Sari Hormio

Saavutettavampaa tekoälyn avulla

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tekoälyn hyödyntämisestä digitaalisen saavutettavuuden parantamiseksi

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö
Tietojärjestelmätieteen pro gradu -tutkielma
Teknisen viestinnän maisteriohjelma

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO
Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö
Tekijä: Sari Hormio
Tutkielman nimi: Saavutettavampaa tekoälyn avulla: Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tekoälyn hyödyntämisestä digitaalisen saavutettavuuden parantamiseksi
Tutkinto: Kauppatieteiden maisteri
Oppiaine: Tekninen viestintä
Työn ohjaaja: Juho-Pekka Mäkipää
Valmistumisvuosi: 2025 **Sivumäärä:** 57

TIIVISTELMÄ:
Digitaalisella saavutettavuudella tarkoitetaan verkkosivujen ja mobiilisovellusten suunnittelua, kehittämistä, ylläpitämistä ja päivittämistä niin, että ne ovat saavutettavia mahdollisimman suurelle joukolle erilaisia käyttäjiä. Saavutettavuus huomioi näkö- ja kuulovammaiset, ikääntyvät henkilöt sekä käyttäjät, joilla on motorisia tai kognitiivisia rajoitteita. Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan tekoälyn hyödyntämistä digitaalisen saavutettavuuden kehittämisessä. Katsauksen tarkoituksena on selvittää, mille käyttäjäryhmille tekoälypohjainen saavutettavuustutkimus on suunnattu ja ovatko vammaiset henkilöt osallistuneet tutkimuksiin. Lisäksi katsauksessa tutkitaan, mitä tekoälyteknologioita on käytetty saavutettavuuden parantamiseksi sekä miten verkkosisällön saavutettavuusohjeet (WCAG) on huomioitu tutkimuksissa. Tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva siitä, miten tekoälyä hyödynnetään saavutettavuuden parantamisessa ja millaisia kehityssuuntia alalla on tunnistettavissa.

Katsaus on toteutettu systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmällä mukaillen Okolin mallia, joka mahdollistaa vaiheet protokollasta aineiston analyysiin ja raportointiin. Aineistohaku on suoritettu syyskuussa 2025, jonka jälkeen analyysiin on valittu 31 vertaisarvioitua artikkelia ja konferenssijulkaisua Scopus- ja Web of Science -tietokannoista. Kirjallisuuskatsauksen synteesimenetelmäksi valikoitui integroiva synteesi, koska tarkasteltu aineisto koostui sekä kvantitatiivisista, kvalitatiivisista että sekamenetelmiin perustuvista tutkimuksista.

Tulosten perusteella tekoälyä hyödynnetään saavutettavuuden tutkimuksessa pääasiassa kehittäjien ja sisällöntuottajien näkökannalta. Tutkimukset keskittyvät teknisiin ratkaisuihin, kuten saavutettavuusvirheiden tunnistamiseen ja automaattiseen korjaamiseen. Kuitenkin useimmissa tutkimuksissa on todettu, että tekoälyn tuottamat ratkaisut on edelleen auditoitava ihmisen toimesta. Yleisimmin käytetyt teknologiat ovat luonnollisen kielen käsittely, generatiivinen tekoäly ja suuret kielimallit. Kansainvälisiin saavutettavuusohjeistuksiin (WCAG) on viitattu hieman yli puolessa tutkimuksista, mutta soveltaminen on pääosin epäsuoraa. Vammaisia käyttäjiä ei ole osallistettu tutkimuksiin, joka on huomioitu kehitysehdotuksena monessa tutkimuksessa. Suuri osa tutkimuksista parantaa edelleen näkövammaisten mahdollisuuksia saavutettavaan verkkopalveluun, siinä missä muiden käyttäjäryhmien tarpeet ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Toivottavaa on, että tulevissa saavutettavuuden ja tekoälyn tutkimuksissa laajennetaan tutkimustyötä myös muihin vammaisryhmiin ja varmistetaan samalla kaikkien ryhmien eettiset ja oikeudelliset näkökulmat.

AVAINSANAT: digitaalinen saavutettavuus, verkkosisällön saavutettavuus, tekoäly, AI, WCAG

Sisällys

1 Johdanto 6
1.1 Tausta ja ajankohtaisuus 6
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset 9
2 Keskeiset käsitteet ja aiempi tutkimus 10
2.1 Digitaalinen saavutettavuus 10
2.1.1 WCAG:n historiaa 10
2.1.2 WCAG-periaatteet 11
2.1.3 WCAG-kriteerit 12
2.1.4 Verkkosivujen saavutettavuuden nykytila 2025 13
2.2 Tekoäly 14
2.2.1 Koneoppiminen 15
2.2.2 Syväoppiminen 15
2.2.3 Konvoluutioneuroverkot ja toistuvat neuroverkot 16
2.2.4 Luonnollisen kielen käsittely 16
2.2.5 Konenäkö 17
2.2.6 Generatiivinen tekoäly 17
2.3 Aiempi tutkimus 18
3 Kirjallisuuskatsauksen kulku 21
3.1 Tutkimuksen tarkoitus 22
3.2 Tutkimuksen protokolla 22
3.2.1 Tutkimuskysymyksen luonnostelu 22
3.2.2 Hakutermin määrittely 23
3.2.3 Tietokantojen ja julkaisujen määrittely 24
3.2.4 Muistiinpanotekniikat 24
3.3 Käytännön seulonta 25
3.4 Kirjallisuuden haku 26
3.4.1 Hakulausekkeen muodostaminen 26
3.4.2 Kirjallisuuden haku tietokannoista 27
3.4.3 Manuaalinen valinta 28

3.4.4 Yhteenveto valintavaiheesta 30
3.5 Tietojen poiminta 31
3.6 Aineiston laadullinen arviointi 31
3.7 Yhteenveto valituista tutkimuksista 32
4 Synteesistä löydöksiin 36
4.1 Mitä käyttäjäryhmiä tutkimukset palvelevat? 36
4.2 Mitä tekoälyteknologioita tutkimuksissa on hyödynnetty? 40
4.3 Mainitaanko tutkimuksissa saavutettavuusohjeet (WCAG)? 43
4.4 Löydöksiä 45
5 Diskussio 47
5.1 Tutkimuksen arviointi, luotettavuus ja rajoitukset 48
5.2 Ehdotukset tulevaan tutkimukseen 49
Lähteet 50

Kuviot

Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen prosessi Okolia mukaillen (Okoli, 2015). 21
Kuvio 2 Prosessikuvaus kirjallisuuden hakuvaiheesta Scopus- ja WoB-tietokannoissa. 28
Kuvio 3. Prosessikuvaus kirjallisuuden valintavaiheesta viitteidenhallintaohjelmassa. 29
Kuvio 4. Tutkimuksien jakautuminen artikkeleihin ja konferenssijulkaisuihin. 29
Kuvio 5. Kirjallisuuskatsauksen valintavaiheiden kuvaus. 30
Kuvio 6. Prosessikuvaus valintavaiheesta viitteidenhallintaohjelmassa. 32
Kuvio 7. Tutkimukset vuosien mukaan. 34
Kuvio 8. Tutkimukset tiedonkeruumenetelmän mukaan. 34
Kuvio 9. Tutkimukset maittain. 35
Kuvio 10. Tutkimuksien kohderyhmät. 38
Kuvio 11. Tutkimuksessa mukana vammaisia. Kyllä/ei-vastauksien jakautuminen. 39
Kuvio 12. Tutkimuksissa käytetyt tekoälyteknologiat. 42

Taulukot

Taulukko 1. Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit. 25

Taulukko 2. Kirjallisuuskatsauksen 31 tutkimusta. 33

Taulukko 3. Mitä käyttäjäryhmää tutkimus ensisijaisesti palvelee? 37

Taulukko 4. Tutkimuksissa käytetyt tekoälyteknologiat artikkeleittain. 41

Taulukko 5. WCAG-ohjeistus ja versio tutkimuksissa. 44

1 Johdanto

Maailman terveysjärjestö (World Health Organization, WHO) julkaisi joulukuussa 2022 maailmanlaajuisen raportin, jonka mukaan monilla vammaisilla henkilöillä on suurempi riski ennenaikaiseen kuolemaan ja sairastuvuuteen kuin muulla väestöllä. Raportin mukaan terveyserot vammaisten ja ei-vammaisten välillä johtuvat terveydenhuollon ammattilaisten kielteisistä asenteista, terveystiedon tarjoamisesta muodossa, joka ei ole ymmärrettävä sekä fyysistä että taloudellisista esteistä. WHO:n mukaan 16 % maailman väestöstä, eli 1,3 miljardia ihmistä, elää merkittävän vamman kanssa (WHO, 2022).

1.1 Tausta ja ajankohtaisuus

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) mukaan etälääketiede ja tekoälyn käyttö muokkaa terveyspalvelujen tarjoamista, kansanterveyden suojelemista, kroonisten sairauksien hallintaa ja ehkäisyä. Yhdistyneiden kansakuntien (United Nations, UN), entinen vammaisten henkilöiden oikeuksia käsittelevä erityisraportoija Gerard Quinn vahvistaa, että tekoälyyn perustuvat järjestelmät tarjoavat uusia mahdollisuuksia vammaisten osallisuudelle ja itsenäiseen elämään. Digitaaliset avustajat, puheesta tekstiksi -sovellukset, automaattisesti tuotetut videotekstitykset ja kuvien alt-tekstit, viittomakielen avattaret, proteettiset raajat ja jopa mielenterveyden tukijärjestelmät ovat vain muutamia esimerkkejä siitä, miten tekoäly voi auttaa edistämään vammaisten oikeuksia (United Nations, 2024).

Digitaaliset ratkaisut voivat parantaa työvoiman tuottavuutta ja mahdollistaa tasapuolisen pääsyn terveyspalveluihin. Kun terveystiedot ja -informaatio ovat ymmärrettäviä ja käyttökelpoisia monenlaisille käyttäjille, etälääketieteen kaltaiset palvelut voivat parantaa terveydenhuollon saavutettavuutta. Ne voivat myös lisätä potilaiden tyytyväisyyttä, erityisesti niiden joukossa, joilla on suurimmat esteet perinteisten kasvokkain tapahtuvien palvelujen käyttöön (OECD, 2023).

Tekoälyyn liittyy myös merkittäviä riskejä. Vinoutuneet algoritmit voivat syrjiä vammaisia, sillä tekoälyjärjestelmät tunnistavat vain ennalta ohjelmoituja käyttäytymismalleja, jotka perustuvat tilastolliseen keskiarvoon. Vammaiset henkilöt, jotka eivät sovi tähän keskiarvoon, voivat joutua syrjityiksi rekrytoinnissa, koulutuksessa, pankkipalveluissa tai turvallisuuspalveluissa. Tekoälytyökalut eivät ole läpinäkyviä sen suhteen, mitkä ominaisuudet ovat päätöksenteossa tärkeimpiä ja siksi syrjiviä päätöksiä voi olla vaikea havaita. Koska vammaiset ihmiset ovat harvoin mukana tekoälyn kehittämisessä, tekoälyjärjestelmät voivat lisätä jakautumista sen sijaan, että ne edistäisivät osallisuutta (United Nations, 2024).

Verkkopohjaisen tietokannan DataReportalin mukaan yhteensä 5,65 miljardia ihmistä käytti internetiä heinäkuun 2025 alussa, mikä vastaa 68,7 % koko maailman väestöstä. Kuitenkin 2,58 miljardia ihmistä on yhä vailla internetyhteyttä. Suurin osa näistä ihmisistä asuu Etelä- ja Itä-Aasiassa sekä Afrikassa. Matkapuhelimet muodostavat 63 % koko maailman verkkoliikenteestä. Yli kuusi kymmenestä internetin käyttäjästä käyttää kannettavia tietokoneita ja pöytäkoneita ainakin osassa verkkotoiminnoistaan (DataReportal, n.d.).

Vuonna 2022 WHO ja Unicef totesivat, että yli 2,5 miljardia ihmistä tarvitsee yhtä tai useampaa apuvälinettä, kuten pyörätuolia, kuulolaitetta tai sovelluksia, jotka tukevat kommunikaatiota ja kognitiota. Lähes miljardilla matalan ja keskitulotason maissa asuvalla vammaisella ei ole kuitenkaan mahdollisuutta apuvälineisiin (United Nations, 2024).

Jotta digitaaliset palvelut olisivat käytettävissä myös vammaisille ja toimintarajoitteisille käyttäjille, on maailmanlaajuinen World Wide Web -konsortion (W3C) kehittänyt Verkkosisällön saavutettavuusohjeiston (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG). Ohjeet määrittelevät, kuinka verkkosisällöstä tehdään saavutettavampaa henkilöille,

joilla on muun muassa näkö-, kuulo- tai puhevamma, kognitiivisia, kielellisiä ja fyysisiä rajoitteita, oppimisvaikeuksia tai neurologisia sairauksia (W3C, 2018).

Verkkosisällön saavutettavuusohjeita käytetään monien maiden saavutettavuusvaatimusten lainsäädännön perustana. Näin toimivat Australia, Kanada, Ranska, Saksa, Hongkong, Intia, Italia, Irlanti, Israel, Japani, Alankomaat, Uusi-Seelanti, Norja, Espanja, Iso-Britannia ja Yhdysvallat. Useimmissa maissa digitaalinen saavutettavuus ei koske kaupallisia verkkosivustoja lukuun ottamatta Norjaa ja Australiaa (Rogers, 2025).

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa tarkasteltiin vammaisten aikuisten tekoälyn käyttöä, sekä toiveita tekoälyn tulevasta kehityksestä. Aineisto kerättiin Accessibility User Research Collective -paneelista. Tulosten perusteella tekoäly on laajasti käytössä vammaisten aikuisten arjessa, erityisesti viestinnän ja luovan toiminnan tukena. Yleisimmät käyttötavat olivat henkilökohtaiset virtuaaliavustajat (80,9 %), asiakaspalvelun chat-robotit (61,8 %) ja keskusteleva generatiivinen tekoäly (57,0 %) (Anderson ja muut, 2025).

Valtaosa vastaajista (87,4 %) uskoi tekoälyn voivan parantaa vammaisten ihmisten elämänlaatua. Luottamus tekoälyyn oli pääosin neutraalia, mutta 27 % vastaajista suhtautui tekoälyyn varauksellisesti ja myönteisesti 25,3, %. Luottamusta lisäsivät erityisesti saavutettavuus ja yrityksen maine, kun taas epäluottamusta herättivät huoli tietosuojasta, tekoälyn päätöksenteon läpinäkyvyydestä sekä uutis- ja mediavaikutuksista. Peräti 96,4 % vastaajista ilmaisi kiinnostuksensa tekoälyn tulevaan kehitykseen, erityisesti viestinnän 71,8 %, kotitaloustöiden 62,4 %, terveyden ja hyvinvoinnin 62,1 % sekä harrastusten ja vapaa-ajan 60,6 % alueilla. Tulokset osoittavat, että vammaiset aikuiset ovat aktiivisia tekoälyn käyttäjiä, pitävät sitä hyödyllisenä ja näkevät sen tulevaisuuden kehityksessä merkittäviä mahdollisuuksia arjen sujuvuuden ja osallisuuden edistämiseksi (Anderson ja muut, 2025).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Raportit maailmalta osoittavat, että digitaalisten palveluiden saavutettavuus on keskeinen osa vammaisten ihmisten yhdenvertaisuuden ja osallistamisen edistämistä. Myös tekoälyn tuomat mahdollisuudet digitaalisen saavutettavuuden parantamisessa on huomattu ja vammaisten oma myönteinen suhtautuminen tekoälyn hyödyntämiseen on kasvattanut kiinnostusta sovellusten kehittämiseen ja tutkimuksien lisääntymiseen. Mutta raporteissa on myös nostettu esiin huoli siitä, ovatko vammaiset mukana kehitystyössä ja kuullaanko heitä ja heidän tarpeitaan?

Tämä tutkimus toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Sen tavoitteena oli selvittää, miten tekoälyn mahdollisuuksia digitaalisen saavutettavuuden parantamiseksi on tutkittu, millaisin tuloksin ja millaisia tulevaisuudennäkymiä nopeatempoisesti kehittyvä tekoäly tuo tulleessaan.

Kirjallisuuskatsaus vastasi seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. **Mitä käyttäjäryhmää tekoälyyn perustuva verkkosaavutettavuustutkimus palvelee ja osallistuivatko vammaiset tutkimuksiin?**
   Tällä kysymyksellä haluttiin selvittää, palveleeko tutkimus ja siinä löydetyt ratkaisut ensisijaisesti verkkopalveluiden kehittäjiä vai vammaisia palveluiden käyttäjiä. Katsaus selvitti myös, onko tutkimuksessa ollut mukana vammaisia, vai arvioidaanko tutkimusten lopputulos sovelluksia käyttämällä.

2. **Mitä tekoälyteknologioita tutkimuksessa on hyödynnetty?**
   Tämän kysymyksen tarkoitus oli koota käytetyimmät saavutettavuutta parantavat tekoälyn teknologiat.

3. **Viitataanko tutkimuksessa verkkosisällön saavutettavuusohjeisiin (WCAG), ja jos viitataan, niin mihin versioon?**
   Tämän kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka moni tutkimus on sidottu kansainvälisiin verkkosaavutettavuuden ohjeisiin.

2 Keskeiset käsitteet ja aiempi tutkimus

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen keskeiset käsitteet sekä aiempi aihepiiriä käsittelevä tutkimus. Luvun tavoitteena on määritellä kirjallisuuskatsauksessa esiintyvät käsitteet. Tekstissä on mukana myös englanninkieliset vastineet, sillä suuri osa tutkimuskirjallisuutta ja ajankohtainen tieto aiheesta julkaistaan ensisijaisesti englanniksi. Siksi oli perusteltua jättää englanninkieliset vastineet näkyviin.

Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään digitaalisen saavutettavuuden määritelmiä, standardeja ja lainsäädäntöä, jotka ohjaavat verkkopalvelujen ja digitaalisten ympäristöjen kehittämistä. Tämän jälkeen tarkastellaan tekoälyä teknologisesta ja saavutettavuuteen liittyvästä näkökulmasta. Luvun lopussa kootaan yhteen aiempi tutkimus ja aiemmat katsaukset, joiden pohjalta tunnistetaan tutkimusaukot.

2.1 Digitaalinen saavutettavuus

Verkkosisällön saavutettavuusohjeet (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG) on kehitetty yhteistyössä eri puolilta maailmaa olevien yksityishenkilöiden ja organisaatioiden kanssa. Tavoitteena on ollut tuottaa verkkosisällön saavutettavuudesta yhteinen standardi, joka vastaa kansainvälisesti yksityishenkilöiden, organisaatioiden ja hallinnon tarpeisiin. Verkon saavutettavuus riippuu saavutettavan sisällön ja sisällöntuotannon välineiden lisäksi myös saavutettavista verkkoselaimista ja käyttäjäagenteista (W3C, 2018).

2.1.1 WCAG:n historiaa

Wide Web Consortiumin (W3C) vuonna 1997 käynnistämä Web Accessibility Initiative (WAI), loi perustan myöhemmille pyrkimyksille kehittää kattavia verkkosaavutettavuuden standardeja. WCAG 1.0 julkaistiin 1999 ja se keskittyi

pääasiassa verkkosivujen HTML-rakenteeseen. WCAG 2.0 julkaistiin vuonna 2008 ja se sisälsi 12 ohjetta ja 61 menestyskriteeriä. WCAG 2.1, joka pohjautuu 2.0-versioon, julkaistiin vuonna 2018. Versioon 2.0 oli lisätty yksi ohje ja 17 menestyskriteeriä, joten 2.1 sisälsi lopulta 13 ohjetta ja 78 menestyskriteeriä. WCAG 2.2, julkaistiin lokakuussa 2023, jolloin siihen lisättiin yhdeksän uutta menestyskriteeriä. Yksi 2.1-version menestyskriteereistä poistettiin 2.2-versiosta, joten viimeisin versio sisältää yhteensä 86 menestyskriteeriä. Tällä hetkellä WCAG 2.2 on uusin versio, joka laajentaa aiempia ohjeita lisäämällä uusia menestyskriteerejä kognitiivisten vammojen ja mobiililaitteiden saavutettavuuden huomioimiseksi (Allyant, 2025).

Vaikka WCAG itsessään ei ole oikeudellisesti sitova, sitä pidetään laajasti globaalina mittapuuna digitaalisen saavutettavuuden arvioinnissa. Siihen viitataan usein oikeudellisissa kiistoissa ja käytännöissä ympäri maailmaa (Allyant, 2025).

2.1.2 WCAG-periaatteet

Verkkosisällön saavutettavuusohjeet (WCAG) sisältää suosituksia, joita noudattamalla verkkosisällöistä tehdään saavutettavia ihmisillä, joilla on vammoja ja rajoitteita. Ohjeet ottavat huomioon sokeuden ja heikkonäköisyyden, kuurouden ja huonokuuloisuuden, liikuntarajoitteet, puhevammat, valoherkkyyden ja näiden yhdistelmät. Se huomioi myös ihmiset, joilla on oppimisen ja ymmärtämisen ongelmia tai muita kognitiivisia rajoitteita (W3C, 2018).

WCAG-ohjeistus jakautuu neljään periaatteeseen:

1. Havaittava (Perceivable). Tieto ja käyttöliittymäkomponentit on esitettävä käyttäjälle tavalla, jonka hän voivat havaita (W3C, 2025). Käytännössä se tarkoittaa muun muassa sitä, että käyttäjälle on tarjottava tekstivastineita tekstittömälle sisällölle, tekstityksiä ja muita vaihtoehtoja multimediaan tai tehtävä sisällön näkemisestä ja kuulemisesta helpompaa (W3C, 2023).

2. Hallittava (Operable). Käyttöliittymäkomponenttien ja navigoinnin on oltava hallittavissa ja käyttäjien on pystyttävä ohjaamaan ja käyttämään käyttöliittymää (W3C, 2025). Käytännössä se tarkoittaa muun muassa sitä, että kaikki toiminnot pitää olla käytettävissä näppäimistöllä, käyttäjällä pitää olla riittävästi aikaa lukea ja käyttää sisältöä, navigoinnista on tehtävä helpompaa ja myös muiden syöttötapojen kuin näppäimistön käyttö on tehtävä helpommaksi (W3C, 2023).
3. Ymmärrettävä (Understandable). Tiedon ja käyttöliittymän toiminnan on oltava ymmärrettäviä (W3C, 2025). Käytännössä se tarkoittaa muun muassa sitä, että tekstistä on tehtävää luettavaa ja ymmärrettävää, sisällön on oltava ennakoitavaa ja käyttökelpoista ja käyttäjää on autettava välttämään virheet (W3C, 2023).
4. Toimintavarma (Robust). Sisällön ja koodin on oltava toimintavarmaa, jotta ne toimivat luotettavasti erilaisten selainten, laitteiden ja avustavien teknologioiden kanssa (W3C, 2025).

2.1.3 WCAG-kriteerit

WCAG 2.1 -versiossa neljän periaatteen alla on 13 ohjetta ja jokaiselle ohjeelle on laadittu testattavia onnistumiskriteereitä yhteensä 78, joita tarvitaan, kun vaatimusten määrittelyä ja ohjeidenmukaisuutta testataan esimerkiksi määrittelydokumentaatiossa, hankinnoissa, säädöksissä ja sopimuksissa (W3C, 2018).

WCAG-onnistumiskriteerit on jaettu kolmeen tasoon A (vähimmäistaso, AA ja AAA (korkein taso).

- A-tason perusvaatimuksiin kuuluvat muun muassa sisällön käytettävyys vain näppäimistön avulla, selkeästi merkityt lomakkeet, sisällön yhteensopivuus avustavien teknologioiden kanssa, selkeiden tietojen tai ohjeiden tarjoaminen muilla tavoilla kuin vain muodon, koon tai värin avulla (W3C, 2024).

- AA-taso täyttää kaikki tason A ja tason AA kriteerit. Kriteerit täyttyvät muun muassa silloin, kun tekstin ja taustan välinen värikontrasti on riittävä, sisällössä on otsikointihierarkia (h1, h2, h3…) ja navigointielementit ovat johdonmukaisia (W3C, 2024).

- AAA-taso täyttää tason A, tason AA ja lisäksi 28 lisäkriteeriä. Esimerkiksi sisältöjen tarjoaminen viittomakielisinä videoina ja tekstin kognitiivisen ymmärrettävyyden parantaminen ovat AAA-tason kriteerejä (W3C, 2024).

2.1.4 Verkkosivujen saavutettavuuden nykytila 2025

Yhdysvaltalaisen voittoa tavoittelemattoman organisaatio WebAIM arvioi vuoden 2025 tutkimuksessa miljoonan suosituimman verkkosivuston etusivun saavutettavuutta automaattisella WAVE-arviointityökaluilla. Kaikkia puutteita ei voida havaita automaattisesti, eikä virheiden puuttuminen tarkoita, että sivu olisi saavutettava tai standardien mukainen. Raportti tarjoaa kuitenkin määrällisesti luotettavan kuvan verkon vaikutusvaltaisimpien sivujen saavutettavuuden nykytilasta (WebAIM, 2025).

Tutkimuksen mukaan verkkosivujen saavutettavuus on parantunut, mutta sivujen tekninen monimutkaisuus korreloivain saavutettavuusongelmien lisääntymisen kanssa. Vuonna 2025 lähes 95 % analysoiduista etusivuista sisälsi WCAG 2.2 -standardin A- tai AA-tason vaatimusten rikkomuksia. Saavutettavuusongelmat keskittyivät muutamaan yleiseen virhetyyppiin, jotka muodostivat 96 % kaikista havaituista ongelmista (WebAIM, 2025).

Yleisimmät saavutettavuusvirheet vuonna 2025:

- Liian heikko kontrasti tekstissä. Esiintyi 79,1 %:lla sivuista.
- Puuttuva vaihtoehtoinen teksti kuvissa. Esiintyi 55,5 %:lla sivuista.
- Puuttuvat selitteet lomakekentissä. Esiintyi 48,2 %:lla sivuista.
- Tyhjät linkit. Esiintyi 45,4 %:lla sivuista.

- Tyhjät painikkeet. Esiintyi 29,6 %:lla sivuista.
- Määrittämätön asiakirjakieli. Esiintyi 15,8 %:lla sivuista.

Tutkimus osoitti, että saavutettavuus vaihteli eri verkkosivukategorioiden, kielten ja teknologioiden välillä. Julkisen hallinnon ja voittoa tavoittelemattomien organisaatioiden sivustot olivat keskimäärin saavutettavampia kuin kaupalliset tai viihdesivustot (WebAIM, 2025).

Tutkimuksessa analysoitujen verkkosivujen keskimääräinen saavutettavuusvirheiden määrä oli 51 virhettä etusivua kohden. Kielialueista vähiten virheitä havaittiin englanninkielisillä sivuilla, joissa keskiarvo oli noin 39,8 virhettä sivua kohden. Hollanninkielisillä sivuilla havaittiin keskimäärin 46,9 virhettä ja saksankielisillä 50,4. Virheiden määrä oli korkeampi useilla muilla kielialueilla. Farsinkielisillä sivuilla havaittiin keskimäärin 83,7 virhettä, venäjänkielisillä 84,6 virhettä ja koreankielisillä 86,4 virhettä etusivua kohden. Myös vietnamin-, kiinan- ja italiankielisillä sivuilla virheiden määrä ylitti koko aineiston keskiarvon (WebAIM, 2025).

Raportin mukaan yksinkertaisemmat sisällönhallinta- ja sivustorakenteet sekä kevyemmät JavaScript-ratkaisut johtivat alhaisempaan havaittujen virheiden määrään. Sen sijaan monimutkaisempia web-kehityskehyksiä, laajoja JavaScript-kirjastoja, mainosverkostoja ja interaktiivisia elementtejä käyttävät sivustot sisälsivät keskimäärin enemmän saavutettavuusvirheitä. Teknologinen monimuotoisuus ja sivun elementtien määrä korreloivat siten havaittujen WCAG-virheiden määrään (WebAIM, 2025).

2.2 Tekoäly

Tekoäly (artificial intelligence, AI) tarkoittaa koneen tai tietokonejärjestelmän kykyä jäljitellä ja suorittaa tehtäviä, jotka tavallisesti edellyttävät inhimillistä älykkyyttä, kuten loogista päättelyä, oppimista ja ongelmanratkaisua. Tekoälyyn kuuluu osa-alueita, jotka keskittyvät erilaisiin tehtäviin. Koneoppimisen avulla tietokoneet voivat oppia datasta,

konenäkö mahdollistaa visuaalisen tiedon tulkinnan ja luonnollisen kielen käsittelyn avulla voidaan ymmärtää ja tuottaa ihmiskieltä (Digital NSW, n.d.).

Tekoälyn käsite juontaa juurensa tietojenkäsittelytieteen alkuvaiheisiin 1950-luvulle. John McCarthy esitteli termin Dartmouthin konferenssissa vuonna 1956, jolloin tekoäly eriytettiin tietojenkäsittelytieteestä omaksi tutkimusalakseen. Konferenssissa todettiin, että ihmisen älykkyyttä on periaatteessa mahdollista simuloida tietokoneella (Dartmouth College, n.d.)

2.2.1 Koneoppiminen

Koneoppiminen (Machine Learning, ML) on tekoälyn osa-alue, jossa tietokonejärjestelmät oppivat parantamaan suorituskykyään kokemuksen tai datan perusteella ilman, että niitä ohjelmoidaan eksplisiittisesti jokaista tehtävää varten. Koneoppiminen hyödyntää algoritmeja ja hermoverkkomalleja, jotka rakentavat matemaattisia malleja esimerkkidatan pohjalta ja tekevät ennusteita tai päätöksiä automaattisesti. Koneoppimisen historia ulottuu 1950-luvulle. Se on kehittynyt monikerroksisiksi neuroverkoiksi sekä nykyaikaisiksi syväoppimisen menetelmiksi, joita hyödynnetään muun muassa puhe- ja kuvantunnistuksessa sekä monimutkaisten mallien koulutuksessa (Foote, 2021).

2.2.2 Syväoppiminen

Syväoppiminen (Deep Learning, DL) on koneoppimisen alalaji, joka hyödyntää monikerroksisia neuroverkkoja tiedon käsittelyyn. Syväoppimisen menetelmät ovat kehittyneet erityisesti kuvankäsittelyssä, puheentunnistuksessa ja luonnollisen kielen käsittelyssä. Näiden teknologioiden soveltaminen mahdollistaa käyttöliittymien dynaamisen mukauttamisen reaaliajassa käyttäjän tarpeiden mukaan. Verkkoalustoilla voidaan automaattisesti säätää tekstin kokoa, kontrastia ja asettelua käyttäjän lukutaito-

tai näkökyvyn mukaan, tarjota puhe- ja eleohjauksella toimivia lisätoimintoja sekä ohjata käyttäjää reaaliaikaisesti palveluissa ja navigoinnissa. Näin syväoppiminen tukee erityisesti käyttäjiä, joilla on alhainen lukutaito tai erityistarpeita (Li & Wang, 2024).

2.2.3 Konvoluutioneuroverkot ja toistuvat neuroverkot

Koneoppimistekniikkaan kuuluvat konvoluutioneuroverkot (Convolutional Neural Networks, CNN) ja toistuvat neuroverkot (Recurrent Neural Network, RNN) voivat luoda räätälöityjä sovelluksia, jotka lisäävät saavutettavuutta ja parantavat erityisesti näkö- ja kuulovammaisten elämänlaatua. Neuroverkkomallit soveltuvat tehokkaasti visuaalisen ja auditiivisen datan käsittelyyn, mikä mahdollistaa esimerkiksi ääniluokittelun, objektintunnistuksen ja puheesta tekstiksi -muunnoksen toteuttamisen. Koneoppimisen sovellusten kehittämisessä hyödynnetään myös erityisiä datakokonaisuuksia mallien kouluttamiseen, jotta ne pystyvät suoriutumaan tarkasti annetuista tehtävistä (Patel ja muut, 2025)

2.2.4 Luonnollisen kielen käsittely

Luonnollisen kielen käsittely (Natural Language Processing, NLP) on tekoälyn osa-alue, joka mahdollistaa tietokoneiden ihmiskielen ymmärtämisen, tulkitsemisen ja tuottamisen. Luonnollisen kielen käsittelyyn perustuvat sovellukset voivat muuntaa tekstiä puheeksi (text-to-speech, TTS) tai puhetta tekstiksi (speech-to-text, STT) ja auttavat näin näkö- tai kuulovammaisia verkkopalveluiden käyttäjiä. Lisäksi sovellukset voivat yksinkertaistaa monimutkaisia tekstejä, jolloin sisällöstä tulee ymmärrettävämpää ihmisille, joilla on kognitiivisia rajoitteita (Flevy, n.d.).

Luonnollisen kielen käsittelyllä voidaan myös luoda yksilöllisiä käyttökokemuksia ja muokata digitaalisen sisällön esitystapaa, esimerkiksi hitaampaa puhetapaa. Luonnollisen kielen käsittely tukee myös digitaalisen sisällön reaaliaikaista kääntämistä

ja lokalisaatiota, mikä poistaa kielimuurit ja auttaa myös niitä ihmisiä, joilla on rajallinen kielitaito (Flevy, n.d.).

2.2.5 Konenäkö

Konenäkö (Computer Vision, CV) on teknologia mahdollistaa tietokoneiden visuaalisen datan, kuten kuvien ja videoiden, käsittelyn samalla, kun niistä voidaan tunnistaa ja tulkita merkityksellisiä kuvioita. Konenäkö hyödyntää pääasiassa syväoppimista ja konvoluutioneuroverkkoja, mikä mahdollistaa muun muassa merkkien tunnistuksen (Optical Character Recognition, OCR), kuvantunnistuksen (Image Recognition), kuvioiden tunnistuksen (Pattern Recognition), kasvojentunnistuksen (Facial Recognition) sekä kohteiden havaitsemisen ja luokittelun (Object Detection and Classification) (An & Kim, 2023).

Tekoälyn ja koneoppimisen edistysaskeleet ovat tuoneet merkittäviä parannuksia konenäön alalle. Tämä johtuu suurelta osin syväoppimismallien tehokkaasta kouluttamisesta sekä kehittyneistä datankeruu- ja -käsittelytekniikoista. Älypuhelinten yleistyminen ja niiden kautta kerätyn laadukkaan datan kertyminen erilaisista ympäristöistä on nopeuttanut syväoppimisen kehitystä (An & Kim, 2023).

2.2.6 Generatiivinen tekoäly

Generatiivinen tekoäly (Generative Artificial Intelligence, AI) on tekoälyn osa-alue, joka mahdollistaa uuden teksti-, kuva- tai äänisisällön luomisen harjoitusaineiston perusteella. Nykyiset generatiiviset tekoälyjärjestelmät, kuten suuret kielimallit (Large Language Models, LLM), kykenevät analysoimaan suuria aineistokokonaisuuksia, tunnistamaan kuvioita ja konteksteja sekä tuottamaan ennennäkemätöntä sisältöä (Acosta-Vargas ja muut, 2024).

Suuria kielimalleja voidaan käyttää automaattiseen tekstin ja puheen tuottamiseen, kuvasovelluksissa voidaan generoida visuaalista sisältöä ja älykkäät kysymys-vastaus -järjestelmät voivat parantaa vuorovaikutusta käyttäjien kanssa. Tunnettuja sovelluksia ovat esimerkiksi ChatGPT, Copilot, Bing Chat ja DALL-E 2, jotka mahdollistavat ohjelmointiavun, sisällöntuotannon, luovan suunnittelun ja asiakaspalvelun. Suuret kielimallit tukevat myös monikielisiä sovelluksia ja reaaliaikaista sisältöjen muuntamista, mikä laajentaa digitaalisen sisällön saatavuutta ja ymmärrettävyyttä eri käyttäjäryhmille (Acosta-Vargas ja muut, 2024).

2.3 Aiempi tutkimus

Digitaalinen saavutettavuus ja tekoäly kiinnostavat aiheina tutkijoita yhä enenevissä määrin, mikä näkyy uusien aiheeseen liittyvien tutkimuksien ja kirjallisuuskatsauksien ilmestymisenä tietokantoihin. Tässä tutkimuksessa haettiin kirjallisuushaun yhteydessä kirjallisuuskatsaukset samoilla hakukriteereillä kuin itse tutkimukseen haetut artikkelit ja konferenssijulkaisut. Esiin nousi neljä tässä esiteltyä kirjallisuuskatsausta.

Tutkijat Chemnad ja Othman (2024) kokosivat tietokannoista: ACM Digital Library, IEEE Xplore, ScienceDirect, Scopus ja Springer saavutettavuutta ja tekoälyä käsittelevät artikkelit vuosilta 2018–2023. Heidän kirjallisuuskatsauksensa sisälsi (Kitchenham & Charters, 2007) kolmivaiheisen metodologin, jossa on vaiheet: suunnittelu, toteutus ja raportointi. Kirjallisuuskatsauksen mukaan tutkimukset keskittyivät pääosin näkövammaisiin, kun taas puhe- ja kuulovammat, autismikirjon häiriöt, neurologiset ja motoriset rajoitteet jäivät vähemmälle huomiolle. Katsaus korosti tarvetta laajempaan ja tasapainoisempaan tutkimukseen.

Tutkijat Bercaru ja Popescu (2024) kokosivat tietokannoista: Google Scholar, Elsevier, IEEE Xplore, Springer vuosilta 2018–2024 artikkelit, joiden avainsanoihin kuuluivat saavutettava käyttöliittymä, puheesta tekstiksi, tekstistä puheeksi, saavutettavuus, puheentunnistus, viittomakielen tunnistusartikkelit. Heidän tutkimuksensa paljasti, että

tekoäly- ja koneoppimispohjaiset ratkaisut tukevat puhe- ja tekstipohjaista saavutettavuutta hyvin, mutta jatkuvan viittomakielen tunnistus on edelleen rajallista, mikä edellyttää monipuolisempaa datankeruuta ja viestinnän ymmärtämistä parantavia menetelmiä.

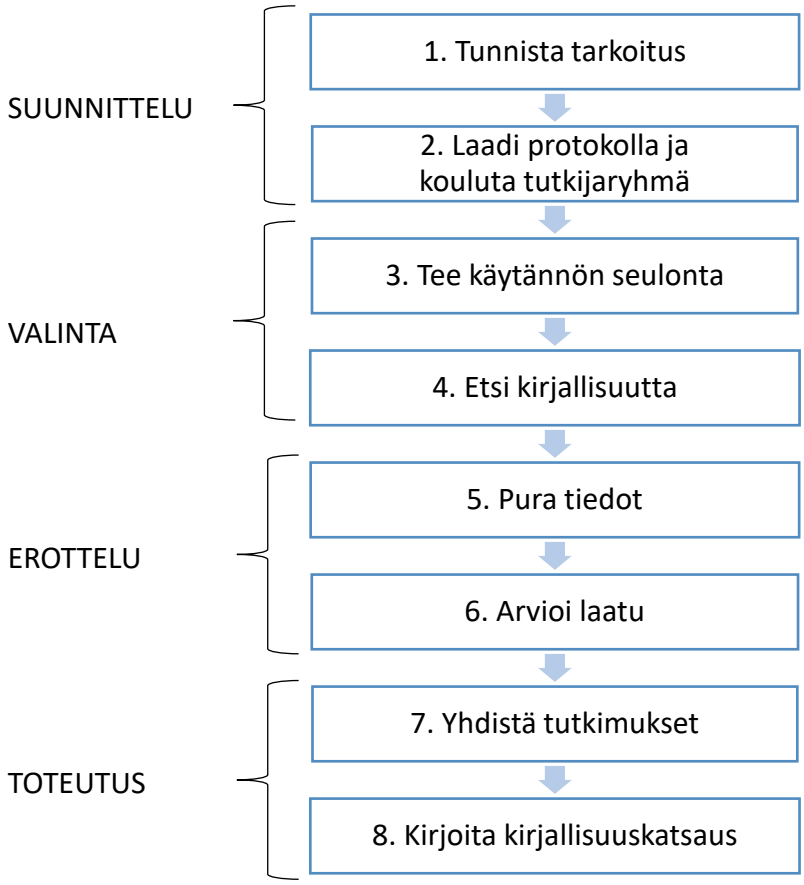
Tutkijat Vera-Amaro ja Rojano-Cáceres (2025) kokosivat tietokannoista Scopus ja Web of Science artikkelit vuosilta 2019–2025. Tutkimus toteutettiin metodilla, joka eteni kolmessa vaiheessa: suunnittelu, toteutus ja raportointi. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida, miten tekoäly ja erityisesti koneoppimismallit voivat parantaa verkkosisältöjen saavutettavuutta ja tukea WCAG-standardien noudattamista. Tulokset osoittivat, että tekoälyn keskeisiä sovelluksia olivat vaihtoehtoisten kuvatekstien luominen, saavutettavuusarviointien automatisointi, korjausesitysten tuottaminen sekä vaihtoehtoisten käyttöliittymien suunnittelu saavutettavuuden parantamiseksi. Lisäksi suuret kielimallit osoittivat merkittävää potentiaalia saavutettavan sisällön tuottamisessa. Tutkimus kuitenkin korosti, että lisätutkimusta tarvitaan myös muiden kuin näkövammaisten saavutettavuuden parantamiseksi myös WCAG-ohjeiden soveltaminen oli tutkijoiden mukaan epäyhtenäistä.

Tutkijat Campoverde-Molina ja Luján-Mora (2026) kokosivat tietokannoista ACM Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science vuosilta 2018–2024 artikkelit, joiden avainsanoihin kuuluivat tekoäly, saavutettavuus, koneoppiminen, laajat kielimallit, verkkosisältöjen saavutettavuus ja WCAG. Tutkimus toteutettiin systemaattisena kartoittavana tutkimuksena PRISMA-ohjeistuksen mukaan. Keskeiset havainnot osoittivat, että tekoäly ja koneoppiminen tukivat verkkosisältöjen saavutettavuutta vaihtoehtoisten kuvatekstien luomisessa, virheiden automaattisessa korjauksessa ja saavutettavien käyttöliittymien suunnittelussa. Laajoja kielimalleja, kuten ChatGPT:tä, hyödynnettiin saavutettavan HTML-koodin luomisessa. Lisäksi tutkimuksessa ehdotettiin tulevaisuuden tekoälytyökalujen mukauttamista saavutettavuuslainsäädäntöön.

Edellä esitetyt kirjallisuuskatsaukset käsittelivät digitaalista saavutettavuutta ja tekoälyn käyttöä digitaalisen saavutettavuuden parantamiseksi. Aihetta on siis lähestytty jo monin eri tavoin. Mielenkiinto tekoälyn hyödyntämistä kohtaan on kasvanut, joka näkyy lukuisina uusina tutkimuksina ja konferenssijulkaisuina tietokannoissa. ChatGPT:n kehitys alkoi 2018. Se julkaistiin suurelle yleisölle 2022 (Wang, 2024). Se on voinut lisätä tietoisuutta generatiivisen tekoälyn mahdollisuuksista ja on omalta osaltaan voinut kasvattaa teknologian käyttämistä saavutettavuuden tukena ja kasvavana tutkimusalana.

3 Kirjallisuuskatsauksen kulku

Kirjallisuuskatsaus on systemaattinen, täsmällinen ja toistettavissa oleva menetelmä, jolla tunnistetaan, arvioidaan ja tiivistetään tutkijoiden, tiedemiesten ja asiantuntijoiden valmiina oleva ja julkaistu tutkimusaineisto (Salminen, 2023). Tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus on toteutettu Chitu Okolin, (2015) kahdeksanvaiheista mallia mukaillen. Malli tarjoaa systemaattisen, läpinäkyvän ja tieteellisesti perustellun menetelmän kirjallisuuden kokoamiseen, arviointiin ja synteesiin. Okoli (2015) korostaa mallissaan tutkijatiimin muodostamista, kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimuksen tasapuolista käsittelyä, laadunarvioinnin merkitystä ja teoreettisen synteesin tuottamista. Kuviossa 1 kuvailtu malli tukee sekä menetelmällistä että tieteellistä laatua ja tekee katsauksesta toistettavan ja arvioitavan.



Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen prosessi Okolia mukaillen (Okoli, 2015).

3.1 Tutkimuksen tarkoitus

Kirjallisuuskatsaus auttaa hahmottamaan olemassa olevan tietämyksen kokonaisuuden ja sen avulla voidaan tunnistaa alueet, joilla tutkimusta on runsaasti, sekä ne osa-alueet, joilla uutta tutkimusta tarvitaan. Katsaus tarjoaa teoreettisen perustan ehdotetulle tutkimukselle ja perustelee tutkimusongelman olemassaolon. Se osoittaa myös, että ehdotettu tutkimus tuo uutta tietoa tieteenalan kokonaisosaamiseen. Lisäksi kirjallisuuskatsaus auttaa määrittämään tutkimuksen menetelmälliset lähtökohdat, lähestymistavan, tavoitteet ja tutkimuskysymykset (Levy & Ellis, 2006).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten tekoälyn mahdollisuuksia digitaalisen saavutettavuuden parantamiseksi on tutkittu, millaisin tuloksin ja millaisia tulevaisuuden tutkimuskohteita tutkijat ovat löytäneet.

3.2 Tutkimuksen protokolla

Protokolla on systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keskeinen suunnittelu dokumentti, joka määrittelee etukäteen katsauksen tavoitteet, tutkimuskysymykset, menetelmät ja analyysitavat. Sen päätehtävä on varmistaa katsauksen luotettavuus, toistettavuus ja puolueettomuus (Kitchenham & Charters, 2007).

Ilman ennakolta laadittua protokollaa tutkijan omat odotukset voisivat vaikuttaa tutkimusten valintaan, tulkintaan ja johtopäätöksiin. Protokolla vähentää tutkijaharhaa ja ohjaa katsauksen läpivientiä johdonmukaisesti ja läpinäkyvästi (Kitchenham & Charters, 2007).

3.2.1 Tutkimuskysymyksen luonnostelu

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keskeisin vaihe on tutkimuskysymyksen muotoileminen niin, että se on tärkeä sekä tutkijoille että käytännön toimijoille.

Kitchenhamin ja Chartersin (2007) mukaan oikeanlainen tutkimuskysymys auttaa myös paljastamaan ristiriitoja yleisesti vallalla olevien käsitysten ja todellisuuden välillä.

Kirjallisuuskatsauksessa haluttiin tarkastella tutkimuksia käyttäjien, digitaalisen saavutettavuuden kuin tekoälyn kannalta. Tutkimuskysymyksiä pohdittaessa pidettiin tärkeänä, että niistä käy ilmi mahdollinen saavutettavuuden WCAG-periaatteiden ja -kriteereiden käyttö, tutkimuksessa käytetyt tekoälyteknologiat ja mahdolliset trendit sekä todelliset ryhmät, jotka hyötyvät tutkimuksesta.

Kirjallisuuskatsaus vastasi seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. **Mitä käyttäjäryhmää tekoälyyn perustuva verkkosaavutettavuustutkimus palvelee ja osallistuivatko vammaiset tutkimuksiin?**
   Tällä kysymyksellä haluttiin selvittää, palveleeko tutkimus ja siinä löydetyt ratkaisut ensisijaisesti verkkopalveluiden kehittäjiä vai vammaisia palveluiden käyttäjiä. Katsaus selvitti myös, onko tutkimuksessa ollut mukana vammaisia, vai arvioidaanko tutkimusten lopputulos sovelluksia käyttämällä.
2. **Mitä tekoälyteknologioita tutkimuksessa on hyödynnetty?**
   Tämän kysymyksen tarkoitus oli koota käytetyimmät saavutettavuutta parantavat tekoälyn teknologiat.
3. **Viitataanko tutkimuksessa verkkosisällön saavutettavuusohjeisiin (WCAG), ja jos viitataan, niin mihin versioon?**
   Tämän kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka moni tutkimus on sidottu kansainvälisiin verkkosaavutettavuuden ohjeisiin.

3.2.2 Hakutermin määrittely

Tutkimus keskittyi kahteen hakutermiin digitaalinen saavutettavuus ja tekoäly. Protokollaan määriteltiin, että pilottihaussa hakutermeiksi tulevat digitaalisen saavutettavuuden ja tekoälyn englanninkieliset vastineet synonyymeineen. Jo suunnitteluvaiheessa haluttiin rajata, että tutkimukset koskevat juuri digitaalista

saavutettavuutta, eikä saavutettavuutta yleisellä tasolla. Englanninkielisille termeille haettiin lähimmät synonyymit.

Digitaalinen saavutettavuus englanniksi:	Digital Accessibility
Verkkosivuston saavutettavuus englanniksi:	Web Accessibility
Tekoäly englanniksi:	Artificial Intelligence
Tekoälyn lyhenne:	AI

3.2.3 Tietokantojen ja julkaisujen määrittely

Protokollaan määriteltiin ensimmäisen vaiheen automaattiseen kirjallisuushakuun käytettävät tietokannat. Kansainvälisesti laajasti käytetyt Scopus- ja Web of Science -tietokannat kattavat laajasti tietotekniikan, yhteiskuntatieteiden, terveydenhuollon ja insinööritieteiden julkaisuja ja ovat siksi perusteltuja, kun etsitään tutkimuksia, jotka käsittelevät digitaalista saavutettavuutta ja tekoälyä.

3.2.4 Muistiinpanotekniikat

Protokollassa määriteltiin, että tietokannoista löydetyt tutkimukset tuodaan automaattisen hakuvaiheen jälkeen viitteidenhallintaohjelmaan valmiiksi nimettyihin kansioihin. Kirjallisuuskatsaukset omaan ja artikkelit ja konferenssijulkaisut omaan. Tutkimuksista päätettiin ennen siirtoa valita kaikki tietokannasta mukana tulevat julkaisujen perustiedot, joita ovat muun muassa julkaisun nimi, tiivistelmä, tekijät ja julkaisuvuosi. Näin varmistettiin, että manuaalisessa valintavaiheessa arvioijalla on tietojenkeruulomakkeella käytössään kaikki mahdollinen valmiina saatavissa oleva tieto. Protokollassa määriteltiin, että manuaalinen läpikäynti, duplikaattien poisto ja artikkelikohtainen digitaalinen muistiinpanojen tekeminen tapahtuu viitteidenhallintaohjelmassa.

3.3 Käytännön seulonta

Käytännön seulontavaiheessa määritellään selkeästi, mitkä tutkimukset sisällytetään katsaukseen ja mitkä jätetään pois jatkokäsittelystä. Tämän vaiheen tavoitteena on rajata analysoitavien tutkimusten määrä sellaiseksi, että se on käytännössä hallittavissa. Rajausperusteena voi olla muun muassa tutkimusten sisältö, julkaisukieli, lehdet ja tietokannat, kirjoittajat, konteksti, osallistujat ja tutkimuskohteet, tutkimusasetelma, julkaisuvuosi tai aineiston keruun ajankohta (Okoli, 2015).

Protokollassa määriteltiin kunkin hakuvaiheen sisäänotto- ja poissulkukriteerit tarkasti, jotta voitiin varmistaa, että vaiheet voidaan dokumentoida ja tarvittaessa toistaa uudelleen. Haku- ja poissulkukriteerit laadittiin taulukoksi 1.

Taulukko 1. Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Sisäänottokriteeri (S):	**Vaihe:**	**Poissulkukriteeri (P)**:	**Vaihe:**
S1 Sisältää hakutermit: Web Accessibility OR Digital Accessibility AND Artificial Intelligence OR AI	1	P1 Ei ole englanninkielinen	2
S2 Julkaisuajankohta: 2020–2025	2	P2 Ei toimituksellista aineistoa	2
S3 Dokumentti: artikkeli tai konferenssijulkaisu	2	P3 Duplikaatti	3
		P4 Ei pääsyä koko tekstiin	3
		P5 Ei sisällä aiheita digitaalinen saavutettavuus ja tekoäly	3

3.4 Kirjallisuuden haku

Aineistonhakua varten protokollaan määriteltiin käytettävät tietokannat Scopus- ja Web of Science, sillä ne ovat kansainvälisesti laajasti käytetyt ja täydentävät toisiaan. Molemmat tietokannat kattavat laajasti tietotekniikan, yhteiskuntatieteiden, terveydenhuollon ja insinööritieteiden julkaisuja ja ovat siksi perusteltuja, kun etsitään tutkimuksia, jotka käsittelevät digitaalista saavutettavuutta ja tekoälyä.

Tutkimukseen haluttiin sisällyttää sekä vertaisarvioidut tieteelliset artikkelit että konferenssijulkaisut, jotka raportoivat konferenssissa tai symposiumissa esitettyjä tutkimustuloksia. Konferenssijulkaisut päätettiin ottaa mukaan siksi, että ne tarjoavat ajankohtaista tietoa uusista ideoista ja pilottitutkimuksista siinä, missä tieteelliset artikkelit tuovat katsaukseen vertaisarvioitua tietoa (Dwivedi, 2025). Scopus julkaisee konferenssijulkaisuja erityisesti sellaisilta tieteenaloilta, joilla ne muodostavat merkittävän osan tieteellisestä julkaisutuotannosta, kuten tekniikassa, tietojenkäsittelytieteessä ja tietyillä fysiikan aloilla (Elsevier, n.d.).

3.4.1 Hakulausekkeen muodostaminen

Protokollassa määriteltiin, että tekoälystä käytetään ainoastaan hakutermiä artificial intelligence ja sen lyhennettä AI. Tekoälyn alle kuuluvat teknologiat päätettiin rajata jo ensimmäisessä automaattisessa hakuvaiheessa pois. Ensimmäisen vaiheen pilottihakuun määriteltiin hakutermeiksi digital accessibility ja web accessibility sekä artificial intelligence ja AI.

Molemmissa tietokannoissa Scopus (Elsevier) ja Web of Science ensimmäinen automaattinen haku suoritettiin hakulausekkeelle:

("digital accessib*" OR "web accessib*") AND ("artificial intelligence" OR AI).

3.4.2 Kirjallisuuden haku tietokannoista

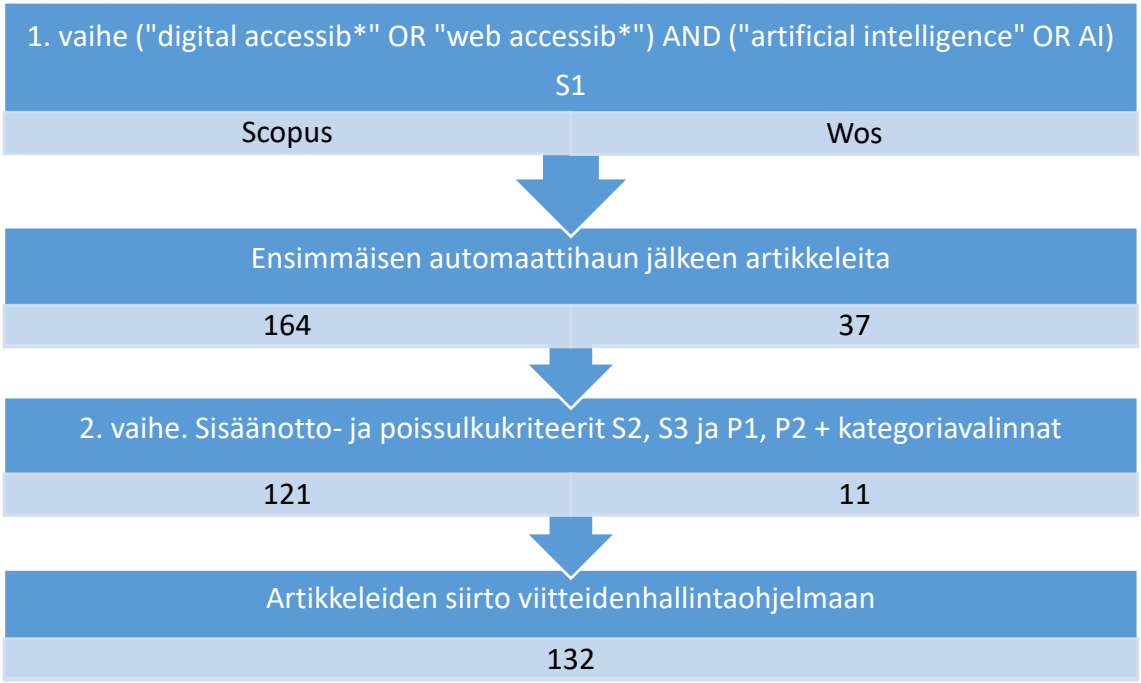
Scopus-tietokannassa haut kohdistettiin artikkelien otsikoihin, tiivistelmiin ja avainsanoihin. Web of Science -haussa käytettiin Topic-rajausta, jolloin haku kohdistui artikkelien otsikoihin, tiivistelmiin, avainsanoihin sekä viitatun kirjallisuuden otsikoihin.

Scopus-tietokannasta nousi 164 julkaisua ja Web of Science -tietokannasta 37. Molemmissa tietokannoissa rajattiin hakua ja valittiin sisäänotto- ja poissulkukriteerit S2, S3 sekä P1, P2.

- Scopus-tietokannassa valittiin lisäksi kategoriat: Computer Science, Engineering, Social Sciences ja Arts and Humanities ja
- Web of Science -tietokannassa kategoriat: Computer Science Artificial Intelligence, Computer Science Cybernetics, Computer Science Hardware Architecture, Computer Science Information Systems, Computer Science Interdisciplinary Applications, Computer Science Software Engineering, Computer Science Theory Methods ja Engineering Electrical Electronic.

Ensimmäisen tietokannoissa tehdyn hakuvaiheen jälkeen valitut artikkelit siirrettiin edelleen viitteidenhallintaohjelmaan manuaalista valintavaihetta ja tarkastelua varten. Scopus-tietokannasta siirrettiin 121 artikkelia, joista 87 oli konferenssijulkaisuja. Web of Science -tietokannasta siirrettiin 11 tutkimusartikkelia.

Automaattinen hakuvaihe tietokannoissa kuvataan kuviossa 2. Haun jälkeen artikkelit ja konferenssijulkaisut siirrettiin viitteidenhallintaohjelmaan jatkoarviointia varten. Julkaisujen kaikki perustiedot siirrettiin tiedonsiirrossa mukana.

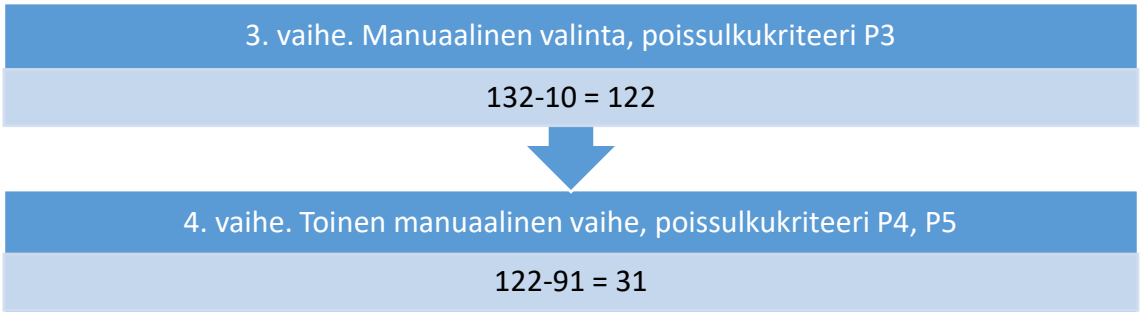


Kuvio 2 Prosessikuvaus kirjallisuuden hakuvaiheesta Scopus- ja WoB-tietokannoissa.

3.4.3 Manuaalinen valinta

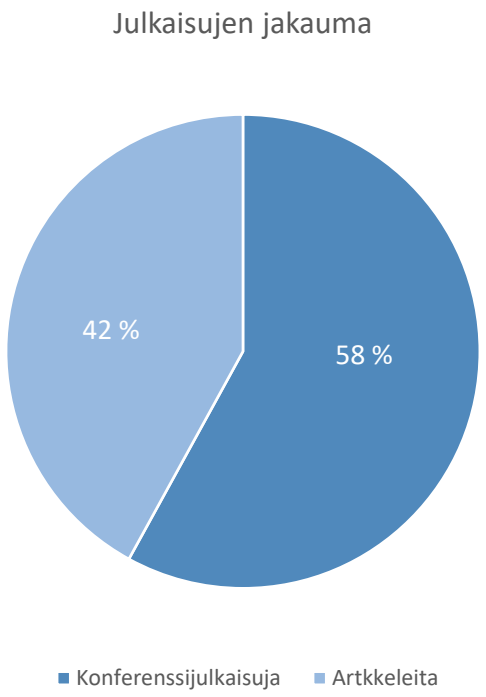
Viitteidenhallintajärjestelmään vietiin yhteensä 132 julkaisua, joista 45 oli artikkelia ja 87 oli konferenssijulkaisua. Manuaalisessa 3. vaiheessa poistettiin poissulkukriteerin P3 mukaisesti 10 artikkelia, jotka olivat duplikaatteja. Tämän vaiheen jälkeen jäljelle jäi 122 artikkelia.

Manuaalisessa vaiheessa 4 kaikki 122 julkaisua käytiin läpi poissulkukriteereiden P4 ja P5 mukaisesti. Näiden mukaisesti julkaisujen joukosta poistettiin ne artikkelit, joihin ei ollut pääsyä koko tekstiin ja ne artikkelit, jotka eivät eksplisiittisesti käsitelleet sekä tekoälyä, että verkkosaavutettavuutta. Julkaisuista poistettiin 22 artikkelia ja 69 konferenssijulkaisua, kaikkiaan yhteensä 91 julkaisua. Manuaaliset valintavaiheet kuvataan kuviossa 3.



Kuvio 3. Prosessikuvaus kirjallisuuden valintavaiheesta viitteidenhallintaohjelmassa.

Vaiheen 4 jälkeen jäljelle jäi 31 tutkimusartikkelia, joista 18 oli konferenssijulkaisuja ja 12 oli artikkelia. Tutkimuksien jakauma näytetään kuviossa 4.

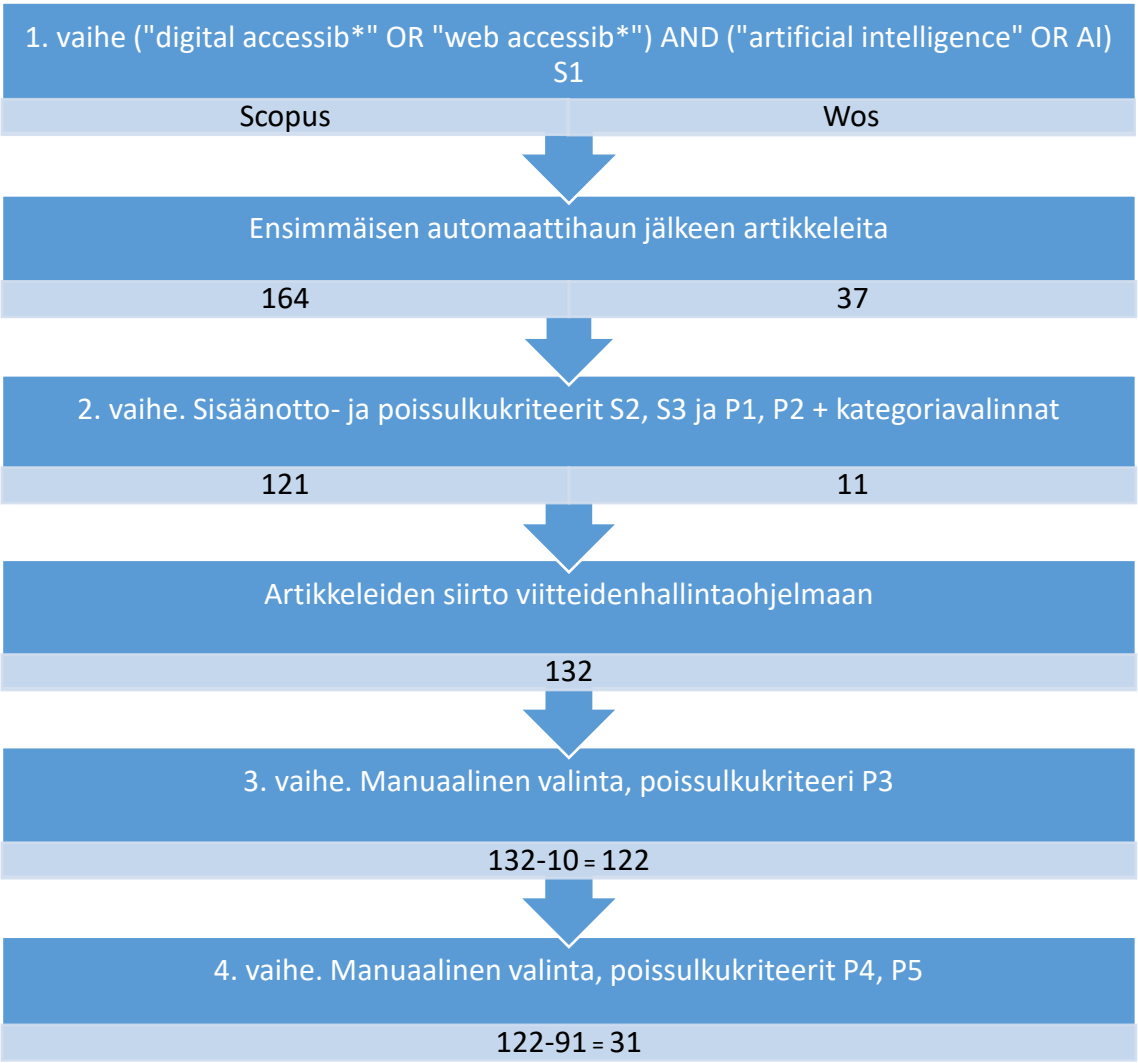


Kuvio 4. Tutkimuksien jakautuminen artikkeleihin ja konferenssijulkaisuihin.

Poistetut artikkelit siirrettiin poistettujen artikkeleiden kansioon mahdollista uudelleentarkistusta varten. Näin toimimalla pystyttiin varmistamaan, että jälkeenpäin olisi mahdollista palata poistettuihin artikkeleihin niiden uudelleenarviointia varten.

3.4.4 Yhteenveto valintavaiheesta

Alla kuviossa 5 kuvaus systemaattisen kirjallisuuskatsauksen prosessin valintavaiheesta, joka sisältää käytännön seulonnan ja kirjallisuuden etsinnän. Neljän valintavaiheen jälkeen jäljellä oli 31 artikkelia.



Kuvio 5. Kirjallisuuskatsauksen valintavaiheiden kuvaus.

3.5 Tietojen poiminta

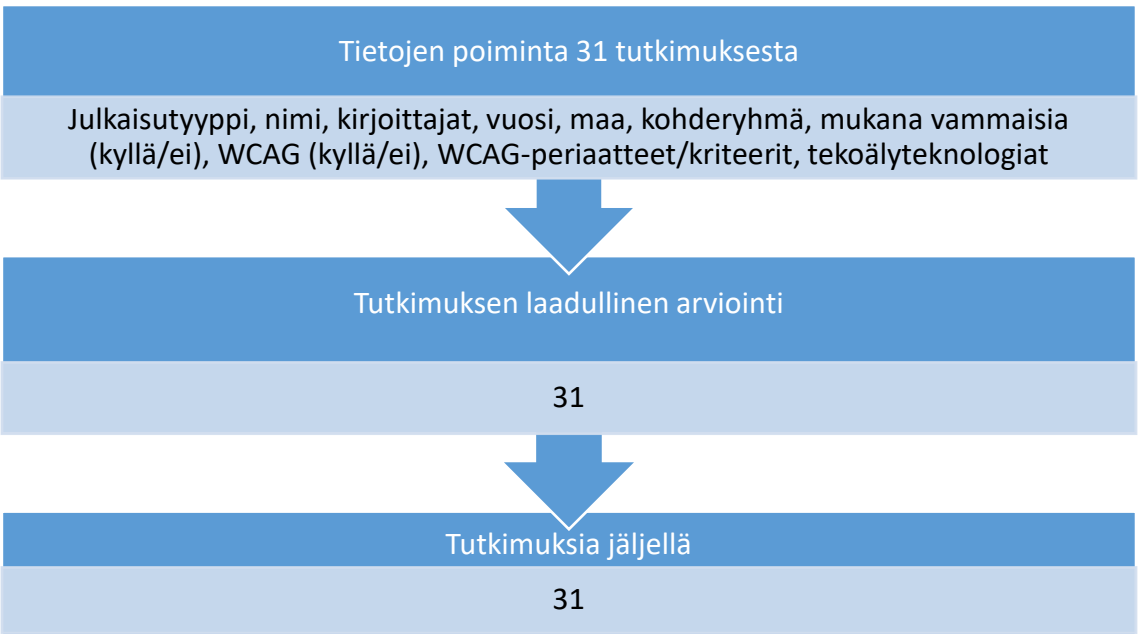
Tiedonpoiminta on systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keskeinen vaihe, jossa arvioijat keräävät järjestelmällisesti jokaisesta mukaan otetusta tutkimuksesta raakatiedon kirjallisuuskatsauksen synteesivaihetta varten. Poimittavan tieto määräytyy protokollavaiheessa määritellyn tutkimuskysymyksen perusteella (Okoli, 2015). Sen lisäksi aineistonkeruulomakkeen tulisi sisältää perustiedot, kuten julkaisun tiedot sekä arvioijan nimi, tiedonkeruun päivämäärä, julkaisun otsikko, tekijät, lehti ja julkaisutiedot sekä tila lisähuomioille (Kitchenham & Charters, 2007). Arvioijat yhdistävät käytännön seulonnasta kerätyn tiedon myöhemmin laadunarvioinnista kerättyyn tietoon ja muodostavat kunkin tutkimuksen tietueen synteesiä varten (Okoli, 2015).

Tutkimusten manuaalinen tiedonkeruu tehtiin viitteidenhallintaohjelmassa, jossa on mahdollisuus omien huomioiden tekoon sähköisesti. Muistiinpanoihin kerättiin tutkimuskysymyksien kannalta tärkeät tiedot, kuten maa, kohde/käyttäjäryhmä, oliko tutkimuksessa mukana vammaisia (kyllä/ei), WCAG (kyllä/ei), WCAG-periaatteet/kriteerit, tekoälyteknologiat sekä tutkimuksen tavoite, tutkimuksen lopputulema ja metodologia. Kaikki tietueet muistiinpanoineen tuotiin sähköisesti tietojenkeruulomakkeelle.

3.6 Aineiston laadullinen arviointi

Okolin (2015) mukaan systemaattinen kirjallisuuskatsaus voidaan toteuttaa hyödyntämällä sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusta, sillä molemmat lähestymistavat voivat tuottaa tutkimuskysymyksen kannalta olennaista ja täydentävää tietoa. Laadunarvioinnilla on tarkoitus varmistaa, että mukaan otetut tutkimukset ovat metodologisesti ja sisällöllisesti riittävän laadukkaita (Okoli, 2015). Petticrewin ja Robertsin (2006) mukaan tässä vaiheessa kutakin tutkimusta tarkastellaan kriittisesti sen luotettavuuden ja mahdollisten vinoumien näkökulmasta. Onko tutkimus edustava, onko siinä tilastollisia virheitä ja voiko sen menetelmiin tai tuloksiin liittyä harhaa?

Tutkimuksien laadullinen arviointi tapahtui tietojenkeruulomakkeiden tietojen pohjalta. Yhtäkään tutkimusta ei poistettu tässä vaiheessa. Tietojen keruun ja laadullisen arvioinnin yhteydessä kuitenkin todettiin, että kaikista tutkimuksista ei voitu poimia kaikkiin toivottuihin sarakkeisiin tietoa.



Kuvio 6. Prosessikuvaus laadullisesta arvioinnista viitteidenhallintaohjelmassa.

3.7 Yhteenveto valituista tutkimuksista

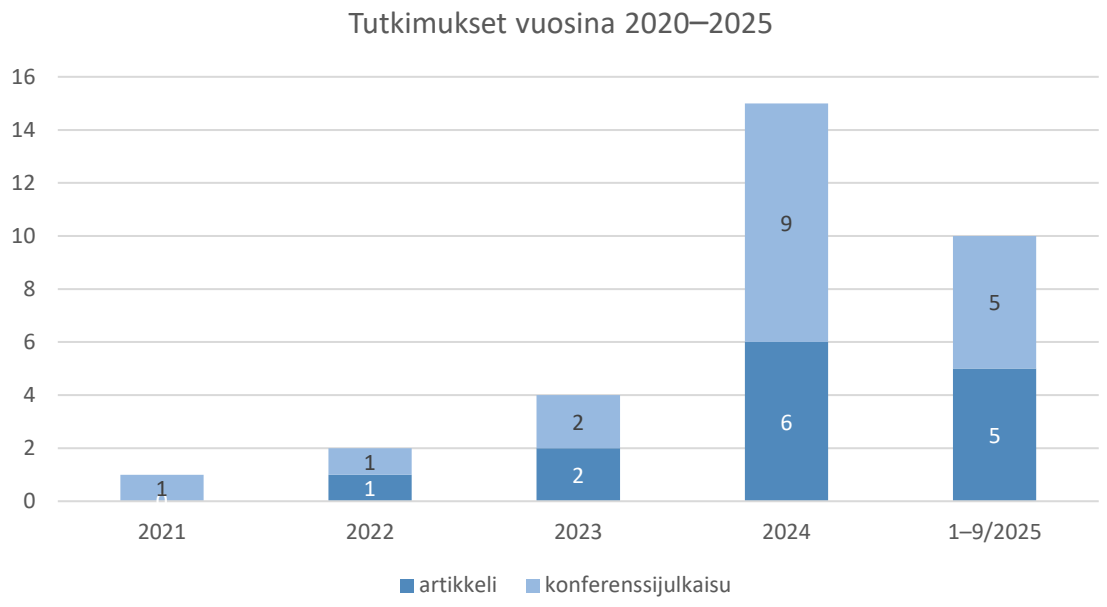
Kirjallisuuden haku suoritettiin 2.–20.9.2025 Scopus ja Web of Science -tietokannoista. Katsaukseen otettiin mukaan kaikki vuoden 2025 alusta hakuajankohtaan asti julkaistut tutkimukset.

Taulukossa 2 on koottuna kaikki tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimukset. Tutkimuksille annettiin tunnisteet 1–31. Taulukkoon lisättiin artikkeleiden julkaisuvuodet, kirjoittajat ja maa, jossa tutkimus on tehty.

Taulukko 2. Kirjallisuuskatsauksen 31 tutkimusta.

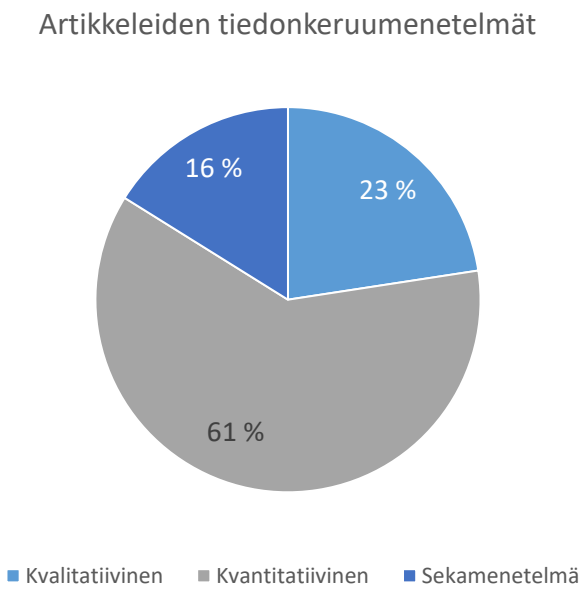
ID	Julkaisutyyppi	Vuosi	Kirjoittajat	Maa
1	konferenssijulkaisu	2021	(Pina ym., 2021)	Ranska
2	konferenssijulkaisu	2022	(Tiwary & Mahapatra, 2022)	Intia
3	konferenssijulkaisu	2023	(Pucci ym., 2023)	Italia
4	artikkeli	2023	(Tiwary & Mahapatra, 2023)	Saksa
5	artikkeli	2023	(Nacheva & Jansone, 2023)	Bulgaria
6	konferenssijulkaisu	2023	(Stangl ym., 2023)	Yhdysvallat
7	artikkeli	2024	(Neto ym., 2024)	Brasilia
8	artikkeli	2024	(Ayaz, 2024)	Turkki
9	konferenssijulkaisu	2024	(Saraswathi, 2024)	Malesia
10	artikkeli	2024	(Dash, 2024)	Intia
11	konferenssijulkaisu	2024	(Noreskal ym., 2024)	Ranska
12	konferenssijulkaisu	2024	(Nacheva, 2024)	Bulgaria
13	konferenssijulkaisu	2024	(Shetty ym., 2024)	Intia
14	artikkeli	2024	(Martínez ym., 2024)	Espanja
15	konferenssijulkaisu	2024	(Das ym., 2024)	Yhdysvallat
16	artikkeli	2024	(Silva ym., 2024)	Brasilia
17	konferenssijulkaisu	2024	(Ramineni ym., 2024)	Yhdysvallat
18	konferenssijulkaisu	2024	(Huynh & Lin, 2024)	Kanada
19	artikkeli	2024	(Almenara & Barrantes, 2024)	Espanja
20	konferenssijulkaisu	2024	(Todorov, 2024).	Bulgaria
21	konferenssijulkaisu	2024	(Sri Ram ym., 2024)	Intia
22	konferenssijulkaisu	2025	(Shen ym., 2025)	Yhdysvallat
23	artikkeli	2025	(I. Abu Doush & Kassem, 2025)	Kuwait
24	konferenssijulkaisu	2025	(Mowar ym., 2025)	Yhdysvallat
25	artikkeli	2025	(Palmer & Oswal, 2025)	Yhdysvallat
26	konferenssijulkaisu	2025	(I. A. Abu Doush & Kassem, 2025)	Kuwait
27	konferenssijulkaisu	2025	(Jagtap ym., 2025)	Intia
28	artikkeli	2025	(Pedemonte ym., 2025)	Italia
29	konferenssijulkaisu	2025	(Abhishek & Sumanathilaka, 2025)	Sri Lanka
30	artikkeli	2025	(Ara & Sik-Lanyi, 2025)	Espanja
31	artikkeli	2025	(Afsal & Kuppusamy, 2025)	Intia

Kirjallisuuskatsauksen 32 artikkelista 18 oli konferenssijulkaisuja ja 13 artikkeleita. Julkaisujen jakautuminen julkaisuvuosien mukaan on esitetty kuviossa 7.

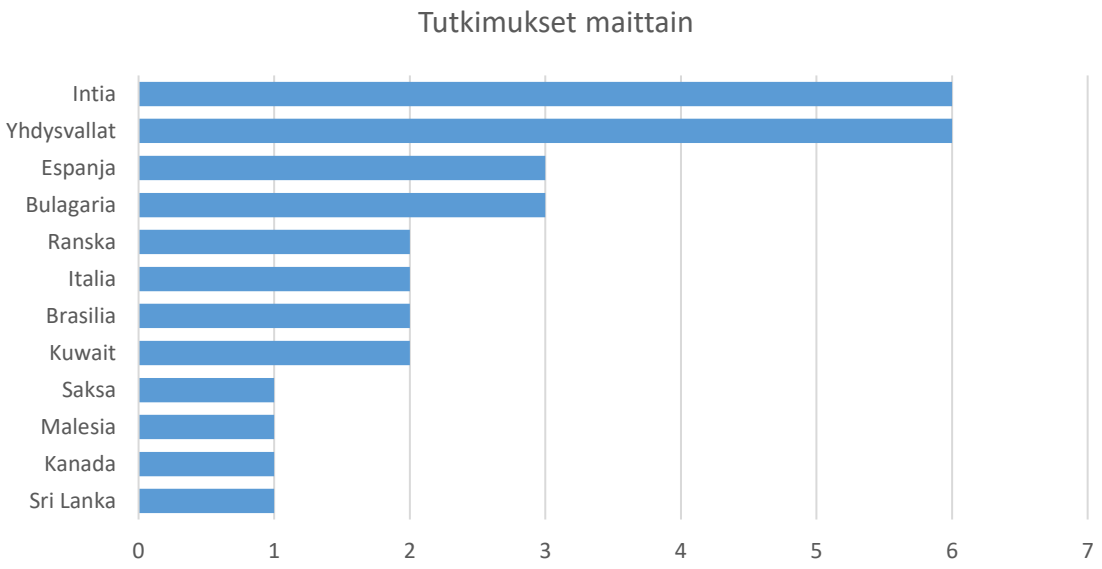


Kuvio 7. Tutkimukset vuosien mukaan.

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista 19 oli kvantitatiivisia, kvalitatiivisia 7 ja sekamenetelmällä toteutettuja 5. Kuvio 8 näyttää tutkimustyyppien suhteellisen jakautumisen.



Kuvio 8. Tutkimukset tiedonkeruumenetelmän mukaan.



Kuvio 9. Tutkimukset maittain.

4 Synteesistä löydöksiin

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen synteesimenetelmäksi valikoitui integroiva synteesi, koska tarkasteltu aineisto koostui sekä kvantitatiivisista, kvalitatiivisista että sekamenetelmiin perustuvista tutkimuksista. Integroiva synteesi perustuu ennalta määriteltyihin tutkimuskysymyksiin ja valintakriteereihin. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että aineisto analysoidaan ja luokiteltu tietojenkeruulomakkeen tietojen perusteella. Integroiva synteesin avulla voidaan tarkastella esimerkiksi toimenpiteiden toimivuutta, niiden vaikutuksia sekä sitä, miten tuloksia voidaan soveltaa käytäntöön. Menetelmä soveltuu aineistoihin, joissa eri tutkimusasetelmat tuottavat toisiaan täydentävää tietoa ja tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen ymmärrys tarkasteltavasta ilmiöstä (Rousseau ja muut, 2008).

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin tekoälyn hyödyntämistä saavutettavuustutkimuksissa kolmen tutkimuskysymyksen kautta: kenelle tutkimus on ensisijaisesti tarkoitettu, millaisia tekoälyteknologioita tutkimuksissa on käytetty ja miten WCAG-ohjeistus näkyy tutkimuksissa. Jokaisen kysymyksen osalta esitetään ensin tutkimuskysymys, sitten tutkimuskysymykseen kerätty data ja sen jälkeen narratiivinen tulkinta.

4.1 Mitä käyttäjäryhmiä tutkimukset palvelevat?

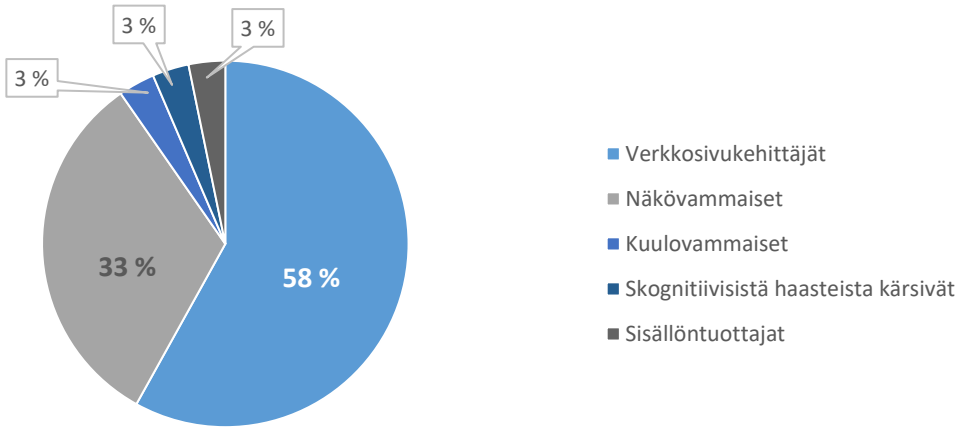
Mitä käyttäjäryhmää tekoälyyn perustuva verkkosaavutettavuustutkimus palvelee ja osallistuivatko vammaiset tutkimuksiin? Tulokset on koottu taulukkoon 3.

Tällä kaksiosaisella kysymyksellä pyrittiin selvittämään, mitä kohderyhmää nykytutkimus ensisijaisesti palvelee, verkkosivujen kehittäjiä, sisällöntuottajia vai vammaisia? Vaikka voidaan ajatella, että digitaalisen saavutettavuuden parantamisen lähtökohtana on aina helpottaa vammaisten käyttäjien asiointia verkkopalveluissa, voi tutkimus palvella myös verkkopalveluiden kehittäjiä.

Taulukko 3. Mitä käyttäjäryhmää tutkimus ensisijaisesti palvelee?

ID	Käyttäjäryhmä	Vammaisia mukana
1	Näkövammaiset	ei
2	Verkkosivukehittäjät	ei
3	Näkövammaiset	kyllä
4	Verkkosivukehittäjät	ei
5	Verkkosivukehittäjät	ei
6	Näkövammaiset	ei
7	Näkövammaiset	kyllä
8	Verkkosivukehittäjät	ei
9	Verkkosivukehittäjät	ei
10	Verkkosivukehittäjät	ei
11	Verkkosivukehittäjät	ei
12	Kuulovammaiset	ei
13	Verkkosivukehittäjät	ei
14	Kognitiivisista haasteista kärsivät	ei
15	Näkövammaiset	kyllä
16	Näkövammaiset	kyllä
17	Verkkosivukehittäjät	kyllä
18	Verkkosivukehittäjät	ei
19	Sisällöntuottajat	ei
20	Verkkosivukehittäjät	ei
21	Näkövammaiset	ei
22	Verkkosivukehittäjät	kyllä
23	Verkkosivukehittäjät	ei
24	Verkkosivukehittäjät	ei
25	Verkkosivukehittäjät	ei
26	Verkkosivukehittäjät	ei
27	Näkövammaiset	ei
28	Näkövammaiset	kyllä
29	Verkkosivukehittäjät	ei
30	Verkkosivukehittäjät	ei
31	Näkövammaiset	kyllä

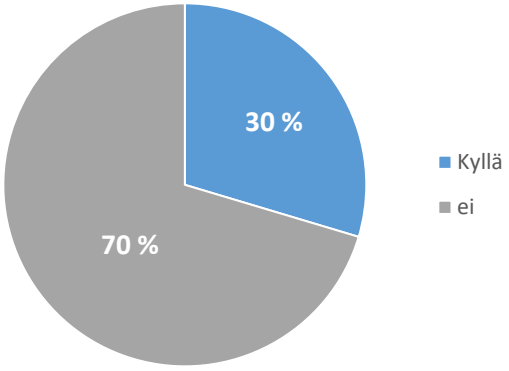
Kuviossa 10 esitellään tutkimuksien kohderyhmien jakauma. 31 tutkimuksesta 18 oli suunnattu verkkosivukehittäjille, 10 näkövammaisille, kuulovammaisille 1, kognitiivisista haasteista kärsiville 1 ja sisällöntuottajille 1.



Kuvio 10. Tutkimuksien kohderyhmät.

Aineistossa 58 % tutkimusta oli suunnattu verkkosivukehittäjille. Lähemmin tarkasteltuna voitiin huomata, että näissä tutkimuksissa tarkasteltiin, miten tekoäly voi tukea saavutettavuuden parantamista verkkosivujen suunnittelussa ja toteutuksessa. Tutkimukset painottivat erityisesti automaattisia ratkaisuja, kuten kuvien vaihtoehtoisten tekstien tuottamista konenäön ja kielimallien avulla. Useissa verkkosivukehittäjille suunnatuissa tutkimuksissa arvioitiin myös generatiivisen tekoälyn kykyä tuottaa saavutettavaa koodia.

Lisäksi osa näistä tutkimuksista kehitti saavutettavuuden arviointi- ja auditointityökaluja, jotka hyödyntävät tekoälyä saavutettavuusongelmien tunnistamisessa ja korjaamisessa. Ne voivat nopeuttaa kehitystyötä, mutta eivät täysin korvaa manuaalista testausta. Tarkentavalla kysymyksellä haluttiin selvittää, onko tutkimustilanteessa ollut mukana vammaiset verkkopalveluiden käyttäjiä. Lisäkysymyksellä haluttiin selvittää, oliko tutkimuksen sovelluksia arvioitu myös vammaisten taholta. Kuviossa 11 kuvataan, kuinka 8 tutkimuksessa oli mukana vammaisia 23 tutkimuksessa ei ollut mukana vammaisia.



Kuvio 11. Tutkimuksessa mukana vammaisia. Kyllä/ei-vastauksien jakautuminen.

31 tutkimuksesta 19 oli suunnattu verkkosivukehittäjille ja sisällöntuottajille loput 12 käsitteli saavutettavuuden parantamista suoraan vammaisille. Vammaisille suunnatuissa 12 tutkimuksessa kuudessa oli mukana vammaisia eli 50 %:ssa. Verkkosivukehittäjille ja sisällöntuottajalle suunnatuissa tutkimuksissa vammainen oli mukana n. 10 %:ssa tutkimuksia. Verkkopalveluiden saavutettavuuden arviointiin käytetään usein sovelluksia, jotka mittaavat verkkopalveluiden suoriutumista teknisellä tasolla. Vammaisten käyttäjien oma arvio uusien tekoälypohjaisten parannuksien todellisesta suorituskyvystä jää näiden lukujen perusteella vähäiseksi.

Tarkemman tutkimisen perusteella osassa tutkimuksia todettiin, että uudet tekoälypohjaiset sovellukset vaativat inhimillistä valvontaa, koulutusta ja mahdollisesti parannettua datan hyödyntämistä, joka sisältää saavutettavuus- ja vammaistietoa. Vammaisten käyttäjien osallistumisen puutetta työkalujen kehityksessä pidettiin osassa tutkimuksia ongelmana.

4.2 Mitä tekoälyteknologioita tutkimuksissa on hyödynnetty?

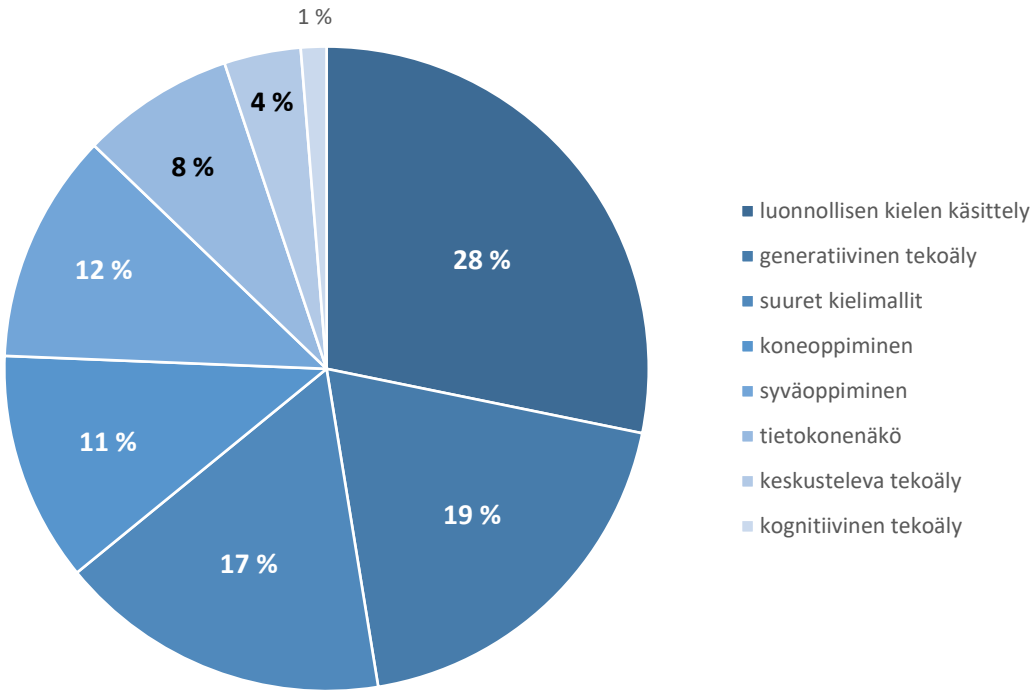
Mitä tekoälyteknologioita tutkimuksessa on hyödynnetty?

Kysymyksen tarkoituksen oli koota käytetyimmät tekoälyteknologiat ja samalla arvioida näkyykö eri teknologioiden käytössä mahdollisia uusia trendejä. Tutkimuksista koottiin taulukko 4, johon kerättiin tutkimuksissa käytetyt tekoälyteknologiat. Näkyviin jätettiin tutkimuksien julkaisuvuodet.

Tekoälyteknologiat verkkosisältöjen saavutettavuuden parantamisessa ovat tarkasteluajankohtana kehittyneet kohti generatiivisia ja multimodaalisia ratkaisuja, joissa yhdistyvät syväoppiminen, suuret kielimallit, tietokonenäkö ja luonnollisen kielen käsittely. Näitä teknologioita hyödynnettiin 31 analysoidussa tutkimuksessa eri tavoin: luonnollisen kielen käsittelyä käytettiin 18 tutkimuksessa (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 30), generatiivista tekoälyä 14 tutkimuksessa (2, 4, 9, 10, 12, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30), suuria kielimalleja 12 tutkimuksessa (6, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 27, 28, 29, 30), koneoppimista 9 tutkimuksessa (4, 10, 11, 12, 14, 17, 25, 27, 29), kognitiivista tekoälyä 1 tutkimuksessa (1), syväoppimista 9 tutkimuksessa (4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 22, 27), tietokonenäköä 5 tutkimuksessa (4, 7, 8, 11, 22) ja keskustelevaa tekoälyä 3 tutkimuksessa (1, 3, 13). Yksittäiset tutkimukset keskittyivät yleensä yhteen tai useampaan teknologiaan, eikä mikään tutkimus käyttänyt kaikkia teknologioita samanaikaisesti.

Taulukko 4. Tutkimuksissa käytetyt tekoälyteknologiat artikkeleittain.

ID	Luonnollisen kielen käsittely	Generatiivinen tekoäly	Suuret kielimallit	Koneoppiminen	Kognitiivinen tekoäly	Syväoppiominen	Tietokonenäkö	Keskusteleva tekoäly	Vuosi
1	■				■			■	2021
2	■	■							2022
3	■							■	2023
4	■	■		■		■	■		2023
5									2023
6	■		■						2023
7	■					■	■		2024
8	■					■	■		2024
9	■	■				■			2024
10	■	■		■		■	■		2024
11				■		■	■		2024
12	■	■		■		■			2024
13								■	2024
14	■		■	■					2024
15	■	■	■						2024
16	■		■						2024
17	■		■	■					2024
18	■		■						2024
19	■	■	■						2024
20	■	■	■						2024
21		■							2024
22	■	■				■	■		2025
23		■							2025
24		■							2025
25		■		■					2025
26		■							2025
27	■		■	■		■			2025
28	■		■						2025
29	■		■	■					2025
30	■	■	■						2025
31			■						2025



Kuvio 12. Tutkimuksissa käytetyt tekoälyteknologiat.

Tutkimukset osoittivat, että verkkosisältöjen saavutettavuuden parantamisessa erityisesti luonnollisen kielen käsittely, generatiivinen tekoäly ja suuret kielimallit ovat keskeisiä teknologioita. Ne mahdollistavat automaattisen tekstin tuottamisen, kuvien ja videoiden kuvailun sekä sisältöjen kielen yksinkertaistamisen. Syväoppimisen ja tietokonenäön sovellukset tukevat visuaalisen materiaalin analysointia ja saavutettavuusongelmien tunnistamista, kun taas koneoppimisen menetelmät tehostavat mallien oppimista ja mukautumista erilaisiin verkkosisältöihin. Keskusteleva ja kognitiivinen tekoäly tukevat käyttäjäkeskeisiä sovelluksia, kuten puheohjattuja käyttöliittymiä ja ihmisen ohjauksessa tapahtuvaa arviointia. Yleisesti ottaen tutkimuksissa korostui, että moniteknologiset lähestymistavat yhdistävät automaation ja ihmisen arvioinnin, mikä parantaa saavutettavuuden tarkkuutta ja käytettävyyttä.

4.3 Mainitaanko tutkimuksissa saavutettavuusohjeet (WCAG)?

Viitataanko tutkimuksessa verkkosisällön saavutettavuusohjeisiin (WCAG), ja jos viitataan, niin mihin versioon? Tuloksien tarkastelua varten koottiin taulukko 5.

Kirjallisuuskatsauksen 31 tutkimuksesta 18 viittasi verkkosisällön WCAG-saavutettavuusohjeisiin, kun taas 13 tutkimuksessa viittauksia ei esiintynyt. Tämä tarkoittaa, että yli puolet (58 %) tutkimuksista nojautui WCAG-ohjeisiin joko arvioinnin, suunnittelun tai viitekehyksen tasolla. Lähes puolet tutkimuksista ei maininnut WCAG-ohjeita lainkaan. Merkittävä osa tutkimuksista keskittyi verkkosivujen saavutettavuuden kehittämiseen sen sijaan, että olisi tarkasteltu vain yksittäisiä WCAG-ohjeiston osa-alueita. Tämä selittää myös sen, miksi osa tutkimuksista ei viitannut WCAG-standardeihin suoraan, vaikka ne käytännössä pyrkivät samoihin tavoitteisiin, digitaalisen saavutettavuuden parantamiseen.

Tutkimuksissa oli havaittavissa, että WCAG-periaatteet ohjaavat useimpien tarkasteltujen tutkimusten tavoitteita, vaikka standardeihin viitataan harvemmin suoraan. Tutkimukset keskittyvät erityisesti havaittavuuden ja käytettävyyden WCAG-periaatteisiin, kuten vaihtoehtoisten tekstien automaattiseen generointiin kuville ja videoille, navigointiapujen luomiseen ja otsikointien automaattiseen merkintään sekä lomakkeiden ja käyttöliittymien saavutettavuuden parantamiseen tekoälypohjaisilla menetelmillä.

Tutkimusten lopputulemat osoittivat, että WCAG-kriteerien täyttyminen edellyttää edelleen ihmisen ohjausta ja tarkistusta, erityisesti monimutkaisissa verkkokomponenteissa ja dynaamisessa sisällössä. WCAG toimi tutkimuksissa ohjaavana viitekehyksenä, mutta käytännön saavutettavuuden varmistaminen on yhä ihmisen ja tekoälyn yhteistyön tulosta.

Taulukko 5. WCAG-ohjeistus ja versio tutkimuksissa.

ID	WCAG tutkimuksessa?	WCAG-versio	Maa
1	ei	ei	Ranska
2	kyllä	WCAG 2.1	Intia
3	kyllä	WCAG 2.1	Italia
4	ei	ei	Saksa
5	kyllä	WCAG 2.0 ja WCAG 2.1	Bulgaria
6	ei	ei	Yhdysvallat
7	ei	ei	Brasilia
8	ei	ei	Turkki
9	kyllä	ei	Malesia
10	kyllä	WCAG 2.1	Intia
11	kyllä	ei	Ranska
12	kyllä	kyllä	Bulgaria
13	ei	ei	Intia
14	ei	ei	Espanja
15	kyllä	ei	Yhdysvallat
16	kyllä	ei	Brasilia
17	kyllä	ei	Yhdysvallat
18	ei	ei	Kanada
19	kyllä	WCAG 2.2	Espanja
20	kyllä	ei	Bulgaria
21	ei	ei	Intia
22	kyllä	ei	Yhdysvallat
23	kyllä	WCAG 2.1	Kuwait
24	kyllä	ei	Yhdysvallat
25	kyllä	WCAG 2.1	Yhdysvallat
26	kyllä	WCAG 2.1	Kuwait
27	ei	ei	Intia
28	kyllä	ei	Italia
29	ei	ei	Sri Lanka
30	kyllä	ei	Espanja
31	ei	ei	Intia

4.4 Löydöksiä

Tämän kirjallisuuskatsauksen mukaan tekoälyä hyödynnetään verkkosisältöjen saavutettavuuden tutkimuksessa ensisijaisesti kehittäjien ja sisällöntuottajien työn tukena. Valtaosa tarkastelluista tutkimuksista keskittyi teknisiin ratkaisuihin, joiden tavoitteena oli helpottaa saavutettavuuden huomioimista sekä suunnittelu että verkkopalveluiden saavutettavuuden testausvaiheessa. Tyypillisiä sovelluksia olivat vaihtoehtoisten tekstien automaattinen luominen kuville, saavutettavan koodin generointi sekä saavutettavuuden arviointia tukevat automaatiot.

Vammaisten käyttäjien osallistuminen tutkimuksiin oli suhteellisen vähäistä. Voidaan olettaa, että saavutettavuuden kehittämistä ohjaavat edelleen tekniset ratkaisut ja vammaiset osallistava tutkimus on vähäisempää. Tutkimuksissa todettiin, että tekoälypohjaiset ratkaisut voivat lisätä tehokkuutta, mutta ihmisen tekemää arviointia ja päätöksentekoa tarvitaan edelleen.

Käytettyjen tekoälyteknologioiden painopiste oli luonnollisen kielen käsittelyssä, generatiivisissa malleissa ja suurissa kielimalleissa. Näitä hyödynnettiin erityisesti tekstin ja kuvailutietojen automaattisessa tuotannossa sekä saavutettavuusongelmien tunnistamisessa. Tutkimuksissa korostui moniteknologinen lähestymistapa.

Verkkosisällön saavutettavuusohjeisiin (WCAG) viitattiin hieman yli puolessa tarkastelluista tutkimuksista. Useimmiten viittaukset kohdistuivat WCAG 2.1 -versioon, ja ohjeisto toimi tutkimuksissa pääasiassa taustaviitekehyksenä saavutettavuuden arvioinnille ja mittaamiselle. Vaikka WCAG-periaatteet ohjasivat useiden tutkimusten tavoitteita, niiden soveltaminen jäi usein epäsuoraksi. Tämä viittaa siihen, että saavutettavuuden tutkimuksessa painottuvat käytännön kehittämistavoitteet ja tekoälyn sovellettavuus, ei niinkään standardien noudattaminen.

Tekoälyn hyödyntäminen mahdollistaa saavutettavuuden huomioimisen aiempaa järjestelmällisemmin ja tehokkaammin, mutta todellinen saavutettavuuden edistyminen

edellyttää myös käyttäjien, erityisesti vammaisten henkilöiden osallistumista tutkimus- ja kehitysprosesseihin. Näin saavutettavuuden tutkimus näyttäytyy edelleen teknisen ja eettisen ulottuvuuden välimaastossa, jossa tekoäly toimii sekä välineenä että uudenlaisen saavutettavuusajattelun mahdollistajana.

5 Diskussio

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli tarkastella, mille käyttäjäryhmälle tarkastellut tutkimukset oli tarkoitettu, mitä tekoälyteknologioita tutkimuksissa oli käytetty ja miten verkkosivujen saavutettavuusohjeet (WCAG) näkyivät tekoälyä käsittelevissä tutkimuksessa.

Katsaukseen valittiin artikkeleita, jotka oli julkaistu ajanjaksolla 2020–2025. Vaikka kirjallisuudenhaku tehtiin syyskuussa 2025, haluttiin katsauksen tuoda tutkimustieto vuoden 2025 alusta alkaen. Suuri osa katsaukseen valikoituneista tutkimuksista ja konferenssijulkaisuista olivat vuosilta 2024–2025. Kiinnostus aihetta kohtaan on ollut voimakkaasti kasvava ja myös kirjallisuuskatsauksia on aiheesta syntynyt.

Tämän katsauksen tulokset vahvistavat myös aiemmissa katsauksissa esitetyn kuvan nopeasti kehittyvästä tutkimusalueesta, jossa generatiivisen tekoälyn, suurten kielimallien ja koneoppimisen rooli digitaalisen saavutettavuuden parantamisessa on viime vuosina korostunut. Näitä teknologioita hyödynnetään erityisesti visuaalisen sisällön automaattiseen sanalliseen kuvailuun, tekstin yksinkertaistamiseen, sisällön arviointiin sekä saavutettavuusvirheiden tunnistamiseen ja korjaamiseen. Tämä vahvistaa aiempien katsauksien tulokset, joiden mukaan koneoppiminen ja syväoppiminen ovat yleisimmin käytettyjä menetelmiä saavutettavuuden tukemisessa. Generatiivisessa tekoälyssä nähdään lisäksi uutta potentiaalia saavutettavuuden kehittämiseen.

Kuten aikaisemmissa katsauksissa on todettu, myös tässä analyysissa tekoälyä hyödyntävä saavutettavuustutkimus painottui näkövammaisten käyttäjien haasteisiin. Muut käyttäjäryhmät, kuten kuulovammaiset, motorisesti rajoittuneet tai kognitiivisia haasteita kokevat käyttäjät jäivät vähemmälle huomiolle. Tämä vinouma toistuu läpi aiemman tutkimuskirjallisuuden ja viittaa siihen, että saavutettavuuden tekoälyratkaisuja ei vielä suunnitella systemaattisesti kaikille vammaisryhmille. Laajempi

käyttäjäpohja ja vammaiset osallistava tutkimus voisivat tuoda tekoälyn soveltamiseen merkittävää lisäarvoa.

WCAG-ohjeistusten osalta tulokset tukevat aiempien katsauksien havaintoja siitä, että vaikka WCAG toimii yleisesti saavutettavuuden viitekehyksenä, sen soveltaminen tekoälytutkimuksessa on usein epäsuoraa. Useissa tutkimuksissa viitattiin WCAG-periaatteisiin yleisellä tasolla, mutta kriteeritasoinen raportointi oli vaihtelevaa. Tämä on linjassa kansainvälisten katsauksien kanssa, joissa on havaittu epäyhtenäisyyttä sekä puutteita saavutettavuuden automaattisen arvioinnin standardoinnissa. Lisäksi tulokset vahvistavat käsitystä siitä, että vaikka tekoäly pystyy tukemaan WCAG-ohjeiden noudattamista, automaattiset ratkaisut eivät vielä korvaa asiantuntija-arviointia ja ihmisen tekemää validointia.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että tekoälyn rooli saavutettavuudessa on muuttumassa yksittäisistä työkalusovelluksista kohti monimuotoisempia, generatiivisia ja moniteknologisia järjestelmiä, jotka kykenevät tuottamaan, arvioimaan ja muokkaamaan verkkosisältöjä reaaliaikaisesti. Samalla tutkimusala kohtaa haasteita liittyen luotettavuuteen, eettisyyteen ja hallittavuuteen, erityisesti kun generatiiviset mallit voivat tuottaa virheellisiä, puolueellisia tai epäolennaisia tuloksia.

5.1 Tutkimuksen arviointi, luotettavuus ja rajoitukset

Kirjallisuuskatsaus pyrittiin toteuttamaan laaditun protokollan mukaan ja niin tarkasti, että sen kaikki vaiheet ovat läpinäkyviä ja myöhemmin toistettavissa. Okolin (2015) mukailtu malli valittiin tämän katsauksen pohjaksi sen selkeän ja vaiheistetun ohjeistuksen vuoksi. Malli kattaa systemaattisen katsauksen kaikki keskeiset vaiheet: protokollan laatimisen, aineiston keruun, analyysin, tulkinnan ja raportoinnin. Malli mahdollistaa myös katsauksen kriittisen arvioinnin ja toistettavuuden.

Katsauksen rajoitukset liittyvät pääasiassa lähteiden valintaan. Vaikka lähteiden valinta pyrittiin tekemään mahdollisimman läpinäkyvästi ja kattavasti, osa laadukkaista tutkimuksista saattoi jäädä huomioimatta, koska arvioijia oli työn luonteen takia vain yksi.

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui 31 artikkelia, joista suurin osa oli konferenssijulkaisuja. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit olivat erittäin tiukasti rajattuja ja siksi osa varteenotettavista tutkimuksista on voinut jäädä katsauksen ulkopuolelle. Hakuvaiheessa tekoälyä määrittävät termit olisi voinut laajentaa koskemaan myös yksittäisiä tekoälyteknologioita. Aineisto kuitenkin haluttiin jo alussa rajata, jotta tutkittavien artikkeleiden määrä olisi kohtuullinen yhdelle arvioijalle. Artikkeleiden rajallisuuden vuoksi, kaikkia tämän kirjallisuuskatsauksen tuloksia ei voi yleistää.

5.2 Ehdotukset tulevaan tutkimukseen

Tulevaisuudessa tekoäly voi merkittävästi parantaa verkkopalveluiden saavutettavuutta reaaliajassa. Esimerkiksi virheiden tunnistaminen, korjaaminen ja sisällön muokkaaminen käyttäjän mukaan on mahdollista. Vaikka nykyinen tutkimus keskittyy pääosin teknisten ongelmien ratkaisemiseen, tulevaisuuden tutkimuksen tulisi painottua myös tekoälyn riskien hallintaan, turvallisuuden varmistamiseen ja vinoumien poistamiseen. Tekoälyä koskeva lainsäädäntö oli nyt tutkituissa tutkimuksissa jäänyt vähemmälle huomiolle. Tulevaisuuden yksi tutkimussuunta voisi olla se, kuinka tekoälyavusteisista verkkopalveluista tehdään turvallisia ja oikeudenmukaisia kaikille käyttäjille, niin että kehitystyössä otetaan myös tekoälyä koskeva lainsäädäntö huomioon.

Lähteet

Abhishek, Y., & Sumanathilaka, T. G. D. K. (2025). *SSL400—A Comprehensive Word Level Dataset for Sinhala Sign Language Recognition* (U. A. P. Ishanka, G. A. C. A. Herath, & S. Prasanth, Toim.). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. https://doi.org/10.1109/ICARC64760.2025.10962991

Abu Doush, I. A., & Kassem, R. (2025). *Evaluating AI-Generated Web Code for Accessibility Compliance: A Metric-Driven Approach*. 338–344. Scopus. https://doi.org/10.1145/3696593.3696614

Abu Doush, I., & Kassem, R. (2025). *Can generative AI create accessible web code? A benchmark analysis of AI-generated HTML against accessibility standards.* Universal Access in the Information Society. Scopus. https://doi.org/10.1007/s10209-025-01250-2

Acosta-Vargas, P., Salvador-Acosta, B., Novillo-Villegas, S., Sarantis, D., & Salvador-Ullauri, L. (2024). *Generative Artificial Intelligence and Web Accessibility: Towards an Inclusive and Sustainable Future.* Emerging Science Journal, 8(4), 1602–1621. https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-04-021

Afsal, C. P., & Kuppusamy, K. S. (2025). *WEBSumm: A Chrome Extension for Summarizing Web Content Using LLMs for Visually Impaired Users.* SN Computer Science, 6(2). Scopus. https://doi.org/10.1007/s42979-025-03726-7

Allyant. (2025, 27. helmikuuta). *What is WCAG Accessibility? Why is WCAG chosen as the Accessibility Standard?* Noudettu 17. lokakuuta 2025, osoitteesta https://allyant.com/blog/what-is-wcag-accessibility-why-is-wcag-chosen-as-the-accessibility-standard/

Almenara, A., & Barrantes, S. (2024). *Towards Designing a Set of Usability and Accessibility Heuristics Focused on Cognitive Diversity: An Exploratory Case Study with Generative Artificial Intelligence*. INFORMATION, 15(12). https://doi.org/10.3390/info15120769

An, Y., & Kim, H. S. (2023). *A systematic review of computer vision technology applied for individuals with disabilities.* Journal of Digital Media & Culture Technology, 3(2), 67–87. https://doi.org/10.29056/jdmct.2023.12.01

Anderson, R., Cowart, S., Lippincott, B., & Morris, J. (2025). *Artificial Intelligence and Disabled Adults: Current Use, Perceptions, and Future Development.* Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 106(4), e140. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2025.01.363

Ara, J., & Sik-Lanyi, C. (2025). *Towards developing a framework for automated accessibility evaluation of web content from expert perspectives.* Infocommunications journal, 17(Special Issue), 16–23. https://doi.org/10.36244/ICJ.2025.5.3

Ayaz, Z. (2024). *AI-DRIVEN AUTOMATION IN SEO: ENHANCING IMAGE DESCRIPTIONS WITH BLIP-PROCESSOR MODELS.* International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, 16(61), 322–335. Scopus.

Bercaru, V., & Popescu, N. (2024). *A Systematic Review of Accessibility Techniques for Online Platforms: Current Trends and Challenges.* Applied Sciences, 14(22), 10337. https://doi.org/10.3390/app142210337

Campoverde-Molina, M., & Luján-Mora, S. (2026). *Artificial intelligence in web accessibility: A systematic mapping study.* Computer Standards & Interfaces, 96, 104055. https://doi.org/10.1016/j.csi.2025.104055

Chemnad, K., & Othman, A. (2024). *Digital accessibility in the era of artificial intelligence—Bibliometric analysis and systematic review.* Frontiers in Artificial Intelligence, *7*. Scopus. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1349668

Dartmouth College. (n.d.). *Artificial Intelligence (AI) coined at Dartmouth.* Noudettu 17. lokakuuta 2025, osoitteesta https://home.dartmouth.edu/about/artificial-intelligence-ai-coined-dartmouth

Das, M., Fiannaca, A. J., Morris, M. R., Kane, S. K., & Bennett, C. L. (2024). *From Provenance to Aberrations: Image Creator and Screen Reader User Perspectives on Alt Text for AI-Generated Images*. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings. Scopus. https://doi.org/10.1145/3613904.3642325

Dash, S. K. (2024). AI-Powered Real-time Accessibility Enhancement: A Solution for Web Content Accessibility Issues. *Jurnal Online Informatika*, *9*(1), 80–88. Scopus. https://doi.org/10.15575/join.v9i1.1310

DataReportal. (n.d.). *Digital Around the World*. DataReportal – Global Digital Insights. Noudettu 8. lokakuuta 2025, osoitteesta https://datareportal.com/global-digital-overview

Digital NSW. (n.d.). *A common understanding: Simplified AI definitions from leading standards* | Digital NSW. Noudettu 11. marraskuuta 2025, osoitteesta https://www.digital.nsw.gov.au/policy/artificial-intelligence/a-common-understanding-simplified-ai-definitions-from-leading

Elsevier. (n.d.). *Scopus : Content Coverage Guide.* Noudettu 17. lokakuuta 2025, osoitteesta https://assets.ctfassets.net/o78em1y1w4i4/EX1iy8VxBeQKf8a5972ad9a5472ad5/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf

Flevy. (n.d.). *What role does NLP play in enhancing the accessibility of digital content for users with disabilities?* NLP. Noudettu 2. marraskuuta 2025, osoitteesta https://flevy.com/topic/nlp/question/enhancing-digital-accessibility-users-disabilities-nlp

Foote, K. D. (2021, 3. joulukuuta). *A Brief History of Machine Learning.* Dataversity. Noudettu 2. marraskuuta 2025, osoitteesta https://www.dataversity.net/articles/a-brief-history-of-machine-learning/

WHO.Global report on health equity for persons with disabilities. (ei pvm.). Noudettu 3. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.who.int/publications/i/item/9789240063600

Health inequities lead to early death in many persons with disabilities. (ei pvm.). Noudettu 17. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.who.int/news/item/02-12-2022-health-inequities-lead-to-early-death-in-many-persons-with-disabilities

Huynh, G. K., & Lin, W. (2024). *SmartCaption AI - Enhancing Web Accessibility with Context-Aware Image Descriptions Using Large Language Models*. Scopus. https://doi.org/10.1109/ICCA62237.2024.10928130

Jagtap, A. A., Musale, J., Nawale, S., Takate, P., Kale, I., & Waghmare, S. (2025). *Image Caption Generator with CLIP Interrogator*. Scopus. https://doi.org/10.1109/IATMSI64286.2025.10985030

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-01. https://www.cs.auckland.ac.nz/~norsaremah/2007%20Guidelines%20for%20performing%20SLR%20in%20SE%20v2.3.pdf

Levy, Y., & Ellis, T. J. (2006). *A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research*. Informing Science Journal, 9, 181–212. https://doi.org/10.28945/479

Li, X., & Wang, Y. (2024). *Deep Learning-Enhanced Adaptive Interface for Improved Accessibility in E-Government Platforms.* 2024 6th International Conference on Frontier Technologies of Information and Computer (ICFTIC), 1692–1695. https://doi.org/10.1109/ICFTIC64248.2024.10912984

Mowar, P., Peng, Y.-H., Wu, J., Steinfeld, A., & Bigham, J. P. (2025). *CodeA11y: Making AI Coding Assistants Useful for Accessible Web Development*. Scopus. https://doi.org/10.1145/3706598.3713335

Nacheva, R. (2024). *Conversational AI for Students with Hearing Disabilities: Approach to the Text Quality Evaluation.* 130–135. Scopus. https://doi.org/10.1109/ICAI63388.2024.10851526

Nacheva, R., & Jansone, A. (2023). *Heuristic Evaluation of AI-Powered Web Accessibility Assistants.* BALTIC JOURNAL OF MODERN COMPUTING, *11*(4), 542–557. https://doi.org/10.22364/bjmc.2023.11.4.02

Neto, R., Rocha, L., de Carvalho, M., & Ramos, R. (2024). *Addressing visual impairments: Essential software requirements for image caption solutions*. ASSISTIVE TECHNOLOGY. https://doi.org/10.1080/10400435.2024.2413650

Noreskal, L., Feuilloley, G., & Charbel, S.-P. (2024). *An AI Solution for Web Accessibility and Images Classification* (M. El Hassouni, A. Chetouani, & A. Chetouani, Toim.).

Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. https://doi.org/10.1109/IPTA62886.2024.10755614

OECD. (2023, 7. marraskuuta). *Digital health: Health at a Glance 2023*. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-2023_7a7afb35-en/full-report/digital-health_d79d912b.html

Okoli, C. (2015). *A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review*. Communications of the Association for Information Systems, *37*. https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743

Palmer, Z., & Oswal, S. (2025). *Constructing Websites with Generative AI Tools: The Accessibility of Their Workflows and Products for Users With Disabilities.* JOURNAL OF BUSINESS AND TECHNICAL COMMUNICATION, 39(1), 93–114. https://doi.org/10.1177/10506519241280644

Patel, P., Pampaniya, S., Ghosh, A., Raj, R., Karuppaih, D., & Kandasamy, S. (2025). *Enhancing Accessibility Through Machine Learning: A Review on Visual and Hearing Impairment Technologies*. IEEE Access, 13, 33286–33307. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3539081

Pedemonte, G., Leotta, M., & Ribaudo, M. (2025). *Improving Web Accessibility With an LLM-Based Tool: A Preliminary Evaluation for STEM Images.* IEEE ACCESS, *13*, 107566–107582. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3577519

Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide.* Blackwell Pub.

Pina, A., Báez, M., & Daniel, F. (2021). *Bringing Cognitive Augmentation to Web Browsing Accessibility: Vol. 12632 LNCS* (H. Hacid, F. Outay, H. Paik, A. Alloum, M. Petrocchi, M. R. Bouadjenek, A. Beheshti, X. Liu, & A. Maaradji, Toim.; s. 395–407). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76352-7_37

Pucci, E., Possaghi, I., Cutrupi, C. M., Báez, M., Cappiello, C., & Matera, M. (2023). *Defining Patterns for a Conversational Web*. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings. Scopus. https://doi.org/10.1145/3544548.3581145

Ramineni, V., Ingole, B. S., Banarse, A. R., Sughaturu Krishnappa, M. S., Pulipeta, N. K., & Jayaram, V. (2024). *Leveraging AI and Machine Learning to Address ADA Non-Compliance in Web Applications: A Novel Approach to Enhancing Accessibility.* Scopus. https://doi.org/10.1109/AICECS63354.2024.10957506

Rogers, M. (2025, 19. heinäkuuta). *Government accessibility standards and WCAG 2.* PowerMapper. Haettu 8. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.powermapper.com/blog/government-accessibility-standards/

Rousseau, D. M., Manning, J., & Denyer, D. (2008). *11 Evidence in Management and Organizational Science: Assembling the Field's Full Weight of Scientific Knowledge Through Syntheses.* Academy of Management Annals, 2(1), 475–515. https://doi.org/10.5465/19416520802211651

Salminen, A. (2023). *Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja joihinkin hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasan yliopisto. https://osuva.uwasa.fi/handle/11111/3465

Saraswathi, P. K. (2024). *AI-Enhanced Web Form Development: Tackling Accessibility Barriers with Generative Technologies*. 1195–1198. Scopus. https://doi.org/10.1109/SMC54092.2024.10831040

Shen, Y., Zhang, H., Shen, Y., Wang, L., Shi, C., Du, S., & Tao, Y. (2025). *AltGen: AI-Driven Alt Text Generation for Enhancing EPUB Accessibility*. 78–83. Scopus. https://doi.org/10.1145/3730436.3730449

Shetty, M., Ganesh, K. N., & Shetty, S. B. (2024). *Design and Implementation of a Voice-Enabled Web Application for Customer Interaction Using Natural Language Processing*. Scopus. https://doi.org/10.1109/ICEECT61758.2024.10739046

Silva, J., Cardoso, P., De Bettio, R., Tavares, D., Silva, C., Watanabe, W., & Freire, A. (2024). *In-Page Navigation Aids for Screen-Reader Users with Automatic Topicalisation and Labelling.* ACM TRANSACTIONS ON ACCESSIBLE COMPUTING, 17(2). https://doi.org/10.1145/3649223

Sri Ram, M. S., Joy, E., & Leka Shree, L. J. (2024). *WebSight: An AI-based Approach to Enhance Web Accessibility for the Visually Impaired*. Scopus. https://doi.org/10.1109/ICSTEM61137.2024.10561228

Stangl, A., Ihorn, S., Siu, Y.-T., Bodi, A., Castanon, M., Narins, L. D., & Yoon, I. (2023). *The Potential of a Visual Dialogue Agent In a Tandem Automated Audio Description System for Videos*. Scopus. https://doi.org/10.1145/3597638.3608402

Tiwary, T., & Mahapatra, R. (2023). *Enhancement in web accessibility for visually impaired people using hybrid deep belief network -bald eagle search.* MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS, 82(16), 24347–24368. https://doi.org/10.1007/s11042-023-14494-y

Tiwary, T., & Mahapatra, R. P. (2022). *Web Accessibility Challenges for Disabled and Generation of Alt Text for Images in Websites using Artificial Intelligence* (A. K. Pandey, J. K. Seth, & M. Singh, Toim.). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. https://doi.org/10.1109/ICICT55121.2022.10064545

Todorov, T. (2024). *Usage of Artificial Intelligence Tools to Improve Digital Web Accessibility.* Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage, 14, 135–144. https://doi.org/10.55630/dipp.2024.14.12

United Nations. (2024, joulukuuta 2). *Building an accessible future for all: AI and the inclusion of Persons with Disabilities*. United Nations Western Europe. https://unric.org/en/building-an-accessible-future-for-all-ai-and-the-inclusion-of-persons-with-disabilities/

Vera-Amaro, G., & Rojano-Cáceres, J. R. (2025). *Towards accessible website design through artificial intelligence: A systematic literature review.* Information and Software Technology, 186, 107821. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2025.107821

W3C. (2025, 15. heinäkuuta). *Introduction to Understanding WCAG 2.1 | WAI | W3C*. (ei pvm.). Noudettu 16. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/intro#understanding-the-four-principles-of-accessibility

W3C. (2018, 5. kesäkuuta). *Verkkosisällön saavutettavuusohjeet (WCAG) 2.1*.). Noudettu 8. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.w3.org/Translations/WCAG21-fi/

W3C. (2024). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. Noudettu 17. lokakuuta 2025, osoitteesta https://www.w3.org/TR/WCAG22/

Wang, K. (2024). *From ELIZA to ChatGPT: A brief history of chatbots and their evolution.* Applied and Computational Engineering, 39(1), 57–62. https://doi.org/10.54254/2755-2721/39/20230579