniin, sillä veren proteiinimäärä on suurempaa kuin kudostenesteen. Koska proteiinit ovat suurimolekyylisiä, ne eivät läpäise hiussuonen seinämää. Osa proteiineista pääsee kuitenkin karkaamaan hiussuonien läpi kudostenesteeseen. Kudostenesteestä proteiinit ja jäljelle jäänyt veriainetta poistetaan imusuonistoa pitkin (ks. kuva 4). Ilman tätä toimivaa imusuonistoa proteiineja kertyisi kudostenesteeseen niin paljon, että veren ja kudostenesteen välinen proteiinipitoisuus tasoittuisi eikä vesi enää palautuisi passiivisesti hiussuoniin. (Niensted ym. 2000, 236.)

Imusuonet muodostavat imutiet, joissa virtaa imunestettä eli lymfaa. Imusuonien seinämät muistuttavat verihussuonten seinämää, mutta ovat kuitenkin verisuonia hatarampia. Niiden seinämien läpi pääsee vaivatta suuremmatkin molekyylit, kuten proteiinit. Imuteissä on runsaasti läppiä, jotka ohjaavat imunesteen kulkusuuntaa. Imuneste kulkee suonissa sen seinämien lihasten tai ympäröivien kudosten puristuksen voimasta. Imutiet päätyvät aina imusolmukkeisiin, joissa on runsaasti valkosoluja. Lopulta kaikki alaruumiin imutiet yhtyvät rintatiehyeksi, joka laskee vasempaan solislaskimoon. Yläruumiin imunesteet päätyvät verenkiertoon sekä vasemman että oikean solislaskimon kautta. (Niensted ym. 2000, 244–245; 247.)



Kuva 4. Ihmisen tärkeimmät imusuonet ja imusolmukkeet (Niensted ym. 2006, 246)



### 3 PIAGET´STA OPETUSSUUNNITELMAAN: KATSAUS TUTKIMUKSEN KASVATUSTIETEELLISEEN TAUSTAAN

#### 3.1 Piaget´n kognitiivinen kehitysteoria

##### 3.1.1 Johdatus Piaget´n maailmaan

Henkistä kasvua ei voida erottaa fyysisestä kasvusta. Kuitenkin syntymän jälkeen ympäristön vaikutus kasvaa koko ajan suuremmaksi. Tästä syystä lapsen kasvua ei voi tarkastella ainoastaan biologisesta näkökulmasta, vaan siihen vaikuttavat myös harjoittelu tai hankittu kokemus sekä sosiaaliset suhteet. (Piaget & Inhelder 1977, 9.)

Piaget´n teoria nojaa ensinnäkin siihen olettamukseen, että kognitiiviset mekanismit ovat laajentuneet orgaanisista biologisista säätelymekanismeista. Lisäksi ne ovat näiden orgaanisten säätelymekanismien erikoistuneita ja erilaistuneita ”elimiä”, jotka ovat seurausta näiden ja ulkopuolisen maailman vuorovaikutuksesta. Orgaaniset säätelymekanismit ilmenevät esimerkiksi synnynnäisesti määräytyvissä refleksitoiminnoissa. Monimutkaisemmat ja järkiperaisemmat toiminnot pohjautuvat siis näihin refleksinomaisiin käyttäytymismuotoihin. (Beiling 1997, 110.)

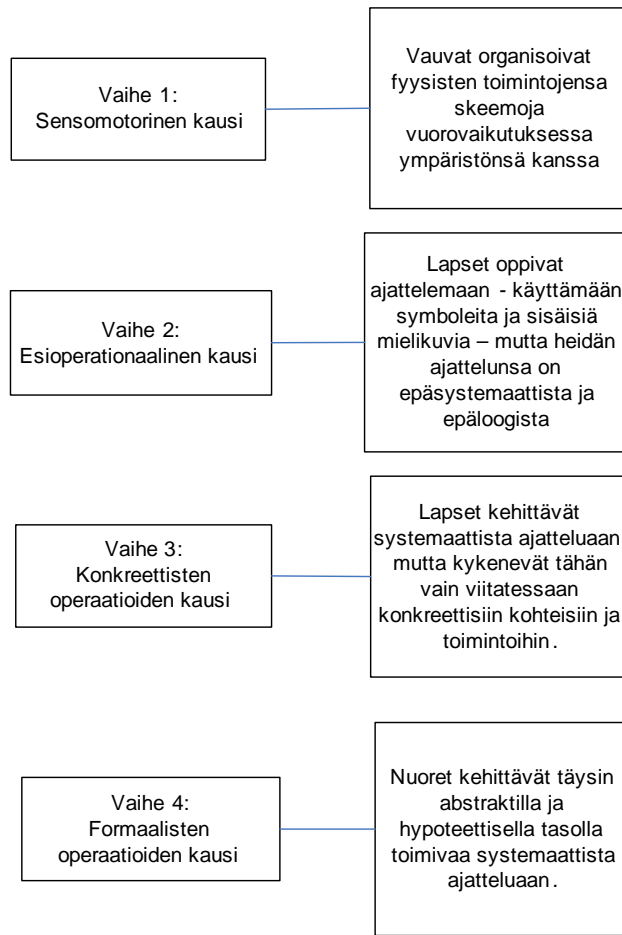
Piaget´n teoriassa rakenne ja toiminta ovat erottamattomat. Psyken rakenne ja lapsen tapa toimia kielellisissä tai toiminnallisissa konteksteissa ovat tiiviissä yhteydessä toisiinsa. (Beiling 1997, 114.) Lasten täytyy olla vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa kehittyäkseen. Piaget näki kuitenkin lapsen kognitiivisten rakenteiden rakentajana, ei ympäristön. (Crain 2005, 116.)

Piaget on puhunut biologisista herkkyksistä, jotka ilmenevät kaikissa elävissä olennoissa. Nämä herkkyudet ovat assimilaatio, akkommodaatio sekä järjestely.

Assimilaatio tarkoittaa sitä, miten sulautamme tietoa kognitiivisiin rakenteisiimme. Akkommodaatiosta eli mukauttamisesta on kyse, kun jokin tieto ei sovi olemassa olevaan rakenteeseemme, ja joudumme muuttamaan rakennetta. Järjestelyä tapahtuu sekä käytännötasolla lapsen yrittäessä esimerkiksi tarttua samoihin esineisiin, joita hän katsoo että mentaalisisällä tasolla järjestäessämme ajatuksiamme johdonmukaiseen järjestykseen. (Crain 2005, 114–115.) Kognitiiviset mekanismit kehittyvät järjestyneisiin tai jäsentyneisiin muotoihin pohjautuen. Mikään tieto ei vain jäljennä todellisuutta vaan siihen sisältyy aina prosessi, jossa uusi tieto sulautetaan jo olemassa olevaan rakenteeseen. (Beiling 1997, 110.) Näistä rakenteista käytetään nimitystä skeema, joka on selvästi jäsentynyt toimintojen sarja (Piaget & Inhelder 1977, 14). Akkommodaatiota ja assimilaatiota ei voida erottaa toisistaan, vaan jokaisen assimilaation yhteydessä tapahtuu akkommodaatiota. Sulauttaessamme uutta tietoa rakenteisiimme, joudumme muuttamaan näitä, jotta tieto sopii yhdistettäväksi niihin. (Piaget 1971, 172.)

Piaget'n mukaan lapsen ajattelu kehittyy koko ajan kattavammaksi. Lapsilla on kyllä synnynnäisiä refleksiä, kuten imemisrefleksi, mutta näiden merkitys lapsen myöhemmässä elämässä on varsin pieni. Lapset jatkuvasti tutkivat ja yrittävät ymmärtää maailmaa. Tässä prosessissa he rakentavat aktiivisesti uusia rakenteita maailman käsittelyyn. (Crain 2005, 114–115.)

Piaget'n teoriaan kuuluu neljä kehityksen pääkautta (ks. kuvio 1). Jokaisen kauden yhteydessä on mainittu, minkä ikäisenä lapsi on tämän kauden kehitysasteella. Kuitenkin Piaget havaitsi lasten kehittyvän eri tahdissa, joten hän ei painottanut kausiin liittämiään ikä. (Crain 2005, 114–115.)



Kuvio 1. Piaget'n kognitiivisen kehityksen vaiheet (Mukaellen Crain 2005, 115)

### 3.1.2 Sensomotorinen kausi (syntymästä 18–24 kuukauteen)

Ensimmäistä kehitysvaihetta kutsutaan sensomotoriseksi vaiheeksi, sillä vauvaikäinen ei kielen puutteen vuoksi kykene esittämään ihmisiä tai esineitä, kun nämä eivät ole läsnä. Lapsella ei siis ole niin sanottua symbolifunktiota. Tästä huolimatta henkinen kehitys ensimmäisen 18 kuukauden aikana on erittäin nopeaa. Sensomotorinen kausi on erityisen tärkeä lähtökohta lapsen havaintotoiminnan ja älyn myöhemmälle kehitykselle. Kielen ja symbolifunktioiden puuttuessa lapsi tarkastelee ympäristöä aisti-liike -yhteyksien avulla ilman esittävien symbolien tai ajattelun apua. (Piaget & Inhelder 1977, 13–14.) Pikkulapsi liittyy kaiken omaan kehoonsa. Se on kaiken keskipisteenä, vaikka lapsi ei ole itsestään tietoinen eikä kykene erottamaan subjektia ja objektia. (Piaget 1972, 21.)

Piaget'n mukaan sensomotorisen kauden aikana tutustutaan esineisiin, leikkiin, aikaan, paikkaan ja syy-seuraussuhteisiin käytännön toiminnan välityksellä.

Sensomotorisessa kehityksessä toiminnan toistaminen on merkittävää. Kausi jakautuu kahteen alakauteen, joilla on edelleen yhteensä kuusi alavaihetta. Ensimmäinen alakausi keskittyy lapsen omaan ruumiiseen. Toinen alakausi puolestaan määrittyy käytännöllisen älykkyyden kautta. (Beilin 1997, 120.)

Määritteli tutkija älykkyyden miten tahansa, voidaan olla yksimielisiä siitä, että sensomotorisen kauden viimeisessä vaiheessa älykkyys on jo olemassa yksilössä. Lapsen kehitys eteneekin spontaaneista liikkeistä ja reflekseistä hankittuihin tapoihin ja niistä edelleen älykkyyteen. Piaget esittää tämän kehityksen mekanismin perustuvan sulauttamiseen. Tällöin jokainen uusi kohde tai kokemus liitetään jo olemassa olevaan rakenteeseen tai skeemaan. Yhtä tärkeitä ovat siis sekä ulkoiset ärsykkeet että subjektin jäsentävä toiminta. (Piaget & Inhelder 1977, 14–15.)

Sensomotorisella kaudella kehitys etenee siis alavaiheesta yksi alavaiheeseen kuusi. Alavaiheissa yksi ja kaksi lapsen subjekti/objektisuhde on vielä eriytymätön. Näitä kausia ohjaavat voimakkaasti refleksit. (Beilin 1997, 120–121.) Ensimmäisessä vaiheessa vastasyntyneen reflekseistä ne, joilla on tulevaisuuden kannalta erityinen merkitys (esim. imemisrefleksi) johtavat niin sanottuihin refleksiharjoituksiin eli toiminnallisen harjoittelun avulla vahvistamiseen. Toistava eli toiminnallinen sulauttaminen (esim. vauva imee nänniä) saa aikaan yleistävää sulauttamista (esim. uusien kohteiden imeminen) sekä tunnistavaa sulautumista (lapsi erotta nännin muista kohteista). Näin ollen esimerkiksi peukalon imemistä voidaan pitää taitona, joka liittyy jo muodostuneeseen refleksiskeemaan laajentaen sitä. Tämän kaltainen yhdistäminen on ominaista sensomotorisen kauden toiselle vaiheelle. Tällöin muodostuvat ensimmäiset tavat kyseisen mallin mukaisesti. (Piaget & Inhelder 1977, 16–17.) Ensimmäistä vaihetta nimitetään refleksivaiheeksi ja toista ensimmäisten tapojen vaiheeksi (Piaget & Inhelder 1977, 18).

Kolmannessa alavaiheessa lapsi alkaa tutkia maailmaa myös toimimalla, ei vain havainnoimalla kuten ennen. Viimeisen kolmen alavaiheen aikana lapsen toiminta kehittyy tutkivasta toiminnasta päämäärähakuiseen toimintaan, ja tästä edelleen keino-päämäärätoimintaan, jossa lapsella on kyky harkita päämäärän saavuttamiseen tähtäävää toimintaa. (Beilin 1997, 120–121.) Neljännessä vaiheessa lapsi pyrkii tavoitteeseen, joka on riippumaton keinoista, joita hän tulee käyttämään (esim.

tyynyn alle kadonnut esine). Viidennessä vaiheessa lapsi ryhtyy etsimään uusia keinoja jo tuttuja skeemoja eriyttämällä (esim. lapsi vetää esineen luokseen narusta vetämällä). Kuudennessa vaiheessa sensomotorinen kausi tulee päätökseensä. Nyt lapsi kykenee jo löytämään uusia keinoja yhdistelemällä asioita sisäisesti ja oivaltamalla niitä. (Piaget & Inhelder 1977, 19–21.)

### 3.1.3 Esioperationaalinen kausi (1,5- 2 vuodesta 6 vuoteen)

Sensomotorisella kaudella lapsi on omaksunut järjestäytyneitä toimia välittömän ympäristön kanssa toimimiseen. Näiden sensomotoristen taitojen käyttö jatkuu läpi elämän, mutta esioperationaalisella kaudella toimintaan tulee merkittävä muutos. Lapsen mieli laajenee symbolien tasolle. Näitä symboleja ovat sanat ja kuvat. Tämän seurauksena lapsi joutuu järjestelemään ajattelunsa uudelleen, ja esioperationaalisen kauden ajan lapsen ajattelu onkin epäloogista ja –systemaattista. (Crain 2005, 121.)

Tässä vaiheessa lapsi ryhtyy käyttämään symboleita kuvatessaan toimintaa tai kohdetta, joka ei ole läsnä. Tämä saa alkunsa jo sensomotorisen kauden viimeisessä vaiheessa. Piaget'n mukaan ensimmäiset symbolit ovat motorisia, eivät kielellisiä. Esimerkiksi lapsi avaa suunsa ennen kuin avaa laatikon. (Crain 2005, 121–122.)

Lapsen siirtyessä sensomotoriselta kaudelta esioperationaaliselle muutos havaitaan kielen ja käsitteiden nopeana omaksumisena. Yksisuuntaisten luokitusten tekeminen on tyypillistä esioperationaaliselle kaudelle. Yksisuuntaisiksi näitä nimitetään, koska lapsi ei vielä pysty ajattelussaan huomioimaan kahta eri näkökulmaa. (Beilin 1997, 121–122.) Vaikka Piaget näki kielen merkityksen jaettujen symbolien tarjoajana toisten kanssa kommunikoidessa tärkeänä, se itsessään ei muodosta loogisen ajattelun rakennetta. Sen sijaan, logiikka kumpuaa toiminnasta. (Crain 2005, 122.)

### 3.1.4 Konkreettisten operaatioiden kausi (6 vuodesta 11 vuoteen)

Konkreettisia operaatioita ovat toiminnot, joiden avulla käsitellään käsin kosketeltavia esineitä. Näiden vastakohtana ovat olettamusten ja pelkästään verbaalisten lausumien operaatiot. (Piaget 1988, 104–105.)

Lapsi siirtyy konkreettisten operaatioiden kaudelle, kun hän saavuttaa ensimmäiset kaksisuuntaisiksi luonnehdittavat loogiset rakenteet. Piaget'n mukaan konkreettisten operaatioiden kausi on tärkeä kehitysvaihe kolmelle loogis-matemaattiselle ominaisuudelle: säilyvyyden käsitteille, luokittelun ja kategorisoinnin logiikalle sekä järjestyssuhteille. Näitä loogis-matemaattisia malleja sovelletaan konkreettisten operaatioiden kauden ajattelussa, mutta täydellisiksi ne kehittyvät vasta formaalisten operaatioiden kaudella. (Beilin 1997, 123–124.)

Säilyvyyden käsitettä Piaget tutki nesteen tilavuuden säilymisen avulla. Lapsille annettiin kaksi samanlaista astiaa, joissa oli nestettä saman verran. Kysyttäessä, kummassa nestettä on enemmän, lapset lähes aina vastasivat niissä olevan nestettä yhtä paljon. Toisesta astiasta neste siirrettiin erimuotoiseen astiaan ja lapsilta kysyttiin, kummassa astiassa nestettä on enemmän. Esioperationaalisella kaudella olevat lapset, kuten edellä on todettu, keskittyivät vain yhteen ulottuvuuteen, joko astian korkeuteen ja leveyteen, eivätkä kyenneet oivaltamaan nestemäärän säilyneen samana. Noin 7-vuotiaana lapset käsittävät nesteiden säilyvyyden. Tällöin he siirtyvät konkreettisen operaatioiden kaudelle. Argumentit, joilla he säilyvyyttä perustelevat ovat operaatioita, mentaalisia toimintoja, jotka ovat peruutettavissa. Esimerkiksi lapsi perustelee, että neste voidaan kaataa takaisin alkuperäiseen astiaan, ja näin ollen nestemäärä on säilynyt samana. Piaget'n mukaan säilyvyyden käsitteen osaaminen tapahtuu spontaanisti. (Crain 2005, 123–125.)

Kuten nesteen säilyvyyden yhteydessä, myös numeroiden säilyvyyden suhteen esioperationaalisen kauden lasten ajattelua ohjaavat välittömät havainnot logiikan sijaan. Jos esineitä oli muutamassa rivissä sama määrä, ja jonkin rivin esineitä levitettiin laajemmalle alalle, lapset ajattelivat lukumäärän muuttuneen. Konkreettisten operaatioiden kaudella lapset oivaltavat esineiden lukumäärän olevan sama, vaikka niiden viemä tila olisikin eri. (Crain 2005, 125–126.)

Luokittelukokeena Piaget esitteli 18 ruskeaa helmeä ja kaksi valkoista lapsille kertoen näiden kaikkien olevan puisia. Kysyttäessä kumpia on enemmän, ruskeita helmiä vai puisia, esioperationaalisen kauden lapset vastasivat ruskeita helmiä olevan enemmän, kun taas konkreettisten operaatioiden kaudella lapset jo kykenivät ymmärtämään ruskeiden helmien olevan osa suurempaa kokonaisuutta, puisten helmien luokkaa. (Crain 2005, 127.)

### 3.1.5 Formaalisten operaatioiden kausi (11 vuodesta eteenpäin)

Konkreettisella kaudella lapset kykenevät ajattelemaan systemaattisesti asioita, joita eivät käytännössä toteuta (esimerkiksi nesteen kaataminen takaisin alkuperäiseen astiaansa). Tämä rajoittuu kuitenkin konkreettisiin objekteihin, jotka voidaan ottaa oikean toiminnan kohteiksi. Formaalisten operaatioiden kaudella ajattelu nousee abstraktien ja hypoteettisten asioiden tasolle. Formaalisten operaatioiden kaudella ajattelu saavuttaa korkeimman tasapainotilansa, eli eri toiminnot ovat tiukemmin toisiinsa liittyviä ja niihin sovelletaan hypoteettisia mahdollisuuksia. (Crain 2005, 132–133.) Formaalisella kaudella operaatioita sovelletaankin operaatioihin. Puhutaan siis toisenasteisista operaatioista. (Konkreettisen kauden operaatiot puolestaan ovat ensimmäisen asteen operaatioita.) Formaalisten operaatioiden kaudella henkilön ajattelu perustuu väitteisiin, joiden totuusarvoa voidaan testata. (Beiling 1997, 125.)

## 3.2 Konstruktivismi ja konstruktivistinen oppimiskäsitys

### 3.2.1 Konstruktivismi

Viimeisen vuosikymmenen ajan konstruktivismilla on ollut keskeinen sija opetusta koskevassa keskustelussa. Keskusteluissa onki korostettu sitä, että tiede on luonteeltaan konstruktivistista tai konstruktionistista. Näitä kahta termiä erottaa vain se, että psykologian ja kasvatustieteen piirissä käytetään tavallisesti nimitystä konstruktivismi ja sosiologian piirissä ilmausta konstruktionismi. Molempien sanojen juurena on kuitenkin termi konstruoida eli rakentaa. (Siljander 2005, 202.) Konstruktivismi itsessään ei ole mikään yhtenäinen teoria, vaan se juontaa juurensa useista eri lähteistä ja sillä on monia suuntauksia. Konstruktivismissa painopiste on siinä, mitä oppija itse aktiivisesti rakentaa ja tuottaa sen sijaan, että hän vain vastaanottaisi jotakin opetuksen kautta. (Puolimatka 2002, 13; 21; Tynjälä 2000, 37.)

Näin ollen oppimista ei nähdä passiivisena tiedon vastaanottamisena vaan konstruointina, jonka kautta yksilöt rakentavat kuvaansa maailmasta. Konstruointia voidaan pitää kuitenkin tässä yhteydessä kielikuvana, jonka avulla ihmisen tiedonhankintaprosessia verrataan rakentamiseen. Konstruointi eli rakentaminen voidaan oppimisen yhteydessä nähdä ymmärryksen ja tulkintojen aktiivisena rakentamisena. Sen sijaan, että ihminen rakentaisi merkityksiä vain itselleen, hän pyrkii jakamaan ymmärrystään muiden kanssa ja vastaavasti ymmärtämään muita. Sellaisia oppimiskäsityksiä, joita yhdistää tällainen konstruointi-kielikuva, voidaan kutsua laajasti *konstruktivistisiksi oppimiskäsityksiksi*. (Tynjälä 2000, 21–22.)

Konstruktivistiset oppimiskäsitykset pohjautuvat konstruktivistiseen tiedonkäsitykseen, joka korostaa ihmisen mahdottomuutta tavoittaa todellisuutta suoraan aistihavaintojen perusteella, sillä ihmismieli tulkitsee aistihavainnot mielen sisäisiin rakenteisiin pohjautuen. Nämä mielensisäiset rakenteet pohjautuvat käsitteisiin ja käsitejärjestelmiin, jotka ovat kehittyviä ja vaihtelevat kielen sekä kulttuurin mukaan. Koska eri kulttuureissa elävät ihmiset kokevat maailman eri tavoin, tieto ei voi koskaan olla absoluuttista. Konstruktivismissa totuutena voidaan kuitenkin pitää käytännössä toimivaa ja elinkelpoiseksi osoittautuvaa tietoa, joka ei ole itsensä kanssa ristiriitaista. (Tynjälä 2000, 22; 25–26.)

Konstruktivismi voidaan luokitella eri suuntauksiin, joille yhteistä on ihmisen – joko yksilönä tai ryhmänä – näkeminen aktiivisena toimijana. Suurin ero näiden suuntausten välillä muodostuu siitä, kuka nähdään konstruointiprosessin keskeisenä toimijana: yksilö, ryhmä vai yhteisö. Suuntauksesta riippuen konstruointiprosessi voidaan nähdä psyykkisen tason toimintana, mentaalisten mallien rakentamisena tai sitä voidaan tarkastella esimerkiksi osallistumisena yhteiseen toimintaan. Karkeasti jaettuna konstruktivismi voidaan nähdä kahtena päähaarana: yksilökeskeisenä ja sosiaalisena konstruktivismina. Yksilökeskeisen konstruktivismin mukaan tulkitsemme havaintoja sisäisten rakenteiden pohjalta; sosiaalisen konstruktivismin, sosiokonstruktivismin, mukaan ihmisen toiminnan ja kielen merkitys korostuu tiedonmuodostuksessa. (Tynjälä 2000, 22; 26.)



### 3.2.2 Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Konstruktivismi itsessään ei ole oppimisteoria, vaan se käsittelee tiedon olemusta. Konstruktivistinen oppimiskäsitys kuitenkin pohjautuu tähän tietoteoreettiseen viitekehykseen. Konstruktivismin mukaisesti oppija tulkitsee havaintojaan ja uutta tietoa aikaisemman tietonsa sekä kokemuksensa pohjalta, ja rakentaa jatkuvasti kuvaansa maailmasta ja sen ilmiöistä. Oppijan voidaan nähdä rakentavan tiedollisia käsityksiään aikaisempien tietorakenteidensa eli skeemojensa (ks. luku 3.1) perusteella. Uudet tiedot rakentuvatkin näiden vanhojen tietojen pohjalta. (Puolimatka 2002, 41–42; Siljader 2005, 209; Tynjälä 2000, 37–38.)

Jean Piaget´a voidaan pitää yhtenä konstruktivistisen oppimisen teorian tunnetuimpana kehittäjänä. Piaget´n teoriassa konstruktivismi tulee ilmi hänen käsityksessään oppimisesta ja siitä, että tuo oppiminen ei ole ulkomaailmasta tulevien aistivaikutelmien passiivista vastaanottamista. Oppiminen onkin riippuvaista oppijan omista havainto-, toiminta- ja tietorakenteista. Piaget´n mukaan ihmisen älykkyyden, tunne-elämän ja oppimisen rakenne on erilainen eri kehityksen vaiheissa. (Puolimatka 2002, 87–89.)

### 3.2.3 Konstruktivismin vaikutuksia opetukseen

Konstruktivistisen opetuksen tarkoituksena on tukea oppijan omaa aktiivista pyrkimystä rakentaa tiedollisia oppijan mallejaan ja käsityksiään. Konstruktivismi painottaa, että opetuksen ei tule olla tiedon siirtämistä. Opetuksen tarkoituksena on tukea oppijan itsenäistä tiedon rakentamisen prosessia. Konstruktivistisen opetuksen toteutumiselle voidaan asettaa tiettyjä vaateita. Tällaisina edellytyksenä voidaan pitää teorian ja käytännön saattamista kosketuksiin toistensa kanssa. Toisaalta oppilaantuntemuksella on suuri merkitys opetuksessa, sillä se tekee mahdolliseksi uuden tiedon nivomisen vanhaan. Samalla konstruktivistit pyrkivät välttämään puhetta opettajan avoimesta auktoriteetista, sillä heidän mielestään opettajan tehtävänä on lähinnä tukea oppijan omaehtoista oppimisprosessia. Edeltävien seikkojen lisäksi opettajan eettisenä tehtävänä on tukea jokaisen oppilaan omaehtoista kehitystä ja kunnioittaa hänen yksilöllisyyttään ja itsemääräämisoikeuttaan. (Puolimatka 2002, 238–239.)

Konstruktivistinen lähestymistapa opetukseen on lähtökohta erilaisille opetus- ja oppimismalleille. Konstruktivismille tyypillisiä malleja ovat oppijakeskeinen eli itseohjautuvaan oppimiseen perustuva malli, tutkivan oppimisen malli, käytännössä opetuksen malli, emansipatorinen malli sekä dekonstruktiivisen opetuksen malli. Itseohjautuvaan oppimiseen perustuvassa mallissa korostetaan nimensä mukaisesti sitä, että oppija on itseään hallitseva yksilö, joka määrää oppimisensa järjestyksen, aikataulun ja sisällön. Tämän mallin ongelmana voidaan kuitenkin pitää sitä, että lapset eivät ole todellisuudessa oppimisessaan tarkoituksenmukaisia. Voidaankin sanoa, että lapsesta ei kasva moraalisesti vapaata olentoa ilman tietoista kasvatusta. Tutkivan oppimisen malli vastaavasti korostaa oppijan roolia itsenäisenä tutkijana. Tällöin opettajan tehtäväksi jää lähinnä oppilaan tutkimusprosessin tukeminen. Tutkivan oppimisen malli ei ainoastaan kehitä oppilaan tietotasoa, vaan myös oppilaan valmiuksia yhteisölliseen vuorovaikutukseen ja käytännössä oppimiseen. Toisaalta myös tutkivalla oppimisella on omat rajoitteensa, joista yhtenä voidaan pitää esimerkiksi sen hitautta. (Puolimatka 2002, 14; 252–255; 265.)

Käytännössä opetuksen malleille yhteistä on kokemuksen kautta oppiminen. Tällöin oppimisen malleille on yhteistä, että toiminnan nähdään kehittyvän joustavammaksi kokemusten pohjalta muodostettujen periaatteiden avulla. Näitä malleja on kuitenkin kritisoitu kokemusoppimisen kehän sulkeutuneisuudesta. Käytännössä opetuksen malleille onkin tyypillistä, että uuden oivaltaminen selittyy aikaisemmalla kokemuksella. Emansipatorinen malli puolestaan korostaa oppijan vapauttamista yhteisölliseen pohdintaan, joka tuottaa tarkoituksenmukaisia toimintatapoja. Dekonstruktiiivinen opetuksen malli taas vastaavasti pyrkii vapauttamaan oppijan pois tietokeskeisyydestä kohti rajoittamatonta luovuutta, vapautta ja leikillisyyttä. (Puolimatka 2002, 252; 266–267.)

### 3.3 Käsitteellinen muutos

#### 3.3.1 Käsitteet järjellisen ajattelun taustalla

Ihmisen tietämys perustuu pääsääntöisesti käsitteisiin. Käsitteiden avulla ihmiset järjeistävät asioita itselleen ja toisilleen. Niiden avulla pystymme kategorisoimaan asioita ja osaamme toimia erilaisissa tilanteissa. Yksinkertaistettuna käsitteet

muodostuvat kokemusten kautta ja ovat samanaikaisesti työkaluja elämässä toimimiseen. Käsitteet ovatkin kielellisiä, tarkemmin hajanaisia ilmiöitä, jotka konkretisoivat asioita. Toisaalta käsitteet ovat abstrakteja symboleita, jotka kuitenkin aina perustuvat kieleen. (Säljö 1999, 81–82.) Käsitteitä voidaankin pitää tiedon psyykkisinä kuvauksina (Hunt & Ellis 2004, 264).

Yksikertaisimmatkin käsitteet sisältävät paljon informaatiota. Käsitteet sisältävät aina ison joukon sen kohteeseen liittyviä piirteitä, sekä määritteleviä että luokittelevia. Eräs tutkituin käsitteiden merkitys ajattelussa on luokitella asioita kategorioihin. Kyky kategorioida asioita auttaa ihmisiä tunnistamaan niitä ja käyttäytymään tilanteen vaatimalla tavalla. Tällöin meidän ei tarvitse opetella aina uudelleen toimimista erilaisissa tilanteissa. (Hunt & Ellis 2004, 264–265; 272.)

Käsitteillä on myös toinen merkitys, joka liittyy ihmisten väliseen kommunikointiin. Samanlaiset käsitteet helpottavat ihmisten välistä kommunikointia, sillä jokaista asiaa tai tilannetta ei tarvitse erikseen selittää toisille. Samalla pystymme oppimaan epäsuorasti toisten ohjeista ja sanomisesta, sillä pystymme liittämään käsitteiden avulla ohjeet, vaikka emme olisi koskaan kokeneet vastaavaa tilanne. Pystymme esimerkiksi toimimaan oikein kohdatessamme murisevan koiran, jos joku on aiemmin kertonut, että murisevaan koiraan ei tule ottaa katsekontaktia. Käsitteiden kolmas merkitys liittyy oppimiseen: niiden avulla voimme oppia uusia käsitteitä. Toisaalta käsitteiden avulla voimme oppia myös kokonaan uutta tietoa, mikä onkin käsitteiden neljäs merkitys. Yhdistelemällä erilaisia käsitteitä voimme luoda uutta tietoa, uusia käsitteitä, jotka poikkeavat edeltävien käsitteiden sisällöistä. (Hunt & Ellis 2004, 264–265; 272.)

### 3.3.2 Käsitteellinen muutos osana oppimista

*Käsitteellinen muutos* -termiä käytetään opetuksen tutkimuksessa hyvin laajasti. Toisinaan käsitteellinen muutos rinnastetaan termiin oppiminen ja useimmiten se liitetään erityisesti konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Vaikka termille käsitteellinen muutos on annettu useita eri merkityksiä, ollaan yleisesti yksimielisiä siitä, että käsitteellinen muutos liittyy yksilöllä jo olemassa olevan tiedon merkittävään muuttumiseen. Käsitteellisen muutoksen ja tiedon lisääntymisen välillä

on siis iso ero: tiedon lisääntyminen tarkoittaa pääsääntöisesti uuden tiedon saavuttamista ilman, että oppija joutuu muuttamaan jo olemassa olevaa tietoa. Verrattaessa Piaget'n teoriaan, ja erityisesti assimilaatioon ja akkommodaatioon, käsitteellinen muutos tarkoittaa akkommodaatiota. (Duit 1999, 263.)

Oppiminen ei siis tapahdu ainoastaan tiedon lisääntymisen tai sulautumisen kautta, vaan oppiminen on myös jo olemassa olevan tiedon uudelleen järjestämistä, käsitteellistä muutosta. Käsitteellinen muutos nojaa sekä Piaget'n ajatukseen akkommodaatiosta että Kuhnin ajatukseen paradigman eli ajatusmallin muutoksesta. (Schnotz ym. 1999, xvii; Duit 1999, 264.) Yksilön käsitteiden voidaan nähdä sulautuvan teoreettiseen viitekehykseen, jona tässä tapauksessa toimivat hänen ajatusmallinsa. Ajatusmalli voidaan käsittää samaa tarkoittavana asiana kuin Piaget'n skeema. Nämä ajatusmallit eli skeemat koostuvat uskomuksista, oletuksista, sitoumuksista (commitments) sekä käytännön kokemuksesta. Usein yksilön ajatusmallit eivät ole toisiaan vastaavia eli ne saattavat olla ristiriidassa keskenään. Yksilön tieto kehittyy, kun hänen ajatusmallinsa siirtyvät tasolta toiselle. Ajan kuluessa yksilön tietoon tulee asioita, jotka eivät ole sulautettavissa aiempaan ajatusmalliin. Kun näitä erilaisuuksia ilmaantuu useampia, yksilön ajatusmallin voidaan nähdä joutuvan kriisitilaan. Tämän kriisitilan ratkaiseminen johtaa ajatusmallin muutokseen. Koska käsitteet ovat osa näitä ajatusmalleja, niiden muuttuessa tapahtuu myös käsitteellistä muutosta. Vaikka käsitteet säilyttävät usein aiemman terminsä, ovat niiden sisällöt muuttuneet ratkaisevasti ajatusmallien muuttuessa. Nykyään ajatusmallien ei kuitenkaan enää nähdä kehittyvän kumulatiivisesti tai lineaarisesti, kuten aiemmin on ajateltu. (Vosniadou 2008, xiii–xiv.)

Piaget'n mukaan ajattelun kehittymistä seuraa, kun yksilöt joutuvat ratkaisemaan kognitiivisia konflikteja. Hänen mukaansa käsitteellinen muutos liittyy vahvasti yksilön kognitiiviseen tasoon, joka vaikuttaa kokonaisvaltaisesti yksilön ajatteluun. Toisin kuin Piaget teoriassaan esittää, nykyiset kehityspsykologian tutkimusalat eivät pyri tekemään yleistyksiä yksilön kognitiivisen kehittymisen etenemisestä. (Schnotz ym. 1999, xvii.) Tarkoituksena on ennemminkin tutkia sitä, miten käsitteellinen muutos tapahtuu, kuin missä iässä erilaisten käsitteiden hahmottaminen on mahdollista tai tyypillistä. Piaget'n teoriaa on kritisoitu juuri siitä, että lapset

näyttävät saavuttavan tietyn ajattelun tason jo aiemmin kuin Piaget teoriassaan olettaa. (Schnotz ym. 1999, xvii.) Toisaalta kognitiiviset konfliktit liittyvät läheisesti käsitteelliseen muutokseen. Perinteisen tutkimuksen mukaan käsitteellinen muutos onki seurausta kognitiivisesta konflikteista ja niiden ratkaisemisesta. (Vosniadou 2008, xix.) Sen mukaan lapsilla ja nuorilla on myös naiiveja käsityksiä asioista, jotka näiden kognitiivisten konfliktien mukana muuttuvat ja täydentyvät tieteellisiksi (Schnotz ym. 1999, xiv). Jos käsitteellinen muutos nähdään nopeasti lyhyessä hetkessä tapahtuvana muutoksena, kognitiivinen konflikti on järkevä ja tarpeellinen osa sitä. Nykytutkimuksen mukaan käsitteellinen muutos nähdään kuitenkin tapahtuvan pitkässä ajanjaksossa, usein hyvin hitaasti. Niinpä kognitiivinen konflikti ei sellaisena, kun se on aiemmin nähty, voi yksistään selittää käsitteellistä muutosta. Empiirinen aineisto kuitenkin tukee kognitiivisten konfliktien merkitystä käsitteellistä muutosta avustavana tekijänä erityisesti silloin, kun kognitiivisia konflikteja tuetaan konstruktivistisilla pitkän aikavälin menetelmillä. (Vosniadou 2008, xix.) Kognitiiviseen konfliktiin pyrittäessä on myös varmistettava, että oppijoiden aiheeseen liittyvät perustiedot ovat riittäviä kognitiivisen konfliktin ymmärtämiseen (Nevanpää 2005, 141). Samalla käsitteellistä muutosta tulisi tukea alusta alkaen säännöllisesti opetuksessa ja sen tulisi olla osana opetussuunnitelmaa (Vosniadou 2008, xix).

Oppiminen edellyttää tiettyjen muutosten tapahtumista ajattelussa. Usein oppijoiden on käytävä läpi hyvin radikaalejakin käsitteellisiä muutoksia opittaessa tieteellisiä käsitteitä. Jokaisella oppijalla on entuudestaan tiettyjä virhekäsityksiä tai esikäsityksiä. (Nevanpää 2005, 141; Vosniadou 2008, xiv.) Niinpä käsitteellinen muutos edellyttää yleensä näiden aiempien käsitysten korvaamista uudella. Aiempien käsitteiden muuttumista kokonaan voidaankin kutsua radikaaliksi käsitteelliseksi muutokseksi. (Vosniadou 2008, xiv.) Ongelmaksi kouluissa muodostuu kuitenkin usein se, että oppilaat eivät ole tietoisia aiemmista käsitteistään. Oppijat ovatkin taipuvaisia ainoastaan muokkaamaan aiempia käsitteitään sen sijaan, että he tarpeen vaatiessa muuttaisivat niitä. Oppijat ovat aiemmin jokapäiväisessä elämässään testanneet näitä käsitteitään ja ne näyttäisivät pitävän paikkansa. Tällöin oppija ei koe tarpeelliseksi muuttaa jo olemassa olevaa käsitettä. Usein uusi tieteellinen tieto sekoittuu aiempaan käsitteeseen, joka tiedostamatta rajoittaa uuden oppimista. (Mikkilä-Erdmann 2002, 10.) Yhtenä käsitteellistä muutosta edistävänä oppimisen

menetelmänä voidaan pitää erilaisten visuaalisten mallien, esimerkiksi käsitekarttojen tai piirrosten, käyttöä. Visuaalisten mallien tekeminen tukee oppijan käsitteiden muotoilua ja niiden tulkintaa. (Ramadas 2009, 313.)

### 3.3.3 Käsitteellisen muutoksen edellytykset

Käsitteellinen muutos edellyttää neljän säännön täyttymistä. Näitä neljää sääntöä voidaan pitää käsitteellisen muutoksen edellytysten nelikkona ja niitä kutsutaan usein termeillä *tyytymättömyys*, *ymmärrettävyys*, *uskottavuus* sekä *hedelmällisyys*. (Duit 1999, 264.)

1. Oppijalla on oltava tyytymättömyyttä olemassa olevaan käsitteeseen.
2. Uuden käsitteen on oltava ymmärrettävä.
3. Uuden käsitteen on oltava alun perin uskottava.
4. Uuden käsitteen on tuotava mieleen mahdollisuus hedelmällisestä tutkimisesta. (Vosniadou 2008, xiv; Duit 1999, 264.)

Käsitteellisen muutoksen teoria pyrkii vastaamaan siihen, miten oppijan siirtyminen käsitteestä toiseen tapahtuu (Duit 1999, 264). Käsitteellinen muutos vaatii usein tukea ohjaajalta eli kouluissa opettajalta. Koska oppijat ovat hyvin erilaisia, tarvitaan opetuksessa erilaisia menetelmiä, jotta opetus ja käsitteellisen muutoksen mahdollisuus tavoittaisi mahdollisimman monet oppijat. (Clement 2008, 435.) Eräässä tutkimuksessa tutkijat kuvasivat yläkoulun oppitunteja ja tarkastelivat näitä oppijoiden ja käsitteellisen muutoksen kannalta. Oppitunnit koskivat tässä tutkimuksessa hengitystä ja erityisesti keuhkoja ja hapen siirtymistä niistä vereen. Ensimmäisenä oppijoita pyydettiin piirtämään heidän intuitiiviset käsityksensä keuhkorakkuloista ja opetuksen aikana oppijat lisäsivät piirustuksiinsa oppimaansa. Opetuksessa käytettiin hyödyksi erityisesti kyselevää opetusta, jolla opettaja haastoi oppilaat tarkastelemaan omia ja toistensa käsityksiä. Opetuksessa käytettiin hyödyksi myös vertauksia, kuten esimerkiksi keuhkoputkien pienemmiksi ja edelleen keuhkorakkuloiksi haarautumista verrattiin viinirypäleterttuihin. Lisäksi opetus sisälsi opettajan selittämistä, piirtämistä sekä animaatioita. Opetuksen aikana oppijoiden käsitykset muuttuivat runsaasti ja oikeaan suuntaan. (Clement 2008, 435–436.)

### 3.3.4 Käsitteellinen muutos ja oppikirjat sekä kuvat

Kirjallinen teksti voi edesauttaa käsitteellistä muutosta kahdella tavalla. Kirja voi tukea käsitteellisen muutoksen tapahtumista, jos tekstillä on taipumusta luoda kognitiivisia konflikteja. Samalla tekstissä tulisi selittää, miksi arkipäiväinen käsitys on väärä. Toisaalta kirjan teksti voi toimia myös muun materiaalin, esimerkiksi tehtävien, apuna kognitiivisten konfliktien luomisessa. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin usein tekstin heikko kyky luoda kognitiivisia konflikteja. Usein oppija ei tekstiä lukiessaan koe tarvetta muuttaa aiempaa käsitystään. Oppijat jättävätkin huomiotta uuden tiedon, joka ei ole yhteneväistä vanhojen käsitteiden kanssa. Useissa tutkimuksissa tavallista tekstiä on pyritty muokkaamaan lisäämällä sivuille paljon kuvia ja kaavioita, jotka haastavat lukijansa aiemman käsitykset. Tutkimusten mukaan tällaiset tekstit ovat tukeneet oppijansa käsitteellisiä muutoksia. (Mikkilä-Erdmann 2002, 13–14.)

Parhaiksi teksteiksi ovat osoittautuneet sellaiset kirjoitukset, jotka luovat kognitiivisia konflikteja ja samalla osoittavat arkipäiväiset käsitykset vääriksi. Tutkimusten mukaan tällaiset tekstit toimivat parhaiten vanhemmilla oppijoilla, mutta eivät useinkaan tue nuorempien oppijoiden käsitteellistä muutosta. Tämä siksi, että nuoremmat oppijat eivät ole tietoisia aiempien käsitystensä alkuperästä. Tällöin teksti, jossa kerrotaan heidän käsitteidensä olevan väärä, viestitään oppijalleen, että hänen käsityksensä ovat väärät, muttei miksi ne ovat. (Mikkilä-Erdmann 2002, 13–14.)

Oppikirjoissa on usein tekstin lisäksi myös kuvia. Kuvien merkitys oppimisessa on laajasti tunnustettu ja kuvilla on pääsääntöisesti positiivinen vaikutus oppimiseen. Usein kuvien merkitystä ei ole kuitenkaan mietitty puhtaasti tieteellisen teorian ja sen oppimisen pohjalta. Kuvat toimivat yleensä oppijan motivoimisessa ja tukevat oppimista luomalla emotionaalisen vasteen. Toisaalta kuvat voivat tarjota sellaista tilaa koskevaa tietoa, jota on vaikea kuvailla sanoin. Käsitteellistä muutosta ajatellen oppijan aiempi tieto on merkityksellistä kuvien lukemisessa: mistä kuvista hän kiinnostuu ja mitkä hän jättää huomiotta. Oppijan onkin oppikirjaa lukiessaan yhdisteltävä tietoa sekä tekstistä että kuvista ja lopulta tuotettava kaikesta tiedosta mielekäs kokonaisuus. (Mikkilä-Erdmann 2002, 14–17.)

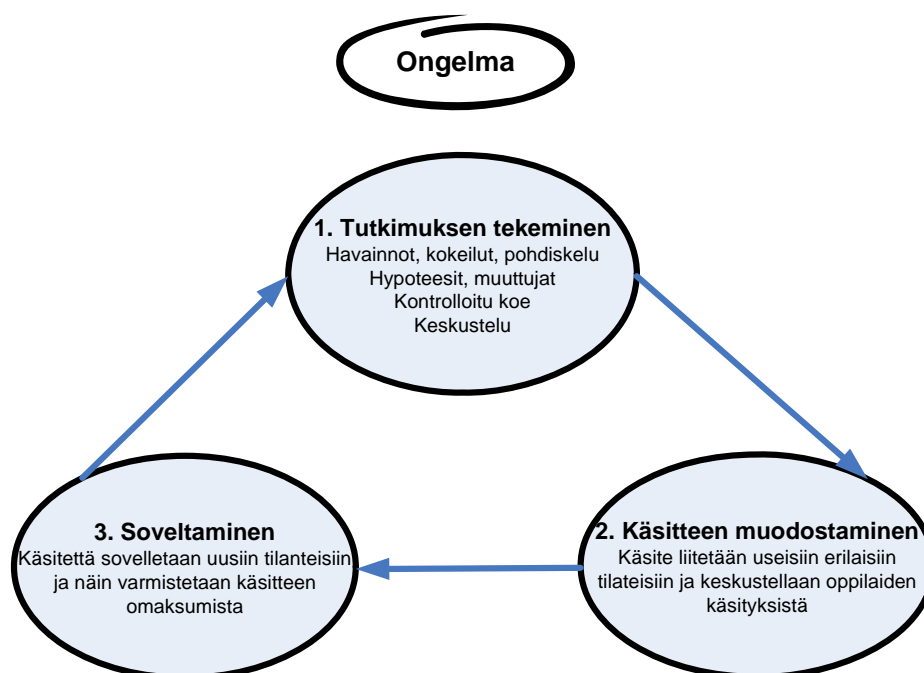
Toisin kuin tekstissä, oppijan on kuvaa katsoessaan muodostettava ensin alkeellinen käsitys kuvasta. Tämä käsitys muodostuu usein nopeasti ja automaattisesti ja se vastaa lukijalleen kysymykseen, mitä näen tässä kuvassa. Alkeellisen käsityksen jälkeen oppijan on muodostettava mentaalinen malli (mental model) kuvasta, mikä edellyttää aiemman tiedon aktivointia. Kuvat tukevatkin oppimista usein auttamalla oppijaa luomaan näitä mentaalisia malleja käsiteltävistä asioista. Näiden mallien muodostamisen voidaankin nähdä tukevan käsitteellisen muutoksen prosessia. Käsitteellisen muutoksen näkökulmasta voidaan siis sanoa, että kuvat saattavat tukea käsitteiden korjaamisen prosessia sekä auttaa oppijaa ymmärtämään omaa käsitteellistä muutosta. (Mikkilä-Erdmann 2002, 14–17.)

### 3.3.5 Luonnontieteellinen ajattelu

Oppilaiden käsityksiä luonnontieteissä on alettu tutkia paljon, sillä ensimmäisten tutkimusten mukaan oppilaiden väärinkäsitykset luonnontieteissä ovat lähestulkoon samanlaisia maasta ja maanosasta riippumatta. Huolimatta siitä, että opetus vastaa nykykäsityksiä hyvästä luonnontieteen opetuksesta (kokeita, demonstraatioita, asiat jäsennellään sekä selitetään havainnollisesti), oppiminen ei tapahdu toivotulla tavalla. Osa väärinkäsityksistä on kehittynyt jo varhain. Jo pienet lapset muodostavat kokemustensa ja käsitystensä perusteella selityksiä ilmiöille ja tapahtumille. (Ahtee 1994, 53–54.) Nevanpään (2005) tutkimuksen mukaan oppilaiden virheelliset käsitykset johtuvat usein arkitiedon ja faktatiedon virheellisestä yhteensovittamisesta. Toisaalta näiden kahden tiedon eroavuudet luovat oivan mahdollisuuden kognitiivisten konfliktien syntymiseen. (Nevanpää 2005, 141.) Luonnontieteellisessä opetuksessa on tärkeää saada oppijat omaksumaan luonnontieteellinen ajattelutapa. Tämä tarkoittaa sitä, että oppijan tulisi oppia ottamaan huomioon ajattelussaan ja toiminnassaan realiteetit. Oppijan tulisikin oppia arvostelemaan tarjottua tietoa tosiasioiden perusteella sekä analysoimaan erilaisia ilmiöitä ja tilanteita realiteettien valossa. Oppijan tulisi myös oppia soveltamaan yleisiä periaatteita ja teorioita. (Ahtee 1994, 53–54.) Biologian oppimisessa konkreettisen, abstraktin ja kriittisen ajattelun tulisikin sitoutua toisiinsa (Jeronen 2005, 60).



Luonnontiedon opetukseen on kehitetty työtapaa, jota voidaan kutsua oppimissykliksi. Tässä työtavassa yhdistyvät sekä Piaget'n kehityspsykologinen teoria että konstruktivistinen oppimisenäkemyks. Oppimissykli voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat *tutkimuksen tekeminen*, *käsitteen muodostaminen* ja *käsitteen soveltaminen* (ks. kuvio 2). Lähtökohdiana oppimissyklissä tulee olla jokin oppijasta mielenkiintoinen, hänen tietoihinsa, taitoihinsa ja kehitystasoonsa sopiva ongelma. (Ahtee 1994, 85–86.)



Kuvio 2. Luonnontieteellisen oppimisen työtapaa eli oppimissykli (Ahtee 1994, 86)

### 3.4 Oppimateriaalitutkimus ja kuvat oppikirjoissa

Nykyinen oppimateriaalitutkimus kytketään vallitsevaan oppimiskäsitykseen. Taustalla ovat siis kognitiivisen psykologia ja konstruktivistinen oppimiskäsitys. Oppikirjojen tekstejä tutkittaessa on huomattu, että eheä tekstirakenne tarjoaa oletettavasti lukijalle paremman mahdollisuuden työstää tekstiä. Heikko tekstin sidosteisuus siis vaikeuttaa syvällistä ymmärrysprosessia, ja lukija päätyy muistamaan vain yksittäisiä faktoja. (Mikkilä & Olkinuora 1995a, 4.)

Kuvia on käytetty oppikirjoissa jo satoja vuosia ja niillä onkin oppikirjoissa jo vakaa asema. Nykyiset oppilaat kasvavat yhä voimakkaammin kuvallisesti painottuneen joukkoviestinnän parissa. Silti oppikirjojen kuvitus on laiminlyöty tutkimusalue. Kuvilla voi olla erilaisia funktioita (esim. tiedollinen, motivoiva). Tämä luo tutkimukselle haasteeksi kuvan erilaisten funktioiden tarkentamisen. (Mikkilä & Olkinuora 1995a, 5–6.) Levie ja Lentz ovat jaotelleet kuville seuraavanlaiset funktiot:

1. Attentionaalinen funktio: tarkkaavaisuuden suuntaaminen materiaaliin ja sen sisältöihin
2. Affektiivinen funktio: mielekkyyden lisääminen, tunteiden ja asenteiden laukaiseminen
3. Kognitiivinen funktio: tekstistä oppimisen helpottaminen ymmärtämistä ja muistamista parantamalla
4. Kompensatorinen funktio: kuvien avulla oppiminen niille, joilla tekstin lukemisessa vaikeuksia. (Levie & Lentz 1982, 218–222.)

Suuri tutkimuksen ongelma-alue on myös tekstin ja kuvien integraatio. Joitain asioita on lähes mahdotonta kuvittaa, toisaalta joitain ilmiöitä on vaikea selittää sanallisesti. Oppimispsykologisesti on tärkeää pohtia, millaisen tiedollisen kokonaisuuden teksti ja kuvat yhdessä muodostavat. (Mikkilä & Olkinuora 1995a, 6.)

Mikkilä ja Olkinuora tutkivat 3.-9. luokkien maantiedon, biologian ja historian oppikirjoja (N=23) arpomalla kustakin kirjasta muutaman aukeaman tarkempaan tarkasteluun. Esittelemme tässä lähinnä vain tekstin ja kuvien yhteyteen liittyviä tuloksia. Tutkijat havaitsivat, että teksteissä ei yleensä ollut viittauksia kuviin. Kuvaselitykset olivat puutteellisia. Nämä seikat osoittavat, ettei kuvia tietoisesti integroida tekstiin. Kuvien valintaa oppikirjoihin ei voida perustella ainoastaan pedagogisesti, vaan niiden runsaus selittyy osittain myös kaupallisin perustein. Kuvilla siis pyritään lisäämään kirjojen kiinnostavuutta ja markkina-arvoa. (Mikkilä & Olkinuora 1995b, 12–18.)

Hannuksen väitöskirjatutkimuksen mukaan oppikirjojen kuvituksella on suppeampialainen vaikutus oppimiseen kuin on aiemmin ymmärretty. Tarkasteltaessa kuvien vaikutuksia oppimiseen tarkemmin, havaittiin, että kuvilla on

selkeä oppimisvaikutus vain faktojen muistamisen osalta. Kuvilla oli tutkimuksen mukaan selkeä vaikutus sisällön faktojen muistamiseen: kuvaversioiden sisällön faktat muistettiin paremmin kuin tekstiversion. (Hannus 1996, 94–100.)

Ymmärtämisen osalta puolestaan kuvilla oli oppimisvaikutus vain kuvan, sisällön ja tehtävän liittyessä kiinteästi toisiinsa. Kuvitus siis lisäsi oppimista ainoastaan silloin, kun oli kysymys sisällön faktojen muistamisesta tai sellaisesta ymmärtämisestä, jossa kuva, tehtävä ja sisältö liittyivät kiinteästi toisiinsa. Laaja-alaista ymmärtämisen paranemista kuvitus ei kuitenkaan saanut aikaan. (Hannus 1996, 94–100.)

Merkittävää oli myös se, että tutkittaessa oppikirjan aukeaman prosessointia, oppilaat käyttivät 94 % prosessointiajasta kielellisen aineksen käsittelyyn ja vain 6 % kuvien katseluun. Tekstillä on siis keskeinen rooli prosessoinnin ohjaajana ja myös oppilaiden käsityksissä todellisen informaation lähteenä. Oppikirjoissa on kuvia runsaasti, mutta niitä ei hyödynnetä riittävästi. Oppikirjojen visuaalisuuden ja kuviin käytetyn ajan välillä vallitsee siis selkeä epäsuhde. (Hannus 1996, 105–118.)

### 3.5 Hengityksen ja verenkierron opetussisällöt opetussuunnitelmissa

Tässä osiossa tarkastelemme sekä Opetushallituksen Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteita (jota nimitämme tässä työssä valtakunnalliseksi opetussuunnitelmaksi) että Jyväskylän normaalikoulun opetussuunnitelman perusteita. Osion tarkoituksena on selvittää, millaiset vaatimukset opetussuunnitelmat antavat hengityksen ja verenkierron rakenteen ja toiminnan opetukselle.

Sekä valtakunnallisessa että Jyväskylän normaalikoulun opetussuunnitelmassa on määritetty oppimistavoitteet ja opetuksen keskeiset sisällöt oppiaineittain. Näin ollen hengityksen ja verenkierron sisältöjä löytyy ympäristö- ja luonnontiedon, biologian ja terveystiedon oppiaineiden alta.

### 3.5.1 Valtakunnallinen opetussuunnitelma

#### *Vuosiluokat 1-4*

Valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa vuosiluokille 1-4 on määritetty tavoitteet ja keskeiset sisällöt ympäristö- ja luonnontiedosta. Tämä on integroitu aineryhmä, jossa on oppisisältöjä biologiasta, maantiedosta, fysiikasta, kemiasta ja terveystiedosta. (Opetushallitus 2004, 170–174.)

Vuosiluokkien 1-4 ympäristö- ja luonnontiedon eräänä tavoitteena on, että oppilas oppii terveyteen ja sairauteen sekä terveyden edistämiseen liittyviä käsitteitä, sanastoa ja toimintatapoja sekä tekemään terveyttä edistäviä valintoja. Tämän tarkemmin tätä ei kuitenkaan avata. Muut tavoitteet eivät liity hengitykseen tai verenkiertoon millään tavalla. (Opetushallitus 2004, 171.) Vuosiluokkien 1-4 ympäristö- ja luonnontiedon keskeiset sisällöt on jaettu aihealueisiin, joista Ihminen ja terveys –aihealueen alta löytyy hengitystä ja verenkiertoakin koskevia sisältöjä: ihmisen keho, omasta terveydestä huolehtiminen ja arkipäivän terveystottumukset. (Opetushallitus 2004, 171.)

Oppilaan hyvän osaamisen kuvauksessa 4. luokan päättyessä mainitaan vaatimuksena, että oppilas osaa nimetä ihmisen tärkeimmät ruumiinosat ja keskeisiä elintoimintoja (Opetushallitus 2004, 172–173). Näitä ei kuitenkaan määritellä opetussuunnitelmassa, joten opettajan vastuulle jää määritellä tärkeimmät ruumiinosat ja keskeisimmät toiminnot.

#### *Vuosiluokat 5-6*

Vuosiluokkien 5-6 biologian ja maantiedon opetuksessa integroidaan myös terveystiedon opetusta. Biologian ja maantiedon tavoitteissa mainitaan ihmisen rakenteiden ja elintoimintojen perusasioiden tietäminen. Biologian ja maantiedon keskeiset sisällöt on jälleen jaettu aihealueisiin. Näistä *Ihmisen rakenne, elintoiminnot, kasvu, kehitys ja terveys* –aihealueen alta löytyy vuosiluokkien 1-4 sisältöjen tyyliä ihmisen kehon rakenne ja keskeiset elintoiminnot. Näitä ei edelleenkään määritellä mitenkään. Lisäksi mainitaan tervettä kehitystä ja kasvua

tukevat ja haittaavat tekijät sekä oman kehon arvostus ja suojele. Oppilaan hyvän osaamisen kuvauksessa 6. luokan päätyttyä on vaatimuksena, että oppilas osaa kuvata perusasioita ihmisen rakenteesta ja elintoiminnoista. (Opetushallitus 2004, 176–178.)

#### *Vuosiluokat 7-9*

Vuosiluokkien 7-9 biologian eräänä tavoitteena mainitaan ihmisen perusrakenteen ja keskeisten elintoimintojen oppiminen. Opetuksen tulee perustua tutkivaan oppimiseen ja tukea oppilaan luonnontieteellistä ajattelua. Keskeisissä sisällöissä vastaavasti mainitaan ihmisen rakenne ja keskeiset elintoiminnot. Tarkemmin rakennetta tai elintoimintoja ei määritellä tavoitteissa tai sisällöissä. Arvosanan 8 kriteereissä päättöarvioinnille vaatimuksena on, että oppilas osaa kuvata ihmisen tärkeimpien kudosten, elinten ja elimistöjen rakenteen ja toiminnan pääpiirteet. (Opetushallitus 2004, 180–182.)

Terveystiedon opetus on monitieteistä. Vuosiluokilla 1-6 terveystieto on integroitu muihin oppiaineisiin, kun taas vuosiluokilla 7-9 se on omana oppiaineenaan. Vuosiluokkien 7-9 opetuksen tarkoituksena on tukea oppilaan terveyttä, hyvinvointia ja turvallisuutta lisäävää osaamista. Opetuksen tavoitteet ja keskeiset sisällöt ovatkin siis elämäntapoihin, elämään ja terveyteen yleisesti liittyviä asioita, eivätkä ne sisällä oppisisältöjä varsinaisista fysiologisista rakenteista tai toiminnoista. Hengitystä ja verenkiertoa, tai edes yleisesti ihmisen elimiä, elintoimintoja tai rakennetta ei siis mainita terveystiedon vuosiluokkien 7-9 tavoitteissa tai keskeisissä sisällöissä. (Opetushallitus 2004, 198–202.)

Lisäksi valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa määritellään seitsemän aihekokonaisuutta. Niiden sisällöt liittyvät useisiin eri oppiaineisiin, ja niiden avulla voidaan eheyttää opetusta yli oppiainerajojen. Ensimmäinen aiheisisältö, *Ihmisenä kasvaminen*, sisältää fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen kasvuun vaikuttavien tekijöiden aiheisisältöjä. Fyysisen kasvun tekijöitä ei kuitenkaan mainita tarkemmin eriteltyinä, joten myöskään hengitystä tai verenkiertoa ei tässä yhteydessä mainita. (Opetushallitus 2004, 38.)

## Lukio

Lukion biologian opetuksen yleisissä tavoitteissa mainitaan eräänä tavoitteena se, että opiskelija tuntee ihmiselimistön toiminnan peruspiirteet. Biologian yleisissä arviointiperusteissa todetaan arvioinnissa kiinnitettävän huomiota mm. luonnontieteellisten lainalaisuuksien ja syy-seuraussuhteiden ymmärtämiseen. (Opetushallitus 2003, 130.)

Lukion opetussuunnitelman mukaan lukio-opetuksessa on kaksi pakollista kurssia. Näistä kummassakaan ei käsitellä ihmiskehoa, sen rakennetta tai toimintaa. (Opetushallitus 2003, 131–132.) Kurssikohtaisissa tavoitteissa hengitys ja verenkierto linkittyvät syventävään kurssiin *Ihmisen biologia* (BI4). Kurssin tavoitteissa mainitaan, että oppilaan tulisi osata ihmisen kudosten ja elinten rakenteet ja toimintaperiaatteet. Lisäksi tavoitteissa mainitaan ihmisen kemiallisen tasapainon säätelymekanismien ymmärtäminen. Kurssin keskeiset sisällöt on jaettu alaotsikoihin, joista otsikon *Elimistöjen rakenne, toiminta ja merkitys* alta löytyvät muiden ohella seuraavat kaksi sisältöä: hengityselimistö ja hengityksen säätely sekä veri ja verenkierto. Näitä ei määritellä tarkemmin. (Opetushallitus 2003, 133–134.)

Terveystiedon opetuksen tarkoitus on edistää hyvinvointia, terveyttä ja turvallisuutta tukevaa osaamista. terveystiedon opetuksen tavoitteissa mainitaan sairauksien ehkäisyn ja terveyden edistämisen merkityksen sekä sairauksien, erityisesti kansantautien ja tartuntatautien, ehkäisyn merkityksen ymmärtäminen sekä terveyteen ja sairauteen liittyvien käsitteiden käyttö. terveystiedon pakollisen kurssin aikana opiskelija perehtyy terveyteen ja sairauksiin vaikuttaviin tekijöihin. Tämän TE1-kurssin Terveyden perusteet tavoitteissa mainitaan fyysiseen työ- ja toimintakykyyn vaikuttavien tekijöiden sekä kansantautien ehkäisyn merkityksen tunteminen. Kansantaudit esiintyvät myös kurssin keskeisissä sisällöissä. Opetussuunnitelmassa näitä aiheita ei kuitenkaan sidota hengitys- ja verenkiertoelimistöjen rakenteeseen tai toimintaan, tai näiden merkitykseen. (Opetushallitus 2003, 210–213.)

Lukion opetussuunnitelman perusteissa esitellään myös aihekokonaisuuksia, peruskoulusta poiketen kuusi kappaletta. Näissä ei kuitenkaan viitata ihmiskehon

rakenteeseen tai toimintaan, joten niistä ei löydy viittauksia myöskään hengitykseen tai verenkiertoon. (Opetushallitus 2003, 24–29.)

### 3.5.2 Normaalikoulun koulukohtainen opetussuunnitelma

Normaalikoulun oma opetussuunnitelma pohjautuu täysin peruskoulun opetussuunnitelman perusteisiin. Ainoana poikkeuksena ovat muutamat lisäykset valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan verrattuna. Vuosiluokkien 1-4 keskeisissä sisällöissä mainitaankin terveystottumukset ja omasta terveydestä huolehtiminen (1. vuosiluokka), eläinten rakenne (4. vuosiluokka) sekä ihmisen elinehdot (4. vuosiluokka). (Jyväskylän yliopisto 2004a, 53–55.) Opettajan oman harkinnan varaan jää kuitenkin täysin, mitä näiden varsin väljästi ilmaistujen sisältöjen yhteydessä opettaa.

Jyväskylän normaalikoulun koulukohtaisessa opetussuunnitelmassa on vuosiluokille 7-9 esitelty keskeisiä tavoitteita ja sisältöjä valtakunnallista opetussuunnitelmaa tarkemmin. Eräänä tavoitteena esitellään terveystietämisen ja terveyttä edistävien toimimien oppiminen. Keskeisissä sisällöissä nämä teemat eivät kuitenkaan selkeästi esiinny. Yhdeksännen vuosiluokan eräänä sisältönä mainitaan sydän- ja verisuonisairaudet. Edelleenkin, varsinaista hengitys- tai verenkiertoelimistön rakenteen tai toiminnan kuvaamista ei sisälly terveystiedon tavoitteisiin tai sisältöihin. (Jyväskylän yliopisto 2004a, 81–88.) Normaalikoulun opetussuunnitelman aihekokonaisuudet esitellään koulun internetsivuilla erillisenä kokonaisuutena. Nämä aihekokonaisuudet ovat samat kuin valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa. Myös niiden sisällöt vastaavat valtakunnallisen opetussuunnitelman aihekokonaisuuksien sisältöjä. (Jyväskylän yliopisto 2004b, 10.)

Normaalikoulun lukion opetussuunnitelmassa kurssin BI 4 keskeisissä sisällöissä aihealueen *Elimistöjen rakenne, toiminta ja merkitys* alla mainitaan hengityselimistö ja hengityksen säätely sekä veri ja verenkierto. Kurssin tavoitteisiin kuuluvat hengityksen ja verenkierron merkitys sekä näihin liittyvien elimistöjen rakenne ja toiminta. Hengityksen ja verenkierron yhteenliittymisestä opetussuunnitelmassa ei ole mainintaa. (Jyväskylän yliopisto 2004c, 44–50.)

#### 4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT

Tässä tutkimuksessa tutkimme, miten hengitystä ja verenkiertoa kuvataan eri kouluasteiden oppikirjoissa ja *Olipa kerran elämä* –sarjassa. Lisäksi tarkastelemme oppilaiden käsityksiä näistä elintoiminnoista. Ihmisen hengitys ja verenkierto ovat merkittäviä ja keskeisiä oppisisältöjä, joiden käsittäminen vaatii suurten kokonaisuuksien sekä syy- ja seuraussuhteiden hallitsemista. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan yhtenä opetuksen tavoitteena on ihmisen tärkeimpien elimistöjen ja elintoimintojen kuvaaminen (Opetushallitus 2004, 176–177; 181–182). Hengitys ja verenkierto linkittyvät kiinteästi yhteen muodostaen kokonaisuuden, ja ovat siten mielestämme keskeisimpiä elintoimintojamme.

Tutkimuksemme jakautuu kahteen eri osaan. Ensimmäisessä osassa perehdymme hengityksen ja verenkierron rakenteisiin ja toimintaan. Lisäksi analysoimme, millaisia hengitykseen ja verenkiertoon liittyviä sisältöjä on eri kouluasteiden oppikirjoissa. Tarkastelemme ainoastaan Jyväskylän normaalikouluissa käytettäviä kirjasarjoja, sillä tutkimuksemme toiseen osaan osallistuvat oppilaat ovat normaalikouluista. Analyysin kohteina ovat seuraavat oppikirja: *Jäljillä 5* (Tammi), *Luonnonkirja 7-9 Ihminen* (WSOY) sekä *Biologia, Ihminen* (WSOY).

Tutkimuksemme toisen osan tavoitteena on puolestaan kartoittaa alakoulu-, yläkoulu- ja lukioikäisten oppilaiden luonnontieteellisten käsitysten muovautumista. Tätä arvioimme oppilaiden katsottua Albert Barillén *Olipa kerran elämä* –sarjan jaksot ihmisen hengityksestä ja verenkierrosta. *Olipa kerran elämä* –sarja on kouluissa yleisesti käytössä oppimateriaalina, ja tarkastelemmekin sen soveltuvuutta opetuskäyttöön.



Tutkimuksellamme etsimme vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Miten hengitys ja verenkierto esiintyvät oppimateriaaleissa ja käsitelläänkö ne loogisena kokonaisuutena?
- Miten hengitystä ja verenkiertoa on havainnollistettu oppikirjoissa?
- Esittelevätkö oppimateriaalit hengityksen ja verenkierron opetussuunnitelman vaatimalla sisältötasolla?
- Muovaako *Olipa kerran elämä* –sarjan jaksojen katsominen oppilaiden luonnontieteellisiä käsityksiä nykyteorioiden mukaisiksi?
- Syntyykö *Olipa kerran elämä* -videon perusteella virhekäsityksiä?
- Löytyykö eri ikäryhmien välillä eroja käsitysten muovautumisessa?

Hypoteesimme on, että oppilaiden ajattelun taso tulee noudattamaan Piaget'n kognitiivista kehitysteoriaa. Tämän mukaan alakouluikäiset ovat konkreettisten operaatioiden kaudella. Tästä ja ennakkotietojen puutteellisuudesta johtuen oletamme, että he eivät pysty ymmärtämään hengityksen ja verenkierron toimintaa videon perusteella. Yläkouluikäiset ja lukiolaiset ovat Piaget'n teorian mukaan formaalisten operaatioiden kaudella. Oletamme opetusryhmien välillä esiintyvän suuria eroja ymmärryksessä. Suhtaudumme kriittisesti siihen, tarjoaako sarja riittävän laadukasta materiaalia hengityksen ja verenkierron opetukseen. Tästä huolimatta videoiden visuaalisuus saattaa kuitenkin helpottaa abstraktin ja kenties vaikeasti ymmärrettävän aiheen käsittämistä. Tutkimuksella pyrimme löytämään seikkoja, jotka joko tukevat tai muuttavat hypoteesiamme. Yksi hypoteesimme on, että *Olipa kerran elämä* -videot sellaisenaan eivät tue oppilaiden ymmärryksen muodostumista, vaikka oppilailla olisikin kognitiivisia edellytyksiä videon kaltaisen abstraktin esitysmuodon ymmärtämiseen.

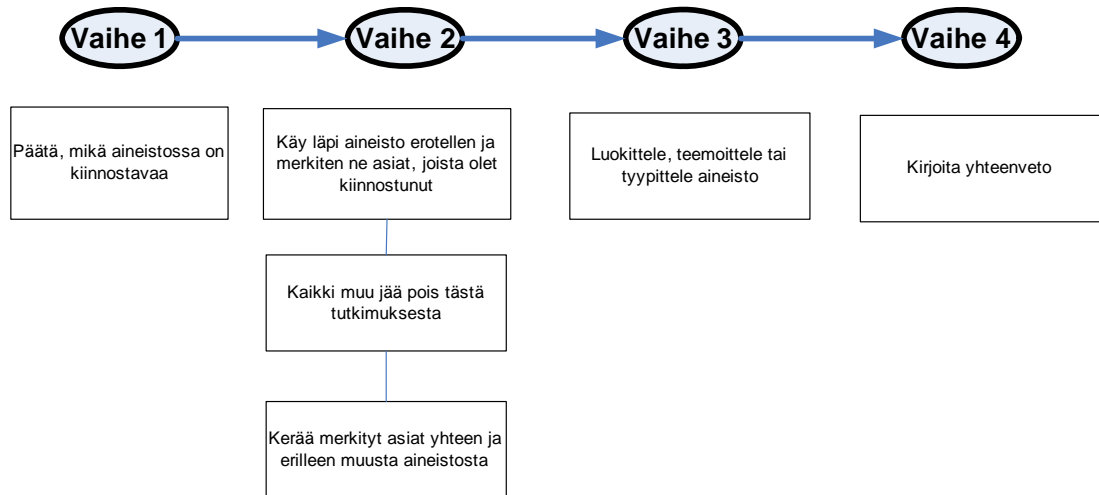
## 5 TUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT

### 5.1 Menetelmien teoreettinen tarkastelu

#### 5.1.1 Sisällönanalyysi

Laadullisen tutkimuksen aineisto voidaan analysoida sisällönanalyysimenetelmällä. Toisaalta sisällönanalyysiä voidaan pitää yksittäisenä menetelmänä, toisaalta sitä taas voidaan kuvata väljänä teoreettisena kehyksenä, joka voidaan liittää erilaisiin analyysikokonaisuuksiin. Sisällönanalyysin avulla voidaankin tehdä monenlaista tutkimusta. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 91.)

Laadullisissa tutkimuksissa analyysi on toteutettu usein hyvin monenlaisin eri tavoin. Laadullisen aineiston analyysin etenemisen kuvaamiseen voidaan kuitenkin käyttää tietynlaista runkoa. Tämä runko (kuvio 3) koostuu neljästä eri vaiheesta, jonka aikana tutkittavasta aineistosta kerätään ja kuvataan haluttua ilmiötä koskevat asiat. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 91.)



Kuvio 3. Laadullisen aineiston analyysin runko vaiheittain (mukaillen Tuomi & Sarajärvi 2009, 92)

Ensimmäisessä vaiheessa tutkijan on päätettävä, mikä kyseisessä aineistossa on kiinnostavaa. Tutkijan on valittava tarkkaan rajattu, kapea ilmiö ja kerrottava siitä kaikki, mitä aineistosta irti saa. Usein uusien kiinnostavien asioiden ilmestyminen onkin hämmentävää. Tutkijan on kuitenkin myönnettävä itselleen, että kaikkia asioita ei voi tutkia tai käsitellä samassa tutkimuksessa. Kohdasta kaksi käytetään yleensä nimitystä litterointi tai koodaaminen. Koodaaminen voi tapahtua, miten tutkija itse haluaa. Sillä on kuitenkin tärkeä tehtävä aineiston analyysissä: koodaamisella jäsennetään sitä, mitä tutkijan mielestä aineistossa käsitellään. Samalla aineistosta voidaan myöhemmin etsiä ja tarkistaa eri kohtia. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 92–93.)

Kolmannessa vaiheessa tutkijan on tarkoitus luokitella, teemoitella tai tyypitellä aineisto. Usein vasta tämä kolmas kohta ymmärretään analyysiksi, vaikka sitä ei voida irrottaa kahdesta edellisestä vaiheesta eikä se ole järkevä ilman yhteenvetoa. Yleensä luokittelua pidetään yksinkertaisimpana aineiston järjestämisen muotona ja alkeellisimmillaan siinä määritellään luokkia ja lasketaan, kuinka monta kertaa ne esiintyvät aineistossa. Teemoittelu vastaavasti on luokittelun kaltaista, mutta siinä painotetaan, mitä kustakin temasta on sanottu. Toisin kuin luokittelussa teemoittelussa lukumäärillä ei ole väliä. Kokonaisuudessaan teemoittelussa onkin kyse laadullisen aineiston pilkkomisesta ja ryhmittelystä erilaisten aihepiirien mukaan. Teemoittelua helpottaa jo itsessään, jos aineiston keruu on toteutettu teemahaastattelulla. Tyypittely vastaavasti eroaa teemoittelusta siinä, että teemojen sisällä etsitään näkemyksille yhteisiä ominaisuuksia ja muodostetaan näistä

tyyppiesimerkki. Tyypittelyssä tiivistetään aineistosta löytyneet tyyppiesimerkit ja jaetaan vastaajat joukkoihin näiden mukaisesti. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 93.)

Laadullisen aineiston analyysi voi olla joko aineistolähtöistä, teoriaohjaavaa tai teorialähtöistä analyysiä. Aineistolähtöisessä analyysissä tutkimusaineistoista pyritään luomaan teoreettinen kokonaisuus, kun taas teoriaohjaavassa analyysissä tehdään teoreettisia kytkeitä, mutta analyysi ei kuitenkaan suoraan pohjautu teoriaan. Tällöin teoria voi toimia vain apuna analyysin etenemisessä ja analyysistä onkin tunnistettavissa aikaisemman tiedon vaikutus. Tämän aikaisemman tiedon merkitys ei kuitenkaan ole teoriaa testaava vaan ennemminkin ”uusien ajatusten aukova”. Perinteisesti luonnontieteellisissä tutkimuksissa analyysimalli on kuitenkin teorialähtöistä, joka tarkoittaa sitä, että analyysi nojaa johonkin tiettyyn teoriaan tai malliin. Tällöin tutkimuksessa kuvataan tämä tietty malli, jonka avulla määritellään esimerkiksi analyysissä kiinnostavat käsitteet ja kohteet. Kokonaisuudessaan tutkimusta ohjaakin joku valmis aikaisemman tiedon perusteella luotu kehys, joka on tutkimuksen teoreettisessa osassa valmiiksi kuvattu. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 95–97.)

Sisällönanalyysillä on tarkoitus luoda sanallinen ja selkeä kuva tutkittavasta ilmiöstä. Tällöin juuri sisällönanalyysillä pyritään tiivistämään aineisto selkeään muotoon - kuitenkin kadottamatta sen sisältämää informaatiota. Teorialähtöisen sisällönanalyysin ensimmäisessä vaiheessa muodostetaan yleensä analyysirunko, josta tässä tutkimuksessa käytämme havainnollisuuden vuoksi nimitystä analyysitaulukko. Usein analyysirunko voi olla hyvinkin väljä, jolloin sen sisälle voidaan muodostaa luokituksia tai kategorioita, jotka nousevat ennemmin aineistosta kuin teoreettisesta viitekehystä. Analyysirungon avulla on helppo poimia laajastakin aineistosta ne asiat, jotka ovat kiinnostuksen kohteina. Toisaalta analyysirunko voi olla hyvin strukturoitu, jolloin teoria ohjaa vielä tiukemmin analyysiä. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 108; 113.)

### 5.1.2 Tutkimushaastattelun teoriapohjaa

Yleensä tutkimuskysymys määrää, käytetäänkö kvantitatiivista vai kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, vai molempia. Kvalitatiivisten menetelmien käyttö on sitä

perustellumpaa, mitä lähemmäs yksilöä ja vuorovaikutusta tullaan. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 27.) Toisaalta se, millaista tietoa etsitään, ohjaa menetelmän valintaa. Kvalitatiivisen tutkimuksen eräs tyypillinen piirre onkin nimenomaan menetelmät, joilla tutkittavien näkökulmat pääsevät esille. Esimerkkinä tällaisista menetelmistä toimii mm. teemahaastattelu. Kvalitatiiviselle tutkimukselle leimaa-antavaa on usein myös tapausten käsittely ainutlaatuisina, mikä korostuu aineiston tulkinnessa. Lisäksi laadulliselle tutkimukselle on tyypillistä ihmisen käyttö tiedon keruun välineenä. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkija luottaa omiin havaintoihinsa sekä keskusteluihin enemmän kuin mittavälineillä hankittuun tietoon. (Hirsjärvi ym. 2000, 165.)

Lyhyesti sanottuna tutkimusmenetelmä koostuu havaintojen keräämiseen käytettävistä tavoista ja käytänteistä (Hirsjärvi ym. 2000, 182). Lisäksi menetelmän voidaan nähdä koostuvan sellaisista käytännöistä ja operaatioista, joiden avulla tutkija tuottaa havaintoja, sekä säännöistä, joiden mukaan hän voi näitä havaintoja muokata ja tulkita (Alasuutari 1995, 72). Eräs haastattelun etu on aineiston keruu joustavana tilanteena, jossa haastateltavan huomioon ottaminen on mahdollista (Hirsjärvi ym. 2000, 201).

Teemahaastattelu on eräs haastattelujen muoto. Siinä on tyypillistä, että haastattelun aihepiirit eli teema-alueet ovat tiedossa, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys puuttuvat. Teemahaastattelu eteneekin yksityiskohtaisten kysymysten sijaan keskeisten teemojen varassa ja sitä voidaan pitää puolistrukturoituna haastattelumenetelmänä. Puolistrukturoidusta menetelmästä on kyse, kun haastattelun jokin näkökulma on valittu, mutta ei kaikkia. Teemahaastattelussa kaikille yhteisenä osana ovat siis teema-alueet. (Hirsjärvi ym. 2000, 204–205; Hirsjärvi & Hurme 2001, 47–48.) Teema-alueita kutsumme tässä tutkimuksessamme lyhyemmin teemoiksi.

Lomakkeilla kerätyn määrällisen aineiston ja laadullisen aineiston eroavaisuutta voidaan määritellä seuraavasti: ”--- lomakeaineisto koostuu ilmiötä koskevista mittaustuloksista, kun taas laadullinen aineisto koostuu näytteistä; se on pala tutkittavaa maailmaa.”. Kvalitatiivinen aineisto onkin näyte siitä kielestä ja kulttuurista, joka on tutkimuksen kohteena. (Alasuutari 1995, 78.) Tietyllä tavalla ajateltuna myös tämä meidän tutkimuksemme on kulttuurinen tutkimus:

tutkimuksemme kohteena on eräs oppilaille jokaviikkoinen ilmiö sekä oppilaiden näkemykset ja asenteet tästä. Ja koska oppiminen ja sitä kautta tieto ovat myös konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan kulttuurisidonnaisia, voidaan tutkimustamme pitää tästäkin syystä tietyn tyyppisenä kulttuurisena tutkimuksena. Tätä näkökulmaa tukee myös laadullisen tutkimuksen ja kulttuurisen tutkimuksen välinen yhteys: molemmissa selittäminen perustuu ymmärtävään selittämiseen. Tarkoituksena ei ole löytää universaaleja lainalaisuuksia, vaan keskeistä on ilmiön paikallinen selittäminen. (Alasuutari 1995, 46.)

Koska kvalitatiivisen tutkimuksen aineistosta ei ole tarkoitus etsiä keskimääräisiä yhteyksiä eikä tilastollisia säännönmukaisuuksia, aineiston koon ei tule määräytyä niihin perustuen (Hirsjärvi ym. 2000, 180). Otos-termin sijaan kvalitatiivisessa tutkimuksessa puhutaan yleisesti harkinnanvaraisesta näytteestä, sillä tilastollisten yleistysten sijasta pyritäänkin ymmärtämään jotakin tapahtumaa syvällisemmin. Näin voidaan saada tietoa jostakin paikallisesta ilmiöstä tai etsiä uusia teoreettisia näkökulmia tapahtumiin ja ilmiöihin. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 58–59.) Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pienikin otoskoko voi olla riittävä, sillä tutkimalla yksityistä tapausta riittävän tarkasti voidaan saada näkyviin myös se, mikä ilmiössä eli oppilaiden käsityksissä on merkittävää ja mikä toistuu tarkasteltaessa käsityksiä yleisemmällä tasolla (Hirsjärvi ym. 2000, 182). Haastattelun onnistumiselle on myös tärkeää, että teemahaastattelupaikka on rauhallinen ja tutkittavalle turvallinen, jotta haastattelijan ja haastateltavan välille voi syntyä hyvä kontakti (Hirsjärvi & Hurme 2001, 74).

### 5.1.3 Käsitekartta teoriassa

Käsitekarttaa voidaan pitää yhtenä graafisen esittämisen mallina. Useista erilaisista graafisten esittämisten tekniikoista saatetaan käyttää samaa nimitystä tai vastaavasti samasta tekniikasta voidaan puhua usealle eri nimellä. Kasvatustieteessä erityisesti luonnontieteen opettajat sekä lukemisen ja kirjoittamisen opettajat ovat kehittäneet erilaisia graafisia tekniikoita. (Åhlberg 1990, 90.)

Graafisista tekniikoista syntyy koko ajan uusia tekniikoita ja muunnoksia vanhoista. Kuitenkin kaikkien niiden osina toimivat käsitteet sekä linkit näiden välillä.

Käsitteiden väliset linkit voivat olla nimettömiä; usein linkit on kuitenkin nimetty jollakin kaavamaisella tavalla. (Åhlberg 1990, 95.) Novakin ja Gowinin (1984) kehittämässä käsitekartassa käsitteet on ympyröity ja tällöin myös korostettu. Heidän mukaansa joissakin graafisissa tekniikoissa, niin sanotuissa semanttisissa kartoissa, käsitteiden välillä olevia linkkejä ei ole nimetty. Toisissa graafisissa tekniikoissa, kuten käsitekartoissa, linkit vastaavasti on nimetty ja niitä korostetaan jotenkin. (Novak & Gowin 1984, 27.)

Graafisia esityksiä tai tekniikoita voidaan vertailla myös sen perusteella, onko niissä kuvia vai ei. graafisissa tekniikoissa on kuitenkin aina kyse siitä, että aistein havaitsematon ajattelu tuodaan kaksiulotteiselle paperille. Erilaiset graafiset esityksen voidaan myös luokitella sen mukaan, miten käsitteet ja niiden väliset linkit on työssä rajattu. Vaatimattomimmassa tekniikassa tuotoksesta löytyvät ainoastaan eri käsitteet. Seuraavassa tekniikassa käsitteiden välillä on linkit ja edelleen kehitettynä nämä linkit ovat kaavamaisesti nimettyjä. Viimeisessä, vaativimmassa tekniikassa, käsitteiden väliset linkit ovat luontevasti nimettyjä. (Åhlberg 1990, 95–96.)

## 5.2 Näin toteutettiin tutkimuksen ensimmäinen osa

### 5.2.1 Oppikirjojen tekstin analyysi

Oppikirjojen analyysissä lähdimme liikkeelle määrittämällä keskeisimmät asiat hengityksen ja verenkierron yhteistoiminnan ymmärtämisessä. Koska opetussuunnitelma ei selkeästi määrittele tärkeitä sisältöjä, teimme oman määrittelyn oppimisen ja ymmärtämisen kannalta keskeisistä seikoista hengityksen ja verenkierron toiminnan kuvauksen pohjalta. Seuraavassa vaiheessa teimme taulukkomuotoisen analyysirungon, jossa tärkeät asiat on koottu eri riveille. Vastaavasti taulukon sarakkeisiin olemme koonneet sen, miten kyseiset asiat oppikirjoissa ilmenevät. Kullekin oppikirjalle on siis taulukossa oma sarakkeensa.

Tärkeinä asioina hengityksen ja verenkierron ymmärtämisen kannalta pidämme seuraavia:

1. Hengityksen merkitys; Mitä hengitämme?
2. Hengitysmekanismi; Hengityselimistö

3. Verenkierron tehtävät; Veren rakenne; Punasolut
4. Verenkiertoelimistö; Iso ja pieni verenkierto; Sydän
5. Keuhkorakkulat; Diffuusio
6. Soluhengitys

Hengittämisen merkityksellä tarkoitamme tässä yhteydessä hapen sisäänottoa ja erityisesti hapen roolia energiataloudessa. Lisäksi hengittämisen merkityksessä on tärkeää soluhengityksessä syntyneen hiilidioksidin poisto. Sisäänhengityksen yhteydessä pidämme tärkeänä hapen reitin kuvausta ulkoilmasta keuhkoihin sekä hengityselimien toimintaa. Ensiksi mainitun seikan suhteen emme pidä keskeisenä hengityselimien seikkaperäistä anatomista kuvausta, vaan toiminnan kannalta selkeää hapen kulun mahdollistavaa reittiä. Hengityselimien toimintaa emme pidä oleellisena alakoululaisten opetuksessa, mutta tärkeänä tietona jo vanhemmille oppilaille. Olennaista hapen keuhkoista verenkiertoon siirtymisen ymmärtämisessä ovat keuhkorakkulat, diffuusio (tai passiivinen kulkeutuminen suuremmasta pitoisuudesta pienempään), keuhkorakkuloiden pinnalla olevat verisuonet ja punasolut, joihin happi siirtyy.

Verta koskevassa kohdassa emme pidä olennaisena niinkään veren koostumusta tai sen muita lukuisia tehtäviä, vaan sen fysikaalisia ominaisuuksia punasoluja ja happea kuljettavana nesteinä. Verenkiertojärjestelmän rakenteen ja laajuuden käsittäminen on tärkeää sen toiminnan, tässä tapauksessa erityisesti hapen kuljetuksen ja tarpeen, ymmärtämisessä. Verenkiertojärjestelmän kuvaamisessa ovat tärkeitä iso ja keuhkoverenkierto sekä sydän. Keskeistä toiminnan ymmärtämisessä on sydämen rooli verenkiertoa ylläpitävänä pumppuna. Sydämen toiminnan kannalta vastaavasti tärkeää on kuvata sen lokeroitunut rakenne, ja veren etenemistä sydämen sisällä ja edelleen isoon ja keuhkoverenkiertoon. Sydämen supistumisrytmin kuvaaminen on tärkeää lähinnä yläkoululaisten ja lukiolaisten kannalta. Sen ymmärtämiseksi on lisäksi tärkeää kuvata sydämen eteiset ja kammiot sekä näiden rytmisen supistuminen.

Hapen siirtyminen kudoksien soluille on tärkeää kuvata, jotta hapen merkitys solujen energiataloudessa hahmottuu oppijalle. Toiminnan kannalta taas on tärkeää hapen



siirtyminen passiivisesti diffundoitumalla, kuten keuhkorakkuloissa. Tämäkin on tärkeää lähinnä vanhempien oppijoiden kannalta, alakoululaisille riittää hapen siirtymisen mainitseminen. Energiatalouden kannalta on tärkeää kuvata hapen osallistuminen solujen energian tuottoon ja hiilidioksidin muodostuminen tässä prosessissa eli soluhengityksessä. Jotta oppijalle muodostuisi selkeä kokonaisuus hengityskaasujen kulusta, on tärkeää myös hiilidioksidin vereen siirtymisen ja sen kulkeutumisen kuvaus. Toiminnan ymmärtämisen kannalta tärkeää olisi, että hengitys ja verenkierto kuvattaisiin jatkuvana prosessina. Hiilidioksidin poiston yhteydessä tärkeää on sen siirtyminen verenkierrosta keuhkoihin ja edelleen uloshengityksen mukana pois kehosta.

Analyysirunkoa täytettäessä kävimme yksitellen jokaisen oppikirjan läpi ja poimimme taulukkoon olennaisia kohtia koskevat asiat. Poimimme taulukkoon kirjan käsittelemiä aiheita tiivistäen. Taulukon ulkopuolelle kirjoitimme huomioita oppikirjojen rakenteesta, kuvaustavoista sekä yksittäisiä huomioita. Alussa lähdimme liikkeelle siitä, missä kirjan kappaleissa hengitystä ja verenkiertoa käsiteltiin. Tulosten tarkastelussa kuvaamme kappaleet myös alaotsikoineen.

### 5.2.2 Kuvien analyysi

Analysoimme oppikirjoista tekstin lisäksi myös kuvat eli hengityksen ja verenkierron havainnollistamisen. Kuvien analysoinnin perustimme samoihin tärkeisiin osiin hengityksen ja verenkierron ymmärtämisestä kuin oppikirjojen tekstin analyysissä. Seuraavaksi teimme kuvien analysointia varten analyysirungon, johon kirjoitimme riveille ne käsiteltävät asiat, jotka oppikirjoissa tulisi havainnollistaa visuaalisesti. Analyysirunko on siis hyvin samankaltainen, kuin oppikirjojen tekstiosuuden analyysirunko.

Tärkeitä visuaalisesti havainnollistettavia asioita oppikirjoissa ovat:

1. Havainnollistetaanko hapen siirtymistä keuhkoista verenkiertoon?
2. Havainnollistetaanko hengitysmekanismia?
3. Havainnollistetaanko sydämen toimintaa?
4. Havainnollistetaanko sydämen rakennetta?
5. Havainnollistetaanko veren kulkua sydämessä?

6. Havainnollistetaanko elinten sijaintia elimistössä?
7. Havainnollistetaanko veren koostumusta?

Kuvien lisäksi analyysitaulukkoon keräsimme myös muut kirjoissa mahdolliset havainnollistamisen muodot. Erittelimme kaikki erilaiset tavat havainnollistaa tekstiä seuraavanlaisesti: kuva/piirros, vertaus, valokuva/mikroskooppikuva, kaavio/kuvaaja ja taulukko. Tarkemman tarkastelun kohteeksi valitsimme muutaman kuvan kustakin tutkittavasta kirjasta. Lisäksi laskimme kustakin oppikirjasta hengitystä ja verenkiertoa koskevat kuvat sekä erittelimme kuvat käyttäen apuna Levien ja Lentzin luokittelua kuvista. Muokkasimme luokittelua kuitenkin siten, että neljän luokan sijaan kuvat on jaettu kahteen eri luokkaan: affektiiviseen ja kognitiiviseen luokkaan. Kognitiiviseen luokkaan näemme sisältyvän myös kompensatorisen funktion.

### 5.2.3 *Olipa kerran elämä* –jaksojen analysointi

Oppikirjojen lisäksi analysoimme myös ne *Olipa kerran elämä* –sarjan jaksot, jotka näytimme oppilaille. Myös jaksojen analysointia varten laadimme analyysirungon samalla periaatteella kuin edellä. Videosta tarkastelimme seuraavia seikkoja:

1. Hengittämisen merkitys: hapen otto ja hiilidioksidin poisto, hapen rooli energiataloudessa
2. Sisäänhengitys: hapen reitti keuhkoihin, hengityslihasten merkitys
3. Hapen siirtyminen keuhkoista verenkiertoon: keuhkorakkulat, diffuusio, verisuonet rakkuloiden pinnalla, punasolut
4. Hapen kulkeminen veressä: punasolut, veren nestemäisyys ja liike
5. Verenkiertojärjestelmä: iso ja keuhkoverenkierto sekä niiden verkosto kehossa, sydämen merkitys
6. Sydämen toiminta: veren kulku sydämen läpi, eteiset ja kammiot, linkitys isoon ja keuhkoverenkiertoon, supistumisrytmi
7. Hapen siirtyminen verestä soluille: solu hapen vastaanottajana, diffuusio
8. Hapen käyttö soluissa: soluhengitys, energian tuotto, hiilidioksidin muodostuminen
9. Hiilidioksidin siirtyminen soluista vereen: solu hiilidioksidin luovuttajana, diffuusio, yhtäaikaaisesti hapen kanssa
10. Hiilidioksidin kulkeminen veressä: kulkee eri suonissa kuin happi

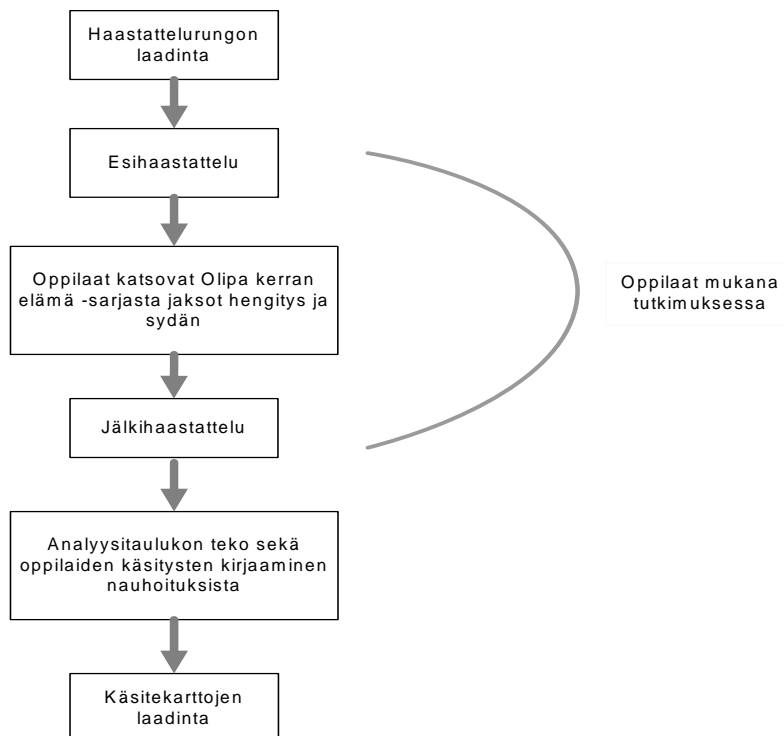
11. Hiilidioksidin siirtyminen verenkierrosta keuhkoihin: keuhkorakkulat, diffuusio, verisuonet rakkuloiden pinnalla, punasolut, yhtäaikaisuus hapen siirtymisen kanssa (keuhkoista vereen), ks. kohta 3
12. Uloshengitys: hiilidioksidi poistetaan, vuorottelu sisäänhengityksen kanssa

Analyysitaulukkoa apuna käyttäen poimimme videoista niiden yleisen kulun sekä analysoinnin kannalta olennaiset asiat. Tämän lisäksi poimimme videosta erityisiä huomioita, esimerkiksi epäkohtia.

### 5.3 Tutkimuksen toista osaa tekemässä

#### 5.3.1 Tutkimuksen yleinen kulku

Tutkimuksemme toinen osa toteutettiin haastattelemalla yhdeksää oppilasta (ks. kuvio 4). Teimme kaikille oppilaille kaksi yksilöhaastattelua, joista käytämme tässä tutkimuksessa nimityksiä esi- ja jälkihaastattelu. Esihaastattelussa kartoitimme oppilaiden ennakkotietoja hengityksen ja verenkierron toiminnasta. Jälkihaastattelulla pyrimme selvittämään videon vaikutusta oppilaiden käsitysten muovautumiseen.



Kuvio 4. Haastattelututkimuksen kulku

### 5.3.2 Haastattelujen kulku

Tässä tutkimuksessa keskityimme muutaman oppilaan omiin käsityksiin hengityksestä ja verenkierrosta. Etsimme tutkimuksellamme selityksiä ja johdonmukaisuuksia oppilaiden käsitysten taustalta ja päädyimme valitsemaan tutkimukseemme laadullisen eli kvalitatiivisen otteen. Suoritimme kullekin oppilaalle kaksi noin oppitunnin mittaista haastattelua: esi- ja jälkihaastattelun. Näiden välissä oppilaat katsoivat ryhmässä Albert Barillén *Olipa kerran elämä* –opetusvideoista jaksot *Hengitys* ja *Sydän*.

Tutkimuksemme onnistumiselle oli erittäin tärkeää, että kohtaamme haastateltavan kasvotusten ja voimme olla aidossa vuorovaikutuksessa hänen kanssaan. Tärkeäksi seikaksi korostui myös kunkin haastateltavan yksilöllisyys ja omakohtaisuus osana tutkimustamme. Tästä syystä haastattelu – ja erityisesti sen muoto teemahaastattelu – oli luontevin aineistonkeruumuoto. Teemahaastatteluun päädyimme sen tietynasteisen väljyyden, mutta toisaalta kuitenkin jonkinasteisen rakenteen vuoksi. Eräänä keskeisenä tavoitteenamme oli pyrkiä kaivautumaan hieman pintaa syvemmälle jokaisen haastateltavan käsityksissä. Myös tämä vaatimuksemme rajasi sekä tutkimusmetodiamme että otoskokoamme. Teemahaastattelussa, jossa myös haastateltava saa toimia aktiivisena haastattelun jäsenenä, meillä oli mahdollisuus syventää aineistoa jatkokysymyksillä. Haastateltavilla oli näin merkityksiä luova ja aktiivinen rooli haastattelutilanteissamme, mikä on yksi teemahaastattelun eduista (Hirsjärvi & Hurme 2001, 35). Tavoitteemme vaikutti myös pienen otoskoon eli harkinnanvaraisen näytteen valintaan, sillä tällä keinoin kykenimme paneutumaan kuhunkin haastateltavaan intensiivisemmin ja henkilökohtaisemmin. Valitsimme teemahaastattelun tutkimusmetodiksemme myös siitä syystä, että tällainen metodi mahdollistaa tutkimuksen edetessä täsmentävät kysymykset. Pystyimme siis tarttumaan johonkin oppilaan mainitsemaan asiaan heti haastattelussa, ja pyytämään häntä kertomaan asiasta tarkemmin.

Teemahaastattelun erityispiirteiden mukaisesti päädyimme verrattain pieneen otoskoon eli yhdeksään oppilaaseen. Emme myöskään tarvinneet suurta otosta oppilaista, sillä tutkimuksemme tarkoituksena ei ollut muodostaa yleistyksiä tai lainalaisuuksia tutkitusta ilmiöstä, vaan pyrimme kartoittamaan tutkittavien

henkilökohtaisia käsityksiä. Haastattelimme tutkimukseemme kolmea alakoululaista, kolmea yläkoululaista sekä kolmea lukiolaista. Tutkittavat valitsimme sellaiselta luokka-asteelta, ettei heillä ollut vielä ollut oman kouluasteensa ihmisen biologian opetusta. Ala- ja yläkoulussa aihetta opetetaan viidennellä ja yhdeksännellä luokalla, niinpä haastateltavamme olivat neljäs- ja kahdeksaluokkalaisia. Lukiolaiset haastatteluun osallistuneet eivät puolestaan olleet käyneet lukion syventävää, ihmisen elintoimistoja käsittelevää biologian kurssia. Tutkimuksemme kannalta oli tärkeää, että myös oppilaat olisivat motivoituneita tutkimukseemme. Tästä syystä oppilaat valittiin vapaaehtoisten joukosta opetusryhmien opettajien avustuksella. Opetusryhmät vastaavasti valittiin opettajien osallistumishalukkuuden perusteella.

Ratkaistavanamme oli myös se, missä temahaastattelun muodossa haastattelut tekisimme: yksilö-, pari- vai ryhmähaastatteluina (Hirsjärvi ym. 2000, 206). Päädyimme yksilöhaastatteluihin, koska tarkoituksenamme oli selvittää jokaisen oppilaan henkilökohtaisia käsityksiä. Pyrimme myös minimoimaan haastattelutilanteessa häiriötekijöitä: tästä syystä paikalla suljetussa tilassa olimme vain me haastattelijat sekä yksi haastateltava kerrallaan. Ryhmä- tai parihaastattelussa emme olisi saaneet yhtä selkeästi selville kunkin yksilön omia näkemyksiä, ja oppilaat olisivat vaikuttaneet toisiinsa haastattelutilanteessa. Ryhmähaastattelu (ja sen erityismuoto parihaastattelu) onkin monissa tilanteissa oiva haastattelun muoto, mutta siihen liittyy myös joitakin ongelmia. Ryhmä voi vaikuttaa siihen, että jokin ryhmän kannalta kielteinen asia ei tule julki, tai ryhmän sisällä voi olla dominoiva henkilö, joka hallitsee haastattelua liikaa. (Hirsjärvi ym. 2000, 206–207.)

Tutkimukseen valituille oppilaille ja heidän huoltajilleen toimitettiin tutkimuksesta kertova saatekirje. Saatekirjeessä emme kuitenkaan tarkalleen rajanneet, mihin ihmisen biologian aihealueisiin haastattelu tulisi keskittymään. Tämä siksi, ettemme halunneet oppilaiden opiskelevan aiheesta etukäteen ennen haastatteluja (ks. liite 1).

Teimme kaikki haastattelut koulupäivien aikana. Haastattelut pidettiin normaalikoulujen tiloissa, aina kulloiseenkin aikaan tyhjillään olevassa luokassa. Näin oppilaiden ei tarvinnut siirtyä muualle haastattelua varten, vaan he olivat jo

valmiiksi oikeassa paikassa. Koulussa haastattelemisen yksi eduista onkin, että haastateltavat ovat helposti tavoitettavissa (Hirsjärvi & Hurme 2001, 74).

Päädymme kaikkien haastattelujemme tallentamiseen, joka on tavalla tai toisella välttämätöntä (Hirsjärvi & Hurme 2001, 75). Tallentaminen myös helpottaa aineiston analysointia ja hallintaa: haastatteluja kun kertyi kaikkiaan kahdeksantoista. Nauhoitimme haastattelut minidisc-soittimella, jolta tallenteet siirrettiin tietokoneelle. Varmuuden vuoksi nauhoitimme kaikki haastattelut myös matkapuhelimeen. Olimme ilmoittaneet asiasta tutkittaville ja heidän huoltajilleen jo saatekirjeessä, ja vielä haastattelun aluksi teimme kullekin haastateltavalle selväksi, että aiomme tallentaa haastattelun. Kaikille yhdeksälle tutkittavalle tämä sopi.

Haastatteluissa käsittelemiämme teemoja tutkimuksessamme oli kolme: hengitys, verenkierto sekä hengityksen ja verenkierron yhteistoiminta (ks. liite 2). Teemahaastattelussa etukäteen valitut teemat perustuvat pääsääntöisesti tutkimuksen viitekehykseen eli tutkittavasta ilmiöstä jo tiedettyyn (Tuomi & Sarajärvi 2009, 75). Tutkimuksessamme teemat jäsenyivät hengityksen ja verenkierron viitekehystä (ks. kappale 2). Teemahaastattelun runkoa laatiessamme emme ottaneet huomioon kasvatustieteellistä viitekehystä, vaan haastattelurunko teemoineen oli kaikille oppilaille sama iästä riippumatta. Koska yksi tutkimusongelmamme on verrata eri-ikäisten oppilaiden käsityksiä keskenään, lisäävät kaikille tutkittavillemme samat teemat tutkimuksen luotettavuutta. Aiheen ymmärtämisen kannalta on tärkeää käsittää, miten ja miksi hengitys ja verenkierto liittyvät toisiinsa. Tästä syystä valitsimme kolmanneksi teemaksi juuri niiden yhteistoiminnan. Kunkin teeman alle kokosimme muutaman apukysymyksen niistä asioista, joiden koimme olevan aiheessa keskeistä (esim. Mitä hengittäminen on?). Kysymysten tarkoituksena oli saada kaikilta oppilaita selville meidän mielestämme keskeisimmät asiat hengityksestä ja verenkierrosta. Haastattelussa käytimme kysymyksissä aina niitä termejä, jotka oppilas oli aiemmin maininnut. Lisäksi käytimme haastatteluissa apuna kunkin kouluasteen oppikirjasta löytyvää sydämen kuvaa. Tätä perustelemme sillä, että kuvan (vrt. Piaget ja symbolit) avulla ilmiön kuvaaminen voi olla helpompaa. Emme kuitenkaan näyttäneen kuvaa haastateltavalle heti aluksi, vaan vasta haastattelun loppuvaiheessa. Tämän lisäksi kysyimme esihaastattelun

päätteeksi, miten tutkittavat kuvaisivat verenkiertoa ja sen merkitystä, jos koko verenkiertoelimistöä verrattaisiin kaupunkiin (ks. liite 2).

### 5.3.3 Haastatteluaineiston analysointi

Haastattelujen analyysin aloitimme tekemällä analyysitaulukon, johon täytimme oppilaiden omin sanoin heidän käsityksiään jo teemahaastattelussa määrittelemistämme teemoista. Analyysitaulukkoon (ks. liite 3) kokosimme teemoittain tärkeimmät kysymykset, joiden vastaukset kuvaavat haastateltavan ymmärrystä hengityksestä ja verenkierrosta. Tämän lisäksi taulukosta löytyy sarakkeet erilaisille tiedon, tai oikeastaan ajattelun, tasoille. Nämä tasot määräytyivät taulukkoon Piaget'n ajattelun kehityksen -teorian perusteella. Lisäksi ensimmäinen tasoistamme oli *virhekäsitys tai tiedon puute*. Toinen, kolmas ja neljäs taso olivat *asian konkreettinen kuvailu, ilmiöiden abstrakti kuvailu* sekä *syy- ja seuraussuhteiden selittäminen* ja ne vastasivat Piaget'n teorian konkreettisen, esioperationaalisen ja formaalin ajattelun tasoja. Täytimme taulukkoon oppilaan vastauksen kuhunkin teemaan sille kohdalle, jota hänen ajattelunsa taso teorian pohjalta vastasi. Taulukosta löytyivät myös erikseen sarakkeet esi- ja jälkihaastattelulle.

Tämän tutkimuksen yhteydessä emme litteroineet haastatteluaineistoa vaan päädyimme siis koodaamaan aineiston valmiiksi tehtyyn taulukkoon. Koodaamisen teimme kuuntelemalla haastattelut useaan kertaan nauhoilta ja täyttämällä taulukkoa kuuntelemisen aikana. Analyysitaulukko helpotti meitä poimimaan haastatteluista ne asiat, jotka ovat tässä tutkimuksessamme kiinnostuksemme kohteina. Analyysitaulukon ulkopuolelle jääneet asiat on siis jätetty tästä tutkimuksesta pois.

Suoritimme tässä tutkimuksessamme aineiston kolmannen vaiheen eli teemoittelun samanaikaisesti koodaamisen yhteydessä. Analyysitaulukko, johon koodasimme oppilaiden sanomia asioita, oli jo valmiiksi teemoiteltu, jolloin aineisto tuli samanaikaisesti koottua valmiisiin teemoihin. Analyysitaulukon teemat ja kysymykset perustuivatkin täysin teemahaastattelun teemoihin. Koska tutkimuksemme koski oppilaiden käsityksiä jo olemassa olevasta tiedosta, käytämme tässä tutkimuksessa teorialähtöistä analyysiä, jossa tieto hengityksen ja verenkierron

toiminnasta ohjaa tutkimusaineistomme analyysiä. Hengityksen ja verenkierron toiminnan kuvaus ohjasi teemahaastatteluun valittuja teemoja sekä sitä kautta myös aineiston analyysitaulukon ja edelleen aineistosta poimittujen kiinnostavien sisältöjen valintaa. Teorian lisäksi valintojamme on ohjannut myös oma ymmärryksemme hengityksen ja verenkierron toiminnasta sekä siitä, miten nämä tulisi käsittää ja mikä niissä on keskeistä.

Analyysitaulukkojen täyttämisen jälkeen päädyimme esittämään aineiston myös kuvallisessa muodossa. Koska aineiston sisältöä on niin paljon, visuaalinen esittäminen on lukijan kannalta mielekästä ja välttämätöntä. Laadullisen tutkimuksen viimeisessä vaiheessa aineistosta tulee kirjoittaa yhteenveto. Käsitekartat ovatkin osaa tätä yhteenvetoa kirjallisen kuvauksen ohessa.

#### 5.3.4 Käsitekartan tekeminen

Koska pyrimme kuvaamaan laajaa aineistoa tiivistetysti ja visuaalisesti, päädyimme esittämään oppilaiden käsityksen käsitekartan muodossa. Laadimme käsitekartan jokaiselle oppilaalle erikseen, kuitenkin yhteisiä periaatteita noudattaen. Käsitekartan laadinnassa lähdimme liikkeelle analyysitaulukoista, joihin oli poimittu oppilaiden käsityksiä heidän omien sanojensa mukaisesti. Käsitekarttaan poimitut termit ovatkin oppilaiden itsensä esittämiä.

Ensimmäisen laadimme käsitekartan pohjan, josta löytyvät yläkäsitteet *hengitys*, *yhteenliittyminen* ja *verenkierto*. Yhteenliittymisellä tarkoitamme hengityksen ja verenkierron toimintojen yhdistymistä. Näiden yläkäsitteiden alle kokosimme tekstilaatikkoihin kunkin oppilaan kohdalla haastatteluissa ilmenneet käsitykset. Sekä esi- että jälkihaastatteluiden käsitykset on koottu samaan käsitekarttaan. Mustalla kirjoitetut ovat oppilaan esihaastattelussa sanomia asioita, joista hän on samaa mieltä jälkihaastattelussa. Hakasulkein käsitekarttaan on merkitty ne esihaastattelussa oppilaan mainitsemat asiat, jotka hän jälkihaastattelussa on kumonnut. Näissä tapauksissa oppilaan tieto on muuttunut haastattelujen välillä. Vastaavasti punaisella on merkitty uudet asiat, jotka oppilas on maininnut vasta jälkihaastattelussa. Tekstilaatikoita yhdistää käsitekarttoissa sekä nuolia että viivoja. Viivat kuvaavat asioiden liittymistä toisiinsa. Nuolet vastaavasti kertovat siitä, että



oppilaalla on käsitys hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnan etenemisestä. Jokaisen nuolen ja viivan kohdalle olemme kirjoittaneet käsitesanan tai sanoja, joiden avulla oppilas on liittänyt kaksi käsitystä toisiinsa. Tekstilaatikoiden lisäksi myös käsitesanat ovat oppilaiden itsensä sanomia. Näin olemme pyrkineet minimoimaan omaa tulkintaamme käsitekarttoja tehtäessä.

Tekstilaatikot viivoineen ja nuolineen on koottu myötöpäivään kulkeväksi, toimintaa kuvaavaksi kehäksi. Oppilaan tietojen laajuudesta riippuen käsitykset muodostavat joko yhtenäisen kehän tai toisistaan irrallisia tekstilaatikkoryhmiä. Kehä alkaa hengityksen kuvailulla käsitekartan vasemmasta yläkulmasta edeten hapen siirtymisestä verenkiertoon ja edelleen sen päätymiseen sydämen avustamana soluille, joissa happea tarvitaan solujen energiantuottoon. Kehä jatkuu hiilidioksidin muodostumisella ja sen poistamisella elimistöstä verenkierto- ja hengityselimistön avulla, edeten käsitekartan vasempaan alakulmaan. Lisäksi jokaisen oppilaan käsitystä ja siitä muodostunutta käsitekarttaa on käsitelty tekstissä myös kirjallisesti.

## 6 TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU

### 6.1 Oppikirja-analyysi

#### 6.1.1 Oppikirjojen tekstiosuuden analyysi

Oppikirja-analyysimme kohteina tässä tutkimuksessa ovat Jyväskylän normaalikouluissa käytettävät biologian oppikirjat, jotka käsittelevät ihmisen rakennetta ja toimintaa (aineistolähteet). Taulukossa 1 ovat koottuina oppikirjojen hengityksen ja verenkierron viitekehyksestä nousseet valitsemamme teemat sekä asiasanoittain ne asiat, jotka näistä kirjassa käsitellään.

Taulukko 1. Oppikirjojen tekstiosuuden analyysi

	Alakoulun oppikirja Jäljillä 5	Yläkoulun oppikirja Luonnonkirja 7-9	Lukion oppikirja Biologia, Ihminen
1 Hengityksen merkitys Mitä hengitämme?	- happi - hiilidioksidi - energia	- ilma, happi - soluhengitys, energia	- hengitysilma, happi - hiilidioksidi
2 Hengitysmekanismi Hengityselimistö	- sisään- ja uloshengittäminen - rintakehä, pallea ja keuhkot - hengittäminen vaiheittain - henkitorvi, keuhkot, keuhkorakkulat	- nenä- ja suuontelo, nielu, kurkunpää, henkitorvi, keuhkoputket, keuhkot, keuhkopussi, keuhkorakkulat - pallealihas, kylkivälilihakset, rintakehä - hengitysmekanismi - alipaine	- nenäontelo, nielu, henkitorvi ja keuhkoputket, keuhkorakkulat, keuhkopussi - pallea, kylkiluut - alipaine
3 Verenkierron tehtävät Veren rakenne	- kuljettaa ravintoaineita, happea, hiilidioksidia, tarpeettomia aineita ja lämpöä - verineste, punasolu, valkosolu ja verihiutale	- kuljettaa kivennäisaineiden, proteiinien, kuona- aineita ja hormoneja sekä lämpöä - punasolut, valkosolut, verihiutaleet ja veriplasma	- kuljettaa happea hiilidioksidia, ravintoaineita, hormoneja, lämpöä, kuona-aineita - plasma, punasolut, valkosolut, verihiutaleet
4 Verenkiertoelimistö Iso ja pieni verenkierto Sydän	- sydän ja verisuonet - valtimot, laskimot ja hiussuonet - Sydän: eteiset ja kammiot	- pieni verenkierto ja iso verenkierto - valtimot, laskimot ja hiussuonissa - Sydän: sydänpussi, eteiset, kammiot sekä väliseinä, sydänläpät, sepelvaltimo, syke ja verenpaine	- valtimot, laskimot, hiussuonet ja aortta sekä onttolaskimot, keuhkovaltimot ja -laskimot - sydän: kammiot ja eteiset, läpät, verenpaine, sinussolmuke, johtorata, eteiskammiosolmuke sepelvaltimo ja -laskimo - imusuonet
5 Keuhkorakkulat Diffuusio	- keuhkorakkulat - happi siirtyy keuhkorakkuloista vereen ja hiilidioksidi verestä rakkuloihin	- keuhkorakkulat, joiden ympärillä verisuonia. - diffuusio: hiilidioksidin ja hapen passiivinen siirtyminen keuhkorakkulan ja verisuonen välillä	- hapen ja hiilidioksidin diffuusio keuhkorakkuloiden ja hiussuonten välillä
6 Soluhengitys	- ”Solut käyttävät happea, kun ne ottavat energiaa ravinnosta. Samalla syntyy hiilidioksidia, joka siirtyy soluista vereen.”	- soluhengitys eli energiaa vapauttaminen ravintoaineista - mitokondrio - energiapitoiset yhdisteet ja happi - muodostuu hiilidioksidia ja vettä	-hengitystä on myös mitokondrioissa tapahtuva soluhengitys

*Alakoulun oppikirja, Jäljillä 5*

Alakoulun oppikirjassa verenkiertoa käsitellään kappaleessa *Veri kiertää kehossa*.

Kyseinen kappale rakentuu seuraavista alaotsikoista:

1. *Sydän on vahva lihas*
2. *Verenkiertoelimistö on yhtenäinen putkisto*
3. *Näin tapahtuu verenkierto*
4. *Veressä on erilaisia soluja.*

Ensimmäisessä sydäimestä kertovan alaotsikon yhteydessä selitetään sydämen toimintaa. Seuraavissa kahden alaotsikon alla vastaavasti kuvaillaan verenkierron eri vaiheet. Veren soluista kertovassa osassa selitetään tarkemmin veren solujen tehtävästä sekä mainitaan veren koostuvan myös nesteestä. Näiden alaotsikoiden lisäksi kappaleen loppuun on koottu kappaleen keskeiset asiat sekä tietoruutu verenpaineesta. Lisäksi lopusta löytyy aiheeseen liittyviä tehtäviä.

Ymmärtämisen kannalta haastavaa verenkiertoa käsittelevässä kappaleessa on, että verta kuvaavassa osassa mainitaan jo veren kuljettavan happea ja hiilidioksidia, vaikka vasta seuraavassa kappaleessa käsitellään hengitys. Tässä kohdassa voikin miettiä, olisiko kappaleet syytä käydä päinvastaisessa järjestyksessä. Kappaleessa verenkierto on kuitenkin selitetty hyvin loogisesti: valtimoista hiussuoniksi ja edelleen laskimoita pitkin sydämeen. Tekstissä ei kuitenkaan ilmene, että verenkierto on suljettu systeemi, jossa veri kiertää koko ajan. Tekstin edetessä kirjan lukijalla haasteena on myös kuvien ja tekstin tietojen yhdistäminen: verenkierron eteneminen tulisi yhdistää numeroilla kuvaan (esim. vaihe 1 merkitty myös kuvaan numerolla 1) luetun ymmärtämisen tukemiseksi. Tässä kirjassa tekstiosioita ei kuitenkaan erikseen yhdistetä kirjan kuviin. Kappaleesta puuttuu myös se, että keuhkoverenkiertoa ei ole kuvattu visuaalisesti. Tekstistä keuhkoverenkierto mainitaan, mutta asian ymmärtäminen ja hahmottaminen on oppijalle vaikeaa, koska kuva puuttuu.

Kappaleesta löytyi myös seuraavia epäolennaisia seikkoja: aikuisen ihmisen verimäärä on noin viisi litraa. Tätä ei havainnollisteta mitenkään, jolloin tieto jää täysin irralliseksi oppijalle. Pulssin kuvaamisen yhteydessä ihmisen aktiivisuuden

vaikutusta siihen ei mitenkään kuvata (ilmoitetaan vain aikuisen keskimääräinen pulssi). Kappaleessa kerrotaan myös, että ihmisen koko verimäärä kulkee sydämen kautta minuutissa. Tällainen tieto on alakoululaiselle täysin ylimääräistä eikä se konkretisoidu oppilaalle. Kuitenkin esimerkiksi pulssin käyttö voi olla hyvä motivointikeino ja se voi toimia aiheen linkittämisessä käytännössä havaittaviin ilmiöihin. Tällaiset asiat voisivat kuitenkin olla erillään varsinaisesta leipätekstistä, jotta oppilas ei sekoita näitä olennaiseen tietoon. Toisaalta kappaleessa ei sydämen toimintaa selitetä lähestulkoon ollenkaan. Ainoastaan todetaan sydämen supistuvan tahdosta riippumatta ja sen olevan pumppu. Seuraavassa kappaleessa puhutaan sydämenlyönnistä. Tämä voi hämmentää oppilasta: mitä sydän oikeastaan tekee.

Alakoulun kirjoissa hengitys käsitellään eri kappaleessa kuin verenkierto, joista jälkimmäinen kappale edeltää kirjassa hengitystä. Jäljillä 5 oppikirjassa hengitystä käsittelevä kappale *Happea sisään – hiilidioksidia ulos* rakentuu seuraavista alaotsikoista:

1. *Sisään- ja uloshengitys*
2. *Hengityselimistö*
3. *Näin tapahtuu hengittäminen*
4. *Hengityselimistö voi vaurioitua*

Alaotsikon *Sisään- ja uloshengitys* alla kerrotaan, miten nämä tapahtuvat. Tämän lisäksi kappaleen tässä kerrotaan ihmisen hengitystiheydestä. *Hengityselimistö* alaotsikon alla on vastaavasti kerrottu elimistön osat, jotka kuuluvat hengityselimistöön. Lisäksi tässä osassa kappaletta käsitellään keuhkorakkulat. *Näin tapahtuu hengittäminen* –osassa on vastaavasti kuvattu hengittämisen vaiheet. Viimeisessä osassa eli hengityselimistön vaurioitumista kuvaavassa alatekstissä käsitellään eri ympäristön aineiden vaikutusta hengityselimistöön. Näiden lisäksi tämänkin kappaleen loppuun on koottu keskeiset asiat sekä tietoruutu hengitysteiden sairauksista. Lisäksi lopusta löytyy aiheeseen liittyviä tehtäviä.

Verenkiertoa kuvaavan kappaleen tavoin myös hengityksestä kertovassa kappaleessa oli joitakin oppimisen tukemisen kannalta haastavia kohtia. Kappaleessa käsitellään keuhkorakkuloita, mutta missään vaiheessa ei kuitenkaan selitetä, miten hapen ja

hiilidioksidin siirtyminen veren ja rakkulan tapahtuu. Hapen siirtyminen verenkiertoon ei ole oppijan kannalta ymmärrettävää kirjan perusteella, sillä kappaleessa ei selitetä verisuonten roolia tai olemassaoloa keuhkorakkuloiden ympärillä. Myöskään hengityskappaleessa ei havainnollisteta tai selitetä verenkierron kaksiosaisuutta. Näin ollen oppijalle ei voi syntyä kappaleiden perusteella kuvaa keuhkoverenkierrosta eli pienestä verenkierrosta. Hengityskappaleesta löytyi myös seuraava virheellinen kuvaus: ”Kun hengitetään sisään, keuhkot ja rintakehä laajenevat ja keuhkojen alapuolella oleva pallealihas supistuu.”. Lauseen perusteella herää käsitys siitä, että ilman virtaaminen sisään laajentaa keuhkot ja supistaa pallean. Todellisuudessa ilmiö tapahtuu kuitenkin toisinpäin. Alakoulun oppikirjassa hengitys ja verenkierto eivät siis monelta osin esiinny loogisena kokonaisuutena, vaan irrallisina osina, joista kaikkea ei selitetä tai perustella. Myöskään niiden yhteistoiminta ei tule kirjassa riittävällä tasolla esille.

*Yläkoulun oppikirja, Luonnonkirja 7-9 Ihminen*

Yläkoulun kirjasta löytyvät kappaleet *Verenkiertoelimistö* ja *Hengitys*, jotka käsittelevät tutkimuksessamme käsiteltäviä asioita eli hengitystä ja verenkiertoa. Tämän lisäksi kirjassa on kappale *Veri*, jossa käsitellään veren koostumusta. Edeltävien lisäksi diffuusio käsitellään erikseen kappaleessa *Ihminen rakentuu soluista*. Kirjasta löytyy aina kunkin kappaleen jälkeen tehtäviä kyseisestä kappaleesta. Lisäksi jokaisen kappaleen lopussa on *Tarkista tietosi* –laatikko kertaamista varten.

Verenkiertoa käsittelevä kappale *Verenkiertoelimistö* jakautuu seuraaviin alaotsikoihin:

1. *Sydämen rakenne*
2. *Sydämen syke*
3. *Valtimot*
4. *Laskimot*
5. *Hiussuonet*
6. *Imusuonet*
7. *Verenkierron vaiheet*

Yläkoulun kirjassa kappaleiden otsikot kuvaavat hyvin niiden sisältöä. Kappaleesta löytyy kuitenkin muutamia epäkohtia. Esimerkiksi sivulla 51 kuvataan verenvirtausta sydämen läpi seuraavan lauseen avulla: ”Lepovaiheen lopussa eteiset supistuvat ja työntävät niissä olevan loppuveren kammioihin. Sydämen supistumisvaiheen eli systolen aikana täyttyneet kammiot työntävät veren suuriin valtimoihin.”. Täyttyneet kammiot eivät kuitenkaan tarkoita tässä yhteydessä, että ne olisivat täyttyneet systolen aikana vaan, että täyttyneet kammion työntävät systolen aikana veren suuriin valtimoihin

Hengityskappale vastaavasti jakautuu seuraaviin alaotsikoihin:

1. *Hengityselinten rakenne*
2. *Kaasut vaihtuvat automaattisesti keuhkoissa*
3. *Automaattinen hengitys*

Kokonaisuudessaan hengityskappaleessa esitellään hengityselimistö erillään toiminnasta. Elimistön esittelyn jälkeen käsitellään erikseen hengitysmekanismi alaotsikon *Automaattinen hengitys* yhteydessä. Rasitusta käsitellään saman alaotsikon lopussa. Hengityskappaletta ei aloiteta käsittelemällä sitä, miksi hengitämme ja mitä. Käsiteltäessä hengityselimistöä kirjassa puhutaan koko ajan ilmasta. Hapen rooli mainitaan kyllä oikeassa kohdassa, kun se hengitysilmaasta siirtyy keuhkorakkuloissa vereen. Kappaleen aikana mainitaan vain lyhyesti, että solut käyttävät hapen soluhengityksessä energiantuotantoon ilman selitystä tai viittausta aiempaan kappaleeseen soluista. Hapen roolia energiantuotannossa ei kappaleissa korosteta riittävästi. Kirjassa ei myöskään painoteta, että energiantuotanto on hengittämisen lopullinen tarkoitus: kappaleessa ei siis selvitetä riittävän selkeästi, miksi ylipäänsä hengitämme. Samankaltainen ilmiö hengittämisen merkityksestä tuli ilmi myös tutkimuksemme haastatteluosuudessa oppilaiden käsityksissä. Samalla tavoin alakoulun oppikirjan tekstin perusteella hengittämisen merkitys ihmiselle on hapen saanti ja hiilidioksidin poisto. Tähän osittain vaikuttaa myös hengittämisen määritelmä eli se, miten suppeasti hengittäminen nähdään. Jos hengitykseen ajatellaan kuuluvan vain ulkoinen hengitys, tällöin sen merkitys on yläkoulukirjan mukainen. Tämä ei kuitenkaan tue hapen merkityksen ja sitä kautta hengityksen laajan määritelmän ymmärtämistä. Hengityksen suppean ulkoisen

merkityksen korostaminen ei tue kokonaisvaltaista oppimista ja asian linkitystä soluhengitykseen.

Verenkiertoa ja hengitystä käsittelevissä kappaleissa tulisi ehdottomasti palata aiemmin opittuun solun toimintaan ja tarkemmin mitokondrioihin ja soluhengitykseen. *Luonnonkirjassa 7-9* tätä paluuta aiemmin opittuun ei kuitenkaan ole. Kirjan avulla oppija ei välttämättä ymmärrä linkkiä energiantuotannon ja hengityksen välillä. Hengitystä koskevassa kappaleessa todetaan ainoastaan seuraavaa: ”Rastituksessa elimistö tarvitsee enemmän happea ja tehokkaampaa hiilidioksidin poistoa kuin lepotilassa, koska rasituksen aikana soluhengitys toimii voimakkaasti.” (Holopainen ym. 2006, 59). Verenkiertoa käsittelevässä kappaleessa kerrotaan rasituksen vaikutusta sydämen sykkeeseen. Tätä ei kuitenkaan linkitetä solujen energiantarpeeseen, tai hengitykseen, vaan sydämen toiminta jää irralliseksi. Niinpä alakoulun kirjan tavoin myös yläkoulun kirjasta jää uupumaan looginen hengityksen ja verenkierron kokonaisuus. Jo rakenteen esittely erillään toiminnasta edellyttää lukijalta niiden omaehtoista yhdistämistä.

### *Lukion oppikirja, Biologia Ihminen*

Lukion Ihminen kirjassa hengitystä ja verenkiertoa käsitellään yhdessä kappaleessa *Verenkierto ja hengitys*. Kappale on edelleen jaettu seuraaviin pääotsikoihin: *Veri*, *Sydän*, *Verisuonet* sekä *Hengityselimet*. Näistä kukin pääotsikko on jaettu vielä alaotsikoihin. Verta käsittelevän ensimmäisen pääotsikon alla alaotsikot ovat *Plasma*, *Punasolut*, *Valkosolut* ja *Verihiutaleet ja veren hyytyminen*. Näistä alaotsikoista vain *Punasolut* ja *Plasma* koskevat tätä tutkimusta, mistä syytä muut osat on jätetty tästä analyysistä pois. Kirja jakautuu seuraavanlaisesti muiden pääotsikoiden alla:

#### 2. *Sydän*

*Sydämen rakenne*

*Sydämen kuntoa kuvastaa lyöntitiheys*

#### 3. *Verisuonet*

*Verisuonien seinämien rakenne: monenlaisia kudostyyppisiä*

*Verenpaine vaihtelee paljon*



#### 4. Hengityselimet

*Hengitys ja keuhkotilavuudet*

*Happamoituminen lisää hengitystä*

*Happivelka ja väsyminen*

Lukion kirjassa hapensaannin osat ovat siis kaikki samassa kappaleessa lukuun ottamatta soluhengitystä. Lukion kirjan kohdalla ei kuitenkaan tässä koko kappaleessa mainita tai selitetä, miksi ja mihin happea tarvitaan. Tällöin opetuksen vastuulle jää, kuten yläkoulunkin kirjan kohdalla, linkitys soluhengitykseen ja energiantuottoon. Asian kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta on kuitenkin hyvää, että kirjassa sekä hengitys että verenkierto ovat samassa kappaleessa. Toisaalta asiat on kuitenkin osin vain näennäisesti yhdistetty: verenkiertoa ja hengitystä käsitellään eri alaotsikoiden alla eikä todellisuudessa kokonaisuutena. Niinpä hengityksen ja verenkierron loogisen kokonaisuuden esittely jää tässäkin kirjassa osin näennäiseksi.

Lukion kirjassa *Biologia Ihminen* keskeiset termit on tummennettu, esimerkiksi lyöntitiheys, sinussolmuke, hemoglobiini, anemia, kudosis, jyväsolu jne. Kirjassa on mahdollisesti pyritty korostamaan uusia termejä. Tästä voi kuitenkin seurata se, että oppilaille tulee käsitys näiden muistamisen tärkeydestä. Hengityksen ja verenkierron kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta tärkeämpää olisi kuitenkin kokonaisuuden hahmottaminen yksittäisten termien ja niiden selitysten sijaan.

Veren yhteydessä kirjassa kerrotaan sen osmoottisista ominaisuuksista. Kirjassa ei kuitenkaan selitetä ollenkaan, mitä nämä osmoottiset ominaisuudet ovat. Veren osmoottiset ominaisuudet ovat toiminnan kannalta tärkeitä ja siksi myös niiden selitys olisi paikallaan. Edeltävässä kappaleessa *Ruuan sulatus* mainitaan osmoottisuus ja diffuusio, mutta näitä ei myöskään määritellä. Oppilaita saattaa kirjan kohdalla sotkea se, että osmoottisuudesta ja diffuusiosta puhutaan yhtäaikaaisesti. Lisäksi kirjassa mainitaan, että veri koostuu nestemäisestä väliaineesta. Myöhemmin puhutaan plasmasta, mutta näitä ei mitenkään yhdistetä: tekstistä ei voi siis ilman omaa tietämystä ja tulkintaa ymmärtää, että juuri plasma on väliainetta. Punasolujen yhteydessä ensimmäisen pääotsikon alla kerrotaan hemoglobiinista. Kappaleessa kerrotaan myös raudan menettämisestä veren mukana. Missään vaiheessa ei kuitenkaan selitetä, miten rauta vaikuttaa vereen ja sen toimintaan.

Koko kappaleen johdannossa mainitaan, että sydän ylläpitää verenkiertoa pumppaamalla valtimoiden kautta veren elimistöön. Johdannossa hyvää onkin se, että siinä mainitaan verenkierron ja hengityksen muodostavan kiinteän toiminnallisen kokonaisuuden. Seuraavaksi kirja lähtee suoraan käsittelemään verenkiertoa sydämen kautta. Toisin kuin alakoulun ja yläkoulun kirjoissa, tässä kirjassa kuvataan ennemminkin sydämen keskeistä toimintaa kuin sen rakennetta. Toiminta onkin kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta hyvä lähtökohta. Kokonaisuudessaan kappaleen keskittyy ennemminkin toimintaan kuin rakenteeseen. Samalla kappale pohjautuu paljolti kuviin ja kuvissa onkin arvokasta tietoa, jota ei löydy tekstistä. Tekstiorientoituneiden oppilaiden kannalta asian kuvaaminen pelkästään kuvin ei kuitenkaan ole paras mahdollinen tapa. Hyvä oppikirja pyrkii aina ottamaan huomioon erilaiset tavat oppia.

Kappaleen hengityselimistöä koskevassa osassa mainitaan kesken tekstin keuhkorakkulat vaikka niitä ei ole aiemmin selitetty. Keuhkorakkuloiden yhteydessä kerrotaan seuraavaksi diffuusiosta, mutta diffuusiota ei kuitenkaan selitetä koko kirjassa. Kappaleessa keuhkorakkuloiden yhteydessä selitetään myös keuhkorakkuloiden pinnan solujen erittämistä pintajännitystä vähentävistä yhdisteistä. Tämä ei kuitenkaan lukiolaisilta vaadittavan tason yhteydessä ole olennaista vaan lisätietoa, jonka merkitys on vaikeasti ymmärrettävissä kerrotun perusteella. Samalla tavoin täysin täydentävänä tietona kappaleessa on kuvattu aikuisen ja vanhuksen sekä vastasyntyneiden, vanhojen ja eskimoiden tavoiteltava verenpaine. Tällaisella tiedolla saattaa kuitenkin olla motivoivaa arvoa.

Kappaleessa uloshengitystä kuvataan seuraavalla lauseella: ”Uloshengityksessä suurin osa ilmasta poistuu passiivisesti, kun keuhkot joustavuutensa johdosta supistuvat ja kun lopulta myös kylkiluiden väliset lihakset ja vatsalihakset supistuvat.” (Turunen 2007, 45). Oppijalle saattaa kuitenkin kirjaa lukiessa muodostua väärä kuva passiivisuudesta, koska lihasten mainitaan supistuvan ja supistuessaan ne käyttävät energiaa. Oppijan passiivisuuden ymmärtämisen kannalta tehokkaampaa olisi, jos sen yhteydessä supistumisen sijaan käytettäisiin esimerkiksi termiä palautuminen.

Viimeisen alaotsikon alla kuvataan happivelkaa ja väsymistä. Tämä on sikäli kummaa, että hapen tarpeen merkitystä ei ole selitetty koko kirjassa. Ainut maininta hapesta energiantuoton yhteydessä on maitohappokäymisen kuvaus, jossa siinäkin todetaan, että happea ei tarvita. Soluhengitystä kirjassa selitetään vain lyhyesti lihaksen toiminnan yhteydessä eri kappaleessa. Tässä kohdassa ei kuitenkaan mainita ollenkaan soluhengitystä terminä: ainoastaan, miten ja missä energia vapautetaan ravinnosta solujen käyttöön. Hengitystä koskevassa kappaleessa hengitys mainitaan soluhengityksessä muodostuvan hiilidioksidin kiihdyttävän hengitystä. Muussa yhteydessä hengitystä ei yhdistetä mitenkään sen yhteen osaan, soluhengitykseen.

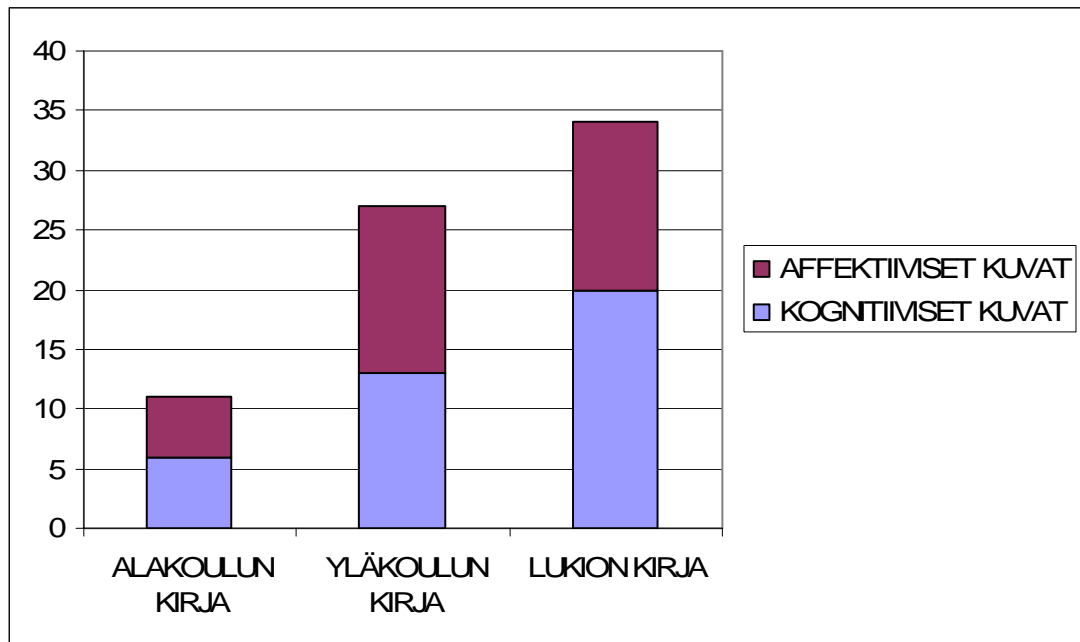
Koko kappaleen lopussa on vielä tiivistelmä, johon on listattu kahdeksan tärkeää kohtaa: vasta tiivistelmässä mainitaan ensimmäisen kerran termi verenkiertojärjestelmä sekä selkeästi, mitä kaikkea siihen kuuluu. Tiivistelmässä mainitaan myös sana keuhkoverenkierto (alkaa oikeasta kammioista), samassa yhteydessä ei kuitenkaan mainita isoa verenkierto.

### 6.1.2 Oppikirjojen kuvituksen analysointi

Taulukossa 2 ja kuviossa 5 on kuvattu oppikirjojen havainnollistamismuotoja ja erilaisten kuvien osuuksia oppikirjoissa.

Taulukko 2. Oppikirjojen tekstiosuuden havainnollistaminen. Taulukossa havainnollistaminen on kuvattu lyhentein, jotka ovat: KU = kuva/piirros, VE = vertaus, VA = valokuva/mikroskooppikuva, KA = kaavio/kuvaaja, T = taulukko, MU = muu, mikä?, \* = erityishuomio (ks. kyseisen kirjan kuvituksen analysointitekstistä alla)

	alakoulu	yläkoulu	lukio
1 Havainnollistetaanko hapen siirtymistä keuhkoista verenkiertoon?	–	VA	–
2 Havainnollistetaanko hengitysmekanismia?	KU	KU	–
2 Havainnollistetaanko verenkiertojärjestelmää (kokonaisuutena)?	KU	KU	KU KU
3 Havainnollistetaanko sydämen toimintaa?	–	KU MU (Selitys stetoskoopilla kuultavista sydäntäänistä ja siitä, miten äänet liittyvät toimintaan.)	KU
4 Havainnollistetaanko sydämen rakennetta?	KU VE	KU KU	KU KU VA
5 Havainnollistetaanko veren kulkua sydämessä?	–	*	*
6 Havainnollistetaanko elinten sijaintia elimistössä?	KU KU KU	KU KU	KU KU
7 Havainnollistetaanko veren koostumusta?	KU	KU VA	KU VA



Kuvio 5. Kuvien kokonaismäärä sekä affektiivisten ja kognitiivisten kuvien osuudet ala- ja yläkoulun sekä lukion oppikirjoissa hengitystä ja verenkiertoa käsittelevillä sivuilla

#### *Alakoulun oppikirja, Jäljillä 5*

Alakoulun oppikirjasta kuvia löytyi 11. Koska alakoulun oppikirjassa hengitystä ja verenkiertoa käsitellään 7 sivun verran, on yhdellä sivulla keskimäärin 1,6 kuvaa. Näistä 11 kuvasta luokittelimme 5 affektiivisiin ja 6 kognitiivisiin kuviin. Kognitiivisista kuvista havainnollisti yksi sydämen rakennetta, yksi verenkiertoelimistöä, yksi veren rakennetta, yksi sisään- ja uloshengitystä, yksi hengityselimistöä sekä yksi keuhkorakkuloita. Affektiivisissä kuvissa kuvattiin mm. polvea, jossa on vertavuotava haava, tai nuotiota.

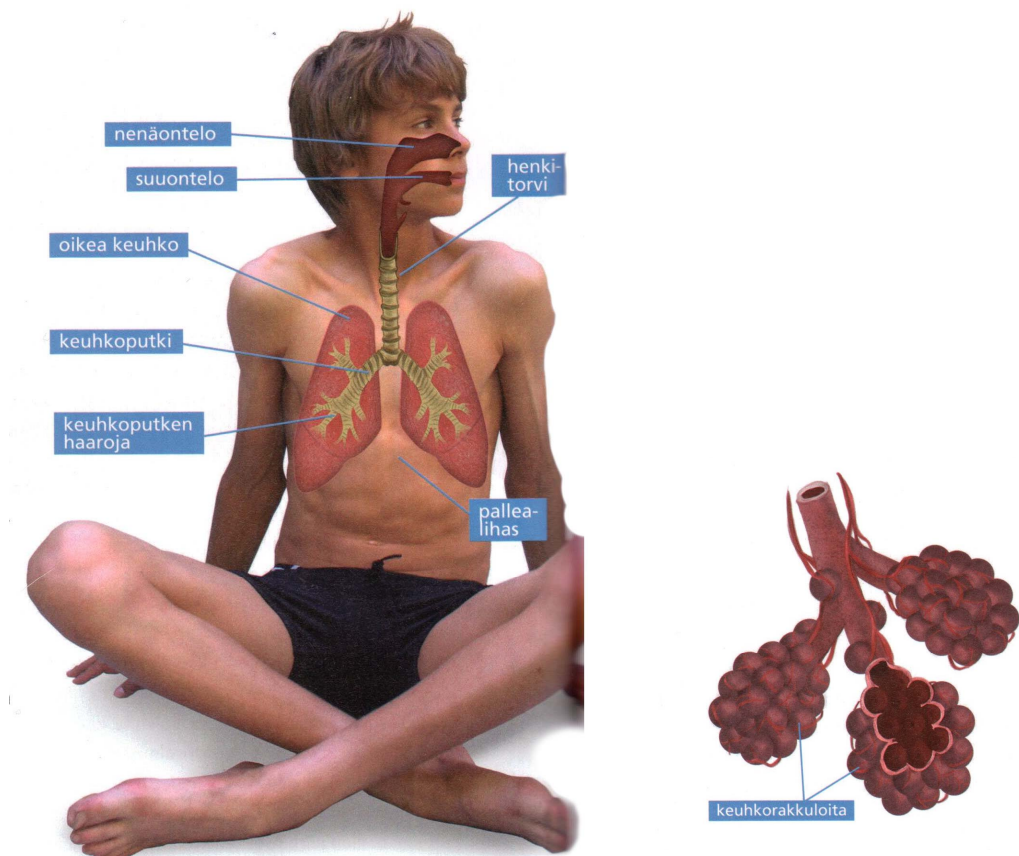
Selkeästi eniten havainnollisuutta on luotu kuvien ja piirrosten avulla. Osa kuvista on sellaisia, joissa ihmisen valokuvan päälle on piirretty elimistöjä. Nämä kuvat kertovat hyvin elinten ja elimistöjen sijainnin kehossa sekä niiden koon. Nämä kuvat olemme luokitelleet kuviin, emmekä valokuviin, sillä varsinainen kuvien funktio tulee nimenomaan piirretyistä osista.

Verenkiertokappaleen ensimmäinen havainnollistaja on vertausteksti, jossa sydäntä verrataan Veeran ja Ollin paritaloon. Edellä kuvatun vertauksen vieressä on

sydämen rakennetta kuvaava kuva, johon on nimetty sydämen kammiot, eteiset sekä sydämen suurimpia verisuonia.

Mielestämme sydämen rakennetta ei pitäisi kuvata toiminnasta irrallisena, vaan toiminnasta lähtöisin. Kyseinen kuva on kuitenkin selkeästi rakennetta kuvaava, eikä oppilas pysty kuvan perusteella hahmottamaan, miten veri sydämessä virtaa. Veren virtausta sydämessä tai sydämen toimintaa ei havainnollistetaakaan alakoulun kirjassa lainkaan.

Hengityskappaleessa on kuva ihmisruumiista, johon on piirretty hengityselimistöä (kuva 5). Tämän kuvan alle on sijoitettu piirros keuhkorakkuloista. Kuvaan on merkitty ”keuhkorakkuloita”. Tätä kuvaa ei kuitenkaan linkitetä lainkaan ylempään, hengityselimistön kuvaan. Oppilaalle ei siis kuvien perusteella muodostu selkeää käsitystä siitä, missä keuhkorakkulat sijaitsevat tai mikä niiden funktio on. Myöskään rakkuloiden todellinen koko ei selkiydy kuvista (kuvassa keuhkorakkulat suurennettuja). Lisäksi keuhkorakkuloiden ympärille on piirretty hyvin epämääräisiä punaisia verisuonia, joita ei kuitenkaan nimetä eikä niiden merkitystä mainita.



Kuva 5. Alakoulun kirjan kuva, jossa hengityselimistöä ja keuhkorakkuloita (Lindgrén ym. 2007, 94)

Alakoulun oppikirjan kuvitus ei tue millään muotoa sitä, että oppilaille muodostuisi selkeä käsitys siitä, miten happi siirtyy keuhkoista verenkiertoon. Myöskään veren kulku sydämen kautta ei kuvien perusteella selkiydy.

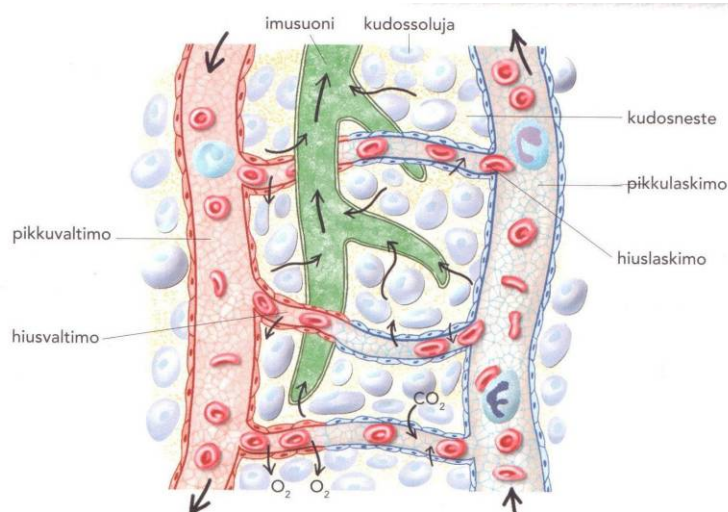
*Yläkoulun oppikirja, Luonnonkirja 7-9 Ihminen*

Yläkoulun kirjassa kuvia oli hengityksen ja verenkierron kappaleissa 27. Näistä kuvista affektiivisia oli 14 ja kognitiivisia 13. Lisäksi erillään hengityksen ja verenkierron kappaleista, soluja käsittelevässä kappaleessa oli yksi kuva passiivisesta kulkeutumisesta (hapen ja hiilidioksidin siirtyminen soluun ja sieltä pois). Tämä kuva oli kognitiivinen (ei kuitenkaan mukana kognitiivisten kuvien lukumäärässä, sillä erillään hengityksen ja verenkierron kappaleista). Hengitystä ja verenkiertoa käsiteltiin yläkoulun kirjassa 19 sivun verran, joten keskimäärin yhdellä sivulla oli 1,4 kuvaa.

Kognitiivisista kuvista kaksi liittyi hengitykseen. Niistä toisessa kuvattiin hengityselimistöä ja keuhkorakkuloita, toisessa sisään- ja uloshengitystä. Verenkierron kognitiivisista kuvista kuvataan veren rakennetta kahdessa, sydämen rakennetta kahdessa, sydämen impulssijärjestelmää yhdessä sekä verenkierron ja aineiden kuljetuksen vaiheita yhdessä kuvassa. Lisäksi yhdessä kuvassa on ihmisruumiin päälle piirretty sydän sekä verisuonia ja imusuonia. Verenvuodon tyrehtymistä kuvataan yhdessä ja veriryhmiä niin ikään yhdessä kuvassa. Nämä eivät kuitenkaan ole kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta mielestämme oleellisimpia seikkoja.

Oppikirjassa on havainnollistettu pikkuvaltimoita ja -laskimoita ja imusuonia kahdessa kuvassa. Näistä toinen keskittyy rakenteen kuvaukseen, toisessa esitellään aineiden siirtymistä suonten ja kudoksen välillä (kuva 6). Jälkimmäinen kuva mahdollistaa ymmärryksen siitä, mitä kudoksissa pelkistetysti tapahtuu. Kuva esittää pikkuvaltimoiden ja laskimoiden muodostavan yhtyvän verkoston, jonka yhteyteen liittyy imusuoni. Kuvassa näkyy mustia nuolia kuvaamassa aineiden kulkusuuntia. Tätä ei kuitenkaan selitetä. Kuvasta puuttuu kuvateksti kokonaan. Lisäksi kuvaan on merkitty nuolet valtimon punasoluista kudoksenesteeseen. Tähän yhteyteen on kirjoitettu  $O_2$ . Kudoksenesteestä on puolestaan merkitty nuoli laskimoon tekstillä  $CO_2$ .

Huomioitavaa on, että hapet on merkattu lähtemään punasoluista, mutta hiilidioksidin nuoli menee laskimoissa punasolujen väliin, eli ei punasoluihin, kuten yleinen tilanne elimistössämmekin on.



Kuva 6. Yläkoulun kirjan kuva ääreisverenkierrasta ja imusuonesta (Holopainen ym. 2007, 53)

Taulukon 2 kohtaan 5 *Havainnollistetaanko veren kulkua sydämessä?* on merkitty erityishuomio. Tämä johtuu siitä, että varsinaista kuvaa ei kyseisestä aiheesta ole, mutta kahteen jo aiemmin taulukossa mainittuun sydämen kuvaan (kohta 4) on piirretty nuolet osoittamaan veren kulkusuuntaa. Tämä on kuitenkin vain tulkittavissa, sillä selitys nuolille ei ilmene kirjassa.

Yläkoulun kirjan havainnollistamisyksiköt kattavat hyvin taulukkoon 2 keskeisiksi nostamiamme teemoja. Hyvänä pidimme hengityselimistön ja keuhkorakkuloiden yhteydessä olevaa mikroskooppikuvaa keuhkorakkulasta, johon on merkitty punasolu sekä hapen ja hiilidioksidin kulkusuunnat rakkulaan ja sieltä pois.

### *Lukion oppikirja, Biologia Ihminen*

Lukion oppikirjassa hengitystä ja verenkiertoa käsittelevissä kappaleissa oli kuvia kaikkiaan 34. Näistä affektiivisia 14 oli ja kognitiivisia 20. *Verenkierto ja hengitys* – kappale oli 22 sivua pitkä, joten kuvia oli 1,5 sivua kohti. Kuten taulukosta 2 nähdään, suurin osa kirjan havainnollistamisyksiköistä on kuvia ja piirroksia. Affektiivisista kuvista suurin osa puolestaan oli valokuvia.



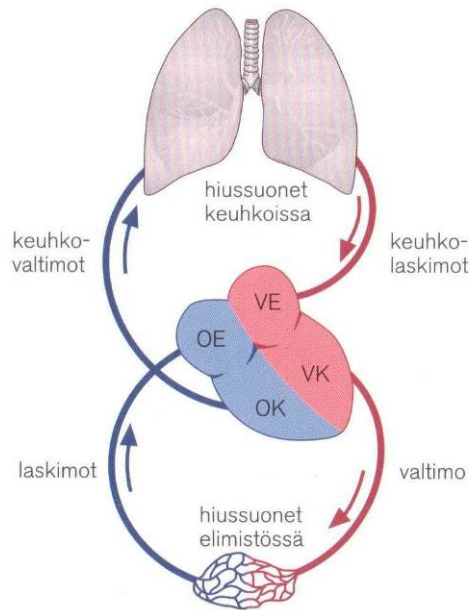
Kognitiivisista kuvista käsiteltiin veren koostumusta neljässä, veren hyytymistä kolmessa, sydäntä kolmessa, verenkiertoa yleisesti kolmessa, verisuonten rakennetta yhdessä, tapahtumia hiussuonissa yhdessä sekä verenpainetta yhdessä. Hengitykseen liittyviä kognitiivisia kuvia esiintyi neljä: kaasujen vaihtoa, hengityselimiä, ihmisen hengitystilavuuksia sekä astmaa käsittelevät kuvat.

Taulukon 2 kohtaan 5 *Havainnollistetaanko veren kulkua sydämessä?* on merkitty erityishuomio. Tämä johtuu siitä, että varsinaista kuvaa ei kyseisestä aiheesta ole, mutta kohdan 4 kahteen ensiksi mainittuun sydämen kuvaan on piirretty nuolet osoittamaan veren kulkusuuntaa. Jälkimmäisen kuvan kuvatekstissä on mainittu nuolten merkitys veren virtaussuunnan osoittajana.

Erityishuomiona mainittakoon, että kirjassa esitellään mikroskooppikuva veren soluista. Kuva kuitenkin antaa väärän käsityksen niiden suhteellisista määristä veressä. Kuvassa näkyy eniten verihutaleita, 3-4 punasolua ja yksi valosolu. Kuvatekstissä kuitenkin mainitaan, että suurin osa veren soluista on punasoluja.

Oppikirjassa on monia ymmärrystä edistäviä kuvia, kuten piirros, jossa kuvataan tapahtumat hiussuonissa. Kuvateksti on viisivaiheinen tapahtumaketju hiussuonessa, jolla kuvataan hapen ja ravintoaineiden siirtyminen soluihin sekä hiilidioksidin ja kuona-aineiden siirtyminen soluista hiussuoneen.

Verenkierron kokonaisuuden ymmärrystä lisäävässä kuvassa kuvataan keskellä sydän, josta lähtevät keuhkovaltimot ylös keuhkoihin ja valtimo alas elimistöön ja johon palaavat keuhkolaskimot ylhäältä keuhkosta sekä laskimot alhaalta elimistöstä (kuva 7). Kuva selkeyttää sitä, että sydämen kautta kulkee kaksi erillistä reittiä, toinen keuhkoihin, toinen elimistöön. Kuvassa keuhkoihin ja elimistöön menevät lenkit on piirretty samankokoisiksi, mikä ei todellisuudessa pidä paikkaansa. Lisäksi kuvaan on merkitty sinisellä elimistöstä sydämeen tulevat laskimot ja keuhkovaltimot sekä punaisella keuhkolaskimot ja elimistöön menevät valtimot. Tämä kuvaa hyvin sitä, missä suonissa kulkee hiilidioksidipitoinen ja missä happipitoinen veri, mutta se voi myös hämmentää oppilaita, sillä usein valtimot on totuttu kuvaamaan punaisella ja laskimot sinisellä.



3.11 Verenkierro yleinen kulku. Sydän pumppaa verta oikeasta kammiosta keuhkoihin ja samanaikaisesti myös vasemmasta kammiosta muualle elimistöön. Veri saapuu keuhkoista vasempaan eteiseen ja muualta elimistöstä oikeaan eteiseen.

Kuva 7. Lukion oppikirjan kuva, jossa kuvataan verenkierron yleinen kulku (Turunen 2007, 35)

Puutteeksi lukion oppikirjassa mainittakoon se, ettei siinä havainnollisteta hapen siirtymistä keuhkoista verenkiertoon (ks. taulukko 2). Eräässä kuvassa on merkitty nuolella hiilidioksidin siirtyvän keuhkoihin ja hapen keuhkoista keuhkolaskimoihin, mutta tätä ei havainnollisteta tarkemmin (esimerkiksi keuhkorakkuloita esittelevän kuvan yhteydessä). Myöskään hengitysmekanismeja ei havainnollisteta.

### *Yhteenvetoa oppikirjojen kuvituksista*

Kaikkien kolmen kouluasteen oppikirjoissa kuvien keskimääräinen lukumäärä sivua kohti oli varsin sama (1,4–1,6). Sen sijaan verrattaessa affektiivisten ja kognitiivisten kuvien lukumäärää (ks. kuvio 5), huomataan lukion oppikirjassa olevan suhteessa enemmän kognitiivisia kuvia kuin ala- ja yläkoulun oppikirjoissa. Näissä affektiivisia ja kognitiivisia kuvia on suurin piirtein puolet ja puolet. Tarkasteltaessa kuvien lukumäärää, havaitaan sen lisääntyvät kouluasteelta toiselle siirryttäessä. Tämä selittyy suurelta osin sillä, että myös aihetta käsittelevien sivujen lukumäärä kasvaa. Kuten todettu, kuvia on sivua kohti melko sama määrä kouluasteesta riippumatta.

Havainnollistamismuotojen luokittelusta huomataan, että hengitystä ja verenkiertoa on havainnollistettu pääasiassa vain kuvin, piirroksin ja valokuvin. Taulukoita tai kuvaajia ei löydy. Toisaalta aihe ei kenties ole kaikista luontevin kyseisten kuvatyypin käyttöön. Alakoulun kirjassa varsinaiset havainnollistamiskuvat ovat piirroksia, kun taas yläkoulun ja lukion kirjoissa on käytetty lisäksi valokuvia tai mikroskooppikuvia. Valtaosa kaikkien kouluasteiden affektiivisistä kuvista kuitenkin on nimenomaan valokuvia (nämä eivät siis ole mukana havainnollistamisen taulukossa).

### 6.1.3 Miten opetus etenee oppikirjoissa

Hengittämisen merkityksen suhteen oppijan taival normaalikoulun alakoulusta lukioon on käänteinen pelkästään oppikirjoja ajatellen. Sekä alakoulun että yläkoulun kirjoissa merkitys linkitetään energian tuottoon. Erona näissä kahdessa kirjassa on se, että yläkoulun kirjassa energiantuoton yhteydessä puhutaan jo soluhengityksestä. Käänteistä oppiminen on siinä suhteessa, että lukiossa käytettävässä kirjassa ei enää mainita ollenkaan hengityksen yhteyttä energian tuottoon. Hengitysmekanismien yhteydessä tieto kuitenkin lisääntyy kasvavasti kirjoittain: alakoulun kirjassa hengityselimistöä kerrotaan vain rintakehä, pallea ja keuhkot, kun yläkoulun ja lukion kirjoissa kuvataan jo nenä- ja suuonteloista aina keuhkorakkuloihin. Yläkoulun ja lukion kirjoihin verrattuna alakoulun kirja ainoastaan kuvaa hapen kulkemisen soluille, kun taas yläkoulun kirjassa kerrotaan jo sisään ja uloshengitykseen liittyvistä paineista ja lihasten aktiivisuudesta sekä passiivisuudesta. Yläkoulun kirjaan verrattuna lukion kirja ei kuitenkaan tiedollisesti syvennä tärkeäksi katsomiamme asioita hengitykseen liittyen.

Verenkierron tehtäviin liittyen alakoulun kirjasta puuttuu hormonien kuljetuksen merkitys. Muuten veren rakenteen sisällöt ovat samat: erilaiset solut sekä veren nestemäisyys. Ero kirjojen välillä on lähinnä kuvaamiseen syvyydessä: alakoulussa mainitaan ainoastaan veren olevan nestemäistä kun taas lukion kirjassa kuvataan jo veri erikoistuneena sidekudoksena, jossa on myös nestemäistä väliainetta. Punasolujen kohdalla tieto lisääntyy oppiasteittain: alakoulun kirjassa kuvataan ainoastaan punasolujen kuljettavan happea ja hiilidioksidia, kun taas yläkoulun kirjassa kerrotaan jo hemoglobiinista ja hapen sitoutumisesta siihen. Lukion

oppikirjassa vastaavasti tieto lisääntyy punasolujen syntymisellä ja tuhoutumisella. Vasta lukion kirjassa ensimmäisen kerran mainitaan hiilidioksidin kulkeutuvan vain osin hemoglobiiniin sitoutuneena. Vastaavasti verenkiertoelimistöjen kohdallakin sisällöt ovat kirjoissa samat, mutta tiedon syvyys on erilainen oppikirjoittain. Alakoulun oppikirjassa erilaiset verisuonet on esimerkiksi ainoastaan mainittu, kun taas yläkoulun kirjassa niiden merkitystä kuvataan jo toiminnan kannalta. Lukion kirjassa vastaavasti erilaisiin verisuoniin paneudutaan jo niiden rakenteen ja toiminnan suhteen. Erikoista verenkiertoelimistön kannalta on se, että ainoastaan yläkoulun kirjassa tekstissä mainitaan iso ja pieni eli keuhkoverenkierto. Sydämeen liittyen sen rakenteen ja toiminnan kuvaus lisääntyy oppiasteittain (ks. taulukko 1).

Keuhkorakkuloiden sekä diffuusion kohdalla tieto ei myöskään lisääny kumulatiivisesti yläkoulun ja lukion välillä. Yläkoulun kirjassa diffuusio käsitellään tekstissä ja havainnollistetaan kuvalla (tosin ei hengityksen yhteydessä vaan solun toiminnan), kun taas lukion kirjassa puhtaasti ainoastaan kaasujen vaihtumisesta. Alakoulun kirjassa vastaavasti kerrotaan ainoastaan hapen siirtyvän keuhkorakkuloista vereen, muttei kuvata tarkemmin, miten se tapahtuu. Muilta osin kaikissa kirjoista keuhkorakkulat ovat yhtenä osana hengitystä. Vastaavasti myös soluhengityksen kohdalla kirjoissa on suuriakin eroja. Alakoulun kirjoissa soluhengitystä ei mainita terminä, mutta hapen käyttäminen ja hiilidioksidin syntyminen energiantuotossa mainitaan. Yläkoulun kirjassa hengityksen ja verenkierron yhteydessä ei käsitellä soluhengitystä, vaan se käsitellään solu koskevassa kappaleessa, jossa soluhengitys on selitetty reaktiona: mitä tarvitaan, mitä syntyy lopputuotteena ja miten hapetta saadaan ja hiilidioksidia poistetaan. Yläkoulun kirjan hengityksen ja verenkierron yksi suurimpia puutteita on kuitenkin se, että tähän solu-kappaleeseen ei enää niiden yhteydessä viitata. Lukion kirjassa hengityksen merkityksen tavoin soluhengitystä ei selitetä: kirjassa mainitaan ainoastaan hengitystä olevan myös mitokondrioissa tapahtuva soluhengitys.

Koska opetussuunnitelma on hyvin ylimalkainen, voidaan todeta, että kaikki oppikirjat noudattelivat opetussuunnitelman vaatimuksia. Tässä yhteydessä voidaan kuitenkin pohtia, luoko opetussuunnitelma riittävää kriteeristöä oppikirjalle. Hyvä oppikirja ottaa huomioon lukijansa ikätason asettamat vaatimukset. Tähän opetussuunnitelma ei kuitenkaan aseta rajoituksia tai tavoitteita.

## 6.2 Tutkimuksessa käytettyjen *Olipa kerran elämä* –sarjan jaksoiden kuvaus

### 6.2.1 *Sydän*-jakson yleinen kulku

Albert Barillén *Olipa kerran elämä* –sarjan jakso *Sydän* alkaa selityksellä veren kiertämisestä verisuonistossa. Aiemmissa jaksoissa on käsitelty esimerkiksi verta sekä muita elimistön toimintoja.

*Sydän* jakson alussa kerrotaan verenkierron tutkimisen historiasta ja erityisesti siitä, miten aiemmin veren ei uskottu kiertävän. Tämä jälkeen todetaan veren kuitenkin kiertävän sydämen pumppuamana. Videolla näkyy kuva pumppaavasta sydäimestä, jossa on erotettavissa kammiota ja eteiset sekä veri ja sydäimestä lähtevät sekä sinne palaavat verisuonet. Tämän jälkeen kuvataan punasoluja, jotka kulkevat (kävellen) verisuonissa. Tässä kohtaa videota ei kuitenkaan kerrota niiden olevan punasoluja. Jakson aikana eräs punasoluista selittää muille, mitä missäkin vaiheessa tapahtuu.

Seuraavassa osassa videolla kuvataan verenkiertoelimistön rakennetta punasolujen näkökulmasta. Alussa punasolut saapuvat videolla alaonttolaskimoon ja siitä edelleen sydämen oikeaan eteiseen. Seuraavaksi punasolut siirtyvät trikuspidaaliläpän kautta sydämen oikeaan kammioon ja sieltä edelleen edellisen kaltaisen läpän läpi. Tässä kohtaa kertova punasolu selittää heidän reitin suuresta verenkierrosta sydämen oikean eteisen kautta oikeaan kammioon ja edelleen pieneen verenkiertoon, jonka jälkeen he vaihtavat keuhkoissa hiilidioksidin hapeksi ja palaavat sydämen vasempaan eteiseen ja sieltä kammioon. Vasemmasta kammion punasolut lähetetään viemään happea kaikkialle ruumiiseen. Verbaalia selitystä ei kuitenkaan tueta videolla visuaalisesti.

Seuraavaksi kuvataan punasolujen matkaa kohti keuhkoja. Punasolujen ollessa jossakin lähellä keuhkoja kertova punasolu selittää tarinan - joka myös kuvataan visuaalisesti -. sydäninfarktin saaneesta potilaasta, jolla oli verisuonessa tukkeuma. Tällä ihmisellä on videolla epäterveelliset elämäntavat ja hän juo alkoholia, polttaa tupakkaa ja syö rasvaista ruokaa eikä välitä lääkärin ohjeista. Tarinan jälkeen punasolut saapuvat keuhkoihin ja keuhkorakkuloihin vaihtamaan hiilidioksidin hapeksi. Keuhkorakkulat kuvataan onttoina pusseina, joissa punasolut ovat vapaasti.

Keuhkorakkuloista punasolut siirtyvät pieniä verisuonia pitkin (joiden ei kuitenkaan mainita olevan verisuonia) oikeaan keuhkolaskimoon ja edelleen vasemman eteisen kautta vasempaan kammioon. Eteisessä punasolu mainitsee heidän tulleen oikeasta keuhkosta ja toiset tulijat tulevat vasemmasta keuhkosta. Kammioista punasolut kulkevat suureen verenkiertoon. Tällä kertaa käsivarsiin ja aivoihin menevät suonet ovat jo täynnä ja kertova punasolu selittää heidän kulkevan sisäelimiin. Videon lopuksi kerrotaan vielä sydämen paino ja sykkimismäärä ja näytetään alussakin esiintynyt kuva sydämen halkileikkauksesta.

### *Kommentteja Sydän-jaksosta*

Sydänjakson alussa historian jälkeen kuvataan veri punaisena, nestemäisenä ja virtaavana. Kuvassa sokkeloisesta moniaukkoisesta reitistä virtaa yllättäen verta. Kuvauksen yhteydessä ei kuitenkaan mainita, mitä tuo punainen on. Samalla animaatio on osittain hämäävä sillä tästä voi jäädä käsitys, että isotkin verisuonet ovat tyhjiä, kunnes ne taas täyttyvät. Toisaalta myöhemmässä vaiheessa, kun videolla kuvataan veren kulkua suonissa punasolujen näkökulmasta, kuvataan samalla veressä kulkevan erilaisia hahmoja. Näitä hahmoja ei kuitenkaan videolla selitetä tai edes mainita mitä ne ovat. Osin video perustuukin kokonaan visuaaliseen havainnollistamiseen verbaalisen selityksen puuttuessa kokonaan. Erityisen erikoisena jaksossa pidämme sitä, että koko jakson aikana ei mainita punasoluja nimeltä. Toisaalta toisinaan videolla, esimerkiksi kun kertova punasolu selittää heidän reitin verenkierrossa, verbaalista selitystä ei taas vastaavasti tueta visuaalisesti.

Jaksossa sydän kuvataan lähinnä punasolujen näkökulmasta. Tällöin katsojan on kuitenkin hankala hahmottaa, missä kohtaa esimerkiksi oikea eteinen on sydämessä. Jakson alussa näytettiin kuva verenkiertojärjestelmästä. Tuon kuvan perusteella ei kuitenkaan voi tehdä päätelmää siitä, missä kohtaa elimistössä myöhemmin ollaan, sillä alussa kuvaa ei tuettu verbaalisti. Oppijan näkökulmasta erityisen tärkeää olisi, että oppilaalla on mahdollisuus seurata verenkiertoelimistö myös kokonaiskuvasta, josta näkyy, missä kohdassa verenkiertoelimistö milloinkin ollaan.

Sydämen oikeasta eteisestä kammioon tullessa näiden välinen läppä kuvataan kolmen purjeen muodostamana trikusspidaaliläppänä. Tällaisten yksityiskohtaisten

nimien lisääminen videoon ei kuitenkaan tuo mitään lisää oppimisen ja ymmärtämisen näkökulmasta. Videolla veren kulkunopeutta sydämessä pyritään kuvamaan punasolujen kommentteilla hurjasta kyydistä tai sillä, että he eivät edes tajua, mitä tapahtui. Tällainen kuvaaminen ja vertausten esittäminen on havainnollista varsinkin pienempiä oppijoita ajatellen. Muutoin veren kulkunopeuden ymmärtäminen olisi lapsille liian abstraktia.

Videolla kuvataan myös sydäninfarktipotilas, jolla on huonot elintavat. Tässä kohdassa video pyrkii valistamaan alkoholin, tupakan ja rasvaisen ruuan haitallisuudesta. Verihiutaleiden rooli sydämen suonon ahtautuessa on sekava, sillä verihiutaleet sanovat, että tukoksen ja suonon välinen osa tulee korjata. Vaikka korjaaminen-termi viittaa johonkin positiiviseen tai parantavaan toimintaan, tässä tapauksessa verihiutaleet toimivat kuitenkin elimistö vastaan. Tämän ymmärtäminen vaatii kuitenkin tietoa verihiutaleiden toiminnasta, jota oletettavasti ainakaan pienemmillä oppijoilla ei ole.

#### *Jaksossa esiintyviä epäkohtia*

Sydän-jaksossa oli teoreettisia epäkohtia. Tässä verenkierto kuvaavassa jaksossa hiilidioksidi kulkee punasolujen mukana. Todellisuudessa hiilidioksidi kulkeutuu kuitenkin pääosin liuenneena plasmaan. Videolla hiilidioksidia tai happea ei kuitenkaan ole muualla kuin punasolujen selässä. Toisaalta videolla punasolut kulkevat vain verisuonen alareunassa. Videon perusteella valtaosa suurista suonista onkin lähes tyhjiä verestä. Punasolujen lähestyessä sydäntä kertova punasolu kehottaa kaikki laittamaan takataskunsa kiinni (sulkee hiilidioksidin sisäänsä). Tähän emme kuitenkaan löytäneet perustetta tai seikkaa, mitä tuolla takataskun kiinni vetämisellä halutaan kuvata.

Myös valistavassa osassa, jossa potilas saa sydäninfarktin veritulpasta, on elimistön toimintaan liittyvä epäkohta. Tarinan kertomisen yhteydessä punasolut ovat lähellä keuhkoja. Videolla ei kuitenkaan mainita, että sydäninfarkti seuraa sepelvaltimon tukkeutuessa, ei suinkaan muiden kehon suonten tukkeutuessa.

### 6.2.2 *Hengitys-* jakson yleinen kulku

Albert Barillén *Olipa kerran elämä* -sarjan jakso *Hengitys* alkaa keuhkorakkuloista. Jakson alussa kerrotaan, että keuhkorakkuloissa veri vaihtaa solujen tuottaman hiilidioksidin happeen. tämän lisäksi mainitaan myös, paljonko ihmisellä on keuhkorakkuloita ja että ne sijaitsevat keuhkoissa. Seuraavaksi videolla siirrytään kuvaamaan ilman siirtymistä ulkoilmasta hengitysteihin nenän ja suun kautta, jonka jälkeen päästään nielurisoihin asti.

Seuraavassa vaiheessa videolla siirrytään kudoksiin, joissa punasolut luovuttavat hapet soluille ja saavat kantaakseen hiilidioksidia. Tämän jälkeen siirrytään taas hengitysteihin (ei kerrota tarkasti mihin), jossa näkyy virtaavia happipalleroita. Tässä kohdin video keskittyy kuitenkin kuvaamaan virusten hyökkäystä ja sen torjumista: osa viruksista pääsee lopulta verenkiertoon. Virusten siirtyessä videolla näkyy myös käveleviä punasoluja. Niitä ei kuitenkaan selitetä, virus vain sanoo: ”Nyt olemme veressä.”. Tämän jälkeen videolla kuvataan hapen kulku punasolujen kantamana eri kudoksiin, joissa happi luovutetaan. Videolla esiintyy mitokondrio tehtaan näköisenä laitoksen: tätä ei kuitenkaan videolla verbaalisesti selitetä.

Seuraavaksi kuvataan jälleen kehoa ulkoapäin ja ulkoilmaa. Videolla kuvataankin kahta tupakoivaa poikaa, jotka yskivät niin, että yskän mukana siirtyy toiselle erilaisia aineita. Näitä aineita ei mainita nimeltä. Aineet pureksivat nenän karvoja poikki ja tuhoavat valkosolupoliiseja: kuvausta ei kuitenkaan selitetä verbaalisti. Tupakoitsijan keho kuvataan raunioituneena eikä hän jaksa juosta. Jaksossa ei kuitenkaan mainita, miksi tupakoitsijalle käy näin. Seuraavaksi kuvataan juoksevaa tyttöä, ja hänen rintakehäänsä piirtyy keuhkojen muoto, ääriviivat sekä pääkeuhkoputket ja henkitorvi, joita ei mainita nimeltä.

Tämän jälkeen siirrytään jälleen kuvamaan happien kulkua elimistössä. Video hyppää suoraan kohtaan, jossa happien tunnelimainen reitti haarautuu kahteen. Tätä osaa kehossa ei kuitenkaan mainita nimeltä eikä sitä selitetä. Hapet kulkevat vielä jonkin matkaa, jonka jälkeen siirrytään paikkaan, jossa punasolut (selässään sinisiä palloja) kulkevat läpinäkyvässä putkessa ja hapet sen ympärillä vapaina. Paikka mainitaan, kun pikkuhappi kysyy: ”Isi, miksi täällä on lohcareita?” ja isä



vastaa: ”Siksi, että täällä keuhkoissa on yhdensuuntainen liikenne.” Lohkareet kuvaavat videolla likaa, joka päätyy keuhkoihin hengitysilman mukana.

### *Kommentteja Hengitys-jaksosta*

Johtopäätöksenä *Hengitys*-jaksosta voidaan todeta, että verbaalista selitystä videolla on varsin vähän. Videossa on paljon tapahtumia, joita ei selitetä mitenkään, vaan oppijan ymmärrys nojaa ainoastaan animaation varaan. Esimerkiksi videolla happipalleroita leijailee puun lähellä ennen sisäänhengitystä (viittaus puiden tuottamaan happeen), mutta videolla ei kuitenkaan mainita, mistä happi tulee.

Videon alkuosassa hapen kulku hengitysilma- sisään elimistöön kuvataan sen tapahtumassa järjestyksessä. Kun päästään nielurisoihin asti, video hyppää kudoksiin, jossa punasolut luovuttavat hapen soluille. Video ei siis etene loogisessa järjestyksessä. Toisaalta videosta menee melko suuri osa ajallisesti immuunijärjestelmän kuvaamiseen. Nämä osat on jätetty kokonaan pois analyysistämme, sillä ne eivät ole keskeistä hengityksen ymmärtämisessä.

### *Jaksossa esiintyviä epäkohtia*

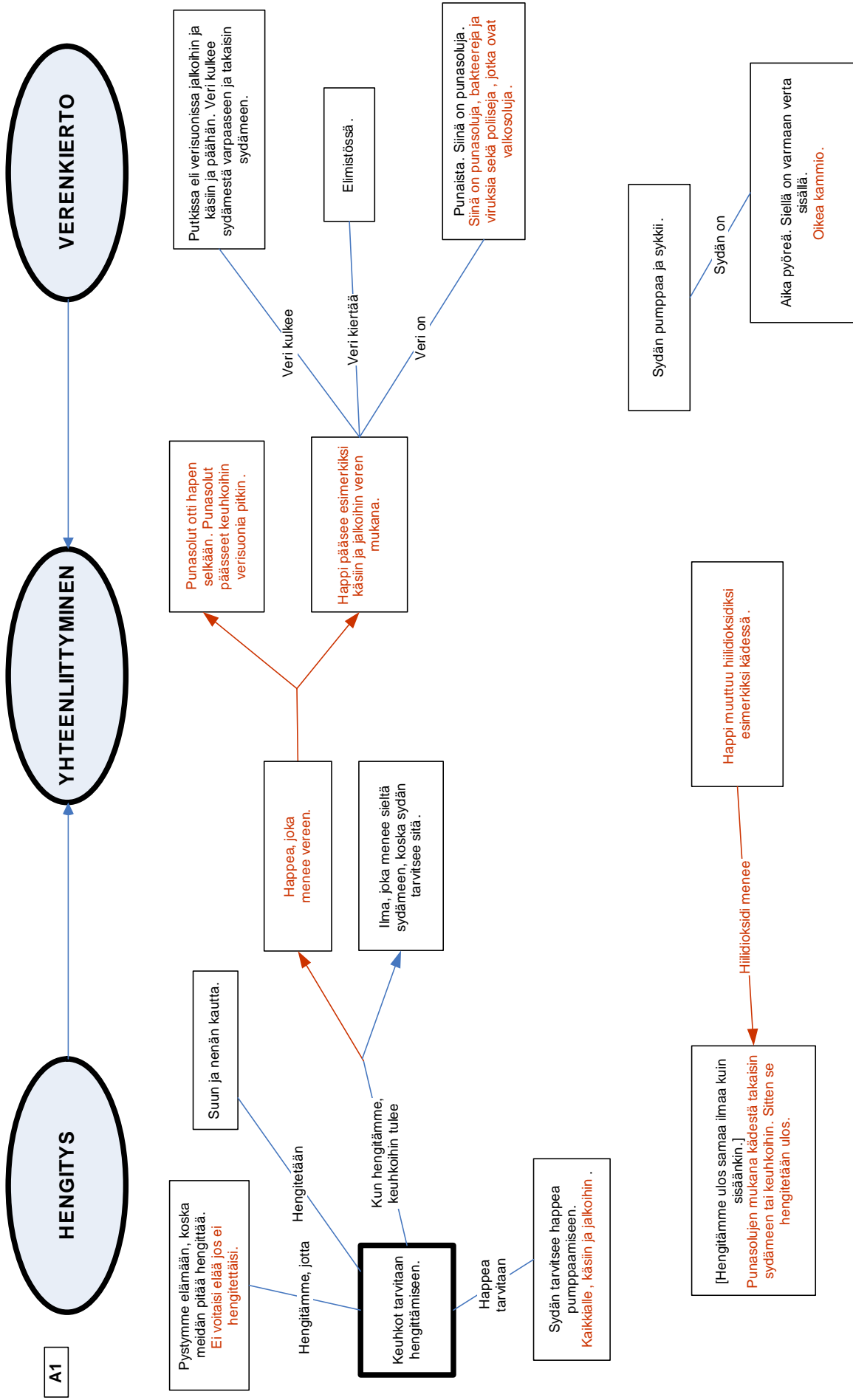
Jaksossa happiatomit kuvataan yksittäisinä molekyyleinä, ei O<sub>2</sub>-muodossa. Toisaalta videolla toisinaan kuvataan hapet käsi kädessä. Tällöin katsojan tulkittavaksi jää, tarkoittaako käsi kädessä kulkeminen juuri tuota kahden happiatomin yhdistelmää. Tällainen epäkohta ei kuitenkaan ole häiritsevää tai merkittävää hengityksen ja verenkierron ymmärtämisen kannalta. Videolla myös virukset ja bakteerit leviävät ilmassa sellaisenaan, vaikka todellisuudessa ne leviävät pisaratartuntana nesteeseen kiinnittyneinä.

Sekä *Hengitys*- että *Sydän*-jaksoissa hapet, veren solut sekä muut osat personalisoidaan hahmoiksi, joilla on oma tahto. Tämänkin kohdalla tulkinta persoonien merkityksestä jää katsojalleen ja oppijalleen. Jakson aikana virukset kulkivat yhdessä kohtaa hengitysteissä eri suuntaan virtaavan hapen kanssa. Toisaalta *Sydän*-jakson tapaan hiilidioksidit lastataan videolla kudoksissa

punasolujen selkään, vaikka todellisuudessa hiilidioksidi kulkeutuu pääsääntöisesti plasmaan liuenneena.

### 6.3 Oppijoiden ymmärrys

#### 6.3.1 Alakoulun oppilaat



Kuvio 6. Alakoululikäisen oppilaan (A1) haastattelussa antamia vastauksia kootuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Alakoulun oppilas A1*

Alkuhaastattelussa ilmeni, että oppilas kyllä tietää hengittämiseen tarvittavia kehon osia (suu, nenä, keuhkot). Hengittämisen merkitys ei kuitenkaan ole oppilaalle lainkaan selvää. Oppilaalla on hyvin yleismaailmallinen käsitys: elämme, koska hengitämme, mutta perusteita tälle ei löydy. Lisäksi oppilaan mukaan sydän tarvitsee ilmaa tai happea pumppaamiseen. Oppilas ei käsitä, että happea tarvitaan kaikkialle kehoon, ei vain sydämelle. Oppilas ei myöskään alkuhaastattelussa osaa kuvata, miksi ihmisessä on verta. Osaa kuitenkin (sydämen kuvan avulla) kertoa, että sydäimestä veri lähtee kiertämään elimistöön. Alkuhaastattelussa oppilas myös kertoo ihmisen hengittävän samaa ilmaa, happea, ulos kuin sisäänkin (ei siis tietoa hiilidioksidista).

Alkuhaastattelussa oppilas ei osannut kuvata hapen kulkua keuhkoista eteenpäin. Oppilas siis ajatteli, että hengittäminen liittyy sydämeen, ja sydän verenkiertoon, mutta ei ymmärtänyt näiden muodostamaa kokonaisuutta. Vasta jälkihaastattelussa oppilas kertoi hapen kulkevan veressä. Alkuhaastattelussa oppilas kertoo sydämen tehtävästä vain, että se sykkii ja pumppaa (ei mainintaa, mitä). Jälkihaastattelussa tämä tieto ei syvene, eli oppilas ei edelleenkään ymmärrä sydämen roolia verenkiertojärjestelmässä.

Kaupunkivertauksessa oppilas määrittää verisuonet kaduiksi ja sydämen kaupungintaloksi. Hän siis kuitenkin ymmärtää sydämen keskeiseksi osaksi ihmiskehoa, vaikkei sen merkitystä täysin käsitäkään.

Oppilas osasi konkretian ja käytännön kautta selittää ilmiöitä, muttei kytkeä näitä teoriaan. Kysyttäessä mitä tapahtuu pesäpallokentällä, kun juoksee: *"Voi niinku hengästyä ja silloin rupee hengittää niinku nopeemmin."* Kysyttäessä, miksi, oppilas vastaa: *"Keuhkot tarvii silloin enemmän ilmaa."* Edelleen, kysyttäessä tapahtuuko sydämelle samalla jotakin kun juoksee ja hengästyy: *"No joo, se rupee niinku sykkimään nopeemmin."* Kysyttäessä, mistä tämä voisi johtua, ei osannut sanoa mitään. Oppilas osaa siis kyllä kuvailla, mitä kehossa voidaan aistein havaita, mutta ei ymmärrä, miksi näin tapahtuu. Kyseinen oppilas on siis selvästi vielä hyvin

konkreettisella tasolla ajattelussaan (vrt. Piaget). Lisäksi oppilaan vastauksesta ilmenee ajatus siitä, että hengittämme keuhkoja varten.

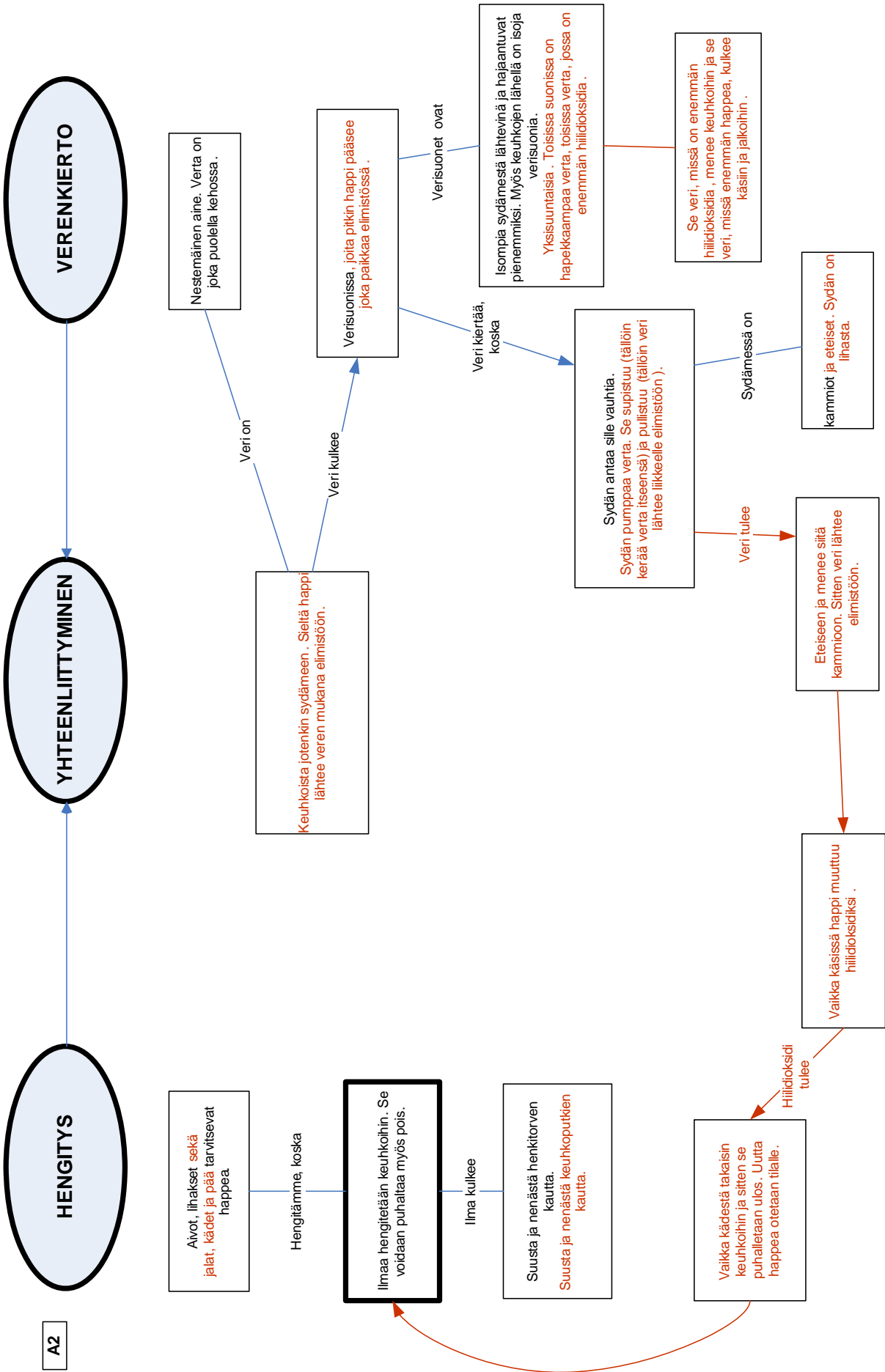
Edelleen, jälkihaastattelussa, oppilas kertoo hengittämisen olevan tärkeää, koska emme voisi elää ilman sitä. Lisäksi hän sanoo, että happea menee kehossa kaikkialla, käsiin ja jalkoihin, mutta syytä tälle hän ei tiedä.

Tämän oppilaan kohdalla videolla näyttäisi olleen jonkinasteinen positiivinen vaikutus oppimiseen. Jälkihaastattelussa oppilas osasi kertoa punasolujen kuljettavan happea ja osasi mainita myös hiilidioksidin, joksi happi on kudoksissa muuttunut. Kuitenkin oppilaan kertomasta jää kuva, että oppiminen ei ole syvällistä ymmärtämistä, vaan muistamista videolta. Kuten oppilaan käsittekartastakin (kuvio 6) huomataan, käsitykset eivät muodosta edes jälkihaastattelun jälkeen yhtenäistä, etenevää mallia hengityksestä ja verenkierrosta, vaan aukkoja jää. Selkeitä vaikeuksia oppilaalla on ollut ymmärtää sydämen rooli verenkierrossa, miksi veri kiertää elimistössä ja mitä verelle ja hapelle elimistössä tapahtuu sekä miksi ylipäättään hengittämme tai meillä on verenkierto. Oppilas osaa kuvailla ilmiötä yksinkertaisesti ja konkreettisesti, mutta hänellä ei ole selkeitä vastauksia miksi-kysymyksiin.

Vielä jälkihaastattelunkaan jälkeen oppilas ei täysin ymmärrä hapen reittiä hengityselimistöistä verenkiertoon. Kysyttäessä, miten ilma pääsee kehoon, vastasi nenän ja suun jälkeen ilman menevän keuhkoihin ja sydämeen ”*ja sitten sydäimestä sitten veren mukana*”. Selkeästi vanha käsitys siitä, että happi menee sydämeen vaikuttaa siis vielä taustalla (vrt. käsitteellinen muutos). Toisaalta, oppilas myös kertoo jälkihaastattelussa hapen tulevan vereen keuhkoissa sekä punasolujen ottavan keuhkoissa hapet selkään ja vievän ne kaikkialle, esimerkiksi päähän ja jalkoihin. Tämä käsitys oppilaalle on selkeästi muodostunut videosta (videollahan punasoluhahmot ottavat happipallot selkäreppuihinsa). Oppilas osasi selittää punasolujen kuljettavan happea selässään ja saavan sitä keuhkoista kyytiin, mutta aiemmin hän kuitenkin sanoi hapen menevän sydämeen, josta se menee vereen. Selkeä, vahva käsitys siis ei ole vielä kunnolla muodostunut.

Kyseisellä oppilaalla oli kummankin haastattelun aikana vaikeuksia antaa vastauksia. Kysymyksiä seurasi pitkä hiljainen hetki, ja haastattelijat joutuivat jatkuvasti rohkaisemaan oppilasta vastaamaan. On toki vaikeaa sanoa ilman tarkempaa oppilaantuntemusta, oliko kyse esimerkiksi jännittämisestä, kielellisen ilmaisun vaikeudesta vai tiedon puutteesta.

Jälkihaastattelunkaan jälkeen oppilaalla ei ole selkeää kuvaa siitä, miksi hengitetään. Myöskään hengityksen ja verenkierron yhteen nivoutuminen ei ole selvillä. Oppilaan puheista jää edelleen sellainen kuva, että happi menee sydämelle. Sydämen rooli ei selviä oppilaan puheesta. Hän ei siis tuo esille, että sydän pumppaa verta liikkeelle. Myöskään oppilas ei tiedä, mihin happea tarvitaan. Video aukaisi oppilaalle asioita, mutta silti jäi kuva, että hän osasi vain kertoa asioita videosta ilman, että todella ymmärsi, mitä ne esittivät tai tarkoittivat.



Kuvio 7. Alakoululukaisen oppilaan (A2) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaiksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Alakoulun oppilas A2*

Jo alkuhaastattelussa oppilas on ymmärtänyt elimistön tarvitsevan happea. Hän ei kuitenkaan osaa esi- eikä jälkihaastattelussa sanoa, miksi elimistö happea tarvitsee.

*Jos ei hengitä niinku pitkään aikaan---jossain vaiheessa voi oikeesti vaikka kuolla.---Elimistö ei saa happea.*

Alkuhaastattelussa oppilas oli sitä mieltä, että hapelle tapahtuu keuhkoissa jotain, ja hengitämme ulos jotain muuta kuin happea. Kysyttäessä, mitä hapelle tapahtuu keuhkoissa, oppilas vastaa:

*Se tulee pois sitten se happi---heti kun hengittää ulos se tulee. Ja sitten kun pidättää henkee niin ilma tai happi ni sit se jää sinne keuhkoihin kun se ei pääse tuleen pois sieltä.*

Vaikka oppilas tietää, että happea tarvitaan elimistössä ja että veri kulkee kaikkialle, hän ei osaa yhdistää näitä kahta asiaa, eikä siis ymmärrä verenkierron roolia hapen kuljettajana. Tämä ilmenee myös käsitekartasta. Jälkihaastattelussa oppilas sanoo, että happi kulkee melkein joka paikkaan elimistössä verisuonia pitkin. Hän ei kuitenkaan osaa selittää, miten happi siirtyy vereen. Käsitys ei siis ole vielä vakiintunut tai selkeä.

Jälkihaastattelussa oppilas muisteli videolta, että veressä oli ihmisennäköisiä punaisia, jotka kuljettivat happea. Sanoi, että nämä ovat verta. Hän pohti, onko veressä oikeastikin jotain, joka kuljettaa happea. Oppilas aprikoi, olivatko videon punaiset hapenkuljettajat soluja. Ei osannut kysyttäessä kertoa, mitä solut ovat. Oppilas siis mainitsi jälkihaastattelussa, että happi menee veren mukana, ja että videolla ”ne ihmisennäköiset” kuljettivat happea. Oppilas ei kuitenkaan osannut sanoa, miten asia oikeasti ihmisenkehossa voisi tapahtua. Oppilaalla ei siis vielä jälkihaastattelunkaan jälkeen ollut selkeää käsitystä siitä, miten happi siirtyy keuhkoista verenkiertoon ja kulkee edelleen veressä. Tämän vuoksi käsitekartassa (kuvio 7) ei ole nuolta hengityksestä hengityksen ja verenkierron yhteenliittymiseen (vasemmalta ylhäältä keskelle ylös).



Alkuhaastattelussa oppilas osasi lähinnä vain mainita verisuonet ja kertoa veren kulkevan niissä. Lisäksi hän tiesi, että suonia on erikokoisia (isoimmat sydämen ja keuhkojen lähellä; ei kuitenkaan osannut selittää, miksi keuhkojen lähellä on isoja verisuonia). Jälkihaastattelussa oppilaan käsitys verisuonista oli syventynyt, sillä hän osasi kertoa hapen kulkevan verisuonissa veren mukana kaikkialle. Lisäksi hän tiesi nyt veren kulkevan verisuonissa vain yhteen suuntaan ja että toisissa suonissa kulkee hapekkaampaa verta ja toisissa verta, jossa on enemmän hiilidioksidia. Jälkihaastattelussa oppilas myös tiesi happipitoisen veren kulkevan käsiin ja jalkoihin ja enemmän hiilidioksidia sisältävän veren kulkevan keuhkoihin. Tämän kertoman perusteella oppilas ymmärtää, että nimenomaan keuhkoissa happi siirtyy vereen ja hiilidioksidi siitä pois. Kysyttäessä, mitä hapelle keuhkoissa tapahtuu, oppilas ei ole varma. Hän tietää, ettei happi jää keuhkoihin. Hän kertoo hapen menevän jotenkin sydämeen. Sieltä happi lähtee veren mukana vaikka käsiin. Oppilas ei osaa sanoa, miten happi menee keuhkoista sydämeen.

Sydämen tehtävä on jo alkuhaastattelussa oppilaalle melko selvä. Oppilas ymmärsi, että veri kulkee verisuonessa vain yhteen suuntaan, mutta ei osannut selkeästi vastata, miten ja missä veri palaa takaisin sydämeen.

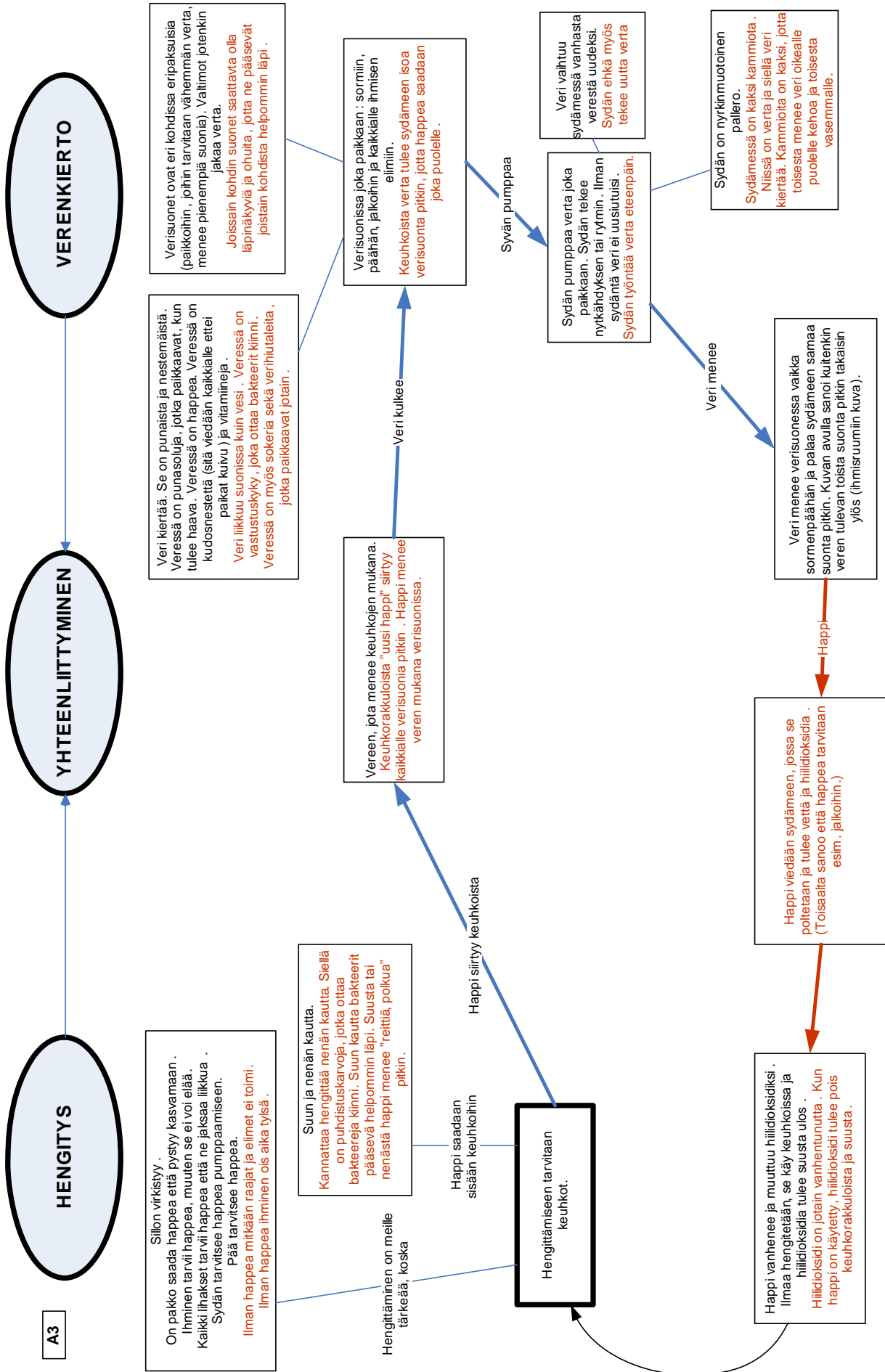
*Se sydän se pumppaa verta ja antaa sille vähän niinku vauhtia---se niinku lähtee, sit se kiertää verisuonissa ja sit se tulee jossain vaiheessa niinku jotain reittiä takas, sit se antaa taas uuden vauhin ja näin.*

Oppilas vertasi alkuhaastattelussa verisuonia teihin (erikokoisia: valtatie, kadut) ja sydäntä autotehtaaseen. Autotehdasta hän ei osannut tarkemmin perustella, mutta voisi päätellä, että oppilas ajatteli siis kaiken veren kulkevan sydämen kautta. Viittausta siihen, että oppilas kuvittelisi sydämen valmistavan verta tai sen osia ei muussa haastattelussa ilmennyt.

Jälkihaastattelussa oppilaan käsitys sydämen toiminnasta oli selkeästi syventynyt. Oppilas kertoi, että sydän pumppaa verta: se supistuu ja pullistuu. Kun sydän pullistuu, veri lähtee liikkeelle elimistöön. Kun sydän supistuu, se kerää verta itseensä. Tässä yhteydessä oppilas muistelee videolta kammiot ja eteiset (veri menee kammioihin ja eteisiin). Jälkihaastattelussa oppilas mainitsee, että esimerkiksi

käsissä happi muuttuu hiilidioksidiksi. Oppilas ei kuitenkaan osaa kuvata prosessia tarkemmin, eikä tiedä, miksi näin tapahtuu.

Kuten oppilaan käsitysten käsitekartastakin (kuvio 7) nähdään, oppilaalla on selkeä käsitys verenkierrosta vasta jälkihaastattelussa. Vaikuttaa siltä, ettei oppilas alkuhaastattelussa ollut lainkaan ymmärtänyt verenkierron kulkevan kaikkialla elimistössä. Alkuhaastattelussa oppilaan käsitys on ollut siis vielä melko hajanainen ja yksittäisistä tiedoista muodostunut, kun taas jälkihaastattelussa käsitys on eheämpi. Kyseisen oppilaan kohdalla video on siis paitsi antanut lisää tietoa aiheesta, todennäköisesti myös auttanut oppilasta yhdistämään käsityksiään eheämmäksi kokonaisuudeksi.



Kuvio 8. Alakoulukäisen oppilaan (A3) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Alakoulun oppilas A3*

Kuten oppilaan käsitekartasta (kuvio 8) nähdään, oppilaalla on jo alkuhaastattelussa melko selkeä käsitys hapen kulusta kudoksiin asti. Hiilidioksidin synty ja sen poisto elimistöstä linkittyy lenkkiin vasta jälkihaastattelussa. Jälkihaastattelussa oppilas siis mainitsee että happi poltetaan lihaksessa (sydän) ja tässä syntyy hiilidioksidia.

Oppilaalla ei alkuhaastattelussa ole selkeää käsitystä siitä, miten happi siirtyy vereen keuhkoissa.

*No siis se menee sullei varmaan niinku täst keuhkojen kautta ni sit menee käy tuolla jossain veren niinku...verta menee sinne keuhkojen mukana ja sit se niinku jatkaa matkaa minne lieneekin.*

Jälkihaastattelussa puolestaan oppilas kertoo ”uuden hapen” siirtyvän keuhkorakkuloista kaikkialle verisuonia pitkin. Oppilaalla on tässä vaiheessa käsitys siitä, että happi viedään sydämeen, jossa se poltetaan ja tulee vettä ja hiilidioksidia. Kuitenkin sanoo että happea tarvitaan myös esimerkiksi jalkoihin.

Kyseinen oppilas käytti käsiään paljon kuvaillessaan hapen tai veren kulkua elimistössä ja näytti käsittään samalla omasta kehosta, missä kohdin mennään. Tämä on asian konkretisointia. Oppilaalla ilmeni jonkinlaista syy-seuraus-suhteiden hahmotusta: hän kertoi verisuonia olevan eripaksuisia. Hän perusteli tätä sillä, että eri paikkoihin tarvitaan verta eri verran. Niihin paikkoihin, joihin tarvitaan vähemmän verta, menee pienemmät suonet. Kyseinen oppilas mainitsi jo alkuhaastattelussa valtimot sekä sen, että veri sisältää kudostestettä (*”sitä viedään kaikkialle ettei paikat kuivu”*). Oppilas vertasi verisuonia kaupungin isoihin teihin ja katuihin (perusteli, että verisuonet muistuttavat kuvassa teitä, ja että teiden tavoin suonetkin haarautuvat). Oppilas vertasi lisäksi verta autoihin: autot kiertävät kaduilla, veri verisuonissa. Oppilas ei osannut sanoa, mikä sydän voisi kaupungissa vertauskuvallisesti olla.

Jo alkuhaastattelussa oppilas kertoo sydämen pumppaavan verta joka paikkaan. Lisäksi oppilaan mukaan veri uusiutuu sydämessä. Jälkihaastattelussa oppilas on

lisäksi sitä mieltä, että sydän ehkä myös tekee uutta verta. Oppilaalla ei siis ole täysin selkeää käsitystä sydämen tehtävästä.

Alkuhaastattelussa sydämen kuvaa näytettäessä oppilas kertoi punaisten suonten kuljettavan uutta verta, sinisten vanhempaa verta. Kysyttäessä, miten oppilaan mainitsema ns. vanhempi veri eroaa uudesta verestä:

*No kai se on ehkä vähän vaaleempaa sillein...että jos se niinku tulee verta ni siin ei oo niinku niitä pakosti kaikkia vitamiineja mukana ja sillee.*

Tämänkin vastauksen perusteella oppilas on vielä selvästi konkreettisella kaudella. Tätä tukee myös jälkihaastattelun vastaus kysyttäessä, mitä hapelle keuhkorakkuloissa tapahtui: oppilas kertoo väristä ja siitä, kun happi oli käytetty, hiilidioksidi tulee pois.

Jälkihaastattelussa ilmeni, että jotkin kohdat videossa sotkivat hieman oppilaan ajattelua. Hän kertoi, että keuhkorakkuloissa ”ne muuttu hapeksi”. Kysyttäessä, mikä muuttui, oppilas selitti että ne olivat koko ajan kyllä happea, mutta ensin eläviä, ja sitten ne muuttuivat läpinäkyviksi palloiksi. Hän ei kuitenkaan uskonut, että oikeasti meidän hengityksessämme käy niin. (Videolla näkyi ensin leijailevia, kasvollisia happipalloja, jotka punasolujen selkään päästyään muuttuivat kasvottomiksi palloiksi.) Oppilas kertoi, että hänen oli vaikea ymmärtää välillä videota, sillä sydäntä ei näytetty siinä. Hänen mielestään videolla olisi voinut olla sydämen koko kuva, josta olisi näytetty, mistä tullaan ja mihin mennään. Oppilas ei siis tiennyt välillä, missä videolla mentiin, erityisesti sydämen kohdalla.

Kyseinen oppilas on selkeästi poiminut yksittäisiä tietoja videosta. Jälkihaastattelussa hän mainitsee esimerkiksi nenän puhdistuskarvat, jotka ottivat bakteerit kiinni. Myös keuhkorakkulat oppilas mainitsee vasta jälkihaastattelussa. Vielä jälkihaastattelussakin käsitys hengityksen merkityksestä on kuitenkin täysin konkreettinen.

*Ilman hengitystä ihminen ei eläis tai virkistyis, ois varmaan aika tylsä.*

Video vahvisti ja varmisti oppilaan käsitystä siitä, että happi kulkee veren mukana (alkuhaastattelussa kertoi, että veren mukana saattaa tulla happea, jälkihaastattelussa puolestaan, että veri kuljettaa happea).

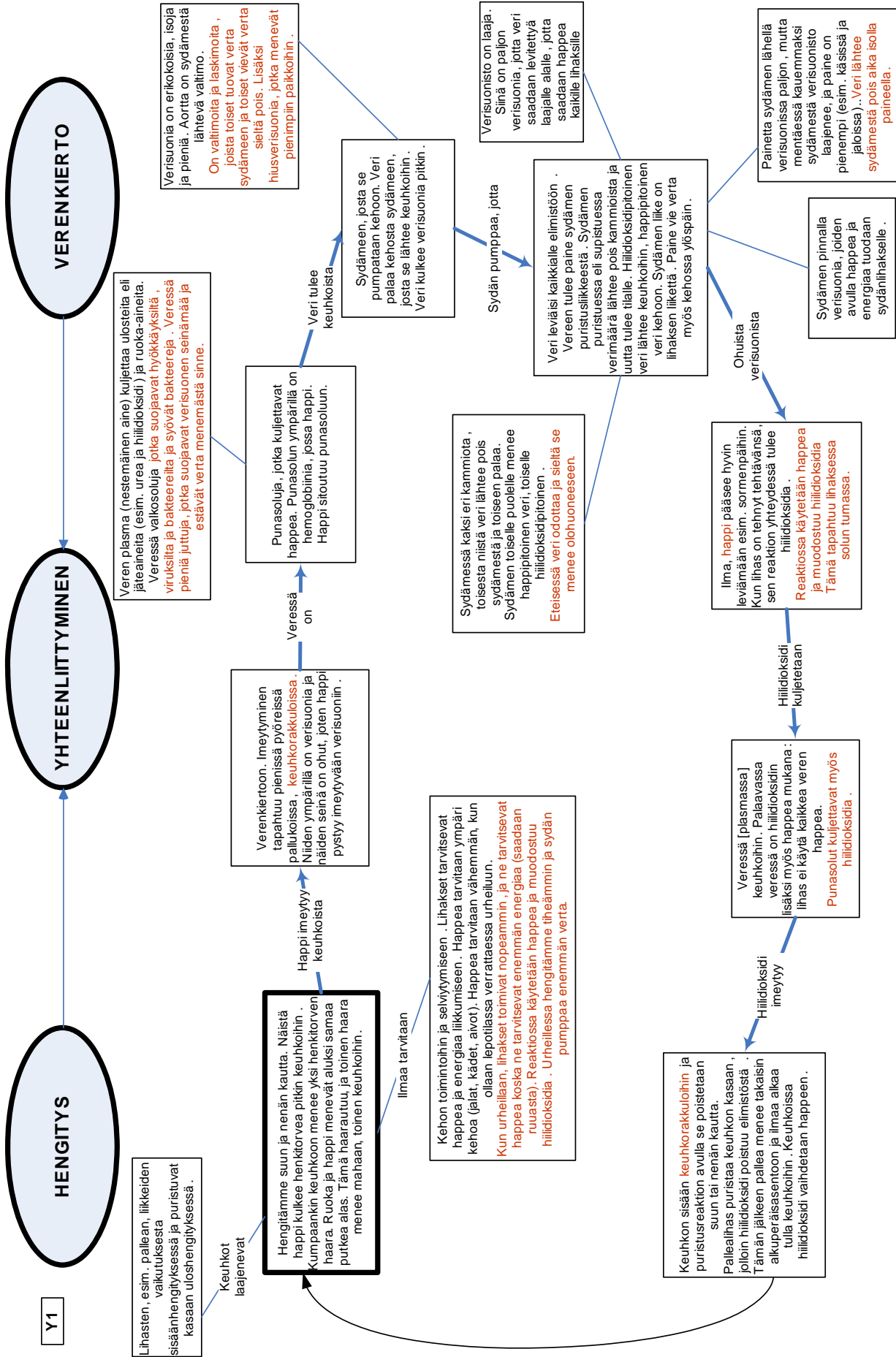
### *Yleistä alakoulun oppilaista*

Ainoastaan oppilas A3 osaa selittää edes jollain tasolla, mitä hapelle tapahtuu kudoksissa. (Tämäkin käsitys ilmenee vasta jälkihaastattelussa.) Hänkään ei kuitenkaan osaa kytkeä tätä mitenkään solujen tai kudosten energiantuotantoon. Kaikkien alakoululaisten ajattelu on vielä hyvin konkreettisella tasolla, joskin joitakin pieniä viitteitä orastavaan abstraktiuteen on jo havaittavissa (halkaisijan käsite, solut jne.). Oppilaat saattoivat kuitenkin mainita esimerkiksi solut vain sanallisesti, muistin varassa, ilman syvempää ymmärrystä.

Kaikilla kolmella oppilaalla on vielä varsin pinnallinen ja konkreettinen käsitys siitä, miksi ihminen happea tarvitsee (ilman sitä ei voisi elää, lihakset tarvitsevat sitä, ilman happea ihminen ei virkistyisi jne.). Konkreettisella tasolla olemista havainnollistaa myös se, että oppilaat eivät käytä yleistäviä termejä kuten kudokset, vaan puhuvat päästä, käsistä, jaloista jne. (vrt. yläkoululaiset ja lukiolaiset).

Verrattaessa alakoulun oppilaiden tietämystä alakoulun oppikirjan puutteisiin, huomataan, että juuri ne asiat, joissa kirjassa on havainnollistamisen suhteen puutteita (ei havainnollisteta, miten happi siirtyy keuhkoista verenkiertoon eikä veren kulkua sydämen kautta) ovat oppilaille vaikeita asioita hahmottaa. Tässä olisi siis selkeä tarve oppikirjoille: juuri näitä oppilaille vaikeampia asioita tulisi kirjoissa havainnollistaa erityisen selkeästi.

### 6.3.2 Yläkoulun oppilaat



Kuivo 9. Yliakoulukäisen oppilaan (Y1) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaaksi. Oranssilla merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Yläkoulun oppilas Y1*

Kuten oppilaan käsityksistä laaditusta käsitekartasta (kuvio 9) nähdään, oppilaalla on ollut selkeä käsitys hengityksestä ja verenkierrosta jo esihaastattelun aikana. Jo esihaastattelussa oppilas kertoi hapen menevän lihaksiin, joissa happi käytetään ja reaktiossa syntyy hiilidioksidia. Oppilas osaa selittää, että urheillessa lihakset toimivat nopeammin ja ne tarvitsevat happea, koska ne tarvitsevat enemmän energiaa (mainitsee hapen ja energian reaktion). Hengitämme tiheämmin ja sydän pumppaa enemmän verta, jotta happea saadaan lihaksille enemmän. Oppilaalla on kyky luoda syy-seuraussuhteita tai sitten asia on vain hänelle niin selkeä.

Jo esihaastattelussa oppilas käytti termejä hiilidioksidipitoinen ja happipitoinen veri. Oppilaalla oli käsitys, että osassa verisuonista kulkee hiilidioksidipitoinen ja osassa happipitoinen veri. Oppilas kertoi esihaastattelussa myös, että lihaksista sydämeen ja keuhkoihin palaavassa veressä on hiilidioksidin lisäksi myös happea mukana: lihas ei käytä kaikkea veren happea. Jo esihaastattelussa oppilas tietää hiilidioksidin kulkevan veren plasmassa (oppilas käytti itse kyseistä termiä). Jälkihaastattelussa tämä käsitys muuttuu, ja oppilas mainitsee punasolujen kuljettavan hapen lisäksi hiilidioksidia. Videolla on siis ollut negatiivinen vaikutus oppilaan käsitykseen, sillä alkuperäinen oikea käsitys on korvautunut väärällä käsityksellä. Tämä näkyy käsitekartassa hakasulkein merkittynä.

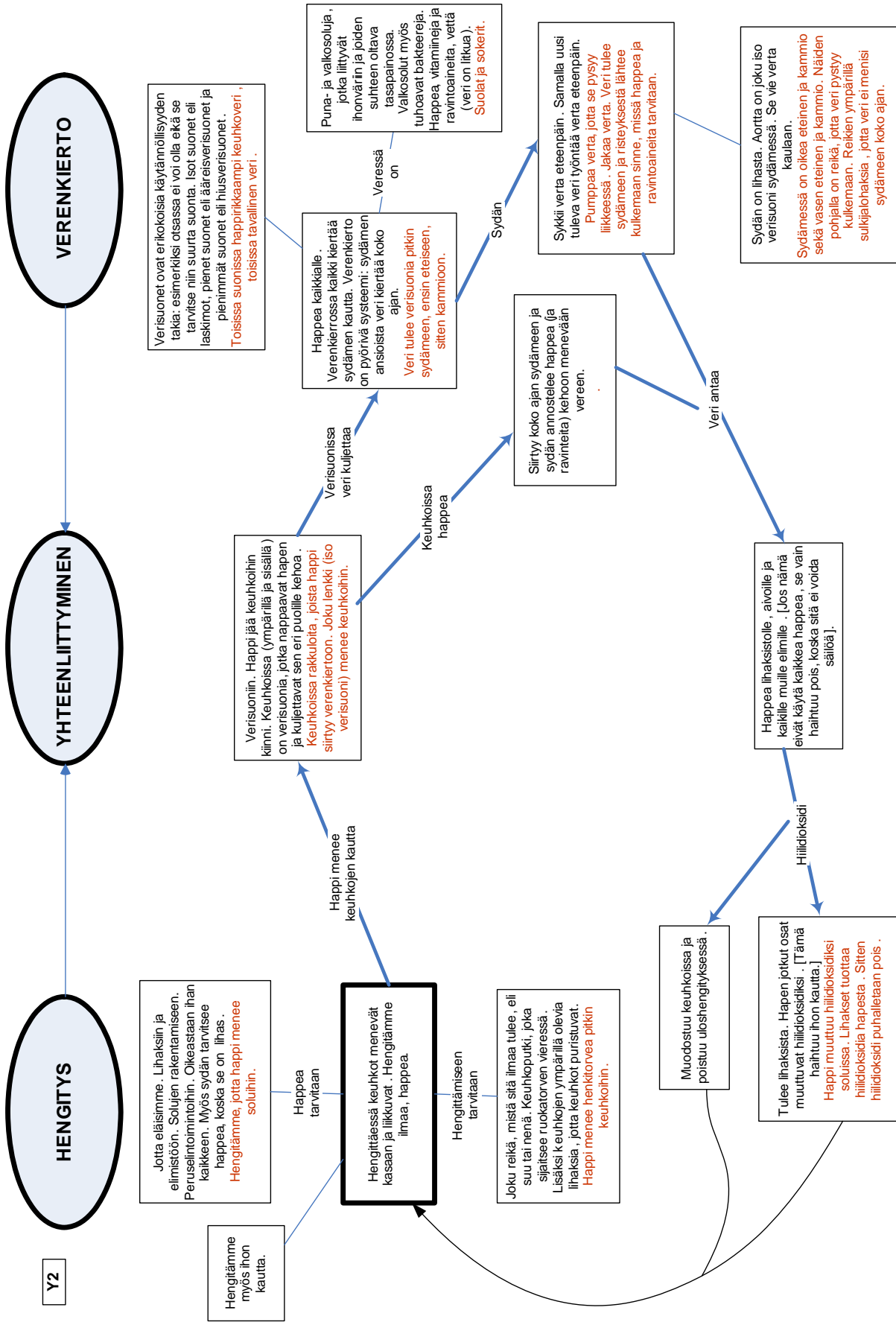
Oppilas on osannut selittää verenpainetta jo esihaastattelussa. Hän kertoo, että vereen tulee paine sydämen puristusliikkeestä. Painetta on sydämen lähellä verisuonissa paljon, mutta mentäessä kauemmaksi sydäimestä verisuonisto laajenee, ja paine on pienempi (esim. käsissä ja jaloissa). Kyseinen oppilas on kykenevä ajattelemaan asioita jo konkreettista tasoa pidemmälle.

Oppilas vertasi sydäntä ja keuhkoja kaupungin pääksi (tarkoitti varmaankin keskustaa, mutta sanavalinta oli vähän hassu) ja pienempiä verisuonia kaupungin ulkoreunaksi. Oppilas ei keksinyt vertausta, joka liittyisi verenkiertoelimistön tehtävään tai merkitykseen.



Oppilas osaa päätellä luonnontieteellisiä asioita melko loogisesti. Kysyttäessä, miksi verisuonisto on niin laaja, oppilas vastasi siinä olevan paljon verisuonia, jotta veri saadaan levitettyä laajalle alalle, jotta saadaan happea kaikille lihaksille.

Kyseisen oppilaan kohdalla selvisi haastatteluissa, että hän on opiskellut osan kouluajastaan Keski-Euroopassa. Siellä hänellä oli koulussa ihmisen biologiaa aikana, jolloin hänellä ei olisi ollut sitä suomalaisessa koulussa. Verrattaessa kyseistä oppilasta kahteen muuhun yläkoululaiseen, hänen käsityksensä ovatkin selvästi selkeämpiä ja hän tietää hengityksestä ja verenkierrosta paljon. Tämä selittyy varmasti osittain juuri ulkomaisilla opinnoilla.



Kuvio 10. Yläkouluikäisen oppilaan (Y2) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hahasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esahaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Yläkoulun oppilas Y2*

Esihaastattelussa oppilas osaa selittää hengitystä ja verenkiertoa käytännön kautta: mainitsee, että jollei hengitä, aivot alkavat tuhoutua (mainitsee aivosolut), ja jos jännittää, eikä muista hengittää, voi pyörtyä hapenpuutteen vuoksi. Hän ei kuitenkaan ymmärrä, mihin happea kehossa tarvitaan. Oppilas kertookin, että lihakset tarvitsevat ravintoa ja sokeria kasvamiseen ja liikuttamiseen, mutta ei osaa selittää soluhengitystä tai hapen roolia tässä. Oppilaan mielestä myös käytetyt aineet vain haihtuvat lihaksista pois. Tämän käsityksen oppilas kuitenkin kumoo jälkihaastattelussa (ks. kuvio 10; hakasulkein merkitty kohta).

Esihaastattelussa oppilas sekoitti hiilidioksidin ja hiilimonoksidin (häkä): kertoi hiilidioksidin olevan vaarallista, sillä se syrjäyttää hapen. Hänen mukaansa hengitettäessä hiilidioksidia, keuhkot luulevat sitä hapeksi, jolloin lihakset eivät saa happea, eivätkä toimi enää. Tästä selityksestä huomataan oppilaan selittävän asioita vielä konkreetilla tavalla: *”keuhkot luulevat hapeksi”* (verrattuna selitykseen siitä, että häkä tarttuu punasolujen hemoglobiinissa hapen paikalle).

Oppilaalla on alkuhaastattelussa jonkinasteinen käsitys kahdesta erillisestä verenkierrosta: hän kertookin, että on *”erilliset ringit”*, eli verenkierto sydäimestä kehoon ja takaisin sydämeen ja keuhkoista tulevat verisuonet sydämeen. Hän kuitenkin ajattelee sydämen säätelevän hapen tuloa vereen. Oppilas ajattelee selvästi renkien olevan erilliset, joissa kiertää eri veri. Kaupunkivertauksessa oppilas ajatteli verenkiertoelimistön olevan jokin elintärkeä osa, esimerkiksi kauppias (ravintoaineiden jako) tai sairaala (oppilas perusteli tätä veren valkosoluilla). Oppilas kertoi, että verenkiertoelimistö olisi jotain kaupungin liikkuvia osia, joita ”pääjehu määrää” (eli aivot, jotka olisivat esimerkiksi presidentti tai kuningas).

Sydämen tehtävästä oppilas kertoo esihaastattelussa sen annostelevan ravinteita vereen. Lisäksi oppilas kertoo, että verisuonten mukana happi menee sydämeen, jää sinne, ja sieltä sydän *”pulpauttelee”* happea eri verisuoniin.

Kuten oppilaan käsityksistä laaditusta käsittekartasta (kuvio 10) nähdään, oppilaalla on ollut jonkinasteinen etenevä käsitys hengityksen ja verenkierron yhteydestä jo

alkuhaastattelussa. Käsitys on kuitenkin melko hutera ja yksityiskohdissa esiintyy aukkoja (esim. miten happi siirtyy keuhkoista verenkiertoon). Jälkihaastattelussa huomataan, että videon katselun jälkeen jotkin käsitykset ovat tarkentuneet tai jopa korjautuneet.

Jälkihaastattelussa oppilaalla on selkeämpi käsitys hengityksestä. Tällöin hän kertoo, että hengitettäessä happea siirtyy ”niistä rakkuloista” verisoluihin, ja hiilidioksidia tulee rakkuloista ja se puhalletaan ulos. Toisaalta, oppilaan selityksestä huomaa, ettei tämä ole täysin vielä ymmärtänyt hapen siirtymistä keuhkoista soluille, sillä rakkuloiden lisäksi hän osaa mainita vain hapen siirtyvän verenkiertoon, muttei tiedä, miten tämä tarkemmin tapahtuu. Kysyttäessä, miten tämä videolla tapahtui, oppilas kertoi, että ”ne tyypit otti ne kyytiin”. Oppilas kertoi tyyppien olevan ”varmaan punasoluja”. Oppilaan käsitys pohjautuu vielä paljon konkreettiseen, eli siihen, miltä tapahtumat ovat videolla näyttäneet.

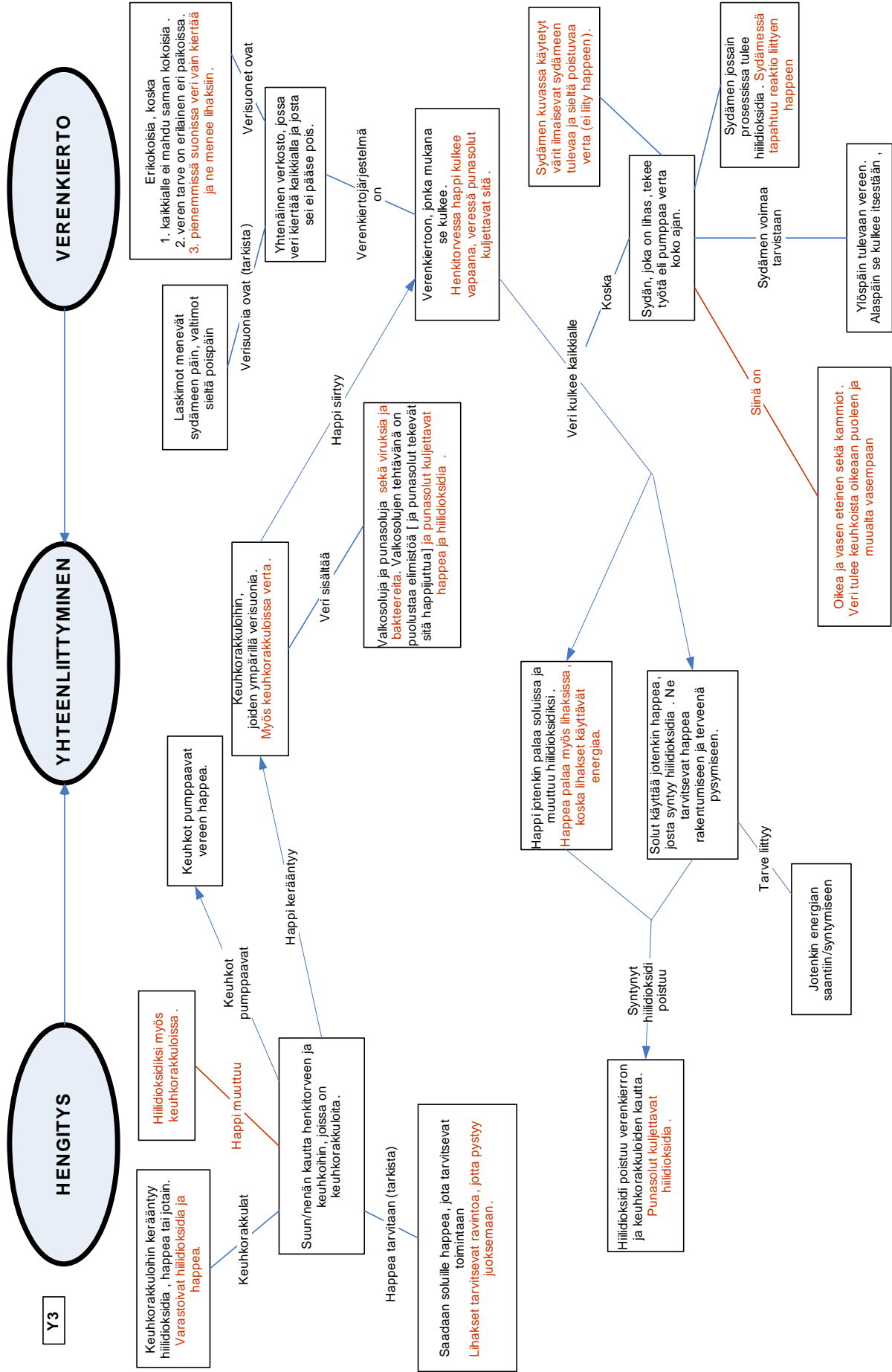
Jälkihaastattelun jälkeen oppilas osaa kertoa, että happi muuttuu kudoksissa, soluissa hiilidioksidiksi, muttei tiedä, miksi tai miten. Oppilas kertoo veren kuljettavan hiilidioksidin keuhkoihin samoin kuin hapenkin. Tässä video siis johtaa oppilaita harhaan: suurin osahan hiilidioksidista kulkee plasmaan liuenneena, eikä punasoluihin kiinnittyneenä. Videosta oppilas kertoi olevan sekavaa, että välillä veri kuvattiin ukkoina, jotka kävelivät ja välillä virtaavana, punaisena nesteinä (”juoksevaa vettä”).

Jälkihaastattelussa oppilas ymmärtää käytännön tasolla hapen tarvetta: kun ihminen rasittuu, hapenkulutus lisääntyy. Oppilas ei kuitenkaan osaa selittää, miksi näin käy. Oppilaan käsitykset ovat vielä hyvin konkreettisella tasolla.

*Kun lihakset liikkuu, ne tarvitsee enemmän happea liikkumiseen. Ne ei muuten jaksa.*

Sydämen merkitys oli videon katselun jälkeen selkiytynyt oppilaalle. Jälkihaastattelussa oppilas kertoi, että sydän jakaa verta. Hän kertoi videolla veren menneen sydämeen ja lähteneen sieltä kulkemaan sinne, missä happea ja ravintoaineita tarvittiin.

Kaiken kaikkiaan video selkeytti oppilaalle joitakin verenkierron ja hengityksen ilmiöitä. Oppilaan käsityksen olivat kuitenkin vielä jälkihaastattelussakin melko konkreettisella tasolla, eikä todellista ymmärtämistä ilmiöistä esiintynyt (oppilas ei osannut vastata miksi-kysymyksiin).



Kuvin 11. Yliakoulukäisen oppilaan (Y3) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

*Yläkoulun oppilas Y3*

Kuviossa 11 on esitetty yläkoululaisen Y3 käsitys hengityksestä ja verenkierrosta. Kyseisellä yläkoululaisella on paljon tietoa hengityksestä ja verenkierrosta jo esihaastattelussa. Oppilas ei kuitenkaan osaa yhdistellä tietoa, jotta niistä tulisi looginen kokonaisuus. Hän kertoi toisessa yhteydessä asian loogisesti, esimerkiksi, että happea tarvitaan jotenkin energian tuottamiseen. Kuitenkin kysyttäessä, miksi hengitys kiihtyy liikkuesssa, oppilas vastaa sen johtuvan sydämen tarpeesta eli sydän tarvitsee lisää happea, jotta se voi kierrättää verta ja sen mukana ravinteita lihaksille. Tämä on totta, että myös sydänlihas tarvitsee enemmän energiaa sykkeen noustessa, mutta lisääntynyttä happea kuljetaan liikkeen aikana myös muille toimiville lihaksille, jotta ravinnosta saataisiin lisää energiaa. Oppilas osaa myös sanoa, että solut tarvitsevat happea, jotta ne toimivat. Kuitenkin toisessa yhteydessä hän epäilee, että sydämessä tai keuhkorakkuloissa tapahtuu hapelle joku reaktio, jossa tulee hiilidioksidia. Vastaavasti toisaalla hän osaa yhdistää hapen palamisen soluissa ja sen muuttumisen hiilidioksidiksi:

*Mä en muista, mut olik se jotenkin et se sinne kasaantuu, en tiää. Sitä, siellä tapahtuu se systeemi ku se menee vereen ja muuttuu hiilidioksidiksi. En muista kunnolla.*

Hapen kasaantumisella hän tarkoittaa tässä yhteydessä sen kasaantumista keuhkorakkuloihin. Esihaastattelun perusteella oppilaan tieto ei ole vielä riittävän jäsentynyttä kokonaisuuksien hahmottamiseen. Kuitenkin yläkoululaiseksi hänen pohdintansa on jo melko korkealla ja abstraktilla tasolla, mihin viittaa myös hän mielikuvavertauksensa:

*No varmaan nykypäivänä sähkö tai sitten ennen vesi - - - No koska ne on kummatkin tai no sähkö on nykyään tärkeitä ja ennen oli vesi.*

Oppilaan mielestä tämä vastaa hyvin mielikuvaa verenkierrosta, koska sähkö on tärkeää erilaisille laitteille ja siitä saadaan energiaa. Sekä sähköjohdot, kuten myös joet, muodostavat verkostoja, kuten verisuonet, ja jakavat energiaa kaikkialle.

Jälkihaastattelussa oppilas Y3 totesi, että video vahvisti niitä mielikuvia, joita oli jo ollut. Videon katselun jälkeen oppilas oli kuitenkin sotkenut sydämen vasemman ja oikean puolen: hänen mielestään hapekas veri tulee sydämen oikeaan puoleen ja vähähappinen vastaavasti vasempaan puoleen. Samalla oppilas oli videosta käsittänyt, että sydämessä tapahtuu jokin reaktio hapella. Koska oppilaalla oli jo ennestään käsitys jostakin prosessista sydämessä, voidaankin pohtia, oliko hän tulkinnut videota ennakkokäsitysten mukaisesti. Videoanalyysin perusteella tällaisia viitteitä jostakin reaktiosta ei videolla esiinny. Y3 oli myös haastateltavista ainoa, jolla tällainen käsitys videon jälkeen oli. Videon katselun jälkeen oppilaalla oli myös käsitys hiilidioksidin kulkeutumisesta punasolujen mukana. Tämä on yksi videon virheellisestä tiedosta ja sen perusteella syntynyt virhekäsitys aika yleinen. Oppilaalla oli myös ennen videota käsitys siitä, että veri kulkee sydäimestä pois päin automaattisesti eikä siihen tarvita sydämen tuottamaa voimaa. Tämä käsitys jäi oppilaalla voimaan videon katselusta huolimatta. Näiden lisäksi videon jälkeen oppilaalla oli virheellinen käsitys veren kulkemisesta vapaana keuhkorakkuloissa.

#### *Yleistä yläkoulun oppilaista*

Yläkoulun oppilaat olivat melko eritasoisia. Verrattaessa esimerkiksi oppilaita Y1 ja Y2, oppilas Y2 on vielä melko konkreettisella tasolla käsityksissään, kun taas oppilas Y1 kykenee jo selittämään asioiden seurauksia ja abstraktejakin asioita. Vastaavasti oppilas Y3 on näiden kahden oppilaan väliltä: hän osoittaa joissakin kohdin jo viitteitä abstraktiin ajatteluun ja syy- ja seuraussuhteiden ymmärtämiseen, mutta on pääsääntöisesti vielä konkreettisella tasolla. Yleisesti ottaen video selkeytti yläkoululaisille asioita hengityksestä ja verenkierrosta. Osittain kyse saattoi kuitenkin olla muistamisesta. Videoiden merkitys oppimisessa selittyikin mahdollisesti osittain oppilaan omien ennakkotietojen perusteella: mitä enemmän oppilaalla on tietoa ennen videoiden katsomista, sitä paremmin hän on osannut myös tulkita videota.

#### 6.3.3 Lukion opiskelijat





*Lukion opiskelijan L1*

Kuviossa 12 on kuvattu ensimmäisen lukioikäisen haastateltavan, L1, käsitys hengityksestä ja verenkierrosta. Tämä lukiolaisen käsitys hengittämisen merkityksestä on vielä osin konkreettisella tasolla, mikä käy ilmi hänen mainitessa hapen tarpeen liittyvän skarppina pysymiseen. Videon katselulla on kuitenkin ollut opiskelijan käsitykselle merkitystä, sillä haastattelun jälkeen hän on osannut sanoa hapen tarpeen liittyvän soluhengitykseen. Toisaalta opiskelija on videon katselun jälkeen osannut käyttää soluhengitystermiä, mutta hän ei kuitenkaan osaa yhdistää hapen tarvetta ja soluhengitystä energiantuottoon.

Jälkihaastattelun aikana pyrimme jatkokysymyksillä selvittämään, ovatko opiskelijan käsitykset muuttuneet videon myötä tai onko hän omaksunut lisää tietoa. Kysyttäessä, miten happi liittyy energiaan, opiskelija vastaa lihasten tarvitsevan enemmän energiaa, jolloin sydämen pitää sykkiä nopeammin ja laittaa veri kiertämään. Kysyttäessä edelleen, miksi veren tulee kiertää nopeammin, opiskelija vastaa, että happea pitää saada nopeammin. Siihen, miksi happea pitää saada nopeammin, opiskelija ei oikein osaa sanoa vastausta: L1 tietää kuitenkin kokemuksesta, että ihminen joutuu lopettamaan juoksemisen, jos hän ei saa riittävästi happea. Myös tämän perusteella voidaan ajatella opiskelija olevan vielä konkreettisella tasolla.

Jälkihaastattelun aikana opiskelija L1 ihmettelee, mitä tapahtuu soluissa ja mitä lihaksissa (viittaa soluhengitykseen). Opiskelija osaa kuitenkin sanoa, että lihakset muodostuvat kudoksesta ja kudoksesta muodostuu soluista. Tästä huolimatta hän ei kuitenkaan osaa yhdistää lihasten olevan yhtäläisiä soluja, ja niissä tapahtuu siis samoja asioita kuin muissakin soluissa.

Keuhkojen toiminta on opiskelija L1:lle epäselvää vielä videon katsomisen jälkeenkin. Esihaastattelussa opiskelija on sitä mieltä, että keuhkot ottavat happea toiseen puolikkaaseen ja puhaltavat hiilidioksidia toisesta ulos. Videon katselun jälkeen hän kuitenkin epäilee ihmisen olevan niin tehokas, että happea kannattaa ottaa molempiin keuhkoihin. Jälkihaastattelussa L1 pohtii keuhkojen toimintaa seuraavanlaisesti:

*Meneeköhän se molempiin keuhkon puoliskoihin vai vaan toiseen... Tavallaan vois miettiä, että tää oikeemman puolimmainen ois se, mihin menee se tuleva happi... tai tai se tuleva ilma ja sit tavallaan vois miettiä, koska se on vielä sydämen tän oikeen puolen kaa silleen lähekkäin ja sit tavallaan vois miettiä, et tää vasen ois mis se sitten tulee se hiilidioksidi keuhkorakkuloista tänne ja sit se lähtee, mutta... äh... mitä mä nyt teen, pitää päättää.*

Tässä välissä opiskelija pohtii, että happi siirtyy kuitenkin keuhkoista jotenkin sydämeen. Lopulta hän päätyy seuraavaan ratkaisuun pohdinnassaan:

*Mut tavallaan keuhkot ois kyllä tehokkaammat, jos se menis molempiin ja sitten se tavallaan menis sydämeen ja tulis molemmista... noh, ihminen on tehokas, laitetaan molempiin.*

Esihaastattelussa opiskelija on ollut sitä mieltä, että happi siirtyy suoraan keuhkorakkuloista vereen ja sydämeen. Jälkihaastattelussa hän kuitenkin osaa sanoa, että happi siirtyy keuhkorakkuloista ainoastaan vereen, joka kiertää rakkuloiden ympärillä verisuonissa. Sitä, miten happi siirtyy vereen, hän ei kuitenkaan osaa sanoa kummassakaan haastattelussa. Videon myötä opiskelijalle on myös palautunut mieleen, että happi kulkee veressä punasoluihin sitoutuneena. Jo esihaastattelussa opiskelija kertoo veren kulkevan samassa suonessa molempiin suuntiin.

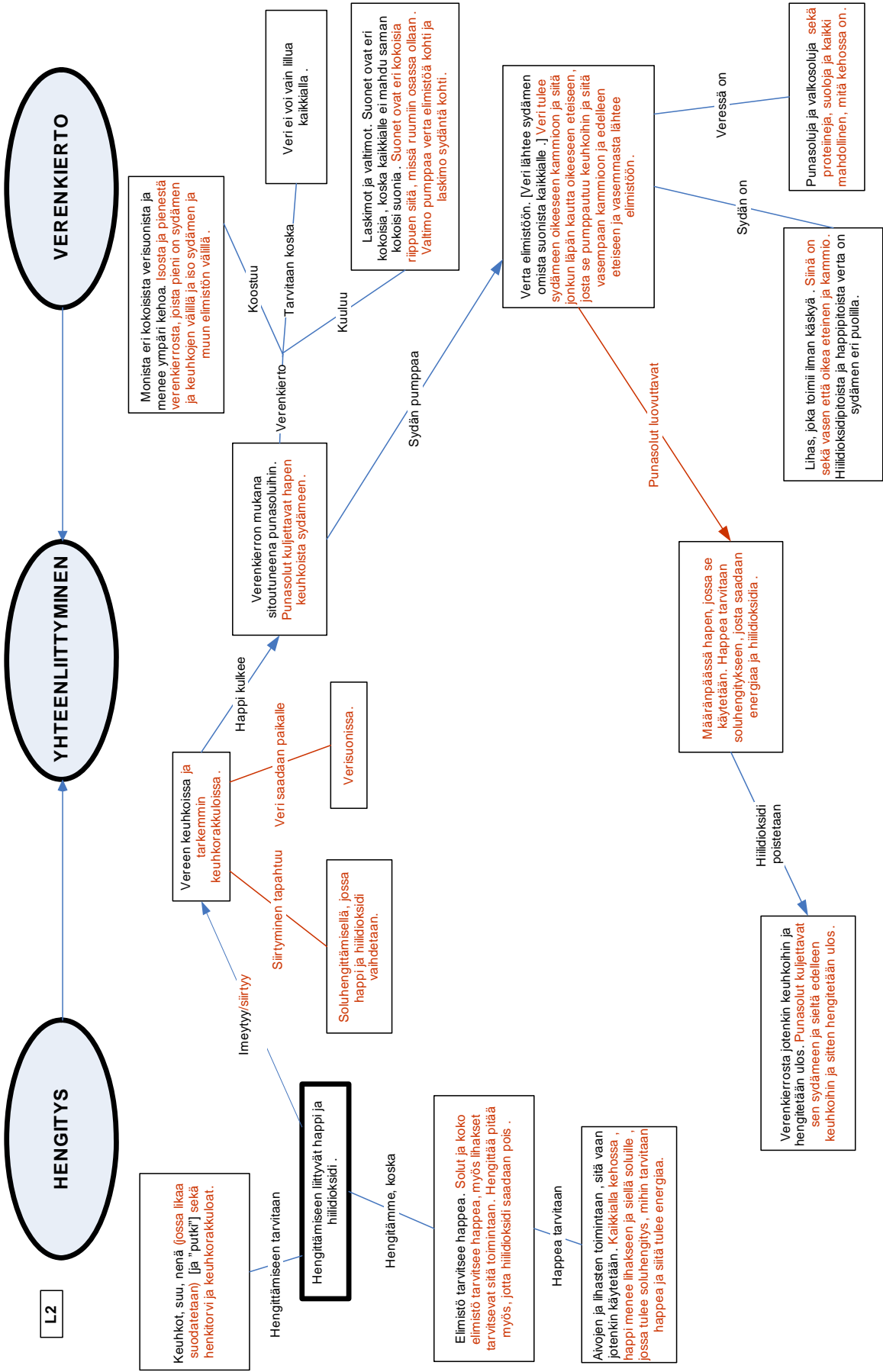
*Hmm... Emmätiä, ehkä ne kulkee samassa verisuonessa, mut emmä sit kyllä voi järjen mukaan ajatella, miten ne jos se tavallaan virtaa eri suuntiin niin miten ne sit tätkö silleen... ni en mä tiä onks se sit silleen et ne on... mä kyllä luulisin et ne on yhdessä, jonkinlainen mielikuva tai sitten vaan oma mielikuvitus.*

Opiskelija epäilee vielä videon katselun jälkeen veren kulkevan mahdollisesti molempiin suuntiin samassa suonessa. Haastattelujen perusteella opiskelijan käsitys sydämen rakenteesta kuitenkin muuttui: esihaastattelussa opiskelija ajattelee sydämen olevan yksilokeroinen ja jälkihaastattelussa hän osaa sanoa videon perusteella sen olevan monilokeroinen. Opiskelija ei voi kuitenkaan ymmärtää

videon perusteella, miksi näin on oltava. Tämän perusteella voi todeta, että opiskelija ei ole täysin ymmärtänyt verenkiertoelimistön ja erityisesti sydämen toimintaa, sillä hän ei osaa yhdistää asiaa vähähappisen ja hapekkaan veren sekoittumiseen. Haastattelusta käy myös ilmi, että L1 osaa selittää hapen siirtymisen verisuoniin, mutta ei osaa yhdistää tätä tietoa koko verenkiertojärjestelmän ja sydämen toiminnan tarkoitukseen eikä hapen tarpeen yhteyteen. Tämä käy ilmi myös opiskelija kertoessa jälkihaastattelussa, että hiilidioksidin olisi järkevämpää kulkeutua suoraan keuhkoihin, mutta videon perusteella se kulkee kuitenkin sydämen kautta.

Esihaastattelussa pyysimme opiskelijoita kuvaamaan mielikuvaharjoituksen avulla verenkiertoa. Opiskelijan L1 mielestä verenkiertoa voi kuvailla liikenteenä, jossa isommat valtiot (opiskelija tarkoittaa valtioilla valtimoita) ovat busseja tai isoja teitä ja pienet suonet pyöriä tai pienempiä teitä. Hänen mielestään tämä on sopiva vertaus, sillä molemmat toimivat kuljetuksessa. Sydän voisi tässä liikenteessä olla liikennevalot, jotka määräävät kulun rytmin. Kuten edellä on jo mainittu, tämänkin kuvauksen perusteella opiskelija on käsityksissä vielä melko konkreettisella tasolla kuvatessaan suonten merkitystä suhteessa niiden kokoon. Kuitenkin sydämen vertaaminen liikennevaloihin osoittaa jo sen toiminnan ymmärtämistä.

Opiskelijan L1 mielestä video toimi hänen kohdallaan lähinnä yksityiskohtien muistamisen apuna. Asiat olivatkin hänen mukaansa ennestään tuttuja ja videon myötä nousivat esiin ”jostakin aivojen sopukasta”. Videon perusteella opiskelija ei omien sanojensa mukaan kuitenkaan vieläkään tajunnut sydämen verenkiertoa. Videolla olisi hänen mukaansa pitänyt olla kokonaiskuva sydäimestä ja sen rakenteesta: pelkästään kertominen ei helpottanut ymmärtämistä. Omasta mielestään opiskelijan käsitykset eivät videon myötä muuttuneet.



Kuvio 13. Lukioikäisen opiskelijan (L2) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeen; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esihaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.

### *Lukion opiskelija L2*

Kuviossa 13 on vastaavasti esitetty L2 lukiolaisen käsitykset esi- ja jälkihaastatteluissa. L2 opiskelijan ongelmaksi esihaastattelussa muodostui muistaminen. Koska edeltävään verrattuna hän oli niukkasanaisempi ja vähemmän pohtiva, jäivät esihaastattelun tiedot hyvin puutteellisiksi. Pääsääntöisesti opiskelija L2:n tiedot olivat alakoululaisen tasolla ja hänen tietonsa rajoittuivat hapen tarvitsemiseen ja sen kulkeutumiseen keuhkoista vereen. Opiskelija osasi myös sanoa hengityksen mukana poistettava hiilidioksidia, mutta ei sitä, miten tuota hiilidioksidia elimistössä syntyy.

Kysyttäessä L2 lukiolaiselta, miten hän kuvailisi kaupunkimielikuvan avulla ihmisen verenkiertoelimistöä, vastasi hän seuraavaa:

*No siis periaatteessa tyyliin joku kaupankäynti-systeemi, tai siis kun verenkierto vie niitä kaikkia aineita ympäri elimistöä, niin sitten kaupankäynti niin saadaan kaikkee kaupoista ja silleen... tai siis niin.*

Sydän voisi hänen mukaansa olla kaiken perusta esimerkiksi johtaja, jolloin keuhkot toimisivat apulaisena. L2:n vastauksessa näkyy monella tyypillinen tapa ajatella sydäntä tärkeimpänä elimenä. Kokonaisuuden kannalta sydän ei kuitenkaan elimistössämme toimi esimerkiksi keuhkoja tärkeämmässä roolissa. Myös tässä kuvauksessa näkyy L2 opiskelijan puutteelliset tiedot esihaastattelussa.

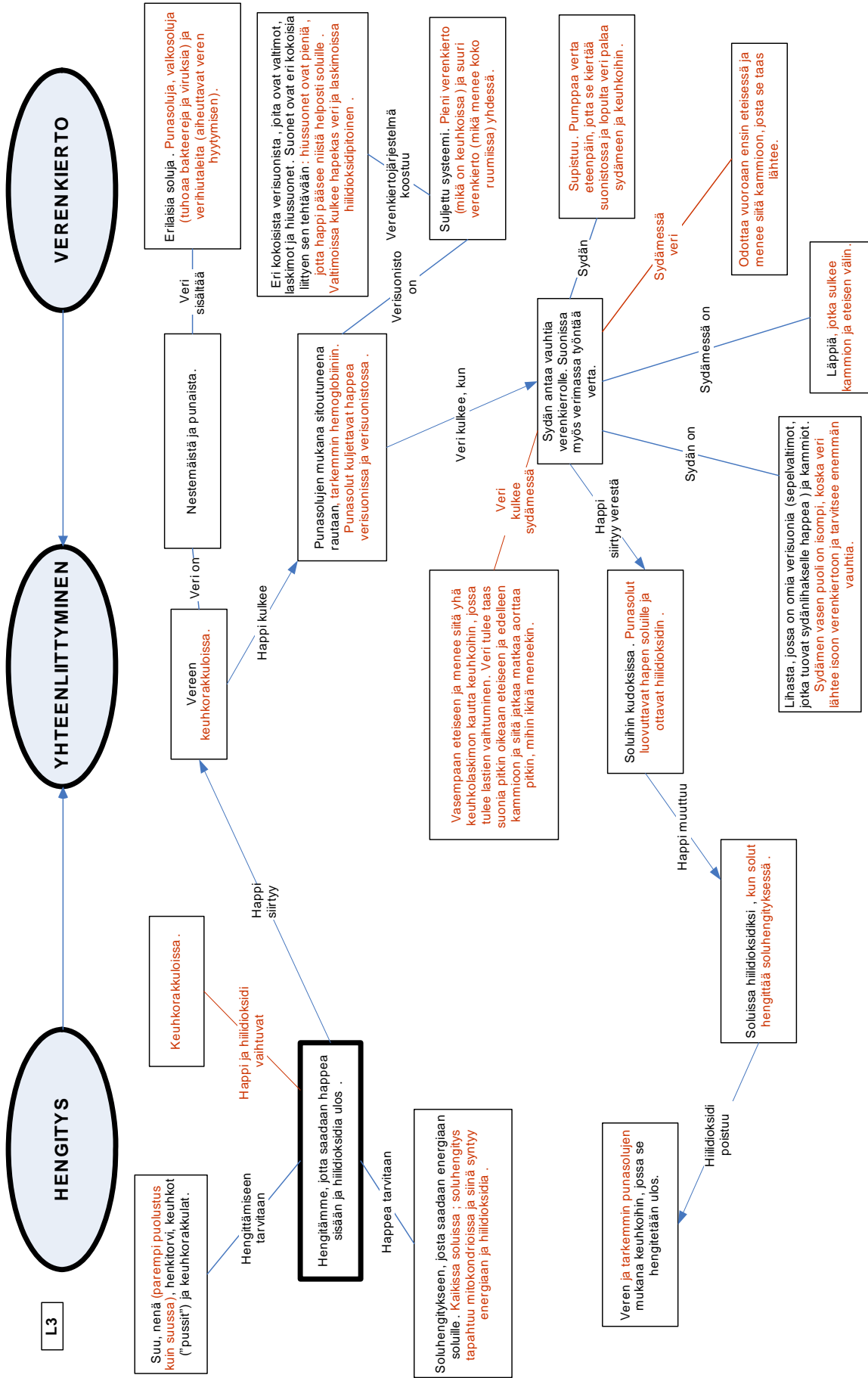
Toisaalta alun puutteellisista tiedoista huolimatta jälkihaastattelun perustella L2 näytti omaksuvan eniten tietoa videosta. Hänen käsityksensä muuttuikin kaikista lukiolaisista eniten. Käsitykset myös muuttuivat selvästi hengityksen ja verenkierron nykytietämyksen mukaiseksi. Opiskelijan mielestä videosta ymmärsi niitä asioita, joita oli muistanut väärin. Hänen mielestään videoita oli myös kiva katsella ja videot selvittivät monta asiaa. Ongelmallista L2:n mukaan videossa oli se, että erilaiset veren osat jäivät epäselviksi, koska niitä ei selitetty. Hänen mukaansa osan pystyi kuitenkin pääättelemään siitä, minkä näköisiä ne ovat. Myös L2:n kohdalla on kuitenkin syytä pohtia, johtuiko videoiden merkitys lähinnä mieleenpalautumisesta vai tapahtuiko videoiden perusteella selvästi oppimista. Videon roolista huolimatta

opiskelijan käsitys jälkihaastattelussa hengityksestä ja verenkierrosta oli erinomainen. Koska videon katselu kehitti tai palautti hänellä mieleen myös paljon sellaista, mitä kuvattiin videolla ainoastaan visuaalisesti, voidaan olettaa tämän opiskelijan olevan ajattelussaan jo hyvin abstraktilla tasolla eli lähinnä Piaget'n formaalisten operaatioiden kaudella.

Opiskelijan abstraktilla tasolla olemista tukee myös seuraava pohdinta siitä, mitä hapella tapahtuu kun se luovutetaan elimistöön:

*No siis, se menee sinne lihakseen ja lihaksessa on soluja ja sitten se soluhengitys tulee siihen ja siihen tarvii happee ja sitten siitä vapautuu energiaa tai tulee energiaa ja sit se lihas jaksaa tehdä kaikkee.*

Tämän lisäksi opiskelija osasi yhdistää soluhengityksen myös hiilidioksidin muodostumiseen ja näin hänen kokonaiskäsitteestään muodostui kehämäinen. Ainoana virhekäsityksenä opiskelijalla jälkihaastattelussa oli soluhengityksen sekoittaminen diffuusioon keuhkorakkuloissa. Monella haastateltavista olikin vastauksissaan epäloogisuuksia: ymmärretty asia saatettiin sotkea toisessa vaiheessa johonkin muuhun.



Kuvio 14. Lukioikäisen opiskelijan (L3) haastattelussa antamia vastauksia koottuna kokonaiskuvaksi. **Oranssilla** merkityt tiedot videon katselun jälkeeni; [hakasulkein] ne tiedot, jotka oppilas on kertonut esiahaastattelussa, mutta kumonnut videon jälkeen.



*Lukion opiskelija L3*

Kuviossa 14 näkyy lukiolaisen L3 käsitys hengityksestä ja verenkierrosta. Jo esihaastattelun perusteella voidaan sanoa, että kyseisen lukiolaisen tietopohja on hyvä ja hänellä onkin selkeä kokonaiskuva hengityksestä ja verenkierrosta. Verrattuna muihin lukiolaisiin L3:lla on selkeä käsitys hapen saannin yhteydestä energiantuottoon. Opiskelija osaakin sanoa, että hapella on joku rooli soluhengityksessä, mutta hän ei tarkemmin muista, miten happi siinä toimii. L3:n mukaan esimerkiksi sisäelimet ja lihakset tarvitsevat happea. Lihasten hapentarvetta hän selittää seuraavanlaisesti:

*Ne tarvii sitä happea, että ne pystyy tuottamaan liikettä... ja jos ei oo tarpeeks happea ne väsy.*

Tämän lisäksi hän toteaa vielä, että kun happi on jotenkin käytetty, se muuttuu hiilidioksidiksi. Opiskelija L3 esitti haastattelussa mielikuvavertailuksi seuraavanlaisen ajatuksen:

*No sydänhän on se niinku, sydän on tärkein osa eli se on joku hyvin keskeisessä osassa oleva ja verenkiertoelimistö niin no... se on tavallaan verkosto, mitä ilman kaupunki ei pärjää elikkä... aika vaikee kuvailla.*

Verkosto voisi haastateltavan L3 mukaan olla tiet ja liikenne, jolloin sydän olisi keskus, josta kaikki lähtevät ja autot kuvaisivat veren erilaisia soluja. Myös hänen vastauksessaan näkyy ajatus sydämen korostuneesta roolista ja hän pitääkin sydäntä tärkeimpänä elimenämme.

Verisuonten rakennetta kuvatessa L3:n hengityksen ja verenkierron toiminnan käsitys korostuu ja hän onkin selvästi ajattelussaan abstraktilla tasolla. Esimerkiksi juuri tämän perusteella voidaan todeta hänen ymmärtävän hyvin syy- ja seuraussuhteita:

*Koska niillä on erilaisia tehtäviä... ja sitten ku ne on pienimmät hiussuonet niin niistä aineet pääsee helpommin siirtymään lihaksille ja sisäelimille. Sitten taas sitten ne paksimmat verisuonet on kuljetusta varten.*

Jälkihaastattelun perusteella opiskelija L3:n näkemys hengityksen ja verenkierron toiminnasta ei juuri muuttunut. Videosta L3 oli kuitenkin muistanut joitakin lisäkohtia verrattuna esihaastatteluun. Hänen mukaansa videon tulkintaa helpotti se, että tiesi jo etukäteen paljon hengityksen ja verenkierron toiminnasta. Myös hänen mukaansa videot olivat motivoivia.

Videoiden hahmoista L3 oli samaa mieltä monen muun haastateltavan kanssa:

*...ja siinä videossa oli kaikkea muutakin siellä mutta kun sitä ei kerrottu, että mitä ne kaikki suolapurkin näköset öttiäiset on ja muuta ni --- jäi vähän silleen kaivertamaan, et mitäköhän kaikkea siellä oli ku siellä oli vissiin aika monen näköstä elukkaa.*

#### *Yleistä lukion opiskelijoista*

Pääsääntöisesti lukiolaiset kertovat videon toimivan lähinnä mieleenpalauttamisen apuna, sillä asiat ovat jo tuttuja. Samalla esimerkiksi L1 haastateltavan kohdalla osa aiemmista käsityksistä on niin vahvoja, että opiskelija tulkitsee videota lähinnä aiemman tietonsa perusteella. Tästä syystä video itsessään ei näyttäisi toimivan oppimisen tukemisessa. Luonnontieteelliselle ajattelulle ja käsitteille on tyypillistä ohjautuminen arkikäsitysten mukaan. Niinpä ennakkotietojen tuominen esille ennen oppimista on tärkeää. Tässä video yksistään ei tue luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Video ei itsessään myöskään luo kognitiivisia konflikteja eikä tue näin käsitteellistä muutosta.

Pääsääntöisesti lukiolaiset olivat ajattelussaan jo abstraktilla tasolla Piaget'n teorian mukaisesti (lukuun ottamatta yhtä heistä). Videoiden tulkintaa helpotti lukiolaisten kohdalle se, että he jo ennestään tiesivät aiheesta jonkin verran. Toisaalta videon aika esiintyi erilaisia hahmoja, joita ei selitetty. Tämän ja verenkierron kokonais kuvan lukiolaiset kokivat videon puutteiksi. Videoiden katselu oli kaikista lukiolaisista

motivoivaa, mikä lähtökohdiltaan edesauttaa oppimista. Videon perusteella ei myöskään syntynyt lukiolaisille virhekäsityksiä hengityksen ja verenkierron toiminnasta.

#### 6.3.4 Johtopäätöksiä oppijoiden käsityksistä

Haastattelujen perusteella videon tärkein rooli näyttäisi olevan muistin virkistämässä. Video helpottikin erityisesti yläkoulu- ja lukioikäisten oppijoiden kohdalla asioiden palauttamista mieleen. Videon puutteellisuuksista huolimatta oppilaat ja opiskelijat näyttäisivät käsittävän sen tietosisältöä ennako-odotustemme vastaisesti, eikä videon perusteella näytä muodostuvan suuria virhekäsityksiä. Tämä saattaa osaltaan selittyä sillä, että video toimi lähinnä mieleenpalauttamisessa ja oppijat tulkitsivat sitä aiempien käsitysten mukaisesti. Toisaalta tämä saattaa myös osaltaan selittyä sillä, että videot olivat ennestään tuttuja kaikille haastateltaville. Näin myös videoiden visuaalinen maailma ja useimmat hahmoista olivat heille ennestään tuttuja.

Videon kuvamaailma tuntui kuitenkin suurimmasta osasta haastateltavista vaikealta ja heidän mielestään videolla tulisi selittää enemmän asioita. Myös kokonaiskuva verenkierrosta ja sydäimestä olisi haastateltavien mielestä erityisen tärkeä hahmottamisen kannalta. Haastateltavan iästä riippumatta he kokivat nämä samat asiat puutteellisina. Myös iästä riippumatonta oli videoista motivoituminen: poikkeuksetta kaikki haastateltavat sanoivat videoiden katselun olleen mukavaa, kivaa tai muuta vastaavaa.

Eri-ikäisten oppijoiden välillä ilmeni eroja odotusten mukaisesti: pääsääntöisesti lukiolaiset pystyivät parhaiten abstraktiin ajatteluun sekä syy- ja seuraussuhteiden pohdintaan. Oppijoiden välillä korostuivat kuitenkin yksilölliset erot. Esimerkiksi Y2 oli selvästi ajattelussaan samalla tasolla kuin osa lukiolaisista. Selkeimmin omaksi porukakseen erottuivat alakoulun oppilaat. He kaikki olivat selvästi ajattelussaan konkreettisella tasolla. Yläkouluikäiset vastaavasti olivat myös konkreettisella tasolla, mutta osoittivat toisinaan viitteitä abstraktimmasta ajattelusta. Kuitenkin myös yksi lukiolaisista oli vielä osittain konkreettisella tasolla toisten ikätoverien kyetessä jo syy- ja seuraussuhteiden pohdintaan. Verrattaessa eri-ikäisiä oppijoita alakoululaiset

ymmärsivät hypoteesiemme mukaisesti vähemmän videosta kuin yläkoululaiset ja lukiolaiset. Tämä saattaa kuitenkin osittain selittyä sillä, että tutkittavat tulkitsivat videoita ennakkotietojensa perusteella: koska lukioikäiset tiesivät muita enemmän, he myös tulkitsivat videota enemmän. Myös abstrakti ajattelu helpottaa videoiden tulkintaa, sillä osa videon tiedosta esitetään vain visuaalisesti, ja videoiden kuvamaailma sijoittuu suurelta osin kehon sisällä tapahtuviin ja solutason asioihin. Kuitenkaan videoiden merkitys oppimisessa ei näytä olevan sidoksissa pelkästään ikään tai ajattelun tasoon, vaan myös siihen tietomäärään ja sen oikeellisuuteen, joka katsojalla on ennestään.

## 7 POHDINTA

### 7.1 Tutkimuksen antia

Oppikirjojen sisällön vertaaminen opetussuunnitelman sisältöön ei sellaisenaan ole järkevää, sillä opetussuunnitelma ei juuri aseta tavoitteita tai kriteerejä oppikirjoille. Hengityksen ja verenkierron viitekehykseen ja lasten ja nuorten kognitiiviseen kehitykseen verraten Jyväskylän normaalikouluissa käytettävät oppikirjat eivät täysin tue hengityksen ja verenkierron ymmärtämistä. Oppikirjoissa oli puutteita erityisesti hengityksen ja verenkierron nivomisessa yhteen ja loogisen kokonaisuuden kuvaamisessa. Jokaisesta oppikirjasta puuttui myös yhteys soluhengitykseen ja lukion kirjasta kokonaan yhteys energian tuotantoon. Luonnontieteellisessä ajattelussa pääpaino tulisi olla ymmärtämisessä ja kriittisyydessä. Oppikirjat kokonaisuudessa tarjosivat hyvin vähän edellytyksiä esimerkiksi kognitiiviselle konfliktille. Hyvä oppikirja haastaakin lukijansa arkikäsitkset. Näiden oppikirjojen kohdalla verenkierron ja hengityksen linkitys toisiinsa ja energian tuottoon jää pääsääntöisesti opettajan tietämyksen varaan. Opettaja voikin tukea erilaisin menetelmin oppikirjojen puutteita.

Toisaalta oppikirjojen yhtenä puutteena oli tekstin sitominen kuviin viittausten avulla. Jokaisen kirjan kohdalla pääosa kuvista oli irrallisena tekstistä, jolloin tekstin lukeminen ei suoraan ohjaa kuvien katsomiseen. Tällöin lukijan ja oppijan omalle pohdinnalle jää, perehtyäkö ollenkaan tai missä vaiheessa oppikirjan kuvitukseen. Olimme kuitenkin yllättyneitä siitä, miten vähän eri kouluasteiden oppikirjoissa oli eroja siinä, montako kuvaa yhdellä sivulla oli keskimäärin (vaihtelevuus 1,4–1,6). Ala- ja yläkoulun oppikirjoissa affektiivisten ja kognitiivisten kuvien osuudet olivat lähestulkoon samat, kun taas kognitiivisten kuvien osuus nousi lukion kirjaa

tarkasteltaessa. Lukion kirjassa kuvilla oli siis suuremmalta osalta tiedollinen merkitys kuin ala- ja yläkoulun kirjoissa. Affektiivistenkaan kuvien merkitystä ei kuitenkaan tule aliarvioida, sillä niillä saattaa olla oppilaita motivoiva merkitys.

Videoiden analyysin perusteella voidaan todeta, että *Olipa kerran elämä* -videot sellaisenaan eivät täytä hyvän oppimateriaalin kriteerejä eivätkä tue yksinään erilaisten oppijoiden oppimista. Yksi videoiden mahdollisuuksista on verbaalisen tiedon tukeminen visuaalisesti. Näissä videoissa tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan käytetä, sillä asiat esitellään vain joko visuaalisesti tai verbaalisesti. Videoiden heikkoutena näyttäisikin olevan se, että sen eri osia ei selitetä. Muutamia epäloogisuuksia ja virheitä lukuun ottamatta tietosisältö videoissa on kuitenkin nykikäsitteiden mukainen. Hengitystä ja verenkiertoa koskevissa jaksoissa käsiteltiin niiden pääpiirteitä muutamaa kohtaa lukuun ottamatta toiminnan edellyttämässä järjestyksessä.

Haastattelujen perusteella yksi videon eduista näyttäisi olevan oppijoiden motivoituminen aiheeseen ja videon katseluun. Nykytutkimusten mukaan motivaatiolla on suuri merkitys oppimisessa. Erityisesti motivaatio vaikuttaa toiminnan tietoisissa ja tiedostamattomissa tavoitteissa. Vastaavasti nämä tavoitteet säätelevät sitä, mitä oppija pyrkii tekemään ja edelleen teot säätelevät oppijan oppimista. (Rauste-Von Wrigth ym. 2003, 57.) Niinpä motivaation roolia oppimisessa ei tulisi vähätellä. Tämä tutkimus antaa viitteitä siitä, että *Olipa kerran elämä* -videot toimivat oppimisen motivoinnissa. Motivaation lisääminen tukee videoiden käyttöä kouluissa ja erityisesti opetuksen alussa motivointikeinona. Toisaalta videoiden rooli oppimisessa tulee esiin mieleenpalauttamisessa. Haastattelujen perusteella jokaisen oppijan käsitys syveni ainakin jokin verran videon katselun jälkeen. Monet heistä totesivat kuitenkin jälkihaastattelussa tämän johtuvan asioiden mieleen palautumisesta.

Verrattaessa tutkimuksemme haastateltujen käsityksiä keskenään, huomataan niissä olevan suuriakin eroavaisuuksia. Tämän voi toki nähdä opetuksen näkökulmasta haasteena, mutta toisaalta se luo myös mahdollisuuksia. Ojalan (1997) mukaan oppikirjassa asiat esitetään aina yhdellä, valitulla tavalla, kun taas oppilailta on erilaiset, toisistaan poikkeavat näkemykset. Tämä mahdollistaa monipuolisen ja

rikkaan kokonaiskuvan saamisen opiskeltavasta ilmiöstä. Oppilaiden erilaisia ajatuksia voi siis hyödyntää aiheen opetusta lähestyttäessä. Tällainen menetelmä kasvattaa oppilaita myös luonnontieteelliseen ongelmanratkaisuun, kun he toistuvasti pohtivat, selittävät, perustelevat ja arvioivat yhdessä ajatuksiaan. (Ojala 1997, 92.) Eri-ikäisten oppilaiden välillä oli eroa videoiden ymmärtämisessä sekä ylipäätään ajattelun tasossa. Tutkimuksemme perusteella videot näyttäisivät soveltuvan parhaiten lukioikäisille, sillä he kykenivät omaksumaankin eniten videoista. Toisaalta ne oppilaat, joiden tietämys esihaastattelussa oli hyvin puutteellista, näyttivät jollakin tasolla oppivan videoista. Edelleen, jos ajatellaan videoiden roolia motivointikeinona, toimivat videot myös alakoulu- ja yläkouluikäisillä.

### *Jatkotutkimusehdotuksia*

Koska *Olipa kerran elämä* –videot toimivat oppilaiden mukaan motivoivina menetelminä, ehdottaisimmekin jatkotutkimuskohteeksi videomateriaalien merkitystä oppijoiden motivoinnissa. Koska tiedetään, että osalla oppilaista abstraktien ja jopa konkreettisten asioiden hahmottaminen on vaikeaa, erityisen mielenkiintoista olisi selvittää *Olipa kerran elämä* –videoiden merkitystä oppimisvaikeuksissa. Näiden lisäksi tutkimustamme voisi jatkaa verrokiryhmätutkimuksella, joissa osa oppijoista opiskelisi videoiden avulla, toiset opetuksen avulla ja kolmannet sekä opetuksen että videoiden avulla.

## 7.2 Työn luotettavuus ja eettisyys

Yksi tutkimuksen eettisyyden, luotettavuuden ja tulosten uskottavuuden edellytyksistä on, että se on tehty hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla (Tutkimuseettinen lautakunta 2002, 5). Siitä huolimatta, että tutkimuksessa pyritään aina välttämään virheiden syntymistä, tulosten luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat. Usein kvalitatiivisen tutkimuksen kohdalla ajatellaan, että jokainen tutkimus on ainutlaatuinen eikä kahta samanlaista tapausta ole. Näin ollen perinteiset luotettavuuden ja pätevyyden arvioinnit eivät tule kysymykseen. Kuitenkin jokaisen tutkimuksen luotettavuutta tulee arvioida. Kvalitatiivisenkin tutkimuksen arvioinnissa käytetään apuna erilaisia mittaus- ja tutkimustapoja. (Hirsjärvi ym. 2009, 231–232.)

### *Reliabiliteetti*

Reliaabeliutta arvioitaessa tarkastellaan tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimuksen reliaabelius eli työn toistettavuus voidaan todeta monella eri tavalla. Tämä voi tapahtua esimerkiksi vertaamalla kahden arvioijan tulosta: jos molemmat päätyvät samaan tulokseen, voidaan sitä pitää reliaabelina. Vastaavasti tutkittaessa samaa henkilöä kahdesti, voidaan tulosta pitää reliaabelina, jos molemmilla kerroilla saadaan sama tulos. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.) Tutkimuksemme oli puhtaasti laadullinen tutkimus, jossa tutkittavat oli valittu satunnaisesti halukkaiden joukosta. Tarkan menetelmäkuvauksen johdosta tutkimus sinällään olisi helposti toistettavissa. Tutkimuksen ei-sattumanvaraisuutta lisäsi myös se, että meitä oli tätä tutkimusta tekemässä kaksi. Näin ollen tulosten pohdinnassa näkyy jo kahden arvioijan tulos.

### *Validiteetti*

Validiudella eli toisin sanoen pätevyydellä tarkoitetaan mittarin tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata juuri sitä, mitä sen on tarkoitus mitata. Validiutta voidaan arvioida eri näkökulmista. Tällöin puhutaan ennustevalidiudesta, tutkimusasetelmavalidiudesta ja rakennevalidiudesta. Laadullisen tutkimuksen kohdalla luotettavuutta parantaa tutkijan tarkka selostus siitä, miten tutkimus on toteutettu ja miten sen analyysi on tehty. Tutkijan tuleekin kuvata tarkasti, millä perusteella hän tulokset esittää. Laadullisessa tutkimuksessa voidaan validiutta parantaa myös käyttämällä useita eri menetelmiä. Yhtenä keinona validiuden parantamisessa voidaankin pitää useamman tutkijan määrää aineistonkerääjinä sekä tulosten analysoijina ja tulkitsijoina. (Hirsjärvi ym. 2009, 231–233.) Myös validiteetissa tutkimuksemme mittaavuutta lisäsi se, että teimme tutkimuksemme parityönä. Tutkimuksemme validiutta lisäsi myös se, että olimme molemmat jokaisessa haastattelussa paikalla. Toisaalta myös haastattelujen rakenne eli teemahaastattelu lisäsi validiutta, sillä näin pystyimme tarttumaan haastattelussa yksilöllisesti esille nouseviin asioihin. Yhtenä tämän tutkimuksen validiuden kritiikkinä voidaan kuitenkin pitää mahdollista oppilaiden vastausten liiallista ohjaamista, mikä johtui tutkijoiden vähäisestä haastattelukokemuksesta. Toisaalta pätevyyttä lisäsi haastattelujen nauhoittaminen, jolloin pystyimme palaamaan



mahdollisiin kriittisiin kohtiin ja ottamaan ne huomioon analyysissä. Samoin analyysin validiutta lisäsi se, että käsitekarttoja tehtäessä käytimme ainoastaan tutkittavien itsensä mainitsemia termejä, jolloin pystyimme minimoimaan omaa tulkintaamme tutkittavien käsityksiä muodostettaessa. Esihaastattelussa pyysimme tutkittavia olemaan perehtymättä asioihin ennen jälkihaastattelua. Täyttä varmuutta tästä ei kuitenkaan ole, mutta omien sanojen mukaan kukaan ei ollut asiasta etsinyt tietoa muualta.

Tutkimuksen yhteydessä puhutaan usein myös yleistettävyydestä. Alasuutarin (2001) mukaan yleistämisen ongelmaa ei voida kuitenkaan pitää erillisenä tutkimuksen vaiheena, vaan koko laadullinen tutkimus rakentuu jonkin tyyppistä yleistettävyyttä tavoitellen. Toisaalta laadullisen tutkimuksen yhteydessä ei tulisi puhua yleistämisestä. Sen sijaan tutkimuksessa voidaan eritellä sitä, miten tutkijat osoittavat analyysin koskevan muutakin kuin vain kyseistä aineistoa. Niinpä termi suhteuttaminen onkin osuvampi laadullisessa tutkimuksessa. (Alasuutari 2001, 248–251.) Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ollut yleistettävyys vaan tutkittavaan ilmiöön perehtyminen.

### *Tutkimuksen eettisyys*

Eettisyys tarkoittaa lähinnä kykyä pohtia sekä omien että yhteisön arvojen kautta sitä, mikä jossakin tilanteessa on oikein tai väärin. Tutkimusetiikka voidaan määritellä tutkijoiden ammattietiikaksi. Tällöin sen voidaan nähdä koskevan tutkijan eettisiä periaatteita, normeja, arvoja ja hyveitä, joita tutkijan tulee noudattaa harjoittaessaan ammattiaan. (Kuula 2006a, 21–23.)

Tutkimusta tehtäessä tutkittaville olisi hyvä kertoa motivoinnin vuoksi, mitä tutkimus koskee. Tarkkaa hypoteesia tai tutkimusasetelmaa ei tarvitse kertoa, mutta pääkohdat on hyvä selvittää myös tutkittaville. Pääkohdat tulee tutkittavilla olla selvillä, sillä ne vaikuttavat osaltaan tutkittavan halukkuuteen osallistua tutkimukseen. Tutkittavien tuleekin osallistua tutkimukseen omasta halukkuudestaan ja heillä tulee olla mahdollisuus keskeyttää niin halutessaan. (Kuula 2006a, 106–107; Kuula 2006b, 129–130.) Samalla myös erilaisista tallennevälineistä tulee kertoa tutkittavalla etukäteen. (Kuula 2006a, 106–107). Tutkittavien informoinnissa riittää

kirjallinen ilmoitus ja suullinen lupa, kun on kyseessä haastattelu, joka tallennetaan (Kuula 2006a, 119). Haastattelun alkaessa lähetimme jokaisen alaikäisen osallistujan kotiin saatekirjeen, jossa kerrottiin tutkimuksesta. Lukiolaiset saivat saatekirjeen itselleen. Tämän lisäksi saimme jokaiselta osallistujalta erikseen suullisen luvan haastattelujen tekemiseen ja tallentamiseen. Tutkimuksen reliabiliteetin takia kerroimme haastateltaville etukäteen vain, että aihe koskee ihmisen biologiaa. Tämä siksi, että he eivät tutustuisi aiheeseen etukäteen. Muuten pääkohdat tutkimuksen tarkoituksesta ja siihen käytettävästä ajasta selvitettiin jokaiselle osallistujille tarkasti.

Yksi tärkeimmistä tutkimuseettisistä normeista on ihmisten yksityisyyden kunnioittaminen (Kuula 2006b, 124). Tutkimuksen kuluessa on huolehdittava tutkittavien anonymiteetistä ja käytettävä henkilötietotunnisteita eli suoria tunnisteita vain kun se on täysin välttämätöntä. Epäsuorien tunnisteiden eli esimerkiksi nimimerkkien tai numeroiden käyttö tutkimuksissa on suositeltavaa. Epäsuoriksi tunnisteita kutsutaan silloin, kun yksittäinen tutkittava ei ole helposti tunnistettavissa aineistosta tai julkaisusta. (Kuula 2006a, 108–112; Kuula 2006b, 128–129.) Tässä tutkimuksessamme olemme käyttäneet kokonaan epäsuoria tunnisteita eivätkä yksittäiset oppilaat ole aineistosta tunnistettavissa. Epäsuorina tunnisteina käytimme yhdistelmiä A1-3, Y1-3 ja L1-3, joista A tarkoittaa alakoululaista, Y yläkoululaista ja L lukiolaista. Koska Jyväskylän normaalikouluissa on paljon oppilaita, yksittäisten oppilaiden tunnistaminen aineistosta ei ole mahdollista ilman kohtuutonta vaivaa. Haastattelujen alussa kerroimme myös tutkittaville epäsuorien tunnisteiden käytöstä.

Lainsäädännöllisesti lapsilla ei ole oikeutta itsenäisesti päättää tutkimukseen osallistumisesta (Kuula 2006a, 147). Tutkimuksemme kaikki haastateltavat olivat Jyväskylän normaalikouluista. Normaalikoulujen tapojen mukaisesti jokaiselta oppilaalta on kouluun tullessa kerätty lomake vanhempien allekirjoituksella heidän suostumuksestaan osallistua tutkimuksiin. Tämän tutkimuksen jokaisen osallistujan vanhemmat olivat antaneet suostumuksensa lasten tutkimuksiin osallistumiseen.

### *Tutkimuksen haasteet*

Tutkimuksemme aikana huomasimme tutkimuksellamme olevan muutamia muuttujia, jotka ovat saattaneet vaikuttaa tutkimustuloksiin. Ensinnäkin tutkittavien valinnassa emme ottaneet huomioon terveystiedossa käytyjä asiasisältöjä. Kukaan haastateltavista ei ollut vielä saanut oman kouluasteensa mukaista opetusta hengityksestä ja verenkierrosta. Tutkimuksessamme emme kuitenkaan kontrolloineet mitenkään terveystiedon vaikutusta. Myös Y2:n kohdalla vaikuttavaksi tekijäksi nousi vasta jälkihaastattelun jälkeen selvinnyt kouluhistoria: kyseinen oppilas kun oli käynyt Sveitsissä yläkoulun alun ja siellä ihmisen biologiaa oli jo käsitelty. Tästä syystä oppilas myös muisti haastattelussa vierasperäisiä termejä eri osille.

Jokaiselle tutkittavista *Olipa kerran elämä* –sarja oli ennestään tuttu. Tämä saattoi vaikuttaa videon katselussa siihen, että he tulkitsivat näkemiään jaksoja myös muiden jaksojen perusteella ja yhdistivät näin tietoa. Toisaalta on syytä muistaa myös, että jo esihaastattelu oli tutkittaville oppimistilanne, jonka aikana asiat saattoivat jäsentyä. Samalla myös itse haastattelutilanne oli heille jälkihaastattelussa tuttu eikä esimerkiksi jännittäminen häirinnyt vastaamista.

Tutkimuksemme tulosten perusteella voidaan sanoa osallistujien tietomäärän lisääntyneen. Näin suppean tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida luotettavasti todeta mitään oppilailla mahdollisesti tapahtuneista käsitteellisistä muutoksista. Tässä tutkimuksessa käytimme viitekehyksenä Piaget'n teoriaa ihmisen kognitiivisesta kehityksestä. Yhtenä tutkimuksemme puutteena on, ettemme ottaneet riittävästi huomioon tämän teorian kritiikkiä. Toisaalta Piaget'n teoria on toistaiseksi ainut kognitiivisen kehityksen teoria, joka on saanut huomiota.

#### 7.3 *Olipa kerran elämä* –videoiden käyttö kouluissa

Videot eivät yksistään tue käsitteellistä muutosta. Niinpä pelkästään niiden käyttö ei tue oppimista. Tutkimuksemme perusteella emme kuitenkaan täysin tyrmäisi *Olipa kerran elämä* –videoiden käyttö kouluissa. Ensinnäkin, koska kaikki tutkittavat kokivat videoiden katselun motivoivaksi tai kivaksi, voisi niiden rooli opetuksessa perustua juuri motivointiin. Jokainen sarjan jaksoista on noin 20 minuuttia pitkä,

jolloin niiden käyttö oppitunnin alussa on mahdollista. Toisaalta tutkittavat kertoivat videoiden palauttavan mieleen siinä käsiteltäviä asioita. Luonnon tieteellisen oppimisen perustana onkin ennakko- ja arkikäsitteiden huomioon ottaminen ja näiden haastaminen. Niinpä videon perusteella oppijat tulevat enemmän tietoisiksi omista käsityksistään. Videon katselun jälkeen on kuitenkin tärkeää, että opetus haastaa oppijat käsittelemään näitä käsityksiään.

**AINEISTOLÄHTEET**

Barillé, A. 1986. Olipa kerran elämä. Suom. M. Huuskonen. 1988. YLE import.

Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E-L., Saarivuori, M., Sarvilinna, R. & Tenhunen, A. 2006. Luonnonkirja 7-9. Ihminen. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Lindgrén, A., Marttinen, S., Sukselainen, A., Paso, S. & Pudas, A. 2007. Jäljillä 5. Biologia-Maantieto. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Turunen, S. 2007. Biologia: ihminen. Helsinki: WSOY.

**KIRJALLISUUSLÄHTEET**

- Ahtee, M. 1994. Luonnontiedon opettamisesta. Teoksessa Ahtee, M., Kankaanrinta, I-K. & Virtanen, L. (toim.) Luonnontieto koulussa. Helsinki: Otava. 47–92.
- Alasuutari, P. 1995. Laadullinen tutkimus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Beilin, H. 1997. Piaget'n teoria. Teoksessa Vasta, R. (toim.) Kuusi teoriaa lapsen kehityksestä. Kuopio: Puijo. 109–160
- Campbell, N., Mitchell, L & Reece, J. 1999. Biology. Fifth Edition. Menlo Park, California: Addison Wesley Longman, Inc.
- Campbell, N. & Reese, J. 2002. Biology. Sixth Edition. San Francisco : Benjamin Cummings, cop.
- Clement, J. 2008. The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change. Teoksessa Vosniadou, S. (toim.) International Handbook of Research on Conceptual Change. New York: Routledge. 417–452.
- Crain, W. 2005. Theories of Development. Concepts and Applications. Fifth Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, cop.
- Duit, R. 1999. Conceptual Change Approaches in Science Education. Teoksessa Wolfgang, S., Vosniadou, S. & Carretero, M. (toim.) New Perspectives on Conceptual Change. Amsterdam: Pergamon. 263–282.
- Guyton, C. & Hall, J. 2006. Textbook of medical physiology. Philadelphia (Pa.): Elsevier Saunders, cop.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2000. Tutki ja kirjoita. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- Hunt, R. & Ellis, H. 2004. Fundamentals of Cognitive Psychology. New York (N.Y.): McGraw-Hill, cop.
- Jeronen, E. 2005. Biologian opetus ja sen suunnittelu. Teoksessa Eloranta, V., Jeronen, E. & Palmgren, I. (toim.) Biologia eläväksi: biologian didaktiikka. Opetus 2000. Jyväskylä: PS-Kustannus. 47–92.
- Jyväskylän yliopisto. 2004a. Jyväskylän normaalikoulun esi- ja perusopetuksen opetussuunnitelma. Jyväskylän yliopisto. Tulostettu 24.8.2010  
[https://www.norssi.jyu.fi/opetusjaopiskelu/opetussuunnitelma/ops\\_perusopetus/index.html](https://www.norssi.jyu.fi/opetusjaopiskelu/opetussuunnitelma/ops_perusopetus/index.html)
- Jyväskylän yliopisto. 2004b. Jyväskylän normaalikoulun esi- ja perusopetuksen opetussuunnitelman aihekokonaisuudet. Jyväskylän yliopisto. Tulostettu 24.8.2010  
[https://www.norssi.jyu.fi/opetusjaopiskelu/opetussuunnitelma/ops\\_perusopetus/toimintakulttuuri.htm](https://www.norssi.jyu.fi/opetusjaopiskelu/opetussuunnitelma/ops_perusopetus/toimintakulttuuri.htm)
- Jyväskylän yliopisto. 2004c. Jyväskylän normaalikoulun lukion opetussuunnitelma. Jyväskylän yliopisto. Tulostettu 27.8.2010 <https://www.norssi.jyu.fi/opetusjaopiskelu/opetussuunnitelma>
- Kuula, A. 2006a. Tutkimusetiikka: aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kuula, A. 2006b. Yksityisyyden suoja tutkimuksessa. Teoksessa Hallamaa, J. Launis, V, Lötjönen, S. & Sorvali, I. (toim.) Etiikkaa ihmistieteille. 124–140

- Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski, S., Portin, P. & Tirri, R. 2001. *Biologian sanakirja*. Helsinki: Otava.
- Levie, W. H & Lentz, R. 1982. Effects of Text Illustrations: A Review of Research. *Educational Communication and Technology. A Journal of Theory, Research and Development*. Vol. 30, no. 4. 195–232.
- Mikkilä-Erdmann, M. 2002. Textbook text as a tool for promoting conceptual change in science. Turku: Turun yliopisto.
- Mikkilä, M & Olkinuora, E. 1995a. Miksi oppimateriaalitutkimusta? Teoksessa Mikkilä, M & Olkinuora, E. (toim.) *Oppikirjat ja oppiminen*. Oppimistutkimuksenkeskus, julkaisuja 4, 1995. Turun yliopisto. 1–11.
- Mikkilä, M & Olkinuora, E. 1995b. Oppi- ja työkirja-analyysin metodi ja keskeiset tulokset. Teoksessa Mikkilä, M & Olkinuora, E. (toim.) *Oppikirjat ja oppiminen*. Oppimistutkimuksenkeskus, julkaisuja 4, 1995. Turun yliopisto. 12–18.
- Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2000. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Helsinki: WSOY.
- Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2006. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Helsinki: WSOY.
- Novak, J.D. & Gowin, B. 1984. *Learning how to learn*. Cambridge: University Press Cambridge.
- Ojala, J. 1997. Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. Jyväskylän yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 63. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.



- Opetushallitus. 2003. Lukion opetussuunnitelman perusteet. Opetushallitus.  
Tulostettu 2.8.2010  
[http://www.oph.fi/saadokset\\_ja\\_ohjeet/opetussuunnitelmien\\_ja\\_tutkintojen\\_perusteet/lukiokoulutus](http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/lukiokoulutus)
- Opetushallitus. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Opetushallitus.  
Tulostettu 13.9.2009  
[http://www.oph.fi/koulutuksen\\_jarjestaminen/opetussuunnitelmien\\_ja\\_tutkintojen\\_perusteet/perusopetus](http://www.oph.fi/koulutuksen_jarjestaminen/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/perusopetus)
- Piaget, J. 1971. *Biology and Knowledge. An Essay on the Relations between Organic Regulations and Cognitive Processes.* Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Piaget, J. 1972. *The Principles of Genetic Epistemology.* London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. 1988. *Lapsi maailmansa rakentajana.* Helsinki: WSOY.
- Piaget, J. & Inhelder, B. 1977. *Lapsen psykologia.* Jyväskylä: Gummerus.
- Puolimatka, T. 2002. *Opetuksen teoria: konstruktivismista realismiin.* Helsinki: Tammi.
- Ramadas, J. 2009. Visual and Spatial Modes in Science Learning. *International Journal of Science Education* Vol. 31, No. 3, 1 February. 301–318.
- Rauste-Von Wright, M., Von Wright, J. & Soini, T. 2003. *Oppiminen ja koulutus.* Helsinki: WSOY.
- Schnotz, W., Vosniadou, S. & Carretero, M. 1999. Preface. Teoksessa Wolfgang, S., Vosniadou, S. & Carretero, M. (toim.) *New Perspectives on Conceptual Change.* Amsterdam: Pergamon. xiii–xxiv.

Siljander, P. 2005. Systemaattinen johdatus kasvatustieteeseen. Helsinki: Otava.

Säljö, R. 1999. Concepts, Cognition and Discourse: From Mental Structures to Discursive Tools. Teoksessa Wolfgang, S., Vosniadou, S. & Carretero, M. (toim.) *New Perspectives on Conceptual Change*. Amsterdam: Pergamon. 81–90.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2002. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausten käsittely. Tulostettu 9.10.2010  
[www.tenk.fi/julkaisutjaOhjeet/htkfi.pdf](http://www.tenk.fi/julkaisutjaOhjeet/htkfi.pdf)

Tynjälä, P. 2000. Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Helsinki: Tammi.

Vosniadou, S. 2008. Conceptual change Research: An Introduction. Teoksessa Vosniadou, S. (toim.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge. xiii–xxviii.

Åhlberg, M. 1990. Käsitekarttatekniikka ja muut vastaavat graafiset tiedonesittämistekniikat opettajan ja oppilaiden työvälineinä. Kasvatustieteen tiedekunnan tutkimuksia. Joensuu: Joensuun yliopisto, Savonlinnan opettajankoulutuslaitos.



## LIITE 2: Teemahaastattelujen runko

### Hengitys

- Mitä hengittäminen on?
- Miksi hengitämme?
- Mihin happea tarvitaan?
- Mitä hengittämiseen tarvitaan?

### Verenkiertojärjestelmä

- Mistä verenkiertojärjestelmä koostuu?
  - Mitä siellä liikkuu?

#### Veri

- Miksi meillä on verta?
- Luettele veren tehtäviä.
- Kuvaile verisuonia.
- Miksi meillä tarvitsee olla verisuonisto?
- (Mitä verisuonissa tapahtuu?)
- Mikä ylläpitää veren virtausta?
- Kuva sydäimestä.
  - Selitä sydämen toiminta.

### Hengityksen ja verenkierron yhteistoiminta

- Miten happi siirtyy elimistössä sinne missä sitä tarvitaan?
- Selvitetään oppilaan ymmärrys verenkierron kuljetusjärjestelmänä seuraavan mielikuvaharjoituksen kautta: Kuvittele, että ihmisen elimistö on kuin pienoiskaupunki, jossa on erilaisia toimivia alueita. Mikä verenkiertojärjestelmä voisi tällaisessa systeemissä olla?

