

Supporting opinion-forming of secondary biology students on SynBio-related SSIs

By making them more aware of their own values and the values that others hold.

Author: Gemma C. Ripken

Student number: 3405842

Date: 05-07-2015

Number of ECTS: 30

Supervisor: Dr. Marie-Christine P.J. Knippels

Course coordinator: Dr. Dirk Jan Boerwinkel

Second examiner: **Dr. Dirk Jan Boerwinkel**

Institute: Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education, Utrecht University,
Utrecht, the Netherlands

Journal: International Journal of Science Education

Audience: Researchers in science education

Supporting opinion-forming of secondary biology students on SynBio-related SSIs

By making them more aware of their own values and the values that others hold.

Gemma C. Ripken

*Master student Science Education and Communication, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands
Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education, Faculty of Science, Utrecht University,
Utrecht, the Netherlands*

Abstract

Scientific literacy has become an internationally claimed desired outcome of science education, which should include the ability to negotiate and make informed decisions about socioscientific issues (SSIs). A new developing field within the biological sciences that will most likely evoke SSIs is synthetic biology (SynBio). The developments within SynBio may lead to a variety of new applications but also holds risks and raises ethical questions. Therefore, education should prepare students to form an opinion and make informed decisions about SynBio-related SSIs. The opinion-forming and decision-making process needs to be informed - beside scientific knowledge- by self-knowledge and societal knowledge. For this, students need to be aware of their own values and those of others. One way to introduce SynBio-related SSIs is with the use of techno-moral vignettes. The aim of this study was to investigate if techno-moral vignette-related learning and teaching activities are adequate to support the opinion-forming process on SynBio-related SSIs in the classroom, by making students more aware of the values that are of personal importance and those of others.

To achieve this goal, a design based research approach was used to develop two lessons that incorporated the vignette 'Reinventing the dodo' and reframing activities to make students more aware of the values that they hold. The developed learning and teaching activities were tested in one class of pre-university level. Data was extracted from the students' worksheets, interviews, class observations and audio recordings. The results showed that the vignette did evoke several emotions and questions, and that the reframing activities made students look at the dilemma from different perspectives. Students became more aware of their values and those of others but it cannot be concluded if this was the result of the reframing activities.

Key-words: Design based research; Socioscientific issues; Techno-moral vignettes; Opinion-forming; Synthetic biology; Framing and reframing.

Introduction

Scientific literacy has become an internationally claimed desired outcome of science education (DeBoer, 2000; Sadler, 2004; de Jong, 2015). According to the National Science Education Standard and Dutch Education Standards, scientific literacy should include the ability to participate in public discussions on scientific subjects and make informed decisions about problems using scientific knowledge (Bron, Veugelers, & van Vliet, 2009; NRC, 1996). In these modern notions of scientific literacy, negotiating thoughtfully about socioscientific issues (SSIs) is crucial (Sadler, 2004), and therefore should be included in science education (Saunders & Rennie, 2013). SSIs are issues that have a component in science and a component in society (Zeidler, 2005). They are problems or dilemmas, that are open-ended and do not have a simple solution. There are often multiple plausible solutions that can be informed by scientific factors, such as scientific principles, theories; and data, and by social factors including politics, economics, and ethics (Sadler, 2011).

A new developing field within the biological sciences that will most likely evoke SSIs is synthetic biology (SynBio). SynBio is an interdisciplinary field, in which science and technology are interwoven (Brewer & Smith, 2011) and that can be defined as: ‘the design and construction of new biological systems not found in nature’ (Schmidt, Ganguli-Mitra, Torgersen, Deplazes & Biller-Andorno, 2009, p. 3). In a way, SynBio can be seen as the engineering of biology (Stemerding & Rerimassie, 2013). The developments in SynBio may lead to a variety of new practical applications such as artificial organisms that produce useful substances for pharmaceuticals and biofuels. However, SynBio also holds risks such as the accidental release of artificial organisms into the environment, which can have harmful consequences for ecological systems, or the misuse of synthetic biology for bioterrorism (Tucker & Zilinskas, 2006). SynBio also raises ethical questions, like is it right to create artificial life? (Stemerding & Rerimassie, 2013). It is important to engage the public in the discussion on SynBio-related SSIs because of the societal and ethical implications (Balmer & Martin, 2008). Science education can prepare students, young citizens, to negotiate thoughtfully about SynBio-related SSIs. Important aspects of SSI-based education are forming an opinion and make informed decisions about SSIs (Sadler, 2002).

There are some essential requirements for informed opinion-forming and decision-making in SSI-based education. One of these is that, beside scientific knowledge, self-knowledge and societal knowledge should also inform the opinion-forming and decision-making process. For this, students need to be aware of their own values and those of others (Waarlo, 2014). The role of emotions is of importance in becoming aware of underlying values and beliefs. Earlier studies on opinion-forming and informed decision-making of students focused mainly on rationalist models (Haidt, 2000). More recently there is an emphasis on the importance of emotional and affective factors that influence the opinion-forming and decision-making process (Sadler, 2002; Zeidler et al., 2005; van der Zande, 2011). According to these studies, emotions should be used as a starting point to investigate underlying values (van der Zande, 2011).

The use of frames and reframing activities can further support students to become aware of their own values and those of others. Frames are lenses that are formed around our values and experiences through which we look at a discussion or debate. They differ between persons because of differences in interests, experiences, values and beliefs. Reframing, a shift in frames, can occur when negotiating an issue. One of the four categories of reframing as defined by Kaufman, Elliot and Shmueli (2003), is value reframing. Activities in this category may help students to become more aware of their own values and those of others (Shmueli, Elliott, & Kaufman, 2006).

Crucial in SSI-based education is an adequate introduction of a problem or dilemma (Waarlo, 2014). Introducing SynBio-related SSIs in the classroom is complex because SynBio involves complicated science knowledge and because the field is still in development ('science-in-the-making'). This means that its potential applications and complications still lie in the future. A possible way of introducing SynBio-related SSIs is with use of future scenarios. Future scenarios can be promising tools in envisioning how SynBio might change values, ideas and ideals. They can also help in showing students different perspectives on a subject (Boerwinkel, Swierstra & Waarlo, 2012). The Rathenau Institute developed 18 techno-moral vignettes on the implications of SynBio. These vignettes are short stories, informed by recent scientific publications, in which possible futures and moral dilemmas are being introduced (Swierstra & Boenink, n.d.). Techno-moral vignettes can help in imagining SynBio-related futures and starting up the SSI-based learning process in secondary biology education. The vignettes were developed to invite politicians to debate, but also have educational potential. Earlier studies showed that the vignettes evoke questions; emotions and values. Techno-moral vignette-related learning and teaching activities effectively support Dutch upper secondary biology students in the first steps of the opinion-forming process, i.e. recognizing the dilemma and showing the first notions of realizing which values, beliefs and underlying emotions they and others hold regarding the dilemma (de Ruijter, 2013; Slegers, 2014).

The question now remains *how techno-moral vignettes-related teaching and learning activities can be helpful in supporting students in the next step of the opinion-forming process, i.e. becoming aware of the values underlying their initial emotions and the values others hold*. Analyses of the vignettes showed that they offer different frames on SynBio-related dilemmas (Overbeek, personal communication, 2014). Therefore, using the vignettes in reframing activities looks promising in making students more aware of their own values and beliefs and those of others.

The aim of this study is to contribute to SSI-based education by investigating how the opinion-forming process of students can be fostered. This is done by studying how techno-moral vignettes-related teaching and learning activities can be helpful in supporting Dutch upper secondary students in the opinion-forming process on SynBio-related SSIs, by making them more aware of the values underlying their initial emotions, and those of others. Therefore learning and teaching activities (LTAs) that make use of the techno-moral vignettes will be developed and evaluated. The aim of these LTAs is to invite students to uncover underlying values and beliefs behind their emotions, and reframing activities to make students become more aware of their own emotions, their underlying values and beliefs and those of others.

Theoretical framework

Socioscientific issues and scientific literacy

An internationally claimed desired outcome of science education is scientific literacy (DeBoer, 2000; Sadler, 2004). However, the term ‘scientific literacy’ has many different meanings and interpretations (Laugksch, 2000). Without a clear idea of what scientific literacy means, it is not clear what goal science education should have (DeBoer, 2000).

The National Science Education Standards define a scientific literate person as someone that is able to “use appropriate scientific processes and principles in making personal decisions” and “engage intelligently in public discourse and debate about matters of scientific and technological concern” (NRC, 1996, p. 13). This is in line with the latest Dutch education act. In 2005, the Dutch government decided that schools need to spend time on ‘active citizenship and social integration’. According to the Dutch Minister of Education, active citizenship entails the readiness to participate in and contribute to a community (Bron, 2009).

Competences needed for active citizenship and social integration are, among others: being able to reflect on actions; thoughts and feelings, being able to take a position on issues and to discuss this position, being able to accept other viewpoints (Bron & van Vliet, 2010).

According to the Dutch education standards and the National Science Educational Standards, students must be able to use scientific knowledge and processes to solve and make informed decisions about problems in their everyday live and participate in public discussions on scientific and technological matters (Sadler, 2004). The issues that require public involvement and input have been termed as socioscientific issues (SSIs). Therefore, at least one component of scientific literacy is the ability to discuss and make informed decisions about SSIs (Kolstø, 2001; Sadler, 2002; 2004; Zeidler, Walker, Ackett & Simmons, 2002; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005). Two types of SSIs can be distinguished (Ratcliffe & Grace, 2003). One type includes problems and dilemmas that come from well-established science (type A). The other type involves issues as a result of developing sciences (‘science-in-the-making’), and the nature of science (type B) (Ratcliffe & Grace, 2003). Such a new developing science is synthetic biology.

Synthetic biology

Synthetic biology (SynBio) is a new emerging field (Brewer & Smith, 2011), in which engineering disciplines are applied to biology, and which will most certainly evoke SSIs. Because the field is still in an early stage of development is it subject to a number of definitions (The Royal Academy of Engineering, 2009), but the definition that will be used here is: ‘the design and construction of new biological parts, devices and systems and the re-design of existing natural biological systems for useful purposes’ (‘What is Synthetic Biology’, 2014).

There is some debate about the differences between SynBio and earlier recombinant DNA technology (Stemerding & Rerimassie, 2013). However, the biggest difference is that while earlier biotechnology is dependent on the use of DNA from existing organisms, SynBio will be able to use chemically synthesized DNA and essentially build new organisms from scratch (Stemerding & Rerimassie, 2013).

SynBio is originated in 1979 with the synthesis of a 207 base-pair DNA sequence by Nobel Prize winner Har Gobind (Anderson et al., 2012). Since then, the field of SynBio gave rise to several potential applications that are useful to industry and society (Balmer & Martin, 2008). Examples of these applications are the production of smart materials and biomaterials, personalized medicines and complex molecular devices for tissue repair (Balmer & Martin, 2008). The Royal Academy of Engineering (2009) predicts in their 25 year vision that highly adaptive vaccines and antibiotics may be produced that could rapidly adapt to kill a specific type of influenza and thereby avoid a new pandemic. The Academy also predicts the production of biologically based materials that have the same properties as plastics, but are more environmentally friendly and biodegradable (The Royal Academy of Engineering, 2009). Though SynBio has many anticipated benefits, it also gives rise to several risks and implications that are related to ethics, security and safety (The Royal Academy of Engineering, 2009). The main areas of risks involved in SynBio are: uncontrolled release into the environment, bioterrorism, patenting and the creation of monopolies, trade and global justice, and the creation of artificial life (Balmer & Martin, 2008). Because the risks and implications of SynBio have an impact on society and have ethical implications, several authors addressed the importance of involving the public in the discussion on SynBio (Balmer & Martin, 2008; Schmidt et al., 2009; Anderson et al., 2012; Stemerding & van Est, 2013).

The abovementioned implications of SynBio can be classified into hard and soft impacts. Swierstra (2012, p. 1050) describes hard impacts as impacts that are ‘objective, rational, neutral and factual’. Soft impacts are impacts that are ‘subjective, emotional, partisan and value-laden’. The two risk-areas ‘uncontrolled release into the environment’ and ‘bioterrorism’ are hard impacts while the risk-areas ‘patenting and the creation of monopolies’, ‘global justice’ and ‘the creation of artificial life’ can be seen as soft impacts (Tatje, 2013). Issues that may follow from the risks and implications of SynBio have an impact on society and involve complex knowledge of the techniques behind the science. Therefore these issues can be classified as SSIs (Zeidler, 2005). Since SynBio is still a science-in-the-making, the SSIs that are evoked by the developments in SynBio are type B SSIs.

As mentioned before the negotiation of SSIs is crucial in science education to foster scientific literacy (Sadler, 2004). Combined with the notion that the public needs to be involved in the discussion on SynBio, it is important to prepare students to be able to negotiate SynBio-related SSIs.

Informed opinion-forming and decision-making

Central in SSI-based learning is informed opinion-forming and decision-making (Waarlo, 2014). While most students will be able to make decisions, the aim of science education should be that students are able to make informed decisions on SSIs (Sadler, 2004).

According to Bekker (p.1, 1999) a decision is informed when it “is made by a reasonable individual using relevant information about the advantages and disadvantages of all the possible courses of action, in accord with the individual’s beliefs”.

There are some essential requirements to achieve informed opinion-forming and decision-making in SSI-based education such as the introduction of a problem or dilemma, the use of knowledge about the science in the issue, active participation in dialogue, taking positions in different societal dilemmas, knowledge about the nature of science, and the moral and ethical dimensions of the issues must be attended (Sadler, 2004; Waarlo, 2014). Moreover, self-knowledge and societal knowledge should inform the decision making process.

Self-knowledge and societal knowledge implies being aware of your own values, beliefs, principles and assumptions and those of others. Therefore students need to be aware of their own values and those of others before forming an opinion or making decision about SSIs (Waarlo, personal communication, 2014).

Knippels et al. (2009, p. 2061) looked at different studies on opinion-forming and decision-making on moral issues such as SSIs, and formulated basic commonalities that need to be incorporated into a lesson (module). These are:

- A. Students need to be capable of recognizing and extracting the, or a, moral question of the dilemma,
- B. Students have to develop an awareness of the arguments and values that they and others use.
- C. Students should be able to think through the consequences of a potential decision,
- D. Students should be able to assess where to find and how to use the information needed to guide this process,
- E. Students should be aware of all the steps that need to be taken in order to arrive at a well-informed opinion.

These commonalities may guide the design of a lesson or module on SynBio-related SSIs. However, prior to these commonalities, a problem or dilemma needs to be introduced in the classroom. This can be complicated for SynBio-related SSIs because the field is still in development and most of its implications and applications lie in the future. So, how can SynBio-related SSIs be introduced in the classroom without knowing how SynBio may influence our lives in the future? One promising way is the use of future scenarios (Boerwinkel et al, 2012).

Future Scenarios

Future scenarios are a good way to introduce the broad set of impacts and SSIs of new technologies because they use a dimension of time, help to imagine the impacts on a concrete and mundane level and because the interaction between humans and the world we live in can be incorporated (Boenink, 2010). Future scenarios are also relevant for students because they are situated in a future in which students will be adult citizens (Boerwinkel, 2014). Therefore, future scenarios seem like promising tools in imagining the way that SynBio might change values, ideas and ideals (i.e. soft impacts). They can also help in showing students different perspectives on a subject (Boerwinkel, Swierstra & Waarlo, 2012). Another important aspect of future scenarios is that they are capable to introduce the soft impacts of SynBio next to the hard impacts (De Ruijter, 2013). While societies are slowly learning to deal with hard impacts of developing technologies, concerns about the soft impacts are regularly neglected. This often leads to discontent among the public later in time (Boerwinkel et. al, 2014). Therefore,

it is important to address the soft impacts of new developing technologies. Teachers often have difficulties addressing the soft impact such as the moral and ethical impact of SSIs. Reasons for this are a lack of confidence and expertise in managing classroom discussions or debate, lack of science knowledge, lack of knowledge on effective teaching and learning strategies and a lack of time (Saunders & Rennie, 2013). Using future scenarios may help teachers with addressing the soft impacts.

The Rathenau Institute developed 18 future scenarios that describe possible SynBio-related SSIs based on current developments in the field (Swierstra & Boenink, n.d.). They are called techno-moral vignettes because they show the different future applications as well as the moral concerns that can be brought up by future applications (Boerwinkel, Swierstra & Waarlo, 2012). They invite readers to imagine the impacts of SynBio on our world, values and ideals (Swierstra & Boenink, n.d.). Earlier studies showed that the vignettes have an educational potential in opinion-forming because they raised questions, brought up emotions and values, and evoked different types of moral reasoning (de Ruijter, 2013). Building upon the work of de Ruijter (2013), Slegers (2014) studied if techno-moral vignettes-related learning and teaching activities would support Dutch upper secondary biology students in their opinion forming skills. This study was focused mainly on commonality A and B. In the study, students were invited to investigate their values behind their initial emotions.

Role of emotions in the opinion-forming process

Emotions play an important role in becoming aware of your underlying values and beliefs. For long, research on opinion-forming and decision-making has been dominated by rationalist models (Haidt, 2001). In these models, an individual comes to a decision by weighing the risks, rights and fairness in a dilemma. In a way, one becomes a judge, coming to a judgment or decision by analyzing the available information (Haidt, 2001; Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005). In rationalist models, moral judgment should be made through reason, and 'subjective' and 'irrational emotions' should be ignored (Roeser, 2006). Contrary to the rationalist models, other studies emphasise the role that emotions play in moral decision-making. Haidt (2001) proposed the social intuitionist model (SIM) to explain the process of moral judgment. In the SIM, emotions and intuitions come first and directly cause and drive moral judgments. An opinion is formed by a quick immediate and emotional response, followed by the formulating of arguments to support the emotion. Instead of being a judge, one becomes a lawyer trying to build a case (Haidt, 2001). Therefore, emotions should be part of the decision-making process since they show us our preferences and our underlying values (Roeser, 2011).

The importance of the role of emotions in the decision-making process when dealing with SSIs has been acknowledged by several authors (Zeidler & Sadler, 2005; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005; Roeser, 2011; Van der Zande, 2011) and is supported by research done in the field of neurobiology. Persons with damage to parts of the brain that are involved with emotions, such as the amygdala in the prefrontal cortex, know abstractly what is right and wrong, but in concrete situations they cannot make socially acceptable moral decisions (Damasio, 1994). Several authors therefore address the importance of emotions in educational activities when discussing SSIs to prepare students for future decision making (Zeidler et al.,

2005; van der Zande, 2011). Van der Zande (2011) states that learning activities that invite students to investigate the values behind their emotions, and that make them reflect on other possible values and perspectives, empowers students to deal with future moral dilemmas.

The results from the study done by Slegers (2014) showed that techno-moral vignette-related LTAs were able to support students in their opinion forming skills. Students were able to recognize the dilemma and their initial emotions (commonality A); and they had some notion of the underlying values that were evoked by the dilemma posed in the techno-moral vignette ‘*Mother’s day*’ (partially commonality B). However, it was not studied if students developed awareness of the values underlying their initial emotions and those of others. It still remains the question if techno-moral vignette-related LTAs can support students in becoming aware of their own values and the values that others hold.

Therefore, this study is focused mainly on how commonality B (‘students have to develop an awareness of the arguments and values that they and others use’) can be incorporated into an educational design with techno-moral vignette-related LTAs, to make them aware of their own values and those of others. In line with van der Zande (2011), this study will make use of a didactic design that invites students to uncover underlying values and beliefs that are involved in decision-making process on SynBio-related SSIs behind their emotions. To further support students in making them aware of their own values and those of other, the LTAs will explore the use of frames and reframing activities.

Frames and reframing

Frames are lenses through which we look at a debate or discussion. They are built upon underlying beliefs, values and experiences and help us make sense of complex situations (Waarlo, 2014). People hold different frames because of their differences in interests, beliefs and values. This also affects the way they perceive and understand information in a discussion at a conscious and pre-conscious level. The negotiation and reconciliation of issues may lead to a shift in frames. This is called reframing (Kaufman, Elliot, & Shmueli, 2003).

Kaufman, Elliot and Shmueli defined four categories of reframing:

- Substance: A change in how one views the present and future state of the world.
- Process: A change in how participants interact in a debate.
- Phrasing: Changing the language used in the debate
- Value: Reframing that allows parties to clarify the values and interests for both themselves and for other parties

Reframing activities in the category ‘value reframing’ could help students to become more aware of their own values and those of others. There are several activities that may help the reframing process. These include perspective-taking processes, narrative forums and story projects that can help student to understand the perspectives of others on the conflict. By identifying critical identities and role playing, students can examine the interplay between their own frames and those of others (Shmueli et al., 2006).

2014). Overbeek (personal communication, 2014) analysed the use of frames in the techno-moral vignettes based on the framing scheme for identifying biotechnology frames of Nisbet & Lewenstein (2002). This analysis showed that the vignettes offer different frames on SynBio-related SSIs and may therefore be useful in reframing activities.

Research aim and research questions

For students to be able to negotiate SynBio-related SSIs, they need to be able to form opinions and make informed decisions on SynBio-related SSIs. Important for the opinion-forming and informed decision-making process, is being aware of your own values and those of others, underlying initial emotions. The techno-moral vignettes that are developed by the Rathenau Institute can be useful in education because they can introduce SynBio-related SSIs and can help to imagine the (soft) impacts on a concrete level. They may also help students to become more aware of the values that others have because they offer different frames on SynBio-related SSIs (Kaufman, Elliot, & Shmueli, 2003; Overbeek, personal communication, 2014). The aim of this study is to gain knowledge on how we can foster students' opinion forming process. Focus will be on if techno-moral vignette-related teaching and learning activities are helpful in supporting Dutch upper secondary students in their opinion-forming on SynBio-related SSIs, by making them aware of their own values and those of others. Making use of emotions to uncover underlying values and reframing activities will be incorporated into these LTAs.

The following research question and sub-questions that will be addressed in this study are:

Are techno-moral vignette-related teaching and learning activities helpful in making secondary biology students aware of their own values and those of others and therefore support them in the opinion-forming process?

- Can the techno-moral vignette '*reinventing the dodo*' be used to introduce a moral dilemma on Synthetic Biology?
- What types of emotions and questions are raised by these learning and teaching activities in upper secondary education?
- Can reframing activities make students become more aware of their own values and those of others?

Methodology

Design based research

To investigate if techno-moral vignette related learning and teaching activities that make use of reframing activities are effective in supporting students in becoming more aware of their values, a design based research approach was used in this study. In design based research (DBR) the development of educational materials is conjoined with the development or testing of theory in practice (Bakker & Van Eerde, 2013). This type of research consists of three phases: (1) an exploration and design phase (2) a test phase and (3) an analysis phase (Reimann, 2011). DBR has a cyclic nature, meaning that the results from the study are used to define the problem or feed a new design phase (figure 1).

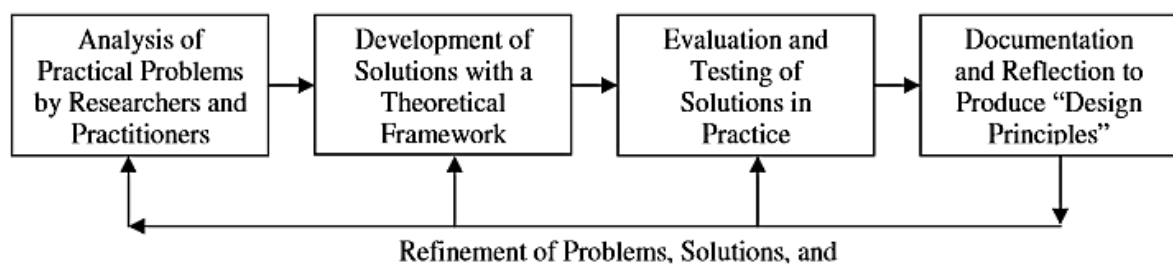


Figure 1. Cyclic nature of design based research (Cotton, Lockyer & Brickell, 2009).

Exploration and design phase.

A literature study was conducted during the exploration phase to review recent scientific publications on opinion-forming, SSI-based education and the use of frames and reframing activities. This resulted in the formulation of the research questions, sub-questions, the design criteria for learning and teaching activities (LTAs), and the hypothetical learning trajectory (HLT) of the LTAs.

In the design phase the insights and recommendation that arised from the explorative phase were used to design the learning and teaching activities and accompanying learning materials. The key design criteria and rational for the design of this study is explained later on in the section '*Rational for the design of the LTAs*' on p.12. Expectations on how these activities would influence students' thinking and understanding were formulated and a hypothetical learning trajectory (HLT) was formed. The HLT of the lessons can be found in table 3.

Concept versions of the materials were discussed with the supervisor of this thesis and the teachers that were involved in this study, to increase validity. The feedback from these discussions was used to improve the design. Moreover, a pilot test was conducted on 5 July, 2014 in which a female student (age = 17) from senior general secondary education, was asked to read the material and answer the questions, while thinking out loud. The results from this pilot test were used to make some minor changes to the design, such as the formulation and order of questions in the student worksheets.

Next, a pilot study was conducted during a 100-minute biology lesson in a class of senior general secondary education (n = 4; 2 females; 2 males; average age = 16.8) on 12 July, 2014

to test the HLT and the learning materials.

After the pilot study the results and feedback from students and the teacher were used to refine the learning and teaching activities and the accompanying learning materials. This resulted in a final version of the teacher manual and the learning materials (appendices 2 and 3) that were used in the test phase of this study.

Test Phase

During this phase the designed learning and teaching activities are tested in practice. The designed lessons and HLT were tested in one case study (Yin, 2013). The aim of the study was to uncover if the HLT met the expectations and if the designed activities supported students in the opinion-forming process by making them more aware of their values and beliefs.

Participants. The design and HLT were tested during a 100-minute ‘ANW’ lesson in a class of pre-university education at a Dutch high school in Utrecht on 2 July, 2014. The students’ regular ANW teacher (age = 24; 2 years of experience) taught the lessons as part of a special ANW project. ANW stands for ‘*algemene natuurwetenschappen*’ (general natural sciences), which is a course that discusses the interplay between science and society and was mandatory for all students of pre-university education in the Netherlands till 2014. All of the students had some background in biology (i.e. lower secondary biology education). However, some differences may occur since students with and without biology in their current curriculum were enrolled in this upper-secondary ANW class. Since no specific biological knowledge is needed to participate in the lesson, this was not to be expected as problematic. An overview of the characteristics of the case study can be seen in table 1.

Table 1. General overview of the characteristics of the participant in the case study

Stream	Grade	Abbreviation used	Average age students (years)	Number of students
Pre-university education	5	V5	17.0	n = 24 10 females; 14 males

Rational for the design of the LTAs

Table 2 shows the key design criteria that were used while designing the LTAs. These criteria are built upon literature on opinion-forming, reframing; and recommendations on SSI-based education. How these criteria appear in the design and the rational for the choices in the design and HLT are explained in the following section. A detailed description of the HLT can be found in table 3.

Table 2. Key design criteria for the design of the LTAs.

<p>The design of the LTA's needs to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incorporate the introduction of the dilemma using a techno-moral vignette. • Stimulate students to extract the dilemma in the techno-moral vignette. • Encourage discussion and dialogue between peers or/and whole class discussions. • Integrate reframing activities, such as perspective taking, to become more aware of their personal values and those that others hold. • Invite students to explore their values behind their initial thoughts and emotions.

The lesson started off with an introduction by the teacher on the learning goals of the lessons and a short explanation of the important concepts such as 'synthetic biology' and 'techno-moral vignettes'. The goal of this introduction was to clarify to the students what they were going to do and the context of the lesson.

According to Waarlo (2014) it is important in SSI-based education to introduce the problem in the beginning of the lesson. In this study the problem was introduced by means of the Synbio-related techno-moral vignette '*Reinventing the Dodo*' (Rathenau Institute, 2014), see appendix 1. The choice for this vignette was based on personal beliefs of the first author related to students' interests and topicality. Furthermore, De Ruijter (2013) showed that this vignette evoked several emotion, questions and values and beliefs. This is of importance to the opinion-forming process (van der Zande, 2011). In addition, a frame analysis of the vignettes by Overbeek (2014) revealed that the '*Reinventing the Dodo*'-vignette uses several different frames. The presence of different frames is crucial because of the reframing activities that are used in this study.

To introduce the vignette the students were asked to watch an animation of the vignette, followed by reading the vignette individually (LTA1). Dutch subtitles were added to the English animation by the first author to make sure students would understand the vignette. The goal of this LTA was to introduce the dilemma on SynBio and engage students in the subject of the lesson.

According to the study done by van der Zande, (2011) it is important that students investigate their personal values and beliefs behind their initial thoughts and emotions. For this, LTA2 was implemented in the HLT in which students wrote down their initial thoughts and emotions they felt arising while watching the animation and reading the vignette. This learning activity was designed to help students to recognize their initial thoughts and emotions. Since articulating emotions could be a difficult task, students were given examples of emotions and thoughts. Besides their first thoughts and emotions, students were given the opportunity to write down any questions they had about the vignette. It is of importance that the vignette raises both factual and normative questions to assure the educational potential of the vignette. Factual questions gives students a 'need to know' more about the subject, while the normative questions illustrate the controversial nature of SSIs (De Ruijter, 2013).

Discussions between students are essential in SSI-based education (Waarlo, 2014). Therefore, the third learning activity (LTA3) consisted of a student discussion in pairs on their initial thoughts, emotions and questions. Discussing in pairs instead of a whole class discussion, will force all students to think more elaborated on the source of their thoughts and emotions. For these reasons this learning activity was implemented in the design of the lesson.

In the next learning activity (LTA4) students were asked to think more elaborated about the vignette. First, they were asked to discuss and write down the dilemma in the vignette. Recognizing the dilemma is an important step in forming an opinion on a moral issue, because otherwise they would not know on which issues they have to form their opinion (Slegers, 2014). Students were given an explanation and an example of a dilemma and were instructed to start their dilemma with the words '*are we allowed to*' to help them to formulate the dilemma correctly.

Since it was expected that students may not have the knowledge and skills to formulate a proper dilemma, the students were given the actual dilemma as formulated by De Ruijter (2013) at the end of this LTA. This was done because it was of importance that students knew the actual dilemma of the techno-moral vignette, so that they could use this dilemma in the following learning activities.

In this part of the design of the lesson, reframing activities were implemented. There is no extensive literature on how this can be done the best, but Shmueli, Elliott and Kaufman (2006) implicated that one way that reframing occurs is when students take on different perspectives or frames. To recognize that there are several perspectives on a dilemma, students were asked to write down the different stakeholders that could play a role in the dilemma. Students were also asked why these stakeholders would probably not agree on the issues. This activity was designed to make students start thinking about different interests or values people may hold or find important. The answers to the questions four, five and six of the students' worksheets were discussed in a classroom discussion led by the teacher.

In the next learning activity (LTA5) students were divided in groups of four. They were asked to fill in a table that can be found in the learning material. This table consisted of a brief explanation of different perspectives that were derived from the study by Overbeek (2014). The used frames in the designed lesson are the 'progress', 'economical', 'risk', 'ethical' and 'natural' frames. For a full description of the frames used in this study, see the student material (appendix 3). Not all of the perspectives from the study of Overbeek were used in the learning material, since it was the first author opinion that some of them were too difficult for students to comprehend. The excluded frames are the 'runaway', 'public accountability' and 'globalization' frame (Nisbet & Lewenstein, 2002).

Students had to frame their initial thoughts under the five different frames. This learning activity was designed to make students more aware of the dominant perspective they have on the issues.

In LTA6 students had to supplement the table by writing down pro and con-arguments under each frame. This learning activity was designed to force students to think about, and take on different frames and perspectives.

In the following learning activity (LTA7) students had to identify the most important values under each frame. This activity was designed to make students more aware of the different values that are of importance under each different frame. In addition this activity would make them think of the personal values they find important. Since articulating values could be a difficult task, students were given a list of values to choose from (appendix 3).

The filled in tables (LTA6 & LTA7) were discussed frontal by the teacher. By doing this, it is expected that the students will get an overview of the different first thoughts, arguments, and values that could be named under each frame and thereby get a better understanding of the different frames.

In the eighth learning activity (LTA8) students had to look back at their initial thoughts and emotions and identify the values that were important to them in the dilemma of the '*Reinventing the Dodo*'-vignette. They were asked to write down their dominant frame from which they look at the dilemma. This learning activity was designed to make students more aware of their personal values and beliefs.

In the next learning activity (LTA9) students had to write down their personal opinion on the dilemma of the techno-moral vignette. They had to build their opinion on the values that they had indicated to be of importance to them (LTA8).

In the final learning activity (LTA10) the opinions of students and their explanations were reviewed in a class discussion. In this discussion the students were given the opportunity to explain their opinions in more detail and let students listen and react to each other. This is important to the opinion-forming process (Sadler, 2004; Waarlo, 2014). This learning activity was designed to make students more aware of the values that are of importance to others.

Table 3. Hypothesized Learning Trajectory (HLT) of designed LTAs. General learning goal: becoming aware of personal important values and the values that others hold on a SynBio-related SSIs.

Learning and teaching activity (LTA)	Activity		Hypothesized learning results
	Teacher	Students	
<p>LTA0: Introduction General introduction to the lesson and the difficult concepts.</p>	The teacher introduces the lesson, explains the difficult concepts, such as ‘synthetic biology’ and ‘techno moral vignette’, and explains what is expected of students.	- Students listen to the explanation of the teacher. They can ask questions.	Students are aware of the goal of the lesson and the most important concepts.
<p>LTA1: Introduction Introduction to techno-moral vignette</p> <p>Students have to watch an animation of the vignette and read the vignette individually.</p>	Starts the animation and tells students to read the vignette in the learning material.	- Students watch the animation and read the vignette individually.	Students get engaged in the subject/dilemma
<p>LTA2: Identify questions and emotions: Articulation of initial thoughts, emotions and questions raised by the techno-moral vignette.</p> <p>Students are asked to write down their initial thoughts, emotions and questions they felt arising while reading the vignette.</p>	Teacher is available for questions and pays attentions to the different thoughts, emotions and questions raised by reading the techno-moral vignette.	- Students answer questions 1, 2 and 3 individually on the students’ worksheet.	Students recognize their initial thoughts and emotions on the dilemma.

Table 3 continued. Hypothesized Learning Trajectory (HLT) of designed LTAs. General learning goal: becoming aware of personal important values and the values that others hold on a SynBio-related SSIs.

<p>LTA 3: Identify questions and emotions Discuss initial emotions and thoughts with peers.</p> <p>Students are asked to discuss and explain their initial emotions and thoughts they felt arising while reading the vignette. They are also asked to question each other on the source of these emotions and thoughts.</p>	<p>Teacher is available for questions and pays attentions to the discussion that are being held by students. He helps students in their discussion by asking them critical questions.</p>	<p>Students have a discussion/conversation with a peer in which they clarify their answers to questions 1, 2 and 3.</p>	<p>By clarifying and discussing their initial thoughts and emotions, students think more elaborated on the source of these thoughts and emotions</p>
<p>LTA 4: Identify moral dilemma.</p> <p>Students had to write down what they thought was the problem/dilemma present in the techno-moral vignette in pairs. After this, the students hard to write down the different stakeholders in the dilemma</p>	<p>Teacher is available for questions and pays attentions to the different problems/ dilemmas and stakeholders deduced by the students from the techno-moral vignette.</p> <p>The teacher discusses students' answers frontal and gives the correct answers at the end of the learning activity.</p>	<p>Students work together and discuss with each other in groups of 4-5 to answer questions 4, 5 and 6 on the students' worksheets.</p>	<p>Students get more engaged in the dilemma and recognize that there are different stakeholders in a dilemma.</p>

Table 3 continued. Hypothesized Learning Trajectory (HLT) of designed LTAs. General learning goal: becoming aware of personal important values and the values that others hold on a SynBio-related SSIs.

<p>LTA 5: Reframing activity: Place initial thoughts and emotions under the different frames.</p> <p>Students are asked to frame their initial thoughts under the five different frames in a table that can be found in the learning material.</p>	<p>The teacher gives a short introduction on the different frames and the assignments. – After that, the teacher is available for questions and pays attentions to the different answers given by students on the worksheet and discussion held by students.</p>	<p>Students work together and discuss with each other in groups of 4-5 to answer question 7 on the students' worksheets.</p>	<p>Students recognize that you can look at a dilemma from different frames by categorizing their initial thoughts.</p>
<p>LTA 6: Reframing activity: Think of arguments under each frame.</p> <p>Students had to supplement the table by writing down pro and con-arguments under each frame.</p>	<p>The teacher is available for questions and pays attentions to the different answers given by the students.</p> <p>The teacher collects some of the answers on the board.</p>	<p>Students work together in groups in groups of 4 to 5 to answers question 8 on the students' worksheet.</p>	<p>Students recognize that you can look at a dilemma from different frames by thinking of different arguments under each frame.</p>
<p>LTA 7: Reframing activity: Identify the most important values under each frame.</p> <p>Students had to identify the most important values under each frame. They could choose from a list of values.</p>	<p>The teacher is available for questions and pays attentions to the different answers given by the students.</p> <p>The teacher collects some of the answers on the board and discusses them frontal.</p>	<p>Students work together in groups in groups of 4 to 5 to answers questions number 9 on the students' worksheet.</p>	<p>Students recognize that each frame has their own important values.</p>

Table 3 continued. Hypothesized Learning Trajectory (HLT) of designed LTAs. General learning goal: becoming aware of personal important values and the values that others hold on a SynBio-related SSIs.

<p>LTA 8: Reflection on first thoughts and emotions.</p> <p>Students had to look back at their initial thoughts and emotions and identify the values that were important to them in the dilemma in the vignette and their dominant frame from which they look at the dilemma.</p>	<p>The teacher walks around and is available for questions.</p>	<p>Students answer questions 10 and 11 individually on the students' worksheet.</p>	<p>Students will recognize where their initial emotions came from by identifying their dominant frame and the values that are of personal importance.</p>
<p>LTA 9: Writing down personal opinion on the dilemma.</p> <p>The students had to write down their personal opinion on the dilemma of the techno-moral vignette. They had to build this opinion on the values that they had indicated as important to them (LTA8).</p>	<p>The teacher walks around and is available for questions.</p>	<p>Students answer question 12 individually on the students' worksheet.</p>	<p>Students will form their own opinion based on the values that are of personal importance.</p>

Table 3 continued. Hypothesized Learning Trajectory (HLT) of designed LTAs. General learning goal: becoming aware of personal important values and the values that others hold on a SynBio-related SSIs.

<p>LTA 10: Class discussion.</p> <p>The opinions of students and their explanations were reviewed in a class discussion. In this discussion the students were given the opportunity to explain their opinions in more detail and let students listen and react to each other. This is important to the opinion-forming process</p>	<p>The teacher leads the group discussion by asking clarifying and critical questions. The teachers also led students react to each other.</p>	<p>Students participate in the class discussion by reacting to each other and answering the teachers' questions.</p>	<p>By participating in the discussion students will become more aware of the differences between opinion and the values that they are based upon.</p>
<p>LTA 11: Closing of the lesson</p>	<p>The teacher reflects with students on the lessons.</p>	<p>Students participate by reacting to each other and answering the teachers questions</p>	<p>Students will become aware of the learning goals that they have reached in these lessons.</p>

Data collection and Instruments

To assess the success of the designed LTAs and to answer the research question, different types of data collection were used that were guided by the curriculum levels, e.g. the intended curriculum, the implemented curriculum and the attained curriculum, by Van den Akker, Hameyer and Kuiper (2003). Table 4 displays which data sources were used to assess the different curriculum levels.

- Classroom observations were made by the first author to assess how the teacher and the students carried out the teaching activities and to assess if the HLT was implemented as intended. An observation scheme (appendix 4) that is based on the HLT was used to make notes on the progress of the lesson.
- A 10-minute semi-structured interview with the teacher was held after the end of the second lesson (appendix 5). The goal of this interview was to see how the teacher felt that the lessons went and if the learning goals were reached. Also the difficulties of the lessons could be uncovered in the interview. The interview was audio-taped, transcribed verbatim.
- During the lessons students filled in worksheets that were collected after the lessons and analyzed to assess the attained curriculum (appendix 3). Students' answers on the worksheets were typed out (digitalized).
- Discussions between students during the lesson as a part of the HLT were audio-taped and transcribed verbatim.
- After the lessons the students filled in a questionnaire (appendix 7). The goal of the questionnaire was to obtain information on students' age, gender and their subject combination. Furthermore questions on how students perceived the learning activities were incorporated into the questionnaire. The answers to the questionnaires were typed out after data collection.
- Two students from the class were asked to participate in a 10 to 15-minute interview simultaneously (appendix 6). In this interview students could elaborate on answers that they had given in the questionnaire and give more in-depth data. This interview was transcribed verbatim.

Data analysis on the intended and implemented curriculum level

Implementation of the lessons. To determine if the implemented curriculum matched the intended curriculum, the observation notes that are made by the first author and the transcript of the interview with the teacher were analyzed. This analysis consisted of comparing the intended curriculum with the implemented and perceived curriculum to uncover any deviations and difficulties.

Table 4. Curriculum levels (adapted from van den Akker et al., 2003)

			Data Source
Intended	<i>Ideal</i>	Vision (rationale or basic philosophy underlying a curriculum)	Pre-interview with the teacher
	<i>Formal/written</i>	Intentions as specified in curriculum documents and/or materials	Teacher Manual, HLT
Implemented	<i>Perceived</i>	Curriculum as interpreted by its users (especially teachers)	Observation notes, transcript teacher interview.
	<i>Operational</i>	Actual process of teaching and learning (also: curriculum-in-action).	Observation notes, transcript teacher interview, transcripts student discussions.
Attained	<i>Experiential</i>	Learning experiences as perceived by learners.	Questionnaire, transcripts student interview, transcripts student discussions.
	<i>Learned</i>	Resulting learning outcomes of learners.	Students worksheets, transcripts student interview, transcripts student discussions.

Data analysis on the learned curriculum level

Analysis questions. To assure the educational potential of the vignette, the questions that students had about the dilemma were analyzed. Questions written down by students were collected from the worksheets and the discussion transcripts. In total there were five groups which each held two discussions: one discussion on their initial thoughts and emotions, and one on the different frames. The questions were extracted from the discussion transcripts in the same manner as De Ruijter (2013) and Slegers (2014), i.e. if a quote was spoken in a questioning way or if students indicated “I do not know...”, “I wonder...” or “I want to know...”. This resulted in a list with a total of 139 questions, 40 questions from the worksheets and 99 questions from students’ discussions.

In order to categorize these questions into normative and factual questions, a categorizing system of De Ruijter (2013) was used by the first author and an independent researcher (appendix 9). At first there was an intercoder agreement of 40.3%. The cause for this appeared to be a mix up of two categories of questions by the independent researcher. After the independent researcher had categorized the questions for a second time, there was an acceptable intercoder agreement of 84.9%.

Analysis emotions. The emotions that students had written down on the worksheet under question 3: ‘Which emotions or feelings that you have while reading the vignette?’ and from the discussions transcripts were collected. Only quotes in which an actual emotions or feeling was mentioned. This resulted in a list of 46 emotions, 34 emotions from the worksheets and 12 emotions from students’ discussions. To categorize the emotions and feelings that were written down by students, a categorizing system of Sleger (2014) was used

to categorize these emotions in different categories by the first author and a second researcher independently (appendix 8). This categorizing system is based on the six basic emotions from Evans (2001) and was supplemented with feelings and emotions that were often mentioned by students but that did not fit the categories of Evans (2001) (appendix 8). There was an 84.8% intercoder agreement.

Analysis dilemmas. To investigate if students were able to extract the correct underlying dilemma of the vignette, the answers to question four (see appendix 3) from the students' worksheets were gathered and listed. The first author then compared the dilemmas formulated by the students to the dilemma of the vignette as formulated by De Ruijter (2013).

Analysis use of frames. In order to analyze if students understood the different frames and could position themselves in another frame, the first author and an independent researcher checked if students could correctly classify their first thoughts, pro- and con-arguments, and values in each frame (LTA6 & LTA7). These first thoughts, arguments and values were extracted from students' worksheets.

This resulted in a list of 26 first thoughts, 77 pro- and con-arguments and 90 values. To categorize the first thoughts, arguments and values on their correctness under each frame, a list of categories was formed inductively (appendices 10 and 11). The categorization of arguments and values by the first author and an independent researcher resulted in a 76.9% intercoder agreement for the first thoughts, 84.4% intercoder agreement for the pro- and con-arguments and 90% intercoder agreement for the values mentioned by the students.

Analysis awareness of values. In order to analyze if students became more aware of their personal values, the first author and an independent researcher checked if there was a connection between the initial thoughts and emotions that students wrote down in LTA2, the values that students wrote down in LTA8, the dominant frames as mentioned by the students in LTA8, and the opinion as given by student in LTA9.

First, the first author and the independent researcher checked if there was a connection between the first thoughts, emotions and values of the students. For this a list of categories was formed inductively (appendix 12) that was used by the first author and an independent researcher independently. This resulted in a 78.3% intercoder agreement.

Next the first author and the independent researcher checked if there was a connection between the values that students wrote down as important to them and their dominant frames. For this a list of categories was formed inductively (appendix 12). This analysis resulted in a 73.9% intercoder agreement.

Finally the first author and the independent researcher checked if there was a connection between the opinion of students, their values and their dominant frame. For this it was examined if the students were able to substantiate his/her opinion with his/her values and if this opinion corresponded to the dominant frame. For categorization a list of categories was formed inductively (appendix 12). This resulted in an intercoder agreement of 73.9%.

Data analysis on the experiential curriculum level

The answers of the student questionnaires and interview were used to gain more insight on how the LTA and their teaching goals were perceived by the students. For this the first author

digitalized the student's questionnaires to gather and list the answers of students. The student interviews were transcribed verbatim and the first author extracted quotes that indicate how students perceived the use of the vignette, frames and the effectiveness of LTAs to make them more aware of their own personal values and those of others.

Results

Results analysis on the intended and implemented curriculum level

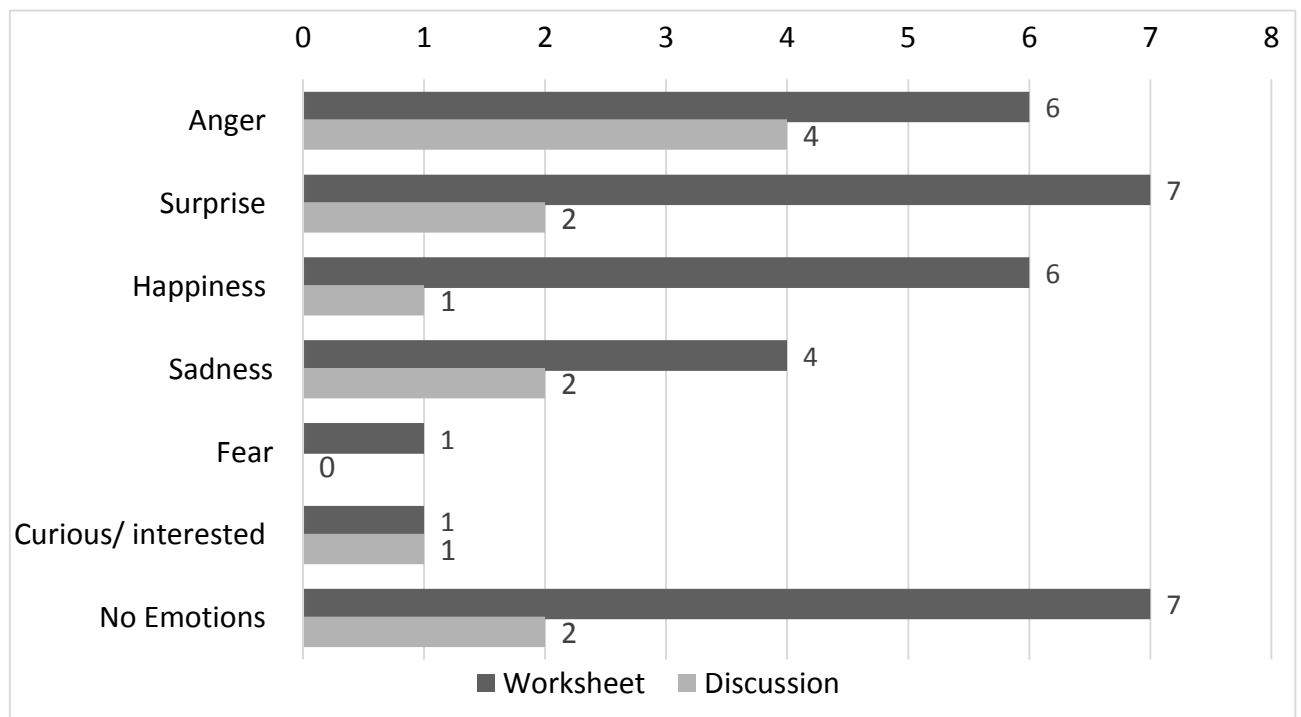
In general, the lesson was executed according to the intended curriculum level. However, there were a few deviations. First, the website that hosts the animation of the vignette did not work. Therefore the students were unable to watch the animation. Second, the discussions on students' initial thoughts and emotions were not discussed in pairs but in groups of 4-5 students. The cause for this was the arrangement of the classroom in which the lessons were tested. Students were seated in groups and therefore automatically discussed their emotions and thoughts in groups. Third, the teacher had forgotten to discuss the student's answers to LTA6 & LTA7. Because of this, the students may not have a complete overview of the different frames when they formed their opinion on the dilemma.

Results on the learned curriculum level

Emotions and feelings

A total of 44 emotions (n=24) could be extracted from the worksheets and discussions transcripts. The number of emotions written down on the worksheets is 34 and the number of emotions that are mentioned by students during students' discussions is 12. Seven students indicated that they had no feelings or emotions while reading the vignette. The other 18 students wrote down one or two emotions on their worksheets. The emotion most raised was 'anger'. Another emotion often raised is 'surprise (figure 2). The emotion 'disgust' was not raised in students by the vignette.

Figure 2. Emotions raised in pre-university level students (n=24) on the worksheets and during discussions. The total number of emotions raised is 44. Two answers of students couldn't be categorized as emotions.



Questions

Students asked a total of 140 questions during the lesson. On average there were 5.8 questions per student. When questions related to, and about the assignment, are subtracted from the total amount of questions, an amount of 68 questions were raised.

The questions can be labelled as factual or normative. These categories can be subdivided into eight subcategories (table 5). Some of these subcategories are again divided into sub-subcategories. Questions in all of the categories were asked during the lesson. Most questions were about the assignment. After that, most questions were asked about the desirability of the SynBio as used in the vignette.

Table 5. Students' questions during the lesson categorized. Adapted from De Ruijter (2013)

	Category		Examples	Number of questions	Percentage
Factual questions	1. Vignette content	a. Something unclear	What are they doing with the birds?	2	1,4 %
		b. Application and regulation	Why did they specifically choose the dodo?	15	10,7%
	2. General biology knowledge		Why is biodiversity important?	4	2,9%
	3. Synthetic biology knowledge	a. Functioning	How did they create the dodo?	9	6,4%
		b. State	Is this already possible?	5	3,6%
	4. Questions from and about the assignment		How much time is there left?	72	51,4%
	5. Effect on society		Will the dodoes have an effect on the environment?	4	2,9%
	6. Clarifying questions		Why do you think that?	5	3,6%
7. General knowledge		Did the dodoes went extinct because of us?	4	2,9%	
Normative questions	8. Desirability	a. Do we want this?	Do we want science to go this way?	18	12,9%
		B. how far can this go?	Which creatures would be brought back and which ones not?	2	1,4%

Extracting the dilemma from the vignette

Out of the eight groups, three groups were able to formulate the correct dilemma as formulated by De Ruijter (2013). The other five groups formulated dilemmas that were related to this dilemma but that were based on specific events in the vignette. For example, one of the dilemmas formulated by the students was: ‘are we allowed to bring back the dodo?’.

Framing of initial thoughts

Out of the total of 26 initial thoughts that were written down by students, students were able to frame 20 first thoughts. Of these first thoughts, 85% were framed correctly (table 6). Only 5% should have been framed under a different frame and 10% of the first thoughts couldn’t be framed under any of the frames provided in this lesson.

Table 6. Framing of initial thoughts by pre-university level students categorized.

Category	Number	Percentage
1. The first thought is framed correctly	17	85%
2. The first thought belonged under a different frame than given by the students.	1	5%
3. The first thought didn’t belong to the frame or the other frames.	2	10%

Arguments

Out of the total of 78 arguments given by students on the worksheets, 75.6% were used correctly under the used frames in this lesson (table 7). Most mistakes were made under the ‘progress’ frame. As an example, one group of students gave the following con-argument under the ‘progress’ frame: ‘There is the possibility that new diseases come into existence.’ Since this argument reflects one of the risks of SynBio, it should have been placed under the ‘risk’ frame. The least mistakes were made under the ‘economical’ frame.

A percentage of 9% of the arguments given by students could not be defined as an argument by the first author.

Table 7. Pro- and con-arguments given by pre-university level students under each frame categorized.

Category	Frame					Total	percentage
	progress	economic	risk	ethical	natural		
1. Argument is placed under the correct frame.	11	14	10	12	12	59	75,6%
2. Argument is placed under the correct frame but is a pro- or con-arguments.	0	0	0	2	0	2	2,6%
3. Argument is placed incorrectly under the frame and belongs to a different frame.	3	0	1	0	0	4	5,1%

Table 7 continuad. Pro- and con-arguments given by pre-university level students under each frame categorized.

4. Argument is placed incorrectly under the frame and does not belong under any of the other frames.	0	2	0	1	3	6	7,7%
5. Argument could not be defined as an argument.	3		3	0	1	7	9,0%
Total of arguments	17	16	14	15	16	78	

Values

Most of the students were able to correctly give values that correspond to the different frames (table 8). Out of the total of 60 given values, 81.6% were framed correctly, 10% belongs to a different frame and 8.3% didn't belong to any of the frames. Most mistakes were made under the risk frame.

Table 8. Framing of values by pre-university level students categorized.

	Progress	Economic	Risk	Ethical	Natural
Value belongs under this frame	9	11	8	10	11
Value belongs under a different frame	2	1	1	1	1
Value does not belong under any of the frames.	0	1	2	1	1

Personal values

From the 24 students, 22 students wrote down a total of 40 values that they find of personal importance to them. The values most mentioned by student are respect, expertise, trustworthiness and protections. Other values that are mentioned often are success, equality, love/warmth, caution and respect.

Awareness of values

Connection between emotions, thoughts and personal values. In 47.8% of the cases the initial emotions and thoughts, which students wrote down at the beginning of the lesson, could be explained by their personal values. In 13% of the cases the initial emotions could be explained by the personal values but there was no connection to their initial thoughts about the dilemma. In 17.3% of the cases the initial emotions and thoughts could not be explained by the personal values. In 21.7% of the cases students did not write down initial emotions and the first author and the independent author could not examine if there was a connection.

Connection between values, frame and opinion. In most cases there was a connection between the values of students, their frame and their opinion. In 56.5% of the cases the opinion of the students was substantiated by their personal values and corresponded to their dominant frame.

The table below (table 9) gives an example from the student worksheet that illustrates this.

In the example can be seen that the first thoughts and emotions can be explained by the values that the students wrote down. The ‘enthusiasm’ about the vignette can be explained by the values ‘results’ and ‘success, while the emotion ‘angry’ can be explained by the fact that the dodo was not treated with ‘respect’ and ‘love/warmth’ in the vignette. The values that the students wrote down correspond to his/her frames and the opinion of this student about the vignette is clearly substantiated by these values.

In 26.1% of the cases the opinion of students was partially substantiated by their personal values and corresponded to their dominant frame(s). The second example in table 9 illustrates this. Although the opinion of this student corresponds to his/her dominant frame, not all of the values are used to substantiate the opinion. Also the first thought of this students suggest that his/her dominant personal frame should have been the ‘natural’ frame.

In 17.4% of the cases the students did not write down a (correct) opinion. None of the students gave an opinion that was not substantiated by their personal values and that did not corresponded to their dominant frame.

Table 9. Examples of answers of students given on the worksheet.

First thoughts	Emotions	Values	Frame	Opinion
Example 1.				
How cool that they can bring back living animals! Typical of humans to ruin the dodoes.	Enthusiasm, angry.	Respect, results, love/warmth, friendship success.	Ethical Economic	I think it good that we are looking into this direction. Especially if we look at the possible economic success and positive results. Further I think it is important to treat each other and life with respect. This has to be kept in mind during the development of this technique.
Example 2.				
Not natural, unnecessary.	No feelings.	Protection, honesty, respect for others.	Ethical	I don't think it is right to reconstruct life because scientists only do it out of self-interest. They have no respect for the animals or life and I don't think this is right.

Results on the experiential curriculum level

Use of the vignette to introduce the dilemma

The use of a vignette to introduce a dilemma, was judged positively by students to discuss new and upcoming technologies. This is illustrated by the following quote from the student interview:

- Researcher: How do you feel about the use of future scenarios to discuss a new technology?
- V5G4AF1: Yes it is nice. I think that is better than when you get a lot of explanation first about the possibilities. That you have to look at what you would think of it... Now you can imagine oneself in somebody else's situation better.
- V5G2M1: Yes, it made it much more concrete.

All of the students indicated on the students' questionnaire that they understood the technomoral vignette. In addition 75% of the students indicated that it made them think about synthetic biology and the possible consequences of this new technology. A quote from the student interview represents this:

- Research: Did the future scenario made you think about synthetic biology and the possibilities or consequences for society?
- V5G2M1: Yes, it made me think more about the possible dangers that it could bring.
- V5G4AF1: Yeah, it made me think. I was thinking 'why would you put this much effort into bringing back an animal when you treat it this way afterwards'. So I think you should think it through carefully before you do something like this.

However, some of the students found the vignette to be unrealistic.

Use of emotions to uncover underlying values

In the student questionnaire half of the students indicated that writing down their emotions helped them in becoming more aware of their personal values. Below are some of the arguments they gave on the questionnaire:

- *It was a first step and it put you on track.*
- *It made it easier to oversee everything afterwards*
- *Yes, it immediately put focus on what I found important.*

However, the other half of the students indicated that it did not help them in becoming more aware of their values. Some of the arguments are:

- *I do not think that my emotions have anything to do with become aware of my values.*
- *It did not have any emotions while reading the vignette.*
- *I did not see the use of it.*

This division was also visible in the student interview:

- Researcher: You had to write down you emotions in the beginning. Did that finally helped you in writing down the values that are important to you?
- V5G4AF1: Yes. Those emotions were sort of a starting point and I immediately made the connection. I didn't even had to look back.
- Researcher: And how was this connection for you [other student]?
- V5G2M1: I found it difficult, because I didn't feel much emotions with this story.

Use of frames and reframing

Foremost it was checked if students understood the frames and their explanations. In the students' questionnaire and student interview, all of the students indicated that they understood the frames and their explanations. In addition almost all of the framed first thoughts and argument were framed correctly. From these results it can be concluded that students understood the frames and the LTAs correctly.

Next it was of importance that the reframing activity made students take on different frames to look at the dilemma. In the students' questionnaire 75% of the students said that the activity made them look at the dilemma from different perspectives. Students indicated that the activity showed them new perspectives and gave guidance to look at the dilemma. The following quote from the student interview supports this:

- Researcher: Did the activity with the different perspectives helped you to look at the dilemma from different sides?
- V5G4AF1: Yes, you had to give arguments, so you had to look at it from different sides.

Next is was checked if these different perspectives and their values, helped the students to become more aware of their values. On the student questionnaire 17 students indicated that they did. This is also illustrated by the following quote from the student interview:

- Researcher: The different perspectives and those values, did that help you to become more aware?
- VG4AF1: I found them helpful. Because I had nothing with the other perspectives and their values, this made clear for me what values I don't find important.

At the end of the students' questionnaire, students were asked if they were more aware of their values after the lessons and the main activity in the lesson that caused this. Out of the 24 students, 16 students indicated that they were more aware of their values. Only one student indicated that this was as a result of using different frames to look at a dilemma. Others indicated that writing their values down and building an opinion on them; and the discussions with peers made them more aware.

Conclusion and discussion

The aim of this study was to investigate if learning and teaching activities (LTAs) that make use of techno-moral vignettes and reframing activities could support the opinion-forming process of students on SynBio-related SSIs by making them more aware of their own values and those of others. Therefore the following research questions and sub-questions were formulated: **Are techno-moral vignette-related teaching and learning activities helpful in making secondary biology students aware of their own values and those of others and therefore support them in the opinion-forming process?**

- Can the techno-moral vignette '*reinventing the dodo*' be used to introduce a moral dilemma on Synthetic Biology?
- What types of emotions and questions are raised by these learning and teaching activities in upper secondary education?
- Can reframing activities make students become more aware of their own values and those of others?

The design of the learning activities was guided by recommendations made by Waarlo (2014), Van der Zande (2011), Sadler (2004) and Knippels et al. (2009). One of these recommendations was that self-knowledge and societal knowledge should inform the opinion making process. Therefore students need to be aware of their own values and those of others before forming an opinion or making decisions about SSIs (Waarlo, personal communication, 2014). The designed HLT contained reframing activities to achieve this goal.

Foremost it was checked if the vignette used in this study was appropriate to introduce a dilemma on synthetic biology and start up the opinion forming process (sub question 1). The results from the students' questionnaire and interview show that the use of a vignette was judged positively by students to discuss new and upcoming technologies. It made them think about synthetic biology and the possible consequences of this new technology.

However, some of the students found the vignette to be unrealistic. Another downfall of the vignette is that most students did not know that humans were the main reason for the extinction of the dodo. Because this fact plays a role in the moral dilemma this could have an effect on the results.

The vignette and the LTAs (LTA1 in table 3) did evoke different emotions in students (sub-question 2). The emotions that were evoked most by the vignette are 'anger' and 'surprise'. The LTAs in this study were similar to the ones that were used in the study done by Slegers (2014). However, in this study six different types of emotions or feelings were raised, whereas in the study of Slegers (2014) the techno-moral vignette '*Mother's day*' evoked twelve different emotions. Since the LTAs were similar it can be concluded that although the learning activity can be judged positively in raising emotions, the vignette '*Reinventing the Dodo*' may not be best suited for raising emotions in students.

In this study the vignette raised factual as well as normative questions (sub-question 2), although an earlier study done by De Ruijter (2013) found that this specific vignette did not raise any questions. The reason for this is most likely the designed LTAs (LTA2 and LTA3 in

table 3) in which students are asked to write down their questions and discuss them with a peer. The fact that both types of questions are raised indicates that students want to know more about synthetic biology and are thinking about the desirability of this technology.

Another important aspect was the ability of students to recognize the dilemma in a techno-moral vignette. The core dilemma in the vignette, as formulated by De Ruijter (2013), was: *'are we allowed to reinvent (extinct) animals?'* All of the groups formulated the right dilemma or a dilemma that was related to the core dilemma.

It is presumable that the students understood the dilemma in the vignette but that they did not formulate it on a general level. From these results it can be concluded that the LTA designed to support students to recognize and formulate the dilemma behind the techno-moral vignette correctly, was partially successful.

Overall it can be concluded that the techno-moral vignette *'Reinventing the Dodo'* and the designed LTAs are partially successful to introduce a moral dilemma on synthetic biology and start up the opinion-forming process. The vignette did evoke different emotions and questions, which is important to the opinion-making process, but there were less emotions evoked as in the study done by Slegers (2014). Some students found the vignette to be unrealistic and not all of the students were able to formulate the correct dilemma behind the vignette.

The next step in the opinion-forming process is to become aware of the values that are of personal importance and those of others (sub-question 3). In this study this was done by asking students to look back at their emotions and identify the values that were important to them in the dilemma of the *'Reinventing the dodo'*-vignette (LTA7 in table 3).

Results from the students' questionnaire showed that half of the students found that writing down their emotions helped them in becoming more aware of their personal values. However, the other half of the students indicated that it did not help them in becoming more aware of their values.

From this it can be concluded that the LTAs designed to invite students to investigate their values behind their emotions was not fully successful. Although the LTAs did help some students in becoming more aware of their values, there was also a great portion of students that did not see the usefulness of writing down their initial emotions. Another cause can be the choice of the vignette since some students indicated they didn't had many emotions while reading it.

To further support students in becoming more aware of their values, reframing activities were incorporated into the design (LTA5-7 in table 3). The goal of these LTAs was that students took on different perspectives and thereby support students in becoming more aware of their values. Results from the worksheets, students' questionnaire and student interview showed that students understood the different frames, could correctly frame almost all of their thoughts and give arguments under each frame. From this it can be concluded that students understood the frames and the LTAs correctly.

Furthermore, students indicated that this activity made them look at the dilemma from different perspectives and gave guidance to look at the dilemma. So it can be concluded that the reframing activities and the designed LTA's were successful in making students take on different perspectives.

Next it was examined if the reframing activities made students more aware of their personal values. For this it was checked if the values as mentioned by students were in accordance to their dominant frame, and if students supported their opinion with the values they wrote down. In most of the cases the opinion of students corresponded to their frame and was in accordance to the values that students wrote down to be of personal importance.

From these results on the student worksheets and from the results of the students' questionnaire and interview it can be concluded that student were more aware of their personal values since they were able to write them down and build an opinion on these values (sub-question 3).

However, it is still hard to conclude if the reframing activities made students more aware of their personal values, since on the final question of the questionnaire only one student mentioned the reframing activity as the main cause for becoming more aware of his/her values. Others indicated that writing their values down and building an opinion on them made them more aware. Therefore more research is needed to conclude if the higher awareness of students of their values is truly a cause of the reframing activities.

Another goal of the LTAs was to make students more aware of the important values of others (sub-question 3). Most of the students indicated on the questionnaire that they did, but this was mainly the result of the peer discussions on their opinions and values. It was not clear if the reframing activities helped students to become more aware of the values of others.

Overall, it can be concluded that techno-moral vignette-related teaching and learning activities are helpful in making secondary biology students aware of their own values and those of others (main research question). However if this awareness is a cause of the reframing activities is uncertain.

Discussion

Methodological reflection

Students' prior knowledge on forming an opinion based on their emotions, values and beliefs was not checked before the lesson, since students from the pilot study indicated that they had not much experience with forming an opinion. However, results from the questionnaire and from students' interview revealed that students in this case study had some previous experience with forming an opinion based on values and different viewpoints. This could have had an effect on the results from this study. A quote from the student interview illustrates this:

Researcher: Did this lesson helped in becoming aware of the opinions of other people and the values that they find important?

V5G4AF1: Yes it did.

V5G2M1: Well, just like before, if it would have been the first lesson. Then I think it would have influence, but because I already did something like this it will have less influence, because I have already seen it before.

In accordance to Slegers (2014) the teacher manual was discussed thoroughly with the teacher step by step. However, there were still some deviations of the intended curriculum-in- action and the actual implementation of the LTAs by the teacher. It is therefore advised to have a practice lesson in multiple classes in which the teacher can practice his or her skills. Or to involve the teacher more in the design process of the LTAs], and adapt the LTAs more to his or her specific skills.

The quotes that indicated emotions, questions that had to be categorized were extracted from the discussion and interview transcripts by the first author only. Even though the selection of quotes has been done as precise as can to ensure reliability, some quotes may have been missed.

The level of difficulty of the content and paste pace of the designed lesson may have been too low for students of the pre-university level. Based on the results from the pilot test, no changes were made to the level of difficulty in the design of the lesson. However the pilot group was of a lower level of education with a lower average age. Students from the test group made clear that the past of the lesson was too slow and the content too easy. This could have had an effect on the motivation and effort that students put in their work.

Limitations of study

The designed lesson was only tested once in a fairly small class at one school. Although the school did not have a prominent profile, such as Christian or Catholic, and students came from different backgrounds, it is possible that this study would have led to different results at a different school. Conducting the study at different schools and in multiple classes (case studies) would improve the reliability of the results in this study

Another limitation is that this study was conducted near the end of the school year. Because of this, the students were not really motivated to participate in the LTAs. Also the course in which this study was conducted (ANW) was not much appreciated by students. The following quote describes this.

V5G4AF1: Maybe we weren't so enthusiastic because we were thinking 'oh it only ANW'.

V5G2M1: Yes but that is seriously a factor that could have had an effect.

Researcher: Yes?

V5G4AF1: Yes because if we were told that we would get a workshop in discussing [SynBio] maybe we would have been more enthusiastic.

The time of year and the low motivation for the course could have resulted in a minimum amount of effort by students to fill in the worksheet during the lesson and the quality of the discussions. This may have affected the results in this study.

Only one vignette was used during this study. Although the choice for the '*Reinventing the Dodo*'-vignette was well considered, results from De Ruijter (2013) shows that each vignette raises different emotions, values and questions. Therefore is it possible that a different vignette would give a different result with other conclusions and recommendations. Also the chosen vignette may not have been interesting to all of the students in this study. If multiple vignettes were used, more students could have been interested in the lessons and possibly a larger or different variety of emotions, values and questions could have been evoked.

Although, almost all of the students were able to use their values to support their opinion, it cannot be said for sure that they are actually *more* aware of their values since this was not tested. In addition, the fact that some students did not realise the usefulness of writing down their emotions, indicates that students are not aware of the steps that need to be taken to form an opinion.

Implications for further research and educational use

To further investigate if techno-moral vignette related LTAs can be used to support the opinion-forming skills of students, some recommendations can be made. First of all, the reliability of the results of this study can be improved by repeating this study in more and different case studies.

Also more comparative studies could be done to ensure the potential of the techno-moral vignette related LTAs. For example the awareness of students of their personal values can be measured before and after participating in the designed LTAs. Also a study that makes

use of LTAs with and without reframing activities could give more insight on how and/or if students become more aware of their values and those of others by participating in these LTAs.

In this study only the first steps of the opinion-forming process were addressed i.e. extracting the moral dilemma and becoming more aware of the emotions and values. More follow up lessons should be developed that address the entire opinion-forming process which leads to the development of a learning and teaching strategy (LTS). According to the commonalities of Knippels et al. (2009), these follow up lessons should inform students on what kind of information is needed to form an informed opinion and where to find this information. This could be done in an assignment in which students have to answer their own questions that were raised by the vignette. Moreover, students need to become aware of the steps that need to be taken to arrive at a well-informed opinion.

Scientific literacy is an internationally claimed desired outcome of science education (DeBoer, 2000; Sadler, 2004; de Jong, 2015). Scientific literacy should include the ability to form an informed opinion about SSIs (Sadler, 2004) in which emotions and values are taken into account (Van der Zande et al., 2009). The results from this study showed that the use of techno-moral vignette can aid students in this process although the role of the reframing activities is still unsure.

References

- Akker, J. van den, Hameyer, U., & Kuiper, W. (Eds.) (2003). *Curriculum landscapes and trends*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Anderson, J., Strelkova, N., Stan, G. B., Douglas, T., Savulescu, J., Barahona, M., & Papachristodoulou, A. (2012). Engineering and ethical perspectives in synthetic biology. *EMBO reports*, 13(7), 584-590.
- Balmer, A., & Martin, P. (2008). *Synthetic biology: social and ethical challenges*. Nottingham, UK: Institute for Science and Society, University of Nottingham.
- Bakker, A., & Van Eerde, D. (2013, in press). An introduction to design based research with an example from statistics education. In A. Bikner Ahsbabs, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Doing qualitative re-search: methodology and methods in mathematics education*.
- Bekker, H., Thornton, J. G., Airey, C. M., Connelly, J. B., Hewison, J., Robinson, M. B., & Pearman, A. D. (1999). Informed decision making: an annotated bibliography and systematic review. *Health Technol Assess*, 3(1), 1-156.
- Boenink, M. (2010). Imagining the future: How vignettes and scenarios might improve ethical reflection on synthetic biology for health purposes. *Sybhel workshop ethical & clinical applications of synthetic biology: an interdisciplinary dialogue*, 55-64. Retrieved from: <http://sybhel.org/wp-content/uploads/2010/11/Bilbao-Booklet-Imre.pdf#page=55> on February 21, 2014.
- Boerwinkel, D. J., Swierstra, T., & Waarlo, A. J. (2014). Reframing and Articulating Socio-scientific Classroom Discourses on Genetic Testing from an STS Perspective. *Science & Education*, 23(2), 485-507.
- Brewer, C. A., & Smith, D. (2011). Vision and change in undergraduate biology education: a call to action. *American Association for the Advancement of Science, Washington, DC*.
- Bron, J., Veugelers, W. M. M. H., & van Vliet, E. (2009). *Leerplanverkenning actief burgerschap*. Handreiking voor schoolontwikkeling. Enschede: Stichting Leerplan Ontwikkeling. Retrieved from <http://www.slo.nl/downloads/2009/Leerplanverkenning-actief-burgerschap.pdf/> on 04 March, 2014.
- Bron, J., & van Vliet, E. (2010). *Kernleerplan actief burgerschap en sociale integratie*. Bovenbouw havo/vwo. Enschede: Stichting Leerplan Ontwikkeling. Retrieved from <http://www.slo.nl/downloads/2010/kernleerplan-burgerschaphv.pdf/> on 04 March, 2014.
- Cotton, W., Lockyer, L. & Brickell, G.J. (2009). A journey through a Design-Based Research Project. In G. Siemens & C. Fulford (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2009* (pp. 1364-1371). *Chesapeake, USA: Association for the Advancement of Computing in Education*.
- Damasio, A.R. (1994.) *Descartes' error – emotion, reason and the human brain*. New York: G.P. Putman's Sons.

- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37(6), 582-601.
- Evans, D. (2002). *Emotion: The science of sentiment*. Oxford University Press.
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment. *Psychological review*, 108(4), 814.
- De Jong, J. H. (2012, March). Framework for PISA 2015: What 15-years-old should be able to do. In *4th Annual Conference of Educational Research Center, Broumana, Lebanon*.
- Knippels, M.C.P.J., Severiens, S.E., & Klop, T. (2009). Education through fiction: Acquiring opinion-forming skills in the context of genomics. *International journal of science education*, 31, 2057-2083.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science education*, 85(3), 291-310.
- Kaufman, S., Elliott, M., & Shmueli, D. (2003). Frames, framing and reframing. Beyond intractability. Retrieved March 15, 2014 from <http://www.beyondintractability.org/essay/framing>.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71-94. Tatje, B (2013). Emotions and values in the public debate about Synthetic Biology. (Bachelor thesis). Universiteit Utrecht, Utrecht, Nederland.
- Nisbet, M. C., & Lewenstein, B. V. (2002). Biotechnology and the American media the policy process and the Elite Press, 1970 to 1999. *Science communication*, 23(4), 359-391.
- The Royal Academy of Engineering. (2009). *Synthetic Biology: scope, applications and implications*. London: The Royal Academy of Engineering.
- Tucker, J. B., & Zilinskas, R. A. (2006). The promise and perils of synthetic biology. *New Atlantis*, 12(1), 25-45.
- Overbeek, M. (14-03-2014). Personal communication.
- Pósfai, G. (2010). Designer Cells for Synthetic Biology. *Sybhel workshop ethical & clinical applications of synthetic biology: an interdisciplinary dialogue*, 55-64. Retrieved from: <http://sybhel.org/wp-content/uploads/2010/11/Bilbao-Booklet-Imre.pdf#page=24> on February 5, 2014.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. McGraw-Hill International.
- Reimann, P. (2011). Design-based research. In *Methodological Choice and Design* (pp. 37-50). Springer Netherlands
- Roeser, S. (2006). The role of emotions in judging the moral acceptability of risks. *Safety Science*, 44(8), 689-700.

- de Ruijter, C., (2013). Techno-moral vignettes: A useful tool to introduce synthetic biology related socio-scientific issues? *Master thesis*, FIsmE, Utrecht University.
- Sadler, T. D. (2002). Socioscientific issues and the affective domain: scientific literacy's missing link. Paper presented at the Paper presented at the Annual Meeting of the Southeastern Association for the Education of Teachers in Science, Kennesaw, GA.
- Sadler, T. D. (2004). Moral and Ethical Dimensions of Socioscientific Decision-Making as Integral Components of Scientific Literacy. *Science Educator*, 13(1), 39-48.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry?. *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science education*, 88(1), 4-27.
- Schmidt, M., Ganguli-Mitra, A., Torgersen, H., Kelle, A., Deplazes, A., & Biller-Andorno, N. (2009). A priority paper for the societal and ethical aspects of synthetic biology. *Systems and synthetic biology*, 3(1-4), 3-7.
- Settelmaier, E. (2003). Dilemmas with dilemmas: Exploring the suitability of dilemma stories as a way of addressing ethical issues in science education. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*, Philadelphia, PA
- Slegers A.M., (2014). Techno-moral vignettes in socio-scientific issues-based education on synthetic biology. *Master thesis*, FIsmE, Utrecht University.
- Shmueli, D., Elliott, M., & Kaufman, S. (2006). Frame changes and the management of intractable conflicts. *Conflict resolution quarterly*, 24(2), 207-218
- Stemerding, D., & Rerimassie, V. (2013). *Discourses on synthetic biology in Europe*. Den Haag: Rathenau Instituut. Retrieved from <http://www.rathenau.nl/en/publications/publication/discourses-on-synthetic-biology-in-europe.html> on February 07, 2014.
- Stemerding, D., & van Est, R. (2013). *Geen debat zonder publiek - Het opkomende debat over synthetische biologie ontleed*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Swierstra, T., & Boenink, M. (n.d.). What are techno-moral vignettes? Retrieved from: <http://www.rathenau.nl/themas/thema/project/synthetische-biologie/what-are-tech-moral-vignettes.html> on September 12, 2014.
- Waarlo, A.J. (2014). Enhancing Socio-Scientific Issues-based Learning in Schools, D2.1 SYN-ENERGENE, co-funded by the European Commission under the 7th Framework Programme, Karlsruhe, Germany / Utrecht University, Freudenthal Institute for science and mathematics education (NL).
- 'What is Synthetic Biology' (n.d.). In syntheticbiology.org. Retrieved from: <http://syntheticbiology.org/FAQ.html> on March 12, 2014.
- Yin, R.K. (2013) *Case Study Research: Design and Methods*. Beverly Hills: Sage Publications

van der Zande, P. A. M. (2011). *Learners in dialogue: teacher expertise and learning in the context of genetic testing*. Utrecht: Paul van der Zande.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

Appendix 1 – Techno-moral vignette ‘Reinventing the dodo’, English version.

The resurrection of extinct species, especially the large creatures of the past, has appeared as a popular theme in works of fiction. With fast and cheap technologies to ‘read’ (sequence) and ‘write’ (synthesise) DNA currently available, it also becomes the objective of some researchers in synthetic biology. Thus we have seen the resurrection in the laboratory of the extinct virus which caused the deadly 1918 flu pandemic. Most researchers may not be primarily interested in the resurrection of a living animal, but hope to find new ways to understand disease or evolution. But a few, perhaps, would like to bring back one of our lost species in a zoo, or in the wild.

<http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/4161743/Extinct-animals-could-be-brought-back-to-life-thanksto-advances-in-DNA-technology.html>
<http://www.nature.com/embor/journal/v9/n1s/full/embor200862.html>

Reinventing the dodo

It was a sorry sight, the immense stable filled to the brim with thousands of ungainly, lethargic, clumsy forms, bumping into one another like blind people, producing that incredibly loud annoying honking noise. She loathed them as much as she felt pity for them

Sara sighed. It was hard to bring back that incredible excitement when the first egg had hatched, only a few years before. Scientists all over the world had trumpeted the event as a moral redemption. Science had finally found a way to make up for our past crimes against nature, to restore creation to its original splendour and richness. A synthesised Eden. After centuries of science and technology spelling bad news for biodiversity, they finally seemed to be taking nature’s side. Synthetic biologists had managed to recreate the dodo!

Some environmentalists remained unconvinced, stubbornly denying that this creature was the real thing, as it wasn’t 100% genetically pure. However, enthusiasts waved their arguments away by pointing out that genetic purity is a fiction anyway. All existing organisms are patchworks and hybrids – that is just the way nature works. Everything and everyone is work-in-progress. And anyway, if restoring biodiversity is the goal, who cares about hybrids? The reinvention of the dodo is just a matter of ‘bios’ getting even a little more diverse!

Every zoo had wanted one, or two, and so had many rich individuals. But the fad had faded quickly, as it soon became apparent that an animal may be restored in body, but not in spirit. Birds depend on imprinting to learn their specific behaviour, but no one knew how dodos behaved. So the re-created dodos were utterly stupid! You even had to force-feed them, as they had no clue themselves about what to do when you laid the food in front of them. In some cases they did learn to be a turkey, but – be honest – what was the fuss all about then? As if we don’t have enough turkeys already. And their natural habitat had also vanished since their extinction. Experiments with turkeys as parents, were inconclusive and dodos that were let loose in De Veluwe, a Dutch national reserve, soon died in their new habitat. In the end, one had to conclude that the bird was, and remained, completely dependent on humans.

So within two years, the bird that had been designed to be the symbol of the reconciliation of science and technology on the one hand, and nature on the other, had turned into the symbol of artificiality. People started to hate the bird for its stupidity, for its accusatory dependence, for its inability to absolve humankind of its earlier sins.

Naturalists pleaded to have them killed. However, their pleas provoked protests from unexpected corners. Farmers now argued that as we had brought this creature back into the world, we now had a special obligation towards it. Did we really want to commit the same crime twice?

And so the bird stayed. Thousands and thousands cramped together in huge stables like this one. And yes, thought Sara, it was true, these dodos do make excellent, tasty burgers.

Appendix 2 – Teacher manual

Toekomstscenario's over Synthetische Biologie; Docentenhandleiding

Inleiding over Research Project

Steeds vaker zullen nieuwe wetenschappen een rol gaan spelen in onze dagelijkse keuzes. Een voorbeeld van een nieuw ontwikkelend veld binnen de biologische wetenschappen is synthetische biologie. Een manier om deze nieuwe wetenschap te definiëren is: 'het ontwerp en de bouw van nieuwe biologische onderdelen, apparaten en systemen en het herontwerpen van de bestaande natuurlijke biologische systemen voor nuttige doeleinden'.

Synthetische biologie kan een hoop nuttige toepassingen opleveren, zoals medicijnen die worden geproduceerd door kunstmatige gesynthetiseerde bacteriën. Het geeft echter ook zorgen. De technologie zou onder andere gebruikt kunnen worden voor het maken van biologische wapens. Daarnaast roept synthetische biologie ook ethische vragen op. Is het wel juist om kunstmatig leven te maken? De dilemma's die voortkomen uit synthetische biologie hebben een wetenschappelijke achtergrond maar worden ook beïnvloed door verschillende sociale factoren zoals ethiek, politiek en economie. Door de grote invloed die synthetische biologie nu en in de toekomst kan hebben op de maatschappij is het van belang dat het onderwijs leerlingen voorbereid op het vormen van een mening en het nemen van een besluit over dilemma's gerelateerd aan synthetische biologie.

Omdat synthetische biologie een snel ontwikkeld veld is, valt niet goed te voorspellen welke gevolgen deze technologie zal hebben. Hierdoor is het onderwerp lastig te introduceren in de klas. Dit kan vergemakkelijkt worden door gebruik te maken van toekomstscenario's. Om een brede maatschappelijke discussie mogelijk te maken heeft het Rathenau instituut toekomstscenario's ontwikkeld over synthetische biologie.

Het Rathenau Instituut heeft als doel om de politieke en publiekelijke opinie over wetenschap en technologie te bevorderen. Hiervoor onderzoekt het instituut de organisatie van, en ontwikkelingen in, de wetenschap, publiceert over de sociale impact van nieuwe technologieën en organiseert debatten over dilemma's en problemen in de wetenschappen en technologie.

De toekomstscenario's over synthetische biologie zijn ontworpen aan de hand van recente wetenschappelijke ontwikkelingen en tonen de mogelijke toepassingen in en gevolgen voor synthetische biologie ons dagelijks leven. Uit eerder onderzoek is al gebleken dat lesactiviteiten die gebruik maken van deze scenario's succesvol zijn in het ondersteunen van de eerste stappen in de meningsvorming van leerlingen. Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken of lesactiviteiten die gebruik maken van deze scenario's ook behulpzaam zijn in het ondersteunen van de volgende stap van de meningsvorming, namelijk leerlingen meer bewust maken van de normen en waarden die voor hen van belang zijn en die van anderen. Dit is belangrijk in de meningsvorming, omdat het vormen van een mening wordt gekleurd door de waarden die voor een leerling van belang zijn. Ook is het belangrijk dat leerlingen zich ervan bewust zijn dat betrokken partijen/personen in een dilemma, een verschillende kijk hebben op het probleem door verschillen in normen en waarden.

In deze docentenhandleiding wordt meer achtergrondinformatie gegeven en worden de lesactiviteiten verder uitgelegd.

Inhoudsopgave

1.	Algemene achtergrondinformatie	Pag. 2
2.	Overzicht van lessen (lestabellen)	Pag. 3
3.	OIVTR Tabel lessen	Pag. 5
4.	Uitleg per lesactiviteit	Pag. 7
5.	Antwoordenmodel	Pag. 17

1. Algemene Achtergrondinformatie

De lessen in dit onderzoek over synthetische biologie vallen onder ‘*socioscientific issue-based education*’ (SSI-based education). ‘*Socioscientific issues*’ zijn dilemma’s die zowel een maatschappelijke als een wetenschappelijke component hebben. Het zijn vaak open problemen waar verschillende oplossingen voor zijn of waar niet één juist antwoord op is. Centraal staan de meningsvorming en besluitvorming van leerlingen. Deze vorm van onderwijs is al enige tijd onderdeel van het eindexamenprogramma:

Sub domein A2.3: De invloed van natuurwetenschap en techniek

De kandidaat kan oordelen over de betrouwbaarheid van toegepaste natuurwetenschappelijke kennis en een eigen mening over maatschappelijk-natuurwetenschappelijke vraagstukken vormen.

Cruciale activiteiten voor de meningsvorming en besluitvorming van leerlingen zijn o.a. het participeren in een dialoog met medeleerlingen, verschillende posities in een dilemma innemen en verdedigen en wetenschappelijk bewijsmateriaal gebruiken. Daarnaast zijn zelfkennis en maatschappelijke kennis van belang in het vormen van een mening of het nemen van een besluit. Onder deze zelfkennis valt het bewustzijn van de normen en waarden die voor jou persoonlijk belangrijk zijn en de bewustwording van andermans standpunten.

In deze handleiding worden twee lessen van 50 minuten beschreven. Het benodigde materiaal voor deze lessen zijn de werkbladen voor de leerlingen en een televisiescherm of laptop waarop een filmpje kan worden vertoond.

Leerdoelen

Na de lessen zijn leerlingen:

- In staat om een dilemma te herkennen in een toekomstscenario
- in staat om de emoties die het dilemma oproept te herkennen.
- zich bewust van de onderliggende normen en waarden die voor hun van belang zijn achter deze emoties.
- zich bewust van het feit dat betrokken partijen op een andere manier naar een probleem kijken vanwege verschillen in normen en waarden.
- In staat om een mening te vormen over een aan synthetische biologie gerelateerd dilemma.

2. Overzicht van de lessen

Les 1:

Learning and Teaching Activities (LTAs)	Time	Activity			Hypothesized learning result
		Teacher	Students		
LTA1: Engaging in the dilemma - Watch clip - read vignette	10 min	- Gives short introduction on synthetic biology - Gives short introduction on vignette - Starts animation	- Listen to introductions - Watch animation - Read vignette	Individual	Students get engaged in the subject/dilemma
LTA2: Personal reflection on initial reaction - Initial questions - Initial thoughts - Initial emotions	5 – 10 min	- Walks around and help students if necessary.	- Write down initial questions, thoughts and emotions individually	Individual	Students recognize their initial thoughts and emotions on the dilemma.
LTA 3: Discuss initial emotions and thoughts with peer.	10 min	- Walks around and help students if necessary by asking critical questions.	- clarify their initial thoughts and emotions to peer.	Duo	By clarifying and discussing their initial thoughts and emotions, students think more elaborated on the source of these thoughts and emotions
LTA 4: Engage further into the dilemma - What is the dilemma? - Who are involved?	10 min	- Walks around and help students if necessary - Discusses answers frontal. - Gives correct answers	- Read vignette - Identify the dilemma - identify stakeholders -	Group	Students get more engaged in the dilemma and recognize that there are different stakeholders in a dilemma.
LTA 5: Place initial thoughts and emotions under frames	10 min	- Gives short introduction on frames - Walks around and help students if necessary	- Discuss in group under which frame their initial thoughts belong.	Group	Students recognize that you can look at a dilemma from different frames/perspectives by categorizing their initial thought and emotions.

Les 2:

Learning and Teaching Activities (LTAs)	Time	Activity			Hypothesized learning result
		Teacher	Students		
LTAs 6 & 7: Reframing activities - Frame initial thoughts - Look on dilemma from different frames - Identify important values for each frame	20 min	- Walks around and help students if necessary - Collects answers on board - Discusses answers frontal	- take on different perspectives - think of arguments under each frame	Group	Students take on different positions on the dilemma by thinking of arguments from different frames/ perspectives.
LTAs 8 & 9: Personal reflection - Look back at initial reaction - Explain what their underlying values - Give opinion on dilemma building on their important values.	10 min	- Walks around and help students if necessary	-- Identify important personal values - Identify their dominant frame in this dilemma - Give opinion with explanation on dilemma	Individual	Students look back on their initial thoughts/emotions and reflect on where these came from and which underlying values they have with their new knowledge of frames/perspectives.
LTA 10: Frontal discussion on opinions.	10 min	- Asks clarifying questions - Asks critical questions - lead the discussion between students.	- Engage in the discussion - Explain their opinion and underlying values - Listen and respond to peers	Whole class	By clarifying and discussing their opinions students think more elaborated on their opinions and their underlying values. By listening to peers and discussing their opinions they recognize and respect others opinions and perspectives.
LTA 11 : Closing of lesson	5 min	- the teachers reflects with students on the lessons.	- Reflect on the lessons	Whole class	

3. OIVTR-Tabel Lessen

Date: 23-06-2014		Class: VWO 5	Biology / ANW
Subject: Opinion-forming on synthetic biology with the use of techno-moral vignette-related LTA's.		Materials - TV/smart board to show animations - worksheets students - Audio recorders	Comments: Part of the master thesis of G.C. Ripken. Research on the effectiveness of techno-moral vignette related LTA's and reframing activities to support the opinion-forming skills of students.
Pre-knowledge:		Learning goals: After the lesson(s) students are able to: <ul style="list-style-type: none"> • Recognize a dilemma in a future scenario • Recognize their initial thoughts and emotions that the dilemma evokes • be aware of the underlying values behind these emotions • Take on different perspectives in a dilemma • be aware that others have a different opinion on the dilemma because of differences in values. • form an opinion on a synthetic biology-related SSI. 	
Time	Activity	Tasks Teacher	Tasks Students
0 – 5	LTA1:Engaging in the dilemma - Watch clip - read vignette	- Gives short introduction on synthetic biology - Gives short introduction on vignette - Starts animation (Dutch subtitles)	- Listen to introductions - Watch animation - Read vignette
5 – 10	LTA2:Personal reflection on initial reaction - Initial questions - initial thoughts - initial emotions	- Walks around and help students if necessary. - Reminds students that this is a future scenario	- Write down initial questions, thoughts and emotions individually
10 - 20	LTA 3: Discuss initial emotions and thoughts with peer.	- Makes couples. - Walks around and help students if necessary by asking critical questions.	- clarify their initial thoughts and emotions to peer. - Ask each other questions about thoughts and emotions

Time	Activity	Tasks Teacher	Tasks Students
30- - 40	LTA5: Engage further into the dilemma - What is the dilemma? - Who are involved?	- Walks around and help students if necessary - Discusses answers frontal. - Collects answers on board - Gives correct answers	- Re-read vignette - Identify the dilemma - identify stakeholders - Discuss with peers
40—50	LTA 4: Place initial thoughts and emotions under frames	- Gives short introduction on frames - makes groups of four/five students - Give introduction on frames - discusses each frame - Checks if students understand frames - Discusses and example with students - Walks around and help students if necessary	- Discussing different frames and first thoughts - Discuss in group under which frame their initial thoughts belong. - Write down first thoughts under frames
50 – 60	LTAs 6 & 7: Reframing activities - Frame initial thoughts - Look on dilemma from different frames - Identify important values for each frame	- Walks around and help students if necessary - Discuss values with peers - Collects answers on board - Discusses answers frontal with whole class	- take on different perspectives - think of arguments under each frame - Discuss the frames in groups Identify the most important values under each frame
60 – 70	LTAs 8 & 9: Personal reflection - Look back at initial reaction - Explain what their underlying values - Give opinion on dilemma building on their important values.	- Walks around and help students if necessary	Identify important personal values individually - Identify their dominant frame in this dilemma individually - Give opinion with explanation on dilemma individually
70 – 80	LTA 10: Frontal discussion on opinions.	- Asks clarifying questions - Leads the discussion between students - Asks critical questions - lead the discussion between students. - Connects statement of students with values	- Engage in the discussion - Explain their opinion and underlying values - Listen and respond to peers
80 – 85	LTA 11 : Closing of lesson	- the teacher reflects with students on the lessons.	- Reflect on the lesson(s)

4. Uitleg per lesactiviteit

Hier worden alle lesactiviteiten in detail uitgelegd. Eerst wordt er algemene informatie gegeven zoals de duur van de activiteit en de leerdoelen. Vervolgens volgt er achtergrondinformatie over de lesactiviteit en het wetenschappelijke verband met het onderzoek. Tenslotte worden er instructies gegeven. Neem alle informatie goed door voordat u de lessen uitvoert.

Ter voorbereiding aan de lessen.

Een goede voorbereiding door de docent is van belang voor een goed verloop van de lessen. Onderstaand vind u een samenvatting over synthetische biologie. Deze teksten komen uit de documenten 'Leven maken' door Huib de Vriend, Rinie van Est en Bart Walhout (2007); en 'Synthetische Biologie: een inleiding' van het European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2011).

Daarnaast worden op de volgende bladzijde een aantal links gegeven die meer informatie geven over synthetische biologie en de toekomstscenario's (door het Rathenau Instituut 'techno-moral vignettes' genoemd). Verder is het aangeraden om deze docentenhandleiding goed door te nemen.

Synthetische biologie past technologische principes op de biologie toe. Daarbij kan het gaan om het herontwerpen van een levend systeem zodat het iets gaat doen dat het van nature niet doet, bijvoorbeeld het aanmaken van een bepaalde stof. Nog ambitieuzer zijn de verdergaande pogingen om volledig nieuwe levende systemen te maken, waarbij men leven maakt uit niet-levend materiaal. Sinds 2004 doet de (populair) wetenschappelijke pers met enige regelmaat verslag van de veelbelovende toepassingen van synthetische biologie, zoals levende therapeutica, biosensoren, het programmeren van stamcellen en platforms voor de productie van medicijnen, fijn-chemicaliën en energie. De opkomst van de synthetische biologie laat een geleidelijke, maar fundamentele verschuiving binnen de biologie zien: van het lezen van bestaande DNA-codes naar het schrijven van nieuwe. Ontwikkelingen in de ICT, de levenswetenschappen (genomics) en de nanotechnologie maken het mogelijk om geleidelijk aan de stap te zetten van het modificeren van bestaande, natuurlijke biologische systemen naar het gericht moduleren en ontwerpen van biologische systemen. Ook wel: een ingenieursvisie op leven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de deconstructie-aanpak (ook wel top-down benadering genoemd) en de constructie-aanpak (ook wel bottom-up benadering). Zo'n bottom-up benadering wordt gehanteerd in het zogeheten Biobricks initiatief. Biobricks is een elektronisch toegankelijke catalogus die allerlei standaard genetische bouwstenen bevat. Met deze bouwstenen kunnen biologische systemen ontwikkeld worden die zijn geoptimaliseerd voor de productie van specifieke biomoleculen. Tegelijkertijd hanteren onderzoekers een top-down benadering, waarbij ze het aantal genen van bacteriële cellen tot een absoluut minimum terugbrengen. Zo ontwikkelen ze 'minimale genoom-cellen' die alleen reproductie-, energiehuishoudings- en andere basisfuncties vervullen. Deze cellen kunnen dienen als levend 'chassis', waar je vervolgens weer gestandaardiseerde biologische bouwstenen kunt inpluggen. Op die manier denken onderzoekers virussen en micro-organismen te kunnen maken die 'beter' functioneren dan natuurlijke levensvormen.

Anno 2007 is het al mogelijk om het complete genoom van een virus waarvan de DNA-volgorde bekend is, te synthetiseren. Ook het gebruik van gesynthetiseerde genen in het moleculair biologisch onderzoek is inmiddels gangbaar. Craig Venter, directeur van het naar hem vernoemde instituut, voorspelt dat het binnen tien jaar mogelijk zal zijn om het volledige genoom van gisten te synthetiseren. Of die voorspelling zal uitkomen is niet zeker. Maar wel zeker is dat de snelheid en accuratesse waarmee DNA kan worden gesynthetiseerd de komende jaren verder sterk zal toenemen. Gespecialiseerde DNA-synthesebedrijven zullen steeds meer genen tegelijk tegen steeds lagere prijzen produceren, en daarmee een

belangrijke impuls geven aan het onderzoek naar kunstmatige biologische systemen en organismen

Zie voor meer achtergrond informatie over synthetische biologie:

- http://depot.knaw.nl/4934/1/Rathenau_Instituut_-_W98_Leven_Maken.pdf
- <http://www.rathenau.nl/themas/thema/project/synthetische-biologie.html>
- http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Synthetic_biology.pdf
- http://www.bbsrc.ac.uk/web/FILES/Reviews/0806_synthetic_biology.pdf

Zie voor meer achtergrondinformatie over toekomstscenario's van het Rathenau Instituut:

- <http://www.rathenau.nl/themas/thema/project/synthetische-biologie/synbio-futures.html>

Les 1

Leeractiviteit 1: Lezen van het toekomstscenario

- **Tijd:** 10 minuten
- **Doel:** Leerling raken betrokken bij het onderwerp.
- **Informatie:**

Het behandelen en bespreken van nieuwe en opkomende technieken in de klas kan lastig zijn doordat de mogelijkheden en gevolgen van deze technieken nog niet bekend zijn. Toekomstscenario's kunnen leerlingen helpen in te zien welke mogelijke toepassingen en gevolgen een nieuwe techniek op onze wereld kan hebben. Om het debat over synthetische biologie te stimuleren heeft het Rathenau Instituut toekomstscenario's ontwikkeld die gebaseerd zijn op recente wetenschappelijke ontwikkelingen. Uit eerder onderzoek bleek al dat deze toekomstscenario's ook van nut zijn in het onderwijs. Bij een tweetal van deze toekomstscenario's zijn inmiddels animaties gemaakt.

De link naar de animatie van het toekomstscenario dat tijdens deze lessen wordt gebruikt is: <https://www.youtube.com/watch?v=0laHb6cl6PQ>

Vergeet niet om de Nederlandse ondertiteling aan te zetten bij het bekijken van het filmpje. Op de volgende bladzijden is het toekomstscenario te lezen. Het grijs gearceerde gebied geeft meer informatie over de recente ontwikkelingen binnen de synthetische biologie waarop het scenario is gebaseerd.

Het achterliggende dilemma in dit toekomstscenario is:

Mogen we (uitgestorven) dieren weer reconstrueren/tot leven wekken?

Het opnieuw tot leven brengen van uitgestorven dieren, vooral de grote wezens uit het verleden, is een populair thema voor filmproducenten en sciencefiction schrijvers. Maar met de huidige beschikbare snelle en goedkope technologieën om DNA af te lezen en te schrijven (synthetiseren), is het nu ook het doel geworden van een aantal onderzoekers in de synthetische biologie. Zo is het uitgestorven virus, die de dodelijke griepandemie in 1918 veroorzaakte, weer tot leven gebracht in het laboratorium. De meeste onderzoekers zijn niet geïnteresseerd in het reconstrueren van een levend dier, maar hopen op deze manier meer te weten te komen over ziekten of evolutie. Toch wil een enkeling mogelijk een uitgestorven soort weer terug brengen in de dierentuin of in het wild.

<http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/4161743/Extinct-animals-could-be-brought-back-to-life-thanksto-advances-in-DNA-technology.htm> |

<http://www.nature.com/embor/journal/v9/n1s/full/embor200862.html>

Reconstructie van de dodo

Het wat een droevig gezicht. De immense stal die tot de nok gevuld was met duizenden lompe, slome en onhandige vormen. Ze liepen tegen elkaar op als blinde mensen en produceerde ongelooflijke luid en irritante getoeter. Ze had net zoveel afkering tegen hen als dat ze medelijden voor ze voelde.

Sara zuchtte. Het was moeilijk om die ongelooflijke opwinding weer te voelen toen het eerste ei was uitgebroed, slechts een paar jaar geleden. Wetenschappers over de hele wereld hadden de gebeurtenis benoemd als een morele verlossing. De wetenschap had eindelijk een manier gevonden om onze vorige misdaden tegen de natuur te herstellen, door creaties te herscheppen in zijn oorspronkelijke pracht en rijkdom. Een gesynthetiseerd Eden. Na eeuwen van negatieve gevolgen van wetenschap en technologie op de biodiversiteit, stonden ze eindelijk aan de kant van de natuur. Synthetisch biologen zijn er in geslaagd de dodo tot leven te brengen.

Sommige milieuactivisten waren echter niet overtuigd. Ze ontkenden koppig dat het dier echt was omdat deze niet 100% genetische puur was. Enthousiasten wuifde deze argumenten echter weg, door erop te wijzen dat genetische puurheid, hoe dan ook, fictie is. Alle bestaande organismen zijn mengelmoesjes en hybriden - dat is nou eenmaal de manier waarop de natuur werkt. Eigenlijk is alles en iedereen een 'werk in ontwikkeling'. Bovendien, als herstellen van de biodiversiteit het doel is, wie maakt zich dan druk om hybriden? Het opnieuw tot leven brengen van de dodo, is gewoon een manier om de natuur iets meer divers te maken.

Elke dierentuin wilde er één of twee, en ook veel rijke mensen hadden er één. Maar de rage verdween snel toen duidelijk werd dat een dier wel lichamelijk gereconstrueerd kan worden, maar geestelijk niet. Vogels zijn afhankelijk van 'inprenting' om specifiek gedrag te leren, maar niemand wist hoe de dodo zich had gedragen. Hierdoor waren de gereconstrueerde dodo's volkomen dom! Je moest ze zelfs gedwongen voeren omdat ze niet wisten wat ze met het voer moesten doen wanneer je dit onder hun neus neerlegde.

Soms leerde ze om zich als een kalkoen te gedragen, maar – wees eerlijk - waar was het dan allemaal om te doen? Alsof we nog niet genoeg kalkoenen hebben. Ook was het natuurlijke leefgebied van de dodo verdwenen sinds hun uitsterven. Experimenten met kalkoenen als pleegouders waren niet afdoende en de dodo's die los werden gelaten in de Veluwe, een Nederlands natuur reservaat, overleden snel in hun nieuwe leefomgeving. Uiteindelijk moest men concluderen dat de vogel compleet afhankelijk van de mens was en zou blijven.

Binnen twee jaar was de vogel die bedoeld was om symbool te staan voor de verzoening tussen technologie en de natuur, veranderd in een symbool voor kunstmatigheid. Mensen begonnen de vogel te haten om zijn domheid, zijn afhankelijkheid en zijn onvermogen de mens vrij te spreken van zijn eerdere zonden.

Naturalisten pleitte ervoor dat ze werden gedood. Zij kregen echter tegenstand uit een onverwachte hoek. Boeren vonden dat we een speciale verplichting tegenover het dier hadden, aangezien wij degene waren die hem weer terug hadden gebracht in de wereld. Wilde we echt dezelfde misdaad een tweede keer begaan?

En dus bleef de vogel bestaan. Duizenden en duizenden werden in grote stallen opeengepakt zoals deze. En ja, dacht Sara, het was waar. Van de dodo's waren wel heerlijke hamburgers van te maken.

• Instructies:

Start de les met een korte uitleg over synthetische biologie. Probeer ook de verschillen met genetische modificatie duidelijk te maken. Leg vervolgens uit dat wetenschappers in de toekomst mogelijk in staat zijn om uitgestorven dieren weer tot leven te wekken. Het gaat er in deze lessen om dat leerlingen nadenken over de wenselijkheid en hun mening vormen over deze nieuwe technologie.

Bekijk vervolgens de animatie van het toekomstscenario met de leerlingen. Introduceer deze animatie door te vertellen dat ze een verhaal gaan bekijken en lezen over hoe synthetische biologie mogelijk onze wereld kan veranderen. Denk eraan om de Nederlandse ondertiteling bij de animatie aan te zetten.

Leeractiviteiten 2 en 3:

Opschrijven van eerste emoties en gedachtes door leerlingen.

- **Tijd:** 20 minuten
- **Doel:** leerling herkennen hun initiële gedachtes en emoties over het dilemma. Door deze vervolgens te bespreken met een medeleerling denken zij dieper na over deze initiële emoties en gedachten en hun bron.
- **Informatie** Dilemma's kunnen bepaalde gevoelens en emoties bij ons oproepen zoals angst, verdriet, blijheid etc. Deze emoties zijn spontane reacties en kunnen worden gezien als indicatoren van de waarden die voor ons van belang zijn. Zo kan een bepaald dilemma 'boosheid' oproepen doordat niet iedereen in het dilemma gelijk behandeld wordt. In dat geval wordt de waarde 'gelijkheid' aangesproken. In deze lessen worden emoties gebruikt als startpunt voor het ontrafelen van de onderliggende waarden die belangrijk zijn voor een leerling. Door deze op te schrijven en vervolgens te verhelderen en te bediscussiëren met een medeleerling, zal een leerling een start maken met het nadenken over zijn of haar mening.
- **Instructies:** De leerlingen schrijven eerst op welke (inhoudelijke) vragen het toekomstscenario bij ze oproept. Vervolgens hun eerste gedachtes en emoties over het toekomstscenario (het is hierbij de bedoeling dat zij ervan uitgaan dat wat in het toekomstscenario staat echt mogelijk is. Geef dit ook aan). Deze eerste gedachtes en emoties bespreken ze met een medeleerling. Het doel hiervan is dat leerlingen deze emoties en gedachtes aan elkaar verhelderen. Wat bedoelen ze ermee? Begrijpt een medeleerling wat de ander bedoelt? Loop tijdens het bespreken rond in de klas zodat u mee kan luisteren en stuur zo nodig leerlingen in de juiste richting. De gesprekken tussen leerlingen moeten worden opgenomen met **audiorecorders**.

Leeractiviteit 4: toekomstscenario in meer detail bekijken.

- **Tijd:** 10 minuten
- **Doel:** leerlingen bekijken het dilemma in meer detail en zien in dat er meerdere betrokken partijen in een dilemma zijn.
- **Informatie** De leerlingen bekijken in deze activiteit het toekomstscenario in meer detail door te onderzoeken wat het achterliggende dilemma van het toekomstscenario is en welke partijen er betrokken zijn in het dilemma.
- **Instructies** Laat leerling eerst in tweetallen het toekomstscenario in meer detail onderzoeken. Bespreek vervolgens de antwoorden klassikaal. Vraag aan leerlingen wat het achterliggend dilemma volgens hen is en welke partijen betrokken zijn. Verzamel deze op het bord. Geef leerlingen daarna de juiste antwoorden. Deze staan in het antwoordenmodel (p. 14)

Leeractiviteit 5: Eerste gedachtes plaatsen onder perspectieven

- **Tijd:** 10 minuten
- **Doel:** leerlingen zien in dat een dilemma vanuit verschillende perspectieven kan worden bekeken door hun initiële gedachtes onder perspectieven te plaatsen.
- **Informatie** Een dilemma is vaak vanuit verschillende perspectieven te bekijken. Zo kan iemand sterk gericht zijn op de economische aspecten van een dilemma terwijl een ander zich meer bezighoudt met de ethische kant. Het is van belang dat leerlingen zich ervan bewust zijn dat mensen het vaak oneens zijn doordat zij een verschillend perspectief gebruiken op het probleem. In het toekomstscenario worden ook een aantal verschillende perspectieven gebruikt. In de bijlage van deze handleiding vindt u een antwoordenmodel met daarin een korte uitleg over de perspectieven die gebruikt worden in deze lessen. Tijdens deze opdracht werken leerlingen in groepjes van ongeveer 4 leerlingen samen om hun eerste initiële gedachtes over het dilemma te sorteren.
- **Instructies** Bespreek kort de verschillende perspectieven met de leerlingen. Het doel is dat het voor leerlingen duidelijk is wat de verschillende perspectieven betekenen en wat ze inhouden. In het leerling materiaal en antwoordenmodel worden een aantal voorbeelden gegeven. Eventueel kan een eerste gedachte van een leerlingen samen met de klas (klassikaal) onder een perspectief geplaatst worden. Vervolgens gaan leerlingen in groepjes hun eerste gedachtes over het toekomstscenario sorteren. Loop tijdens deze activiteit rond in het lokaal en help leerlingen waar dat nodig is.

Leeractiviteit 6: Perspectieven aanvullen

- **Tijd:** 15 minuten
- **Doel:** leerlingen bekijken het dilemma vanuit verschillende perspectieven door argumenten vanuit verschillende perspectieven te geven.
- **Informatie:** Tijdens deze activiteit vullen leerlingen in groepjes de tabel 1 (leerling materiaal) verder aan. Hiervoor bedenken zij zelf argumenten vanuit verschillende perspectieven. In het toekomstscenario worden ook verschillende argumenten gegeven, deze kunnen leerlingen gebruiken. Door deze oefening worden leerlingen gedwongen vanuit verschillende perspectieven naar het dilemma te kijken.
- **Instructies** De leerlingen werken zelfstandig in groepjes aan deze oefening. Maak groepjes van 4 of 5 leerlingen. Loop tijdens deze activiteit rond in het lokaal en help leerlingen waar dat nodig is.

Leeractiviteit 7: Belangrijke waarden bij perspectieven zetten

- **Tijd:** 10 minuten
- **Doel:** Leerlingen identificeren de belangrijkste waarden onder elk perspectief.
- **Informatie** Met behulp van een waardenlijst (leerling materiaal), identificeren leerlingen de belangrijkste waarden onder elk perspectief. Algemeen bekend zijn vaak de ethische normen en waarden, maar de definitie in dit materiaal van waarden is: 'wat belangrijk is voor mensen in het leven, en wat voor mensen nastrevenswaardig is'. Vanuit het economisch perspectief kan dat dus profijt/winst zijn. Met behulp van deze leeractiviteit oefenen leerlingen met het nadenken over welke waarden voor iemand van belang kunnen zijn.

- **Instructies** Leg aan leerlingen uit wat waarden zijn (zie hierboven). Vervolgens werken leerlingen zelfstandig in groepjes aan deze oefening. Loop tijdens deze activiteit rond in het lokaal en help leerlingen waar dat nodig is.

Nakijken van leeractiviteit 6 & 7.

Het is belangrijk dat de antwoorden van de leeractiviteiten 6 en 7 klassikaal worden nagekeken. Verzamel de antwoorden van de leerlingen op het bord. Wanneer leerlingen er niet in geslaagd zijn om bij alle perspectieven argumenten en waarden te bedenken, probeer dit dan alsnog klassikaal.

Leeractiviteit 8: Terugblikken op initiële emoties en gedachtes.

- **Tijd:** 5 minuten
- **Doel:** Leerlingen kijken terug op hun initiële emoties en gedachtes en reflecteren op waar deze vandaan kwamen en welke waarden hieraan ten grondslag lagen
- **Informatie** Tijdens deze activiteit blikken leerlingen terug op hun eerste emoties en gedachtes die zij hadden na het lezen van het dilemma en proberen te verklaren waar deze vandaan kwamen. Doordat zij in de vorige oefeningen al hebben gewerkt met verschillende perspectieven en waarden, zou dit moeten helpen bij het onder woorden brengen van de waarden die voor een leerling van belang zijn.
- **Instructies** Gedurende deze lesactiviteit werken leerlingen zelfstandig aan de vragen in het leerling materiaal. Deze oefening kan misschien lastig zijn voor sommige leerlingen. Loop tijdens deze activiteit rond in het lokaal en help leerlingen waar dat nodig is.

Leeractiviteit 9: Opschrijven van een mening.

- **Tijd:** 5 minuten
- **Doel:** Leerlingen geven een goed onderbouwde mening over het dilemma waarbij zij bewust zijn van de onderliggende waarden die voor hen van belang zijn.
- **Informatie** Tijdens deze activiteit schrijven leerlingen hun mening over het dilemma op en verantwoorden deze. Hierbij is het van belang dat zij duidelijk maken welke normen en waarden voor hen van belang zijn en hoe deze hun mening beïnvloed. Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van een goede onderbouwde mening. *Ik ben van mening dat we uitgestorven dieren niet weer tot leven mogen brengen. Ik vind dit omdat ik erop tegen ben dat we voor god spelen en iets onnatuurlijks doen. Voor mij zijn de waarden 'echtheid' en 'originaliteit' van groot belang en door uitgestorven dieren weer tot leven te brengen met 'nep' DNA (gesynthetiseerd DNA) worden deze waarden geschaad.*
- **Instructies** Gedurende deze lesactiviteit werken leerlingen zelfstandig aan de vragen in het leerling materiaal. Loop tijdens deze activiteit rond in het lokaal en help leerlingen waar dat nodig is bij het verwoorden van hun mening.

Leeractiviteit 10: Klassikale discussie met leerlingen over meningen

- **Tijd:** 10 minuten
- **Doel:** D.m.v. een klassendiscussie denken leerling meer uitgebreid na over hun mening en verwoorden deze naar anderen. Door naar de meningen van anderen te luisteren zien zij in dat iedereen een andere mening heeft en/of een ander perspectief gebruikt.

- **Informatie** Het bediscussiëren en bespreken van een dilemma is van groot belang in SSI-educatie. Uit ervaring blijkt vaak dat leerlingen zich tot in groot detail kunnen herinneren wat er tijdens een klassikale discussie is besproken. In zulke discussies is het van belang dat er verschillende standpunten worden besproken en dat leerlingen open staan voor andermans meningen. Verder is het belangrijk dat leerlingen redelijk zijn, eerlijk zijn, dat er veilige sfeer is waarin zij hun mening kunnen geven en dat leerlingen respect hebben voor elkaar. Docenten spelen ook een belangrijke rol in het faciliteren en verbeteren van de discussie door structuur te bieden, kritische vragen te stellen en door te reageren op de inbreng van leerlingen. Er zijn een aantal rollen die een docent kan 'spelen' tijdens een klassikale discussie. Hieronder worden een aantal van deze rollen uitgelegd:

De deelnemer

De docent neemt deel uit van de discussie en geeft net zoals de andere deelnemers zijn meningen en ideeën zodat leerlingen weten waar je staat in het dilemma.

De Instructeur

De docent legt concepten en ideeën uit, stelt vragen aan leerlingen om de kennis te testen en geeft feedback op leerlingen.

De advocaat van de duivel

De docent neemt bewust, wanneer de klas het overtuigend met elkaar eens is, een tegenovergesteld standpunt in.

De neutrale docent De docent zorgt er vooral voor dat de discussie verloopt volgens de regels maar geeft geen eigen mening of feedback aan leerlingen. Hoewel dit het beste klinkt, is het in de praktijk lastig om te bewerkstelligen. We zullen vaak toch door ons taalgebruik of houding een mening laten doorschemeren.

De bondgenoot

De docent steunt de mening van een leerling die in de minderheid is.

Ook kan een docent letten op een aantal discussiestoppers. Dit zijn bepaalde uitspraken van leerlingen die de discussie dood slaan. Er zijn twee bekende discussiestoppers die leerlingen vaak gebruiken: de '*dat-is-gewoon-mijn-mening*' en '*dat-is-wat-mijn-geloof-zegt*' uitspraken. Docenten kunnen de discussie weer op gang brengen door te letten op deze discussiestoppers. Op de volgende bladzijde staat een voorbeeld die laat zien hoe een docent de discussie weer op gang kan brengen. Het ging hier om een klassendiscussie over abortus.

Docent: wat als het kind het gevolg was van een verkrachting? Staat dan de moeders keuze boven de rechten van dat kind, of ben je het hier niet mee eens? Leerling: Persoonlijk denk ik van wel, maar dat is voor iedereen weer anders. Docent: Waarom vind je dat? Wat in deze situatie maakt dat je dat zegt? Leerling: Ik denk dat het er vanaf hangt hoe de moeder het kind behandelt als het is geboren. Het is niet haar schuld, ze heeft er zelf niet voor gekozen.

In dit geval kiest de docent ervoor om het antwoord van de leerling niet te accepteren of negeert zelfs het antwoord. Ze vraagt door naar de mening van de leerlingen en wat de achterliggende reden is. In dit geval blijkt de leerling prima in staat om een achterliggende reden te verwoorden.

- **Instructies**

Gedurende deze lesactiviteit moet een klassengesprek worden gehouden over de verschillende meningen van leerlingen, Dit gesprek word geleid door de docent. Vraag een aantal leerlingen naar hun mening en de onderbouwing. Vraag of er overeenkomsten of verschillen zijn tussen de meningen van leerlingen en laat leerlingen op elkaar reageren. Probeer ook de antwoorden van leerlingen te koppelen aan bepaalde waarden. Het is niet de bedoeling dat er een debat ontstaat maar dat leerlingen naar elkaars meningen luisteren en proberen te begrijpen.

Leeractiviteit 11: Afsluiting van de les(sen)

Ter afsluiting van deze lesmodule kan met de klas gereflecteerd worden op het lesmateriaal. Het doel van het materiaal is dat leerlingen zich bewust worden van hun normen en waarden en daardoor een goed onderbouwde mening kunnen geven over een aan synthetische biologie-gerelateerd dilemma. Probeer met de klas te reflecteren over of zij hierin geslaagd zijn en op welke manier. De onderstaande vragen kunnen daarbij helpen: - Hebben de lessen de leerlingen geholpen in het bewust worden van normen en waarden? - Hoe hebben de lessen daarbij geholpen? - Vinden ze het zinvol? - Wat zouden ze anders doen om het te bereiken?

5. Antwoordmodel

Leeractiviteit 5: toekomstscenario in meer detail bekijken.

Achterliggende dilemma:

Mogen we (uitgestorven) dieren weer reconstrueren/tot leven wekken?

Betrokken partijen:

De Dodo

Wetenschappers

Milieuactivisten

Boeren

Naturalisten

Consumenten / publiek

De dierentuin

Rijke mensen

Leeractiviteiten 6: perspectieven aanvullen en 7: waarden bij perspectieven zetten

Op de volgende bladzijden wordt een ingevulde tabel gegeven, die kan worden gebruikt als antwoorden-model. Uiteraard kunnen leerlingen andere argumenten geven die niet worden genoemd in het ant-woordenmodel. Gebruik dan het antwoordenmodel als richtlijn om deze argumenten onder de juiste per-spectieven te plaatsen.

	Vooruitgang	Economisch	Risico	Ethisch	Natuurlijk	????
Uitleg	Wat kan de technologische ontwikkeling opleveren, in termen van vooruitgang? Kleven er ook nadelen aan deze vooruitgang?	Wat kan de toepassingen opleveren in termen van economische vooruitgang? Wie hebben er dan voordeel van? Kan het leiden tot oneerlijke winstverdeling? Of gaat de economie erop achteruit?	Welke risico's kan een toepassing met zich meebrengen? Welke omvang hebben deze risico's?	Is de toepassing ethisch verantwoord: mag dit wel? Is het iets wat we willen? Waar trekken we de grens? Wat mag/moet er allemaal wel of niet denken vanuit ethische principes.	Gaat er iets tegen de natuur in en is het onnatuurlijk? Of levert het voordelen op voor het milieu?	
Eerste gedachten	'Wat goed dat wetenschap ons zo ver kan brengen'.	'Alleen rijke mensen zouden een uitgestorven dier kunnen betalen'.	'Je weet nooit wat er allemaal kan gebeuren'.	'Wat zielig voor de dodo'	'We mogen niet voor God spelen'	
Argumenten	Argument voor: - Het weer tot leven brengen van uitgestorven dieren is een grote wetenschappelijke doorbraak Tegenargumenten: - Wanneer er een 'mislukking' is, zoals de dodo in het toekomstscenario, kan dit de vooruitgang van wetenschap belemmeren. - Zoals is te lezen in het toekomstscenario, leiden dit soort doorbraken in de wetenschap alleen tot problemen.	Argumenten voor: - Er valt veel geld te verdienen met de verkoop van 'uitgestorven' dieren. Als huisdieren of zoals in het toekomstscenario als voedselproduct. Tegenargumenten: - Er ontstaan oneerlijke concurrentie wanneer rijke mensen het geld hebben voor het kopen van uitgestorven dieren. - Er ontstaat oneerlijke concurrentie wanneer één bedrijf alle patenten in bezit heeft.	Tegenargumenten: - Je weet niet welke ecologische gevolgen kunnen ontstaan wanneer bijvoorbeeld een opnieuw tot leven gebracht organisme per ongelijk vrijkomt - Je weet niet hoe de opnieuw tot leven gebrachte organismen zich gedragen.	Argumenten voor: - We kunnen onze eerdere misdrijven tegen de natuur weer goed maken. Tegenargumenten: - Het is onjuist om dieren weer tot leven te brengen alleen voor ons gewin. - Je zal altijd een speciale verplichting hebben tegenover tot ons opnieuw tot leven gebrachte dieren	Argument voor: - Je kan de biodiversiteit op aarde verhogen. Tegenargumenten: - Je zal nooit het originele organisme weer tot leven kunnen brengen met gesynthetiseerd DNA - Het is onnatuurlijke om uitgestorven dieren weer tot leven te brengen. Dit Gaat tegen de natuur in.	

Appendix 3 – students' worksheets

Toekomstscenario's over Synthetische Biologie: Werkbladen Leerlingen

Naam: _____

Klas: _____



Bekijk het filmpje van het toekomstscenario over de dodo. De tekst kan je hieronder nog eens nalezen. Dit **toekomstscenario** laat je zien hoe ontdekkingen binnen de **synthetische biologie**, mogelijk onze wereld kunnen veranderen. Het geeft niet als je nog niet weet wat synthetische biologie is. Beantwoord na het zien van het filmpje en het lezen van de tekst de vragen.

Het opnieuw tot leven brengen van uitgestorven dieren, vooral de grote wezens uit het verleden, is een populair thema voor filmproducenten en sciencefiction schrijvers. Maar met de huidige beschikbare snelle en goedkope technologieën om DNA af te lezen en te schrijven (synthetiseren), is het nu ook het doel geworden van een aantal onderzoekers in de synthetische biologie. Zo is het uitgestorven virus, die de dodelijke griepandemie in 1918 veroorzaakte, weer tot leven gebracht in het laboratorium. De meeste onderzoekers zijn niet geïnteresseerd in het reconstrueren van een levend dier, maar hopen op deze manier meer te weten te komen over ziekten of evolutie. Toch wil een enkeling mogelijk een uitgestorven soort weer terug brengen in de dierentuin of in het wild.

<http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/4161743/Extinct-animals-could-be-brought-back-to-life-thanksto-advances-in-DNA-technology.html>

<http://www.nature.com/embor/journal/v9/n1s/full/embor200862.html>

Reconstructie van de dodo

Het was een droevig gezicht. De immense stal die tot de nok gevuld was met duizenden lompe, slome en onhandige vormen. Ze liepen tegen elkaar op als blinde mensen en produceerde ongelooflijke luid en irritante getoeter. Ze had net zoveel afkeer tegen hen als dat ze medelijden voor ze voelde.

Sara zuchtte. Het was moeilijk om die ongelooflijke opwindung weer te voelen toen het eerste ei was uitgebroed, slechts een paar jaar geleden. Wetenschappers over de hele wereld hadden de gebeurtenis benoemd als een morele verlossing. De wetenschap had eindelijk een manier gevonden om onze vorige misdaden tegen de natuur te herstellen, door creaties te herscheppen in zijn oorspronkelijke pracht en rijkdom. Een gesynthetiseerd Eden. Na eeuwen van negatieve gevolgen van wetenschap en technologie op de biodiversiteit, stonden ze eindelijk aan de kant van de natuur. Synthetisch biologen zijn er in geslaagd de dodo tot leven te brengen.

Sommige milieuactivisten bleven echter niet overtuigd. Ze ontkenden koppig dat het dier echt was omdat deze niet 100% genetische puur was. Enthousiasten wuifde deze argumenten echter weg, door erop te wijzen dat genetische puurheid, hoe dan ook, fictie is. Alle bestaande organismen zijn mengelmoesjes en hybriden - dat is nou eenmaal de manier waarop de natuur werkt. Eigenlijk is alles en iedereen een 'werk in ontwikkeling'. Bovendien, als herstellen van de biodiversiteit het doel is, wie maakt zich dan druk om hybriden? Het opnieuw tot leven brengen van de dodo, is gewoon een manier om de natuur iets meer divers te maken.

Elke dierentuin wilde er één of twee, en ook veel rijke mensen hadden er één. Maar de rage verdween snel toen duidelijk werd dat een dier wel lichamelijk gereconstrueerd kan worden, maar geestelijk niet. Vogels zijn afhankelijk van 'inprenting' om specifiek gedrag te leren, maar niemand wist hoe de dodo zich had gedragen. Hierdoor waren de gereconstrueerde dodo's volkomen dom! Je moest ze zelfs gedwongen voeren omdat ze niet wisten wat ze met het voer moesten doen wanneer je dit onder hun neus neerlegde. Soms leerde ze om zich als een kalkoen te gedragen, maar – wees eerlijk - waar was het dan allemaal om te doen? Alsof we nog niet genoeg kalkoenen hebben. Ook was het natuurlijke leefgebied van de dodo verdwenen sinds hun uitsterven. Experimenten met kalkoenen als pleegouders waren niet afdoende en de dodo's die los werden gelaten in de Veluwe, een Nederlands natuur reservaat, overleden snel in hun nieuwe leefomgeving. Uiteindelijk moest men concluderen dat de vogel compleet afhankelijk van de mens was en zou blijven.

Binnen twee jaar was de vogel die bedoeld was om symbool te staan voor de verzoening tussen technologie en de natuur, veranderd in een symbool voor kunstmatigheid. Mensen begonnen de vogel te haten om zijn domheid, zijn afhankelijkheid en zijn onvermogen de mens vrij te spreken van zijn eerdere zonden.

Naturalisten pleitte ervoor dat ze werden gedood. Zij kregen echter tegenstand uit een onverwachte hoek. Boeren vonden dat we een speciale verplichting tegenover het dier hadden, aangezien wij degene waren die hem weer terug hadden gebracht in de wereld. Wilde we echt dezelfde misdaad een tweede keer begaan?

En dus bleef de vogel bestaan. Duizenden en duizenden werden in grote stallen opeengepakt zoals deze. En ja, dacht Sara, het was waar. Van de dodo's waren wel heerlijke hamburgers van te maken.]



Beantwoord nu de volgende vragen **individueel**.
Noteer je antwoorden op de werkbladen.

- 1) Welke (inhoudelijk) **vragen** roept dit toekomstscenario bij je op?

- 2) **Ga er vanaf nu vanuit dat alles beschreven in het verhaal kan en dat je leeft in een dergelijke wereld.** Welke **gedachtes** roept het verhaal bij je op? Er is geen fout of goed antwoord, schrijf op welke eerste gedachtes er bij je opkwamen (voorbeelden zijn: 'wat zielig voor de dodo's of 'wat zou het goed zijn als uitgestorven dieren weer tot leven kunnen worden gebracht!').

- 3) Welke **gevoelens en/of emoties** kreeg je toen je dit toekomstscenario las? Het kan zijn dat er meerdere gevoelens naar boven komen (voorbeelden van gevoelens zijn: blij, verdrietig, verrast, angstig, onrust, boos, etc.). Kijk hierbij ook nog eens naar de eerste gedachtes, aan welke emoties/gevoelens kan je deze koppelen?



Bespreek nu met een klasgenoot je eerste gedachtes en emoties (vraag 2 en 3) over het toekomstscenario. Het doel is dat je van elkaar probeert te begrijpen wat deze vragen, emoties en gedachtes betekenen of waar ze vandaan komen. Probeer dit aan elkaar te verhelderen.

Tip: Een handige oefening hierbij is 'waarom?' vragen.

Zorg dat je per tweetal een **audiorecorder** hebt en dat deze aan staat. Noteer hieronder de naam van diegene met wie je je antwoorden bespreekt en het nummer van de audiorecorder.

Naam medeleerling: _____

Nummer audiorecorder: _____



Je gaat je nu verder verdiepen in het toekomstscenario en het achterliggende dilemma. Beantwoord in **tweetalen** de onderstaande vragen.

Schrijf de naam op van diegene met wie je de volgende vragen beantwoord. Naam klasgenoot: _____

- 4) Wat denken jullie dat het achterliggende dilemma in dit toekomstscenario?
(Een dilemma is een lastige keuze tussen twee (on)aangename zaken. Een voorbeeld van een dilemma is 'mogen toekomstige ouders het geslacht van hun kind bepalen?').
Schrijf je antwoord als volgt op: mogen we?

- 5) Lees de tekst nog eens goed door. Welke verschillende partijen zijn er betrokken bij het dilemma in het toekomstscenario? Denk hierbij aan personen, groepen etc.

- 6) Hebben alle betrokken partijen in het toekomstscenario dezelfde mening over het dilemma? Waardoor komt dit?

De antwoorden op de bovenstaande vragen worden klassikaal besproken.

Iedereen kijkt anders naar een dilemma of probleem. Dit komt doordat iedereen een ander 'perspectief' gebruikt. Deze perspectieven worden beïnvloed door jouw verleden en ervaringen en worden gevormd door de normen en waarden die voor jou belangrijk zijn. Er zijn een aantal bekende perspectieven: vooruitgang, economisch, risico, ethisch, natuur. In **tabel 1 (bijlage)** is te lezen op welke zaken iemand let wanneer diegene vanuit een bepaalde perspectief denkt.



In de volgende opdrachten werk je samen in **een groepje**. Noteer hieronder de namen van je groepsleden en het nummer van je audiorecorder

Namen groepsleden: _____

Nummer audiorecorder: _____

- 7) Plaats jullie eerste gedachtes die bij je opkwamen (**vraag 2**) onder deze verschillende perspectieven. **Doe dit in tabel 1**. Bij welke perspectief past jouw reactie het best? **Overleg hierbij met elkaar**. Je kan ook, wanneer het nodig is, nog een perspectief toevoegen.
- 8) Vul nu de **tabel** verder aan door vanuit elk perspectief een aantal (minstens twee) argumenten voor en tegen het dilemma te bedenken. *Lees hiervoor ook nog eens het toekomstscenario door, hier worden namelijk ook verschillende meningen en standpunten in gegeven.*
- 9) Bespreek nu met elkaar welke waarden er in bepaald perspectief belangrijk zijn, gebruik hiervoor de **waardenlijst** in de **bijlage**. Een definitie van een waarde is: 'wat belangrijk is voor mensen in het leven, en wat voor mensen nastrevenswaardig is'

Selecteer met jouw groepje de **drie waarden** die volgens jullie het belangrijkste zijn in elk perspectief en schrijf ze op in **tabel 1**.

De antwoorden op de bovenstaande vragen worden klassikaal besproken.

Tabel 1: Overzicht perspectieven

	Vooruitgang	Economisch	Risico	Ethisch	Natuurlijk	???
Uitleg	Wat kan de technologische ontwikkeling opleveren, in termen van vooruitgang? Kleven er ook nadelen aan deze vooruitgang?	Wat kan de toepassingen opleveren in termen van economische vooruitgang? Wie hebben er dan voordeel van? Kan het leiden tot oneerlijke winstverdeling? Of gaat de economie erop achteruit?	Welke risico's kan een toepassing met zich meebrengen? Welke omvang hebben deze risico's?	Is de toepassing ethisch verantwoord: mag dit wel? Is het iets wat we willen? Waar trekken we de grens? Wat mag/moet er allemaal wel of niet denken vanuit ethische principes.	Gaat er iets tegen de natuur in en is het onnatuurlijk? Of levert het voordelen op voor het milieu?	
Voorbeeld	Argument voor: Het weer tot leven brengen van uitgestorven dieren is een grote wetenschappelijke doorbraak	Argument voor: Met de verkoop van 'uitgestorven' dieren valt veel geld te verdienen.	Tegenargument: Je weet niet welke ecologische gevolgen het kan hebben wanneer een uitgestorven dier per ongeluk vrijkomt in de natuur.	Tegen argument: Het is niet ethisch om dieren alleen voor ons gewin weer tot leven te brengen.	Tegenargument: Het is onnatuurlijk om uitgestorven dieren weer tot leven te wekken.	
Eerste gedachten						
Argumenten voor en tegen.						
Waarden	<i>Vernieuwing</i>	<i>Welvaart</i>	<i>Bescherming</i>	<i>Rechtvaardigheid</i>	<i>Echtheid</i>	

Wardenlijst

Aandacht	Discrete	Goedkeuring	Openheid	Succes	Vrijlijkheid
Aanpassing	Duidelijkheid	Groei	Oprechtheid	Teamgeest	Waardering
Actie	Duurzaamheid	Harmonie	Originaliteit	Tevredenheid	Waardigheid
Acceptatie	Echtheid	Horen bij iets	Passie	Toewijding	Waarheid
Alertheid	Eenvoud	Huiselijkheid	Perfectionisme	Tolerantie	Warme
Amusement	Eerlijkheid	Humor	Plezier	Trots	Welvaart
Authenticiteit	Enthousiasme	Ijver	Prestatie	Trouw	Welzijn
Avontuur	Erkenning	Integriteit	Privacy	Uitdaging	Wijsheid
Balans	Exclusiviteit	Inzicht	Professionaliteit	Uniformiteit	Winnen
Begrip	Familie	Kalnte	Rechtvaardigheid	Vakmanschap	Winstgevendheid
Behulpzaamheid	Flexibiliteit	Kennis	Respect	Vastberadenheid	Zekerheid
Beheersing	Gastvrijheid	Kwaliteit	Respect voor anderen	Veerkracht	Zelfbeheersing
Bekwaamheid	Geborgenheid	Leergierigheid	Respect voor andermans spullen	Veiligheid	Zelfstandigheid
Beleefdheid	Geduld	Lef	Respect voor dieren	Verantwoordelijkheid	Zuinigheid
Bereikbaarheid	Gehoorzaamheid	Leiderschap	Respect voor de natuur	Verbinding	Zorgvuldig
Beschedenheid	Geld	Levendigheid	Respect voor de natuur	Verdraagzaamheid	Zorgzaamheid
Bescherming	Gelijkheid	Liefde/warmte	Resultaat	Vernieuwing	
Betaalbaarheid	Gelijkwaardigheid	Loyaliteit	Rijkdom	Vertrouwen	
Betrokkenheid	Geloof	Luxe	Roem	Verwondering	
Betrouwbaarheid	Geluk	Macht	Romantiek	Verzorging	
Bewustzijn	Gemak	Mededogen	Ruimte	Voldoening	
Comfort	Gemeenschapszin	Medeleven	Rust	Voorzichtigheid	
Compassie	Genegenheid	Naastenliefde	Samenwerking	Vrede	
Creativiteit	Genot	Nauwkeurigheid	Schoonheid	Vriendschap	
Daadkracht	Geweldloosheid	Nut	Sensatie	Vrijgevigheid	
Dankbaarheid	Gezag	Onafhankelijkheid	Stabiliteit	Vrijheid	
Dapperheid	Gezelligheid	Ondermemingszin	Status	Vrijheid van meningsuiting	
Degeijlijkheid	Gezin	Ontwikkeling	Structuur		
Deskundigheid	Gezondheid	Ontzag			
Discipline					

Appendix 4 -- Observation scheme used during case studies

Leeractiviteit	Tijd	Procedure	Wel	Niet	Opmerkingen
LTA1: Engaging in the dilemma		- Gives short introduction on SynBio			
		- Gives short introduction on vignette			
		- Starts animation (Dutch subtitles)			
		- Listen to introduction			
		- Watch animation			
		- Read vignette after watching animation			
LTA2: Personal reflection on initial reaction		- Write down initial questions, emotions and thoughts individually			
		- Remind students that this is a future scenario			
		- Walks around and help students if necessary.			
LTA3: Discuss initial emotions and thoughts with peer.		- clarify their initial thoughts and emotions to peer.			
		- Ask each other questions about thoughts and emotions			
		- Walks around and help students if necessary by asking critical questions.			
LTA4: Place initial thoughts under frames		- Makes groups of four			
		- Gives introduction on frames			
		- Checks if students understand frames			
		- Discusses an example with students			
		- Discussing different frames and first thoughts			
		- Write down first thoughts under frames			
		- Walks around and help students if necessary			
LTA5: Engage further into the dilemma		- re-read vignette			
		- discuss with peer			
		- identify the dilemma			
		- identify the stakeholders			
		- Walks around and help students if necessary			
		- Discusses answers frontal.			
		- Collects answers on board			
		- Gives correct answers			
LTA 6: Look at dilemma from different frames		- take on different perspectives			
		- Think of arguments under each frame			
		- Discuss the frames in groups			

		- Walks around and help students if necessary			
LTA 7: Identify important values for each frame		- Identify the most important values under each frame			
		- Discuss in groups			
		- Discuss values with peers			
		- Collects answers on board			
		- Discusses answers frontal with whole class			
LTA 8 & 9: Personal reflection		- Identify important personal values individually			
		- Identify their dominant frame in this dilemma individually			
		- Walks around and help students if necessary			
LTA 9: Give opinion on dilemma building on their important values.		- Write down opinion on dilemma individually			
		- Walks around and help students if necessary			
LTA 10: Frontal discussion on opinions.		- lead the discussion between students.			
		- Asks clarifying questions			
		- Asks critical questions			
		- Connects statements of students with values			
		- Engage in the discussion			
		- Explain their opinion and underlying values			
		- Listen to and react on peers			

Appendix 5 -- Interview teacher

Interview docent

Achtergrondinformatie onderzoek

Dank je wel voor het deelnemen aan dit interview. Dit is een onderdeel van mijn master aan de Universiteit Utrecht. Ik onderzoek op welke manier je leerlingen bewuster kan maken van het feit dat emoties, normen en waarden een grote rol spelen bij het vormen van een mening en het nemen van een besluit. Op het moment wordt er vaak alleen aandacht gegeven aan het feit dat je een mening of een besluit goed moet kunnen beargumenteren zonder dat je leert wat daar achter kan zitten. Ik onderzoek dit aan de hand van toekomstscenario's. Deze scenario's zijn bedacht aan de hand van de meest recente technologische ontwikkelingen om een discussie op te wekken. Achter deze toekomstscenario's zit een dilemma waarover je een mening kunt hebben of waarover een besluit genomen moet worden.

Alles wat tijdens dit interview besproken wordt zal anoniem behandeld worden tijdens het onderzoek. Ook zullen de gegevens van dit interview alleen voor mijn eigen onderzoek gebruikt worden. Omdat ik het niet kan bijhouden om alles wat je zegt te noteren zou ik dit interview graag opnemen met een spraakrecorder. Is dat wat jou betreft akkoord?

Achtergrondinformatie docent

Jaren ervaring:

Leeftijd:

Vragen:

- 1) Wat vond je van de les? Liep het zoals verwacht?
- 2) Denk je dat de les zijn doelen behaald heeft? Waarom wel/niet?
- 3) Gaf de docentenhandleiding voldoende ondersteuning bij de lessenserie?
- 4) Had je bij een bepaald onderdeel meer ondersteuning willen hebben?
- 5) Was het materiaal lastig om uit te voeren?
- 6) Heb je al eerder les gegeven over meningsvorming?
- 7) Hoe verschilt deze les van de meer gebruikelijke lessen over dit onderwerp?
- 8) Is dit materiaal een verbetering op de bestaande lessen?
- 9) Zou je zo een lessenserie gebruiken tijdens je lessen? [Doe je dit toevallig al?]
- 10) Zou je zo een les in het curriculum willen hebben? Waarom wel/niet?
- 11) Op welke plek in het curriculum zou je zo een les plaatsen?
- 12) Wat zou je er van vinden als er een lessenserie over meningsvorming rondom socio-scientific issues gemaakt wordt?
- 13) Heb je suggesties voor verbetering van de les?

Dat was het interview, nogmaals dank voor het vrijmaken van je tijd en het deelnemen aan het interview. Zijn er nog dingen waarvan jij denkt dat het belangrijk is dat ze behandeld worden? Heb je nog vragen of opmerkingen die je kwijt wilt?

Appendix 6 -- Interview students

Interview leerlingen

Datum:

Duur interview:

Achtergrondinformatie onderzoek

Dank je wel voor het deelnemen aan dit interview. Zoals je al hebt kunnen lezen bij het invullen van de enquête ben ik bezig met het onderzoeksproject van mijn master aan de Universiteit Utrecht. In dit onderzoek wordt gekeken hoe toekomstscenario's over synthetische biologie je kunnen helpen bij de bewustwording van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn. Ook wordt gekeken hoe toekomstscenario's je kunnen helpen bij het vormen van een mening. Alles wat tijdens dit interview besproken wordt zal anoniem behandeld worden tijdens het onderzoek. Ook zullen de gegevens van dit interview alleen voor mijn eigen onderzoek gebruikt worden.

Daarnaast wil ik graag benadrukken dat er tijdens dit interview geen goede of foute antwoorden zijn. Dit interview wordt gehouden ter verduidelijking van de enquête die je eerder hebt ingevuld en om meer achtergrondinformatie te verkrijgen.

Omdat ik het niet kan bijhouden om alles wat je zegt te noteren zou ik dit interview graag opnemen met een spraakrecorder. Is dat wat jou betreft akkoord?

Achtergrondinformatie leerling

Man/vrouw

Leeftijd:

Profiel:

Vragen rondom enquête

1) Ik heb je ingevulde enquête doorgekeken en ik heb een aantal vragen voor je die ik als eerste zou willen behandelen.

Vragen uit de enquête zijn (letterlijk opnieuw stellen):

- Snapte je alles in het toekomstscenario?
- Heeft het toekomstscenario je aan het denken gezet?
- Snapte je de verschillende perspectieven?
- Ben je je door deze les meer bewust van de normen en waarden die voor jou van belang zijn?
- Ben je je door deze les meer bewust van de normen en waarden die voor andere van belang kunnen zijn?
- heeft het opschrijven van je (initiële) emoties geholpen bij het bewust worden van waarden?
- hebben de perspectieven en hun waarden je geholpen bij het bewust worden van de waarden die voor jou van belang zijn?
- Heeft het bewust zijn van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn je geholpen bij het vormen van een mening over het dilemma in het toekomstscenario?

Vragen die gebruikt kunnen worden om dieper op de vragen uit de enquête in te gaan.

- a. Wat bedoel je met...?
- b. Waarom vind je dat...?
- c. Zou je kunnen uitleggen waarom...?
- d. Als er iets onduidelijk was, waarom was dit onduidelijk, is er iets wat je wilt weten waardoor het misschien duidelijker wordt?

Algemene vragen

Kwaliteit van de les

- Welke onderdelen van de les vond je onduidelijk of te lastig?
- Waren er onderdelen die je te makkelijk vond?

Andere algemene vragen

- Heb je al ooit eerder les gehad over het vormen van een mening?
 - a. Zo ja, wat is er dan behandeld? Hoe verschilt deze les van de normale lessen over dit onderwerp?
 - b. Zo nee/ik kan het me niet herinneren, doorvragen of ze ooit hun mening over iets hebben moeten geven en of er dan speciale aandacht is geschonken aan het proces achter dat geven een mening (bijvoorbeeld bij Nederlands (betoog) of bij maatschappijleer).
- Wat vind je van het gebruik van een toekomstscenario om je aan het denken te zetten over een nieuwe technologie?
- Wat vind je van het gebruik van de verschillende perspectieven om je aan het denken te zetten?
- Heeft het materiaal je geholpen bij het bewustworden van de normen en waarden die voor jou van belang zijn? Waarom wel/niet?
- Zou je wat je tijdens deze les hebt gedaan kunnen gebruiken bij een volgende keer dat je een mening moet vormen over een dilemma? Waarom wel/niet? Denk aan de verschillende perspectieven, de waarden die voor jou van belang zijn?

Dat was het interview, nogmaals dank voor het vrijmaken van je tijd en het deelnemen aan het interview. Zijn er nog dingen waarvan jij denkt dat het belangrijk is dat ze behandeld worden? Heb je nog vragen of opmerkingen die je kwijt wilt?

Appendix 7 – Student questionnaire

Leerling-enquête

Achtergrondinformatie

Je hebt zojuist een les gekregen die deel uitmaakt van een onderzoeksproject aan de Universiteit Utrecht. In dit onderzoek wordt gekeken hoe toekomstscenario's over synthetische biologie je kunnen helpen bij de bewustwording van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn. Ook wordt gekeken hoe toekomstscenario's je kunnen helpen bij het vormen van een mening.

Om de lessen verder te verbeteren vraag ik je deze enquête in te vullen. De gegevens van deze enquête zullen volkomen anoniem behandeld worden. Er staan zowel meerkeuze als open vragen in de enquête. Geef alsjeblieft altijd een antwoord. Als je iets niet weet of snapt, leg dan uit waarom je dat niet weet.

Vragen

Persoonlijke gegevens

1) Hoe oud ben je?

-

2) Wat is je geslacht?

- Man
- Vrouw

3) Welk profiel heb je?

- C&M met als keuzevak (ken)
- E&M met als keuzevak (ken)
- N&G met als keuzevak (ken)
- N&T met als keuzevak (ken)

Het toekomstscenario

4) Snapte je alles in het toekomstscenario? Zo nee, wat snapte je niet?

- Ja
- Nee, want

5) Vond je het toekomstscenario realistisch?

- Ja
- Nee

6) Heeft het toekomstscenario je aan het denken gezet over de maatschappelijke gevolgen van synthetische biologie?

- Ja, want
- Nee, want

Verschillende perspectieven

7) Snapte je de verschillende perspectieven?

- Ja
- Nee

8) Zo nee, welke perspectieven waren voor jou onduidelijk?

- Allemaal
- Vooruitgang
- Economisch
- Risico
- Ethisch
- Natuurlijk

9) Hebben de perspectieven je geholpen bij het bekijken van het dilemma vanuit verschillende kanten?

- Ja, want
- Nee, want

Bewustwording van waarden

10) Heeft het opschrijven je van initiële **emoties** je geholpen bij het meer bewust worden van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn

- Ja, want
- Nee, want

11) Hebben de verschillende **perspectieven** (met hun bijbehorende waarden) je geholpen bij het meer bewust worden van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn?

- Ja
- Nee

12) Ben je je door deze les meer bewust van de normen en waarden die voor jou van belang zijn?

- Ja, want
- Nee, want

13) Ben je je door deze les meer bewust van de normen en waarden die voor anderen van belang zijn?

- Ja, want
- Nee, want

14) Heeft het bewust zijn van de waarden die voor jou persoonlijk van belang zijn, je geholpen bij het vormen van een mening over het dilemma in het toekomstscenario?

- Ja
- Nee

Klassengesprek

15) Ben je door het klassengesprek meer bewust van de verschillen tussen de meningen en persoonlijke belangrijke waarden van anderen?

- Ja
- Nee

De gehele les

16) Heb je iets geleerd van deze les? Zo ja, probeer dan zo goed mogelijk uit te leggen wat je hebt geleerd? Zo nee, waarom vind je van niet?

- Ja, want

- Nee, want

17) Vond je het een leuke les?

- Ja, want

- Nee, want

18) Vond je de les uitdagend?

- Ja
- Nee

19) Als je iets zou mogen veranderen aan deze les, wat zou dat dan zijn?

-

Dank je wel voor het invullen van de enquête. Lever hem alsjeblieft in bij je docent.

Appendix 8 – Instructions used to categorize emotions by first author and second coder

Op de volgende bladzijden zijn alle emoties/gevoelens die door leerlingen zijn genoemd op de werkbladen en tijdens de discussies bij elkaar gezet. Er zijn verschillende categorieën waarin de verschillende emoties/gevoelens ingedeeld kunnen worden. Deze categorieën zijn hieronder aangegeven. De bedoeling is dat je aangeeft in welke categorie iedere emotie/gevoel valt door het cijfer van de categorie te noteren in de kolom 'categorie emoties/gevoelens'. Probeer altijd een categorie te geven. Als het categoriseren van een emoties/gevoel lastig gaat, omschrijf dan waarom in de kolom 'opmerkingen'.

Basisemoties (Evans, 2001)

1. Vreugde (blijdschap= gevoel van vreugde, voldoening),
2. Verdriet (geestelijke pijn, leed, ongelukkig, somber),
3. Woede (boos),
4. Angst (bang; gevoel van beklemming, vrees, onveiligheid, onzekerheid, erg, schrikken, geschokt),
5. Verbazing (verrast; geestesgesteldheid bij het gewaarworden van iets onverwacht, verwondering),
6. Walging (afkeer, misselijkheid).

Andere gevoelens:

7. Nieuwsgierig/geïnteresseerd
8. Vreemd/raar/vaag
9. Verward
10. Onrust
11. Eenzaamheid
12. Medelijden
13. Geen, maakt leerlingen niet uit.
14. Leerlingen hebben wel iets opgeschreven maar dit is geen emotie/gevoel.

Appendix 9 – Instructions used to categorize questions by first author and second coder.

Lees het vignet ‘**Reinventing the Dodo**’.

In dit het Excel bestand ‘categorieën vragen’ zijn de vragen die leerlingen gesteld hebben op het werkblad en tijdens de discussies en verzameld en in een tabel gezet. De vragen kunnen ingedeeld worden in verschillende categorieën. Het is de bedoeling dat achter iedere vraag wordt aangegeven in welke categorie die vraag valt (noteer het nummer van de categorie in de kolom ‘categorie’). Gebruik de onderstaande categorieën. Geef hierbij niet alleen de hoofdcategorie (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) aan, maar geef, indien er subcategorieën zijn, ook de subcategorie aan (bijvoorbeeld: 1a, 3a, etc.). Wanneer er subcategorieën aanwezig zijn geef je die er altijd bij. Het wordt dus altijd 1a, 1b en nooit alleen 1. Probeer altijd een categorie aan te geven. Mocht dit moeilijk gaan, omschrijf dan waarom dit zo is in de kolom ‘opmerkingen’

1. Inhoud vignet

a. Iets is niet duidelijk over de vignet specifieke inhoud (het verhaal zelf). **Deze vragen gaan niet over hoe de synthetische biologie uit het vignet werkt. Dat komt terug in een andere categorie.**

vb. ‘What do they mean with naturalists?’

b. Vragen m.b.t. specifieke toepassing van vignet en regulatie van invoering van synthetische biologie uit vignet **anders dan: nadelen van SynBio, hoe werkt SynBio of hoe ver zijn we al met SynBio?** het zijn specifieke vragen over de toepassing uit het vignet en hoe dat toegepast en gereguleerd wordt.

vb. ‘How do they know if the burgers from synthetic dodo’s are safe?’

2. **Kennis biologie algemeen** – Algemene leemtes, niet specifiek over synthetische biologie, algemeen functioneren van biologie

Vb. ‘What are the benefits of biodiversity?’

3. Kennis synthetische biologie

a. Functioneren – hoe werkt het opnieuw tot leven brengen van dieren precies? Hoe wordt het dier gemaakt? Waar haal je het DNA vandaan?

vb. ‘How does this technology works?’

b. Staat – hoe staat het er nu voor? Zou zo iets later kunnen? Hoe staat het er nu voor met de ontwikkeling van deze technologie?

vb. ‘Is this really possible in the future?’

4. Wenselijk

a. Willen we dit wel? Is dit een goede ontwikkeling? Waarom zouden we dit willen? Is dit nuttig?

vb. ‘how is this useful? And why would we want this?’

b. Hoe ver kan dit gaan? Waar ligt de grens? *vb. ‘How far can this reconstructing of animals go? Would we want to reconstruct humans?’*

5. Herhaling van (een van de onderstaande) vragen uit de opdracht/vragen die te maken hebben met de opdracht – vragen die leerlingen konden gebruiken als leidraadsvragen tijdens de discussie. Deze vragen worden vaak letterlijk gesteld. Ook vragen over de bedoeling van de opdracht etc.

- Welke emoties heb je? - Welke vragen heb je? - Welke eerste gedachte heb je? - welke emoties heb je hierbij? - Wat is jouw mening dan hierover? - Wat vind je hiervan? - Welke gedachtes heb je? - Wie stelt de vragen? - Welke waarden heb je? - Waar wordt je boos om? - Mag je dit met zijn vieren doen? - We kunnen toch al de volgende doen? - wat is een voor(argument) bij risico?

6. Effecten – wat zou het invoeren van het vignet tot gevolg hebben? Waar kan het invoeren van het reconstrueren van uitgestorven dieren toe leiden? Effecten op het milieu? *vb: 'Would this technology have an effect on current ecology?'*

7. Verhelderende vragen – vragen gesteld door leerlingen aan elkaar om iets te verduidelijken. *vb. wat bedoel je daarmee? Zou je dat nog verder kunnen uitleggen? Waarom voel je je zo?*

8. Algemene vragen – hoe staat het er in Nederland voor met bepaalde zaken? Dingen die leerlingen zich afvragen.

Appendix 10 – Instructions used to categorize ‘first thoughts’ by first author and second coder

Lees het vignet ‘Reinventing the Dodo’. Tijdens deze les moesten leerlingen hun eerste gedachtes over het vignet ‘reconstructie van de dodo’ plaatsen onder verschillende perspectieven. Een dilemma is vaak vanuit verschillende perspectieven te bekijken. Zo kan iemand sterk gericht zijn op de economische aspecten van een dilemma terwijl een ander zich meer bezighoudt met de ethische kant. Het is eigenlijk een bril waardoor iemand naar de wereld kijkt en waar bepaalde waarden mee zijn verbonden. Uitleg over de verschillende perspectieven die in deze lessen zijn gebruikt vind je in de tabel op de volgende bladzijde.

In het Excel bestand ‘categorieën eerste gedachten’ zijn de eerste gedachten die leerlingen onder een bepaalde perspectief hebben geplaatst verzameld. Het is de bedoeling dat er wordt gekeken of de eerste gedachtes onder de juiste perspectieven zijn geplaatst. Noteer hiervoor het nummer van de categorie waarin iedere eerste gedachte valt.

Gebruik de onderstaand categorieën.

1. De eerste gedachte is onder het juiste perspectief geplaatst.
2. De eerste gedachte hoort onder een ander perspectief dan aangegeven door de leerlingen
3. De eerste gedachte valt niet onder het perspectief of de andere perspectieven.

Een aantal eerste gedachten zijn niet door de leerlingen onder een perspectief geplaatst. Deze zijn ook verzameld in het Excel bestand ‘categorieën eerste gedachten’ (onderaan het bestand). Noteer van deze eerste gedachte onder welk perspectief deze had moeten vallen.

Gebruik hiervoor de onderstaande categorieën. Schrijft achter elke ‘eerste gedachte’ het nummer van de categorie.

1. De eerste gedachte is niet onder een perspectief te plaatsen
2. De eerste gedachte hoort onder het perspectief ‘vooruitgang’.
3. De eerste gedachte hoort onder het perspectief ‘economisch’
4. De eerste gedachte hoort onder het perspectief ‘risico’
5. De eerste gedachte hoort onder het perspectief ‘ethisch’
6. De eerste gedachte hoort onder het perspectief ‘natuurlijk’

	Vooruitgang	Economisch	Risico	Ethisch	Natuurlijk
Uitleg	Wat kan de technologische ontwikkeling opleveren, in termen van vooruitgang? Kleven er ook nadelen aan deze vooruitgang?	Wat kan de toepassingen opleveren in termen van economische vooruitgang? Wie hebben er dan voordeel van? Kan het leiden tot oneerlijke winstverdeling? Of gaat de economie erop achteruit?	Welke risico's kan een toepassing met zich meebrengen? Welke omvang hebben deze risico's?	Is de toepassing ethisch verantwoord: mag dit wel? Is het iets wat we willen? Waar trekken we de grens? Wat mag/moet er allemaal wel of niet denken vanuit ethische principes.	Gaat er iets tegen de natuur in en is het onnatuurlijk? Of levert het voordelen op voor het milieu?
Vb van eerste gedachten die leerlingen kunnen hebben.	'Wat goed dat wetenschap ons zo ver kan brengen'.	'Alleen rijke mensen zouden een uitgestorven dier kunnen betalen'.	'Je weet nooit wat er allemaal kan gebeuren'.	'Wat zielig voor de dodo'	'We mogen niet voor God spelen'

Appendix 11 – Instructions used to categorize arguments by first author and second coder

Lees het vignet 'Reinventing the Dodo'.

Tijdens deze les moesten de leerlingen voor- en tegenargumenten geven over het achterliggende dilemma uit het vignet 'reinventing the dodo'. Dit moest gebeuren van vanuit de verschillende perspectieven. Uitleg over de verschillende perspectieven met enkele voorbeelden van argumenten vind je in de tabel op de volgende bladzijden.

In het Excel bestand 'categorieën argumenten' zijn de argumenten die leerlingen onder een bepaalde perspectief hebben gegeven verzameld. De argumenten kunnen ingedeeld worden in verschillende categorieën. Het is de bedoeling dat er achter ieder argument aangegeven wordt in welke categorie die valt (noteer het nummer van de categorie).

Gebruik de onderstaande categorieën. Noteer het nummer van de categorie achter elk argument in de kolom 'cat.'. Probeer achter elk argument een nummer te noteren. Mocht dit lastig zijn of niet goed lukken, schrijf dan op waarom in de kolom 'opm.'.

1. Het argument komt overeen met het perspectief
2. Het argument komt overeen met het perspectief maar is juist een voor-/tegenargument (afhankelijk van waar leerlingen het argument op de eerste plaats hebben opgeschreven).
3. Het argument komt niet overeen met het gegeven perspectief maar hoort onder een ander perspectief
4. Het argument komt niet overeen met het gegeven perspectief of de andere perspectieven.
5. Het argument is niet te definiëren als argument.

	Vooruitgang	Economisch	Risico	Ethisch	Natuurlijk
Uitleg	Wat kan de technologische ontwikkeling opleveren, in termen van vooruitgang? Kleven er ook nadelen aan deze vooruitgang?	Wat kan de toepassingen opleveren in termen van economische vooruitgang? Wie hebben er dan voordeel van? Kan het leiden tot oneerlijke winstverdeling? Of gaat de economie erop achteruit?	Welke risico's kan een toepassing met zich mee brengen? Welke omvang hebben deze risico's?	Is de toepassing ethisch verantwoord: mag dit wel? Is het iets wat we willen? Waar trekken we de grens? Wat mag/moet er allemaal wel of niet denken vanuit ethische principes.	Gaat er iets tegen de natuur in en is het onnatuurlijk? Of levert het voordelen op voor het milieu?
Argumenten	<p>Argument voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Het weer tot leven brengen van uitgestorven dieren is een grote wetenschappelijke doorbraak die kan leiden tot nieuwe toepassingen. <p>Tegenargumenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wanneer er een 'mislukking' is, zoals de dodo in het toekomstscenario, kan dit de vooruitgang van wetenschap belemmeren. - Zoals is te lezen in het toekomstscenario, leiden dit soort doorbraken in de wetenschap alleen tot problemen. 	<p>Argumenten voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Er valt veel geld te verdienen met de verkoop van 'uitgestorven' dieren. Als huisdieren of zoals in het toekomstscenario als voedselproduct. <p>Tegenargumenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Er ontstaan oneerlijkheid wanneer alleen rijke mensen het geld hebben voor het kopen van uitgestorven dieren. - De ontwikkeling zal meer kosten meer dan dat het zal opleveren. 	<p>Argument voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Door de wetenschappelijke manier van werken zal er slechts een klein risico kleven aan het opnieuw tot leven wekken van dieren. <p>Tegenargumenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Je weet niet welke ecologische gevolgen kunnen ontstaan wanneer bijv. een opnieuw tot leven gebracht organisme per ongelijk vrijkomt in het ecosysteem. - Je weet niet hoe de organismen zich gedragen. 	<p>Argumenten voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - We kunnen onze eerdere misdrijven tegen de natuur weer goed maken. - Deze ontwikkeling kan leiden tot toepassingen die het leed in de wereld kunnen verkleinen. <p>Tegenargumenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Het is onjuist om dieren weer tot leven te brengen alleen voor ons gewin. - Je zal altijd een speciale verplichting hebben tegenover tot ons opnieuw tot leven gebrachte dieren. 	<p>Argument voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Je kan de biodiversiteit op aarde verhogen. <p>Tegenargumenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Je zal nooit het originele organisme weer tot leven kunnen brengen met gesynthetiseerd DNA - Het is onnatuurlijke om uitgestorven dieren weer tot leven te brengen. Dit gaat tegen de natuur in.

Appendix 12 – Instructions used to categorize connection between first thoughts, emotions, values and opinions by first author and second coder.

Een van de leerdoelen van deze lessen is dat leerlingen zich meer bewust worden van de persoonlijke waarden die voor hen van belang zijn. Om te controleren of dit leerdoel is behaald moet er worden gekeken of er een koppeling is tussen de emoties, persoonlijke waarden, dominante perspectieven en de meningen van leerlingen.

Volgens de literatuur emoties spontane reacties en die kunnen worden gezien als indicatoren van de waarden die voor ons van belang zijn. Zo kan een bepaald dilemma ‘boosheid’ oproepen doordat niet iedereen in het dilemma gelijk behandeld wordt. In dat geval wordt de waarde ‘gelijkheid’ aangesproken. In deze lessen worden emoties gebruikt als startpunt voor het onttrafelen van de onderliggende waarden die van persoonlijk belang zijn voor een leerling. Deze waarden moeten vervolgens samenhangen met het dominante perspectief dat door de leerling is opgeschreven. Vervolgens kan worden gekeken of een leerling zich meer bewust is geworden van zijn normen en waarden door te bekijken of hij/zij deze gebruikt in de onderbouwing van zijn mening.

In het Excel bestand ‘**categorieën koppeling**’ zijn de eerste gedachten, emoties, waarden, perspectieven en meningen van leerlingen die zijn hebben opgeschreven op het werkblad verzameld en in een tabel gezet. Kijk eerst of de waarden die leerlingen als persoonlijk van belang vinden verklaren waar de initiële emoties en initiële gedachten van leerlingen bij het vignet vandaan kwamen.

Deel de koppeling in in categorieën door het cijfer van de categorie op te schrijven in **kolom 1: koppeling waarden-emoties-waarden**. Gebruik hiervoor de onderstaand categorieën. Geef hierbij niet alleen de hoofdcategorie (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) aan, maar geef, indien er subcategorieën zijn, ook de subcategorie aan (bijvoorbeeld: 1a, 3a, etc.). Wanneer er subcategorieën aanwezig zijn geef je die er altijd bij. Het wordt dus altijd 1a, 1b en nooit alleen 1. Probeer altijd een categorie aan te geven. Mocht dit moeilijk gaan, omschrijf dan waarom dit zo is in de kolom ‘opmerkingen’

1. Samenhang tussen waarden, emoties en gedachtes.

1a. De waarden verklaren duidelijk waarom een leerling een bepaalde emotie(s) en eerste gedachte(n) had bij het lezen van het vignet.

1b. De waarden verklaren enigszins waarom een leerling een bepaalde emotie(s) en eerste gedachte(n) had bij het lezen van het vignet.

2. Alleen samenhang tussen waarden en emoties

2a. De waarden verklaren duidelijk waarom een leerling een bepaalde emotie(s)/gevoelens had maar er is geen samenhang met de eerste gedachten.

2b. De waarden verklaren enigszins waarom een leerling een bepaalde emotie(s)/gevoelens had maar er is geen samenhang met de eerste gedachten.

2c. De waarden verklaren duidelijk waarom een leerling een bepaalde emotie(s)/gevoelens had maar er zijn geen eerste gedachten gegeven.

2d. De waarden verklaren enigszins waarom een leerling een bepaalde emotie(s)/gevoelens had maar er zijn geen eerste gedachten gegeven.

3. Alleen samenhang tussen waarden en eerste gedachten De waarden verklaren duidelijk waarom een leerling een bepaalde eerste gedachte had maar er is geen samenhang met de emoties. De waarden verklaren enigszins waarom een leerling een bepaalde eerste gedachte had maar er is geen samenhang met de emoties. De waarden verklaren duidelijk waarom een leerling een bepaalde eerste gedachte had maar er zijn geen emoties gegeven. De waarden verklaren enigszins waarom een leerling een bepaalde eerste gedachte had maar er zijn geen emoties gegeven.

4. Alleen samenhang tussen emoties en eerste gedachten

De waarden verklaren niet waar een bepaalde emotie(s) en eerste gedachte(n) vandaan kwamen maar er is wel een duidelijke samenhang tussen de emoties en eerste gedachten. De waarden verklaren niet waar een bepaalde emotie(s) en eerste gedachte(n) vandaan kwamen maar er is wel enigszins een samenhang tussen de emoties en eerste gedachten.

5. Er is geen samenhang tussen de waarden, emoties en eerste gedachten van leerlingen.

Kijk vervolgens of er een samenhang is tussen de persoonlijk belangrijke waarden van leerlingen en de door hun opgegeven dominante perspectieven. Deel de koppeling in in categorieën door het cijfer van de categorie op te schrijven in **kolom 2: koppeling waarden-perspectieven**. Gebruik hiervoor de onderstaand categorieën. Probeer altijd een categorie aan te geven. Mocht dit moeilijk gaan, omschrijf dan waarom dit zo is in de kolom 'opmerkingen'

1. De gegeven perspectieven komen duidelijk overeen met de persoonlijke waarden van leerlingen.
2. De gegeven perspectieven komen enigszins overeen met de persoonlijke waarden van leerlingen.
3. De gegeven perspectieven komen gedeeltelijk overeen met de waarden van leerlingen maar dekken een aantal waarden niet (er zou eigenlijk nog een perspectief moeten zijn gegeven).
4. De gegeven perspectieven komen gedeeltelijk overeen met de waarden maar er worden ook bepaalde perspectieven gegeven waar de leerling heeft geen bijbehorende waarden bij heeft opgeschreven.
5. Er wordt geen perspectief gegeven door de leerling 6. Er zijn geen waarden gegeven door de leerling.

Kijk vervolgens of leerlingen hun persoonlijke waarden en dominante perspectieven hebben gebruikt in hun mening. . Deel de koppeling in in categorieën door het cijfer van de categorie op te schrijven in **kolom 3: mening-waarden-perspectieven**. Gebruik hiervoor de onderstaand categorieën:

1. Mening wordt onderbouwd door de waarden.

- 1a. Mening wordt goed onderbouwd door de gegeven waarden en komt overeen met het perspectief/perspectieven.
- 1b. Mening wordt goed onderbouwd door de gegeven waarden maar komt niet overeen met het perspectief/perspectieven.
- 1c. Mening wordt gedeeltelijk onderbouwd door de gegeven waarden en komt goed overeen met het perspectief/perspectieven.
- 1d. Mening wordt gedeeltelijk onderbouwd door de gegeven waarden maar komt niet overeen met het perspectief/perspectieven.

2. Waarden worden gegeven maar onderbouwen mening niet.

2a. De leerling geeft een mening waarin de waarden worden gegeven maar die de mening niet onderbouwen. Perspectief komt wel overeen.

2b. De leerling geeft een mening waarin de waarden worden gegeven maar die de mening niet onderbouwen. Perspectief komt ook niet overeen.

2c. De leerling geeft een mening die niet wordt onderbouwd door waarden. Wel komt het perspectief overeen.

2d. De leerling geeft een mening die niet wordt onderbouwd door de persoonlijke waarden. Ook komt het perspectief niet overeen.

3. Leerling heeft geen mening gegeven.