

Kartlegging av universell utforming av XR-teknologi i grunnskoler

Rapport (Utkast v.0.1, 2022-02-06)

1. Introduksjon	2
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Forskningsspørsmål	5
1.3. Formål	5
2. Hva sier forskningen om XR-teknologien i grunnskoler generelt?	5
2.1. Bruksområder for XR-teknologi	6
2.2. Generelle styrker	6
2.3. Positive effekter	7
2.4. Begrensninger og utfordringer	8
2.5. Fordeler for mennesker med funksjonsnedsettelse	9
2.6. Barrierer for mennesker med funksjonsnedsettelse	10
2.7. Løsninger for barrierene	11
3. Hva sier representanter fra den private og offentlige sektoren om XR-teknologi i norske skoler?	13
3.1. Muligheter	13
XR er først og fremst et opplevelsesbasert læringsverktøy.	13
XR kan løfte et emne i en mer praktisk retning.	14
XR er godt egnet til å komplementære tradisjonelle læremidler.	14
XR kan bidra til å forbedre digitale ferdigheter til barn.	14
XR kan løfte læringserfaring i elevene.	15
XR kan støtte de svakeste elevene med lærevansker og andre utfordringer.	15
XR kan invitere til alternative læringsprosesser og passer godt inn i fagfornyelsen.	15
3.2. Utfordringer	16
Det mangler et bredt pedagogisk tilbud tilpasset norske skoler.	16
XR-teknologi mangler universell utforming og er ikke god nok tilrettelagt for elever med funksjonsnedsettelse og andre behov.	16
Det eksisterer en viss skepsis blant noen lærere.	17
Det mangler en tilfredsstillende infrastruktur for XR-teknologien i skolene.	18
Det finnes noen økonomiske utfordringer knyttet til anskaffelse av XR-teknologi	18
4. Diskusjon og framtidige forskning	19
4.1. Sammenlikning mellom litteraturen og intervjuene	19
4.2. Behov for framtidige forskning	20
4.2.1. Pedagogiske forskningsbehov	20
4.2.2. Behov til universell utforming	20
4.2.3. Infrastrukturbehov	22

4.2.4. Kompetanse- og akseptbehov	22
4.3.5. Økonomibehov	22
5. Konklusjon	23
6. Referanser	23

About the Authors

Joschua Thomas Simon-Liedtke (NR)

Rigmor Baraas (USN)

Norsk Regnesentral

Norsk Regnesentral (NR) er en forskningsstiftelse med flere tiårs erfaring innen IKT-forskning. NR har bred erfaring innenfor universell utforming (UU) og brukervedvirkning, og har jobbet med relaterte problemstillinger i mange nasjonale og internasjonale prosjekter. NR vil være prosjekteier for tiltaket med seniorforsker Joschua Thomas Simon-Liedtke som prosjektleder. Simon-Liedtke har doktorgrad i bildebehandling for mennesker med nedsatt fargesyn og har lang erfaring innenfor universell utforming og teknisk tilgjengelighet. I tillegg vil sjefsforsker Kristin Skeide Fuglerud fra NR med doktorgrad i universell utforming bidra med sin ekspertise. NRs bidrag til prosjektet er bl.a. prosjektledelse, kartlegging av barrierer, scenarier og anvendelsesområder, organisering, gjennomføring og analyse av undersøkelser og fokusgrupper, og kunnskapsformidling til de relevante miljøene.

Nasjonalt senter for optikk, syn og øyehelse, Institutt for optometri, radiografi og lysdesign, Fakultet for helse- og sosialvitenskap

Universitetet i Sørøst-Norge

Universitetet i Sørøst-Norge (USN) er et universitet med sterk regional forankring og stor internasjonal anerkjennelse. USN har forskningsgrupper som arbeider med læring, syn og ikke minst nye teknologier, slik som I-Merse. USN I-Merse er en tverrfaglig forskningsgruppe som har som formål å fremme effektiv utnyttelse og bruk av XR-teknologi i utdanning, det offentlige, den kommersielle sektoren og i samfunnet i sin helhet. Professor Rigmor Baraas som er gruppeleder i I-Merse vil være kontaktperson i USN. I tillegg er Baraas forskningsleder for Nasjonalt senter for optikk, syn og øyehelse og ansvarlig for SNOW studien, en longitudinell studie om utvikling av brytningsfeil, synsfunksjon og motoriske ferdigheter, og hvilken interaksjon disse har med helse og læring. USN vil bidra med kartlegging av barrierene og kravene til XR-teknologi og scenarier for mennesker med ulike funksjonsevner, spesielt for mennesker med vanlige synsproblemer, som kan korrigeres med briller eller kontaktlinser, og for mennesker med synshemninger. I tillegg vil USN bidra med sitt nettverk og kompetanse innen XR-teknologi og syn.

1. Introduksjon

Denne rapporten er et sammendrag for et UnIKT-prosjekt finansiert av Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet (Bufdir) der vi kartlegger muligheter, egnethet og begrensninger av eXtended Reality eller XR-teknologi i grunnskoler med fokus på universell utforming. I prosjektet undersøker vi muligheter og begrensninger rundt XR og dens scenarier, systemer, anvendelsesområder, teknologi, og programvare for elever og ansatte i grunnskoler med ulike behov og funksjonsevner.

I denne rapporten presenterer vi resultatene fra et vektet litteratursøk og flere gruppeintervjuer og samtaler med representanter fra næringslivet, skolene, kommunene, myndighetene og brukerorganisasjoner. Vi avslutter rapporten med anbefalinger om hva som er de viktigste oppgavene rundt XR-teknologi i grunnskolen for forskningen i den nærmeste framtiden.

Vi viser i denne rapporten at for at XR-teknologi blir mer tilgjengelig for norske skoler, må vi løse utfordringer rundt infrastruktur, pedagogiske muligheter, kompetanse og aksept, økonomi og universell utforming.

1.1. Bakgrunn

eXtended Reality (XR) er et samlebegrep for en gruppe fremvisningsteknologier som omfatter både Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) og Mixed Reality (MR) (Andrews et al. 2019):

- Virtual Reality (VR) er en fremvisningsteknologi der brukeren er fullstendig omsluttet i en virtuell verden (Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Milgram and Kishino 1994; Andrews et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). VR som fremvisningsteknologi inkluderer som regel bruk av et headset, som for eksempel Oculus Quest II, HTC Vive, osv. (McGrath 2021; Meta Quest 2021b; HTC 2021)
- I Augmented Reality (AR) blir den fysiske verdenen utvidet med virtuelt/digitalt innhold (Pellas et al. 2019; Quintero et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; McGrath 2021). AR brukes ofte på hverdagslige digitale enheter som nettbrett eller mobiltelefon (Andrews et al. 2019). Eksempler for AR er Pokémon GO (Niantic 2021).
- I Mixed Reality (MR) blir den fysiske verden også utvidet med virtuelle elementer men hvor det da brukes et headset som for eksempel Microsoft HoloLens (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; McGrath 2021; Milgram and Kishino 1994). Overgangen fra AR til MR er flytende, og MR kan tenkes som et spektrum der man har VR på den ene enden og den fysiske verden på den andre enden (Milgram and Kishino 1994).
- XR er samlebetegnelsen for VR/AR/MR teknologi inkludert andre eksterne enheter med sensorer (Andrews et al. 2019).

Ulike typer XR-teknologi har blitt brukt i utdanningen (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Christopoulos 2021), reiselivet (Eda 10-2021) og industrien (Yildiz, Møller, and Bilberg 2020). Eksisterende forskning (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020) fremhever tre hovedtrekk som forbedrer brukeropplevelser og gjør XR-teknologien godt egnet for utdanning i grunnskoler¹: (1.) Nye metoder for å interaksjon med den virtuelle verden, (2) en høy grad av fordypning eller sanseomslutning («immersjon») i den digitale verden, og (3.) informasjonstetthet («information intensity») av det pedagogiske innholdet. Synkende maskinvare kostnader og økende tilgjengelighet forventes å gjøre XR-teknologien enda mer utbredt i fremtiden (Bacca Acosta 2017; Quintero et al. 2019). Det

¹ Grunnskoler i Norge omfatter barneskoler, 1. - 7. trinn, og barneskoler, 8. - 10. trinn. Denne inndelingen er nokså annerledes i ulike land. Får å tilpasse oss internasjonale konvensjoner, brukte vi derfor uttrykkene «primary and secondary education» i litteraturgjennomgangen.

finnes flere studier (Freina and Ott 2015; Hew and Cheung 2010; Akçayır and Akçayır 2017) basert på ulike typer XR-teknologier som ser på akutte eller kortvarige effekt av å bruke XR-teknologi i utdanningen. Det er betydelige hull i den nåværende forskningen og det finnes få eller ingen studier som for eksempel evaluerer langvarige effekter av XR i forhold til læringsutbytte.

På den ene siden mangler det kunnskap blant lærere og utdanningspolitiske beslutningstakere om fordelene og utfordringene med denne fremvoksende teknologien i en pedagogisk setting. Selv om det finnes mange undersøkelser om XR-teknologi i utdanning fra et vitenskapelig eller teknologisk synspunkt, finnes det ingen studier som fokuserer på korrelasjonen mellom den pedagogiske læreplanen, teknologi, vitenskapelige metoder, finansieringsmuligheter, kompetanse og universell utforming på en omfattende måte.

På den andre siden mangler det kunnskap om behovene til elever og lærere med kognitive, sensoriske, vokale og fysiske funksjonsnedsettelse og varierende kognitive og sensoriske evner. Mange egenskaper ved XR-teknologien er for eksempel ikke tilgjengelige nok for brukere med synshemminger og vanlige øyeproblemer (Zhao et al. 2019). Generelt er den universelle utformingen av XR-teknologien og vanlige barrierer ikke tilstrekkelig diskutert i forskningen, og det mangler retningslinjer, rammeverk etc. for å løse vanlige barrierer (Mott et al. 2019; Elor and Ward 2021).

Universell utforming er definert som "utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming" (Miljøverndepartementet 2007). I Norge er krav om universell utforming lovfestet i blant annet likestillings- og diskrimineringsloven og i forskriften om universell utforming av IKT-løsninger (Kulturdepartementet 2017; Kommunal- og moderniseringsdepartementet 2013): Disse sier at offentlige og private virksomheter rettet mot allmennheten har plikt til universell utforming, og at dette gjelder spesielt nettløsninger og digitale læremidler. Universell utforming i IKT betyr at et digitalt produkt er tilgjengelig og brukervennlig for alle brukerne (Miljøverndepartementet 2007). Universell utforming er spesielt rettet mot mennesker med funksjonsnedsettelse. I denne rapporten bruker vi uttrykket for mennesker med både diagnostiserte (cerebral parese, dysleksi, synshemming og blindhet, osv.) og udiagnostiserte funksjonsnedsettelse, samt helt vanlige utfordringer som for eksempel det å ha behov for briller. Vi kategoriserer funksjonsnedsettelse etter et system basert på WHO's «Internasjonal klassifikasjon av funksjon, funksjonshemming og helse (ICF)» som vi presenterte i et tidligere UnIKT prosjekt («Clothes4All») (World Health Organization (WHO) 2001; Halbach and Simon-Liedtke 2021):

1. kognitive funksjonsnedsettelse.
2. sensoriske funksjonsnedsettelse:
 - a. visuelle funksjonsnedsettelse.
 - b. auditive funksjonsnedsettelse.
 - c. haptiske funksjonsnedsettelse.
3. fysiske funksjonsnedsettelse:
 - a. mobilitetsfunksjonsnedsettelse som omfatter funksjonsnedsettelse knyttet til overkroppen.
 - b. motoriske funksjonsnedsettelse som omfatter funksjonsnedsettelse knyttet til underkroppen.

1.2. Forskningsspørsmål

I denne rapporten vil vi fokusere på tre hoved forskningsspørsmål:

1. Hva slags bruksmuligheter finnes det for XR-teknologien i norske grunnskoler?
 - a. Hva slags teknologi kan det brukes i grunnskoler?
 - b. I hvilke fag kan XR-teknologien brukes?
2. Hva er styrkene og svakheten til XR-teknologien i grunnskolene?
 - a. Hvilke generelle styrker har XR-teknologien?
 - b. Hva er de pedagogiske mulighetene for XR-teknologi i grunnskoler?
 - c. Hvilke ulemper har XR-teknologien?
 - d. Hvilke begrensninger har XR-teknologien?
3. Hvordan er tilgjengelighet og brukervennlighet til XR-teknologi for mennesker med funksjonsnedsettelse?
 - a. Hva slags barrierer finnes det for mennesker med ulike funksjonsnedsettelse?
 - b. Hva slags løsninger finnes det for disse barrierene?
 - c. Hva slags retningslinjer, standarder, rammeverk, osv. finnes det for XR-teknologien?

1.3. Formål

Vi vil finne svar på disse spørsmålene ved å analysere eksisterende litteratur med fokus på XR-scenarier i grunnskoler, og ved å gjennomføre fokusgruppeintervjuer med representanter fra privat og offentlig sektor. Dette omfatter representanter fra næringslivet, skolene, kommunene, myndighetene og brukerorganisasjoner for mennesker med nedsatt funksjonsevne. Våre mål er:

1. å gjennomgå teoretiske data fra litteraturen med et vektet litteratursøk.
2. å samle inn og analysere empiriske data fra relevante stakeholdere i Norge gjennom fokusgruppeintervjuer.
3. å utarbeide framtidige forskningsbehov.

Hvert av punktene representerer et avsnitt i den påfølgende rapporten. Rapporten avsluttes med en kort oppsummering og en konklusjon.

2. Hva sier forskningen om XR-teknologien i grunnskoler generelt?

Vi er interessert i å kartlegge hvordan forskningen så langt har kommet med XR-teknologien i grunnskoler. Vi har derfor gjennomført et vektet litteratursøk av vitenskapelige, populærvitenskapelige og vanlige kilder basert på en protokoll foreslått av (B. Kitchenham 2007) og forenklet med forslag fra (Tricco et al. 2015). Formålet med dette søket er å oppsummere eksisterende forskning om XR-teknologi i grunnskoler, samt å identifisere barrierer for XR-teknologi for personer med funksjonsnedsettelse og eksisterende strategier og løsninger for å overvinne disse barrierene.

Hovedmålene med denne litteraturgjennomgangen er:

- å undersøke og kartlegge muligheter som XR-teknologi tilbyr for grunnskoleopplæring inkludert fordeler og begrensninger. Denne kunnskapen vil hjelpe representanter i privat og offentlig sektor til å lettere velge adekvate scenarier for hva, hvordan og når (ikke) de kan bruke XR-scenarier i klasserommet. Videre vil vi identifisere kunnskapshull og muligheter for fremtidig arbeid med emnet.
- å identifisere barrierer for XR-teknologi for mennesker med funksjonshemminger og varierende evner som kan hindre dem i å delvis eller helt engasjere seg i denne nye teknologien. Vi vil fremheve både eksisterende løsninger på spesifikke barrierer, og forsøk å foreslå mer generelle retningslinjer eller rammer for å øke tilgjengeligheten og brukervennligheten til XR-teknologi. Målet er å danne grunnlaget for å arbeide mot en mer universelt utformet teknologi som kommer alle brukere til gode.

Vi gjennomførte to uavhengige litteratursøk med fokus på de pedagogiske mulighetene og utfordringene ved XR-teknologi på den ene siden, og på tilstand av universell utforming av XR-teknologien på den andre siden. Vi vektet de opprinnelige søkeresultatene i henhold til et sett med kvalitetssikringsparametere og valgte de artiklene med høyest score:

- Vi valgte fem artikler som fokuserer på forskning rundt bruk av XR-teknologi i grunnskoler (Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Quintero et al. 2019; Bacca Acosta 2017).
- Vi valgte 11 artikler som handler om universell utforming til XR-teknologi og dens tilgjengelighet og brukervennlighet (Wong, Gillis, and Peck 2017; Clark and Lischer-Katz 2020; World Wide Web Consortium (W3C) 2020; XR Access Initiative 2020; McGrath 2021; Elor and Ward 2021; Normand 2016; VanFossen 2019; Gonzalez 2021; Mott et al. 2019; Zhao et al. 2019).

2.1. Bruksområder for XR-teknologi

XR-teknologi har blitt brukt i real-, språk-, samfunns-, helse- og kunstfag.

- VR har blitt brukt i blant annet innen realfags- (biologi, geologi, teknologi, matematikk), språk- (engelsk) og musikkopplæring (Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021).
- AR har blitt brukt i blant annet innen realfag, (teknologi, helse, matematikk, biologi, økologi, fysikk, kjemi, geologi, informatikk), helse- og sosialfag, samfunnsfag (KRLE, historie), språkopplæring (engelsk), og andre (kunst, osv.) (Pellas et al. 2019; Bacca Acosta 2017).
- MR har blitt brukt i blant annet realfag (matematikk, informatikk, fysikk, kjemi, astronomi, biologi, geografi), helse- og sosialfag, kunstfag og samfunnsfag (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020).

2.2. Generelle styrker

XR gir nye muligheter for visualisering, omslutning («immersion»), interaksjon, og engasjement («engagement») (Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). XR er godt egnet til å visualisere abstrakte, usynlige eller komplekse idéer eller tilstander som er vanskelig å visualisere med tradisjonelle læremidler (Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). Dette kan gjelde for eksempel objekter som er veldig små som atomer, eller veldig store som planeter. Et kjennetegn av XR og spesielt VR

er at elevene kan være fullstendig omsluttet av den virtuelle verden slik at elevene i stor grad også føler seg inkludert i den virtuelle verden (Wong, Gillis, and Peck 2017; Clark and Lischer-Katz 2020; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). I tillegg kan elevene interagere med og navigere i den virtuelle verden på en intuitiv og realistisk måte som forsterker blant annet følelsen av tilstedeværelse (Clark and Lischer-Katz 2020; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). Det rapporteres at det blir enklere for elevene å fokusere på læringsinnholdet samtidig som det øker engasjement og motivasjon til å lære noe nytt eller øve på kjent kunnskap (Wong, Gillis, and Peck 2017; Clark and Lischer-Katz 2020; McGrath 2021; Quintero et al. 2019).

2.3. Positive effekter

Forskning viser at XR har positive effekter på læringsutbytte, sosiale ferdigheter, selvbilde, følelsene, motivasjon og engasjement, og kognitive ferdigheter.

XR kan forbedre læringsutbytte: Noen elever har levert bedre resultater etter å ha brukt XR samtidig som noen elever har rapportert bedre forståelse for de emne som ble behandlet i XR kan føre til bedre forståelse og bedre resultater (Bacca Acosta 2017; Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). I noen prosjekter har elever som brukte XR prestert bedre enn elever som ikke har brukt XR (Pellas et al. 2019).

XR kan forbedre sosiale ferdigheter ved for eksempel intervensjoner som støtter samhandling mellom elever i den virtuelle verden (Pellas et al. 2019; Bacca Acosta 2017; Quintero et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). I andre tilfeller har XR vist å hjelpe med sosialisering og deltakelse av elevene (Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). I noen prosjekter har XR hjulpet med forbedrede språkkunnskap i elevene og med forståelse og empati for andre kulturer (Bacca Acosta 2017; Pellas et al. 2019; Quintero et al. 2019).

XR kan forbedre elevenes selvbilde. XR kan øke selvtillit, selveffektivitet, og selvstendig læring (Quintero et al. 2019; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). XR er godt egnet til elevsentrert utdanning som kan tilpasses elevenes behov og preferanser (Bacca Acosta 2017; Quintero et al. 2019).

XR kan utløse følelsesmessige reaksjoner (Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). Spesielt VR og MR kan virke veldig realistisk slik at elevene i større grad blir omsluttet i tematikken. Dette kan utløse emosjonelle reaksjoner som nytelse og positive holdninger overfor læring (Bacca Acosta 2017; Quintero et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas et al. 2019). I tillegg kan dette øke nytelse, generell tilfredshet og entusiasme for læringen (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Bacca Acosta 2017; Pellas et al. 2019).

XR kan motivere og engasjere elever gjennom realistiske simuleringer som stimulerer flere sanser samtidig (Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Quintero et al. 2019). Denne realistiske presentasjonsmåten av XR fører til at elevene er mer engasjerte i læringen, samtidig som de blir motivert til å tilegne seg ny informasjon (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Bacca Acosta 2017; Quintero et al. 2019; Pellas et al. 2019).

XR-teknologi kan forbedre kognitive ferdigheter. Noen forskningsprosjekter viser at XR-teknologi har bidratt til å forbedre ferdigheter som oppmerksomhet, hukommelse og kreativitet (Pellas et al. 2019; Quintero et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Bacca Acosta 2017). Men også andre mer generelle kognitive ferdigheter som evne til å løse problemer og evne til å tenke kritisk kan forbedres med hjelp av XR-teknologien (Quintero et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021).

2.4. Begrensninger og utfordringer

Vanlige utfordringer for XR-teknologi i grunnskoler er økonomiske og fysiske, helserelaterte, teknologiske, pedagogiske, redaksjonelle begrensninger og begrensninger relatert til tilgjengelighet og brukervennlighet.

XR-teknologi krever nytt og ofte komplekst utstyr som kan ha noen økonomiske og fysiske utfordringer for noen skoler. Spesielt VR- og MR-utstyr kan være dyrt, samtidig med at noen skoler kan mangle nødvendig utstyr for å ta i bruk AR (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021). I tillegg kan MR-utstyr kreve mye plass, kreve tilpasset belysning og kabelhåndtering, og headsettet kan forhindre naturlig interaksjon mellom elevene (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021; Quintero et al. 2019).

XR-teknologi stimulerer flere sanser samtidig som kan føre til at noen XR-teknologi har helserelaterte begrensninger. Noen brukere, spesielt de yngre, kan oppleve kvalme, eller svimmelhet («cybersickness») eller overstimulering («cognitive overload») ved bruk av VR-headset (Pellas, Mystakidis, and Kazanidis 2021).

XR-teknologi er ofte veldig kompleks og krever noen innarbeidningstid før man kan ta den i bruk, noe som kan føre til teknologiske begrensninger. XR-utstyr kan være vanskelig å installere eller bruke (Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). Dette kan være en utfordring for lærere som ikke har mye erfaring med digitalt utstyr eller nok digitale ferdigheter til å begynne med XR (Pellas et al. 2019; Quintero et al. 2019). Tekniske problemer under oppsetting eller drift kan da føre til frustrasjoner (Quintero et al. 2019).

XR-teknologi har noen pedagogiske begrensninger for bruk i skoler. Det mangler innhold som er skreddersydd til nasjonale læreplaner (Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020; Quintero et al. 2019).

XR-teknologi har noen redaksjonelle begrensninger: Per i dag finnes det ingen enkelt og redaksjonelt verktøy som lar lærere lage eget innhold. Det er ofte vanskelig å overføre innhold fra et fag til et annet, eller tilpasse eksisterende innhold til pedagogens behov (Quintero et al. 2019; Pellas et al. 2019; Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020). Det er spesielt utfordrende å lage innhold i 3D (Quintero et al. 2019).

XR-teknologi mangler forskning om dens tilgjengelighet og brukervennlighet spesielt for elever med nedsatt funksjonsevne (Quintero et al. 2019). Universell utforming er for tiden ikke prioritert i stor delen av prosjektene som bruker XR-teknologi. Det mangler spesielt

forskning om utfordringene og behovene til brukere med funksjonsnedsettelse (Quintero et al. 2019).

Eksisterende forskning fokuserer ofte på nyhetsfaktoren ("novelty factor") av XR-teknologien og har noen vitenskapelige begrensninger ([Pellas et al. 2019](#); [Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020](#)). Det mangler blant annet forskning på langtidseffekter ([Pellas et al. 2019](#); [Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020](#); [Quintero et al. 2021](#)), og at elever med funksjonsnedsettelse er inkludert ([Quintero et al. 2019](#)). Forskning som overfører kunnskap fra et fag til et annet og evaluerer effekten, og forskning som bruker flere ulike analyser og ulike parametere som for eksempel en blanding av kvantitative og kvalitative metoder mangler ([Pellas et al. 2019](#); [Pellas, Kazanidis, and Palaigeorgiou 2020](#); [Quintero et al. 2019](#)).

2.5. Fordeler for mennesker med funksjonsnedsettelse

XR kan tilby virtuell tilgang («access») og reell inklusjon for elever med funksjonsnedsettelse. Gjennom XR kan elever oppleve verdener som de ikke har tilgang til i den fysiske virkeligheten, samtidig som den kan gi tilgang til virtuell informasjon som er vanskelig å kommunisere med andre læremidler (Normand 2016; Wong, Gillis, and Peck 2017). Elever kan reise til steder som ikke er lett tilgjengelige (kostbart, langt unna, ikke mulig for mennesker å reise /være) i den fysiske virkeligheten.

XR kan brukes som kompensasjon for funksjonsnedsettelse. Dersom den virtuelle verden er universelt utformet, kan den gi like konkurransevilkår ("jevn lekeplass", «level playing field») for elever med og uten funksjonsnedsettelse (Wong, Gillis, and Peck 2017). Undertekster for hørselshemmede, tekst-til-tale for svaksynte, eye-tracking for elever med motoriske funksjonsnedsettelse og flere andre kan lette samhandling blant elevene (Wong, Gillis, and Peck 2017; Gonzalez 2021). I tillegg kan elever få overnaturlig egenskaper som for eksempel muligheten til å fly, være overnaturlig sterk eller se lyd (Wong, Gillis, and Peck 2017).

XR kan tilby et trygt sted for eksempel for mennesker med kognitive utfordringer som autisme eller sosial angst. I den virtuelle verden kan brukerne skjerme seg fra uønskede stimuli og hjelpe med å trene opp nye ferdigheter (Gonzalez 2021). Barn som nylig har begynt å bruke rullestol, kan øve i en simulator der det er trygt å feile (Gonzalez 2021; VanFossen 2019). Det har også blitt brukt i behandling av fobier (VanFossen 2019).

XR kan brukes for å personalisere læringsinnhold. I XR kan læringsinnholdet personaliseres etter brukerens behov: redusere visuelle, auditive og fysiske barrierer, forbedre forståelse for brukere med kognitive utfordringer, eliminere distraksjoner for å opprettholde fokus, gi umiddelbar tilbakemelding og forbedre navigering ved å tilby digitale kart, tilpasse tekst (Wong, Gillis, and Peck 2017; Gonzalez 2021; Normand 2016).

XR kan brukes som assisterende teknologi for barn med ulike funksjonsnedsettelse. Bildebearbeiding kan hjelpe barn med kognitive funksjonsnedsettelse til å identifisere navn og objekter (Gonzalez 2021). Gamification kan bli brukt til å hjelpe med språkopplæring (Gonzalez 2021). Dessuten kan ulike filtere i den virtuelle verden hjelpe synshemmede ved å øke kontrasten eller kompensere for ulike øyesykdommer (retinitis pigmentosa,

aldersrelatert makuladegenerasjon, osv.) (VanFossen 2019). Supplementerende informasjon eller undertekster kan hjelpe hørselshemmede elever (Gonzalez 2021). Å hjelpe en gruppe med funksjonsnedsettelse kan ofte også hjelpe en annen gruppe med funksjonsnedsettelse, til og med hjelpe folk flest («curb-cut effect») (Heydarian 2020). Ved å utnytte muligheten som ligger i multimodalitet, altså gjøre informasjon tilgjengelig for flere sanser, så vil det også øke generell tilgjengelighet. For eksempel så kan haptiske tilbakemeldinger for hørselshemmede mennesker også hjelpe svaksynte, samt øke opplevelsen for folk flest (VanFossen 2019). Undertekster for hørselshemmede kan også hjelpe elever med kognitive utfordringer eller elever som ikke har norsk som morsmål (VanFossen 2019).

XR-teknologi har lenge blitt brukt i rehabilitering for å behandle blant annet sosial isolasjon, angst, PTSD, kroniske smerter og andre terapeutiske sammenheng (Wong, Gillis, and Peck 2017; Normand 2016). VR har for eksempel blitt brukt i prosjekter som fokuserer på trening etter operasjoner eller etter hjerneslag.

2.6. Barrierer for mennesker med funksjonsnedsettelse

Forskningen nevner både funksjonelle og praktiske barrierer til XR-teknologien for mennesker med funksjonsnedsettelse.

Det mangler multimodalitet i presentasjonsmåten (World Wide Web Consortium (W3C) 2020; Mott et al. 2019; Wong, Gillis, and Peck 2017). XR har mulighet til å presentere informasjon i ulike modaliteter for forskjellige sanser: Informasjonen kan i utgangspunktet både ses, høres og føles, i tillegg til at man kan bevege seg i den digitale verden (McGrath 2021). Det fleste applikasjonene i dag derimot fokuserer ofte altfor mye på det visuelle (Wong, Gillis, and Peck 2017). Dette kan være en utfordring for mennesker med ulike funksjonsnedsettelse: Visuell informasjon har ofte ingen auditive alternativer, samtaler kan mangle tekst, haptiske tilbakemeldinger kan mangle helt (Wong, Gillis, and Peck 2017).

Navigasjonen og oppsettet av XR er ofte ikke egnet for mennesker med fysiske funksjonsnedsettelse (Mott et al. 2019; Wong, Gillis, and Peck 2017; World Wide Web Consortium (W3C) 2020). Applikasjoner krever ofte at eleven kan bruke to hender, kan stå oppreist, eller må være i en viss posisjon for å navigere og gå rundt i den digitale verden (Wong, Gillis, and Peck 2017). I tillegg kan kabler være til hindring for mennesker i rullestol, noe som spesielt gjelder MR og VR (Wong, Gillis, and Peck 2017). I mange tilfeller krever kontrollere også finmotoriske ferdigheter som ikke alle brukerne har (World Wide Web Consortium (W3C) 2020).

Kompleksiteten og omfang av stimuli kan være overveldende for mennesker med kognitive funksjonsnedsettelse (Wong, Gillis, and Peck 2017). Det kan være blant annet krevende å huske komplekse navigasjonsprosesser, spesielt når applikasjonen ikke tillater pauser (Wong, Gillis, and Peck 2017). I tillegg er det ofte nødvendig å fokusere på ulike stimuli samtidig som det kan føre til sensory overload (Wong, Gillis, and Peck 2017). Men også alt som handler om å tilegne seg ferdigheter i å bevege seg i og interagere med den digitale verden kan være en utfordring (World Wide Web Consortium (W3C) 2020).

Utstyret og headsettet kan være utfordrende for noen brukergupper (Mott et al. 2019; Wong, Gillis, and Peck 2017). Headsettet kan være en barrierer for mennesker med briller eller for folk som har en hodestørrelse som er mye mindre enn gjennomsnittet (Wong, Gillis, and Peck 2017; VanFossen 2019). I noen tilfeller er det ikke mulig å justere avstand mellom øynene for brukere som har litt mindre eller litt for stor pupillavstand, noe som har stor innflytelse på brukerens komfort og ubehag (cite?). Headsettet kan være for tungt og er ofte headsettene ikke fleksible nok til å kunne tilpasse seg til ulike hodestørrelser eller øyeavstand (Wong, Gillis, and Peck 2017; VanFossen 2019).

Brukergrensesnittet i VR-applikasjonen kan være utilgjengelig og lite brukervennlig (Wong, Gillis, and Peck 2017; Mott et al. 2019; Elor and Ward 2021). Å navigere gjennom menyer kan være en utfordring for mennesker med sensoriske funksjonsnedsettelse (Wong, Gillis, and Peck 2017). Dette kan skyldes at teksten ikke kan forstyrres, kontrasten ikke kan økes, eller fordi det mangler merkelapper (Wong, Gillis, and Peck 2017). I andre tilfeller kan det hende at lydvalgene ikke kan tilpasses brukerens behov (Wong, Gillis, and Peck 2017).

Til syvende og sist er applikasjonene ofte ikke kompatible med hjelpeteknologier (Wong, Gillis, and Peck 2017; World Wide Web Consortium (W3C) 2020). Mange svaksynte og blinde er avhengig av å bruke skjermleser for at tekst blir lest høyt fra skjermen (Wong, Gillis, and Peck 2017). Mange XR-applikasjoner derimot tilbyr ingen grensesnitt for eksterne hjelpemidler og kan ikke kombineres med skjermlesere (Wong, Gillis, and Peck 2017). For mennesker med fysiske funksjonsnedsettelse kan det være krevende å kombinere XR-programvarer med alternative inputkontrollere (Wong, Gillis, and Peck 2017). En av grunnen for dette er at visse utstyr er koblet til en gitt leverandør og at det ikke finnes nok open source løsninger (World Wide Web Consortium (W3C) 2020). Det vil si interoperabilitet er en betydelig utfordring.

2.7. Løsninger for barrierene

Ekspertene har begynt å diskutere problemstillingen rundt universell utforming av XR-teknologi. Det finnes eksterne tilleggsverktøy og programvarer som kan brukes til å gjøre XR-teknologien mer tilgjengelig. Samtidig har det blitt presentert noen biblioteker som har som formål å lage teknologien mer tilgjengelig. På internasjonalt nivå har det samlet seg spesialister som prøver å gjøre teknologien mer tilgjengelig, men det mangler fortsatt en generalisering og standardisering som vi allerede kjenner fra andre områder innen IKT. Det mangler blant annet retningslinjer, rammeverk og best-case eksempler.

For det første finnes det allerede internasjonale grupper som har som formål å gjøre XR-teknologien mer tilgjengelig og brukervennlig. World Wide Web Consortium (W3C) for eksempel har en arbeidsgruppe som fokuserer på behovene til mennesker med ulike behov, samtidig som W3C arrangerte konferanser for å diskutere barrierer, løsninger og retningslinjer (World Wide Web Consortium (W3C) 2016, 2020). Dessuten finnes det et forskningskonsortium, XR Access Initiative, som er organisert av Cornell Tech i kooperasjon med Yahoo (XR Access Initiative 2020). Konsortiet samler forsker, utviklere og brukere fra ulike disipliner, samler ressurser og arrangerer konferanser om universell utforming av XR-teknologien (XR Access 2019, 2020, 2021).

For mennesker med fysiske funksjonsnedsettelse finnes det alternative hardware løsninger, og spesielt alternative inputkontrollere som for eksempel Stinky Board, MMO mouse eller fotpedaler (Wong, Gillis, and Peck 2017). I tillegg finnes det noen enkelte programvarer som er tilrettelagt mennesker med funksjonsnedsettelse som for eksempel WalkinVR Driver for mennesker i rullestol eller programmeringsbiblioteker for øyesporing ("gaze detection") som gjør det mulig å navigere og bevege seg i den digitale verden uten manuell input (Mott et al. 2019; Wong, Gillis, and Peck 2017; XR Access Initiative 2020). Mange brukere har funnet spontane og hjemmelagde løsninger for å kompensere for individuelle problemstillinger (Wong, Gillis, and Peck 2017). For svaksynte mennesker finnes det et bibliotek, SeeingVR, som kan enten brukes som add-on på et ferdig produkt eller integrert i utviklingsfasen (Zhao et al. 2019). SeeingVR tilbyr ulike verktøy som for eksempel en digital lupe eller en kontrastforsterker som gjør den visuelle informasjonen mer tilgjengelig og brukervennlig.

Det mangler standarder, retningslinjer og best-case eksempler som kan hjelpe utviklere og designere til å lage tilgjengelige og brukervennlige XR-applikasjoner. Slike standarder og retningslinjer er kjent fra andre områder innen IKT som for eksempel Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) for nettsider (World Wide Web Consortium (W3C) 2008, 2018). Disse retningslinjene beskriver problemstillinger og barrierer for mennesker med ulike type funksjonsnedsettelse og gir konkrete løsninger med eksempler for hvordan utviklere kan unngå barrierene eller tilby alternativer for at informasjonen blir tilgjengelig på en annen måte. Et eksempel for dette er at knapper skal ha merkelapper eller at bilder har en alt-tekst som er lesbare med en skjermleser. Fordelen med slike retningslinjer er at utviklere og designere har noe de kan forholde seg til, samtidig at myndigheter og brukerorganisasjoner har en målestokk eller evalueringsgrunnlag de kan bruke for å måle tilgjengelighetsnivå av et produkt. I tillegg har WCAG blitt en del av norsk lovgivningen som krever at alle nettløsninger og digitale læremidler rettet til offentligheten følger WCAG retningslinjene for å tilfredsstille et minimalt krav til universell utforming (Kulturdepartementet 2017; Kommunal- og moderniseringsdepartementet 2013). Slike retningslinjer har vist seg å være et mektig verktøy for å innføre universell utforming ved at myndigheter og institusjoner begrenser utformingsalternativer for utviklere til et forhåndsbestemte sett eller ved å fremme en standardhandling (Giannoumis 2019). I tillegg kan lovgiveren innføre juridiske forpliktelser i praksis ved å bruke et system med revisjon og sertifisering av slike tilgjengelighets- og brukervennlighetsstandarder (Giannoumis 2019).

Tilsvarende retningslinjer eller best case eksempler mangler for XR-teknologien. Selv om det finnes individuelle beskrivelser for barrierer og anbefalinger for mennesker med ulike

1. kognitive (Normand 2016; Wong, Gillis, and Peck 2017; Mott et al. 2019; VanFossen 2019; World Wide Web Consortium (W3C) 2020; XR Access Initiative 2020; Elor and Ward 2021; Gonzalez 2021; McGrath 2021),
2. sensoriske - både til å se, høre eller føle - (Normand 2016; Wong, Gillis, and Peck 2017; Mott et al. 2019; VanFossen 2019; World Wide Web Consortium (W3C) 2020; XR Access Initiative 2020; Elor and Ward 2021; Gonzalez 2021; McGrath 2021), (3.)
3. stemmerelaterte (Normand 2016; Wong, Gillis, and Peck 2017; VanFossen 2019; World Wide Web Consortium (W3C) 2020; XR Access Initiative 2020; Elor and Ward 2021) og
4. bevegelsesrelaterte - både mobilitetsrelaterte og motoriske (Normand 2016; Wong, Gillis, and Peck 2017; Mott et al. 2019; VanFossen 2019; World Wide Web

Consortium (W3C) 2020; XR Access Initiative 2020; Elor and Ward 2021; Gonzalez 2021; McGrath 2021)

funksjonsnedsettelse, så mangler det en universell og fullstendig beskrivelse av eksisterende barrierer og foreslåtte løsninger som dekker mange ulike funksjonsnedsettelse og deres behov (Elor and Ward 2021; Mott et al. 2019).

W3C har begynt med å lage et utkast som inneholder krav og behov til mennesker med funksjonsnedsettelse og foreslår løsninger for å møte disse utfordringene i utviklingen (World Wide Web Consortium (W3C) 2020). Utkastet likner tidligere utgaver til WCAG retningslinjene og er per dags dato ikke fullstendig og universelt (World Wide Web Consortium (W3C) 2008, 2018). Ut over dette finnes det en del andre retningslinjer og standarder fra andre områder innen IKT som har forslag som er like relevante og aktuelle for XR. Dette gjelder for eksempel førstnevnte WCAG retningslinjene og retningslinjer for videospill (Ellis et al. 2013).

3. Hva sier representanter fra den private og offentlige sektoren om XR-teknologi i norske skoler?

For å sammenlikne de teoretiske funnene med de praktiske forholdene i Norge gjennomførte vi 3 fokusgruppeintervjuer med 12 deltakere. Deltakerne var representanter fra næringslivet som produserer innhold rettet mot grunnskoler og trening, pedagoger og lærere, beslutningstakere og ansvarlige fra skoler og kommuner for koordinering og implementering av læreplanen og representanter fra brukerorganisasjoner som representerer personer med dysleksi, personer med synshemninger, personer med hørselshemninger. Under intervjuene ba vi deltakerne til å dele sine erfaringer og meninger om XR-teknologien med fokus på dens fordeler, ulemper, universell utforming, barrierer og løsninger for selve barrierene, og om teknologiens behov for framtidige prosjekter eller forskning.

3.1. Muligheter

XR er først og fremst et opplevelsesbasert læringsverktøy.

XR kan tilby opplevelser man ellers ikke hadde fått til. Slike opplevelser kan være reiser til ulike geografiske steder eller steder som har eksistert i fortiden. Ofte kan det være for dyrt eller upraktisk å gjennomføre slike reiser i virkeligheten, eller det er umulig å reise til disse stedene til å begynne med. Vi kan for eksempel ikke reise til antikkens Roma eller Nord-Korea. I tillegg kan elevene oppleve ting i XR som er veldig store som planeter og solsystemer, samtidig som de kan oppleve ting som er veldig små som atomer og molekyler.

Med andre ord er det mulig for elevene å oppleve pensumet presentert på en annen måte. Det er for eksempel mulig å inkludere spillelementer i opplæringen og slike opplevelser som vi nevnte ovenfor. I mange sammenheng har det vist seg at elevene ble mer engasjerte i den altomsluttende virkeligheten. Dette engasjementet kan bidra til at mange barn har lyst til å holde på med et emne lengre enn hvis de ikke hadde brukt XR-teknologi.

XR kan løfte et emne i en mer praktisk retning.

Med XR er det mulig å visualiser abstrakte idéer, konsepter og sammenhenger. Det er for eksempel mulig å betrakte objekter som elevene tidligere har utviklet på datamaskinen. Eller det er mulig å vise hvilke ulike deler den menneskelige kroppen består av og hvordan disse delene spiller sammen. I den virtuelle verden kan eleven se på en virtuell representasjon av disse ellers abstrakte konseptene.

I tillegg kan opplevelser i XR-brillene deles med læreren og medelevene på stor- eller dataskjerm. Dette er enklere for AR og trenger en del rigging for MR og VR. På denne måten er det mulig å gjøre refleksjoner som ikke kan gjøres flatt, enten underveis eller i etterkant med hjelp av et videoopptak. Skolene vi har snakket med sa at mange elever og lærere kommer ut fra den virtuelle verden med et helt annet inntrykk og opplevelser enn de har hatt uten XR.

XR er godt egnet til å komplementære tradisjonelle læremidler.

Den nye læreplanen råder skolene til å anskaffe flere digitale læremidler, samtidig som forskningssjefer, politikere, og skoleledere i kommunene ønsker at ikke alt blir digitalt. De ønsker ikke at skolene skal kun bruke digitale læremidler, men ønsker heller en kombinasjon av det digitale verktøyet og den fysiske læreboka. I dette konseptet skal XR-teknologien ikke erstatte tradisjonell læring, men tilføye et nytt element. Med andre ord er XR en ny mulighet for å tilegne seg læring i kombinasjon med det kjente.

Dessuten er XR-teknologi i sin nåværende utforming best egnet når det blir brukt sammen med tradisjonelle læremidler. Et eksempel er en lærebok som blir til en popup-bok med hjelp av AR. Det finnes mange ulike grunner hvorfor XR ikke kan brukes av enkelte elever eller i ulike situasjoner som vi diskuterer nedenfor og det er derfor viktig at lærerne har alternativer for å formidle læringsinnholdet gjennom ulike virkemidler.

XR kan bidra til å forbedre digitale ferdigheter til barn.

Forskning viser at minst 90% av jobbene i dag krever grunnleggende digitale ferdigheter samtidig som mellom 35 og 45 % av den europeiske befolkningen mangler slike grunnleggende digitale ferdigheter (European Court of Auditors (ECA) 2021; European Commission (EC) 2020). Den europeiske unionen (EU) har satt som mål å øke andel mennesker med minst grunnleggende digitale ferdigheter til 70% i 2025 (European Court of Auditors (ECA) 2021). Digitaliseringen krever at befolkning har bedre digitale ferdigheter generelt og i ulike teknologier.

XR-applikasjoner er en konsekvens av denne digitaliseringsprosessen. XR-teknologi har blitt rimeligere og mer moden i løpet av de siste årene, og det ser ut som om XR-teknologi blir mer og mer brukt i flere ulike sammenheng. Samtidig blir samfunnet og skolene mer og mer digitale. Koronapandemien tok fram mye av dette digitaliseringsarbeidet, der skolene var nødt til å bruke digitale løsninger som videokonferansesystemer for å gjennomføre hjemmeundervisning. XR-teknologien er en naturlig del av den nye digitale verden og det er viktig at skolene bygger ut kunnskap og kompetanse innenfor denne teknologien.

XR kan løfte læringserfaring i elevene.

Mange elever kan oppleve at XR er noe nytt og spennende. De blir da ekstra motiverte og engasjerte. Læringen er da ikke bare noe de må gjøre, men noe som de ønsker å gjøre. I tillegg kan de realistiske opplevelsene elevene har gi dem inspirasjon for kreative oppgaver som for eksempel tekstskrivning. For denne oppgaven kan elevene reise til et sted i den virtuelle verden de skal skrive om for å oppleve stedet gjennom sansen sine. Ofte blir det enklere å skrive gode tekster om stedet etterpå siden de har sett og hørt hvordan det er å være der..

XR kan støtte de svakeste elevene med lærevansker og andre utfordringer.

XR er ofte godt egnet til å hjelpe elever som har konsentrasjonsvansker eller andre kognitive utfordringer. Det finnes for eksempel en del gutter i en viss alder som ikke klarer å sitte stille og som tjener godt av å gå inn i den virtuelle verden. Der blir det enklere å holde fokus når de har noe å fingre med. Det er som om de sitter i sin egen boble der de er skjermet av utvendige distraksjoner. For disse og andre elevene har det ofte vist seg at XR kan forbedre konsentrasjon. I andre tilfeller har XR vist å hjelpe elever med autisme eller sosial angst. Det fins også eksempler der XR-teknologi kan motivere barn med Down syndrom til å bevege seg mer.

XR kan invitere til alternative læringsprosesser og passer godt inn i fagfornyelsen.

XR som læremiddel kan både utfordre standard læring og invitere til alternative læringsprosesser, samtidig som den er godt egnet for de nye læreplanene.

På den ene siden er infrastruktur en stor barriere som hindrer bred innføring av XR-teknologi i norske skoler som nevnt nedenfor. For å ta teknologien i bruk, må pedagogene og ansvarlige i kommunene lære seg nye arbeidsstrukturer. Det kreves at lærerne jobber på en annen måte og ta i bruk annerledes arbeidsprosesser. Denne omstillingsprosessen koster tid og man må være tålmodig, samtidig som det lønner seg å satse på disse nye arbeidsstrukturer og -prosesser for å forberede skolene til fremtidens undervisning og samfunn.

For det andre passer undervisning med en ny teknologi som XR godt inn i fagfornyelsen. Utdanningsdirektoratet har for eksempel definert utvikling av digital kompetanse som formål i de nye læreplanene (Utdanningsdirektoratet (Udir) 2020, 2018). I tillegg legges det vekt i den nye læreplanene at elevene utvikler skaperglede, engasjement og utforskertrang (Utdanningsdirektoratet (Udir) 2019b).

Et eksempel alternative læringsprosesser som fremmer disse målene er den «algoritmiske tenkeren» introdusert av Utdanningsdirektoratet (Utdanningsdirektoratet (Udir) 2019a). Den sier at elever skal lære seg og problemer på en systematisk måte ved å «tenke som en informatiker» (Utdanningsdirektoratet (Udir) 2019a). I algoritmisk tenkning skal eleven lære seg ferdigheter knyttet til dekomposisjon, logikk, algoritmer, mønstre, abstraksjon og evaluering. Arbeidsmåter framhevet i algoritmisk tenkning er å fikle, skape, feilsøke, utholde

og samarbeide. I andre ord blir elevene motiverte til å prøve og feile, fikle med ting, feilsøke, starte på nytt og ikke gi seg. XR-teknologi er godt egnet for denne arbeidsmåten fordi den kombinerer ny teknologi med innovative måter for interaksjon, presentasjon og omslutning. For å lykkes med XR-teknologi og algoritmisk tenkning, bør læreren velge å slippe elevene fri. Både elevene og lærerne bør være klar over at det er lov å prøve og feile. Enhver lærer kan ikke vite alt om både innholdet og teknologien og det er ok man ikke blir ferdig med et tema. Den nye læreplanen understreker at det dreier seg om å lære seg nye prosesser.

3.2. utfordringer

På den andre siden har XR-teknologi visse pedagogiske, tilgjengelighets- og brukervennlighets-relaterte, kompetanse- og aksept-relaterte, strukturelle og økonomiske utfordringer.

Det mangler et bredt pedagogisk tilbud tilpasset norske skoler.

Selv om det finnes en del norske bedrifter som samarbeider med Statped eller Udir for å utvikle applikasjoner som er tilpasset norske forhold, mangler det fortsatt tilbud som dekker hele spekteret av de norske læreplanene. Bedrifter som utvikler i Norge i dag, er stort sett små gründerbedrifter med begrenset kapasitet og ressurser som fokuserer arbeidet sitt på noen få områder. Noen lærere har funnet kreative løsninger til å gjenbruke eksisterende programvarer for undervisningen sin. Det er for eksempel mulig å bruke Google Expeditions, nå Google Arts & Culture (Google Arts & Culture 2021), i skriveoppgaver ved å la elevene reise til et sted de skal skrive om. En annen utfordring med utenlandske programvarer er at de ofte ikke passer til norsk skoleplan. Utdanning er veldig forskjellig fra land til land, og en programvare som er laget i Storbritannia eller USA vil kanskje ikke passe til det som blir undervist i Norge. I tillegg er disse programvarene ofte utviklet på engelsk som kan være krevende for elever og lærere som ikke er veldig sterke i dette fremmedspråket.

XR-teknologi mangler universell utforming og er ikke godt nok tilrettelagt for elever med funksjonsnedsettelse og andre behov.

Dette gjelder spesielt barn med visuelle, auditive, fysiske og kognitive funksjonsnedsettelse. Headsettet kan være utfordrende for elever med briller eller små hoder. Ofte er det ikke mulig å tilpasse øyeavstanden. Dette kan føre til at headsettet blir ubekvent og barn vegrer seg til å bruke den. I andre tilfeller kan barn bli bilsyke når de bruker XR-utstyr.

Spesielt svaksynte elever møter tydelige barrierer når de bruker XR. For det første er det ofte for mye fokus på den visuelle opplevelsen uten at man har en tilsvarende opplevelse gjennom det auditive. Det mangler for eksempel auditive beskrivelser av det som skjer i den virtuelle verden. For det andre kan menyer og grensesnittet generelt være for utilgjengelig for svaksynte ved at skriften blir for små, kontraster er for dårlige eller bakgrunnen er for urolig. Noen ganger er det ikke tydelig hvor brukeren kan finne knappen for å starte programvaren. For det tredje er mange programvarer ikke kompatible med skjermleser som brukes av svaksynte og blinde til å lese høyt tekst som vises på skjermen.

For hørselshemmede kan det være en utfordring at øretelefoner eller headsettet ikke kan brukes sammen med et høreapparat eller noe tilsvarende. Barn med lesevansker kan ha

vanskeligheter til å lese tekst i den digitale verden og elever i rullestol kan bli så engasjert og involvert i en applikasjon at de faller fra rullestolen. Barrierer som disse kan hindre elever med nedsatt funksjonsevne til å bruke XR-teknologi, enten delvis eller fullstendig. Hvis lærere da velger å bruke XR-teknologi i undervisningen kan dette utestenge noen elever som allerede har det tøft fra før. Noen elever kan da føle at den virtuelle verden blir nok et område de ikke kan være delta i og de står utenfor av.

En grunn for disse barrierene er ofte manglende bevissthet for og kunnskap om universell utforming kombinert med knallharde økonomiske krav blant utviklere. Samtidig er det lovfestet krav om at digitale læremidler er universelt utformet selv om loven ikke nevner XR-teknologien eksplisitt. Tidligere erfaring med nettsider har vist at det lønner seg for bedrifter å satse tidlig på universell utforming og allerede i utviklingsfasen. Etter at antidiskrimineringsloven ble utarbeidet for eksempel, var mange bedrifter og organisasjoner nødt til å anvende WCAG-retningslinjene på nettsiden deres, noe som kostet ekstra tid og penger for de bedriftene som implementerte dem i etterkant. Å gjøre nettsiden tilgjengelig og brukervennlig allerede i utviklingsprosessen, er derimot vesentlig billigere og enklere.

En annen grunn for disse barrierene er at det mangler retningslinjer, standarder og best-case eksempler. Mangel av slike retningslinjer er nok en grunn for at mange bedrifter velger å ikke prioritere universell utforming. Som nevnt ovenfor er mange XR bedrifter i Norge nokså små og er nødt til å prioritere produksjon av innhold. For å tilfredsstille kunden sikter mange bedrifter på «folk flest» fordi denne tilnærmingen treffer så mange som mulig. Dette kan føre til at elever med spesielle behov ikke er ivaretatt av en løsning som er utviklet for en gjennomsnittlig elev. Noen bedrifter som ønsker å møte barn med funksjonsnedsettelse, rapporterer at de rett og slett ikke har ressurser nok til å utvikle løsninger universelt utformet.

I tillegg blir det å finne løsninger for barrierer en ekstraoppgave som mange oppdragsgivere eller investorer ikke er villige til å betale. I andre IKT-områder finnes det derfor mange retningslinjer som beskriver løsningsmetoder og -strategier for bygge ned vanlige barrierer. WCAG-retningslinjene for eksempel beskriver hva slags fargekontrast er tilgjengelig for svaksynte, hvordan undertekster kan integreres for å hjelpe hørselshemmede eller hvordan man kan organisere og strukturere informasjon for å hjelpe mennesker med kognitive utfordringer. Det bør pekes ut at selv om mange i industrien synes at det er viktig med flere eksempler og retningslinjer, er det også viktig å ikke sette for mange krav på utviklerne. Dersom bedrifter ble opplagt for mange bestemmelser, kan det ha som konsekvens at utviklingen blir for ulønnsomt og at bedriftene fokuserer på utvikling i det private i stedet. Det ville hatt som konsekvens at den offentlige skolesektoren mister viktig kompetanse som kreves for å utvikle gode pedagogiske løsninger.

Det eksisterer en viss skepsis blant noen lærere.

En viss andel av lærerne har teknologiangst eller -skepsis overfor denne nye teknologien. XR-teknologien er ofte ukjent og kan virke komplisert, kompleks og skummel i begynnelsen. Det er ikke uvanlig at noe går galt eller at man gjør noen feil i begynnelsen. Mange lærere kan mene at det er for mange praktiske og tekniske usikkerheter ved teknologien. Noen lærere kan da være redde for å miste ansiktet foran klassen. Andre lærere kan føle at de mister kontroll og at XR-teknologien tar over rollen deres som pedagog. Det er ofte

nyutdannet lærere som er minst redde for denne teknologien, mens eldre føler seg utfordret i sin rolle som de har hatt i mange tiår. Yngre lærere er kanskje litt mer villige til å prøve ut nye ting, og prøve og feile selv om ting går galt i mellomtiden. Samtidig bør det også pekes ut at det finnes mange eldre lærere som har tatt ansvar for XR-prosjekter og som blant annet har lært seg programmering for ulike XR-plattformer.

På den andre siden mangler det kompetanse med den nye teknologien og noen generelle digitale ferdigheter blant mange lærere. XR er en nokså ny teknologi som fortsatt utvikler seg ganske raskt når det gjelder utstyr and programvare. Som nevnt ovenfor kan teknologien virke kompleks og vanskelig i begynnelsen. Det koster tid og ressurser for å lære seg om hvordan man setter opp systemet, innstiller og tilpasser utstyret, kontrollerer programvaren og navigerer i den digitale verden. Som nevnt ovenfor er det ofte også nødvendig å tilpasse eksisterende programvarer til læreplanen. Dessuten har lærerne allerede mange ulike oppgaver til å begynne med. Ofte er det ikke mulig å lære seg om denne nye teknologien under skoledagen og det forventes at lærerne øver seg opp i XR-teknologien i framtiden.

Det mangler en tilfredsstillende infrastruktur for XR-teknologien i skolene.

XR har per i dag ingen institusjonell forankring i grunnskolene. Det finnes ingen nasjonalt senter eller liknende som kan støtte lokale og regionale skoler i å komme i gang med prosjekter. Et eksempel for dette er et regionalt senter, DigTekLab, på Notodden som er knyttet til Universitetet i Sørøst-Norge (Universitetet i Sørøst-Norge (USN) 2018). Mange skoler er avhengige av noen få ildsjeler som får fram XR-prosjekter. Når disse ildsjelene forsvinner, forsvinner deres prosjekter også. I tillegg er den praktiske og tekniske infrastrukturen for XR-teknologien ikke tilpasset norske skolesystemer. Oculus Quest II krever for eksempel at man har en privat Facebook-profil for å logge seg inn i applikasjonen. Mange skoler har da valgt å lage noen «tulle profiler» som kun brukes for å logge seg inn i applikasjonene. Noen AR og VR applikasjoner gjør det mulig å koble applikasjonen til FEIDE, men det er ingen standard i dag enda. For å ha en god integrasjon i norske skoler kreves det for eksempel en universell kobling til FEIDE eller andre eksisterende systemer. I tillegg kan betalingssystemet ofte ikke knyttes til de økonomiske systemet som finnes på skolene. Det fører i noen tilfeller til at lærerne må betale fra egen lomme før de får erstatning fra skolen.

Det finnes noen økonomiske utfordringer knyttet til anskaffelse av XR-teknologi

Noen skoler kan ha en krevende økonomi, samtidig som det finnes store økonomiske og sosiale forskjeller mellom skoler i hele landet. For å kunne sette i gang med XR, må skolen ofte investere i teknisk utstyr først. Noen skoler har et romslig budsjett og klarer å investere i den nye teknologien, mens andre skoler har knapt nok penger for å kjøpe tradisjonelle læremidler. I tillegg finnes det ingen faste støtteordninger for å finansiere XR-utstyr. Skolene må da enten bruke midler fra det løpende budsjettet, søke om midler fra kommunale eller nasjonale kilder som for eksempel Udir, eller finne eksterne samarbeidspartnere i næringslivet. Noen skoler for eksempel har fått støtte fra lokale bedrifter eller banker. Det kan være utfordrende å finne finansiering for prosjekter i grunnskoler, mens det blir enklere å

skaffe midler for prosjekter i videregående skole. Utover det krever XR-teknologi ofte at man betaler lisenser til leverandøren. Oculus Quest II tilbyr for eksempel bedriftsløsninger, men de er ofte for dyre for norske skoler (Meta Quest 2021a). I en nyhetsmelding ble det kungjort at Oculus Quest ikke lenger krever innlogging via Facebook lenger (Moore 2021).

4. Diskusjon og framtidige forskning

4.1. Sammenlikning mellom litteraturen og intervjuene

I våre samtaler med representanter fra den offentlige og private sektoren i Norge fant vi mange fellestrekk med den internasjonale forskningen, samtidig som vi observerte en større vekting på pedagogiske, kompetanse og økonomiske behov.

For det første observerte vi en stor interesse blant deltakende lærere for teknologien. Dette var ikke noen overraskelse siden vi kontaktet bevisst lærere som allerede har gjennomført eller ønsket å gjennomføre XR-prosjekter ved skolene sine. Med andre ord representerte deltakende lærerne ildsjeler som ønsker å få fram denne teknologien i norske skoler. Et gjennomgående tema blant disse representantene var behov for forskning og utvikling som synliggjør pedagogiske muligheter, fordeler, ulemper og begrensninger i et nasjonalt sammenheng. De fleste var enige i at XR-teknologien kan bli mer og mer integrert i det digitale klasserommet så lenge man finner gode løsninger for pedagogisk integrasjon og bedre universell utforming av teknologien. Mange synes at det trenges først og fremst tid og tålmodighet for å lykkes med XR-teknologien i skolene.

Samtalene bekreftet de viktigste punktene som vi utarbeidet under litteratursøket, samtidig som deltakerne satt egne tyngdepunkter. Mens forskningen fokuserer mye på effektene, teoretiske konsepter og generelle barrierer, var lærerne mest opptatte med praktiske og økonomiske utfordringer, samtidig som brukerne med funksjonsnedsettelse understrek den manglende universelle utformingen av XR-teknologien.

For det første kan teknologiskepsis og -angst kombinert med manglende digital kompetanse og erfaring med denne teknologien føre til at noen lærere er motvillige til å prøve ut eller etablere XR-prosjekter i skolene. Utfordringer til kompetanse og vanskelighetsgraden ved å komme i gang med og sette opp XR-utstyr ble også nevnt i noen artikler, men ikke satt i søkelys på lik linje som andre utfordringer. I mange skoler derimot kan det virke som om den manglende aksepten blant lærerne for teknologien er en betydelig snublestein for å integrere XR-teknologi i timeplanen. Det er vanskelig å etablere en teknologi som er stort sett ukjent for dem som skal etablere den. Noen deltakere understreker at det er viktig å utvikle strategier for den gjennomsnittlige læreren. Det vil alltid finnes noen lærere som ikke kan eller ønsker å bruke XR-teknologien av ulike grunner. For disse lærere må det være mulig å fortsatt satse på tradisjonelle analoge læremidler.

For det andre kan økonomiske utfordringer kombinert med strukturelle restriksjoner forhindre at interesserte og engasjerte lærere klarer å gjennomføre XR-prosjekter i skoler. Det er kjent at noe XR-teknologi kan koste mye penger, spesielt når det gjelder MR og VR, og det er en betydelig utfordring som ikke kan overses. Mange skoler har et stramt budsjett, og

XR-teknologi må da konkurrere med andre læremidler. Ofte er allsidighet av teknologi viktigere enn potensielle alenestående gevinster. Det vil si at mange skoler vil prioritere teknologier som kan brukes til mange forskjellige formål i ulike setninger framfor XR-teknologi som kan intensive resultater begrenset til noen få områder og ikke for alle elevene. Noen deltakere derimot understreker at digitaliseringen er allerede underveis, og XR-teknologien er en del av denne prosessen. For å kunne lykkes med en ny teknologi, må man alltid investere i nytt utstyr i begynnelsen.

For det tredje understreker representanter for mennesker med nedsatt funksjonsevne at XR-teknologien må bli mye mer tilgjengelig og brukervennlig for at de kan anbefale teknologien for sine brukere. Manglende universell utforming blir også nevnt i litteraturen, og brukerorganisasjonene belyser problemstillingen fra en mer praktisk side. De påpeker at dersom universell utforming av teknologien ikke blir til et prioritert, kan den virtuelle verden bli til enda et område der mennesker med funksjonsnedsettelse blir ekskludert og ikke kan delta i.

4.2. Behov for framtidige forskning

Utifra de observasjonene vi har presentert ovenfor, vil vi gi fem forslag for fremtidig forskning. For at XR blir mer tilgjengelig for norske skoler, må vi løse utfordringer rundt infrastruktur, pedagogiske muligheter, kompetanse og aksept, økonomi og universell utforming.

4.2.1. Pedagogiske forskningsbehov

Vi har behov for å synliggjøre de pedagogiske mulighetene som XR-teknologier kan tilby.

Vi trenger mer forskning rettet mot bruk av XR-teknologien i norske skoler. Det mangler for eksempel forskning som måler konkrete resultater som læringsutbytte og langtidseffekter ved teknologien i norske skoler. En slik forskning bør også synliggjøre utbytte av teknologien og mulige synergier («curb-cut effekten»). Curb-cut effekten beskriver fenomenet at en funksjon som ble utviklet til å hjelpe en gruppe, samtidig øker tilgjengelighet og brukervennlighet for en annen gruppe eller folk flest (heyderian). Et eksempel er undertekster som er først og fremst rettet til hørselshemmede, samtidig som de kan hjelpe mennesker med kognitive vansker, mennesker med minoritetspråklig bakgrunn eller mennesker som oppholder seg i støyete områder.

Vi trenger dessuten forskning for integrasjon av XR-teknologien med læreplanen i kombinasjon med analoge læremidler. De fleste lærere, utviklere og beslutningstakere er enige i at digitale teknologi ikke kan eller skal erstatte analoge virkemidler. Dette gjelder også XR-teknologien. Det er derfor viktig og undersøkte hvor og hvordan XR-teknologien best kan integreres i læreplanen. I tillegg bør det undersøkes for hvilke grupper teknologien passer best. Noen elever foretrekker XR-teknologi, mens andre elever mer tradisjonelle læremidler. Forskningen bør da også utarbeide løsninger som gjør det mulig å bruke begge metodene samtidig. Man trenger flere applikasjoner på norsk som passer til læreplanen. Man bør integrere XR-teknologien i den nye læreplanen for eksempel til undervisning i programmering, osv. Det bør være enklere å redigere eller tilpasse applikasjoner til pedagogenes behov og læringsstil.

4.2.2. Behov til universell utforming

Vi har behov for å bygge ned barrierer for elever med nedsatt funksjonsevne for å gjøre XR-teknologien mer tilgjengelig og brukervennlig samtidig som vi øker universell utforming av denne teknologien. Dette kan gjøres ved å fokusere på brukerinvolvering, identifisere barrierer, utvikle løsninger for disse barrierene, utarbeide retningslinjer og best-case eksempler og evaluere effektene for å få fram standardisering av universell utforming.

Brukerinvolvering er et viktig verktøy for å øke universell utforming av et produkt. Det betyr at vi trenger et tett samarbeid mellom bedrifter og brukere med funksjonsnedsettelse. Dette kan gjøres gjennom for eksempel brukertester, fokusgrupper og spørreundersøkelser. Elever med spesielle behov kan synliggjøre barrierer og hjelpe med å finne løsninger som fungerer best på ulike grupper. Parallelt til denne brukerinvolveringen bør det også utvikles evalueringsmetoder og -verktøy som kan brukes til å måle i hvor vidt en XR-applikasjon eller -redskap er tilgjengelig, brukervennlig og universelt utformet sammenliknet med andre applikasjoner eller redskap.

Som nevnt er et av formålene til brukerinvolvering å identifisere barrierer som er relevante for bruk av XR-teknologi i skolene. En kartlegging av slike barrierer vil hjelpe med å synliggjøre utfordringer og gjøre det mulig å utvikle løsningsstrategier som gjør XR-teknologien mer tilgjengelig og brukervennlig. Det bør fokuseres på barn med både kognitive, visuelle, auditive og/eller fysiske funksjonsnedsettelse. En slik kartlegging bør også inkludere en evaluering av begrensningene til XR-teknologi. Det finnes for eksempel situasjoner der XR-teknologi ikke bør brukes og man bør definere områder der tradisjonelle læremidler er bedre egnet til undervisning.

Et annet formål ved brukerinvolvering er å utarbeide løsninger for de undersøkte barrierene. Det er elever med funksjonsnedsettelse som vet best hva som fungerer for dem og hva som er komfortabel å bruke. I tillegg har slike elever og brukere innsikt i andre hjelpemidler som for eksempel skjermlesere eller høreapparater, som de ønsker å ha integrert i de digitale løsningene. Løsninger for mennesker med visuelle funksjonsnedsettelse bør være et fokus siden XR-teknologien er per i dag et nokså visuelt medium.

Dessuten er det viktig å utvikle og støtte standardiseringsprosessen av universell utforming av XR-teknologien. Vi trenger å utarbeide retningslinjer og best-case eksempler som bedrifter kan bruke for å lage tilgjengelige og brukervennlige applikasjoner. Disse retningslinjene bør inkludere eksempler med konkrete forslag og kildekode som viser hvordan utviklere kan bygge ned barrierer. Dessuten kan disse retningslinjene brukes av brukerorganisasjoner, skoler, kommuner og myndigheter til å evaluere og bestemme nivå av universell utforming av flere XR-alternativer ved anskaffelsen og lovgiveren kan bruke retningslinjene som referanse for å definere minstekrav som utviklere skal følge.

Til syvende og siste trenger vi evalueringsmetoder og -verktøy som måler tilgjengelighets- eller brukervennlighetsnivået av et gitt XR-system. En slik metode eller verktøy skal gi et tydelig svar om hvor godt universelt utformet en konkret programvare eller utstyr både generelt og for ulike brukergrupper individuelt. En slik metode eller verktøy kan hjelpe brukerorganisasjoner, kommuner og offentlige etater gi støtte for anskaffelsesprosesser ved å identifisere den løsningen som er mest universelt utformet. I tillegg kan denne metoden

eller verktøyet hjelpe bedrifter i utvikling og testing. En annen grunn for å evaluere effekter og nivå av universell utforming er å synliggjøre gevinster og synergier i andre områder enn en gitt løsning var utarbeidet for («curb-cut effekt»). Ved å forbedre lydopplevelse i den virtuelle verden for blinde og svaksynte for eksempel, vil man kanskje også observere forbedringer for elever med kognitive funksjonsnedsettelse og for elever generelt. En annen utfordring som allerede er en utfordring i Norsk skole, men som blir enda viktigere i forhold til bruk av XR-teknologi, er dette å sikre at alle barn og unge som har vanlige synsproblemer som kan korrigeres med brille og/eller kontaktlinser, får regelmessige synsundersøkelser og den korreksjonene de trenger.

4.2.3. Infrastrukturbehov

Vi har behov for å skape infrastruktur som passer til de individuelle skolesystemene.

Denne infrastrukturen må tilby praktiske løsninger for vanlige utfordringer som for eksempel innlogging eller betaling, rigging og oppsetting. Det bør for eksempel utvikles et universelt innloggingssystem for AR-, MR- og VR-systemer basert på FEIDE eller noe tilsvarende. Samtidig bør det utvikles betalingsystemer for lisenser som kan enkelt integreres i skolens økonomiske administrasjon. Mange av problemene som lærerne kan ha med å sette opp eller rigge teknisk utstyr er like på tvers av skolene. Det bør derfor utvikles en veileder med råd om hvordan skoler som ønsker det kan sette i gang med XR-teknologien. Denne veilederen bør inneholde en oversikt over mulige AR, MR, eller VR teknologier samt konkrete utstyr, forklare hvordan lærerne kan sette opp teknologien både fysisk og relatert til programvare, gi grunnleggende instruksjoner om grunnleggende funksjoner som innstillinger eller kontrollere, osv. Det er viktig å samarbeide så tett som mulig med lærere for å identifisere konkrete utfordringer og praktiske behov for en slik veileder.

4.2.4. Kompetanse- og akseptbehov

Vi har behov for å ufarliggjøre XR-teknologien, samtidig som vi har behov for å styrke pedagogenes og myndighetens kompetanse med XR-teknologiene.

Det er viktig å bekrefte læreren i sin rolle som pedagog. XR-teknologien er ikke ment til å erstatte tradisjonelle læremetoder, men til å komplementære analoge og andre digitale læremidler. Det er viktig å klargjøre at det er alltid læreren som sitter ved rattet og at det er han/hun som velger når XR-teknologi passer i undervisning og hvilken teknologi som passer best til et gitt formål. For å gjøre lærerne kjente med teknologien kan det være nyttig å gi skolene muligheten til å leie ut utstyr først slik at de kan teste verktøyene med noen enkelte spill. Det kan for eksempel lønne seg å spille et spill som Beat Saber for å bli vant med hvordan man navigerer i og interagerer med den digitale verden. Å bli kjent med XR-teknologien kan gjøres gjennom for eksempel lokale, regionale og nasjonale viten-, kunnskaps- eller teknologisentre. I slike sentrene kan det innredes faste AR, MR og VR installasjoner som individuelle klasser eller enkelte lærere kan reise til for å bli kjent med teknologien. I tillegg kunne sentrene tilby besøk på individuelle skoler eller tilby opplæring og kursing til lærerne i fri- eller arbeidstid. Denne opplæringen bør være del av en omfattende strategi for å øke den generelle kompetansen til pedagoger.

4.3.5. Økonomibehov

Vi har behov for å avklare økonomiske spørsmål rundt anskaffelse av både utstyr og innhold for XR-teknologien

Spesielt MR-utstyr kan være nokså dyrt, mens mange AR-prosjekter kan gjennomføres med nokså enkelte og rimelig måter ved å satse på eksisterende utstyr som for eksempel mobiler, nettbrett, osv. Dersom skoler satser på nyanskaffelser, kan det være nyttig å utarbeide konkrete råd for hvordan skoler kan skaffe de nødvendige finansieringsmulighetene. En mulighet kan være gjennom prioritering i løpende budsjett. Det kan også søkes om prosjektfinansiering fra offentlige myndigheter og etater som Udir eller kommunene. I noen tilfeller kan det også være nyttig å kontakte samarbeidspartnere eller sponsorer fra næringslivet som for eksempel lokale sparebanker eller middels store bedrifter. Dersom skoler satser på å gjenbruke eksisterende teknologi, er det viktig å utvikle rådgivere som inneholder oversikt over hva slags utstyr som finnes i markedet og hvordan den kan brukes til ulike formål. Disse rådene bør også forklare begrensninger til ulike enheter og synliggjøre hvordan enhetene kan brukes i kombinasjon med andre digitale læremidler. En skole kan for eksempel ønske å bruke en datamaskin for AR i den ene klassen samtidig som de ønsker å bruke den for undervisning av programmering i den andre klassen. Det er da viktig å identifisere enheter som tilbyr begge mulighetene.

For alle disse mulighetene er det også viktig å adressere etiske, økonomiske og praktiske konsekvenser for den enkelte eleven. Som nevnt ovenfor kan det være store økonomiske forskjeller mellom individuelle skoler. En skole med god kontakt til næringslivet kan for eksempel har bedre forutsetninger til å skaffe seg dyrt MR-utstyr enn en skole i et område med lite industri og dårlige kontakter til næringslivet. Samtidig kan det være utfordrende å satse på at elever bruker sine egne enheter for bruk av for eksempel AR, siden noen elever kan komme fra familier som ikke har råd til å kjøpe en dyr AR-kompatibel smarttelefon til barnet sitt. Andre skoler kan nylig ha satset på nettbrett, mobiltelefoner eller datakyndige medarbeidere som ikke støtter eller har kompetanse om XR relatert programvare eller hardware. Det er viktig at alle barn i Norge får de samme mulighetene og sjansene i utdanningen for å lykkes i samfunnet uansett opprinnelse eller forholdene de vokser opp i.

5. Konklusjon

XR er en fremvoksende teknologi som har blitt brukt i grunnskoler for prosjekter innen realfag, språkopplæring, kunst, samfunnsfag og andre. XR tilbyr nye muligheter for visualisering, interasjon, sanseomslutning og engasjement. Den kan gi mange positive effekter knyttet til læringsutbytte, sosiale ferdigheter, selvbylde til eleven, følelsesmessige reaksjoner, motivasjon og engasjement, samtidig som den kan forbedre kognitive ferdigheter. På den andre siden har XR-teknologien økonomiske og fysiske, helserelevante, teknologiske, pedagogiske og redaksjonelle begrensninger, samtidig som det eksisterer betydelige barrierer for mennesker med funksjonsnedsettelse, spesielt for mennesker med visuelle og fysiske funksjonsnedsettelse.

XR-teknologien tilbyr store muligheter for norske skoler ved å løfte et emne i en mer praktisk retning, komplementære tradisjonelle læremidler, forbedre digitale ferdigheter, gi inspirasjon, motivasjon og engasjement, forbedre konsentrasjon, invitere til alternative læringsprosesser

og invitere til algoritmisk tekning. For å kunne frigjøre dette potensialet og for å gjøre XR-teknologien mer tilgjengelig for norske skoler, må vi løse utfordringer rundt infrastruktur, pedagogiske muligheter, kompetanse og aksept, økonomi og universell utforming.

6. Referanser

- Akçayır, Murat, and Gökçe Akçayır. 2017. "Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature." *Educational Research Review* 20 (February): 1–11.
- Andrews, Christopher, Michael K. Southworth, Jennifer N. A. Silva, and Jonathan R. Silva. 2019. "Extended Reality in Medical Practice." *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine* 21 (4): 18.
- Bacca Acosta, Jorge Luis. 2017. "Framework for the Design and Development of Motivational Augmented Reality Learning Experiences in Vocational Education and Training." Universitat de Girona. <https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/14459>.
- B. Kitchenham, S. Charters. 2007. "Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering."
- Clark, Jasmine, and Zack Lischer-Katz. 2020. "Barriers to Supporting Accessible VR in Academic Libraries," May.
- Eda, Avci. 10-2021. "Immersive Reality Technologies And The Future of Tourism Industry." *Dijital Gelecek Dijital Dönüşüm*, 91.
- Ellis, Barrie, Gareth Ford-Williams, Lynsey Graham, Dimitris Grammenos, Ian Hamilton, Jake Manion Ed Lee, and Thomas Westin. 2013. "Game Accessibility Guidelines." 2013. <http://gameaccessibilityguidelines.com/>.
- Elor, Aviv, and Joel Ward. 2021. "Accessibility Needs of Extended Reality Hardware: A Mixed Academic-Industry Reflection." *Interactions* 28 (3): 42–46.
- European Commission (EC). 2020. "Digital Economy and Society Index (DESI) Report 2020 - Human Capital." https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=67077.
- European Court of Auditors (ECA). 2021. "Review No 02/2021: EU Actions to Address Low Digital Skills." <https://www.eca.europa.eu/en/Pages/DocItem.aspx?did=58096>.
- Freina, Laura, and Michela Ott. 2015. "A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives." In *The International Scientific Conference Elearning and Software for Education*, 1:10–1007.
- Giannoumis, G. Anthony. 2019. "Implementing Web Accessibility Policy. Case Studies of the United Kingdom, Norway, and the United States."
- Gonzalez, Mike. 2021. "VR and AR Can Support Students with Special Needs." March 2021. <https://www.thegenius.ca/vr-and-ar-can-support-students-with-special-needs/>.
- Google Arts & Culture. 2021. "Google Arts & Culture." 2021. <https://artsandculture.google.com/>.
- Halbach, Till, and Joschua Thomas Simon-Liedtke. 2021. "Categories of User Impairment." In *IADIS International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction 2021 (part of MCCSIS 2021)*. <https://nr.brage.unit.no/nr-xmlui/bitstream/handle/11250/2766973/paper-preprint.pdf?sequence=1>.
- Hew, Khe Foon, and Wing Sum Cheung. 2010. "Use of Three-Dimensional (3-D) Immersive Virtual Worlds in K-12 and Higher Education Settings: A Review of the Research." *British Journal of Educational Technology: Journal of the Council for Educational Technology* 41 (1): 33–55.
- Heydarian, Carmel H. 2020. "The Curb-Cut Effect and Its Interplay with Video Games." Arizona State University.
- HTC. 2021. "VIVE Pro Full Kit." 2021. <https://www.vive.com/us/product/vive-pro-full-kit/>.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. 2013. "Forskrift Om Universell Utforming Av Informasjons- Og Kommunikasjonsteknologiske (IKT)-Løsninger

- (FOR-2013-06-21-732).” June 2013.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-21-732>.
- Kulturdepartementet. 2017. “Lov Om Likestilling Og Forbud Mot Diskriminering (likestillings- Og Diskrimineringsloven, LOV-2017-06-16-51).” June 2017.
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-51>.
- McGrath. 2021. “Universal Design for Learning - XR Accessibility.” 2021.
<https://udl.berkeley.edu/accessibility/xr-accessibility>.
- Meta Quest. 2021a. “Oculus For Business - Data Sheet.”
<https://business.oculus.com/products/software/>.
- . 2021b. “Oculus Quest 2.” 2021. https://www.oculus.com/quest-2/?locale=nb_NO.
- Milgram, Paul, and Fumio Kishino. 1994. “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.” *IEICE Transactions on Information and Systems* 77 (12): 1321–29.
- Miljøverndepartementet. 2007. “T-1468 B/E Universell utforming.” *Regjeringen. no*.
[regjeringen.no](https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/t-1468-universell-utforming/id493083/)
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/t-1468-universell-utforming/id493083/>.
- Moore, Bo. 2021. “Oculus Quest to Phase out Facebook Account Requirement.” *IGN Nordic*. October 28, 2021.
<https://nordic.ign.com/oculus-quest-1/50944/news/oculus-quest-to-phase-out-facebook-account-requirement>.
- Mott, Martez, Edward Cutrell, Mar Gonzalez Franco, Christian Holz, Eyal Ofek, Richard Stoakley, and Meredith Ringel Morris. 2019. “Accessible by Design: An Opportunity for Virtual Reality.” In *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 451–54.
- Niantic. 2021. “Pokémon GO.” 2021. <https://pokemongolive.com/>.
- Normand, Andrew. 2016. “Accessibility of Virtual Reality Environments.” July 2016.
<https://www.unimelb.edu.au/accessibility/guides/vr-old>.
- Pellas, Nikolaos, Panagiotis Fotaris, Ioannis Kazanidis, and David Wells. 2019. “Augmenting the Learning Experience in Primary and Secondary School Education: A Systematic Review of Recent Trends in Augmented Reality Game-Based Learning.” *Virtual Reality* 23 (4): 329–46.
- Pellas, Nikolaos, Ioannis Kazanidis, and George Palaigeorgiou. 2020. “A Systematic Literature Review of Mixed Reality Environments in K-12 Education.” *Education and Information Technologies* 25 (4): 2481–2520.
- Pellas, Nikolaos, Stylianos Mystakidis, and Athanasios Christopoulos. 2021. “A Systematic Literature Review on the User Experience Design for Game-Based Interventions via 3D Virtual Worlds in K-12 Education.” *Multimodal Technologies and Interaction* 5 (6): 28.
- Pellas, Nikolaos, Stylianos Mystakidis, and Ioannis Kazanidis. 2021. “Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A Systematic Review of the Last Decade Scientific Literature.” *Virtual Reality* 25 (3): 835–61.
- Quintero, Jairo, Silvia Baldiris, Rainer Rubira, Jhoni Cerón, and Gloria Velez. 2019. “Augmented Reality in Educational Inclusion. A Systematic Review on the Last Decade.” *Frontiers in Psychology* 10 (August): 1835.
- Tricco, Andrea C., Jesmin Antony, Wasifa Zarin, Lisa Striffler, Marco Ghassemi, John Ivory, Laure Perrier, Brian Hutton, David Moher, and Sharon E. Straus. 2015. “A Scoping Review of Rapid Review Methods.” *BMC Medicine* 13 (1): 1–15.
- Universitetet i Sørøst-Norge (USN). 2018. “DigTekLab – «Fremtidens klasserom» åpnet på Notodden.” December 1, 2018.
<https://www.usn.no/aktuelt/nyhetsarkiv/digteklab-fremtidens-klasserom-apnet-pa-notodden>.
- Utdanningsdirektoratet (Udir). 2018. “Digital kompetanse i barnehage og skole.” January 31, 2018. <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/>.
- . 2019a. “Algoritmisk tenkning.” March 27, 2019.
<https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/algoritmisk-tenkning/>.
- . 2019b. “Opplæringens verdigrunnlag - 1.4. Skaperglede, engasjement og

- utforskertrang." September 4, 2019.
<https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/opplaringens-verdigrunnlag/1.4-skaperglede-en-gasjement-og-utforskertrang/?lang=nob>.
- . 2020. "Utvikle digital kompetanse i skolen." June 6, 2020.
<https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/utvikle-digital-kompetanse-i-skolen/>.
- VanFossen, Lorelle. 2019. "Accessibility, Disabilities, and Virtual Reality Solutions." May 2019.
<https://educatorsinvr.com/2019/05/31/accessibility-disabilities-and-virtual-reality-solutions/>.
- Wong, Alice, Hannah Gillis, and Ben Peck. 2017. "VR Accessibility: Survey for People with Disabilities."
- World Health Organization (WHO). 2001. "International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)."
- World Wide Web Consortium (W3C). 2008. "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0." December 2008. <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>.
- . 2016. "Report of W3C Workshop on Web & Virtual Reality." 2016.
<https://www.w3.org/2016/06/vr-workshop/report.html>.
- . 2018. "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1." June 2018.
<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>.
- . 2020. "XR Accessibility User Requirements." 2020. <https://www.w3.org/TR/xaur/>.
- XR Access. 2019. "2019 XR Access Symposium Report." July 2019.
https://docs.google.com/document/d/131eLNGES3_2M5_roJacWILhX-nHZqghNhwUgBF5lJaE/edit.
- . 2020. "2020 XR Access Symposium Report." July 2020.
<https://docs.google.com/document/d/1L0grg1nR8S89OLtTQ9g7y1KvzgtPWwX21PcQH uRGXRo/edit>.
- . 2021. "2021 XR Access Symposium Report." June 2021.
https://docs.google.com/document/d/10K_26fcpYopkaAo5KCZuOa9Ee0p3q-X-1U-ha5eKsi4/edit.
- XR Access Initiative. 2020. "XR Access - Resources." January 2020.
<https://xraccess.org/resources/>.
- Yildiz, Emre, Charles Møller, and Arne Bilberg. 2020. "Virtual Factory: Digital Twin Based Integrated Factory Simulations." *Procedia CIRP* 93 (January): 216–21.
- Zhao, Yuhang, Edward Cutrell, Christian Holz, Meredith Ringel Morris, Eyal Ofek, and Andrew D. Wilson. 2019. "SeeingVR: A Set of Tools to Make Virtual Reality More Accessible to People with Low Vision." In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.