

Kurk 
Lietuvai

LIETUVOS IŠPLĖSTINĖS REALYBĖS
EKOSISTEMOS POTENCIALO VERTINIMAS

XR ekosistemos ribos

Gustas Navickas

TURINYS

Sąvokos	3
Įvadas	5
XR pasaulinė rinka	6
Europos XR rinka	7
XR galimybės	10
Menas ir dizainas	10
Sveikata	12
Švietimas	14
Pramonė	16
Žalioji transformacija	18
Apibendrinimas	20
Literatūros sąrašas	21

SAVOKOS

Avataras

Sukurtas personažas ar būtybė, kuris virtualioje erdvėje reprezentuoja konkretų žmogų.

Daiktų internetas (IoT)

Tai fizinių objektų tinklas, kuriame įrenginiai su jutikliais ir programine įranga gali rinkti bei keisti duomenimis per internetą ar belaidžius ryšius veikdami su minimaliu žmogaus įsikišimu. IoT apima įvairius išmaniuosius įrenginius – telefonus, buitinius prietaisus, termostatus, apšvietimo sistemas, laistymo įrangą, apsaugos kameras, transporto priemones ir net ištikus miestus.

Dirbtinis intelektas (DI)

Mašinos gebėjimas atlikti užduotis, kurioms įprastai reikalingas žmogaus intelektas, pavyzdžiui, argumentavimas, mokymasis, planavimas ir kūrybiškumas.

Haptika (angl. haptics)

Lytėjimo grįžtamasis ryšys, kuris suteikia tokius pojūčius kaip bakstelėjimai, vibracija ar paspaudimo bei atleidimo pojūtis

Industrinė metavisata

Tai specifinė metavisatos dalis, skirta pramonės sektoriui ir jo virtualiam atvaizdavimui. Ji sujungia skaitmeninius dvynius, DI, IoT ir VR / AR technologijas, siekiant optimizuoti gamybos, inžinerijos, logistikos ir kitus verslo procesus. Ji leidžia optimizuoti veiklą ir didinti efektyvumą sukurdamą virtualų pramoninio pasaulio atvaizdą, kuriame tiksliai atkuriami gamybos procesai, logistikos tinklai ir net ištikos gamyklos ar pramonės šakos.

Internetas 4.0 (angl. WEB 4.0)

Tai besiformuojanti interneto raidos fazė, kuri šiuo metu dar neturi oficialaus apibrėžimo, tačiau remiasi dirbtinio intelekto (DI), daiktų interneto (IoT), blokų grandinės ir kitų pažangių technologijų sinteze, kuria siekiama sukurti dar labiau automatizuotą, išmanų ir kontekstualiai pritaikytą internetą.

Išplėstinė realybė (angl. extended reality, XR)

Skėtinė sąvoka, apimanti įtraukiančias technologijas, tokias, kaip virtualią, papildytą ir mišrią realybes.

Metavisata

Kompiuterio sugeneruota virtuali 3D visata, kurioje egzistuoja skirtingos bendruomenės, valiutos ir ekonomika. Tai gali būti virtualus pasaulis, pagrįstas tikra Žeme, taip pat išgalvota aplinka, kurioje vartotojai gali žaisti, apsipirkinėti ar susitikti su kitais vartotojais pasitelkus avatarus.

Mišri realybė (angl. mixed reality, MR)

Aplinka, kuri sujungia realaus pasaulio ir skaitmeninius elementus. Pasitelkdama pažangias jutimo ir vaizdo technologijas mišrioji realybė leidžia matyti ir jausti realų pasaulį tuo pačiu metu bendraujant su virtualia aplinka. Tai suteikia galimybę vienu metu būti tiek realioje, tiek skaitmeninėje erdvėje panaikinant ribas tarp realaus ir virtualaus pasaulio.

Papildyta realybė (angl. augmented reality, AR)

Technologija, kuri praturtina tikrąjį pasaulį skaitmeniniais vaizdais, garsais ir kitais jutiminiais efektais. Ši technologija leidžia realiuoju laiku sujungti fizinį ir skaitmeninį pasaulį, atpažinti tiek tikrus, tiek virtualius 3D objektus ir leisti su jais sąveikauti. AR galima patirti naudojantis išmaniaisiais telefonais, specialiomis programėlėmis, AR akiniais ar kitais įrenginiais.

Skaitmeninis dvynys

Realaus objekto, proceso ar sistemos virtuali kopija, kuri nuolat atnaujinama realaus pasaulio duomenimis. Realūs duomenys ir procesai (objekto gyvavimo ciklas, modeliavimas, mašininis mokymasis) leidžia modeliuoti, analizuoti ir prognozuoti veikimą, taip padedant priimti geresnius sprendimus.

Virtualus pasaulis

Nuolatinė, įtraukianti aplinka, pagrįsta 3D ir išplėstinės realybės (XR) technologijomis. Tai kompiuteriu sukurta aplinka, kurioje vartotojai gali sąveikauti su kitais žmonėmis ar dirbtiniais objektais. Virtualūs pasauliai gali būti: žaidimai, metavisatos, simuliacijos.

Virtuali realybė (angl. virtual reality, VR)

Kompiuterio ar kito įrenginio sugeneruota ir visiškai realybę pakeičianti dirbtinė trimatė aplinka, kurią galima patirti ir sąveikauti su ja. Jai patirti reikalingi VR akiniai ir (ar) kiti priedai, leidžiantys ne tik stebėti, bet ir sąveikauti su aplinka.

ĮVADAS

Dokumento tikslas. Nustatyti XR ekosistemos ribas ir pasaulines tendencijas. Atskleisti sektoriaus ateities prognozes ir galimybes, taip paruošiant teorinį pagrindą Lietuvos XR ekosistemos potencialo įvertinimui.

Tikslo siekiama įgyvendinant tris uždavinius:

- Atskleisti XR pasaulinės rinkos kuriamą vertę ir ateities prognozes;
- Išryškinti Europos XR rinkos specifika ir tendencijas;
- Identifikuoti sritis, kuriose kuriamos XR inovacijos atveria naujas galimybes.

Naudoti metodai. Nustant XR ekosistemos ribas buvo naudojami kokybinio tyrimo duomenų rinkimo metodai. Pagrindiniais duomenų rinkimo metodais pasirinkta: viešai prieinamų antrinių šaltinių analizė ir interviu metodas. Struktūruojant tyrimą buvo remiamasi Lietuvos ir užsienio literatūra (mokslinių ir taikomųjų tyrimų, teisės aktų), pasaulinėmis tendencijomis, ES dokumentais ir strateginėmis kryptimis.

Struktūra. Analizę sudaro šios dalys – įvadas, trys pagrindinės dalys ir apibendrinimas. Įvadinėje dalyje pristatomas analizės tikslas, pristatomi tyrimo metodai ir aprašoma struktūra. Pirmojoje dalyje pasaulinė XR rinka, jos tendencijos ir ateities prognozės. Antroje dalyje aprašoma Europos XR rinka ir jos specifika. Trečioje dalyje atskleidžiamos XR galimybės skirtingiems sektoriams. Apibendrinimo dalyje pateikiami analizės rezultatai ir kiti projekto žingsniai.

XR PASAULINĖ RINKA

Išplėstinės realybės (XR) technologijos praplečia realybę ir mūsų pojūčius, pridėdamos skaitmeninę informaciją realiame pasaulyje arba sukurdamos visiškai naują skaitmeninę aplinką taip keisdamos mūsų darbo, gyvenimo ir tarpusavio sąveikos būdus. Esami tyrimai ir skaičiai, taip pat realaus gyvenimo pavyzdžiai, rodo palankias sąlygas šių besivystančių technologijų plėtrai ir augimui ateityje. Remiantis naujausiais „Fortune Business“ duomenimis, pasaulinė XR rinka 2024 metais siekė apie 183,96 mlrd. JAV dolerių. Prognozuojama, kad 2025 metais rinka išaugs iki 253,5 mlrd. JAV dolerių, o iki 2032 metų – net iki 1,6 trilijono JAV dolerių. Kalbant apie užimtumą, prognozuojama, kad iki 2030 m. XR technologijų diegimas paveiks daugiau nei 23 mln. darbo vietų visame pasaulyje.

Europos Komisijos komunikate „ES iniciatyva dėl „Web 4.0“ ir virtualių pasaulių: pranašumas kitame technologiame perėjime“ prognozuojama, kad pasaulinė virtualių pasaulių ekonomika iki 2030 m. gali išaugti iki maždaug 12 trilijonų EUR. Taip pat, „Bloomberg“ duomenimis, tikimasi, kad pasaulinės metavisatos rinkos dydis išaugs nuo 27 mlrd. EUR 2022 m. iki daugiau nei 800 mlrd. EUR iki 2030 m.

„McKinsey & Company“ atlikta analizė atskleidė, kad iki 2030 m. visiškai tikėtinas ženklus kasdienės veiklos perkėlimą į virtualius pasaulius. Tyrimo respondentai teigiamai vertino virtualiuose pasauliuose atsiveriančias naujas ryšio ir bendravimo galimybes. Taip pat gauti rezultatai rodo didelį virtualios erdvės potencialą tokioms veikloms kaip apsipirkimas, socialiniai tinklai ir švietimas. Vadovaujantis tyrimo rezultatais, tikimasi, kad iki 2030 m. vidutinis interneto vartotojas metavisatoje praleis iki šešių valandų per dieną. Tyrėjų nuomone, turėdama tokį augimo potencialą, metavisata yra tiesiog per didelė, kad būtų ignoruojama. Ji turės didelę įtaką mūsų komerciniam ir asmeniniam gyvenimui, todėl patariama kuo daugiau ištirti ir suprasti šį reiškinį, jį palaikančias technologijas ir pasekmes tiek mūsų ekonomikai, tiek platesnei visuomenei.

Nors dideli pokyčiai vyksta visame pasaulyje, didžioji dalis inovacijų yra sutelkta Šiaurės Amerikos bei Azijos ir Ramiojo vandenyno regionuose.

Šiaurės Amerika užima didžiausią išplėstinės realybės rinkos dalį. Dėl daugybės rinkos dalyvių ir investicijų į infrastruktūrą, JAV technologijų įmonės yra pagrindinės virtualių pasaulių technologinės plėtros skatintojos ir lyderės. Tokios įmonės, kaip „Meta“, „Apple“, „Microsoft“, „Nvidia“, „Unity“ ir kitos, dirba kurdamos infrastruktūrą, kuri, kaip tikimasi, taps besiformuojančių virtualių pasaulių pagrindu.

Prognozuojama, kad Azijos ir Ramiojo vandenyno regionas augs sparčiausiu sudėtinu metiniu augimo tempu. Šis didelis augimas susijęs su didėjančiomis investicijomis į technologijas visame regione. Siekiant didinti Kinijos skaičiavimo galią (angl. computing power), trys didžiausi Kinijos mobiliojo ryšio operatoriai – „China Telecom“, „China Mobile“ ir „China Unicom“ – įkūrė metavisatos pramonės komitetą, kurio tikslas – stiprinti inovacijas ir integraciją tarp virtualių pasaulių kūrėjų. Be to, 2021 m. pabaigoje tokios didelės technologijų įmonės kaip „Alibaba“, „Baidu“, „NetEase“ ir „Bytedance“ paskelbė apie planus pradėti savo virtualių pasaulių projektus arba investuoti į virtualių pasaulių įmones.

2022 m. vasarį Pietų Korėjos mokslo ir IRT ministerija paskelbė apie mažiausiai 186,7 mln. EUR investiciją, skirtą sukurti virtualių pasaulių ekosistemą. Vyriausybė taip pat sukūrė metavisatos pramonės aljansą, skirtą koordinuoti ir palengvinti XR platformų kūrimą. Šiuo metu ją sudaro 17 bendrovių, įskaitant didžiausią belaidžio ryšio operatorių „SK Telecom“, automobilių milžinę „Hyundai“ ir 8 pramonės grupes, tokias kaip Korėjos mobiliojo interneto verslo asociacija.

Tuo tarpu Europoje, lyginant su šiais regionais, nėra XR technologijų milžinių, kurios vadovautų investicijoms į virtualių pasaulių kūrimą. Tačiau ES yra stipri XR sektoriaus mokslinių tyrimų ir inovacijų srityje. ES šalys taip pat turi konkurencinį pranašumą turinio srityje dėl didelės kultūrinės ir kalbinės įvairovės.

EUROPOS XR RINKA

XR srities mokslinių tyrimų ir plėtros veikla Europoje yra plačiai išvystyta ir sudaro apie trečdalį pasaulinės šios srities rinkos. Per pastaruosius kelerius metus sektorius itin subrendo ir projektuojama, kad jo vertė išaugs nuo 7,95 mlrd. eurų 2021 metais iki 88,87 mlrd. eurų 2030 metais. Panaši tendencija stebima ir Europos (įskaitant ne ES šalis) VR ir AR pramonėje – 2021 metais jos vertė siekė 9,6 mlrd. eurų. Tuo tarpu vien Europos Sąjungos VR / AR rinka tais pačiais metais buvo įvertinta 7,1 mlrd. eurų, o tai yra 26 proc. daugiau nei ankstesniais metais.

Remiantis „Ecorys“ ataskaita, 2025 m. bendra Europos VR ir AR pramonės rinkos vertė turėtų padidėti iki 35–65 mlrd. EUR, o tai sukurtų 20–40 mlrd. EUR bendrosios pridėtinės vertės.

Taip pat, tikimasi, kad poveikis užimtumui bus labai reikšmingas, nes XR rinkos augimas Europoje tiesiogiai sukurs iki 860 000 naujų darbo vietų technologijų sektoriuje. Tuo tarpu platesnis tiekimo grandinės poveikis netiesiogiai padidins gamybos vertę iki 35–70 mlrd. EUR, sukurdamas papildomas 780 000–1,5 mln. darbo vietų. Todėl, remiantis pateiktais scenarijais, prognozuojama, kad iki 2025 m. pabaigos bus sukurta nuo 1,2 iki 2,4 mln. naujų darbo vietų. Apskaičiuota, kad iki 2030 m. dėl XR diegimo bus sukurta daugiau nei 23 mln. darbo vietų.

Europos XR rinka apima įvairias veiklas – nuo techninės įrangos komponentų (pvz., jutiklių) kūrimo iki pažangių gamybos technologijų, įskaitant dirbtinį intelektą ir mašininį mokymąsi. Inovacijos diegiamos visuose pramonės sektoriuose – nuo sveikatos priežiūros iki gamybos ir švietimo.

„XR4Europe“ ataskaitoje, kurioje buvo tiriama Europos XR ekosistema 2025 m., išryškėjo sektoriaus specifika tarptautiniame kontekste. Iš viso tyrime sudalyvavo 229 įstaigos iš kurių 156 startuoliai bei labai mažos, mažos ir vidutinės įmonės (MVĮ). Nors ataskaitoje daugiausia dėmesio skirta Europos MVĮ, dirbančioms su XR, tyrime dalyvavo ir kitos organizacijos: universitetai, asociacijos, fondai. Toks skirtingų institucijų įsitraukimas atspindi suinteresuotųjų šalių Europoje įvairovę ir jų svarbą šio regiono ekosistemoje. Toliau pateikiami apibendrinti tyrimo rezultatai, kurie apibrėžia Europos XR ekosistemos specifiką.

VEIKLOS SRITYS



Tyrimas atskleidė, kad akademija, švietimas bei menas ir kultūra yra dažniausiai XR įmonių aptarnaujami sektoriai. Toliau rikiuojasi sveikata, reklama ir gamyba. Vis dėlto, daugiausia Europos XR įmonių yra MVĮ ar startuoliai, kurie įprastai aptarnauja klientus daugiau nei penkiuose sektoriuose. Ši skirtingų sektorių aptarnavimo specifika rodo, kad įmonės yra pasirinkusios tarpininko arba paslaugų teikėjo verslo modelį. Toks modelis yra adaptyvi verslo struktūra, kai organizacija veikia atstovaudama klientams arba kurdama individualius sprendimus jų vardu, o ne sutelkdama dėmesį į produktų kūrimą ir pardavimą.

Programinės įrangos kūrimas yra dažniausiai Europos XR įmonių teikiama paslauga. Taip pat, įmonės teikia konsultavimo, mokymų, tyrimų ir turinio kūrimo paslaugas.

TECHNOLOGIJOS



Dauguma Europos ekosistemos dalyvių pasitelkia labiausiai atpažįstamas XR ir įtraukiujų technologijų formas – VR ir AR / MR. Daug mažiau įmonių naudoja tokias technologijas kaip fotogrametrija ir tūrinis vaizdavimas (*angl. volumetrics*), pasitelkiamas kultūros paveldo išsaugojimui ar skaitmeninių dvynių kūrimui. Nedidelė dalis įmonių taiko WebVR technologiją, kuri leidžia patirti virtualią realybę per įprastą naršyklę, be kitų specialių įrenginių. Mažiausiai populiari technologija yra haptika, suteikianti lytėjimo grįžtamąjį ryšį, kaip vibracija, spaudimas, kuri labiau naudojama, kaip mokslinių tyrimų ir plėtros, o ne komercinė technologija.

ĮMONĖS



Startuoliai / MVĮ sudaro didžiąją dalį ekosistemos dalyvių. Daugumoje startuolių / MVĮ dirba mažiau nei 15 darbuotojų, kurie dirba tiesiogiai su XR technologijomis ir jų vystimu. Tai rodo, kad Europos XR sektorius remiasi daugiausia mažomis komandomis, o ne laisvai samdomais specialistais, kaip įprastai manoma.

FINANSAI



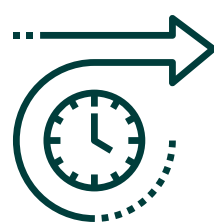
Daugumos Europos XR įmonių metinės pajamos nesiekia 250 tūkst. eurų. Taip pat jos menkai naudojasi viešuoju finansavimu, nepriklausomai nuo to, su kokiomis įtraukiosiomis technologijomis dirba, jų verslo modelių, ar kuriuos sektorius aptarnauja.

EKSPORTAS



JAV yra didžiausia Europos XR bendrovių eksporto rinka. Po JAV rikiuojasi tokios Europos šalys kaip Vokietija, Jungtinė Karalystė, Prancūzija ir Šveicarija. Taip pat verta paminėti tokias eksporto kryptis kaip Kanada, Jungtiniai Arabų Emyratai ir Japonija. Pažymima, kad daugumoje regione vystomų XR projektų dalyvauja partneriai iš skirtingų Europos šalių, taip skatindami regioninį bendradarbiavimą.

ATEITIES PROGNOZĖS



Dauguma įmonių numato pajamų augimą 2025 m., ypač tos, kurios aptarnauja kelis sektorius ir geografines vietas. Plačiai paplitę lūkesčiai dėl didėjančių pajamų patvirtina mintį, kad XR ir virtualių pasaulių paklausa toliau augs ir atveria naujas galimybes įvairiems sektoriams.

XR GALIMYBĖS

Europos Komisija išskiria penkias pagrindines kryptis, kurių vystymui XR technologijos gali suteikti naujas galimybes: menas ir dizainas, sveikata, švietimas, pramonė ir žalioji transformacija.

MENAS IR DIZAINAS



Kultūros ir kūrybinėse industrijose (KKI) yra didelis potencialas diegti XR technologijas ir virtualius pasaulius – tiek vartojant esamą kultūrinį turinį, tiek kuriant naują. VR ekspertai teigia, kad VR ir XR turi „beveik neribotą potencialą kūrybinėms industrijoms“ – jos leidžia sujungti skaitmeninius 3D objektus su realiu pasauliu ir taip atsirasti visiškai naujoms meninėms išraiškoms. XR atveria naujas galimybes išplečiant vartotojų patirtį ir skatinant tarpsektorines inovacijas.

Verta atkreipti dėmesį, kad ES pasižymi išskirtinai turtinga kultūra, apimančia įvairią gamtinę, architektūrinę ir archeologinę aplinką, muziejus, paminklus, meno kūrinius, istorinius miestus, literatūros, muzikos ir audiovizualinius kūrinius, taip pat žmonių žinias, praktikas ir tradicijas. Ši kultūrinė įvairovė sudaro svarbią prielaidą kultūros ir kūrybinių industrijų ekosistemai vystyti ir pritaikyti XR technologijas.

Imersyvioji patirtis ir lankytojų įsitraukimas. XR technologijos sukuria patyriminę aplinką, kuri labiau pritraukia dėmesį ir gilina vartotojų santykį su turiniu. Įvairios kultūros įstaigos gali praplėsti santykio su kūrinių ribas apjungiant realiai matomus objektus su skaitmeniniu sluoksniu, kuris papildo ir išplečia lankytojo patirtį. Pavyzdžiui, instaliacija „Goodbye Reality“, kurioje menininkas sujungė skaitmeninį ir realų pasaulius, taip lankytojas leidamas kurti virtualią instaliaciją atrandant naują sąveikos su kūrinio formą

Kultūros paveldo prieinamumas ir išsaugojimas. Eksponatai ir vietovės gali būti perkelti į virtualius pasaulius ir tyrinėjami nuotoliniu būdu, taip didinant jų prieinamumą ir nedarant žalos autentiškiems eksponatams. Tokie projektai, kaip ES finansuojamas „XRCulture“, siekia praturtinti bendrą Europos kultūros paveldo duomenų bazę aukštos kokybės 3D modeliais, kurie būtų pritaikyti įvairiems naudojimui atvejams, pavyzdžiui, paveldo išsaugojimui, švietimui ir turizmui.

Naujos kūrybos formos ir naratyvai. XR technologijos suteikia menininkams priemones kurti „daugiasluoksnius naratyvus“, kuriais galima praplėsti žiūrovų pojūčius. AR instaliacijos ir VR filmai suteikia žiūrovams galimybę pasirinkti, ką ir kaip matyti bei girdėti, todėl pasakojimai tampa asmeniškėsni ir įtraukiantys. Pavyzdžiui, VR parodoje „Modules“ menininkas kombinuoja architektūrą, skulptūras, garsą, filmą ir judėjimą viename interaktyviame pasaulyje. Taip sukuriama interaktyvi patirtis, kurioje žiūrovai gali tapti bendrakūrėjais.

Gyvi renginiai. AR leidžia papildyti gyvą sceną skaitmeniniais vaizdais ar animacijomis. Norvegijoje sukurta vaikų pjesė „Briar & Rose“ – tai pirmasis gyvas teatro pastatymas Europoje, kuriame scenoje veikia papildytosios realybės elementai. Spektaklio metu žiūrovai stebėjo gyvus aktorius ir interaktyvius animuotus personažus, keliaujančius pasakos pasaulyje.

Renginiai virtualiuose pasauliuose. Kūrėjai gali pasiūlyti renginius, kurie vyksta metavisatose, taip leisdami jame sudalyvauti iš bet kurios pasaulio vietos. Ypač garsus virtualių pasaulių pritaikymo pavyzdys – Travis Scott tiesioginis koncertas platformoje „Fortnite“, kuris įvyko 2020 m. balandį ir pritraukė 12 mln. dalyvių.

Scenografija ir dizainas. XR technologijos leidžia taupyti laiką ir finansinius resursus kuriant scenografijos, architektūros ar kitus dizaino sprendimus. Pasitelkus šias technologijas galima kurti įvairius 3D modelius, virtualius turus, kurie leidžia virtualioje realybėje patirti siūlomus sprendimus, virtualiai perteikti jų įspūdį ir pastebėti klaidas. Suomijos nacionalinis operos ir baleto teatras, bendradarbiaudamas su technologijų kompanijomis, įgyvendino projektą, kuriame VR technologijos buvo pasitelktos visais pastatymo etapais. Tai atverė naujas galimybes sklandžiau bendradarbiaujant tarptautinėms komandoms, taupant laiką scenoje ir padidinant saugumą.

Žaidimai. Pasauliniu ir Europos mastu žaidimų industrija yra XR technologijų pradininkė. 2023 m. šis sektorius dominavo pasaulinėje XR rinkoje, nes dauguma galutinių vartotojų reikalauja įtraukiančios patirties. Todėl toliau tobulinamos technologijos ir vystomi projektai, kuriuose žaidėjai galės dar geriau sąveikauti vieni su kitais ar su žaidimo aplinka, scenarijumi ar įvykiais. Kartu XR technologijos žaidimams gali suteikti dar realesnę patirtį įtraukdamos nauju pojūčius.

Mada. Virtualūs pasauliai taip pat aktyviai taikomi mados industrijoje gerinant vartotojo patirtį bei sukuriant naujus modelius, kaip mada kuriama ir vartojama. Nuo 2022 m. platformoje „Decentraland“ vyksta mados renginys „Metaverse Fashion Week“, kuriame pristatomi skaitmeniniai drabužiai ir aksesuarai, hiperpersonalizuoti avataurai ir kitos įtraukiosios patirtys. Taip pat, įvairios aplikacijos leidžia vartotojams nuotoliniu būdu „pasimatuoti“ drabužius, ar aksesuarus, taip taupant laiką, finansinius resursus ir mažinant transportavimo daromą žalą.

SVEIKATA



Europos Komisijos užsakymu atliktame tyrime išskiriamos dvi pagrindinės grupės, kurioms XR technologijos gali atverti naujas galimybes: medicinos profesionalų ir studentų bei pacientų ir visuomenės.

XR galimybės medicinos specialistams ir studentams:

XR taikymas chirurgijoje. XR technologijos gali būti pasitelkiamos priešoperacinio planavimo metu, kuomet sukuriamas optimalus chirurgijos projektas 3D formatu. Taip pat, XR taikymas intraoperacinėje navigacijoje leidžia vizualizuoti paciento anatomiją realiuoju laiku. „VSI HoloMedicine“ operacinė sistema užtikrina tikslumą chirurginiame planavime, leisdama gydytojams vizualizuoti ir strategiškai planuoti sudėtingas procedūras naudojant 3D modelius ir realaus laiko duomenis. Sąveika su 3D modeliais bei realiais duomenimis padeda chirurgams ir operacijos metu, kuomet gydytojai gali komentuoti, tiksliau sekti būklės pokyčius, taip užtikrindami optimalią paciento priežiūrą.

Nuotolinės konsultacijos ir operacijos. Atliekami įvairūs tyrimai ir tobulinamos XR technologijos, kurios leistų atlikti nuotolines operacijas ar nuotolinį medicinos personalo konsultavimą sukuriant „buvimo ten“ iliuziją (teleprezenciją).

XR pagalba atliekama analizė ir diagnostika, apimanti ligų aptikimą naudojant 3D technologijas bei sutrikimų vertinimą stebint pacientus virtualios realybės (VR) aplinkoje. „Medical Imaging XR“ yra programinė įranga, leidžianti gydytojams importuoti paciento duomenis ir vizualizuoti juos 3D formatu, juos redaguoti ir aptarti.

Mokymasis sveikatos priežiūros srityje. „Tech of Life Technologies“ sukūrė mokymosi priemonę, kuri leidžia medicinos studentams sąveikauti su daugiau nei 2000 anatominių struktūrų 3D vaizdais, tyrinėjant žmogaus kūną visomis trimis dimensijomis, kaip jis atrodo realiame gyvenime. Suomijos medicinos bendrovė „Osgenic“ sukūrė įrankį, skirtą operacijų mokymui visiškai realistiškoje VR aplinkoje. „Laerdal“ sukūrė MR mokymo aplinką, kur komandos gali treniruotis medicininės pagalbos srityje (pvz., širdies sustojimo atveju).

XR technologijų galimybės pacientams arba plačiajai visuomenei:

Pacientų ir slaugytojų švietimas, įskaitant medicininių procedūrų vizualizavimą, padedant vartotojams suprasti siūlomos procedūros pobūdį ir tikslą, galimą riziką ir naudą bei tam tikros sveikatos būklės patirties modeliavimą. „Convey XR“ pacientams pritaikyti modeliai padeda chirurgams, pacientams ir jų šeimoms vizualizuoti sudėtingą anatomiją, didinant aiškumą ir pasitikėjimą.

Skausmo valdymas. XR technologijos gali padėti siekiant palengvinti ūmų ir lėtinį skausmą, tokį kaip nudegimų, su vėžiu susijusį skausmą ar gimdymo sąrėmius. „XRHealth“ siūlo novatorišką skausmo valdymo metodą paremtą dirbtiniu intelektu ir XR technologijomis. Derinant nuotolines konsultacijas ir virtualioje realybėje skiriamas užduotis, pacientams padedama įveikti ūmų, chroninį ir kitų formų ar kūno dalių skausmą.

Psichikos sveikatos sutrikimų gydymas ir terapija. XR technologijos pritaikomos tokiose srityse, kaip kognityvinė elgesio terapija ir ekspozicinė terapija virtualioje aplinkoje. Taip pat, taikant virtualų savarankišką konsultavimą siekiant gydyti tokius sutrikimus kaip nerimas, depresija ir potrauminio streso sutrikimas. „XRHealth“ siūloma platforma integruoja VR / XR psichikos sveikatos terapijai suteikiant pacientams VR akinius, priskiriant specialistus ir paskiriant tam tikras užduotis. Nuotolinių konsultacijų ir VR aplinkoje atliekamų užduočių pagalba pacientai gauna išskirtinę terapinę patirtį.

Reabilitacija ir pažintinių gebėjimų gerinimas, įskaitant kognityvinę reabilitaciją atminties gerinimui, gydymą neurologiniam ir funkciniam atsistatymui, dėmesio palaikymą, pagalbą žmonėms, turintiems pažinimo sutrikimų. „XRHealth“ siūlo XR technologijomis paremtas programas skirtas fizinei, nervų sistemos reabilitacijai ir kognityviniams gebėjimams. Lietuvos mokslininkai sukūrė inovatyvią virtualios realybės pagrindu veikiančią reabilitacijos sistemą „BiomacVR“, skirtą pacientams po insulto. Ši sistema leidžia pacientams namuose atlikti reabilitacijos pratimus, naudojant VR jutiklius, kurie tiksliai fiksuoja judesius trimatėje erdvėje. Gydytojai gali nuotoliniu būdu stebėti ir vertinti paciento progresą, lyg jis būtų šalia

Pagalba žmonėms su fizine negalia. Įvairios XR technologijos gali padėti žmonėms, turintiems klausos, regos sutrikimus, kuomet pasitelkiamas regėjimo stiprinimas ir mašininis matymas. „eSight 4“ sukurti akiniai gali priartinti vaizdą, išryškinti spalvas ir atlikti kitas regėjimą gerinančias funkcijas.

Gerovės ir sveikos gyvensenos puoselėjimas, įskaitant fizinio aktyvumo skatinimą didinant motyvaciją sportuoti naudojant AR / VR pagrindu veikiančius fitneso žaidimus (angl. exergaming). Tokie VR žaidimai, kaip „Supernatural“ ar „FitXR“, siūlo įvairias treniruotes, kurios vyksta išskirtinėse virtualiose erdvėse, kartu su treneriais ar įžymybėmis. Treniruotės gali vykti individualiai ar su kitais virtualioje realybėje esančiais žmonėmis, taip ne tik didinant motyvaciją, bet ir kuriant unikalią patirtį ar santykius.

Taip pat XR gali prisidėti prie psichologinės ir emocinės būklės gerinimo pasitelkiant VR sprendimus, skirtus atsipalaidavimui, streso ir nerimo valdymui arba bendram nuotaikos pagerinimui. Tyrimais pagrįsta sveikatingumo platforma „Tripp“ siūlo įtraukią patirtį padedančią nusiraminti ir atsipalaiduoti. Derinant dirbtinį intelektą ir XR technologijas, vartotojai gali patekti į unikalias, jų poreikiams pritaikytas, aplinkas skirtas jų psichologinės ir emocinės būklės gerinimui.

ŠVIETIMAS



XR technologijos atveria naujas galimybes efektyvesniam ir saugesniam mokymosi procesui. Jos reikšmingai gali transformuoti žinių įsisavinimą mokyklose siūlant labiau įtraukiančius, patyrimu grįstus mokymosi sprendimus. Taip pat, technologijos leidžia užtikrinti sklandesnį specialistų rengimo procesą taupant finansus, laiką ir saugant darbuotojų sveikatą.

Procedūrinis mokymas. XR užtikrina saugesnį ir efektyvesnį įgūdžių lavinimą pasitelkiant VR pagrindu veikiančius simulatorius tiek techninių, tiek minkštųjų įgūdžių srityje, kurie reikalingi tokiose sektoriuose kaip aviacija, jūreivystė, ginkluotosios ir saugumo pajėgos, ugniagesių darbas bei traukinių valdymas. Šveicarijos gelbėjimo bendrovė „Air Zermatt“, bendradarbiaudama su „Loft Dynamics“ ir „Varjo“, keičia sraigtasparnių pilotų mokymą, naudodama sertifikuotą virtualios realybės simulatorių, kuris leidžia besimokantiems pilotams skraidyti simulatoriumi kaip tikru sraigtasparniu, o virtualaus mokymo laikas oficialiai įskaitomas į jų skrydžių mokymą. Šis sprendimas leidžia pilotams atlikti mokymus virtualioje aplinkoje taupant laiką ir išlaidas.

Minkštųjų įgūdžių lavinimas. Pasitelkdamos virtualius scenarijus ir virtualias platformas, XR technologijos mokymosi procesą paverčia efektyvesniu ir malonesniu, tuo pačiu sprendžiant plačiai paplitusius tradicinio mokymo iššūkius (pvz., gėdos jausmą ar baimę suklysti, kai klaidos turi realias pasekmes). „ON AI SoftSkills“ platforma siūlo DI pagrįstus XR mokymus, leidžiančius vartotojams praktikuoti tokias kompetencijas kaip lyderystė ir komunikacija per realistiškus vaidmenų žaidimus su DI avatarais.

Sąmoningumo ugdymas. Tai apima XR technologijų naudojimą siekiant sudominti mokinius tokiomis temomis kaip aplinkosauga ar rasiniai klausimai (pvz., per virtualius ekstremalių situacijų ar mokomuosius scenarijus). Tokie metodai gali efektyviau ugdyti sąmoningumą nei tradiciniai mokymosi būdai. Tokios VR programėlės, kaip „Greenpeace“ sukurta „On Biodiversity's Tracks“, leidžia mokiniams tyrinėti biologinę įvairovę virtualioje aplinkoje, skatinant aplinkosauginį sąmoningumą ir kritinį mąstymą.

Menas ir dizainas, kur XR leidžia architektūros, dizaino ir meno studentams išplėsti kūrybines galimybes. Studentai gali kurti ar tyrinėti drabužius, architektūrinius projektus ar paveikslus virtualioje aplinkoje. „AURORA XR School for Artists“ Berlyne siūlo mokymus, kuriuose studentai kuria ir vizualizuoja meno projektus naudodami XR technologijas.

Kalbų mokymasis. Pasitelkiant XR technologijas gali būti kuriamos įvairios VR aplinkos ir situacijos, kuriose žmonės tobulina užsienio kalbų įgūdžius. Technologijos gali būti pritaikomos švietimo įstaigose ir (ar) darbo vietose. „Immersive“ yra pažangi kalbų mokymosi platforma, kuri naudoja VR technologijas ir DI. Platformoje mokymasis vyksta simuluotose aplinkose, kurios atspindi realias darbo ar socialines situacijas. Naudodama DI, platforma teikia individualizuotą grįžtamąjį ryšį, tikslias užduotis ir dinamiškai koreguoja pamokas, atsižvelgdama į mokinio pažangą ir poreikius. Taip pat užsiėmimus veda instruktoriai arba DI pagal nustatytą struktūrą. Tai užtikrina mažesnę stresą, sklandesnę ir efektyvesnę mokymosi procesą bei daugiau interaktyvaus mokymosi galimybių.

Terminų ir procesų vizualizacija. Tai ypač aktualu STEM (gamtos, technologijų, inžinerijos ir matematikos), anatomijos ir chemijos srityse. Vizualizacija palengvina mokymosi procesą, padaro jį įdomesnę, užtikrina mokinių įsitraukimą ir prisideda prie geresnių mokymosi rezultatų. „3D Organon“ siūlo XR sprendimus, kuriuos naudodami studentai gali vizualizuoti sudėtingas sąvokas, procesus ar struktūras, tokias kaip žmogaus anatomija.

Įvykių vizualizacija. Pasitelkus XR technologijas galima patirti buvusius istorinius įvykius, ar ateities situacijas. „Titanic VR“ projektas leidžia studentams patirti istorinius įvykius virtualioje realybėje skatindamas gilesnį supratimą ir emocinį ryšį su mokomąja medžiaga.

Virtualios ekskursijos į muziejus ir galerijas, kelionės po geografines vietas ar laiku (įskaitant keliones į kosmosą) naudojant virtualios realybės ar išmaniuosius akinius, 2D arba 3D VR simulatorius. Tai ne tik sukuria labiau įtraukiančią mokymosi patirtį, bet ir didina prieinamumą mokiniams, kurie dėl sveikatos būklės negali fiziškai lankytis tokiose vietose. Luvro muziejus Paryžiuje siūlo virtualias ekskursijas, leidžiančias lankytojams tyrinėti muziejaus galerijas ir meno kūrinius internetu suteikdamas prieigą prie kultūros paveldo iš bet kurios pasaulio vietos.

PRAMONĖ



XR technologijų taikymas pramonėje leidžia optimizuoti gamybos procesus, sumažinti sąnaudas ir padidinti efektyvumą. Industrinės metavisatos, virtualaus projektavimo ir modeliavimo galimybės ar XR sprendimai efektyvinant įrenginių priežiūrą leidžia įmonėms reikšmingai taupyti resursus.

Industrinė metavisata leidžia kompanijoms į skaitmeninę erdvę perkelti procesus ar tiksliai gamyklų replikas kuriant skaitmeninius dvynius taip centralizuojant ir efektyvinant procesus. „Renault“ grupė pristatė pirmąją industrinę metavisatą, kurios tikslas – pagerinti bendradarbiavimą ir inovacijas visose įmonės pasaulinėse operacijose. Pasitelkdama skaitmeninius dvynius ir pažangias simuliacijų priemones, metavisata padeda optimizuoti transporto priemonių projektavimą ir gamybą darydama šį procesą efektyvesnį ir tvaresnį. Tai leidžia „Renault“ testuoti ir tobulinti gamybos procesus, gerinti mokymus ir kurti naujas automobilių technologijas virtualioje aplinkoje.

Projektavimas. XR technologijos leidžia kurti virtualius produktų prototipus. Pavyzdžiui, automobilių pramonėje kompanija „Hyundai“ pasitelkia VR, kad sukurtų virtualų automobilio prototipą, leidžiantį dizaineriams sąveikauti su skaitmeniniais modeliais virtualioje aplinkoje. Tai ne tik pagreitina procesą ir taupo lėšas, bet ir leidžia virtualiai išbandyti automobilio ergonomiką bei saugumą dar prieš statant fizinį modelį. „Ford“ taip pat pasitelkia AR technologijas kurdama ir tobulindama automobilio dizainą.

Gamyboje ir surinkime XR leidžia darbuotojams, naudojantiems išmaniuosius akinius su AR funkcija, savo regėjimo lauke matyti visą svarbią informaciją apie gamybos procesą ir virtualiai konsultuotis su ekspertais apie darbo procesus ir (arba) kylančias technines problemas. Technikai dėvi išmaniuosius akinius, kurių stikluose realus vaizdas susijungia su skaitmeniniais techninės informacijos sluoksniais (3D modeliais, instrukcijomis, patikros sąrašais).

Techninė priežiūra ir kokybės užtikrinimas. Išmanieji AR akiniai parodo remonto planus ir kitus duomenis ant realių mašinų. Pavyzdžiui, gamybos ir aviacijos pramonėje technikai naudoja AR, kad vizualizuotų 3D brėžinius ir tolerancijų matavimus ant įrangos korpuso. Dėl to jie greičiau diagnozuoja gedimus ir tiksliai atlieka remonto darbus, užtikrindami aukštą kokybę. Tokie sprendimai leidžia technikams „matyti“ paslėptus komponentus ir sekas, taip eliminuojamos klaidos ir užtikrinama kokybė.

Logistikoje XR technologijos leidžia darbuotojams matyti visą svarbią informaciją savo regėjimo lauke. Logistikos bendrovė „DHL“ diegia „Vision Picking“ sistemą – darbuotojai naudoja AR akinius su skaitmeninėmis prekių surinkimo instrukcijomis. Tokie sprendimai žymiai sutrumpina prekių rinkimo laiką ir mažina klaidingai surinktų vienetų kiekį.

Inžinerijos / architektūros srityje XR taikymas leidžia naudoti MR pagrindu veikiančius įrankius ir programinę įrangą, kad vizualizuotų, redaguotų ir bendrintų kompiuterinio projektavimo duomenis natūralioje aplinkoje. Įrankis „COMPAS XR“ yra skirtas XR technologijų integravimui architektūros, inžinerijos ir statybos sektoriuose. Šis įrankis leidžia realiu laiku vizualizuoti statybos sekas, valdyti robotų gamybos kelius ir palengvina žmogaus bei mašinos bendradarbiavimą.

ŽALIOJI TRANSFORMACIJA



XR technologijos tampa svarbiu įrankiu žaliajai transformacijai skatinti. Projektų vizualizavimas, 3D modeliavimas leidžia simuliuoti klimato kaitos poveikį, geriau suprasti ir perteikti jo priežastis ir ieškoti veiksmingų mažinimo priemonių. Taip pat pramonėje naudojami virtualūs prototipai ir modeliavimo aplinkos padeda sumažinti fizinių bandymų poreikį, o tai reiškia mažesnes energijos, medžiagų ir išteklių sąnaudas.

Projektų vizualizavimas. Miesto žaliosios infrastruktūros ar gamtos išteklių projektų vizualizavimas – tai XR pritaikymo sritis sprendimų priėmimui ir visuomenės įtraukimui. „GLARA“ aplikacija siūlo naują požiūrį į žaliąjį planavimą ir jo poveikį mikroklimatui integruojant VR ir AR. Žmonės, pasitelkę aplikaciją, savo įrenginių ekranuose gali matyti skirtingus mikroklimato parametrus skirtingu paros metu: juntamą temperatūrą, paviršių temperatūrą, vėjo greitį. Taip pat susidaryti įspūdį apie žaliųjų plotų ateitį ir jų planavimo scenarijus. Taip visuomenei intuityviai atvaizduojama, kaip žaliosios erdvės gali prisidėti prie tvaraus miestų vystymo ir gyvenimo kokybės gerinimo.

Tvarios infrastruktūros ir miesto planavimo sprendimai. Skaitmeniniai dvyniai ir XR gali būti derinami su dirbtiniu intelektu kuriant tvarius infrastruktūros sprendimus. ES remiamas „3DxVERSE“ siekia išnaudoti skaitmeninių dvynių potencialą tvarioms bendruomenėms ir ekonomikai. Projektas dėmesį skiria pagrindinei miestų infrastruktūrai ir jos planavimui apimant tvarumą, ekonomikos augimą, visuomenės vystymąsi, saugumą, apsaugą, atsparumą ir įmonių atsakomybę.

Energijos vartojimo modeliavimas ir optimizavimas. XR taip pat gali būti pritaikoma analizuojant pastatų ir miestų energetiką. JAV mokslininkai sukūrė „EnergySIM“ prototipą, skirtą pamatų šilumos dinamikai tyrinėti. Šioje simuliacijoje vartotojai „pasivaikšto“ namo modelyje ir stebi ant pastato paviršių rodomus šilumos žemėlapius keturių metų laikų režimu. Tyrimo autoriai pažymi, kad tokios vizualios įsitraukimo priemonės reikšmingai didina žinių įsisavinimą, leidžia vartotojams vizualiai įvertinti alternatyvias statybines medžiagas pagal izoliacijos galimybes arba atsparumą šilumos srautui bei priimti racionalesnius sprendimus dėl energijos suvartojimo.

Tvarumo edukacija. XR technologijos leidžia aplinkosaugos ir energetikos temas perteikti įtaigiau. Vienas pavyzdys – Europos „GuestXR“ projektas, finansuojamas pagal programą „Horizontas 2020“. Projekte sukurtas žaidimas imituoja „bendrujų išteklių tragedijos“ scenarijų, kuriame žaidėjai susiduria su netinkamo išteklių valdymo pasekmėmis. Žaidėjai turi derinti asmeninę naudą su bendruomenės gerove susidurdami su realaus pasaulio dilemomis. Tai suteikia galimybę tyrinėti, kaip individai ir grupės reaguoja į bendrų išteklių tragedijos scenarijus ir juos valdo. Tuo tarpu žaidėjai intuityviai mokosi, kad trumpalaikiai sprendimai (pvz., didelis energijos suvartojimas) ilginiui gali vesti prie didesnio klimato pokyčio. Kitas pavyzdys – organizacijos „Earthwatch Europe“ papildytos realybės aplikacija, per kurią vartotojai gali virtualiai užpildyti miesto maketą augalais (medžiais, žaliais stogais ir t.t.), taip miestą apsisaugant nuo potvynių ir karščio bangų. Interaktyviame žaidime aiškinama, kaip gamtiniai sprendimai – parkai, vandens telkiniai – prisideda prie tinkamos temperatūros palaikymo ir potvynių prevencijos.

Klimato kaitos komunikacija. XR leidžia pažinti atskirų veiksmų pasekmes vizualiai ir emociškai. Pavyzdžiui, Jungtinių Tautų Aplinkos programa („UNEP“) bendradarbiaudama su „Sony VR Dreams“ studija sukūrė interaktyvų 3D filmą apie klimato krizę. Jame žiūrovas mato savo anglies dvideginio pėdsaką, kuris jį veda per kasdienes scenas taip parodydamas individualių sprendimų poveikį ir jų reikšmę. Tokia patirtis skatina supratimą, kokia didelė yra kiekvieno žmogaus CO₂ emisija ir kaip pasirinkimai formuoja ateities situaciją. Apskritai, VR / AR formuoja „virtualius liudininkus“ ir padeda gyvai demonstruoti ateities klimato scenarijus, kas sunkiai pasiekama tradicinėmis priemonėmis.

APIBENDRINIMAS

XR technologijos tampa vienu iš esminių skaitmeninės transformacijos variklių, kurių poveikis jaučiamas įvairiose ekonomikos, kultūros, švietimo, sveikatos apsaugos ir pramonės srityse. Pasaulio ir Europos rinka rodo sektoriaus augimo tendencijas, kurios atveria naujas galimybes ir reikšmingai prisideda prie ekonomikos auginimo bei darbo vietų kūrimo.

Europos Sąjungos lygmeniu XR sektoriaus galimybės išvelgiamos tokiose srityse, kaip sveikata, švietimas, kultūros ir kūrybinės industrijos, pramonė ir žaliaji transformacija. Sparčiai tobulėjančios technologijos leis įgyvendinti tikslesnes medicinos procedūras, padidins jų greitį ir tikslumą bei sumažins riziką. Patyrimu grįstas mokymosi procesas leis greičiau, efektyviau ir saugiau įgyti žinias. Pramonėje tai leis ne tik efektyvinti specialistų rengimo procesą, bet ir taupyti produktų gamybos kaštus ir laiką kartu mažinant gamybos proceso metu daromą neigiamą poveikį aplinkai. Kultūros ir kūrybinėse industrijose tai leis pasiūlyti naujas patirtis vartotojams ir naujus kūrybos būdus. Galiausiai, galimybė naudoti tiksliai 3D modelius globalinio atšilimo poveikiui imituoti leis rasti geresnius ir energiją taupančius sprendimus.

Taigi, XR nėra vien technologinis proveržis – tai naujas būdas kurti, mokytis, spręsti ir įsitraukti. Tam būtinas nuoseklus švietimas, tarpinstitucinis bendradarbiavimas, finansinė parama ir vizija. Todėl svarbu tampa įvertinti Lietuvos išplėstinės realybės sektoriaus potencialą virtualių pasaulių rinkos kontekste.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- 3D Organon, (n. d.) The Leading XR Medical and Healthcare Platform <https://www.3dorganon.com>
- 3DxVERSE, <https://www.3dxverse.eu/#:~:text=3DxVERSE%20aims%20to%20harness%20the,responsibility%20in%20a%20holistic%20approach>
- Aliouche, Hidaya, (2021) What is Remote Surgery/Telesurgery? <https://www.news-medical.net/health/What-is-Remote-SurgeryTelesurgery.aspx>
- Anifowose, H., Alhazaa, K., Dixit, M., (2023). ENERGYSIM: techniques for advancing building energy education through immersive virtual reality (VR) simulation. https://www.researchgate.net/publication/374122731_ENERGYSIM_techniques_for_advancing_building_energy_education_through_immersive_virtual_reality_VR_simulation
- Apolar medical, (n. d.) Discover the Power of Mixed Reality for Surgical Planning VSI HoloMedicine, <https://apoqlar.com/mixed-reality-for-surgical-planning/>
- BBC, (2020) Fortnite's Travis Scott virtual concert watched by millions <https://www.bbc.com/news/technology-52410647>
- COMPAS XR, (n. d.) https://compas.dev/compas_xr/latest/
- Davis MC, Can DD, Pindrik J, Rocque BG, Johnston JM, (2016) Virtual Interactive Presence in Global Surgical Education: International Collaboration Through Augmented Reality. World Neurosurg. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26342783/>
- Earthwatch Europe, (2020). New augmented reality experience visualises a climate-proof city, <https://earthwatch.org.uk/augmented-reality/#:~:text=natural%20elements%20like%20trees%20and,being>
- Ecorys, (2021). XR and its potential for Europe, <https://xreuropepotential.com/assets/pdf/ecorys-xr-2021-report.pdf>
- Engage, (2025). VR Education: Transforming Learning Through Immersive Experiences like Titanic VR. <https://engagevr.io/vr-education-transforming-learning-through-immersive-experiences-like-titanic-vr/>
- Eon Reality, (n. d.) EON SoftSkills. The AI-Powered Training Revolution Mastering SoftSkills with Unprecedented Precision. <https://eonreality.com/eon-ai-softskills/>
- eSight, (2020) eSight 4 Features: Hear From the Team Behind the Device, <https://www.esighteyewear.com/general-low-vision-news-eye-conditions/esight-4-features-hear-from-the-team-behind-the-device/>
- European Commission, (2023). An EU initiative on Web 4.0 and virtual worlds : a head start in the next technological transition, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/staff-working-document-information-insights-and-market-trends-web-40-and-virtual-worlds>
- European Commission, (n.d.) Virtual worlds, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/virtual-worlds>

- Europeana Foundation, (2025) XRCulture, <https://pro.europeana.eu/project/xrculture>
- fitXR, (n. d.) Seasons Change.Habits stay <https://fitxr.com/>
- Fortune Business Insights, (2025). Extended Reality (XR) Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality), By Industry (Healthcare, Education, Retail & E-commerce, Gaming, Automotive, Media & Entertainment, and Others), and Regional Forecast, 2025 – 2032, <https://www.fortunebusinessinsights.com/extended-reality-market-106637>
- Froehlich, H. (2024) Immersive AR/VR Technologies in Manufacturing: Case Studies, Benefits. Industry Week. <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/55249125/immersive-ar-vr-technologies-in-manufacturing-case-studies-benefits>
- Glitch Studios, (n. d.) The Theatre Reimagined – Introducing AR to the Stage <https://www.glitchstudios.co/projects-archive/the-theatre-reimagined-introducing-ar-to-the-stage/#:~:text=In%20a%20groundbreaking%20collaboration%2C%20three,AR>
- GUESTXR, (2025). Extended Reality game educates players on resource scarcity. <https://guestxr.eu/extended-reality-game-educates-players-on-resource-scarcity/>
- Höftberger, K., et. al. (2023) XR-Supported Communication in Green Urban Projects. Participating in Urban Change through Virtual and Augmented Reality. https://www.corp.at/archive/CORP2023_116.pdf#:~:text=A%20main%20feature%20of%20GLARA's,A%20tutorial%20guides%20users%20and
- Immerse, (n. d.) <https://xrera.eu/immersive-language-learning/>
- Kauno technologijų universitetas, (2023). The invention of Lithuanian scientists: a virtual post-stroke assistant for rehabilitation <https://en.ktu.edu/news/the-invention-of-lithuanian-scientists-a-virtual-post-stroke-assistant-for-rehabilitation/>
- Louvre, (n. d.) VIRTUAL TOURS, <https://www.louvre.fr/en/online-tours>
- Materialise, (2024) The Potential of AR in Preoperative Oncovascular Surgical Planning, <https://www.materialise.com/en/inspiration/articles/ar-preoperative-oncovascular-surgical-planning>
- McKinsey & Company, (2022). road to change Value creation in the metaverse. https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/business%20functions/marketing%20and%20sales/our%20insights/value%20creation%20in%20the%20metaverse/Value-creation-in-the-metaverse.pdf
- Medical Imaging XR, (n.d.) <https://www.medicalholodeck.com/en/surgical-planning-training-digital-twins-augmented-virtual-reality/>
- Meta, (n. d.) Supernatural. Join the new fitness revolution https://www.meta.com/quest/supernatural/?srsltid=AfmBOooiLhqIZP0MTNPFZ1GPkMjkOiRL_wN-BV9RrgssHF8h_MDI8PiX
- Mulders, Miriam, Träg, K.H., Kirner, L. (2025). Go green: evaluating an XR application on biodiversity in German secondary school classrooms. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11251-024-09697-1>

- MVFW Metaverse Fashion Week by Decentraland, (n.d.d) <https://mvfw.org>
- Renault, (2022). Renault Group Launches the first industrial metaverse. <https://www.renault.com.au/news/renault-group-launches-the-first-industrial-metaverse/1006/>
- Siemens, (2024). 5 ways industrial AR transforms work, <https://blogs.sw.siemens.com/teamcenter/industrial-ar-transforms-work/>
- Surgical Theatre, (n.d.) ConveyXR™ Empower Patient Understanding with eXperiential Reality, <https://surgicaltheater.com/conveyxr/>
- The AURORA XR School for Artist, (n. d.) <https://aurora.htw-berlin.de/en/about/?utm>
- Tripp, (n. d.) A wellness platform informed by research, <https://www.tripp.com/about/>
- UNEP, (2020). Experience your carbon footprint in VR, <https://www.unep.org/news-and-stories/story/experience-your-carbon-footprint-vr#:~:text=That's%20why%20the%20UN%20Environment,transforms%20into%20sea%20level%20rise>
- Varjo Insider, (2023) 5 Examples of Mixed and Virtual Reality Applications from Creative Industries <https://varjo.com/vr-lab/5-examples-of-mixed-and-virtual-reality-applications-from-creative-industries/#:~:text=VR%20and%20XR%20hold%20almost,delight%2C%20inform%20and%20impress%20users>
- Varjo Insider, (2023) Revolutionizing Medical Training with Immersive Technologies: 5 Use Cases for VR and XR in the Medical Field, <https://varjo.com/vr-lab/revolutionizing-medical-training-with-immersive-technologies-5-use-cases-for-vr-and-xr-in-the-medical-field/#:~:text=Healthcare%20solutions%20provider%20Laerdal%20created,events%20without%20jeopardizing%20patient%20safety>
- Varjo, (n. d.) Case Finnish National Opera & Ballet: Reimagining the Future of Stage Production, <https://varjo.com/testimonial/case-finnish-national-opera-reimagining-the-future-of-stage-production-and-creativity/>
- Varjo, (n. d.) How Air Zermatt is Setting New Standards for Helicopter Pilot Training with Varjo, <https://varjo.com/case-studies/how-air-zermatt-is-setting-new-standards-for-helicopter-pilot-training-with-varjo/>
- Verified Market Research, (2024) Global Metaverse Market Size By Component (Hardware, Software), By Technology (Blockchain, Virtual Reality (VR)), By Application (Gaming, Online Shopping), By Geographic Scope And Forecast. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/metaverse-market/>
- Visionary Analytics, (2022) Extended reality: opportunities, success stories and challenges in health and education, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/extended-reality-opportunities-success-stories-and-challenges-health-and-education>
- Xiaoqing Ji, (2020). Immersive Language Learning, <https://xrera.eu/immersive-language-learning/>

- XR4Europe, (2025). EUROPEAN XR INDUSTRY REPORT 2025.
<https://xr4europe.eu/wp-content/uploads/European-XR-Industry-Report-2025.pdf>
- XRHealth, (n. d.) XR Platform For Mental HealthTreatment,
<https://www.xr.health/us/products/pain-management/>
- XRHealth, (n. d.) XR Platform For Pain Management,
<https://www.xr.health/us/products/pain-management/>
- XRHealth, (n. d.) XR Platform For Physical Rehabilitation,
<https://www.xr.health/us/products/physical-rehabilitation/>