

2021:01452 - Åpen

Rapport

Barn, oppmerksomhet og sykling

Evaluering av ny opplæringsmodell basert på det vitenskapelige konseptet Mind, Brain and Education (MBE)

Forfattere

Dagfinn Moe

Isabelle Roche-Cerasi

Jo Skjermo

Jan Petter Wigum



SINTEF Community

Digitalisering i transport

2021-11-22

Rapport

Barn, oppmerksomhet og sykling

Evaluering av ny opplæringsmodell basert på det vitenskapelige konseptet Mind, Brain and Education (MBE)

EMNEORD:

Barn
Sykling
Opplæring
Oppmerksomhet
Kognitive kart

VERSJON

Versjonsnummer

DATO

2021-11-22

FORFATTERE

Dagfinn Moe
Isabelle Roche-Cerasi
Jo Skjerme
Jan Petter Wigum

OPPDRAGSGIVER

Trygg Trafikk

OPPDRAGSGIVERS REF.

Bård M Johansen og
Ida Neergaard

PROSJEKTNR

102009986

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

41

SAMMENDRAG**Abstrakt**

Hovedmålet med prosjektet var å utvikle, prøve ut og evaluere en ny opplæringsmodell for trafikkopplæring på sykkel basert på det vitenskapelige konseptet Mind, Brain and Education (MBE), som utnytter samspeillet mellom nevrovitenskap, psykologi og pedagogikk. Opplæringsmodellen er forankret i kunnskap om hjernens utvikling av kognitive kart, som basis for navigering og episodisk hukommelse. Opplæringsmodellen ble utprøvd på Eberg Trafikkgård gjennom et eksperiment- med kontrollgruppe. Totalt 60 femteklassinger deltok i eksperimentet. Etter opplæringen ble elevene evaluert ved bruk av sykkelsimulator og Virtual Reality (VR) med Tobii eyetracker system. En VR-versjon av Eberg Trafikkgård utgjorde scenariet der barna ble testet på evnen til å konsentrere seg og evnen til riktig bruk av oppmerksomheten på risikofaktorer. Resultatene viser at den nye opplæringsmodellen signifikant bedrer elevenes oppmerksomhet og risikopersepsjon sammenlignet med den tradisjonelle modellen. Dette gir Trygg Trafikk et vitenskapelig forankret grunnlag for trafikkopplæring på sykkel blant barn.

UTARBEIDET AV

Dagfinn Moe

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

An-Magritt Kummeneje

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Terje Reitaas

SIGNATUR**RAPPORTNR**

2021:01452

ISBN

987821407707-0

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Innholdsfortegnelse

FORORD	4
SAMMENDRAG	5
SUMMARY	6
1 KORT HISTORIKK OG OVERSIKT	7
2 VITENSKAPELIG FORANKRING	10
2.1 Den gradvise utviklingen av hjernens kapasiteter	10
2.2 Mind, Brain and Education (MBE) og Virtual Reality (VR)	13
2.3 Kognitive kart, prediksjon og Virtual Reality.....	15
3 NY OPPLÆRINGSMODELL OG EVALUERING MED VR og eyetracker	17
3.1 Prosjektmodell	17
3.2 Opplæringsmodell, undervisningsmetode og VR-evaluering	18
3.3 Bruken av Virtual Reality i evalueringen	21
3.4 Elevenes oppmerksomhetsfordeling	22
3.5 Analyser av oppmerksomhetsfordeling i vegkryss (AOI)	24
3.6 Elevenes fikseringskvalitet	33
3.7 Resultater spørreskjema etter gjennomført test med VR-briller	34
4 Konklusjoner ny opplæringsmodell og VR-evaluering Eberg Trafikkgård	36
5 LITTERATUR	37

BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

FORORD

Trygg Trafikk engasjerte SINTEF i 2015 til å gjennomføre en studie av barns evne til å bruke oppmerksomheten under sykling. Det ble først utarbeidet et vitenskapelig teoretisk grunnlag om barns utvikling, forankret i forskning innen nevrovitenskap, psykologi og pedagogikk. Deretter ble det iverksatt studier for å finne ut mer om barns oppmerksomhet og orienteringsevne i 3-5 klassetrinn på Eberg trafikkgård. Resultatet førte til utviklingen av en ny opplæringsmodell som i 2019 ble testet ut blant 30 barn i 5 klassetrinn og sammenlignet med en kontrollgruppe, som fulgte den eksisterende trafikkoppleringen. Elevene ble evaluert ved bruk av sykkelsimulator og Eberg trafikkgård i Virtual Reality (VR) med integrert blikkpunktkamera, som avdekker hvor elevene har fokusert deres oppmerksomhet. Resultatene viser at den nye opplæringsmodellen har bedret elevenes orientering- og oppmerksomhetsevne betraktelig sammenlignet med kontrollgruppen. Det er utarbeidet tre internasjonale publikasjoner.

Trygg Trafikk har stått bak finansieringen av prosjektet sammen med trafikksikkerhetsutvalgene i Trøndelag, Nordland, Østfold (Viken) og Miljøpakken i Trondheim. Videre har prosjektet hatt viktig og god hjelp av Statens vegvesen under gjennomføringen av de praktiske testene på Eberg trafikkgård.

SINTEF har vært faglig ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet i samarbeide med NORD universitet trafikkfag og fagpersonell fra Trygg Trafikk. Tre lærere fra de deltagende fylkene fortjener en ekstra takk for det arbeidet de utførte i realiseringen av opplæringsmodellen.

Sentrale aktører:

Bård M Johansen og Ida Neergaard (Trygg Trafikk)

Dagfinn Moe, Isabelle Roche-Cerasi, Jo Skjermo og Åsa Snilstvedt Hoem (SINTEF)

Jan Petter Wigum (NORD universitet trafikkfag)

Lars Jacob Jacobsen (Fredrikstad)

Nina Johansen (Trondheim)

Hege Wiken Kristensen (Nordland)

SAMMENDRAG

Trygg Trafikk i samarbeide med SINTEF og NORD universitet startet i 2015 en forskningsstudie der hovedmålet var å utvikle, prøve ut og evaluere en kunnskapsbasert modell for sykkelopplæring blant barn. Det ble først utarbeidet et vitenskapelig teoretisk grunnlag om hjernens utvikling hos barn, forankret i forskning innen nevrovitenskap, psykologi og pedagogikk. Deretter ble det i 2017 gjennomført en Go/NoGo studie med 60 elever i 3.-5. klassetrinn på Eberg Trafikkgård. Elevene skulle sykle etter en bestemt rute, der det var satt opp sterke blinkende lamper på tre plasser, som de enten skulle se på (Go-test) eller ikke se på (NoGo-test). Ved bruk av blikkpunktkamera (Tobii eye tracking system) ble det avdekket manglende evne til å fordele oppmerksomheten på riktig tid og sted blant ca. 40 % av barna.

Det neste steget i prosjektet omhandlet å utarbeide en kunnskapsbasert opplæringsmodell der hovedmålet var å påvirke barns oppmerksomhet, orienteringsevne og risikopersepsjon under sykling. Opplæringsmodellen er basert på det vitenskapelige konseptet Mind, Brain and Education (MBE), som forener nevrovitenskap med psykologi og pedagogikk i utformingen av didaktikken. Lærerne fikk kursing for å kunne gjennomføre undervisningen i samsvar med konseptet MBE. Forskning knyttet til forståelsen av stedsans, utviklingen av kognitive kart og dannelsen av episodiske minner, er sentrale elementer i opplæringsmodellen.

Eksperimentgruppen (N=30) fikk undervisning i den nye modellen og en kontrollgruppe (N=30) den eksisterende modellen. Undervisningen i begge modellene hadde samme varighet på 2 timer og 45 minutter og fant sted i de samme fysiske omgivelser (Eberg trafikkgård). En uke etter at undervisningen var gjennomført ble eleven testet i SINTEF sin VR-lab (Virtual Reality). Det var laget en VR-modell av Eberg trafikkgård som elevene kunne sykle i ved bruk av sykkelsimulator. I VR-brillene var det integrert blikkpunktkamera for registrering av fikseringer og øyebevegelser. Målene i den nye opplæringsmodellen omhandlet følgende momenter:

- Evnen til å orientere seg i trafikkmiljøet
- Oppmerksomhetsfordeling
- Vurdering av risikofaktorer
- Fartsavpassing

Undervisningen skjer primært ute i et landskap der elevene skal kartlegge risikofaktorer ved å gå gruppevis rundt på trafikkgården. Deretter skal det sykles og øves i det samme landskapet under veiledning. Lærerne har vært gjennom en omfattende kursing for å utvikle kompetanse til å gjennomføre undervisningen slik opplæringsmodellen krever. Elevene rapporterte at de opplevde VR-scenariet av Eberg trafikkgård som meget realistisk og at de gjennomførte testen i sykkelsimulatoren slik de ville gjort det i virkeligheten.

Resultatene viser at signifikant flere i eksperimentgruppen enn i kontrollgruppen har benyttet oppmerksomheten riktig i henhold til opplæringsmålene. Fikseringstiden er signifikant lengre i alle vegkryssene (testområdene) i eksperimentgruppen, hvilket er en indikasjon på en mer planlagt og systematisk gjennomført informasjonsinnhenting. Eksperimentgruppen har orientert seg både i tidlig fase (lengre fra vegkrysset) og i selve vegkrysset mht. sistekontroll før de syklet gjennom krysset. Eksperimentgruppen har i gjennomsnitt syklet langsommere, noe som kan harmonere med mer tid brukt til å observere i vegkryssene. Det er et tydelig sammenfallende resultatbilde fra alle de 10 testområdene (Areas of Interest) som styrker sannsynligheten for at dette er en effekt av den nye opplæringsmodellen. Bruken av VR med eyetracker og sykkelsimulator har vært egnet som evaluerings- og testmetode av barns sykkelatferd.

SUMMARY

In 2015 The Norwegian Council for road safety, Trygg Trafikk in collaboration with SINTEF and NORD University carried out a research study whose the main objective was to develop, test and evaluate a knowledge-based model for cycling education among schoolchildren. A scientific theoretical basis was first drawn up on children's development rooted in research in neuroscience, psychology, and education. Then in 2017, a Go/NoGo study was conducted with 60 pupils in 3-5th grades at Eberg Traffic yard. The pupils should cycle according to a specific route where strong flashing lights were set up in three places for them to look at (Go-test) or not look at (NoGo-test). Using eye tracking system, an inability to distribute attention was revealed among about 40% of the children.

The next step in the project involved developing a knowledge-based training model where the main goal was to influence children's attention, orientation ability and risk perception during cycling. The training model is based on the Mind, Brain and Education (MBE) science. This field unites neuroscience with psychology and education in the design of didactics. The teachers received adapted education to carry out the teaching in accordance with the MBE principles. Research related to the understanding of sense of place, the development of cognitive maps and the formation of episodic memories are key elements of the training model.

The experiment group (N = 30) was taught the new model and a control group (N = 30) the existing model. The teaching in both models had the same duration of 2 hours and 45 minutes and took place in the same physical surroundings (Eberg traffic center). One week after the teaching was completed, the student have been tested in the SINTEF's VR lab (Virtual Reality). A VR model was made of the Eberg traffic center that the students should cycle in using a bicycle simulator. The VR glasses had an integrated focus point camera for recording fixations and eye movements. The objectives of the new training model addressed the following aspects:

- The ability to observe in the traffic environment.
- Distributed attention
- Assessment of risk factors
- Speed adjustment

The teaching took place primarily in a landscape where the pupils had to map the risk factors by walking in groups around the traffic center. After that, they practiced in the same landscape under supervision of the teachers. The teachers had undergone extensive training and education to develop competence to carry out the teaching as required by the MBE concept. The VR scenario of Eberg traffic found the pupils to be very realistic and that they conducted the test in the cycling simulator as they would in life.

The results show that significantly more children in the experiment group used their attention correctly than those in the control group according to the training goals. The fixation time is significantly longer in all the road junctions (test areas) for the experiment group, which show a more planned and systematically mental process of retrieval of information. The experimental group observed both before the road junction and at the road junction itself for a last control before cycling through the intersection. On average, the experimental group cycled more slowly, which corresponds with more time spent observing at road junctions. There is a clear coinciding result for all 10 areas of interest that reinforces the likelihood that this is an effect of the new training model. The use of VR with eyetracker and cycling simulator has been suitable as an evaluation and testing method of children's cycling behavior.

1 KORT HISTORIKK OG OVERSIKT

Prosjektet "Barn, oppmerksomhet og sykling" startet opp i 2015. Hovedmålet var å utvikle, prøve ut og evaluere en kunnskapsbasert modell for sykkelopplæring av barn. Prosjektforløpet var inndelt i følgende deler:

- 1) Vitenskapelig teoretisk grunnlag for problemstillingen
- 2) Testing av 3.-5. klassinger mht. inhibisjonsevne med konseptet Go/NoGo på Eberg Trafikkgård
- 3) Utarbeidelse av lærerveiledning og kursing av lærere.
- 4) Gjennomføring av nytt opplæringskonsept på Eberg Trafikkgård.
- 5) Evaluering; VR-briller med innebygd eyetracker og bruk av sykkelsimulator
- 6) Ny opplæringsmodell for barns oppmerksomhetslæring i trafikk

Rapporten omhandler primært delene 3 til 6 fra det siste prosjektet samtidig som det knytter trådene tilbake til delene 1 og 2.

1 Barns oppmerksomhet:

SINTEF har tidligere utarbeidet et notat om barns utvikling med søkelys på oppmerksomhetsprosesser, som danner den vitenskapelige forankringen av prosjektets problemstillinger (SINTEF, 2016).

2 Go og NoGo -test:

Det ble gjennomført en studie med 60 barn fordelt på 3.-4.-5. klassinger ved bruk av blikkpunktkamera under sykling på Eberg Trafikkgård. Studiens mål var for å registrere hvordan barn planlegger, observerer og orienterer seg under sykling, og hvordan distraksjoner kan påvirke oppmerksomheten og risikoen for å bli utsatt for en trafikkulykke under sykling. Konseptet var basert på det kjente dilemmaet med Go/NoGo. Go-fasen betyr å rette blikket mot definerte objekter under syklingen. NoGo betyr å ikke se på de samme objektene (inhibere).



Figur 1: Blikkpunkter (fikseringer) ved Go til venstre og NoGo til høyre (SINTEF)

3 Opplæringsmodell og lærerveiledning:

Det ble utviklet en kunnskapsbasert modell for sykkelopplæring basert på resultatene fra testene av skolebarn, med forankring i konseptet Mind, Brain and Education (MBE). Trygg Trafikk sammen med NORD universitet Trafikkfag hadde hovedansvaret for utarbeidelsen av opplæringsmodellen. Tre lærere har gjennomført en spesialopplæring i MBE med flere samlinger og øvinger med barn, der hovedfokuset var på *oppmerksomhet, orientering og risikovurdering*. Et viktig moment i kursingen av lærerne var å øve i praksis på hvordan de

skulle undervise elevene. Det innebærer at de selv har god sykkel erfaring og kan gå i dialog med elevene om dette temaet.

4 Utprøving av opplæringsmodellen:

Det ble opprettet en eksperimentgruppe på 30 elever og en kontrollgruppe på 30 elever, alle fra femte klassetrinn. Elevene i eksperimentgruppen fikk undervisning etter den nye opplæringsmodellen. Elevene i kontrollgruppen fikk undervisning etter den eksisterende modellen som skolene benytter i dag.



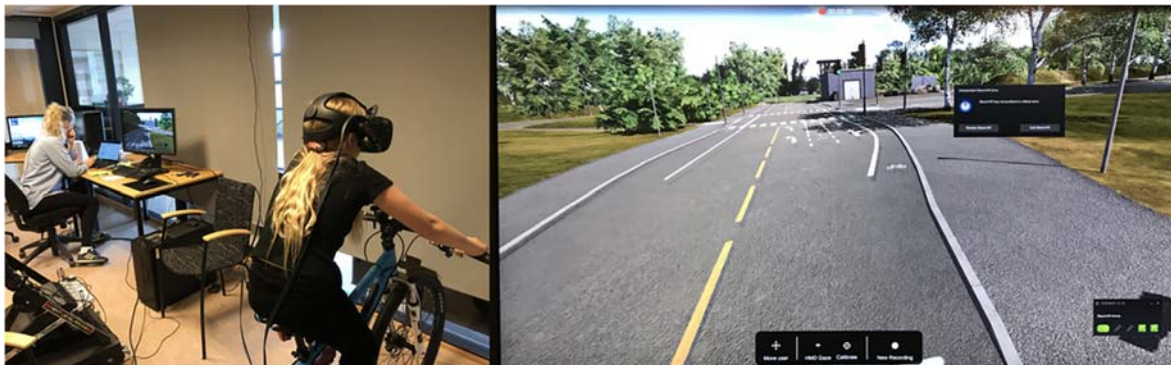
Det var viktig at lærerne i gjennomføringen av undervisningen av elevene i eksperimentgruppen satt søkelys på de psykologiske egenskapene som oppmerksomhetsfunksjonen representerer. Det innebar å aktivere og utvikle elevenes orienteringsevne, risikooppfattelse og risikovurdering. Elevene skulle legge en plan for oppmerksomhetsfordelingen i det aktuelle området der de skulle sykle.



Oppmerksomhetsfunksjonen omhandler kompliserte nevrobiologiske prosesser i den frontale delen av hjernen som enda ikke er ferdig utviklet, men viktig å stimulere i barne- og ungdomsfasen.

5 Evaluering

Alle elevene i begge gruppene ble etter 7-8 dager testet mht. hvordan undervisningen hadde påvirket deres oppmerksomhet under sykling. De ble testet i en sykkelsimulator der Eberg Trafikkgård ble visuelt presentert i VR (Virtual Reality) med innebygd eyetracking-system. Denne metoden med bruk av VR for testing av barns oppmerksomhet under simulert sykling er ikke gjort før.



6 Ny opplæringsmodell og lærerkompetanse:

Basert på resultatbildet fra prosjektet var målet å utarbeide en opplæringsmodell der barns oppmerksomhetsfordeling og risikooppfattelse og risikovurdering var sentrale læringsmål. Resultatene skulle bidra til ny kunnskap og forståelse, som formidles til lærere om barns fysiske og mentale ferdighetsutvikling på sykkel relatert til alder, modning og læring. Dette skal beskrives mer detaljert i en lærerveiledning.

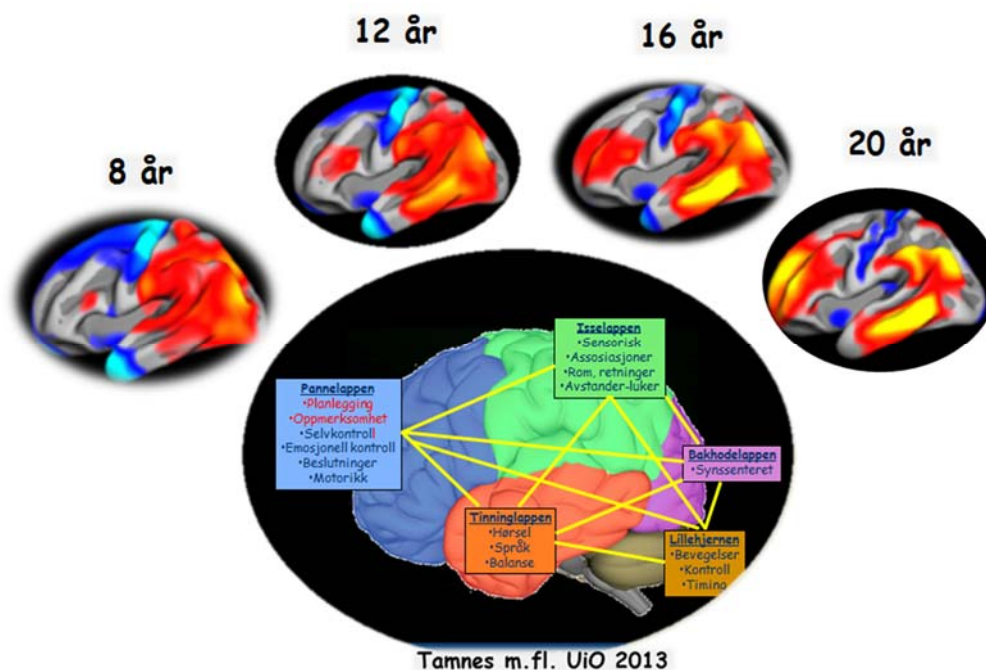
Nedenfor er fire bilder som viser realismen og kvaliteten i det scenariet som elevene så i VR (Virtual Reality) under evalueringen (Agility).



2 VITENSKAPELIG FORANKRING

2.1 Den gradvise utviklingen av hjernens kapasiteter

Et vesentlig moment i forståelsen av barns og ungdoms atferd er den gradvise utviklingen av hjernen som en kombinasjon av genetisk styrt modenhet gjennom nevralt vekst og effekten av læring. I figur 2 nedenfor er dette fremstilt basert på omfattende studier ved Universitetet i Oslo (Tamnes mfl., 2013).



Figur 2: Billedlig fremstilling av hjernens gradvise utvikling fra 8 til 20 år (Tamnes mfl. 2013).

Hovedpoenget i figur 2 er å vise hvordan egenskapene i de forskjellige fargelagte områdene gradvis utvikles etter et tidsskjema (alltid individuelle forskjeller). Den gule og røde fargen viser til områder der det skjer sterke endringer knyttet til en optimalisering og effektivisering av området gjennom en uttynning av celler og forbindelser. I løpet av de første leveårene etableres det et enormt antall forbindelser som det er urasjonelt å ta vare på. Derfor fjernes mange forbindelser etter prinsippet "use it or loose it". Det er som en viltvoksende hage som må klippes og trimmes bit for bit. Før var det etablert sannhet at hjernen var ferdig utviklet i løpet av de første 10 årene og at det nå var bare å fylle på med kunnskap og ferdigheter. Ny kunnskap om hjernens neurobiologiske modning og utvikling i barne- og ungdomsperioden har endret vår forståelse (Giedd & Rapoport, 2010, Steinberg, 2010, Tamnes mfl., 2013). I tillegg til en modnings- og utviklingsprosess i hjernebarken som beskrevet tidligere, så skjer det også en gradvis sammenkopling av de forskjellige områdene i hjernen og endringer i biokjemien. Dette innebærer følgende momenter:

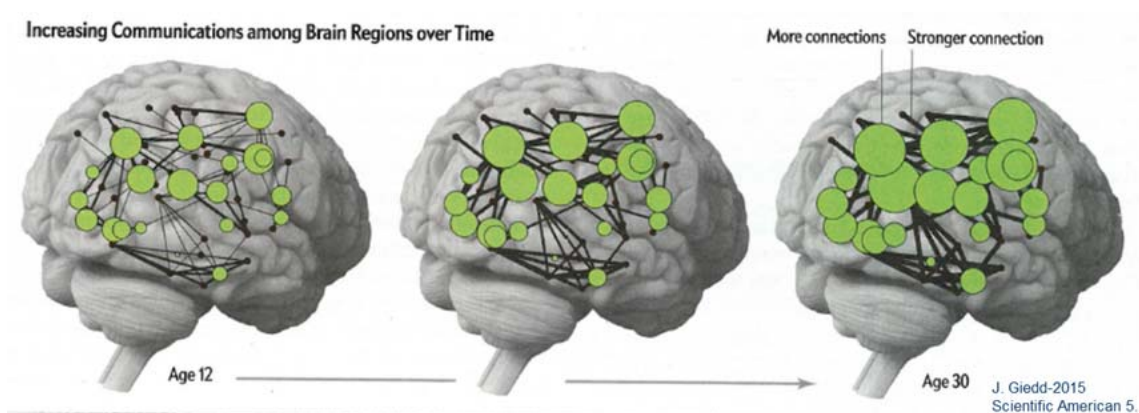
- En anatomisk fysisk nevralt forbindelse mellom områder som samhandler
- Funksjonelle forbindelser som viser at områder er aktive samtidig, for å løse en oppgave
- Områder som påvirkes samtidig av gener eller miljømessige faktorer
- Endringer i frigjøring av dopamin (belønning og læring) og oxytocin (viktig for sosiale relasjoner)

Dette er et tema som nå har stor oppmerksomhet innen hjerneforskningen (Power mfl., 2010). Det har vært mye søkelys på frontallappene. Det skyldes at dette området er involvert i vurderinger, beslutninger, oppmerksomhetsfordeling, konsekvenstenkning og impuls kontroll. Dette er egenskaper av kritisk betydning for planlegging og gjennomføring av atferden (Arnsten mfl., 2009 og 2015).

Det sentrale momentet i den første studien i 2015 var å gjennomføre en Go- og NoGo-test av barns evne til å planlegge atferd, følge på planen og ikke la seg distrahere. Dette setter hjernens evne til å inhibere, dempe eller velge bort noe, på prøve. Oppmerksomhetsprosessen er blant de viktigste funksjonene til hjernen som innebærer å velge ut hva man skal og ikke skal fokusere på i den aktuelle konteksten. Det å inhibere utføres av nevralt nettverk i de frontale deler av hjernen i tett samarbeid med den sensoriske input fra både syn, hørsel, muskel- og leddsans, lukt, hudsanser etc. Inhiberingsprosessen omfatter følgende aktiviteter (Jahanshahi mfl., 2015):

- **Viljestyrt inhibisjon:** Med viljestyrt menes at du sier nei til å gjøre noe du kanskje kunne tenke deg å gjøre, banne når barn kan høre deg eller på noen i trafikken når du blir irritert.
- **Automatisk inhibisjon:** Det er en gradvis utvikling fra viljestyrt slik du blir vant til å inhibere og det skjer automatisk, eksempelvis kjenne skoene som trykker mot foten, overhøre snakkestøyen på en kafe eller være høflig til noen du ikke liker.
- **Proaktiv inhibisjon:** Det innebærer at du har bestemt deg for hva du skal gjøre, eksempelvis ikke drikke i kveld (selv om det er fristende), greie å slutte å røyke etc.

Hjernens "executive control" skal ta beslutningene og inhibere distraksjoner, tanker, emosjoner eller handlinger i en gitt kontekst. Denne evnen utvikles gradvis og er avhengig av et godt utviklet nevralt nettverk (figur 3).



Figur 3: Gradvis utvikling av det nevralt nettverket fra 12 til 30 år (Giedd, 2015)

Figur 3 viser hvordan både funksjoner utvikles i forskjellige deler av hjernen og hvordan forbindelsene mellom områdene blir flere og sterkere. Ved hjelp av en analyseteknikk kalt "graph theory" som baserer seg på data fra fMRI kan de nevralt forbindelsene identifiseres. Noen områder etablerer en sterkere forbindelse enn andre, hvilket kan være relatert til hvilke type mentale og fysiske aktiviteter man driver med. Denne gradvise utviklingsprosessen oppstår som et produkt av gener og påvirkning fra miljøet. Disse endringene vil øke hjernens evne til kompleks tenkning og evnen til sosial tilpassing.

I 2015 testet vi 60 elever i alderen 8 til 12 år (3.,4. og 5. klassetrinn). På dette utviklingstrinnet vil de ikke ha utviklet stabile robuste nettverk og funksjoner (executive control) på et nivå der inhiberingsevnen er fullt ut funksjonell. Samtidig er det store individuelle forskjeller.

Oppmerksomhetsfordelingen for alle elevene er fremstilt i figur 4 nedenfor. Langs sykkelbanen var det satt opp lamper som blinket kraftig som tiltrakk seg oppmerksomheten.



Figur 4: Fordeling av oppmerksomhet i prosent av tiden de orienterer mot lampen (Sintef 2016).

Figur 4 viser med et eksempel fra lampe 1, hva og hvor lenge de så på lampen eller andre steder mens de kjørte forbi lampen (gjennomsnitt 2,5 sekunder per lampe per runde). I Go-fasen er 75 % av tiden forståelig nok brukt til å se på lampen. I NoGo fasen er det kun 10 % av tidensom er brukt til å se på lampen og 60 % til å se på vegen og 25 % i motsatt retning av lampen. Selv om det er kun 10 % av tiden som er brukt til å se på lampen er det ca. 40 % av barna som ikke greide å inhibere dvs. kontrollere blikkbruken med å ikke se på lampene (NoGo). Videre er det 25 % som så motsatt veg for ikke å gjøre feil. Det viser at de la en plan for å unngå å se på de blinkende lampene.

For å kunne prestere i trafikken med nødvendig sikkerhet og effektivitet stilles det store krav til hjernens prosessering av informasjon i form av en omfattende samhandling. Det å sykle i trafikken vil være mer stressbetont og med flere distraksjoner og mer informasjon å bearbeide kombinert med emosjonelle reaksjoner i form av usikkerhet og fare. Det krever god planlegging, evne til å predikere risikofaktorer, fordele oppmerksomhet og gjennomføre handlinger med presisjon og riktig timing.

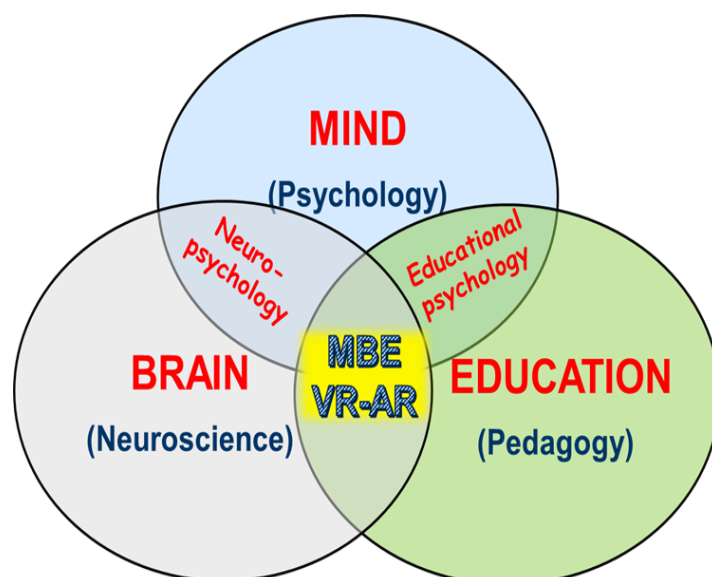
Den neste delen i prosjektet handlet om dette er egenskaper som kan påvirkes gjennom opplæring, og hvilken type opplæring mht. innhold, varighet og pedagogiske metoder vil gi det beste resultatet. Målet med den neste delen i prosjektet var dermed å utvikle en ny opplæringsmodell basert på et anderledes didaktisk design forankret i kunnskap om hvordan hjernen utvikler kognitive kart for navigering og etablering av episodiske minner (O'Keefe, 1978; Moser, 2008). Den delen av prosjektet ble startet opp i 2016 og ble avsluttet høsten 2019 og blir gjort rede for videre i denne rapporten.

2.2 Mind, Brain and Education (MBE) og Virtual Reality (VR)

Siden begynnelsen på 90-tallet har det gradvis blitt gjennomslag for en fagdisiplin under begrepet "NeuroEducation" der kunnskap fra psykologi, pedagogikk og nevrovitenskap forenes i forståelsen av pedagogiske metoder og læringsprosesser. Det begrepet som i dag er referansen for denne utviklingen er Mind, Brain and Education (MBE), der de tre fagdisiplinene utfyller hverandre (Hardimann, 2001 og Espinosa, 2010). OECD har satt fokus på dette temaet og har gitt ut to rapporter om MBE (OECD,2007), og i 2011 kom en rapport om MBE fra The Royal Society (The Royal Society, 2011). OECD uttaler:

After two decades of pioneering work in brain research, the education community has started to realize that "understanding the brain" can help to open new pathways to improve educational research, policies, and practice.

Det er en omfattende historikk i forståelsen av læring og hva som skal til for at det skal skje. Det er mange læringshistoriske tråder fra Pavlov, Vygotsky, Luria, Piaget, Hebb, Bandura, Kandel Gazzaniga, Gardner til dagens situasjon eksemplifisert med nevrobiologiske forklaringer på hva læring er, hvordan læring oppstår og hvordan hukommelsessystemet fungerer (Kandel, 2007 og Moser, Nobelprisforedrag 2014).



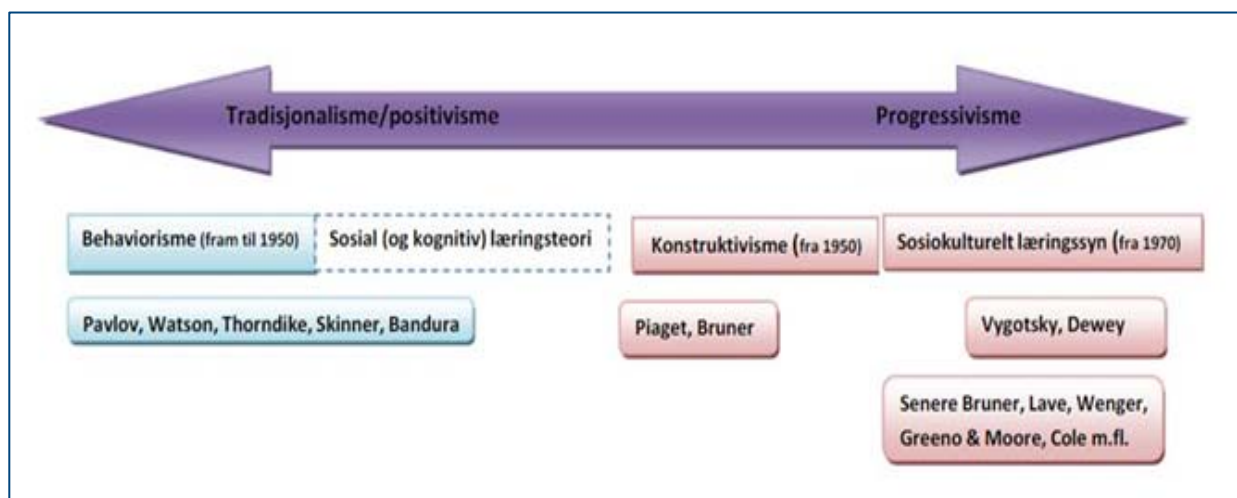
Figur 5: Fremstilling av konseptet "Mind, Brain and Education" (MBE, Espinosa, 2010, Moe, 2019).

Figur 5 viser hvordan de forskjellige vitenskapelige disiplinene gjensidig kan bidra til en bedre og mer helhetlig forståelse av menneske, læring og metoder. Bruken av Virtual Reality (VR) og Augmented Reality (AR) gir nye og spennende muligheter innen læring mht. metoder og i evaluering av resultater. I en vurdering av VR og AR har Goldman Sachs gjort en markedsanalyse frem mot 2025 og sier følgende (Goldman Sachs, 2016):

"Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) have the potential to become the next big computing platform, and as we saw with PC and smartphone, we expect new markets to be created and existing markets to be disrupted."

De peker blant flere på følgende områder der VR og AR vil være sentrale; videospill og -underholdning, salg av produkter, opplevelse av verden, utdanning, militæret og ingeniørarbeider. Videre sier de om utdanning at VR/AR teknologien har potensialet til å bli et standard hjelpemiddel både i grunnskolen og høyere utdanning.

Figur 6 viser et helhetlig perspektiv på læringsteoriernes utvikling knyttet til mange fremragende pedagoger og forskere som omfatter mange innfallsvinkler til læring.



Figur 6: Beskrivelse av læringsteorier knyttet til sentrale bidragsyttere gjennom historien (Bjørndal og Lieberg, 1978).

Figur 6 viser hvordan forskjellige syn på læring har gjort seg gjeldende gjennom historien. Mange av disse var opptatt av de underliggende biologiske prosesser knyttet til læring, men det var først når registreringer av hjerneaktivitet ved hjelp av fMRI og PET at det åpnet seg nye dimensjoner i forståelsen av læring fra det molekylære nivå til observerbar ytre atferd.

I en artikkel i tidsskriftet *Neuron* peker presidenten i Society for Neuroscience (SfN), Thomas J. Carew, på følgende i momenter av vesentlig betydning for utdanning og didaktiske valg (Carew & Magsamen, 2010):

- Hva betyr det for hjernens utvikling å ha et variert, utfordrende og stimulerende klasserommiljø?
- Hvor viktig er det for lærere å forstå hjernens "executive function" for blant annet å påvirke elevens selvforståelse, oppmerksomhet, og refleksjonsevne?
- Hvordan påvirker stress, søvn, ernæring og fysisk aktivitet elevenes yteevne?
- Hva er emosjoner og hvordan påvirker de livet vårt?

Blant de viktigste egenskapene til mennesket er selvregulering og selvkontroll. Forskning viser at evnen til å inhibere, dvs motstå og holde tilbake handlinger selv om du har lyst til å gjøre det, er lokalisert i prefrontal cortex. Denne egenskapen bedres gjennom tenårene og inn i tyveårene, dels på grunn av læring i en interaksjon med genetisk styrte anatomiske endringer i hjernen.

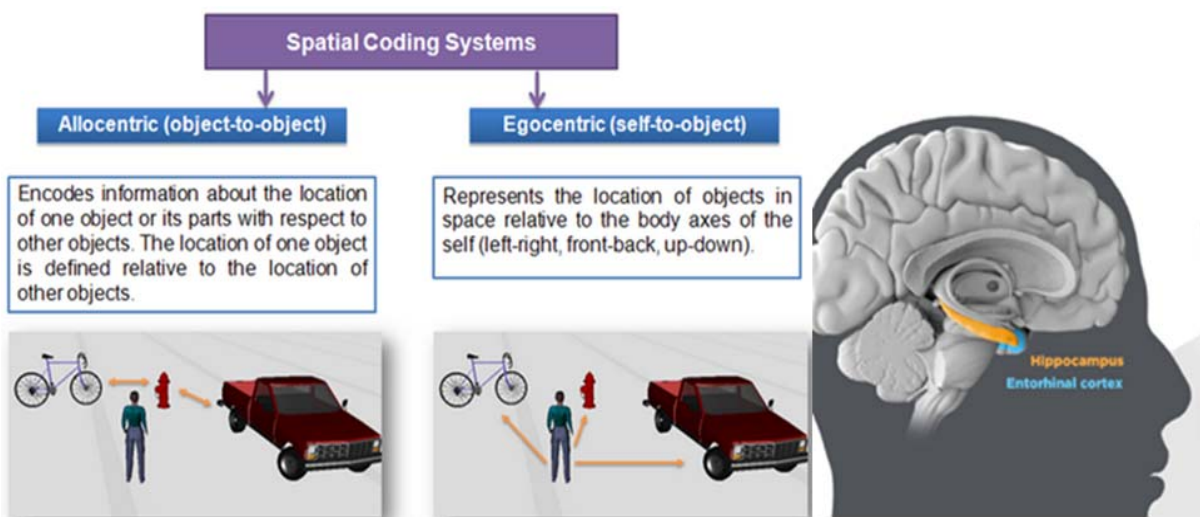
Prosjektet "Barn, oppmerksomhet og sykling" har hatt som mål å utvikle en opplæringsmodell der vi forener kunnskap om barns utvikling fra biologi og psykologi med pedagogikk.

2.3 Kognitive kart, prediksjon og Virtual Reality

Basert på omfattende forskning gjennom flere tiår har man avdekket hjernens egen GPS og oppfattelsen av det fysiske rommet eller landskapet man befinner seg i. Ved hjelp av denne egenskapen kan man bevege seg og navigerer i dette rommet, huske hva som skjedde der og planlegge fremtidige handlinger. (O'Keefe, & Nadel, 1978; place cells). Stedsansen er knyttet til nevrane mekanismer i det området som kalles hippocampus (figur 17). Gridcellene i entorhinal cortex, et område nært hippocampus, sender detaljert informasjon til hippocampus om rommets fysiske egenskaper, som danner grunnlaget for stedcellene (Bellmund mfl., 2018, Moser, 2021).

Gjennom kombinasjoner av allocentriske og egocentriske informasjoner fra omgivelsene, etableres det episodiske minnet og det semantiske minnet (figur 7). Det semantiske minnet omhandler vår helhetlige forståelse av den verden vi lever i uavhengig av stedet der du er. Buzsáki og Moser sier det på følgende vis (Moser mfl., 2008; Buzsáki & Moser, 2013; Moser & Moser, 2015; Kruglanski, 2008):

"As active exploration is a prerequisite for the computation of distances and calibration of landmark relationships, we submit that movement is the primary source of the brain's ability to remember past experiences and plan future actions."



Figur 7: Eksempler på allo- og egocentrisks analyse av omgivelser i hippocampusområdet (Buzsáki & Moser, 2013)

Det semantiske minnet knytter sammen det som skjer i en situasjon og finner mening og sammenheng slik at episoder og hendelser blir en del av en mer helhetlig forståelse (Jung mfl., 2016; Buzsáki & Moser, 2013). Zatorre viser også til barns evne til å lære da hjernen er svært plastisk (Zatorre mfl., 2012). Et annet sentralt moment er at hjernen er en "predictive machine". Hjernen lager hele tiden prediksjoner om hva som skjer og sammenligner disse med den informasjonen som hentes inn ved hjelp av sansene. Det betyr at hjernen søker etter informasjon som bekrefter eller ikke bekrefter prediksjonen basert på teorien om "Prediction Error Minimization" (Hohwy, 2013; Wolpert & Flanagan, 2016; Maldonato, 2014; Buzsáki, 2019, Barret & Satpute, 2019 and Marchi, 2020).

Det innebærer at hjernen ikke bare er en reaktiv organisme, men er proaktiv, lager hypoteser og kalkulerer atferdens konsekvenser. Dette går György Buzsáki i dybden på i sin bok "The Brain from Inside Out" (Buzsáki, 2019). Hovedpoenget er at hjernens primære oppgave er å velge riktig handling til rett tid og sted. Dette er et "handlingsorientert, affektivt og kognitivt" konsept. Det er en pragmatisk tilnærming til hvordan barn utvikler kognitive ferdigheter forankret i konseptet "The Pragmatic Turn" (Bernstein, 2010; Engel mfl., 2015).

Dette representerer et paradigmeskifte mht. å forstå hjernen som en mekanisme med det mål å redusere "prediction errors" til et minimum (Hohwy, 2013; Clark, 2016; Friston, 2019). Byrge mfl. (2014) beskriver vakkert hvordan dette setter premissene for utviklingen av de kognitive subsystemene gjennom barnets aktiviteter og lek (Byrge mfl., 2014):

"[...] changes in the action system due to growth and development change the inputs of the brain and have cascading effects on cognition and behaviour in a circular process".

Et barn som sykler i et trafikkmiljø, lager hele tiden mer og mindre tilfeldige og treffende prediksjoner om hva som skal skje i løpet av de neste sekundene. Prediksjonene omfatter både hvordan man skal bruke hender og føtter så vel som hva som skjer i de nærmeste omgivelsene. Barnets "prediction errors" avgjør hvor sikker syklingen blir. Kombinasjonen av et godt "kognitivt kart" over området og "trafikkbildet", samt hvilke risikofaktorer som er de viktigste, vil øke kvaliteten i prediksjonen, redusere prediksjonsfeilen og gjøre syklingen sikrere.



Hippocampus er avgjørende for overføring av informasjon fra arbeidsminne/korttidsminne til langtidsminnet. (Milner & Corkin, 1968). Bruken av VR der man opplever en 3D versjon av rommet eller landskapet, gjør at man stimulerer hjernens mentale kart i det hippocampale-enthorinale systemet og kan på en realistisk måte gjenskape hvordan vi navigerer og etablerer minner, deklorative som semantiske. De muligheter "mixed reality immersive technologies" gir fremheves som et sentralt redskap i etterlevelsen av "The Pragmatic Turn" og et "Action Oriented Approach" (Lindgren and Moshell 2011; Lindgren and Johnson-Glenberg 2013).

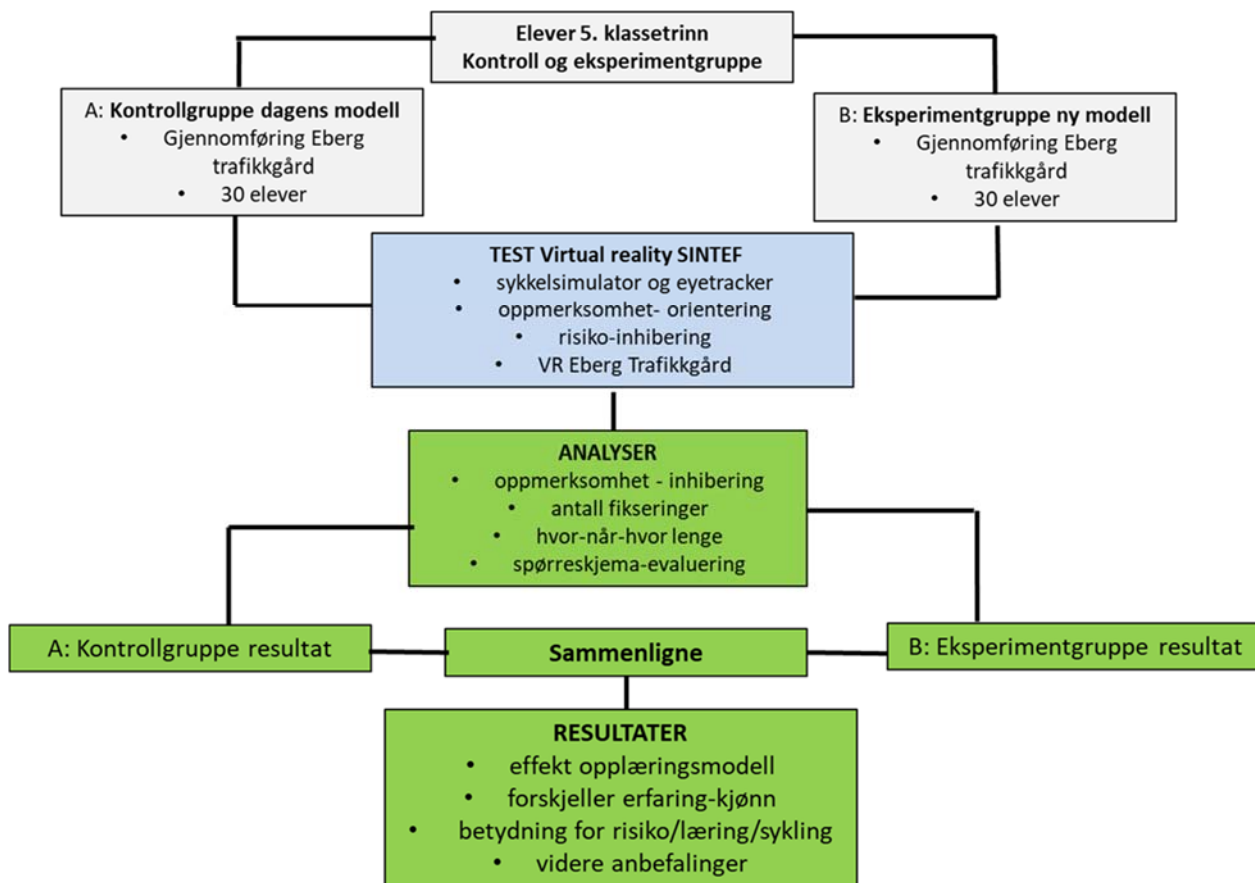
Å skille mellom kognisjon (teori) og handlinger (praksis) er i strid med "The Pragmatic Turn" slik blant andre Andy Clark gir uttrykk for i sin bok "Surfing Uncertainty"(Clark, 2016):

"Perceiving, imagining, understanding, and acting are now bundled together, emerging as different aspects and manifestations of the same underlying prediction-driving, uncertainty-sensitive, machinery."

3 NY OPPLÆRINGSMODELL OG EVALUERING MED VR og eyetracker

3.1 Prosjektmodell

I perioden april til september 2019 ble den delen av prosjektet med utprøving av den nye opplæringsmodellen gjennomført. En eksperimentgruppe med 30 elever deltok i det nye konseptet, og en kontrollgruppe på 30 elever dannet sammenligningsgrunnlaget. Nedenfor er en skisse av gjennomføringen. Elevene ble hentet fra 5.-klassetrinn fra tre barneskoler med lik fordeling på kjønn.

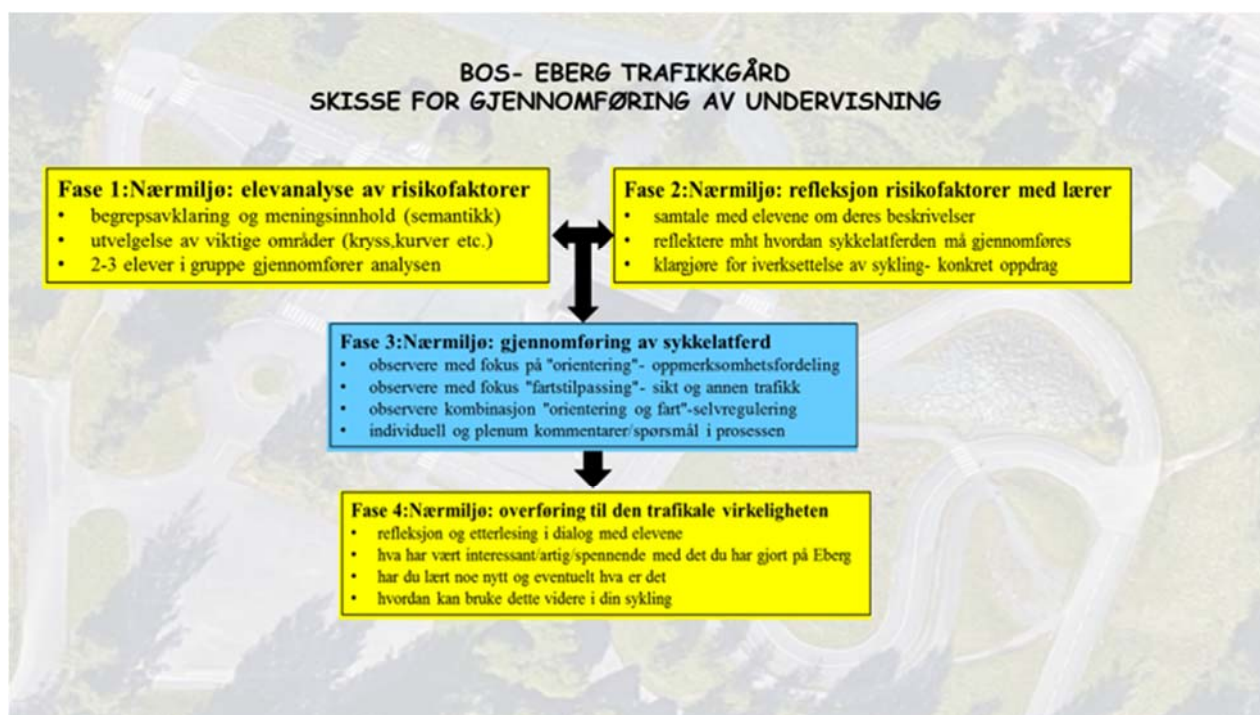


Figur 8: Oversikt gjennomføringen av prosjektet med ny opplæringsmodell og VR-analyse.

I løpet av september hadde alle elevene i eksperiment- og kontrollgruppen vært på Eberg Trafikkgård og gjennomført trafikkopplæringen. Eksperimentgruppen fikk opplæring med den nye opplæringsmodellen og kontrollgruppen med en tidligere etablert undervisningsmodell. Evalueringen av elevenes læringsutbytte ble målt ved bruk av sykkelsimulator, VR-briller med Eyetracker med der Eberg Trafikkgård var scenariet. Alle elevene fikk den samme instruksjonen før de ble testet i VR-scenariet og etter syklingen fylte de ut et spørreskjema der de skulle gi uttrykk for hvordan de opplevde undervisningen på Eberg og testingen på, sykkelsimulator og VR-scenariet. Før selve testen startet fikk de sykle to prøverunder i VR-scenariet for å tilpasse seg til VR-brillene, kalibrering av brillene til den enkelte, sykkelsimulatoren og i hvilken grad de følte noe ubehag.

3.2 Opplæringsmodell, undervisningsmetode og VR-evaluering

Målet med oppmerksomhetstreningen er at elevene skal kunne planlegge egen sykling og bruke oppmerksomheten riktig i trafikken slik at syklingen blir sikker i samhandlingen med andre trafikanter. Det er lagt ned et omfattende arbeide med å utvikle en opplæringsmodell og en didaktikk for utviklingen av elevenes forståelse av risiko og oppmerksomhetsfordeling under sykling i trafikken. Nedenfor en overordnet skisse av de sentrale fire fasene (figur 9).



Figur 9: Hovedmomentene i opplæringsmodellen til eksperimentgruppen.

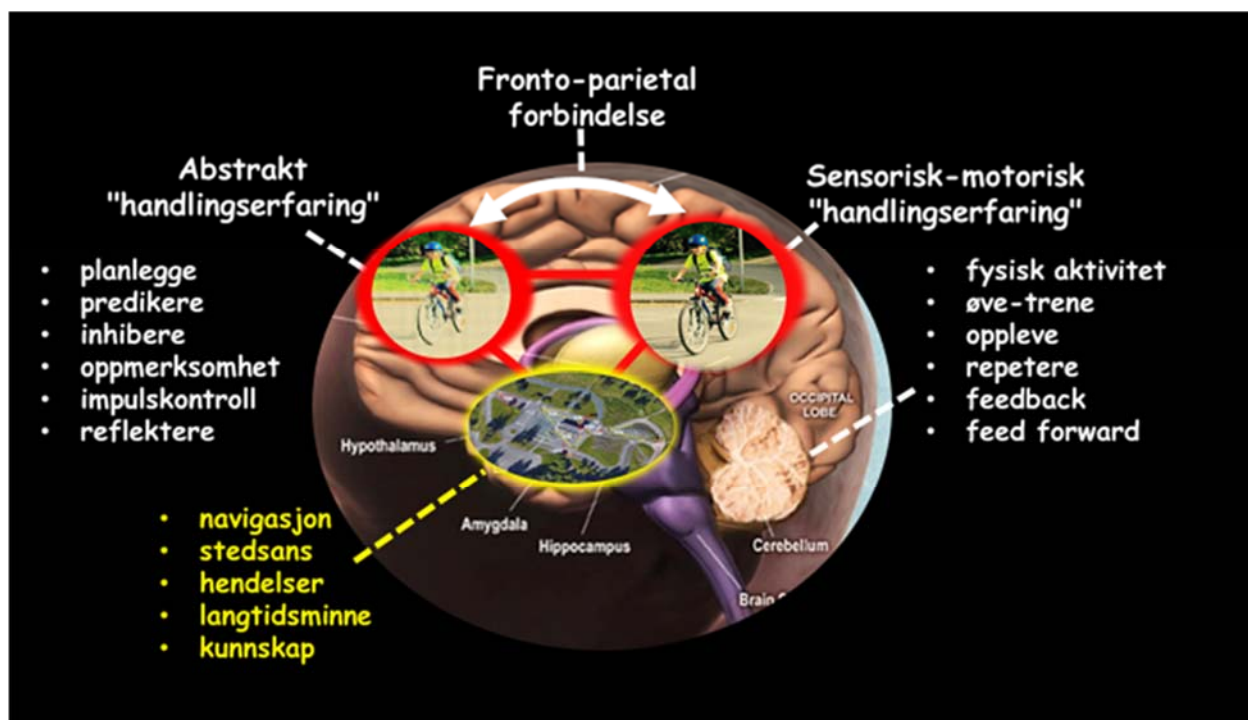
Opplæringsmodellen har en forankring i konseptet Mind, Brain and Education (MBE) som i løpet av de siste 15-20 årene er etablert som en internasjonal fagdisiplin under begrepet "NeuroEducation" der kunnskap fra psykologi, pedagogikk og nevrovitenskap forenes i forståelsen av pedagogiske metoder og læringsprosesser.

Opplæringsmodellen er også forankret i forståelsen av hvordan *stedssansen* danner grunnlaget for etableringen av kognitive kart. Under sykling (navigering) oppstår det hendelser som danner grunnlaget for episodiske minner som forankres i langtidsminnet. Eksempelvis andre biler, gående eller syklistene man møter og hvordan man løser trafikksituasjonene. Noen situasjoner løses enkelt mens andre er mer risikofylte.

Tre lærere fra skoleverket gjennomførte en omfattende opplæring med tre sentrale momenter:

1. De skulle forstå opplæringsmodellens vitenskapelige forankring
2. De skulle forstå og beherske undervisningsmetodene og den didaktiske forankringen
3. De skulle forstå og beherske sykling som aktivitet
4. De skulle selvstendig gjennomføre undervisningen i praksis

Opplæringsmodellen hadde som mål å aktivere psykologiske- og nevralt mekanismer og -systemer i hjernen som er viktige for planlegging, prediksjon, oppmerksomhetsfordeling, risikovurdering og handlingskontroll (Ptak, 2012 of 2017, Marshall, 2015, Baldassano, 2017).



Figur 10: Sentrale nevralt mekanismer og -systemer som danner basis for opplæringsmodellen (Buzsáki & Moser, 2013; Marshall, 2015).

Figur viser til sentrale områder som i fellesskap bidrar til den sykkelatferden som opplæringsmodellen har som mål å påvirke.

- **Frontallappen:** Hjernens administrator, eksekutive funksjoner, predikere, inhibere, handlingsvalg, impuls kontroll og refleksjon.
- **Frontoparietale forbindelser:** Oppmerksomhetsprosessen, samhandling frontallappen og omgivelsenes fysiske utforming, avstander og vinkler.
- **Hjernens bakre del og lillehjernen:** Sansinntrykk syn, hørsel, koordinering bevegelser, interaksjon med frontallappen og kognitive funksjoner, korreksjon av bevegelser.
- **Hippocampus:** Stedsans, korttids- og langtidsminne, episodiske minner, episodisk tid og kognitive kart av omgivelsene for å sykle (navigere) sikkert og effektivt.

Alle områdene omtalt ovenfor arbeider sammen for å bidra til at eksempelvis syklingen kan gjennomføres med et sikkert og effektivt resultat. Opplæringsmodellen har undervisningsmetoder som skal aktivere disse områdene (mekanismene) på en best mulig måte. Det er god evidens for det valget vi har gjort og det er i samsvar med at handling og kognitive funksjoner ikke er to atskilte prosesser og at mennesket er utforskende og ikke en passiv mottaker av stimuli.

Dette er et perspektiv og en faglig forankring som ikke følger de tradisjonelle skillelinjene mellom fysisk praktisk kroppslig aktivitet og kognitive funksjoner. De danner en enhet slik mennesket gjennom evolusjonen har utviklet sin kognitive kapasitet. Forståelsen av hvordan mennesket har utviklet sine kognitive evner basert på utviklingen er beskrevet i "The Material Engagement Theory" (Malafouris, 2013 og 2019).

Gjennomføringen av undervisningen basert på MBE-konseptet er beskrevet nedenfor (figur 11). Den beskriver aktivitetene fra start til slutt med en varighet på a 2 timer og 45 minutter.



Figur 11: Praktisk gjennomføring av undervisningen i den nye opplæringsmodellen Eberg Trafikkgård.

Figur 11 viser de forskjellige aktivitetene under opplæringen. I innledningen ser de en film om barn som sykler på skoleveg og blir introdusert for begrepene risiko, orientering og oppmerksomhet. Aktivitet 3 og 4 er kritiske da barna selv skal gå rundt i grupper med et A3 ark med foto over området og krysse av for der de mener det er risikofaktorer de må være oppmerksomme på under sykling. Dette diskuteres deretter med lærer før syklingen begynner (pkt. 4 og 6). Avslutningen skjer inne der læringsutbytte diskuteres, og de får se filmen på nytt der de nå vurderer den annerledes enn ved innledningen.

Den fysiske aktiviteten gjennom både å gå rundt omkring og deretter sykle er positivt for læringsprosessen gjennom frigjøring av vekstfaktorer i form av Brain Derived Neurotrophic Factors (Cohen-cory, 2009 og McHughen, 2009, Strata, 2018). Fysisk aktivitet der elevene både går og sykler (navigerer) vil dermed stimulere og aktivere nevroplastiske mekanismer som endrer hjernens mikrostrukturer gjennom denne "handlingsorienterte, kognitive og affektive" prosessen (Johansen-Berg, 2012; Zatorre, 2012; Hofstetter, 2013; Kandel, 2014; Engel, 2015; Wickliffe, 2019).

3.3 Bruken av Virtual Reality i evalueringen

Etter 7-8 dager ble alle barna evaluert i VR-laboratoriet på SINTEF. (figur 12). Varigheten av testingen var på ca. 15-20 minutter. Etter gjennomført VR-evaluering og sykling ble de geleidet til et eget rom for utfylling av spørreskjema. Alle 60 elever (eksperiment- og kontrollgruppe) ble testet med samme oppgaveinstruks for gjennomføringen.



Figur 12: Testing av barna mht. oppmerksomhetsfordeling med VR, sykkelsimulator og spørreskjema.

Det ble utviklet en sykkelsimulator som elevene skulle bruke i den hensikt å øke realismen i evalueringen. Elevene kunne justere hastigheten med bremsen på styrets venstre side. De kan ikke bestemme kursen (svinge) da de må følge den løypa som er bestemt av programmet, men de kan svinge styret som om de kjører svingen på vanlig vis.

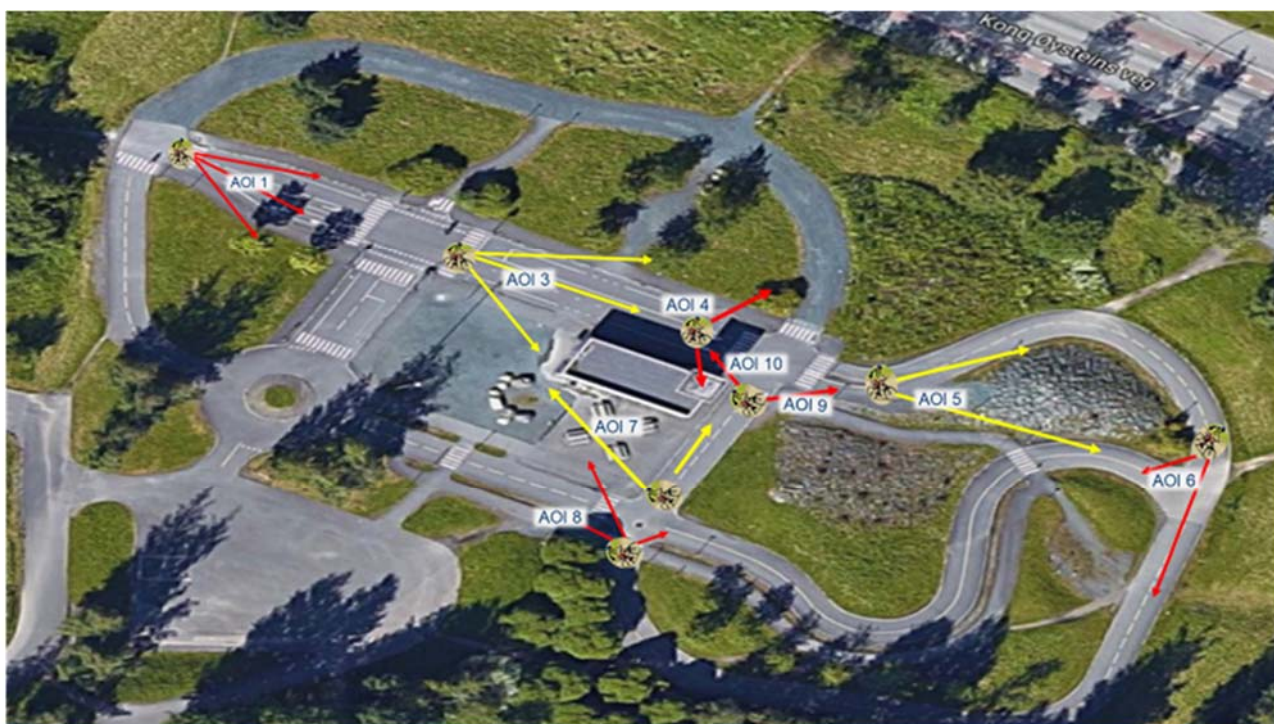
Bruken av en sykkelsimulator er avgjørende for realismen i testen. Vi kan da simulere opplevelsen av å sitte på en sykkel der de kan bruke pedalene, holde i et sykkelstyre og regulere hastigheten med bremsehendel som på en vanlig sykkel. Sykkelsimulatorene er fastlåst i en ramme av hensyn til balansen.

Hovedpoenget er at sykkelsimulatoren vil aktivere de sensoriske-motoriske prosessene som gir en tilnærmet realistisk opplevelse av å sykle i kombinasjon med det visuelle scenariet i VR-brillene. Det gjør at vi kan gjennomføre en "handlingsorientert, kognitiv og affektiv" evaluering av elevenes prestasjoner.

Dette er en pragmatisk tilnærming til hvordan barn utvikler kognitive ferdigheter som er forankret i konseptet "The Pragmatic Turn" (Bernstein, 2010; Engel mfl., 2015). Elevene skal være aktive, prediktive og velge riktig handling til rett tid. Dette er i samsvar med teorien om Prediction Error Minimization (Hohwy, 2013; Clark, 2016; Friston, 2019).

3.4 Elevenes oppmerksomhetsfordeling

Eberg Trafikkgård har vært de trafikale omgivelsene der undervisningen har blitt gjennomført. Nedenfor er et bilde av Eberg og de områdene (AOI-Area of Interest) som har vært sentrale mht. hvordan elevene skulle bruke oppmerksomheten. Evalueringen av elevene under simulert sykling i VR-scenariet med eyetracker har brukt områdene fra AOI 1 til AOI 10 som test på om elevenes oppmerksomhetsfordeling.



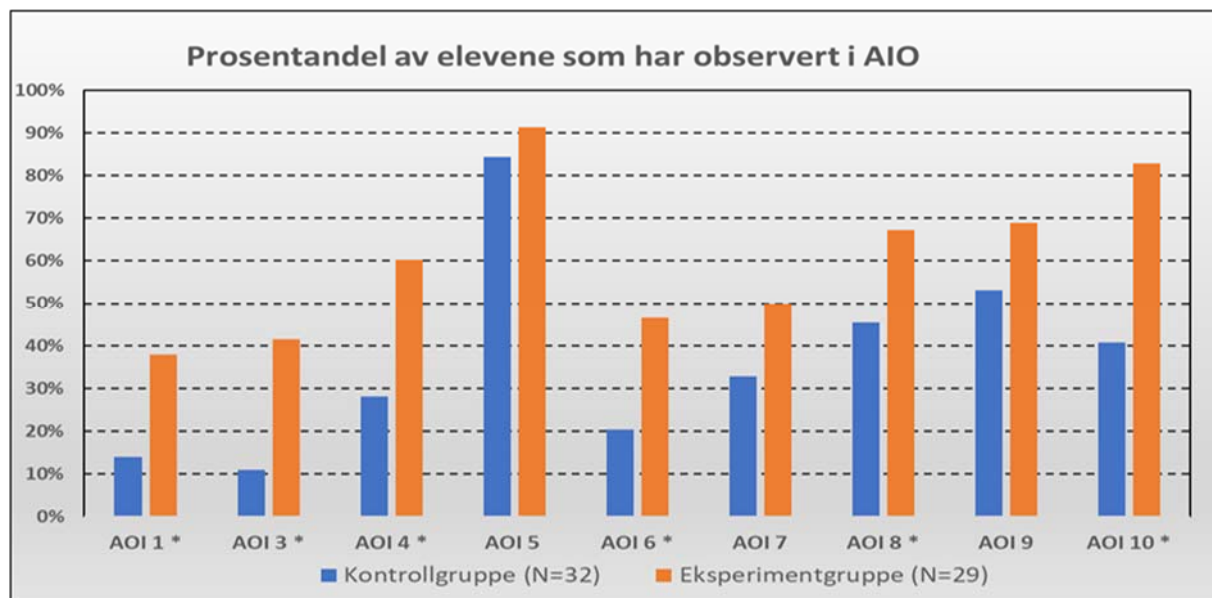
Figur 13: Oversikt Eberg Trafikkgård og plasseringen av testområdene (Areas of Interest-AOI).

Bildet i figur 13 viser de forskjellige AOI og pilene indikerer de retningene det er helt vesentlig at elevene under sykling retter oppmerksomheten mot. Alle disse områdene har elevene gjennom undervisningsforløpet selv vært med å kartlegge og samtidig beskrive hvor viktig det er å orientere seg og observere grundig for å redusere risikoen under sykling. Ved å registrere hver enkelt elevs blikkbruk og fikseringer ved bruk av eyetracker kan vi måle følgende:

- har elevene sett i det området (AOI)?
- hvor lenge de har sett i det området?
- når startet de å se i det området?

Dette gir oss et bilde av den elevenes oppmerksomhetsfordeling og hvor godt dette synes å være en planlagt fremgangsmåte basert på risikovurdering og orienteringsevne. Ved å analysere og sammenligne prestasjonene til eksperimentgruppen (E-gruppen) og kontrollgruppen (K-gruppen) kan vi beregne om det er signifikante forskjeller som kan knyttes til undervisningen. Det var definert en rundløype som elevene syklet 2 ganger. Resultatene er basert på prestasjonene fra begge rundene. Det tok ca. 1,5 minutter å sykle en runde.

Et viktig moment er hvor mange av elevene som har sett eller observert i områdene (AOI 1-10). AOI 2 og 11 er utelatt fra videre analyser da det var veldig få elever i begge gruppene som hadde observert dit.



Figur 14: Prosentandel av elevene i eksperiment- og kontrollgruppen som har observert i AOI.

Det kommer frem av figur 14 at det er tydelig forskjell mellom eksperiment- og kontrollgruppen mht. oppmerksomhetsfordeling og om de har fulgt en plan for observasjon i de forskjellige områdene (AIO). Det er signifikante forskjeller mellom gruppene i følgende AIO:

AOI 1: 38 % i E-gruppen mot 14 % i K-gruppen ($p < .002$)

AOI 3: 41 % i E-gruppen mot 11 % i K-gruppen ($p < .000$).

AOI 4: 60 % i E-gruppen mot 28 % i K-gruppen ($p < .000$).

AOI 6: 47 % i E-gruppen mot 20 % i K-gruppen ($p < .002$).

AOI 8: 67 % i E-gruppen mot 45 % i K-gruppen ($p < .015$).

AOI 10: 83 % i E-gruppen mot 41 % i K-gruppen ($p < .000$).

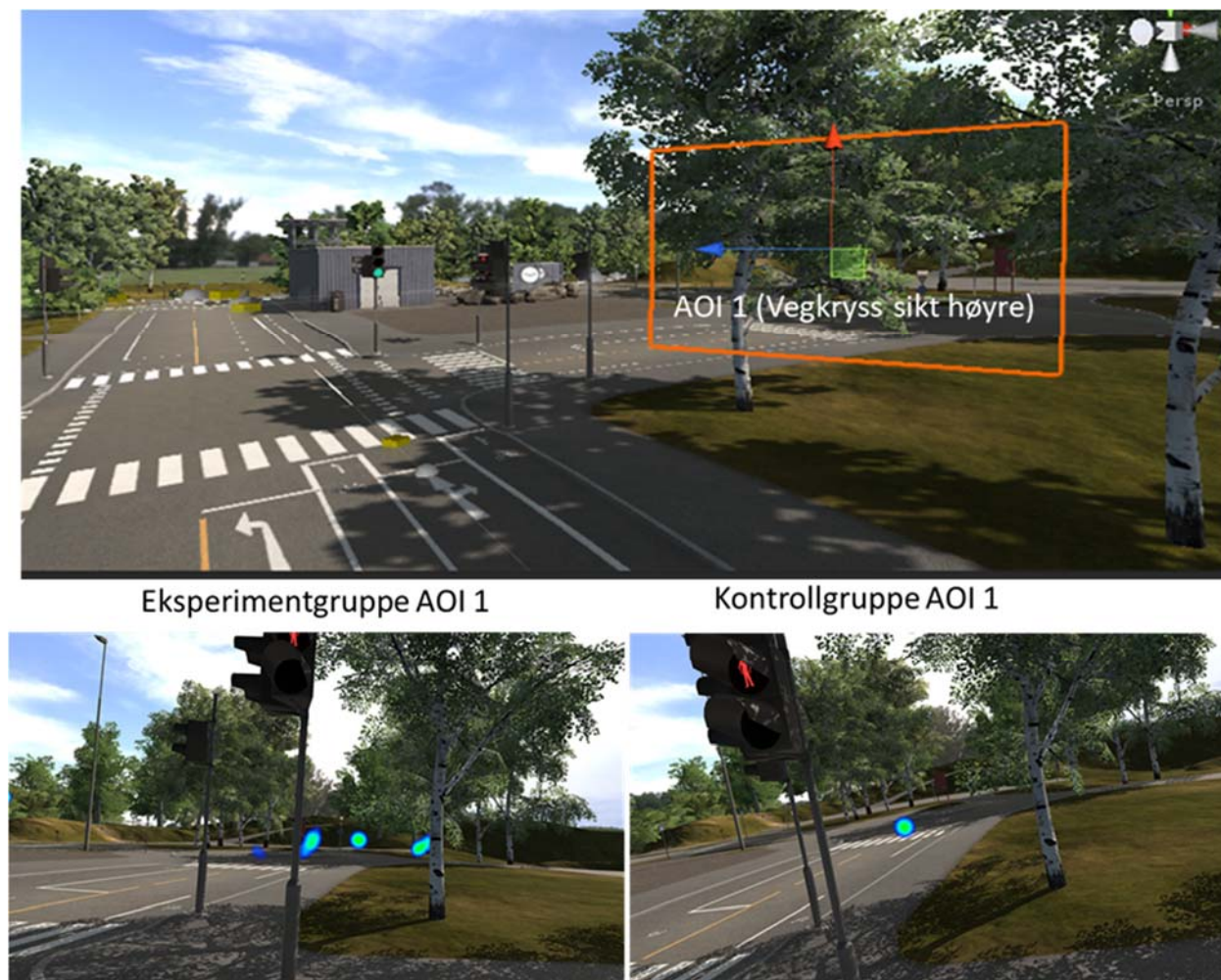
For å registrere hvor elevene har festet blikket (fiksering) må vi definere bestemte områder i VR-scenariet knyttet til HVA de skal se etter og HVOR de sykler i VR-scenariet. Dette vil vises som et rektangel på bildene som dekker HVOR det vil være nødvendig å kontrollere annen trafikk av betydning for risikoen.

På bildene i figurene 15-23 i avsnitt 4.2 er det tegnet inn "heatmaps" eller "attention maps" som er en visualisering av hvor lenge i antall millisekunder (ms) de har fiksert eller sett i det aktuelle området. Fargen, størrelsen og utbredelsen forteller hvordan elevene har brukt blikket. Fargene vil variere fra grader av blå, grønn og rød/oransje. Rød/oransje er den fargen som indikerer at elevene har sett lenge og mye i det aktuelle området.

3.5 Analyser av oppmerksomhetsfordeling i vegkryss (AOI)

AOI 1 (figur 15)

Figur 15 viser det første kryssområdet elevene sykler inn i. Rektangelet som er tegnet inn er det området hvor vi har registrert om elevene har sett eller fiksert blikket. Her har 38 % i E-gruppen fiksert mot 14 % i K-gruppen. Gjennomsnitt antall millisekunder (ms) fikseringstid for elevene i E-gruppen er 153ms og K-gruppen 65ms.



Figur 15: Area of Interest 1 (AOI 1) der elevene har sett mot høyre i krysset.

Figur 15 viser kryssområdet og de blå figurene er "heatmaps" som forteller om hvor mye de har sett i dette området. Blåfargen og antall figurer viser at det er flere blant E-gruppen enn K-gruppen som har sett i denne retningen (se figur 14 AOI 1). Samtidig indikerer blåfargen at de ikke har sett særlig lenge eller viet mye av oppmerksomheten til dette området. Det kan skyldes at det er god sikt og at elevene ikke trengte lang tid for å avklare trafikksituasjonen.

AOI 3 (figur 16)

Her er målet at elevene skal se på innsiden av huset (høyre side) for tidlig å oppdage trafikk som er på veg inn mot krysset som eleven vil sykle inn i om få sekunder. I E-gruppen var det 41 % som hadde gjort dette mot 11 % i K-gruppen. Gjennomsnitt fikseringstid var 395ms for E-gruppen og 24ms for K-gruppen.



Eksperimentgruppe AOI 3

Kontrollgruppe AOI 3



Figur 16: AOI 3 der elevene har sett på innsiden av huset.

Figur 16 viser stor forskjell mellom gruppene slik det kommer frem av heatmaps. E-gruppen har brukt lengre tid på å observere og kontrollere for annen trafikk på veg mot krysset enn K-gruppen. Den røde fargen på heatmap viser tydelig forskjellen mellom gruppene både i størrelse og bredde.

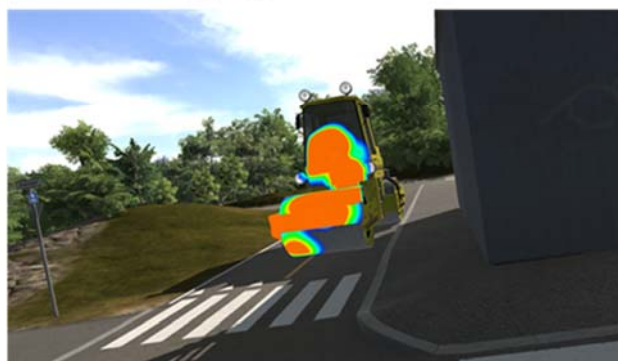
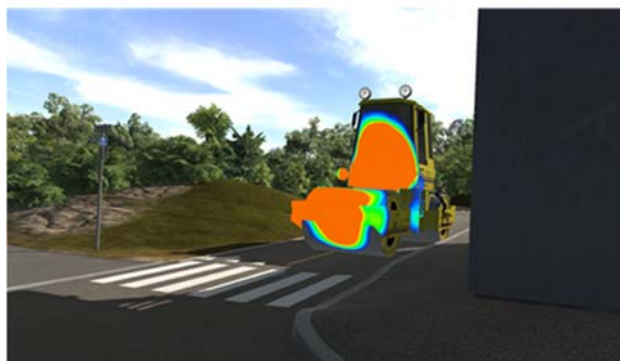
AOI 4 (figur 17)

Når syklisten nærmer seg vegkrysset, er det dårlig sikt til høyre da huset stenger for oversikten. Elevene må sykle sakte fram, eventuelt stanse for å gjennomføre en kontrollert observasjon til høyre før de tar beslutningen om å sykle videre. I E-gruppen var det 60 % som gjennomførte denne kontrollen mot 28 % i K-gruppen. E-gruppen hadde 581 ms i gjennomsnitt fikseringstid mot 320 ms for K-gruppen.



Eksperimentgruppe AOI 4

Kontrollgruppe AOI 4



Figur 17: AOI 4 der elevene har gjennomført sistekontroll til høyre uoversiktig vegkryss.

Figur 17 viser at begge gruppene har kontrollert til høyre slik det kommer frem av heatmaps. Det er normalt å se til høyre for å kontrollere om det kommer annen trafikk på et slikt uoversiktig. Usikkerheten og risikofølelsen vil gjøre seg gjeldende. Likevel er det E-gruppen som skiller seg ut gjennom å ha fullført sistekontrollen til høyre.

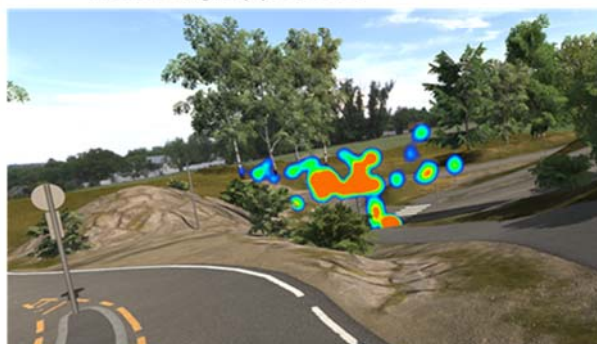
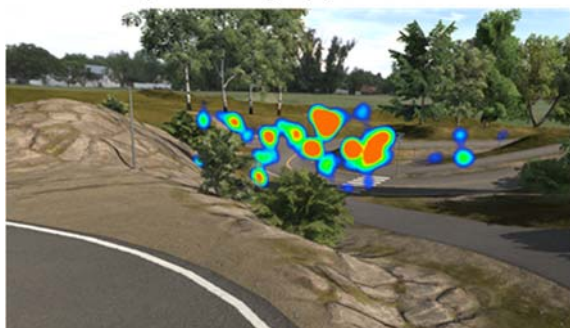
AOI 5 (figur 18)

Når eleven har syklet gjennom vegkrysset (AOI 4) skal de til venstre ned en bakke som i bunnen dreier mot høyre og inn i et uoversiktlig vegkryss. Elevene kan før de sykler ned bakken observere og orientere seg om eventuell trafikk i vegkrysset (AOI 5). Her var det ikke forskjeller mellom gruppene da rundt 84-91 % hadde observert i dette området. Fikseringstid var i gjennomsnitt for E-gruppen 1062 ms og 939 ms for K-gruppen.



Eksperimentgruppe AOI 5

Kontrollgruppe AOI 5

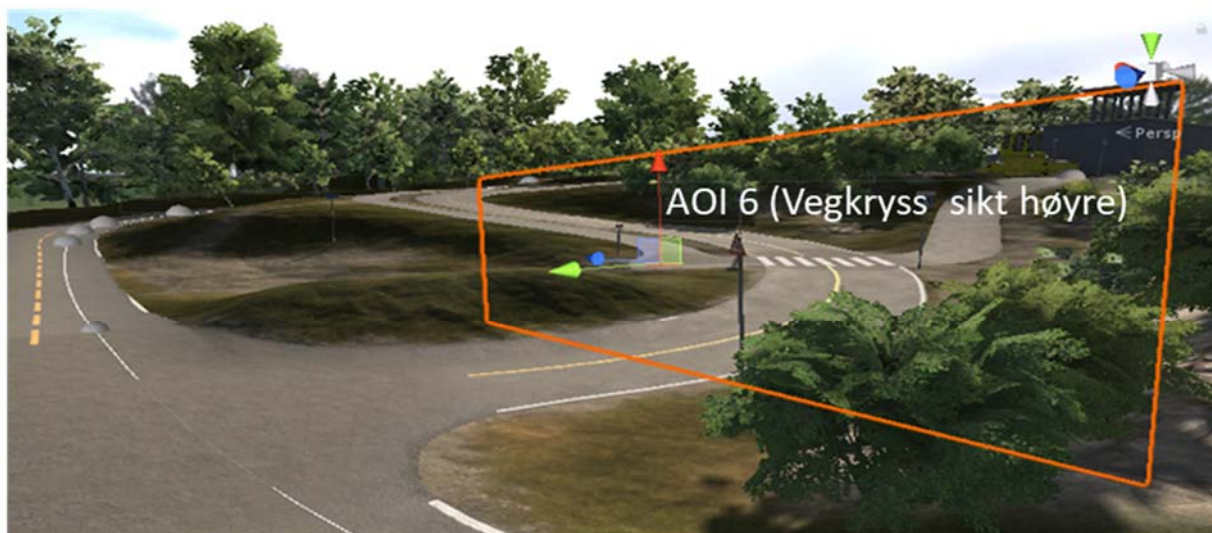


Figur 18: AOI 5 der elevene kan observere langt fram og ned mot krysset de snart kommer til.

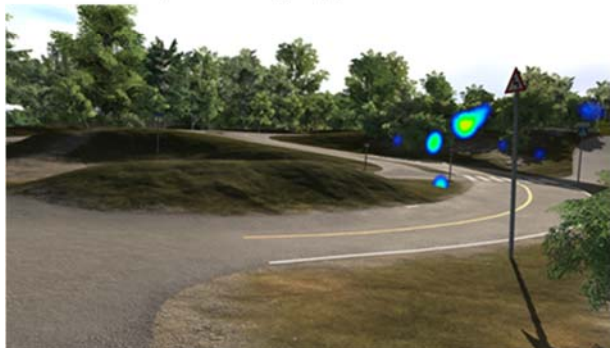
Figur 18 viser at heatmaps for begge gruppene indikerer at de har bevisst har rette oppmerksomheten mot AOI 5 som bidrar til at syklisten får oversikt og kan være forberedt på krysset når de sykler ned bakken. Det høye gjennomsnittet på antall millisekunder gjenspeiler seg i den sterke rød/oransje-fargen.

AOI 6 (figur 19)

Elevene sykler videre ned bakken og må i bunnen av bakken kontrollere til høyre i krysset før de sykler videre rett frem. Farten ned bakken er viktig slik at de kan stoppe om det oppstår konflikt. I E-gruppen er det 47 % mot 20 % i K-gruppen som bevisst har kontrollert mot høyre. Gjennomsnittlig fikseringstid er for E-gruppen 225 ms og K-gruppen 92 ms.



Eksperimentgruppe AOI 6



Kontrollgruppe AOI 6



Figur 19: AOI 6, et uoversiktlig vegkryss med sidevei fra høyre.

Figur 19 viser at gruppens heatmaps er forskjellige ved ta E-gruppen har noe sterkere farge og flere plasser fordelt innen området. Blåfargen indikerer at blikkpunktene har vært veldig spredt over hele AOI 6 hvilket gjør at man ikke får et heatmap med rødlig farge.

AOI 7 og 8 (figur 20)

Etter å ha syklet opp en slak bakke som dreier mot høyre nærmer de seg et vegkryss. Her kan de tidlig kontrollere mot høyre der det er god sikt og avklare eventuell konflikt knyttet til vikeplikt. Når de sykler videre rett fram over krysset kan de kombinere kontroll av eventuell trafikk fra venstre og deretter observere lenger fram til venstre for huset. Vi har kombinert AOI-7-8 i figur 10 da de har overlappende områder. Resultatene viser at i E-gruppen har henholdsvis 50 % og 67 % sett i områdene 7 og 8 mot 32 % og 42 % i K-gruppen. Fikseringstiden er for E-gruppen 296 ms (AOI 7) og 385 ms (AOI 8). Tilsvarende for K-gruppen er 132 ms og 177 ms.



Eksperimentgruppe AOI 7-8

Kontrollgruppe AOI 7-8

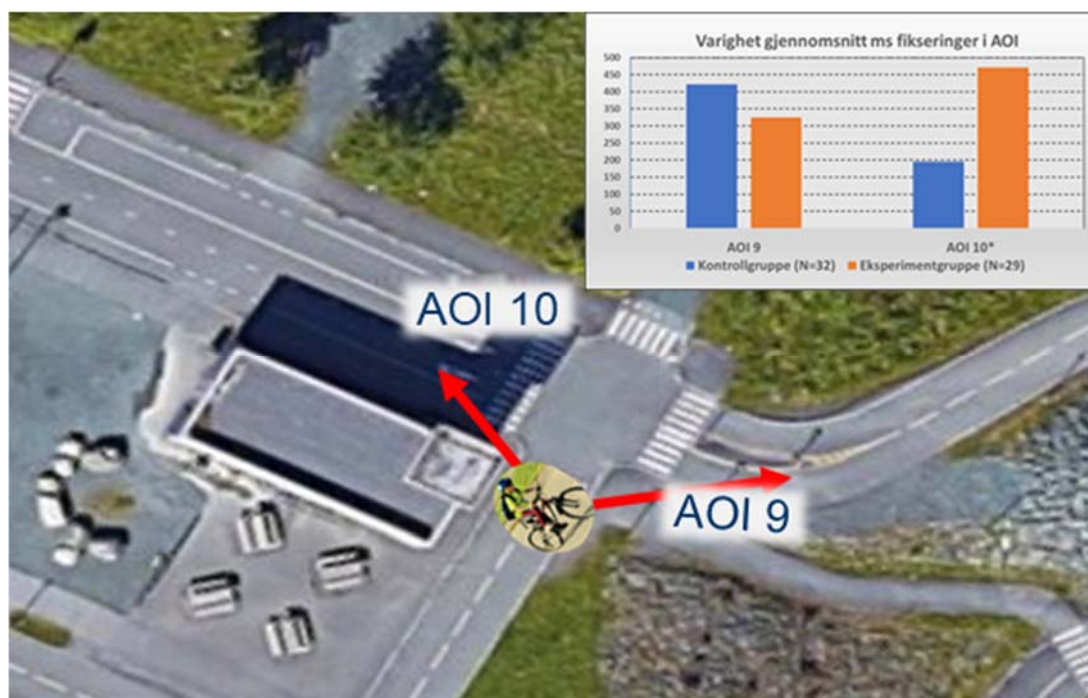


Figur 20: AOI 7-8 med tidlig sikt til venstre før vegkryss og på veg inn i vegkryss.

Figur 20 viser heatmaps der forskjellene er tydelige som en indikasjon på fikseringstid og hvor de har fiksert i AOI 7-8. Den sterke rødlige fargen i E-gruppens heatmap viser en samlet bruk av blikket og noen har også sett i det åpne området mellom huset og trekonstruksjonen i det åpne området med benker. K-gruppen har også kontrollert til venstre, men ikke i samme omfang som E-gruppen.

AOI 9 og 10 (figurene 21, 22 og 23)

Et spesielt interessant resultat finner vi i forholdet mellom AOI 9 og AOI 10 i vegkrysset på bildet nedenfor. I E-gruppen er det for AOI 9 og 10 henholdsvis 69 % og 83 % av elevene som har observert i disse områdene. I k-gruppen er den tilsvarende fordelingen 53 % og 41 %.

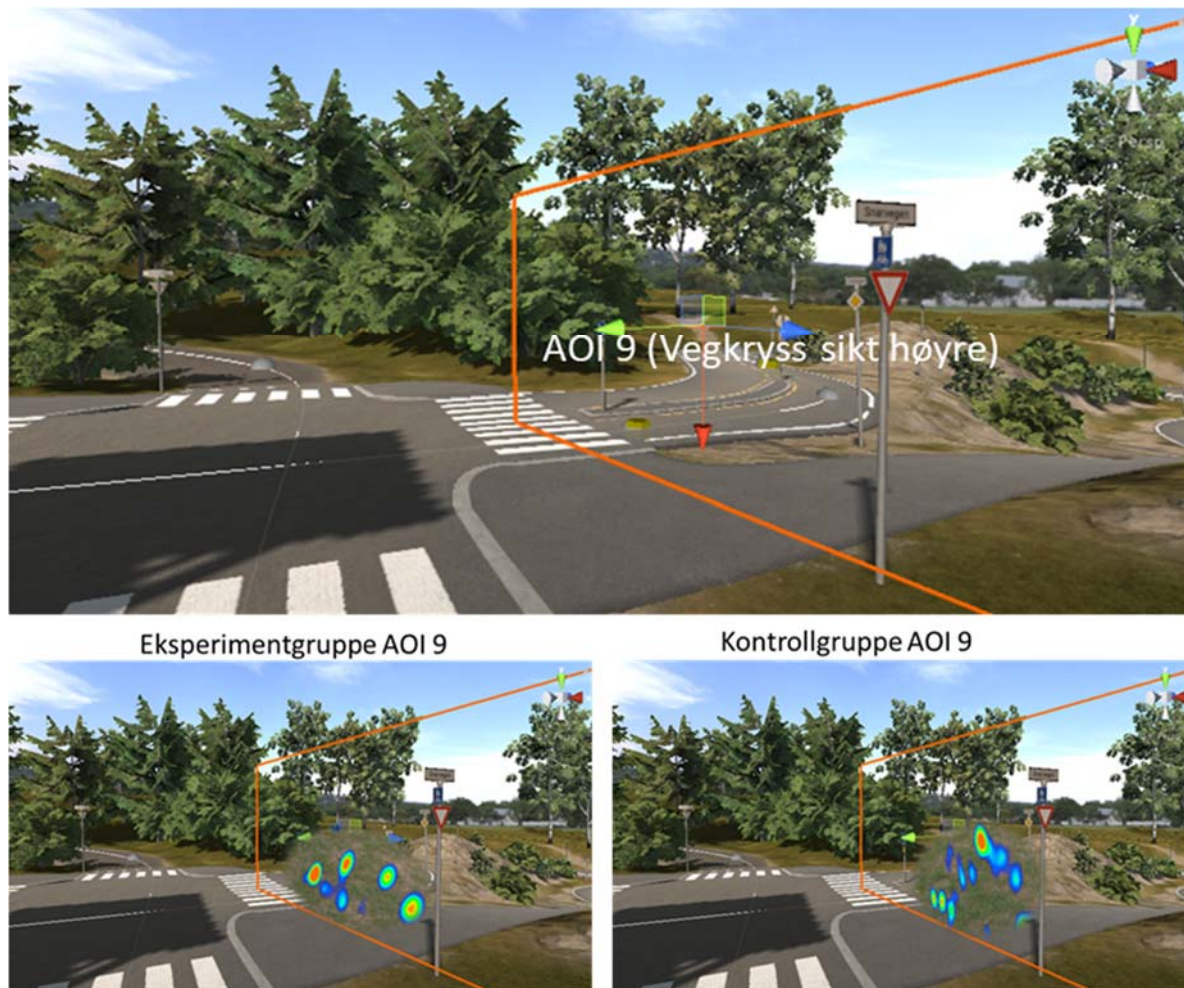


Figur 21: Vegkryss AOI 9 og 10 med gjennomsnitt elevenes fikseringstid for begge områdene.

Figur 21 viser at fikseringstiden i AOI 9 mellom gruppene i observasjon til høyre i krysset er i gjennomsnitt høyere i K-gruppen enn i E-gruppen. Forskjellen er ikke signifikant, men likevel interessant. E-gruppen har i gjennomsnitt 324 ms og K-gruppen 422 ms i AOI 9. Dette henger sammen med hvordan eleven har fordelt oppmerksomheten i dette krysset i vekslingen mellom å observere til høyre og venstre. Observasjonen og kontrollen til venstre skiller E-gruppen seg signifikant fra K-gruppen med henholdsvis 470 ms mot 195 ms. Heatmaps er presentert i figurene 22 og 23.

Dette kan tolkes slik at E-gruppen har gjennomført en plan om å observere først til høyre på veg inn mot krysset for deretter å prioritere venstre side med en siste sikkerhetskontroll. Det er ved innkjøringen til krysset svært dårlig sikt til venstre, så det er normalt å kontrollere det åpne området til høyre først. K-gruppen har observert godt mot høyre da de nærmet seg krysset, men ikke gjennomført observasjonen og kontrollen til venstre i samme grad som E-gruppen.

I figur 22 nedenfor ser vi heatmaps for elevens fikseringstider til høyre i vegkrysset.

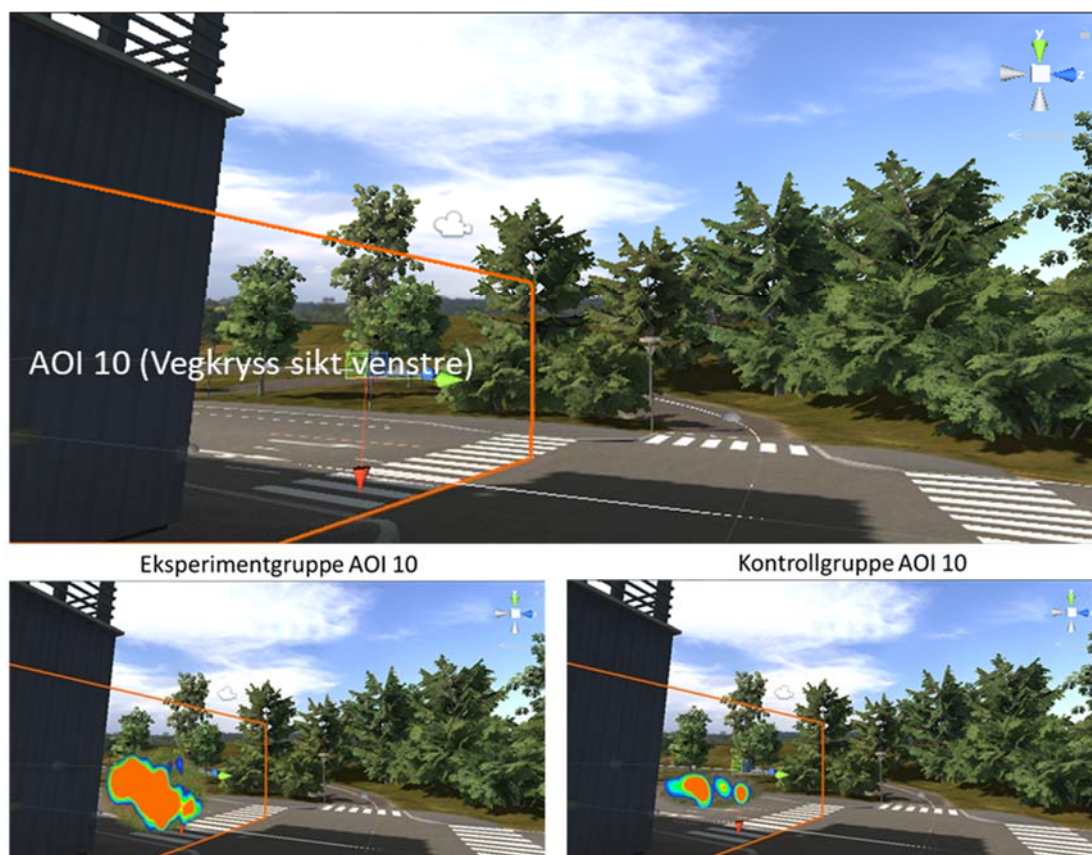


Figur 22: AOI 9, vegkryss med god sikt til høyre og dårlig sikt venstre (AOI 10).

Figur 22 viser at det er små forskjeller i de representative heatmaps for gruppene. Begge gruppene har fordelt fikseringene noe forskjellig, men det har ingen betydning for å skaffe seg informasjon om eventuelle trafikanter.

På neste side i figur 23 er heatmaps for elevenes observasjon og kontroll til venstre i vegkrysset presentert. Der er det tydelig forskjell i hvordan gruppene har prioritert og hvordan de har vurdert risikoen i krysset.

Figur 23 viser elevenes observasjon i vegkrysset i form av heatmaps til venstre.



Figur 23: AOI 10 og heatmap av elevenes observasjon til venstre i vegkrysset.

Figur 23 viser at både størrelsen og arealet med rødlig farge er mer omfattende hos E-gruppen sammenlignet med K-gruppen.

Elevenes sykkelhastighet er også viktig for å se om det er en sammenheng mellom hastighet og tid til å observere i vegkryssene. En sammenligning på gjennomsnittshastighet på de to rundene elevene syklet er presentert i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Gjennomsnittshastighet i sekunder to runder for begge grupper.

Grupper	N	Mean rundetid sekunder	Std. Deviation
Kontrollgruppen	64	80	2151,5
Eksperimentgruppen	58	85	2654,7

(Independent t-test, $t=2,529$, $df=120$, $p<.013$)

Tabell 1 viser at E-gruppen har signifikant brukt lengre tid på å sykle begge rundene enn K-gruppen. Det harmonerer med de andre resultatene med lengre fikseringstider relatert til oppmerksomhetsfordelingen.

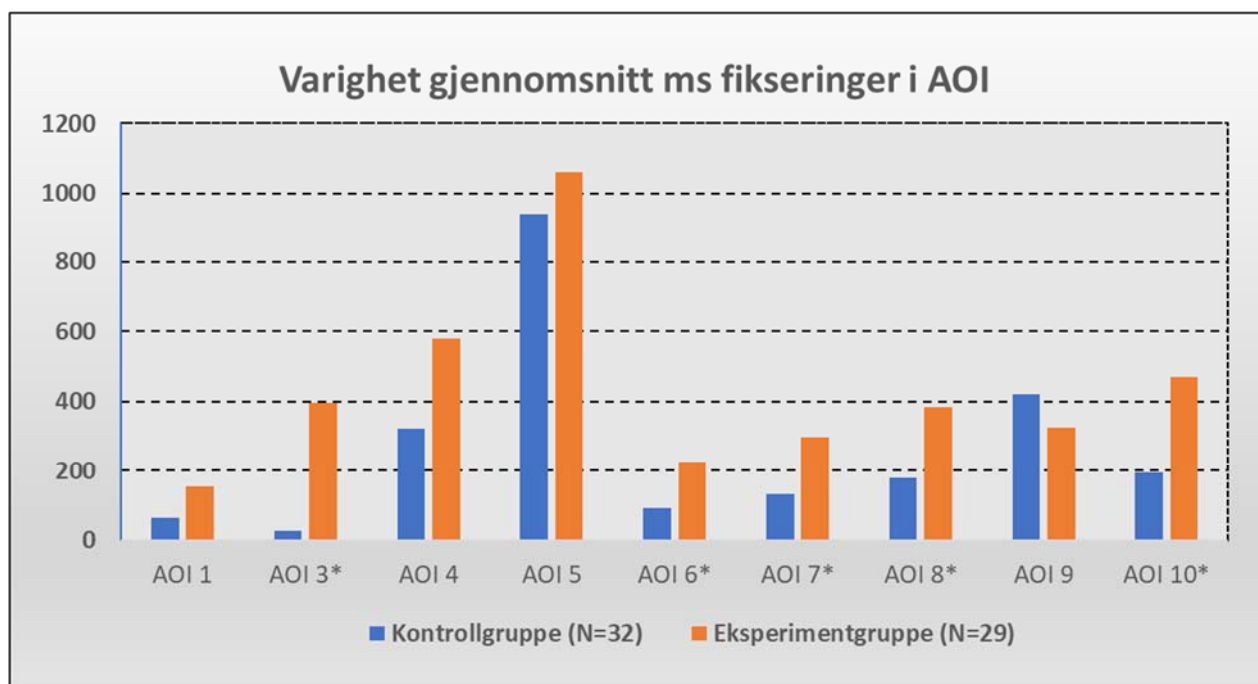
3.6 Elevenes fikseringskvalitet

Når elevene som sykler skal bruke oppmerksomhetsfunksjonen gjennom å orientere seg og risikovurdere omgivelsene de sykler i, er målet med opplæringsmodellen at de gjennomfører dette på en planmessig måte. Det kan vi måle ved å analysere hvordan de har fiksert blikket og summere hvor lang tid de har brukt for å innhente informasjon i testområdene (AOI 1-10). I tabell 2 er det gjennomsnittlige antall ms elevene fikserte i alle AOI til sammen løpet av 2 runder presentert.

Tabell 2: Total sum fikseringstid i 2 runder i alle testområder (AOI) i gruppene (p.001).

Måleenhet	Grupper	N	Mean (ms)	Std. Deviation	Std. Error Mean
Fikseringstid Millisekunder (ms)	Kontrollgruppen	64	2406	2151,5	268,9
	Eksperimentgruppen	58	3959	2654,7	348,6

Tabell 2 viser at E-gruppen og K-gruppen har forskjellig gjennomsnitt mht. hvor lenge de har fiksert i de forskjellige områdene (AOI). E-gruppen har et gjennomsnitt på 3959 ms og K-gruppen 2406 ms. Det indikerer at E-gruppen med stor sannsynlighet har en mer systematisk og bevisst observasjon enn K-gruppen. I figur 24 er gjennomsnitt millisekunder i hvert AOI presentert.

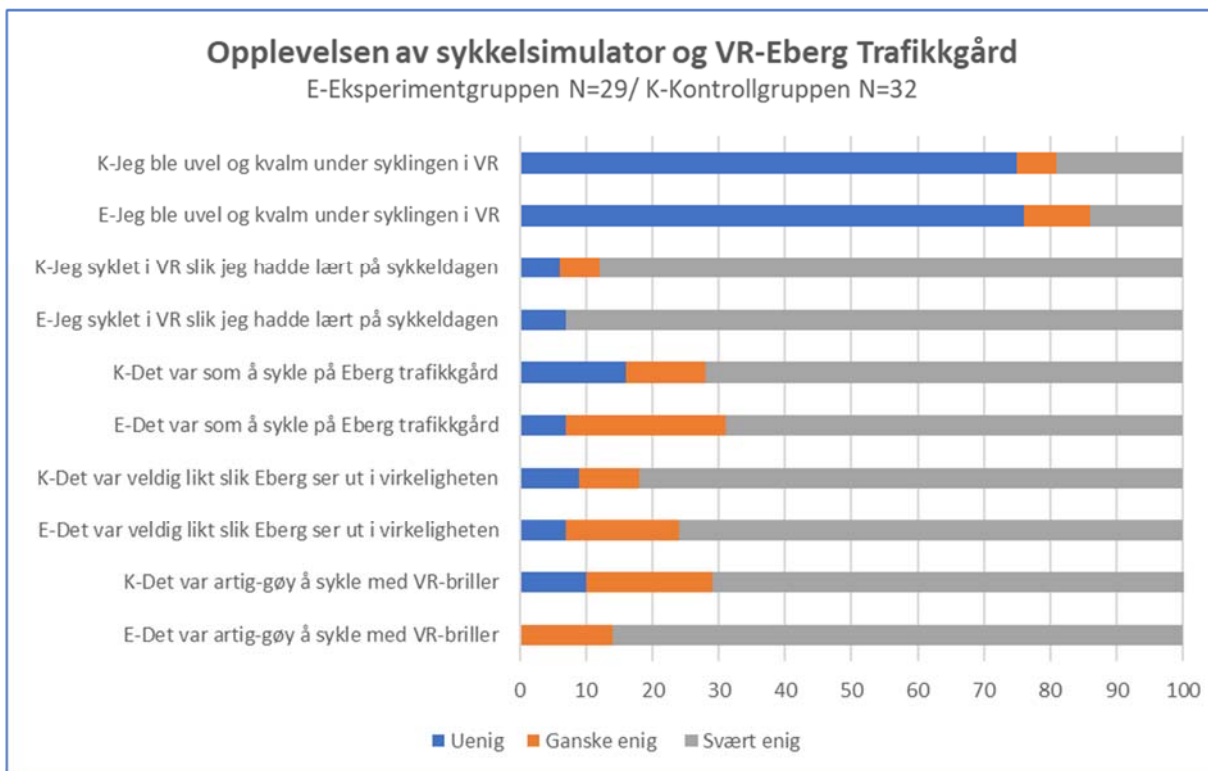


Figur 24: Gjennomsnitt antall millisekunder (ms) i hvert AOI i E-gruppen og K-gruppen.

Figur 14 viser at i alle AOI har E-gruppen lengre fikseringstider enn K-gruppen. Unntaket er AOI 9 der K-gruppen har noe lengre fikseringstid, men forskjellen er ikke signifikant. For AOI 3, 6, 7, 8 og 10 er det signifikante forskjeller i fikseringstid. I AOI 4 er det også en tydelig forskjell, men statistisk er den ikke signifikant da en elev i kontrollgruppen observerte svært lenge og bidro til stor spredning i datamaterialet.

3.7 Resultater spørreskjema etter gjennomført test med VR-briller

Etter gjennomført test i sykkelsimulatoren med VR-briller fylte alle elevene ut et evalueringsskjema. Hensikten med dette var å få en tilbakemelding på hvordan de opplevde sykkeldagen og opplæringen på Eberg og videre opplevelsen av VR-scenariet og sykkelsimulatoren. Ca. 80-90 % oppgir at de om sommeren sykler til/fra skolen 3-5 dager i uka.



Figur 25: Opplevd realisme av elevene under testingen av sykkelatferd i simulator og VR-briller.

Figur 25 viser et viktig resultat knyttet til om VR har vært realistisk nok for testing av sykkelatferden. Det er ikke uvanlig at man kan føle seg uvel når man skal forholde seg til kunstig verden slik VR representerer. Run 20 % av elevene oppgav at de følte seg uvel. Det kontrollerte vi underveis i testingen og elevene fikk en kort pause før de fullførte testingen. Totalt viser svarene i figur 25 at sykkelsimulatoren kombinert med VR-briller, eyetracker og kvaliteten på scenariet gjorde at elevenes opplevelse og atferd hadde høy grad av realisme. Elevene i både eksperiment- og kontrollgruppen er begge positive og mener de har lært mye på sykkeldagen.

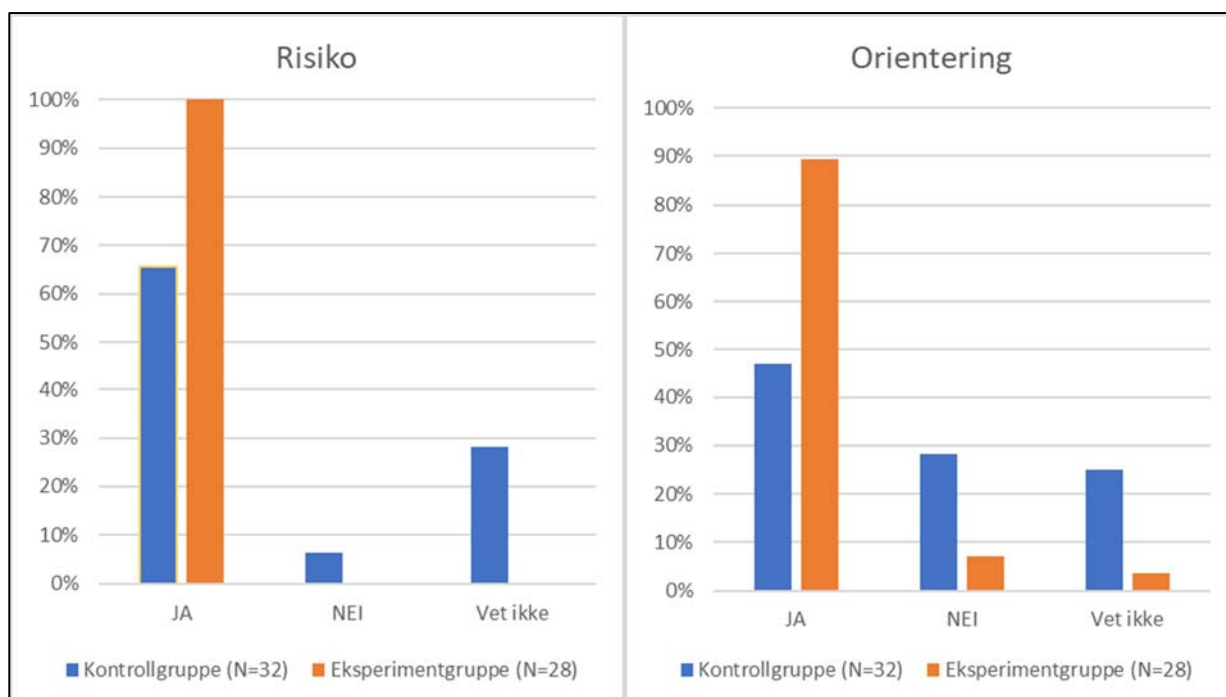
Andre svar fra elevene viste at i begge gruppene uttrykte ca. 75-85 % at de var "svært enige" i følgende om sykkeldagen på Eberg og testingen i VR:

- sykkeldagen hadde vært artig
- de hadde lært hvor farlig det kunne være å sykle i trafikken
- de hadde lært om hvordan de skulle se seg om i trafikken og tilpasse farten in mot kryss
- at det var artig-gøy å sykle med VR-briller
- at de hadde syklet i simulatoren med VR-briller slik de hadde lært på sykkeldagen

Den nye opplæringsmodellen la stor vekt på at elevene skulle anvende og forstå både den kognitive og praktiske betydningen av ordene:

- Oppmerksomhet
- Orienter seg
- Risikofaktorer

Elevene ble spurt om de husket at dette var sentrale ord som ble brukt i undervisningen på sykkeldagen. Ordet oppmerksomhet husket 80 % i kontrollgruppen og 95 % i eksperimentgruppen hvilket er relativt likt. Det var signifikante forskjeller ($p=0.003$) mellom gjenkjenningen av de to andre ordene (figur 26).



Figur 26: Gjenkjenning av viktige ord brukt i undervisningen på Eberg Trafikkgård.

Figur 26 viser at blant elevene i eksperimentgruppene er det 90-100 % som husker ordene mens det i kontrollgruppene er markert færre. Forskjellen indikerer at den aktive bruken i det didaktiske opplegget har fungert i eksperimentgruppen med den nye opplæringsmodellen. Kontrollgruppen har vært gjennom en opplæringsmodell der det ikke har vært den samme systematiske bruken av ordene selv om de kan ha trent på å orientere seg og at risiko er omtalt.

Resultatene er i samsvar med de målingene som er gjort av oppmerksomhetsfordelingen i VR-testen ved at både den kognitive forståelsen og den praktiske bruken styrker hverandre. Det kan også tyde på at vårt perspektiv på at hjernen er handlingsorientert og prediktiv i sitt forhold til hvordan man skal navigere i et miljø.

De aller fleste i begge gruppen (85-95 %) hadde snakket med foreldrene sine om sykkeldagen på Eberg.

4 Konklusjoner ny opplæringsmodell og VR-evaluering Eberg Trafikkgård

Målet med prosjektet har vært å utvikle en ny opplæringsmodell med søkelys på barns evne til å bevisst bruke oppmerksomheten riktig når de sykler i trafikken. Etter gjennomført undervisning på Eberg Trafikkgård ble elevene på femte klassetrinn testet i praktisk bruk av målene i opplæringen i et VR-scenariet av Eberg en uke etterpå. Eksperimentgruppen på 29 elever ble sammenlignet med 32 i kontrollgruppen. Kontrollgruppen gjennomførte sykkeldagen på Eberg etter en opplæringsmodell den aktuelle skolen praktiserte. Målene i den nye opplæringsmodellen omhandlet en forståelse og praktisk bruk av:

- Evnen til å orientere seg i trafikkmiljøet
- Oppmerksomhetsfordeling
- Vurdering av risikofaktorer
- Fartsavpassing

Følgende konklusjoner kan trekkes av resultatene fra evalueringen ved bruk av VR:

- Flere i eksperiment- enn i kontrollgruppen har anvendt oppmerksomheten riktig i henhold til opplæringsmålene og hva som er mest viktig mht. risikovurdering
- Fikseringstiden er signifikant lengre i alle vegkryssene (testområdene) i eksperimentgruppen, hvilket er en indikasjon på en mer planlagt og systematisk gjennomført informasjonsinnhenting
- Eksperimentgruppen har observert vegkrysset både i tidlig fase (lengre fra vegkrysset) og i selve vegkrysset mht. sistekontroll før de syklet gjennom krysset.
- Eksperimentgruppen har i gjennomsnitt syklet langsommere, noe som kan harmonere med mer tid brukt til å observere i vegkryssene.
- Det er et tydelig sammenfallende resultatbilde fra alle de 10 testområdene (AOI) som styrker sannsynligheten for at dette er en effekt av den nye opplæringsmodellen.
- Opplæringsmodellen er forankret i konseptet MBE (Mind, Brain and Education) der man forener kunnskap fra nyere forskning om læring innen nevrovitenskap med psykologi og pedagogikk.
- Undervisningen skjer primært ute i et landskap der elevene skal kartlegge risikofaktorer ved å gå gruppevis rundt på trafikkgården. Deretter skal det sykles og øves i det samme landskapet under veiledning. Dette styrker kognitive prosesser knyttet til stedsans og til frigjøring av BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factors) mht. plastisitet som øker evnen til å etablere langtidsminner.
- Lærerne som har stått for undervisningen har vært gjennom en omfattende kursing/utdanning for å utvikle kompetanse til å gjennomføre undervisningen slik opplæringsmodellen krever.
- VR-scenariet av Eberg trafikkgård har basert på elevenes opplevelse vært meget realistisk og de mener å ha syklet og brukt oppmerksomheten slik de ville gjort det i virkeligheten.
- Bruken av VR med eyetracker og sykkel simulator har vært egnet som evaluerings- og testmetode av barns sykkelatferd.

5 LITTERATUR

Arnsten, A. F.T., Raskind, M.A., Fletcher, B.T., Connor, D.F. (2015): The effects of stress exposure on prefrontal cortex: Translating basic research into successful treatments for post-traumatic stress disorder. *Neurobiology. Stress.* 89-99. doi: [10.1016/j.ynstr.2014.10.002](https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2014.10.002)

Barret, L.F., Satpute, A.B. (2019): Historical Pitfalls and New Directions in the Neuroscience of Emotion. *Neurosci Lett.* 2019 February 06 ; 9-18. Doi: [10.1016/j.neulet.2017.07.045](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.07.045).

Baldassano, C., Chen, J., Zadbood, A., Pillow, J.W., Hasson, U., Norman, K.A., (2017). Discovering Event Structure in Continuous Narrative Perception and Memory. *Neuron*, Volume 95, Issue 3, 2 August 2017, Pages 709-721.e5, <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.041>.

Bellmund, J. L. S., Gardenfors, P., Moser E. I., Doeller, C. F. (2018). Navigating cognition: Spatial codes for human thinking. *Science* 362, Review neuroscience, eaat6766- 2018.

Bernstein, R.J. (2010): THE PRAGMATIC TURN. Polity Press. Cambridge CB2 1UR UK.

Bjørndal, B og Lieberg, S (1978): Nye veier i didaktikken. Oslo, Aschehoug.

Buzsáki, G., Moser, E. (2013): Memory, navigation, and theta rhythm, in the hippocampal-entorhinal system. Volume 16. Number 2. February 2013 NATURE NEUROSCIENCE.

Buzsáki, G. (2019). *The Brain from Inside Out.* 2. Nature Neuroscience. Oxford University Press 198 Madison Avenue, New York, NY 10016, USA (ISBN 978-0-19-090538-5).

Byrge, L., Sporns, O., Smith, L.B. (2014): Developmental Process Emerges from Extended Brain-Body-Behaviour Networks. *Trends Cogn. Sci* 18: 395-403.

Carew J. T., Magsamen, S. H. (2010). *Neuroscience and Education: An Ideal Partnership for Producing Evidence-Based Solutions to Guide 21st Century Learning.* Neuron 67, Neuron View, Elsevier 2010.

Clark, A. (2016). *Surfing Uncertainty Prediction, Action, and the Embodied Mind.* OXFORD university Press 2016.

Cohen-Cory S., Kidane, A.H., Shirkey, N.J., Marshak, S. (2009). Brain-Derived Neurotrophic Factor and the Development of Structural Neuronal Connectivity. ' 2010 Wiley Periodicals, Inc Department of Neurobiology and Behaviour, University of California Irvine, Irvine, California 92.
DOI: [10.1002/dneu.20774](https://doi.org/10.1002/dneu.20774)

Espinosa, T.T., (2010). *Mind, Brain, and Education. A comprehensive guide to the new brain-based*

Engel, A. K., Friston, K.J., Kragic, D. (2015). The Pragmatic Turn. Toward Action-Oriented Views in Cognitive Science. MIT and Frankfurt Institute for Advanced Studies.

Friston, K.J. (2019). *Waves of Prediction.* The Wellcome Center for Human Neuroimaging, UCL, Queen Square Institute of Neurology, London, United Kingdom.

Fuster, J. (2015). *The Prefrontal Cortex (fifth edition).* UCLA Elsevier 2015.

Giedd, J. N., Rapoport, J. L. (2010). *Review, Structural MRI of Pediatric Brain development: What have we learned and where are we going?* Neuron. 2010.08.040.

- Giedd, J. N. (2015). *The amazing teen brain. Great Networking Brings Maturity*. Scientific American 2015.
- Goldman Sachs (2016): Equity Research, January 13, 2016.
- Hardimann, M. (2001). Neuroethics, neuroeducation, and Classroom Teaching: Where the Brain Sciences Meet Pedagogy. Neuroethics DOI 10,1007/s12152-011-9116-6.
- Hofstetter, S; Ido Tavor; Shimrit Tzur Moryosef and Yaniv Assaf. (2013): Development/Plasticity/Repair Short-Term Learning Induces White Matter Plasticity in the Fornix. 12844 • The Journal of Neuroscience, July 31, 2013 • 33(31):12844 –12850.
- Hohwy, J. (2013). The Predictive Mind. OXFORD University Press. United Kingdom.
- Immordino-Yang, M. H (2016): Emotions, learning and the brain. Exploring the Educational Implications of Affective Neuroscience. W.W. Norton Company Inc. New York, NY 1010.
- Jahanshahi, M., Obeso, I., Rothwell, J.C., Obeso J.A. (2015). *A fronto-striato-subthalamic-pallidal network for goal-directed and habitual inhibition*. Nature Reviews December 2015 volume 16no.12.
- Johansen-Berg, H; Cassandra Sampaio Baptista and Adam G. Thomas (2012): Human Structural Plasticity at Record Speed. 1058 Neuron 73, March 22, 2012 *2012 Elsevier Inc.
- Jung, J., Cloutman, L. L., Binney, R.J., Lambon Ralph, M.A. (2016). The structural connectivity of higher order association cortices reflects human functional brain networks. Special issue: Clinical neuroanatomy. ScienceDirect cortex 97 (2016).
- Kandel, E.R. (2007). In search of memory – The emergence of a new science and mind. W.W. Norton & Company, Inc. Fifth Avenue New York 2007.
- Kandel, E.R. (2012). The molecular biology of memory. Department of Neuroscience, Columbia University, 1051 Riverside Drive, #664, New York, NY 10032, USA. Molecular Brain 2012 5:14.
- Kandel, E.R., Yadin Dudai and Mark R. Mayford (2014): The Molecular and Systems Biology of Memory Cell 157, March 27, 2014, *2014 Elsevier Inc.
- Kruglanski, A.W. (1975). The endogenous-exogenous partition in attribution theory. Psychological Review, 83, 387-406.
- Lindgren, R., and J.M. Moshell (2011): Supporting Children's Learning with Body-Based Metaphors in a Mixed Reality Environments. New York ACM.
- Lindgren, R., and Johnson-Glenberg (2013): Emboldened by Embodiment Six Precepts for Research on Embodied Learning and Mixed reality. Educ. Res. 42: 445-452.
- Malafouris, L. (2013): How things shape the mind. A theory of material engagement. MIT 2013.
- Malafouris, L. (2019): Thinking as "Thinking". Psychology with things. Current Directions in Psychology Science 2020: Volume 29.

Marchi, F (2020): *The Attentional Shaping of Perceptual Experience. An Investigation into Attention and Cognitive Penetrability*. ISBN 978-3-030-33558-8, Springer.

Marshall, T. R., Bergmann, T.O., Jensen, O. (2015). Frontoparietal Structural Connectivity Mediates the Top-Down Control of Neuronal Synchronization Associated with Selective Attention. *PLOS Biology* October 6, 2015.

McHughen, S.A., Rodriguez, P.F., Kleim, J.A., Kleim, E.D., Crespo, M.L., Procaccio, V., Crame, S.C. (2009): BDNF ValMet Polymorphism Influences Motor System Function in the Human Brain. *Cerebral Cortex Advance*

Milner, B. & Corkin, S. (1968). Further Analysis of The Hippocampal Amnesic Syndrome: 14 years follow-up Study of H.M. *Neuropsychologia*, 1968, Vol. 6, pp. 215 to 234. Pergamon Press. Printed in England.

Maldonado, M. (2014): *The Predictive Brain*. SUSSEX ACADEMIC PRESS PO Box 139. Eastbourne BN24 9BP (ISBN 978-1-84519-639-4).

Moser, E.I., Kropff, E., Moser, M.B. (2008) Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. *Annu. Rev. Neurosci.* 31, 69–89 (2008).

Moe, D (2019): *Kjøreprosessen. Et atferds- og nevrovitenskapelig perspektiv på menneske, risiko, kjøreatferd og læring*. (Demoe as, 2019).

Moser, M. B., Moser, E. (2015). The future of the brain (red Marcus/Freeman. *Understanding the cortex through grid cells* p. 67-77. Princeton University Press.

Moser, E (2014): Nobel Lecture 071214. Edvard I. Moser Kavli Institute for Systems Neuroscience, Centre for Neural Computation, NTNU, Trondheim.

Moser, M (2021) How Do We Find Our Way? Grid Cells in the Brain. *Front. Young Minds.* 9:678725. doi: 10.3389/frym.2021.678725

O'Keefe, J. & Nadel, L. (1978). *The Hippocampus as a Cognitive Map* (Oxford Univ. Press, New York.

OECD 2007: *Understanding the Brain: The Birth of a learning Science*. OECD 2007.

Paus, T mfl. 2014: *White matter as a transport system*. *Neuroscience* (276) pages 117-125.

Power, J.D., Fair, D.A., Schlaggar, B.L., Petersen, S.E. (2010). *The development of human functional brain networks*. *Neuron* 67, 2010 page 735-74.

Ptak, R. (2012). *The Frontoparietal Attention network of the Human Brain*. *SAGE publ. The Neuroscientist* 18(5) 502-515. October 2012.

Ptak, R., Schnider, A., Fellrath, J. (2017). *The dorsal Frontoparietal Network: A Core System for Emulated Action*. *Trends in Cognitive Scienc. Cell Press. 2017 Elsevier*.

Raichlen, D.A., Alexander, G.E. (2017). Adaptive Capacity: An Evolutionary Neuroscience Model Linking Exercise, Cognition, and Brain Health. *Trends in Neurosciences*, July 2017, Vol. 40, No. 7

<http://dx.doi.org/10.1016/j.tins.2017.05.001> © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. Institute.

- Richmond, Z. (2018). *Constructing Experience: Event Models from Perception to Action*, Lauren L. Richmond, Jeffrey M. Zacks, *Trends in Cognitive Sciences, Volume 21, Issue 12, December 2017, Pages 962-980*, <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.08.005>.
- Rizzo, A., Koenig S. T. (2017). Is Clinical Virtual Reality Ready for Primetime? American Psychology Association 2017.
- Sapolsky, R. (2017). BEHAVE The biology of the humans at our best and worse. THE BODLEY HEAD Vintage. 20 Vauxhall Bridge Road London SW1V 2SA.
- Society for Neuroscience (2009). *Neuroscience Research in Education Summit. The promise of interdisciplinary partnership between brain science and education*. (www.sfn.org).
- Steinberg, L. (2010). *A behavioral scientist looks at the science of adolescent brain development*. Elsevier Brain and Cognition 72, 2010 160-164.
- Shepherd, G. M. (2016). *Foundations of the Neuron Doctrine*. Oxford University Press 2016.
- SINTEF (2016): Barn, oppmerksomhet og sykling. itenskapelig forankring og resultater fra Go/NoGo testing på Eberg Trafikkgård i Trondheim.
- Sommerville, L.H. (2016). searching for Signatures for Brain Maturity. What are we searching for? Neuron NeuroView 10.059 2016.
- Sporns, O. (2013): The human connectome: Origins and challenges. *Neuroimage* 80 (2013) p 53-61.
- Sporns, O. (2015): The future of the brain (red Marcus/Freeman. *Network neuroscience* p. 90-99. Princeton University Press.
- Strata, P (2018): Rita Levi-Montalcini and her contribution to neurobiology and the discovery of the nerve growth factor (NGF). University of Torino.
- Tamnes, C. T., Walhovd, K.B., Torstveit, M., Sells, V.T., Fjell, A.M. (2013). *Performance monitoring in children and adolescence's: A review of developmental changes in the error-relates negativity and brain*
- The Royal Society (2011). *Brain Waves Module 2. Neuroscience. Implications for education and lifelong learning*. The Royal Society, Science Policy Centre London.
- Wickliffe C. Abraham; Owen D. Jones; and David L. Glanzman (2019): Review article; Is plasticity of synapses the mechanism of long-term memory storage? *npj Science of Learning* (2019) 4:9 ; <https://doi.org/10.1038/s41539-019-0048-y>.
- Wolpert, D. M., Flanagan J.R. (2016). Computations underlying sensorimotor learning. *Science Direct. Current Opinion in Neurobiology*, Vol 37, 7-11.
- Zatorre, R. J., Fields, R.D., Johansen-Berg, H. (2012): Plasticity in gray and white matter: neuroimaging changes in brain structure during learning. *Review-Vol15 | Number 4 | April 2012 nature neuroscience*.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no