

Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet

Timo Malm & Simo Sauni
VTT Valmistustekniikka



ISBN 951-38-4969-4

ISSN 1235-0605

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1996

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Valmistustekniikka, Turvallisuustekniikka, Tekniikankatu 1, PL 1701, 33101 TAMPERE
puh. vaihde (03) 316 3111, faksi (03) 316 3282

VTT Tillverknings teknik, Säkerhetsteknik, Tekniikankatu 1, PB 1701, 33101 TAMMERFORS
tel. växel (03) 316 3111, fax (03) 316 3282

VTT Manufacturing Technology, Safety Engineering, Tekniikankatu 1, P.O.BOX 1701,
FIN-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. + 358 3 316 3111, fax + 358 3 316 3282

Tekninen toimitus Leena Ukskoski

VTT OFFSETPAINO, ESPOO 1996

Malm, Timo & Sauni, Simo. Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet. Espoo 1996, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1774. 42 s. + liitt. 9 s.

UDK 62-787:625.7/.8:69.05

Avainsanat safety, safety engineering, warning systems, portable equipment, safety devices, sound generators, signal devices, road construction, building sites, accident prevention, radar, vehicles

TIIVISTELMÄ

Hankkeessa on tutkittu, miten muuttuvien ja liikkuvien työkohteiden turvallisuutta voidaan parantaa siirrettävillä varoitus- ja turvalaitteilla.

Siirrettäviä varoitus- ja turvalaitteita löydettiin useita, mutta nopeasti muuttuviin työkohteisiin tarkoitettuja kohteenhavaitsevia laitteita on vain harvoja. Siirrettävien varoituslaitteiden turvallisuusvaatimukset ovat samat kuin kiinteidenkin laitteiden. Siirrettävällä varoituslaitteella voi olla useita käyttäjiä, ja siksi käyttöohjeisiin ja käytön opastukseen tulee kiinnittää huomiota. Myös ympäristöolosuhteiden muuttuminen tulee ottaa huomioon, sillä joissain kohteissa 75 dB:n voimakkuuksinen äänitaso on riittävän voimakas varoittamiseen, kun taas joissain kohteissa jopa 100 dB:n voimakkuuksinen äänitaso hukkuu taustameluun.

Tutkimuksessa tehtiin kaksi sovellusesimerkkiä, joista ensimmäinen oli tietyömaan varoituslaite. Tietyömailla sattuu paljon vakavia tapaturmia, ja eräänä merkittävänä riskitekijänä voidaan pitää työkohteen ohittavien autojen ylinopeutta. Kehitetty tutkaan ja vilkkuvaan varoitustauluun perustuva varoituslaite alensi ylinopeutta ajavien autojen nopeutta selvästi varsinkin pilvisellä säällä.

Toisessa sovellusesimerkissä kehitettiin yleiskäyttöinen varoitus- ja turvalaite, jota sovellettiin rakennustyömaalla. Rakennustyömailla sattuu paljon tapaturmia, joista monet johtuvat henkilöiden putoamisesta alemmalle tasolle tai tavaroiden putoamisesta. Kehitetty varoituslaite varoittaa työntekijöitä vaarasta ja koeajotilanteissa se voi pysäyttää vaarallisen toiminnon. Laite soveltuu monenlaiseen käyttöön, ja laitteen soveltuvuus kohteeseen tulee päättää riskin arvioinnin perusteella.

Yleiskäyttöisen varoitus- ja turvalaitteen kehityksessä on tärkeää ottaa huomioon helppokäyttöisyys, jotta laitetta ei asenneta väärin, ja varoituksen selkeys, jotta kaikissa tilanteissa ihmiset huomaavat varoituksen ja tietävät, mistä laite varoittaa. Samoin suunnittelijan tulee määrittää selvästi laitteelle soveltuvat tehtävät, sillä käyttäjät eivät tunne laitteen rajoituksia.

ALKUSANAT

Tähän julkaisuun on kerätty ”Siirrettävät varoitus- ja turvajärjestelmät” -tutkimuksen tulokset. Hankkeeseen ovat osallistuneet VTT Valmistustekniikasta Timo Malm, Simo Sauni, Maarit Kivipuro ja Risto Kuivanen, Hämeen tiepiiristä Kaino Vuorinen, JW-Automaatiosta Jarkko Wallenius, UPM-Kymmene Oy Kaukaalta Ismo Sartiala, Tampereen kaupungilta Jyri Vilpo, Stig Wahlström Oy:stä Mika Willström, Rautaruukki Oy:stä Eero Rauhala, Oy Labko Ab:stä Antero Virtanen ja Lemminkäinen Oy:stä Pentti Liimatainen. Lisäksi hankkeen eteenpäinviemisessä on auttanut suuri joukko muita ihmisiä eri yrityksistä. Kiitämme hankkeeseen osallistuneita henkilöitä yhteistyöstä ja avusta. Hankkeen päärahoittaja on ollut Työsuojelurahasto.

Tämä raportti on julkaistu Työsuojelurahaston avustuksella.

Tampereella 1.7.1996

Tekijät

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 SIIRRETTÄVÄT VAROITUS- JA TURVAJÄRJESTELMÄT	7
2.1 Siirrettävä varoituslaite.....	7
2.2 Nykyiset siirrettävät turva- ja varoituslaitteet.....	8
2.3 Siirrettävien turva- ja varoituslaitteiden tarve	10
3 TURVALAITTEITA KOSKEVAT VAATIMUKSET	13
4 SIIRRETTÄVÄ VAROITUSLAITE TIETYÖMAAN TURVANA	15
4.1 Tietyömaiden vaarat ja ongelmat.....	15
4.1.1 Liikenneonnettomuudet tietyökohteissa.....	15
4.1.2 Liikenteen ohjauksen ongelmia.....	16
4.1.3 Tietyöntekijöiden tapaturmavaarat ja ongelmat	17
4.1.4 Työkoneiden merkitys onnettomuuksissa	18
4.1.5 Päälystystöiden ongelmia ja vaaroja	19
4.1.6 Liikenteenohjauslaitteiden laatuvaatimuksia	20
4.1.7 Siirrettävät varoituslaitteet tietyömailla ja kunnossapitoajoneuvoissa	20
4.2 Tietyömaiden turvalaitteen toiminta.....	22
4.3 Tietyömaiden turvalaitteen rakenne	24
4.4 Käyttökokemukset.....	26
5 SIIRRETTÄVÄ VAROITUS- JA TURVALAITE RAKENNUSTYÖMAALLA	30
5.1 Talonrakennustyömaan vaarat	30
5.1.1 Rakennustyömaan ongelmia	30
5.1.2 Rakennustyön vaarat ja tapaturmat	31
5.2 Siirrettävä turva- ja varoituslaite	32
5.3 Kokemuksia laitteen käytöstä.....	37
6 OHJEITA SIIRRETTÄVÄN VAROITUSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMISEEN	38
6.1 Kehitysnäkymät ja tutkimustarpeet	38
6.2 Yhteenveto.....	39
LÄHDELUETTELO	40
LIITE A SIIRRETTÄVÄN VAROITUS- JA TURVAJÄRJESTELMÄN RAKENNEOSIA	
LIITE B TIETYÖMAANVAROITUSLAITTEEN KÄYTTÖKOKEMUKSIA	
LIITE C TIETYÖMAAN TURVALAITTEITA	

1 JOHDANTO

Tilapäis-, rakennus-, huolto- ja asennustöissä sattuu paljon tapaturmia. Tähän vaikuttaa se, että normaaleja turvalaitteita ei ole vielä asennettu ja työpaikalla on vielä aukkoja, joihin asennetaan myöhemmin jotain. Lisäksi monia aukkoja käytetään rakennusvaiheessa tavaroiden ja laitteiden siirto- ja nostoreitteinä. Erittäin suuri määrä työtapaturmista johtuu putoamisista. Vuonna 1989 putoamisia oli 8600 eli 8% kaikista tapaturmista [Työtapaturmat 1989]. Monissa tapaturmissa oli huolto- tai rakennustyön vuoksi jouduttu poistamaan suojuks tai kaide aukon edestä. Useimmissa tapauksissa suojakaide olisi voinut estää tapaturman ja joissain tapauksissa olisi varoitusmerkistä ollut apua (Työministeriö: Tapaturmaselostusrekisteri TAPS).

Lyhytkestoisissa ja tilapäisissä töissä turvallisuuden varmistaminen on vaikeaa, koska lyhytaikaiseen tarpeeseen ei haluta rakentaa pitkäaikaiseen käyttöön soveltuvaa turva- tai suojalaitetta. Tätä ongelmaa helpottavat siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet. Tilapäiseen käyttöön tarkoitetun laitteen tulee olla kiinteiltä laitteilta edellytettävien vaatimusten lisäksi kuljetusta kestävä, helposti siirrettävä ja helposti oikealla tavalla asennettava. Väärän asennuksen mahdollisuus tulee olla minimoitu, sillä väärän asennuksen mahdollisuus kasvaa, kun laitetta siirretään usein ja sillä on useita käyttäjiä.

Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet ja -järjestelmät ovat uusia tuotteita. Kuitenkin kannettavilla kaasuilmaisimilla on jo pitkät perinteet. Jo hiilikaivoksissa käytettiin papukaijoja varoittamaan vaarallisesta ilmasta, koska papukaija menettää tajuntansa huonossa ilmassa ennen ihmistä. Tilapäisiä tai mukana kuljetettavia turvalaitteita tarvittaisiin ennen kaikkea erilaisissa rakennus- huolto- ja asennustöissä. Turvalaitteiden ja turvalaitteiden käyttökulttuurin kehittyessä siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet yleistyvät.

2 SIIRRETTÄVÄT VAROITUS- JA TURVAJÄRJESTELMÄT

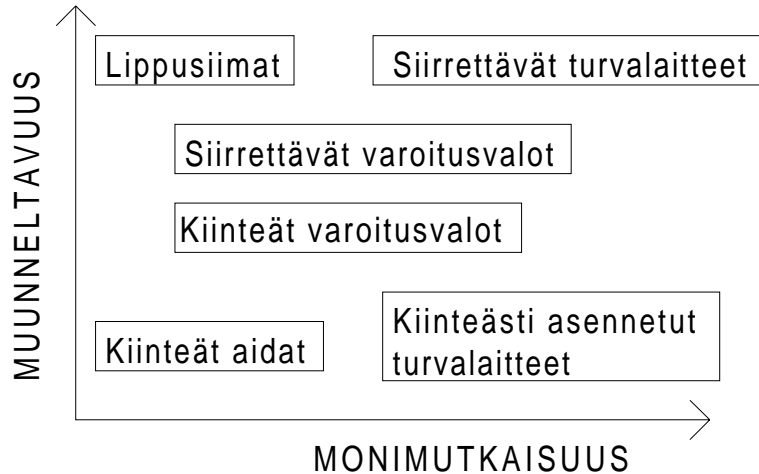
2.1 SIIRRETTÄVÄ VAROITUSLAITE

Aktiivisten varoitus- ja turvalaitteiden muunneltavuuden ja siirrettävyyden mahdollisuudet ovat vähäisiä. Tähän on vaikuttanut se, että turvalaitteiden oikea asentaminen vaatii ammattitaitoa ja asentamista ei ole voitu jättää käyttäjän tehtäväksi. Siirrettävä varoitus- ja turvalaite tuo kuitenkin mahdollisuuden joustavaan työntekoon kohteissa, joissa suoja-aitojen käyttö on hankalaa, ja toisaalta mahdollisuuden käyttää turvalaitteita tilapäisissä työkohteissa, joissa ei ole aiemmin käytetty turvalaitteita.

Passiivisia siirrettäviä suoja- ja varoituslaitteita on käytetty pitkään. Vaarallinen alue on rajattu aidoilla tai lippusiimalla. Lisäksi on käytetty jatkuvia varoitusääniä ja -valoja. Rajaamisen ongelma on se, että silloin, kun rajatulle alueelle mennään, pitää suojalaitteita siirtää. Tämä on hankalaa kohteessa, jossa käydään usein.

Aktiivinen varoitus- ja turvajärjestelmä ei lähetä merkkiääntä tai valoa jatkuvasti, vaan se aktivoituu vasta, kun vaaratilanne ilmenee. Vaaratilanne voidaan havaita selvästi, kun hälytyslaitteet käynnistyvät. Kun käytetään kosketuksetonta tunnistusta lyhytaikaista vaara-alueellemeno varten, ei tarvitse välttämättä siirtää vaara-alueen edestä mitään pois. Hälytysvalot ja -äänit toimivat ihmisen ollessa vaara-alueella.

Riskinarvioinnin perusteella tulee tarkoin harkita, milloin siirrettävä aita tai lippusiima voidaan korvata siirrettävällä aktiivisella varoituslaitteella. Siirrettävien laitteiden tehtävänä on varoittaa ihmistä ja jättää hänelle päätöksenteko riskinotosta. Kaikissa kohteissa nopeaa riskin arviointia ei voida jättää ihmisen tehtäväksi, vaan kohde pitää suojata esim. aidalla. Siirrettävät laitteet voidaan ottaa nopeasti käyttöön tilapäiskohteissa, mutta toisaalta ne eivät aina takaa samaa turvallisuustasoa kuin kiinteät laitteet. Kiinteä aita voi olla niin vankka ja suuri, ettei sitä pysty ilman apuvälineitä ylittämään, kun taas siirrettävän aidan pitää olla niin kevyt, että sitä voidaan siirtää. Kuva 1 esittää siirrettävien ja kiinteiden turva- ja varoituslaitteiden vertailua.



Kuva 1. Turva- ja varoituslaitteiden jaottelu muunneltavuuden ja monimutkaisuuden perusteella. Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet ovat helposti siirrettävissä ja muunneltavissa ja niissä on ohjauslogiikka.

2.2 NYKYISET SIIRRETTÄVÄT TURVA- JA VAROITUSLAITTEET

Erilaisia siirrettäviä turvalaitteita etsittiin tiedonhaulla seuraavista tietokannoista: CORDIS (EU-hankkeita), COMPENDEX (yleistekninen), INSPEC (sähkötekniikka, fysiikka ja tietotekniikka) ja OSHROM (työsuojeluala). Hakusanoina olivat: safety device ja safety system, ja lisäksi tekstissä piti olla sana moveable, portable, personal tai transferable.

Varsinaisen tiedonhaun perusteella tietoja siirrettävistä turvalaitteista saatiin kuitenkin vain vähän. Suurin osa tiedoista saatiin, koska VTT:llä on suoria yhteyksiä laitteiden kehittäjiin ja toimittajiin. Tähän mennessä on käytössä tai koekäytössä ollut seuraavia siirrettäviä turvalaitteita:

- kannettavat kaasuanturit,
- palohälyttimet,
- radio-ohjauslaitteisiin liitetyt turvatoiminnot,
- radiotoimiset pysäyttimet,
- matkapuhelimiin kytketyt hälytysjärjestelmät,
- metsurien ja metsässä kulkevien ihmisten hätäviestijärjestelmät,
- vanhusten turvapuhelimet,
- lääketieteessä käytetyt siirrettävät hälyttimet (esim. sydämenlyöntiä tai hengitystä tarkkailevat hälyttimet),
- päällekkäushälyttimet vankiloissa ja muualla,
- junailmaisien rautateiden työmailla,
- tietyömaiden turvalaitteet,
- ihmisen havaitseminen kuljetuskonteista luvattoman laivaan pyrkimisen estämiseksi,
- altistumisen seuranta (esim. dosimetrillä ydinvoimaloissa),
- sijainnin ilmaisu aluevalvonnalla esim. ydinvoimaloissa.

Kannettavia kaasuantureita käytetään kaivoksissa, säiliöissä, viemäreissä, suljetuissa rakenteissa ja kaivannoissa. Anturit mittaavat myrkyllisiä tai herkästi syttyviä kaasuja tai ilman happipitoisuutta. Eräät mallit ovat niin pieniä, että niitä voidaan pitää jopa taskussa. Siirrettävät kaasuanturit soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa käydään harvoin ja joissa riski on pieni tai joihin ei voida asentaa kiinteää anturia. Siirrettävien antureiden etu on myös se, että niillä mitataan kaasuja juuri siellä, missä ihminen on. [Kaasunvalvontaopas 1995]

Eräissä radio-ohjauslaitteissa, esim. siltanostureiden yhteydessä, on normaalien ohjaussignaalien lisäksi käytetty myös hätäpysäytystä ja pysäytystä. Siltanosturi pysähtyy yhteyden katketessa yli 0,5 s ajaksi, mutta se pysähtyy välittömästi saadessaan hätäpysäytysignaalin. Varoittimia voidaan ohjata myös kauko-ohjauksella.

Radiotoimisia pysäyttimiä (ei hätäpysäyttimiä) on käytetty asfaltti- ja kivimurskausasemien turvalaitteina. Järjestelmässä alueella liikkuva työntekijä voi havaitessaan vaaratilanteen pysäyttää murskausaseman radio-ohjauksella. Pysäytin ei ole varsinaisesti hätäpysäytin, vaikka siinä onkin useita turvallisuutta parantavia piirteitä. [Tiusanen & Kivipuro 1991]

Metsässä yksin työskentelevän henkilön langaton hätäviestijärjestelmä koostuu henkilön mukana olevasta lähettimestä, autossa olevasta vahvistinasemasta, koko Suomen kattavasta radiovalvontaverkosta, Telen valtakunnallisesta valvontaverkosta ja hälytyksen vastaanottopisteistä (esim. aluehälytyskeskus tai henkilön koti). Hätätilanteessa henkilö lähettää valmiiksi puhutun puheviestin edellä mainittujen yhteyksien kautta esim. kotiinsa, työnantajalle ja lopulta aluehälytyskeskukseen, jos muualta ei ole saatu kuittausta. [Kivipuro & Tiusanen 1992]

Vankiloissa on kokeiltu vartijoilla päällekkäushälyttimiä, jotka hälyttävät äänimerkillä (tai radioteitse) lisää vartijoita paikalle (varoituspillin korvaaja). Vastaavaa tuotetta on myyty myös yleiseen käyttöön.

Ratatöitä tehdään normaalin junaliikenteen parissa siten, että työmaan kummassakin päässä ja itse työmaalla on turvamies varoittamassa tulevista junista. Turvamies varoittaa puhelimella tai megafonilla etäisyyksistä riippuen. Hälytys pyritään tekemään minuuttia ennen junan tuloa. Varoitustehtävään on suunniteltu myös automaattinen junailmaisin, joka varoittaa lähestyvistä junista. Junailmaisin on akkukäyttöinen ja sitä siirretään työmaan mukana. Suurten riskien ja toisaalta akkujen vaikean siirrettävyyden vuoksi laitteita on ollut vain koekäytössä.

Kanadassa on pidetty ongelmana luvatonta salamatkustamista kuljetuskonteissa. Salamatkustaja joutuu usein olemaan kontissa pitkiä aikoja, mistä on vaaraa salamatkustajalle, ja toisaalta kontissa kuljetettavaa tavaraa usein vahingoitetaan. Salamatkustajat havaitaan mittaamalla hiilidioksidia kontin ilmastointiaukon kohdalta kannettavalla anturilla. Hiilidioksidin määrä paljastaa ihmisen läsnäolon. [Brown 1995]

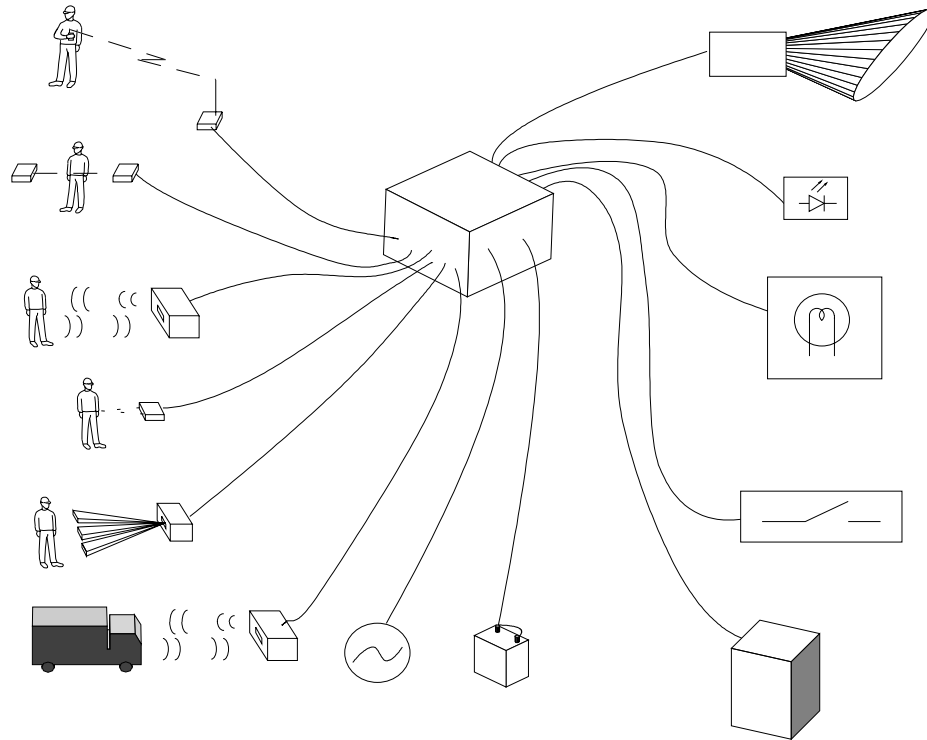
Ydinvoimaloissa seurataan kulunvalvonnalla tarkasti sitä, millä alueella työntekijät liikkuvat. Kriittisissä tilanteissa pystytään työntekijät ohjaamaan turvallista reittiä pois. Ydinvoimaloissa mitataan myös ihmisten saamaa säteilyannosta mukana kuljetettavilla annosmittareilla. Mittarin värin vaihtuminen varoittaa liiasta säteilyannoksesta, ja työntekijä tietää hakeutua pois vaara-alueelta (vaihtaa työvuoroja vähemmän säteileviin kohteisiin).

2.3 SIIRRETTÄVIEN TURVA- JA VAROITUSLAITTEIDEN TARVE

Siirrettäviä tai kannettavia turva- ja varoituslaitteita on siis jo olemassa monilla erityisaloilla. Teollisuus- tai rakentamisympäristön vaaroista varoitettavia siirrettäviä varoituslaitteita on vähän. Siirrettävän varoitus- ja turvalaitteen etuja kiinteisiin laitteisiin nähden ovat tilanteesta riippuen seuraavat:

- Siirrettävää turvalaitetta voidaan käyttää nopeasti muuttuvissa kohteissa, joissa kiinteän turvalaitteen käyttö on liian hankalaa (esim. koneiden koeajotilanteissa).
- Siirrettävä turvalaite voidaan viedä tilapäisesti kohteisiin, joissa normaalissa tilanteessa ei voi eikä tarvitse olla turvalaitetta (esim. paperikoneen tai säiliön huoltotöissä).
- Siirrettävä varoituslaite voi antaa tietoa juuri siitä paikasta, missä ihminen on (esim. kannettavat kaasuanturit).
- Siirrettävä varoituslaite helpottaa työntekoa kohteissa, joissa suoja-aita tai lippusiima jouduttaisiin ottamaan pois alueella käynnin ajaksi (esim. rakennuksilla tavarantoimitusaukoissa).
- Kannettavalla varoitus- ja turvalaitteella voidaan radiotoimisesti antaa hätäviesti tai pysäyttää koneen vaarallinen toiminto paikasta, josta muiden viestien lähettäminen on hankalaa tai hidasta.
- Siirrettävä varoituslaite on edullisempi kuin useaan kohteeseen kiinteästi sijoitettu turvalaite.

Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet kehittyvät ja yleistyvät ja ne saavat uusia lisäpiirteitä, joten niitä tullaan käyttämään aivan uusilla aloilla. Kuva 2 antaa esimerkin siitä, mitä asioita siirrettävä varoitus- ja turvalaite voi valvoa ja miten se voi antaa varoituksen tai muun käskyn.



Anturit ovat kaupallisia tapauskohtaisesti valittavia kuten

- passiivinen infrapuna-ilmaisim
- valokenno
- ultraäänianturi
- optinen lähestymiskytkin
- mikroaaltoanturi
- nopeustutka
- kaasu- tai savuhälytin

Keskusyksikkö sisältää

- jännitelähteen
- logiikan, joka valvoo keskusyksikön ja mahdollisuuksien mukaan muiden osien toimintakuntoa

Keskusyksikköön voidaan liittää erilaisia hälytyslaitteita kuten

- hälytysvalo
- hälytyssummeri
- nauhoitettu puheviesti
- nauhoitettu puhelinviesti
- radioviesti
- koneen varoitus tai turvatulo.

Keskusyksikössä on kiinteästi merkkivalot.

Kuva 2. Siirrettävän varoitus- ja turvajärjestelmän periaatekuva.

Siirrettävän varoitus- ja turvajärjestelmän käyttökohteita ovat:

- rakennustyömaat (varoittamassa tilapäisistä aukoista),
- teiden päällystystyömaat (varoittamassa työntekijää liikenteen vaaroista),
- telakat (varoittamassa tilapäisistä aukoista tai vaarakohdista),
- tehtaat (varoittamassa tai vähentämässä muutoin vaaraa vaarallisten työpisteiden lähellä),
- paperitehtaot (varoittamassa huollon aikaisista vaaroista, kuten pulpperin aukosta),
- tehtaissa huoltotyöt (varoittamassa tilapäisistä vaaroista ja vähentämässä vaaraa kytkemällä vaarallisen toiminnon pois),
- koneen käyttöönottilanteet, joissa ei vielä ole turvalaitteita.

Vaikka siirrettävillä turva- ja varoituslaitteilla on monia etuja kiinteisiin laitteisiin nähden, niillä on omia haittapuolia, jotka ovat yleensä tapauskohtaisia ja joita ei voida aina yleistää.

Siirrettävän varoitus- ja turvalaitteen käyttökoulutus on tärkeämpää kuin kiinteiden laitteiden, sillä siirrettäviä laitteita käyttävät muutkin kuin turvalaitteiden asennukseen erikoistuneet henkilöt. Tämä edellyttää ohjeiden lisäksi myös laitteelta helppoa käyttöönottoa ja käytettävyyttä. Koska siirrettävät laitteet ovat kevyitä, ne saattavat siirtyä kiinteitä asennuksia helpommin. Tällöin saattaa turva-anturin suuntaus muuttua siten, että sen vaikutusalue ei enää kata koko aluetta.

3 TURVALAITTEITA KOSKEVAT VAATIMUKSET

Koneiden ja turvakomponenttien suunnittelua ja markkinoille saattamista koskevat Euroopan Yhteisön direktiivit, niihin liittyvät eurooppalaiset standardit ja muut vaatimukset. Konedirektiivillä, jota Suomessa vastaa valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta (VNp 1314/94), pyritään varmistamaan koneiden ja konejärjestelmien turvallisuus. Vastuu turvallisuudesta on valmistajalla, jolta edellytetään vaarojen tunnistamista, riskin arviointia sekä koneen dokumentaation laatimista. Suunnittelija on yleensä paras asiantuntija poistamaan vaaroja ja kertomaan koneen jäljelle jääneistä riskeistä.

Koneisiin ja konejärjestelmiin pitää laittaa CE-merkintä konepäättöksen perusteella. CE-merkintä ilmoittaa, että valmistajan mukaan kone tai laite täyttää sille asetetut vaatimukset. Kuva 3 esittää CE-merkintää.



Kuva 3. CE-merkintä.

Turvakomponentti on määritelty konepäättöksessä. Turvakomponentti on lyhyesti sanottuna erikseen markkinoitava vaihdettavissa oleva laite, joka toteuttaa turvatoiminnon ja jonka vikaantuminen voi aiheuttaa vaaraa ihmisille. Jarru tai sylinteri eivät ole turvakomponentteja, koska ne liittyvät olennaisesti laitteen normaaliin toimintaan. Valmistaja määrittelee, onko myytävä tuote turvakomponentti. Turvakomponentteihin liittyy vaatimustenmukaisuusvakuutus ja tekninen rakennetiedosto. Konepäättöksen mukaan turvakomponenttiin ei liitetä CE-merkintää (EMC- tai pienjännitedirektiivin perusteella merkintä on kuitenkin mahdollinen). Tyypitarkastettavia turvakomponentteja ovat mm. valoverhot, valokennot, tuntomatot ja kaksinkäsinhallintalaitteet (Konepäättös 1314/94 liite 4B). [MET 1996, Konepäättös 1994]

EMC-direktiivi (sähkömagneettinen yhteensopivuus) käsittelee sekä laitteen sähkömagneettisten häiriöiden sietokykyä että laitteen mahdollisesti säteilemiä häiriöitä. Direktiiviä sovelletaan sähköllä toimiviin laitteisiin, järjestelmiin ja suoraan loppukäyttäjälle markkinoitaviin monimutkaisiin komponentteihin. Direktiivin mukaisuus voidaan osoittaa seuraavilla tavoilla:

- Noudatetaan standardeja, laaditaan vaatimustenmukaisuusvakuutus, kiinnitetään CE-merkintä ja pidetään asiapaperit toimivaltaisen viranomaisen saatavilla 10 vuoden ajan. Menettelyssä ei siis tarvitse välttämättä olla yhteydessä ulkopuoliseen tahoon, mutta toisaalta standardeissa mainitut testit edellyttävät monimutkaisen testilaitteiston käyttöä.
- Ei noudateta standardeja, laaditaan tekninen rakennetiedosto, hankitaan toimivaltaiselta tarkastuslaitokselta tekninen kertomus tai todistus, laaditaan vaatimustenmukaisuusvakuutus, kiinnitetään CE-merkintä ja pidetään asiapaperit toimivaltaisen viranomaisen saatavilla 10 vuoden ajan.
- Tehdään tyypitarkastus radiolähettimille, tarkastutetaan laite ilmoitetussa laitoksessa, saadaan EY-tyypitarkastustodistus, laaditaan vaatimustenmukaisuusvakuutus, kiinnitetään CE-merkintä ja pidetään asiapaperit toimivaltaisen viranomaisen saatavilla 10 vuoden ajan. [MET 1993]

Pienjännitedirektiivi käsittelee sähköiskun aiheuttamia vaaroja käytettäessä vaihtojänniteitä 50 - 1000 V tai tasajännitettä 75 - 1500 V. Pienjännitedirektiivin ensimmäinen versio on jo vuodelta 1973, kun taas uusimman version siirtymäkausi päättyy vuoden 1996 lopussa. Tämän jälkeen se on ainoana menettelytapana voimassa. [SETELI 1995]

Turva- ja varoituslaitteiden valintaa tehtäessä tehdään aina riskin arviointia. Kaikki laitteet eivät kelpaa turvallisuutta valvomaan laitteen epäluotettavuuden tai rakenteellisten turvallisuuteen liittyvien puutteiden vuoksi. Konepääätös edellyttää koneille tehtävää riskinarviointia. Yksittäiselle turvalaitteelle ei voida varsinaisesti arvioida vaaroja ja niiden seurauksia, koska ne riippuvat käyttöympäristöstä, mutta turvalaitteesta voidaan standardiluonnoksen prEN 954-1 mukaan arvioida, kuinka vaarallisissa kohteissa sitä voidaan käyttää. Muodollisia riskinarviointimenetelmiä on monenlaisia. Niitä on esitelty riskin arviointia käsittelevässä standardiluonnoksessa prEN 1050. Yleisiä periaatteita esitellään myös suunnitteluperiaatteita käsittelevissä standardeissa SFS-EN 292-1 ja SFS-EN 292-2 sekä ohjausjärjestelmien turvallisuutta käsittelevässä standardiluonnoksessa prEN 954-1.

Riskin arvioinnissa tunnistetaan vaaratekijät sekä arvioidaan vaaran vaikutuksen todennäköisyys ja seurausvaikutukset. Riskin arviointi on tehtävä ennen turvalaitteiden valintaa, ja toimenpiteiden tehokkuus tarkastetaan valinnan jälkeen.

4 SIIRRETTÄVÄ VAROITUSLAITE TIETYÖMAAN TURVANA

4.1 TIETYÖMAIDEN VAARAT JA ONGELMAT

4.1.1 Liikenneonnettomuudet tietyökohteissa

Tietöissä ei voida puhua pelkästään kahdesta osapuolesta, työntekijöistä ja työnantajista, vaan työmaalla vaikuttaa kolmas osapuoli eli tienkäyttäjät. Jokainen tielläliikkuja pitää ottaa tietöissä huomioon, jotta heidän turvallisuuttaan ei vaaranneta. Normaalista poikkeavat liikennejärjestelyt sekä työkoneet, työkohteet ja muut mahdolliset esteet pitää voida havaita riittävän ajoissa [Sauni et al. 1995].

Yhdysvalloissa Virginian osavaltiossa kerättyjen tietojen mukaan onnettomuustiheys kasvoi 119 % tietyömaan kohdalla verrattuna tilanteeseen ennen tietyötä. Sattuneista onnettomuuksista tehtiin seuraavia johtopäätöksiä [Umbs 1989]:

- Liikenneonnettomuuksien määrä riippuu työmaan tyypistä, mihin vaikuttavat työmaan pituus, tien geometria, työn luonne sekä liikenteen ohjaustoimenpiteet ja kaistojen sulkeminen.
- Viikonloppuina ja lomakausina sattuu suhteessa enemmän liikenneonnettomuuksia työmaiden kohdalla kuin työviikon aikana.
- Taajamissa sattuu 71 % tietyömaiden kohdalla sattuneista liikenneonnettomuuksista.
- Taajamien ulkopuolella menehtyy 64 % kaikista tietyömaiden kohdalla liikenneonnettomuuksissa menehtyneistä.
- Pimeän aikana sattuu alle 30 % tietyömaiden liikenneonnettomuuksista, mutta näissä onnettomuuksissa menehtyy 50 % tietyömaiden kohdalla liikenneonnettomuuksissa menehtyneistä.

Yhdysvalloissa sattuu suurin osa tietyömaiden liikenneonnettomuuksista kaupunkialueilla. Vakavista onnettomuuksista tapahtuu kuitenkin suurin osa taajamien ulkopuolella. Tietyömaiden onnettomuudet ovat seurauksiltaan vakavampia kuin liikenneonnettomuudet yleensä. Pitkäaikaisten työmaiden kohdalla sattuneista liikenneonnettomuuksista tapahtuu noin puolet pimeän aikana [Borodavkin 1980, Hyödynmaa 1989].

Suomessa tutkittiin 1970-luvulla tienrakennus- ja kunnossapitotyömaiden liikenneonnettomuuksia. Suhteellisesti eniten tietyömaiden kohdalla sattuneista liikenneonnettomuuksista sattui työaikana ja päivänvalossa. Tienrakennus- ja kunnossapitotyömaiden kohdalla sattuneet liikenneonnettomuudet olivat seurauksiltaan keskimääräistä vakavampia kuin muiden tietyömaiden kohdalla sattuneet onnettomuudet. Määrällisesti eniten liikenneonnettomuuksia sattui tienparannustyömailla. [Tietyömaiden liikenneturvallisuus 1981.]

Suomessa on teiden kunnossapitoon liittyvissä töissä tai tietyömaa-alueen kohdalla sattunut 1990-luvulla vuosittain noin 60 henkilövahinkoon johtanutta liikenneonnettomuutta. Näistä on ollut keskimäärin kuusi kuolemaan johtanutta onnettomuutta. Onnettomuuksissa on vammautunut keskimäärin 100 henkilöä ja kuollut seitsemän henkilöä. Samaan aikaan on sattunut useita vain omaisuusvahinkoihin johtaneita onnettomuuksia. Näiden onnettomuuksien tarkkaa lukumäärää on vaikea arvioida, koska kattavia tilastoja ei ole saatavissa. Toisaalta ei ole olemassa tarkkaa tietoa siitä, miten monen edellä mainitun onnettomuuden syntymiseen on tietyömaa vaikuttanut ja miten paljon [Sauni et al. 1995].

4.1.2 Liikenteen ohjauksen ongelmia

Suurin osa tietyömaa-alueella sattuneista onnettomuuksista on ollut törmäämisiä työn aikaisiin liikenteenohjauslaitteisiin. Syynä on ollut useimmiten havainnointivirhe tai liian suuri tilannenopeus. Toinen usein henkilövahinkoon johtanut onnettomuustyyppi on peräänajo tietyön johdosta pysähtyneeseen ja monesti jonossa olleeseen ajoneuvoon. Tietyömaa-alueella tapahtuneissa liikenneonnettomuuksissa on ollut noin joka viidennessä onnettomuudessa mukana työmaan ajoneuvo [Sauni et al. 1995].

Tielläliikkujat ovat olleet usein sitä mieltä, että he eivät huomanneet tietyökohtetta riittävän ajoissa. Toinen arvostelua aiheuttanut piirre on ollut työmaan kohdalla ajolinjojen sekavuus. Ajoneuvon kuljettajan on ollut vaikea hahmottaa ajolinjaa riittävän nopeasti. Tämä ongelma tulee esille erityisesti hämärässä tai pimeässä. Usein työkohteissa eivät ole olleet toiminnassa normaalit katuvalot, jolloin ajolinjojen ja esteiden havaitseminen on ollut entistä vaikeampaa [Sauni et al. 1995].

Ihmisillä on taipumus olla vastaanottamatta tietoa ja tämä taipumus haittaa myös työkohteista varoittavan tiedon perille menoa. Nykyiset ajoneuvot ovat turvallisia ja hyvin varustettuja, jolloin ajaminen on usein miellyttävää ja jopa turruttavaa. Jotta kuljettaja havaitsee esteen hyvissä ajoin, pitää siitä varoittavan ärsykkeen olla tehokas [Lönegren et al. 1993].

Tielläliikkujat eivät aina noudata annettuja määräyksiä, varsinkaan tietyön vuoksi asetettuja nopeusrajoituksia. Ajoneuvojen kuljettajat eivät ota tietyöntekijöiden turvallisuutta riittävästi huomioon, jolloin työkohteita ohitetaan liian kovalla nopeudella ja liian läheltä työntekijöitä [Sauni 1993].

Suuret ajonopeudet tietyökohteissa johtuvat osittain vauhtisokeudesta. Kun autoilija alentaa nopeuttaan äkkiä nopeudesta 100 km/h:ssa esimerkiksi nopeuteen 60 km/h:ssa, niin vauhtisokeuden johdosta autoilijasta voi tuntua siltä, että hän matelee hitaasti ja turvallisesti tietyökohteen ohi. Kuitenkin noin 60 km/h:ssa olevat nopeudet tuntuvat tietyökohteessa työskenteleviltä vaaralliselta. Nopeuden aiheuttama ongelma korostuu, mitä suuremmasta ajoneuvosta on kysymys ja mitä lähempää tämä ajoneuvo ohittaa työntekijän [Sauni et al. 1995].

Liikenteen ohjauksessa on esiintynyt seuraavia turvallisuuteen vaikuttavia ongelmia [Tyllgren 1987]:

- Tielläliikkujien huomiokyky ei riitä havaitsemaan kaikkia työmaalla olevia opasteita ja merkkejä, niitä on liikaa.
- Työmaaopasteissa on liian yksityiskohtaisia ohjeita.

- Tielläliikkujat ärsyyntyvät tiesuluista ja kiertotieopasteista.
- Ajoneuvot ohittavat työmaa-alueen liian suurella nopeudella.
- Ajoneuvot ohittavat liian läheltä työkohteen.
- Työkoneiden ja työkalujen näkyvyys on huono.
- Helposti irrotettavat varoitusmerkit häviävät.
- Työntekijöiden haluttomuus pitää näkyviä suojavaatteita varsinkin lämpimänä vuodenaikana.

Yhdysvalloissa tietyömaiden nopeusrajoitusten noudattaminen on yleinen ongelma. Nopeuden alentamiseen on käytetty opastusmerkkejä, kaistan kaventamista, puomeja, portteja sekä poliisivalvontaa. Nopeuksien rajoittamiseksi autosta tapahtuva poliisivalvonta todettiin tehokkaimmaksi keinoksi [Umbs 1989].

Liikenteen ohjaukseen liittyviä ongelmia voidaan pienentää vähentämällä opastustaulujen tietosisältöä. Esimerkiksi tienpäällystystyöstä voidaan ilmoittaa pelkällä liikennemerkillä [Tyllgren 1987].

Ajoneuvojen nopeuksien alentamiseen eivät riitä pelkästään tietyön johdosta asetetut nopeusrajoitusmerkit. Tietyömaan fyysinen ympäristö ja liikennejärjestelyt on suunniteltava niin, että nämä tukevat osaltaan ajonopeuden alentamista. Tällöin voidaan käyttää kavennuksia, sikaaneja ja töyssyjä. Myös suoran palautteen antaminen tienkäyttäjille voi alentaa ajonopeuksia [Lönegren et al. 1993].

4.1.3 Tietyöntekijöiden tapaturmavaarat ja ongelmat

Tiellä työskennellään olosuhteissa, joihin liittyy erityisiä vaaroja työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Tietyö on noin kolme - viisi kertaa vaarallisempaa kuin teollisuustyö. Yhdysvalloissa on todettu tietyömaiden työntekijöille sattuvan 1,7 kertaa enemmän sekä katu- ja kunnossapitotyöntekijöille viisi kertaa enemmän tapaturmia kuin teollisuustyöntekijöille keskimäärin. Liikenne aiheuttaa työssä jatkuvasti vaaratilanteita ja ajoneuvojen aiheuttamat onnettomuudet ovat seurauksiltaan usein vakavia [Hyödynmaa 1989, Bororavkin 1980].

Eri tutkimusten mukaan liikenne aiheuttaa pelkoa, stressiä ja epäviihtyvyyttä tietyöntekijöille. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan 75 prosenttia tietyöntekijöistä kokee päivittäin pelkoa työssään. Viihtymättömyys on joissakin tapauksissa niin suurta, että työntekijöille syntyy voimakas vastenmielisyys mennä töihin [Projekt arbete på väg 1989]. Myös Suomessa on ollut vaikeuksia saada palkattua henkilöitä joihinkin vaarallisina pidettyihin tietoihin [Sauni et al. 1995].

Liikenne aiheuttaa tapaturmavaarojen ohella melua, pakokaasuhaittoja, stressiä ja muita terveydellisiä haittoja. Töiden kasvaneet tehokkuusvaatimukset samanaikaisesti liikennemäärien kasvun ohella ovat osaltaan lisänneet työntekijöiden kiirettä ja stressiä [Sauni et al. 1995].

Työterveyslaitoksessa tutkittiin teiden kunnossapitoon liittyviä tapaturmavaaroja ja tapaturmantorjunnan edistämistä tie- ja vesirakennuslaitoksessa. Haastattelututkimuksen

mukaan liikenteen ja kulkuteiden todettiin aiheuttavan suuren osan tapaturmavaaroista [Niskanen 1987].

Liikenteen aiheuttamat vaaratilanteet korostuvat Vägverketin (Ruotsin tielaitos) tutkimuksen mukaan [Projekt Arbete på väg 1989]:

- tiemerkintöjen asentamisessa ja poistossa,
- suojalaitteiden asentamisessa ja poistossa,
- työskentelyssä jalankulkukorokkeilla,
- auruksessa ja suolauksessa lumisateessa,
- työolosuhteissa toisen ajokaistan ollessa suljettuna,
- päällystystöissä,
- työskentelyssä moottoriteillä.

Ajoneuvojen kuljettajat eivät ota tietyöntekijöiden turvallisuutta riittävästi huomioon. Tielläliikkujat suhtautuvat myös kielteisesti tietöihin ja niitä tekeviin työntekijöihin. Usein myös työntekijät lyövät itse laimin oman turvallisuutensa. Työkohdetta ei ole merkitty ja suojattu riittävän tehokkaasti. Työntekijät eivät käytä henkilökohtaisia suojaimia tai suojavaatetusta, myös käytettävät työmenetelmät voivat olla tarpeettoman riskialttiita [Sauni 1995].

4.1.4 Työkoneiden merkitys onnettomuuksissa

Ruotsissa tutkittiin poliisin raportoimia tietyömaiden kohdalla sattuneita liikenneonnettomuuksia vuosilta 1975 - 78. Tietyömaa vaikutti 112 tapauksessa onnettomuuden syntymiseen. Työmaan ajoneuvo oli osallisena 17 %:ssa liikenneonnettomuuksista. Epäselvyys tien linjauksesta vaikutti 33 %:ssa onnettomuuksista niiden syntymiseen [Hyödynmaa 1989].

Tyypillisiä työkoneiden liikennevahinkoja ovat peruuttamiset toisen ajoneuvon päälle. Toinen yleinen onnettomuustyyppi on jonkun muun ajoneuvon törmäminen työkoneen perään. Koneiden ja laitteiden lähellä työskenneltäessä on vaarana jäädä peruuttavan työkoneen alle tai työkoneen töytäisemäksi [Sauni 1992b].

Työkoneen päälle tai perään ajaneet autoilijat ovat usein poliisikuulusteluissa väittäneet, etteivät he huomanneet työkoneen keltaista varoitusvalaisinta. Isokokoisien kunnossapitoajoneuvon yllättävä ilmaantuminen aiheuttaa hätäantymisen ja paniikkijarrutuksen, jolloin auton hallinta menetetään ja se saattaa suistua kunnossapitoajoneuvon päälle. Myös liikennevahinkojen tutkijalautakunnat ovat kiinnittäneet huomiota työkoneiden havaittavuuteen. Tutkijalautakuntien raporttien mukaan työkoneiden havaittavuutta olisi parannettava [Sauni 1992b].

Tielaitoksessa tutkittiin vuonna 1991 laitoksen työkoneille sattuneita liikenneonnettomuuksia. Osittain tai kokonaan ajoradalle pysäköidyn kunnossapitoajoneuvon perään ajojen taustasyitä olivat puutteellinen tietyön merkintä, varoitusvalaisimen päältä pois kytkeminen tai ylileveän ajoneuvon huono merkitseminen. Risteysalueella tapahtuneet onnettomuudet olivat yleensä työkoneen perään ajamisia. Näissä onnettomuuksissa tuli esille, että muun ajoneuvon kuljettaja on havainnut kunnossapitoajoneuvon liian myöhään [Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus 1991].

Työkoneiden havaittavuudessa sivulle ja taaksepäin on todettu olevan kehittämistarpeita. Etenkään työkoneiden sivuhavaittavuuteen ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Vaikka varoitusvalaisimet kertovat tielläliikkujille, että edessä on jokin este tai työkone, eivät varoitusvalaisimet kerro työkoneen muotoja ja mittoja. Työkone saattaa olla poikittain tiellä, jolloin sen sivuuttaminen on vaikeaa. Pimeässä työskentelevää työkoneita voi olla vaikea hahmottaa. Työkoneiden havaitsemista ja hahmottamista pimeässä heikentävät tieympäristössä olevat muut mahdolliset valot, esimerkiksi vilkkuvat mainosvalaisimet. Työkoneiden havaittavuutta heikentävät myös varoituslaitteiden kuraantuminen ja kuluminen [Sauni 1992a].

Työkoneissa ja lisälaitteissa käytetään varoitusvalaisimia vähän. Niitä ei ole juurikaan käytössä parantamassa koneiden ja laitteiden sivuhavaittavuutta. Varoitusvalaisimien kestävyys on usein huono. Heijastimet ovat pieniä, vaikka ne täyttävät vähimmäisvaatimukset. Heijastimien sijoittelussa on puutteita ja heijastimet kuraantuvat tai rikkoontuvat helposti. Lisälaitteet peittävät myös työkoneiden heijastimia [Sauni 1992a].

Työkoneissa on väritys usein kulunut tai likainen. Työkoneiden turvamaalaukset ja -raidoitukset ovat huonolaatuisia ja kuluneita. Ne on suunniteltu huonosti ja laitettu paikkoihin, joissa ne kuluvat tai likaantuvat nopeasti. Turvamaalauksen ja -raidoitusten kontrastiero taustaansa nähden on usein huono. Turvamaalaukset ja raidoitukset eivät myöskään näy pimeässä, jos niitä ei ole tehty heijastavasta materiaalista [Sauni 1992a].

Havaittavuutta voivat heikentää sääolosuhteet, kuten sade, sekä vuorokauden aika. Varsinkin hämärä tai pimeys voivat heikentää työkoneen havaitsemista. Myös kirkas auringonvalo voi vähentää työkoneen havaitsemista, jos autoilija ajaa matalalla paistavaa aurinkoa vastaan. Tien varusteet ja geometria tai tieympäristössä olevat rakenteet, rakennukset tai kasvillisuus sekä muu liikenne voivat osaltaan vaikeuttaa työkoneen havaitsemista.

4.1.5 Päälystystöiden ongelmia ja vaaroja

Tyllgren ja Samuelson ovat tutkimuksissaan Ruotsissa selvittäneet päälystystöihin liittyviä turvallisuusongelmia ja työympäristökysymyksiä. Keskeisimpiä tienrakennuksen ja päälystystöiden ongelmia olivat [Samuelson 1986]

- melu,
- liikenne,
- pöly,
- stressi.

Päälystystöissä pölyä ei pidetä niin keskeisenä ongelmana kuin muussa maanrakentamisessa. Samuelson esitti Bygghälsanin järjestämän jatkokoulutuskurssin tulosten mukaan päälystystöiden keskeisimmiksi ongelmiksi [Samuelson 1986]:

- riskin tulla ajoneuvon yliajamaksi,
- melun,

- kuuman päällystysmassan käsittelyn,
- kehon eri osien fyysisen kuormituksen.

Tyllgren ja Samuelson pitivät merkittävimpinä turvallisuuteen liittyvinä ongelmina työskentelyä muun liikenteen joukossa sekä liikenteestä aiheutuvia seurausvaikutuksia (melu, pakokaasut, pöly). Ongelmien poistamiseksi Samuelson esitti panostusta liikenteen ja työkohteiden eristämiseen. Tyllgrenin mukaan tutkimuksissa yllätti voimakas painostus pyrkiä eristämään muu liikenne työmaa-alueista ja työpisteistä [Samuelson 1986, Tyllgren 1987].

Yöllä tehtävissä tienpäällystystöissä pimeys asettaa lisää vaatimuksia liikenteen ohjaukselle. Ajonopeudet ovat korkeampia kuin valoisaan aikaan. Liikenteen ohjaamiseen ja varoittamiseen liittyvien varoitustaulujen ja muiden liikenteenohjauslaitteiden on oltava riittävän aikaisin ennen työmaa-aluetta [Tyllgren 1987].

Teknillisen korkeakoulun tielaboratoriossa selvitettiin päällystystöissä kuolemaan johtaneiden tapaturmien syytä vuosilta 1988 - 95. Tapaturmiin johtaneita tekijöitä olivat mm. työkohdetta ohittaneiden kuorma-autojen suuri nopeus sekä ajaminen läheltä työkoneita [Mustonen 1996].

4.1.6 Liikenteenohjauslaitteiden laatuvaatimuksia

Liikenteenohjauslaitteet kuuluvat Euroopan Unionin rakennustuotedirektiivin (89/106/EEC) tien laitteiden alaryhmään. Edellä mainittu direktiivi sisältää seuraavat kuusi oleellista vaatimusta myös liikenteenohjauslaitteille:

- mekaaninen lujuus ja stabiliteetti,
- paloturvallisuus,
- hygienia, terveellisyys ja ympäristö,
- käyttöturvallisuus,
- energiansäästö ja lämmöneristys,
- meluntorjunta.

Tietyömaiden liikenteenohjauslaitteiden pitää olla helposti käsiteltäviä ja huollettavia ja turvallisia törmäystilanteessa sekä työmaalla oleville työntekijöille että muille tielläliikkuville. Liikenteenohjauslaitteiden pitää olla sellaisia, että ne on helppo asentaa toimintakuntoon ja niiden säädöt ovat loogisia ja yksinkertaisia. Liikenteenohjauslaitteiden tulee olla hyvin havaittavia kaikissa olosuhteissa, myös hämärässä, pimeässä tai vesisateessa. Lisäksi liikenteenohjauslaitteiden pitää kestää Suomen olosuhteita, kuten kovaa pakkasta, teiden liukkaudentorjuntaan käytettävää suolaa ja teiden kunnossapidossa syntyviä rasituksia, kuten auran heittämää lumisuihkua tai laitteiden jatkuvaa puhdistamista.

4.1.7 Siirrettävät varoituslaitteet tietyömailla ja kunnossapitoajoneuvoissa

Hämeen tiepiirissä tehdyssä työkoneiden havaittavuustutkimuksessa vuosina 1991 - 92 kokeiltiin valokuitutekniikkaan perustuvaa valotaulua aura-autossa. Valotaulu oli kokeilussa Pirkkalan tiemestaripiirin aura-autossa, jolla hoidettiin mm. vilkkaan valtatie kolmen auruksen. Valotaulu sijoitettiin kuorma-auton perälaudan yläpuolelle ja siinä luki teksti "Älä ohita". Aura-auton kuljettaja kytki ohjaamosta valotaulun tekstin päälle silloin, kun hän halusi

viestittää takana ajajia, että aura-auton ohittaminen oli vaarallista. Valotaulun yhteyteen oli liitetty myös kaksi suunnattua päivävaroitusvalaisinta (kuva 4) [Sauni 1992b].

Valotaulu osoitti tehokkuutensa käyttökokeilussa. Aura-auton kuljettaja oli tyytyväinen valotaulun vaikutukseen. Kuljettajan mukaan valotaulun käyttö rauhoitti oleellisesti takana tulevaa liikennettä ja taulun antamaa ohjetta noudatettiin hyvin. Kuljettajan mukaan oli vain kaksi tapausta, jossa aura-autoa lähdettiin ohittamaan silloin, kun "Älä ohita" -teksti oli päällä. Valotaulun tekstin sammumista ei myöskään tulkittu kehotuksena lähteä ohittamaan aura-auto [Sauni 1992b].

Valotaulujen laajemmalle käyttöönnotolle työkoneisiin on ollut esteenä taulujen kallis hinta, asenteet, asiaa koskevien ohjeiden puuttuminen sekä se, että auraukseen käytettävillä autoilla tehdään muutakin työtä, jolloin valotaulu täytyy laittaa paikoilleen aina auraukseen lähettäessä.



Kuva 4. Aura-auton perälaudan yläpuolelle kytkettiin valotaulu, jossa oli teksti "Älä ohita". Valotaulu oli rakennettu valokuitutekniikan avulla ja siihen oli liitetty mukaan kaksi suunnattua varoitusvalaisinta, jotka välähtävät yhtäaikaan.

Yritys Safe Traffic Ruotsissa on erikoistunut aktiivisiin liikennemerkkeihin sekä liikenteen analysointiin, ohjaukseen ja valvontaan tarkoitettuihin laitteisiin. Yritys on erikoistunut myös valokuitutekniikkaan, ja tätä tekniikkaa on käytetty liikennemerkeissä ja tiedotustauluissa. Safe Traffic valmistaa tiedotustauluja, jotka voidaan yhdistää tietyökohteessa tutkaan. Ylinopeutta ajava auto syyttää varoitustekstin ja samalla varoittaa ylinopeudella lähestyvistä

ajoneuvosta työkohteessa työskenteleviä (liite C). Yrityksen edustajien mukaan tämän varoituslaitteen käytöstä on saatu hyviä kokemuksia. Taulun käytön myötä on tietyökohteissa saatu ylinopeuksia vähenemään [Sauni 1992b].

Yhdysvalloissa kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet ovat lisääntyneet voimakkaasti 1990-luvulla. Tilapäisillä tietyömailla on lisäystä ollut vuodesta 1992 vuoteen 1994 28 %. Vuonna 1994 tietyömailla kuoli 833 työntekijää, mikä oli kaikkien aikojen suurin lukumäärä. Tietöissä on kuolemaan johtaneen onnettomuuden riski seitsemänkertainen verrattuna muihin työntekijöihin ja vastaavasti loukkaantumisriski on 66 % suurempi [Leaders in safety 1996].

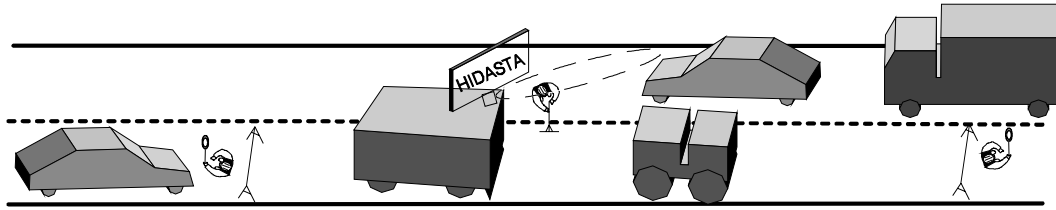
Yhdysvalloissa on tietyömaiden työturvallisuutta pyritty parantamaan mm. siirrettävillä tärinäraidoilla ennen työkohdetta, tehokkaammilla varoitusvalaisimilla, vaihtuvänäyttöisillä liikennemerkkeillä ja varoitustauluilla sekä törmäysvaimentimilla. Lisäksi on kehitetty varoituslaitteita, jotka varoittavat tietyöntekijöitä ajoneuvoista, jotka ovat ajautuneet tietyömaan suoja-alueelle ja aiheuttamassa vaaratilannetta työntekijöille. Näiden varoituslaitteiden sovellutuskohteina ovat olleet taajama-alueet, joissa autoja saattaa tulla työkohteeseen pihoista, pysäköintialueilta tai vähäliikenteisistä liittymistä. Näissä varoituslaitteissa oleva tutka, lasersäde tai muu anturi seuraa työkohdetta lähestyvää liikennettä ja liian lähellä työkohdetta lähestyvä ajoneuvo aikaansaa hälytyksen työkohteessa. Hälytys annetaan yleensä kovaäänisellä sireenillä. Hälytystä tehostetaan usein myös varoitusvalaisimilla [Better safe than. 1995] [Leaders in safety 1996].

4.2 TIETYÖMAIDEN TURVALAITTEEN TOIMINTA

Tässä tutkimuksessa kehitettiin turvalaite varoittamaan autoilijoita ylinopeudesta. Laite koostuu nopeustutkasta, valotaulusta, ohjausyksiköstä ja tarvittaessa merkkivaloista ja summerista. Ajettaessa ylinopeutta valotaulun teksti ”HIDASTA” syttyy auton ollessa n. 100 m:n päässä valotaulusta. Jos ylinopeus on merkittävä, valotaulun valo sykkii ja tarvittaessa työntekijöitä varoitetaan summerilla ja varoitusvaloilla. Laitteeseen voidaan esivalita nopeusrajoitukset (alempi ja ylempi raja). Alemmasta nopeudesta (testeissä 40 km/h) valotaulu syttyy ja ylemmästä (testeissä 55 km/h) valotaulu vilkkuu.

Koejärjestelyt tehtiin Lemminkäinen Oy:n päällystystyömaalla. Kuva 5 esittää, mitä toimintoja työmaalla on jatkuvasti. Tietä päällystetään yhdellä ajokaistalla ja toisella ajokaistalla kulkee liikenne. Tietyömaa on rajattu kummastakin päästä siirrettävillä varoituslaitteilla (mm. aidoilla). Liikenteen ohjaajat ohjaavat liikennettä ja päästävät vuorotellen liikenteen kulun yhteen suuntaan tietyömaan ohi. Levittäjän suuntaan varoitusaitaa pyritään pitämään hieman yli 100 m:n etäisyydellä levittäjästä (kuvassa vasemmanpuoleinen varoitusaita). Tiejyrien puoleinen aita pidetään paikallaan, kunnes tie on jäähtynyt riittävästi (kuvassa oikealla puolella oleva aita).

Levittäjän kohdalla työntekijöillä on monia lyhytaikaisia tehtäviä. Kolamiestä, joka työskentelisi koko ajan ajokaistalla, ei käytetä tässä tapauksessa, koska päällysteen sauma tasataan levittäjässä olevalla pyörivällä harjalla.



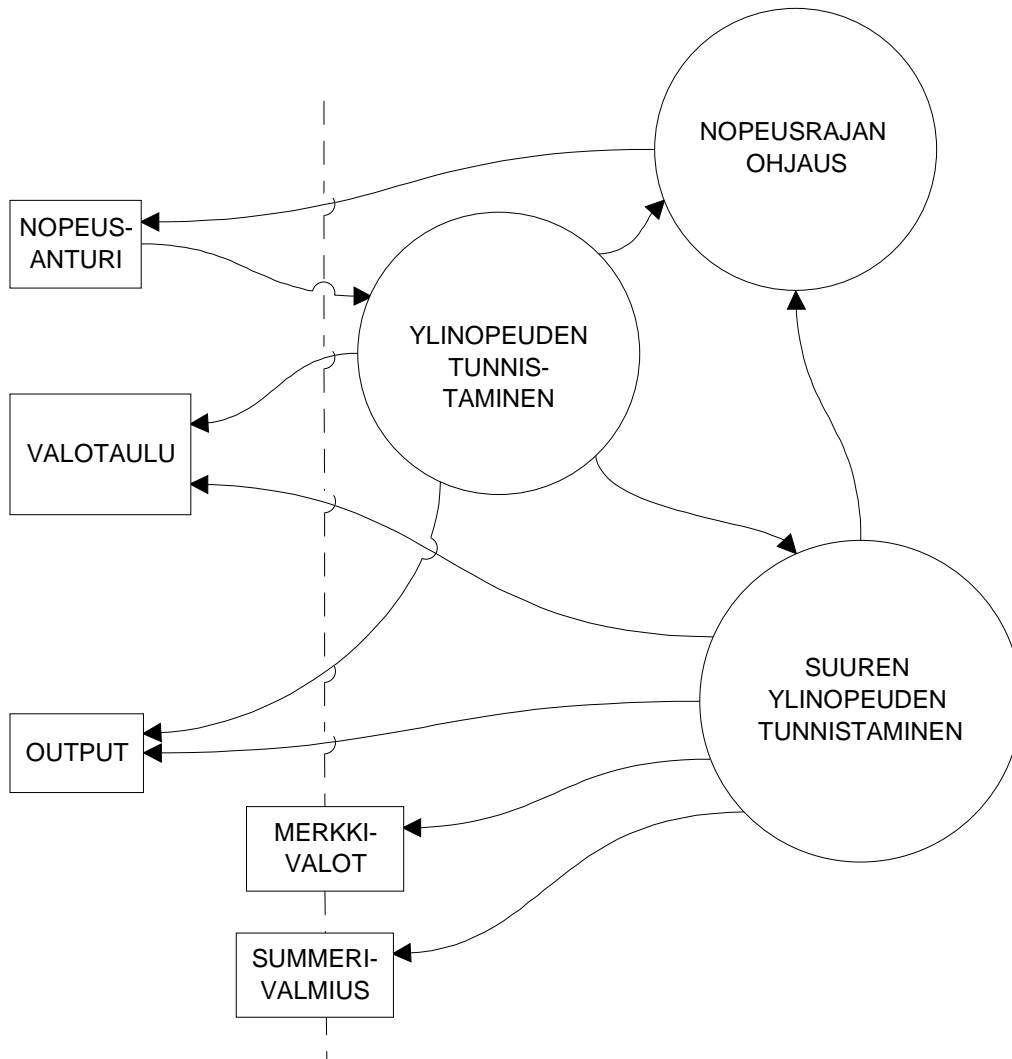
Kuva 5. Periaatekuva päällystystyömaasta, jossa siirrettävää varoituslaitetta kokeiltiin.

Kuva 6 esittää levittäjän ympäristöä ja sitä, kuinka valotaulu on sijoitettu levittäjään. Valotaulu on sijoitettu ajokaistan puolelle levittäjään. Valotaulun yläpuolella on ajonopeuksia mittaava tutka.



Kuva 6. Valotaulu tietyömaan varoituslaitteena.

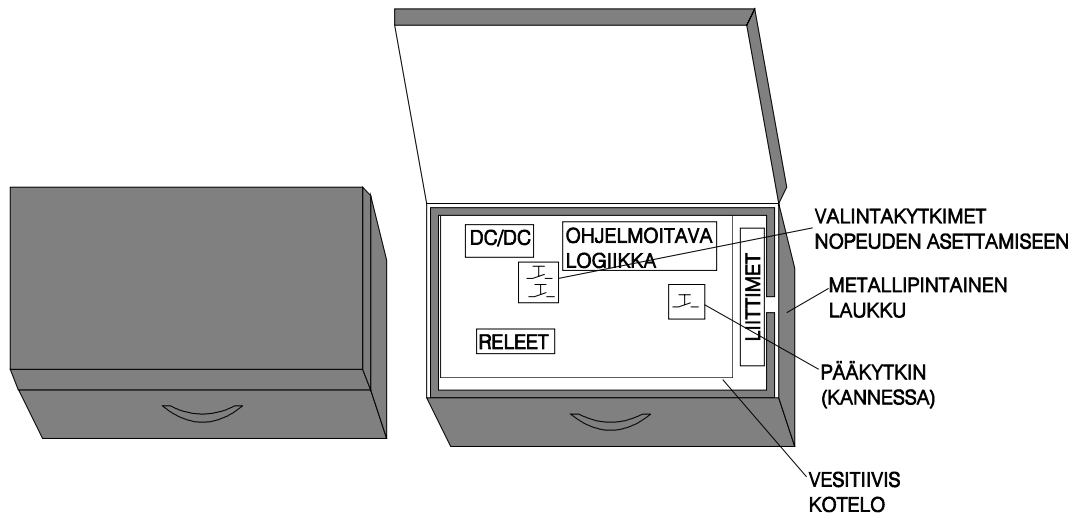
Kuva 7 esittää varoituslaitteen tärkeimpiä toimintoja. Tutka pystyy käsittelemään ainoastaan yhtä nopeusrajaa kerrallaan. Laitteessa on käytetty kuitenkin kahta nopeusrajaa, jotka säädetään tutkassa olevilla potentiometreillä. Asetuksen aikana tutkassa on nopeusnäyttö, joka näyttää valitun nopeuden. Tutkaan ja koteloon on rakennettu elektroniikkaa, jotta tutkaa pystytään käyttämään kahden nopeusrajan valvonnassa. Tavallisesti käytetään vain alemmaa rajaa. Kun havaitaan nopeusrajoituksen ylittävä auto, vaihdetaan korkeampaan nopeusrajaan. Alempaan nopeusrajaan palataan sitten, kun kolmen sekunnin aikana ei havaita yhtään korkeamman nopeusrajan ylitystä. Tutka havaitsee yksittäisen henkilöauton n. 100 m:n etäisyydeltä. Isot autot ja autojonot havaitaan kauempaa. Autojen havaitsemiseen vaikuttaa tutkan suuntaus, joka voi vaihdella, koska levittäjä liikkuu.



Kuva 7. Tietyömaan varoituslaitteen tärkeimmät toiminnot.

4.3 TIETYÖMAIDEN TURVALAITTEEN RAKENNE

Turvalaite on rakennettu laukkuun, josta lähtevät tarvittavat kaapelit ulkopuolelle. Laukku ei ole vesitiivis, mutta laukun sisälle pääsee vettä ainoastaan tihkumalla. Siten liittimet ovat suojassa kuljetuksen ajan ja silloin, kun liittimet eivät ole käytössä. Kotelo, liittimet ja kotelossa olevat kytkimet ovat vesitiiviitä. Laitteeseen on kytketty nopeustutka, valotaulu ja käyttöjännitesyöttö (12 V). Lisäksi siihen voidaan tarvittaessa kytkeä sumneri ja merkkivalo. Kuva 8 esittää laukun sisältöä.



Kuva 8. Tietyömaan varoituslaitteen rakenne. Ohjausyksikkö on rakennettu lukittavaan salkkuun, jonka sisällä on vesitiivis muovikotelo.

Valotaulu on toteutettu voimakkailla punaisilla LEDeillä (LED= light emitting diode eli hohtodiodi). LED-tekniikka on valittu siksi, että se kestää ympäristörasitusta, LEDien käyttöikä on pitkä ja nykyisillä LEDeillä saadaan sovellukseen riittävä valoteho. Valotaulun tekstin korkeus on 200 mm, ja tekstin viivoissa on käytetty kolmea LEDiä vierekkäin (kaikkiaan yli 600 LEDiä). Valotaulun tehotarve on (jännitteestä riippuen) n. 60 W eli se vastaa auton ajovaloa. LEDien valovoima on viime vuosina kasvanut voimakkaasti, mutta toisaalta uudet voimakkaat mallit ovat aluksi kalliita. Siksi kannattaa optimoida tarkkaan LEDien lukumäärää ja toisaalta valovoima. Vuonna 1995 voimakkaimpien kaupallisten LEDien valovoima oli noin 5000 mcd, kun taas vuoden 1996 alkupuolella sai 12000 mcd:n valovoimaisia LEDejä [Dalma Electronics Oy:n esite, Joronen 1995].

Hankkeessa kokeiltiin myös LEDien valon johtamista valotauluun optisia muovikuituja pitkin, mutta valoteho jäi tällä menetelmällä liian pieneksi. Riittävä valoteho olisi edellyttänyt voimakkaiden lamppujen käyttöä LEDien sijaan.

Ohjausyksikkö on laukussa olevan kotelon sisällä. Ohjausyksikkö koostuu jännitemuunnimesta, ohjelmoitavasta logiikasta, kytkimistä ja releistä. Jännitemuunnin muuntaa autosta saatavan jännitteen (12 V) ohjausyksikön käyttämäksi jännitteeksi (24 V). Jännitteen muunnos on ollut tarpeen, jotta saadaan ohjelmoitavalle logiikalle sopiva jännite ja toisaalta, jotta tutkan tarvitsema jännite saadaan vakautettua. Ohjelmoitavan logiikan tehtävänä on päätellä edellisten havaintojen perusteella, mitä nopeusrajaa käytetään. Kytkimillä valitaan mittaus- ja asetustila ja asetustilassa ylä- ja alarajan säätö.

Laitteessa on varauduttu varashälyttimeen, joka hälyttää, jos laukkuja liikutetaan. Hälytin on suunniteltu siten, että laukkuja liikutettaessa luvottomasti ensimmäisellä kerralla saadaan lyhyt hälytys ja seuraavilla kerroilla saadaan pitkä hälytys. Varashälytintä ei kuitenkaan asennettu, koska sen järkevä käyttö olisi edellyttänyt laukkuun akkua ja summeria. Nämä olisivat hankaloittaneet käyttöä.

Alun perin oli tarkoitus varoittaa työntekijöitä äänimerkillä suurta ylinopeutta ajavista autoista, mutta tätä ei toteutettu, koska hälytys tulisi liian usein. Äänihälytys on kuitenkin helposti lisättävissä laitteeseen.

4.4 KÄYTTÖKOKEMUKSET

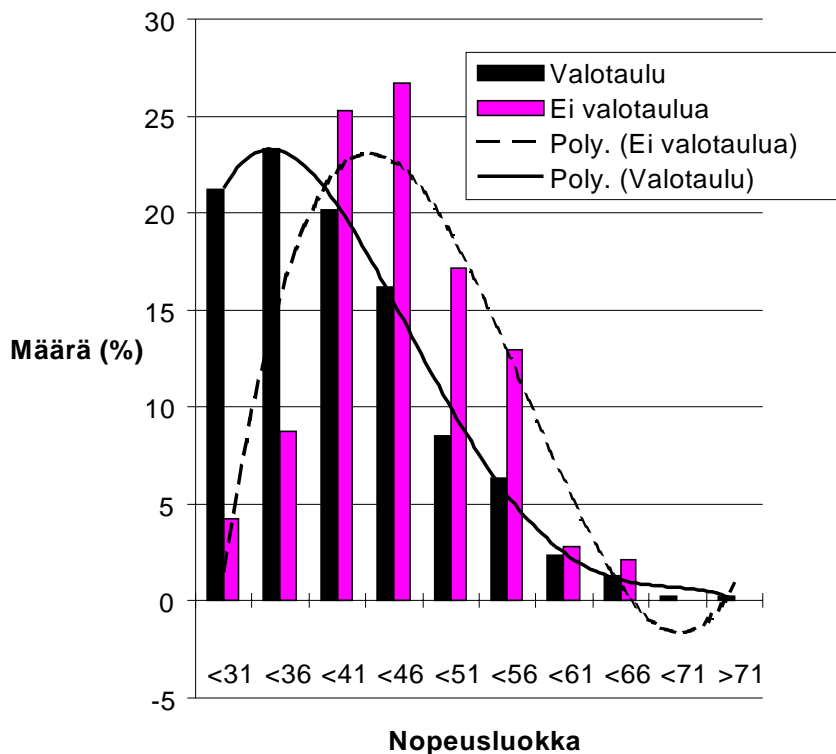
Mittauksia tehtiin Valtatie kolmella kolmessa eri kohteessa jaksoittain siten, että valotaulu oli toiminnassa 10 - 30 min, ja sitten mitattiin nopeuksia vastaavasti ilman valotaulua. Olosuhteet mittausten välillä pysyivät samankaltaisina. Kaikissa paikoissa mittaukset tehtiin pitkillä suorilla, joissa autoilla oli liikenteenohjaajan jälkeen reilusti aikaa kiihdyttää nopeutta ennen tutkaa. Nopeus mitattiin taaksepäin levittäjän kohdalla siten, että autoilijat eivät nähneet mittaavaa tutkaa (ainoastaan valotaulun tutkan). Alueella oli tietyömaan kohdalla 50 km/h nopeusrajoitus ja levittäjän kohdalla 30 km/h nopeusrajoitus. Tietyömaan ulkopuolella nopeusrajoitus oli 80 km/h. Tapauksissa 2 ja 3 nopeusrajoitustaulu (30 km/h) oli käännetty siten, etteivät autoilijat nähneet sitä. Tapauksissa 1 ja 2 valotaulu vilkkui aina, kun nopeusraja 40 km/h ylittyi. Tapauksessa 3 taulu syttyi nopeuden ollessa yli 40 km/h ja se vilkkui nopeuden ollessa yli 55 km/h. Valotaulun kanssa mitattiin 377 autoa ja ilman valotaulua 285 autoa. Kaikkiaan tilastoissa otettiin huomioon 662 auton nopeus. Tilastoista poistettiin jonoissa liikkuvat autot, koska niissä autoilijat eivät pystyneet itse valitsemaan nopeuttaan. Jonot saattoivat joissain tilanteissa pysähtyä.

Tilastollisesti pystyttiin osoittamaan, että verrattaessa tilannetta, jossa taulu oli käytössä, ja tilannetta, jossa ei ollut taulua, keskinopeuksien ero oli käytetyillä otosmäärillä merkittävä (t-testin arvo 10^{-14}). Tämän perusteella voidaan sanoa, että otos oli keskinopeuksien vertailuun kyseisissä olosuhteissa riittävä. Toisaalta otokset olivat riittäviä myös sen osoittamiseen, että ympäristöolosuhteet vaikuttavat autojen keskinopeuteen ja välillisesti valotaulun havaittavuuteen. Kahdella mittauskerralla oli aurinkoinen sää ja kerran oli sumuinen sää. Sumuisella säällä valotaulun vaikutus oli suurempi kuin aurinkoisella säällä. Kaikkien mittausten keskiarvona saatiin tulokseksi, että käytettäessä valotaulua autojen ajonopeudet ovat yli 5 km/h pienempiä kuin ilman sitä. Tuloksiin vaikuttavat olosuhteet, säästä riippuen taulun vaikutus keskinopeuteen mittauksissa oli 3 - 12 km/h. Pilvisellä tai sumuisella ilmalla valotaulu erottuu kirkkaana kauas. Pimeällä ilmalla valotaulu jopa häikäisee. Päälylystystöitä ei yleensä tehdä pimeällä, mutta tarvittaessa valotauluun voidaan asentaa säätö, joka vähentää valotehoa pimeällä. Jos auringon valo pääsee heijastumaan valotaulun pinnasta autoilijoita kohti, nähdään valotaulu vasta aivan läheltä. Kirkas auringonvalo haittaa myös valotaulun tekstin näkymistä. Taulukossa 1 esitetään yhteenveto kaikista mittauksista. Mittaustuloksia on käsitelty tarkemmin liitteessä B.

Taulukko 1. Yhteenveto mitatuista autoista.

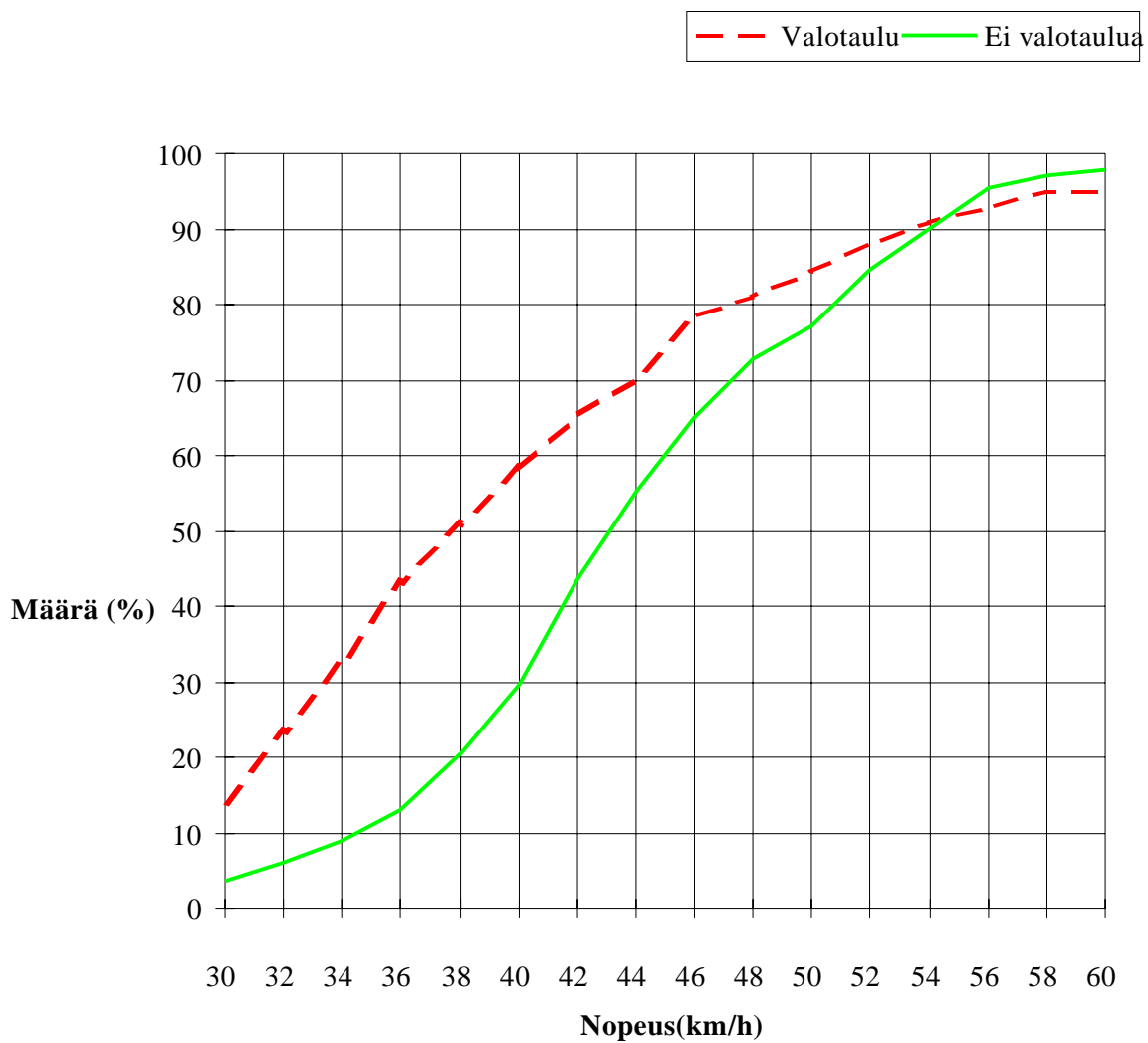
Kaikki mittaukset	Nopeuden keskiarvo	Autoja yhteensä
Valotaulu käytössä	38,37	377
Ei valotaulua käytössä	43,34	285

Kuva 9 esittää kaikissa mittauksissa nopeuksien jakaumaa silloin, kun valotaulua on käytetty, ja silloin, kun valotaulua ei ole käytetty. Kuvan pylväisiin on sovitettu niihin parhaiten sopivat polynomit. Tilastoa ei voi käyttää jonkun yksittäisen tilanteen nopeuksien jakauman ennustamiseen kovin hyvin, sillä ympäristöolosuhteet vaikuttavat jakaumaan merkittävästi. Auringonvalon ja yleisesti valotaulun havaittavuuden lisäksi autojen nopeuksiin vaikuttavat vapaan suoran pituus, ajokaistan leveys, risteuksen läheisyys, tien kunto ja tien normaali nopeusrajoitus. Valotaulusta ei ole hyötyä, jos kaikki autot ajavat alueella nopeuksilla, jotka alittavat nopeusrajoitukset. Tämä tilanne esiintyy lähellä kapeaa kohtaa, risteystä tai liikenteen ohjaajaa.



Kuva 9. Autojen nopeusluokkien jakaumat prosentteina valotaulun kanssa ja ilman. Suurilla nopeuksilla käyrät eivät ole tarkkoja, koska otokset ovat pieniä.

Kuva 10 esittää kumulatiivisia nopeuskäyriä. Kumulatiivisista nopeuskäyristä nähdään kuinka moni autoilija ajaa ylinopeutta. Kun taulu ei ole käytössä, 5 % autoilijoista ajaa alle 30 km/h, 30 % alle 40 km/h ja 77 % alle 50 km/h. Tulokset kuvaavat kuitenkin autoilijoiden keskimääräistä käyttäytymistä mittaustilanteissa. Mittauksia on tehty ainoastaan pitkillä suorilla, joissa ajonopeudet ovat suuria. Käyrät risteävät n. 55 km/h nopeuden kohdalla. Tästä ei voida vetää sitä johtopäätöstä, että valotaululla ei olisi vaikutusta erityisen suurilla ylinopeuksilla ajaviin autoilijoihin. Erityisen suurta ylinopeutta ajoi vain harva autoilija ja tilastot eivät ole näiltä osin tarkkoja. Lisäksi valotaulun kanssa mitattiin autoja enemmän kuin ilman valotaulua, joten valotaulun kanssa saatiin lukumäärältään suurempi automäärä lähes kaikkiin nopeusluokkiin.



Kuva10. Kumulatiiviset nopeuskäyrät.

Siirrettävä varoituslaite oli koekäytössä myös kiinteällä siltatyömaalla Länsiväylällä Lauttasaassa marraskuun ja joulukuun ajan. Ajo- radalla oli paljon liikennettä ja tämän vuoksi valotaulu vilkkui lähes koko ajan. Käyttäjien mielestä laite hälytti ylinopeudesta liian herkästi. Kohteessa ei mitattu autojen ajonopeuksia, joten varoituslaitteen vaikutusta autojen nopeuteen on vaikea arvioida. Ympäristöolosuhteet eivät haitanneet olennaisesti laitteen toimintaa ja esim. likaantumisen ei valitettu. Valotaulu oli tien reunassa, ja käyttäjien mielestä valotaulun teksti oli liian pientä (kirjaimien korkeus 200 mm).

5 SIIRRETTÄVÄ VAROITUS- JA TURVALAITE RAKENNUSTYÖMAALLA

5.1 TALONRAKENNUSTYÖMAAN VAARAT

5.1.1 Rakennustyömaan ongelmia

Rakennusala poikkeaa ominaisuuksiltaan suuresti muista teollisuuden aloista, ja sen terveydenhuolto- ja työsuojeluongelmat ovat monessa suhteessa erilaisia kuin muilla aloilla.

Rakennusalan erityistekijöitä ovat seuraavat [Häublein ja Bauwesen 1972]:

- yrityksen rakennustyömaiden hajanaisuus, monilukuisuus ja erikoisuus,
- yhdellä työmaalla esiintyvien ammattien monilukuisuus,
- rakennustyömaiden ajallinen rajoittuneisuus ja niiden teknologiset eroavuudet, jotka riippuvat rakennushankkeen suuruudesta ja laadusta sekä maaperästä,
- rakennustyömaalla työskentelevien altistuminen ilmastotekijöille,
- eri yritysten ja ammattien samojen toimintojen eroavuudet,
- ammattitaidottomien ja vähän koulutettujen työntekijöiden suhteellisen suuri lukumäärä,
- työvoiman suhteellisen suuri ja myös vuodenajoista riippuva vaihtuvuus,
- rakennustyön erityinen luonne, kuten sattumanvaraisuus, työn raskaus, työn kuormitustekijät, vaarat terveydelle, monimutkaiset turvallisuustoimenpiteet, ilmaston vaikutukset sekä talvirakentamisen erityiset ongelmat,
- rakennustyömaiden epäedulliset mahdollisuudet sosiaali- ja kulttuuripalvelujen tarjoamiseen, kuten puutteelliset majoitus-, ruokailu- ja peseytymismahdollisuudet.

Rakennustöitä tekevän työntekijän kannalta rakennusalan erityispiirteitä ovat [Ahonen et al. 1977]:

- työntekijän toistuva siirtyminen rakennustyömaalta toiselle ja työnantajan palveluksesta toiseen,
- rakennuksen eri valmistusvaiheiden aiheuttamat muutokset työskentelyolosuhteissa,
- rakennustyön tekeminen osin ulkoilmassa,
- rakennustyömaalla samanaikaisesti tehtävät, toisistaan poikkeavat työtehtävät,
- rakennustöiden alhainen mekanisointiaste ja raskaan ruumiillisen työn osuus,
- urakkapalkkauksen suuri osuus,
- vaaka- ja pystytasossa liikkumisen suuri osuus,

- rakennustyössä käytettävien koneiden liikkuvuus ja kuljetusten runsaus,
- rakennustyön erityispiirteistä johtuvat tapaturmavaarat,
- rakennustekniikan ja työmenetelmien nopea kehittyminen ja rakentamistapahtuman jatkuva nopeutuminen.

Rakennusalalla on viime vuosina tapahtunut kehitystä siihen suuntaan, että rakennustyöt on pyritty urakoimaan entistä laajemmassa määrin aliurakoitsijoilla ja pääurakoitsijoiden omien työntekijöiden osuus on vähentynyt työmailla. Näin työntekijöiden vaihtuvuus on työmailla kasvanut ja yhdellä työmaalla työntekijä viipyy entistä vähemmän aikaa.

On työmaita, joissa pääurakoitsijalla on työmaalla vain yksi henkilö eli ns. työmaan vastaava mestari (eli vastaava työnjohtaja) ja kaikki muut tehtävät on annettu aliurakoitsijoille. Myös työmaan järjestykseen ja siisteyteen sekä suojaukseen liittyvät tehtävät on annettu aliurakoitsijoille tai liitetty osaksi eri urakoitsijoiden tehtäviä.

Korjausrakentaminen poikkeaa monelta osin uudisrakentamisesta. Työskentelyolosuhteet ovat uudisrakentamista vaikeammat, koska

- ahtaus tontilla ja sisätiloissa on vallitsevaa työmaalla (esim. tavaroiden siirrot ja kaluston liikkuminen on hankalaa ahtaissa tiloissa),
- purkujätteet ja niiden poiskuljetus aiheuttavat ongelmia,
- pölyongelma on uudisrakentamista pahempi, varsinkin purkutyöt synnyttävät pölyä,
- meluongelma on suurempi kuin uudisrakentamisessa; melu häiritsee myös muita toimintoja korjattavassa kohteessa,
- purkutyössä törmätään terveydelle vaarallisiin materiaaleihin ja rakenteisiin (esim. asbestia sisältävät materiaalit).

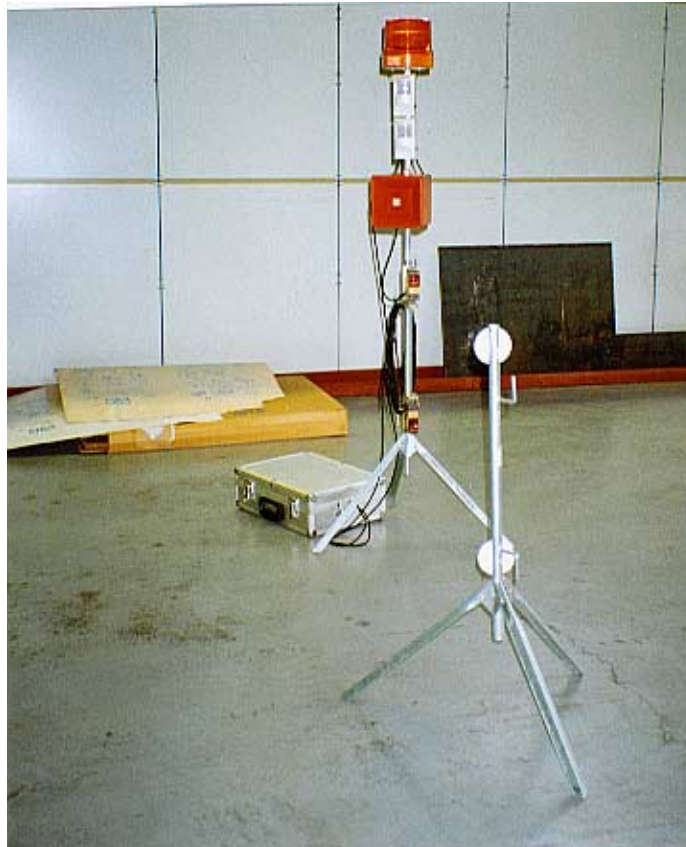
5.1.2 Rakennustyön vaarat ja tapaturmat

Vuosikymmenen vaihteessa rakentamisessa sattui jopa yli 30 000 työtapaturmaa. Tapaturmien määrä on kuitenkin vähentynyt viime vuosina osin myös laman johdosta. Rakentamisessa tilastoitiin vuonna 1993 noin 11 000 työtapaturmaa. Tapaturmatyypeittäin jaoteltuna vuonna 1993 oli rakentamisessa putoamisia 8 % tapaturmista ja 4 % putoavien ja sortuvien esineiden aiheuttamia. Suurimmat aiheuttajaryhmät olivat esineisiin tai esineiden satuttaminen (31 % tapaturmista) sekä kaatuminen, liukastuminen tai kompastuminen (23 % tapaturmista). Suurimmat tapaturman aiheuttajat olivat työympäristö ja rakenteet (35 % tapaturmista) sekä kappaleet ja esineet (27 % tapaturmista) [Työtapaturma- ja ammattitautitilasto 1993].

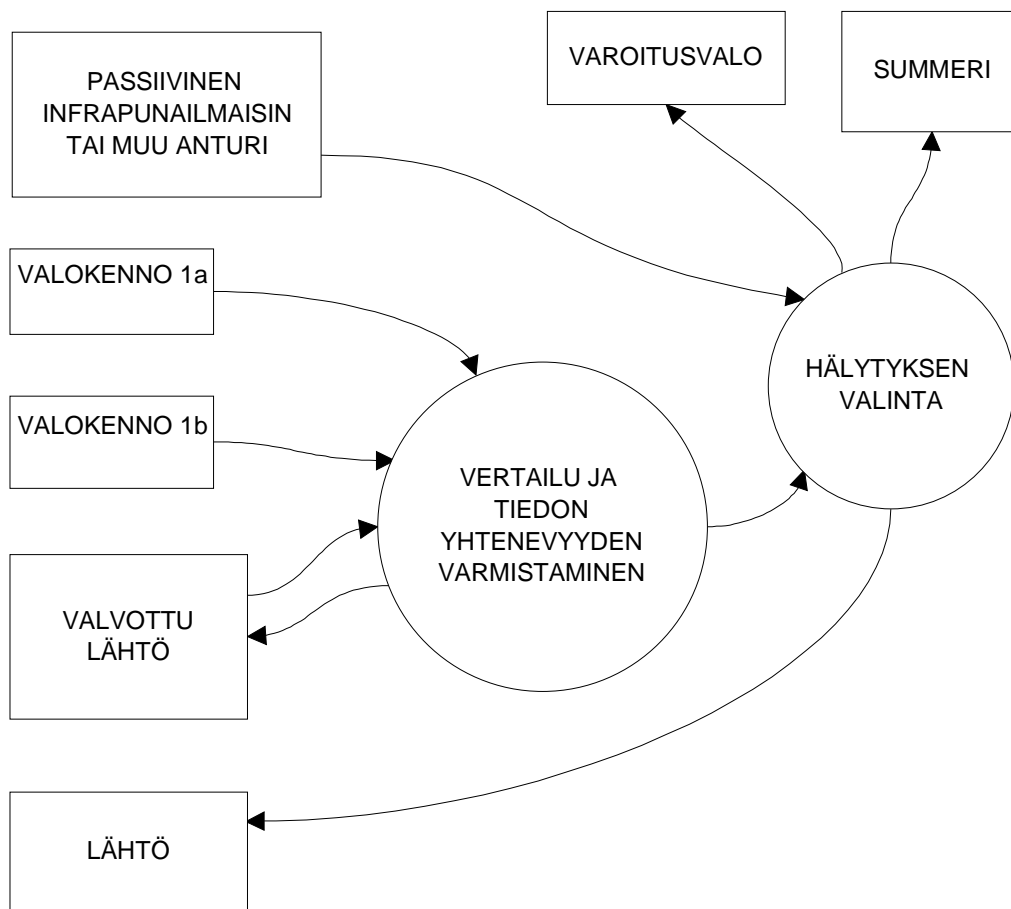
Talonrakennustoiminnan tapaturmista on joka seitsemäs putoamistapaturma. Talonrakennuksessa kuolemaan johtaneista tapaturmista suurin osa on henkilöiden putoamisia [Niskanen ja Seppänen 1987].

5.2 SIIRRETTÄVÄ TURVA- JA VAROITUSLAITE

Siirrettävä varoitus- ja turvalaite havaitsee ihmisen antureilla ja varoittaa ihmistä ennen välitöntä vaaraa. Laite toimii siten, että jos valokennon ja peilin väliin tulee este, niin hälytysvalo alkaa vilkkua ja summeri soida. Myös passiivisia infrapunailmaisimia voidaan käyttää ihmisen havaitsemiseen. Kuva 11 esittää siirrettävän varoitus- ja turvalaitteen prototyyppiä laboratorioympäristössä ja kuva 12 esittää laitteen toimintoja. Tavallisesti laitetta käytetään varoittimena, jolloin sekä summeri että varoitusvalo ovat käytössä. Laite voidaan kytkeä myös koneen ohjausjärjestelmään, jolloin käytetään valvottua lähtöä. Valvottu lähtö tarkastaa omaa toimintakuntoaan aina kytkentätilanteissa ja vian ilmetessä antaa hälytyksen ja estää vaarallisen toiminnon.



Kuva 11. Siirrettävän varoitus- ja turvalaitteen prototyyppi.



Kuva 12. Turva- ja varoitusjärjestelmän SA-kuva.

Laite asennetaan sopivalle etäisyydelle vaarakohdasta siten, että ihminen ymmärtää vaaran ja varoittimena käytetyn vilkkuvalon ja summerin merkityksen. Ennen asennusta pitää tehdä riskin arviointi ja tämän perusteella arvioida siirrettävän varoituslaitteen käyttökelpoisuus kohteeseen. Erityisen vaarallisiin kohteisiin laite ei sovellu. Jos kohteessa on paljon ihmisiä, tarvitaan erityistoimenpiteitä (varoitustauluja tai puheviesti), jotta ihmiset tuntisivat varoituksen merkityksen.

Kuva 13 esittää rakennustyömaata, jossa on tavaroiden sisääntuontia varten aukkoja rakennuksen päädyssä. Aukoista nostetaan tavaraa sisään nosturilla. Laitteen sovelluskohteita rakennus- ja asennustyömaalla ovat

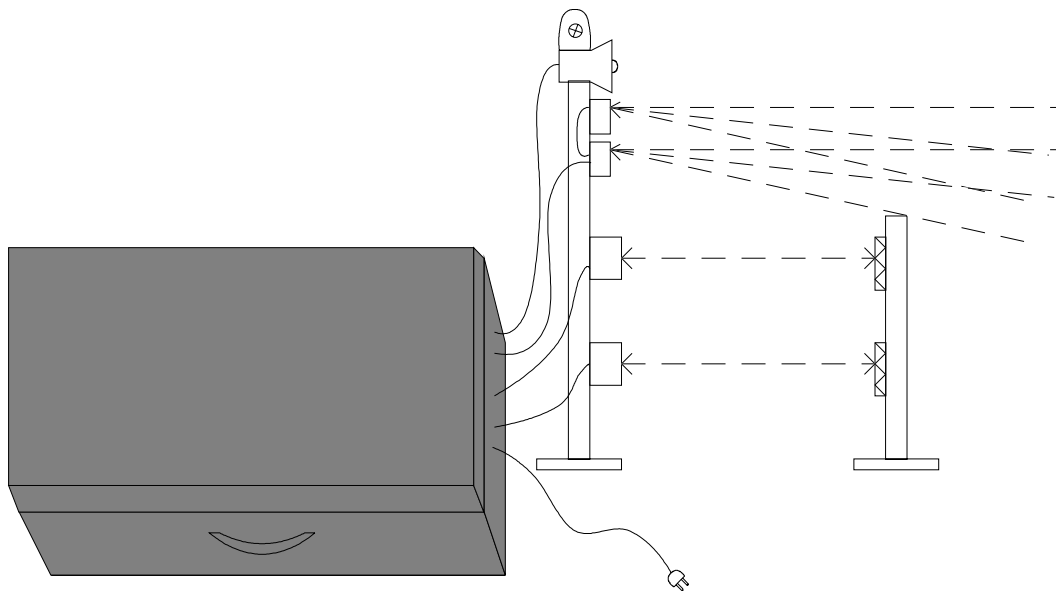
- nopeasti muuttuvat kohteet, joissa kiinteän turvalaitteen käyttö on liian hankalaa (esim. koneiden koeajotilanteet),
- tilapäiskohteet, joissa normaalissa tilanteessa ei voi eikä tarvitse olla turvalaitetta (esim. paperikoneen tai säiliön huoltotyöt),
- kohteet, joissa kuljetaan paljon, ja joissa lippusiima tai aita jouduttaisiin ottamaan pois alueella käynnin ajaksi (esim. rakennuksilla tavaroiden sisääntuontiaukot ja nostoaukot).



Kuva13. Rakennustyömaalla on aukkoja, joista voi pudota. Aukon suojaaminen aidalla on joissain tapauksissa hankalaa, kun tavaroita tuodaan jatkuvasti sisään näistä aukoista.

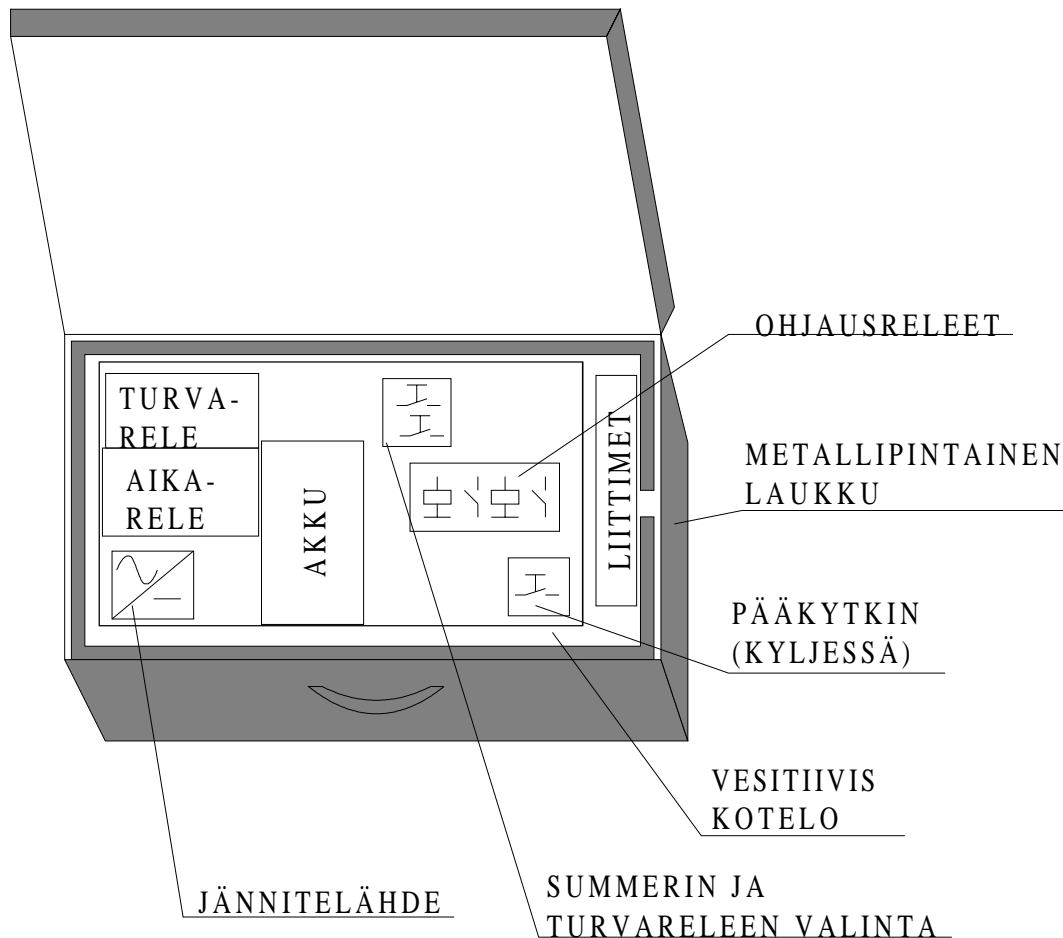
Laitetta voidaan käyttää myös tilapäisenä turvalaitteena kytkemällä se koneen hätäpysäytykseen. Laitteessa olevat valokennot eivät ole varsinaisia turvakäyttöön tarkoitettuja valokennoja (koska valokennot on valittu siten, että ne sietävät pakkasta erittäin hyvin), vaan turvallisuus perustuu turvarelepaketin tekemään valvontaan. Turvarelepaketti valvoo valokennojen loogista toimintaa ja omaa toimintakuntoa. Näin saadaan tehokas valvonta, joka jättää hälytyksen päälle häiriön tai vian sattua. Koska laitteessa ei käytetä turvalokennoja, sitä ei voida käyttää kaikkein turvallisuuskriittisimmässä sovelluskohteissa pysäyttimenä. Laitteessa olevat passiiviset infrapunailmaisimet soveltuvat täydentämään valokennoilla valvottavaa aluetta. Infrapunailmaisimet eivät ole yhtä luotettavia kuin valokennot.

Kuva 14 esittää laitteen rakenneosat, jotka ovat ohjausyksikkö, kaksi valokennoa prismapeileineen, kaksi passiivista infrapunailmaisinta, summeri ja vilkkuvalo. Valokennot toimivat peiliheijastusperiaatteella ja niiden kantama on n. 10 m. Prismapeilit ovat isoja, jotta suuntaus saadaan helpoksi. Vilkkuvalon (ksenon-lampun) välähdyksen energia on 15 J (erittäin kirkas) ja se välähtää kaksi kertaa sekunnissa. Summerin äänen voimakkuus on 120 dB, mutta se voidaan säätää pienemmäksi. Äänivaihtoehtoja on summerissa 32 kpl. Ääneen perustuvia varoituksia käsittelee standardi SFS-EN 457. Standardissa käsitellään signaalin havaittavuutta monipuolisesti, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että varoitussignaalin tason tulee olla 15 dB ympäristömelua voimakkaampi [SFS-EN 457 1993]. Liitteessä A on käsitelty yleisesti tavallisimpia siirrettävään varoitus- ja turvalaitteeseen soveltuvia osia.



Kuva 14. Siirrettävään varoitus- ja turvalaite.

Laukku on metallipintainen ja maadoitettu, joten se suojaa osaltaan ohjausyksikköä sähkömagneettiselta säteilyltä. Kuva 15 esittää laukussa olevan ohjausyksikön sisällön. Laukussa on vedenpitävä kotelo, jonka kyljessä on läpiviennit ja vedenpitävät liittimet. Verkkojohto tulee kotelosta ulos läpiviennillä ja se voidaan kuljetuksen ajaksi kerätä laukkuun sisälle.



Kuva 15. Laukun sisällä olevan ohjausyksikön rakenne.

Kotelon sisällä on jännitelähde, turvarelepaketti, ohjausreleet, valintakytkimet, akku ja aikarele. Turvarelepaketti on kaksikanavainen ja se valvoo tehokkaasti omaa ja siihen kytkettyjen laitteiden toimintakuntoa (tyyppiä MINOTAUR MSR6R/T). Aikarelettä käytetään varoitussajan säätöön. Varoitussajaksi on asetettu 8 s. Valintakytkimillä valitaan, onko sumneri toiminnassa, käytetäänkö passiivisia infrapunailmaisimia ja käytetäänkö turvarelepakettia.

Laitetta voidaan käyttää myös akulla. Akku kytkeytyy automaattisesti toimintaan, kun verkkovirta katkeaa. Siksi laite ei sammu vetämällä pistoketta pois, vaan laite sammutetaan virtakytkimellä. Akku ladataan kytkemällä laite verkkovirtaan. Akku on lyijyhyytelöakku, ja sen toiminnan kannalta on edullista, että se pidetään varattuna. Lyijyhyytelöakku ei saa purkaa ennen latausta. Jos akku käytetään tyhjäksi, se vahingoittuu.

Sähköisiin häiriöpäästöihin on varauduttu valitsemalla CE-merkittyjä laitteita, metallipintaisella laukulla ja kelojen häiriösuojauskomponenteilla. Häiriön sietoon on varauduttu valitsemalla CE-merkittyjä komponentteja, metallipintaisella kotelolla ja käyttämällä komponentteja, jotka ovat epäherkkiä häiriöille.

5.3 KOKEMUKSIA LAITTEEN KÄYTÖSTÄ

Siirrettävä varoituslaite on ollut koekäytössä UPM-Kymmene Oy Kaukaksen Lappeenrannan tehtailla rakennustyömaalla. Kohteena on ollut nostoaukon valvonta. Laitteella valvotaan aukon alapuolella olevaa 6 x 6 m²:n suuruista tilaa ja varoitetaan ihmisiä menemästä aukon alapuolelle. Aukosta nostetaan tavaroita jopa 30 m:n korkeudelle. Nostoaukkoa tai mahdollisia lastista putoavia kappaleita on vaikea huomata muualta kuin aivan aukon kohdalta. Nostoaukko on n. 10 m:n korkeudessa, joten sinne ei tavallisesti katsota kuljettaessa kohdan ohi.

Alkuvaiheessa kohteessa kokeiltiin järjestelmää, jossa oli valokennot, summeri ja vilkkuvalo. Valokennot varoittivat tietystä suunnasta tulevia ihmisiä. Valokennoilla ei pystytty varoittamaan kaikista suunnista tulevia ihmisiä. Nostoaukosta varoitettiin lisäksi yhdestä suunnasta kyltillä. Varoitusaäni ja -vilkku muistuttavat kaikkia ohikulkijoita nostoaukosta. Summerin äänen voimakkuus on aluksi ollut n. 105 dB ja taajuus on 2,5 kHz. Ääni kuuluu lähellä voimakkaana, mutta se hukkuu taustameluun tilanteesta riippuen jo 8 m:n etäisyydellä. Nostoaukon vieressä tehtiin putkitöitä, jonka yhteydessä hitsattiin, leikattiin kulmahiomakoneella ja hakattiin peltiä vasaralla. Kova melu heikensi huomattavasti summerin kuuluvuutta. Koetilanteessa käytetty 105 db:n äänenvoimakkuus ei ollut riittävä. Hitsauksessa syntyvä välkyntä häiritsi hieman vilkkuvalon havaittavuutta. Aluksi käytettiin vilkkua, jonka jatkuva teho on 4 W. Pimeässä kohdassa valo havaittiin tyydyttävästi, mutta kun kohteeseen pääsi auringonvaloa, vilkkua ei havaittu riittävästi. Kokemusten perusteella vaihdettiin summeri tehokkaampaan ja ääni valittiin ympäristössä paremmin havaittavaksi. Vilkku vaihdettiin tehokkaammaksi ja välähdysten tiheys vaihdettiin yhdestä kerrasta sekunnissa kahteen kertaan sekunnissa. Myös passiiviset infrapunailmaisimet lisättiin laitteeseen, jotta pystyttäisiin valvomaan koko aluetta.

Edellä mainitut varoituslaitteen havaittavuutta häiritsevät työvaiheet eivät ole jatkuvia, vaan ne ovat olemassa rakennustyön tiettyssä vaiheessa. Kaikkiaan työtehtävät ja melutaso vaihtelevat kohteessa varsin paljon.

6 OHJEITA SIIRRETTÄVÄN VAROITUSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMISEEN

Siirrettävät turva- ja varoituslaitteet ovat vielä melko harvinaisia. Tavallisimpia laitteita ovat kannettavat kaasuanturit ja mukana kannettavat hälyttimet. Siirrettävät turva- ja varoituslaitteet tulevat kuitenkin yleistymään. Tähän vaikuttavat seuraavat tekijät:

- turvalaitteille myönteisen yrityskulttuurin yleistyminen (tähän vaikuttaa mm. turvallisuuteen liittyvien vastuukysymysten tiukentuminen ja vaarojen tiedostaminen),
- uusien entistä luotettavampien, pienempien ja edullisempien antureiden ja varoittimien tulo markkinoille,
- tarve varoituksen parempaan kohdistamiseen (vähennetään tarpeettomia varoituksia, vähennetään paristokäyttöisten varoittimien energiankulutusta ja lisätään kohdistettujen varoitusten painoarvoa).

6.1 KEHITYSNÄKYMÄT JA TUTKIMUSTARPEET

Kullakin alalla on omat erityistarpeensa ja siksi on vaikea kehittää edullista yleiskäyttöistä turvajärjestelmää, joka sopisi kaikkiin työympäristöihin ja jossa voitaisiin käyttää kaikenlaisia antureita ja varoittimia. Taloudellisuuden ja helppokäyttöisyyden saavuttamiseksi pitää räätälöidä kuhunkin työhön ja työympäristöön soveltuva laite. Lähitulevaisuudessa siirrettävien turva- ja varoituslaitteiden kehitystyötä ja uusia tuotteita tarvitaan ainakin seuraavilla aloilla:

- Tietyömailla autojen nopeuksien alentaminen ja niiden aiheuttaman vaaran vähentäminen sopivilla varoitus- ja turvalaitteilla.
- Tietyömailla sopivien ohjattujen varoitustaulujen käyttö. Valotauluilla on selvästi vaikutusta autoilijoiden ajokäyttäytymiseen, ja siksi ohjattuja valotauluja kannattaisi käyttää uudentyyppisissä tehtävissä.
- Rakennustyömailla sopivan luotettavan, helppokäyttöisen ja edullisen varoituslaitteen kehittäminen. Laite varoittaa nostoaukoista tai putoamisvaarasta kohteissa, joissa tavaran kulun vuoksi kiinteät suojat ovat hankalia ja joissa riski ei ole kovin suuri. Rakennustyömailla ympäristömelu vaihtelee paljon ja siksi olisi tarpeen laite, joka tunnistaa luotettavasti ympäristömelun tason antaa tarvittaessa ympäristömelua n. 15 dB voimakkaamman varoitusäänen.
- Koeajotilanteisiin käytettävä luotettava koneen hätäpysäytyspiiriin kytkettävä siirrettävä turvalaite.

6.2 YHTEENVETO

Tässä hankkeessa tutkittiin ja kokeiltiin erilaisia varoitusjärjestelmiä, joissa käytetään varoittamiseen valotaulua, summeria ja vilkkuvaloa sekä anturitiedon saamiseen tutkaa ja valokennoja. Käyttöjännitteenä käytetään auton jännitelähdettä, verkkovirtaa ja omaa akkua. Siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet eivät ole yhtenäinen ryhmä samankaltaisia laitteita, vaan ne poikkeavat toisistaan tekniikaltaan ja käyttötavoiltaan huomattavasti. Myös laitteiden soveltuvuus kohteisiin vaihtelee. Parhaimmillaan siirrettävät varoitus- ja turvalaitteet ovat kohteissa, joissa varoitus- tai turvatoiminta pystytään kohdistamaan tarkasti juuri sinne, missä vaara piilee. Niiden käyttö on hyödyllistä yleensä myös kohteissa, joissa kiinteiden laitteiden käyttö on hankalaa ja hidasta.

Siirrettävällä tietyömaiden turvalaitteella varoitetaan ylinopeutta ajavia autoilijoita levittäjän kohdalla valotaululla, johon syttyy teksti ”HIDASTA”. Autoilijoiden nopeuksia mitattiin valotaulun kanssa ja ilman valotaulua. Kohdissa, joissa autot ajavat ylinopeutta, valotaulun käyttö alentaa autojen nopeutta selvästi. Kuitenkin sää vaikuttaa selvästi valotaulun havaittavuuteen ja siksi aurinkoisella säällä autot hidastavat nopeutta vain vähän. Komentoa ei noudateta niin hyvin silloin, kun se näkyy vain himmeänä. Laitteen kaupallista versiota kannattaa kehittää yksinkertaisempaan ja edullisempaan suuntaan. Nykyisessä laitteessa käytetään kahta nopeusrajaa, mutta yhdelläkin nopeusrajalla saadaan toivottu vaikutus autoilijoiden käyttäytymiseen. Laitteen kallein osa on nopeustutka, josta tulee jatkossa entistä edullisempia ja luotettavampia malleja markkinoille.

Rakennustyömaalla käytetty varoituslaite havaitsee vaara-alueelle menevän ihmisen ja varoittaa summerilla ja vilkkuvalla valolla vaarasta. Varoituslaitteen summerin ääni voidaan säätää voimakkaaksi ja sitä voidaan tarvittaessa suunnata siten, että se huomataan sopivalla etäisyydellä vaarakohteesta. Ongelmana on ollut varoituksen syyn tiedottaminen. Kaikki eivät huomaa varoituskylltiä ja siten eivät tiedä varoituksen syytä.

Työntekijöiden mukaan laite ei ole häirinnyt työntekoa ja toisaalta varoitus on normaaleissa olosuhteissa riittävä. Työntekijät ovat suhtautuneet positiivisesti laitteeseen. Laitetta kannattaa jatkossa kehittää erällä pienillä parannuksilla: informatiivisuuden lisääminen käyttämällä laitteen tehtävästä kertovaa varoitustaulua, varoitusäänen automaattinen säätäminen ympäristömelua sopivasti suuremmaksi (10 - 15 dB), valokennojen suuntaamisen helpottaminen käyttämällä korkeampia prismapeilejä (leveys on sopiva), anturivalikoiman lisääminen tarkoituksenmukaisen havainnon saamiseksi ja varoituskeinojen lisääminen, jotta vaara ymmärrettäisiin selvemmin.

LÄHDELUETTELO

Ahonen, K. et al. 1977. Rakennustyökartoitus. Yleiskatsaus. Helsinki, Työterveyslaitos, Työolosuhteet 6. 197 s. + liitt. 3 s.

Better safe than. 1995. World Highway/Routes du Monde. 7(10)1995, s. 43 - 44.

Borodavkin, A. 1980. Tutkimus tietyömaiden liikenneonnettomuuksista. Espoo, Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. 124 s. + liitt. 4 s.

Brown, D. 1995. Human Occupancy Detection. Teoksessa: Sanson, L. (ed.) Proceedings IEEE 29th Annual International Carnahan Conference on Security Technology, Sanderstead, England October 18 - 20, 1995. S. 166 - 174.

Brunila, M. 1992. Topparoikat hävisivät, komennusmiehet tulivat. Työ Terveys Turvallisuus no 9/1992, s 14 - 18.

Hyödynmaa, M. 1989. Kunnossapitotöihin liittyvät vaaratekijät tie- ja vesirakennuslaitoksen Hämeen piirissä. Kirjallisuustutkimus. VTT työsuojelutekniikan laboratorio. Osaraportti 8. Tampere. 39 s.

Häublein, H.-G. & Bauwesen. J. 1972. Koelschs Handbuch der Berufserbrauchungen. Teil I. VEB Gustav Fisher Verlag. S. 375 - 410.

Joronen, J. 1995. LED - lampun eliminoiva diodi? Prosessori no 8/1995, s. 32 - 35.

Kaasunvalvontaopas. 1995. Crowcon, Stig Wahlström Oy. 45 s.

Konepäätös 1994. Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta. N:o 1314. 21.12.1994. S. 3841 - 3877.

Kivipuro, M. & Tiusanen, R. 1992. Metsässä yksin työskentelevän henkilön langaton hätäviestijärjestelmä. Työsuojeluhallitus selvityksiä 16/92. 45 s. + liitt. 10 s.

Leaders in safety. 1996. World Highway/Routes du Monde. 1(10)1996, s. 24 - 25.

Lönegren, B., Lagestam, Ö. & Carlson S.-O. 1993. Arbete på väg. Allmänna råd för arbeten där vägverket är väghållare. Borlänge. Vägverket. 13 s.

MET. 1993. EMC-direktiivin soveltaminen. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, Metalliteollisuuden Keskusliitto, Integraatitiedote 23. 39 s. + liitt. 45 s.

MET. 1996. Konedirektiivin soveltaminen ja kansallinen lainsäädäntö. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET Integraatitiedote 24. 118 s.

- Mustonen, J. 1996. Työntekijän suojaus ja suojavaatetus. Helsinki, Asfalttityömaiden liikenneturvallisuus ja liikenteen ohjaus. TTK, Tielaboratorio. Luentorunko. 9 s.
- Niskanen, T. & Seppänen, E. 1987. Putoamistapaturmien torjunta talonrakennuksessa. Helsinki, Työterveyslaitos, Työolosuhteet. 99 s. + liitt. 6 s.
- Niskanen, T. 1987. Tapaturmavaarat, turvallisuusilmapiiri ja tapaturmantorjunnan edistäminen tie- ja vesirakennuslaitoksessa. Helsinki, Työterveyslaitos. 157 s.
- prEN 954-1. 1996. Safety of machinery - Safety related parts of control systems -Part 1: General principles for design. CEN/TC 114. 32 s.
- prEN 1050. 1994. Safety of machinery - Risk assesment. CEN. 19 s.
- Projekt Arbete på väg. 1989. Slutrapport. Borlänge. Vägverket. 26 s.
- Samuelson, B. 1986. Markprogrammet. Sammanfattande rapport. Danderyd, Bygghälsans forskningsstiftelse 1986:1. 125 s.
- Sauni, S. 1992a. Työkoneiden havaittavuuden parantaminen -tutkimus Hämeen tiepiirissä. Kalustokartoitus. Tampere, VTT Turvallisuustekniikan laboratorio. Tutkimuksen osaraportti. 15 s. + liitt. 36 s.
- Sauni, S. 1992b. Työkoneiden havaittavuuden parantaminen -tutkimus Hämeen tiepiirissä. Käytännön kokeilut. Tampere, VTT Turvallisuustekniikan laboratorio, tutkimuksen osaraportti 4. 27 s. + liitt. 6 s.
- Sauni, S., Vuorinen, K., Tuhola, E. & Huhtamo, J. 1993. Matkakertomus Ruotsiin 13.-19.6.1993. Tampere, Hämeen tiepiiri, Tekniset palvelut. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 38/1993. 63 s. + liitt. 45 s.
- Sauni, S., Tuhola, E. & Vuorinen, K. 1995. Tietyömaiden turvallisuustutkimus. Loppuyhteenveto ja toimenpide-ehdotukset. Tampere, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 63/1995. 41 s.
- SETELI 1995. Pienjännitedirektiivi ja CE-merkintä. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, SETELI, Integraatitiedote 29. 43 s.
- SFS-EN 292-1. 1992. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 157, 24.6.92. 37 s.
- SFS-EN 292-2. 1992. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet ja spesifikaatiot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 157, 24.6.92. 73 s.
- SFS-EN 457. 1993. Koneturvallisuus. kuuloon perustuvat vaarasignaalit. Yleiset vaatimukset, suunnittelu ja testaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 25 s.

Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus. 1991. Helsinki, Tielaitos. Tielaitoksen selvityksiä 30/1991. 31 s.

Tietyömaiden liikenneturvallisuus. 1981. Helsinki, Tie- ja vesirakennushallitus, liikennetoimisto. Teknillinen korkeakoulu, liikennelaboratorio. 35 s.

Tiusanen, R. & Kivipuro, M 1991. Langaton pysäytysjärjestelmä asfaltti- ja kivimurskausasemien turvalaitteena. VTT Tiedotteita 1211. 38 s. + liitt. 10 s.

Tyllgren, P. 1987. Bättre arbetsmiljö på väg. Motala, Byggeförlaget. 79 s.

Työtaturma- ja ammattitautitilasto 1993. 1995. Helsinki, Tapaturmavakuutuslaitosten Liitto. 95 s. + liitt 3. s.

Työtaturmat 1989. 1990 Työsuojeluhallitus, Työmarkkinat 1990:31. 144 s. ISBN 951-47-4206-0

Umbs, R. M. 1989. Work zone safety. Strategic highway research program and traffic safety on two continents. Gothenburg, Sweden, sept. 28, 1989. Session: Work zone safety. 8 s.

SIIRRETTÄVÄN VAROITUS- JA TURVAJÄRJESTELMÄN RAKENNEOSIA

Turvarelepaketti

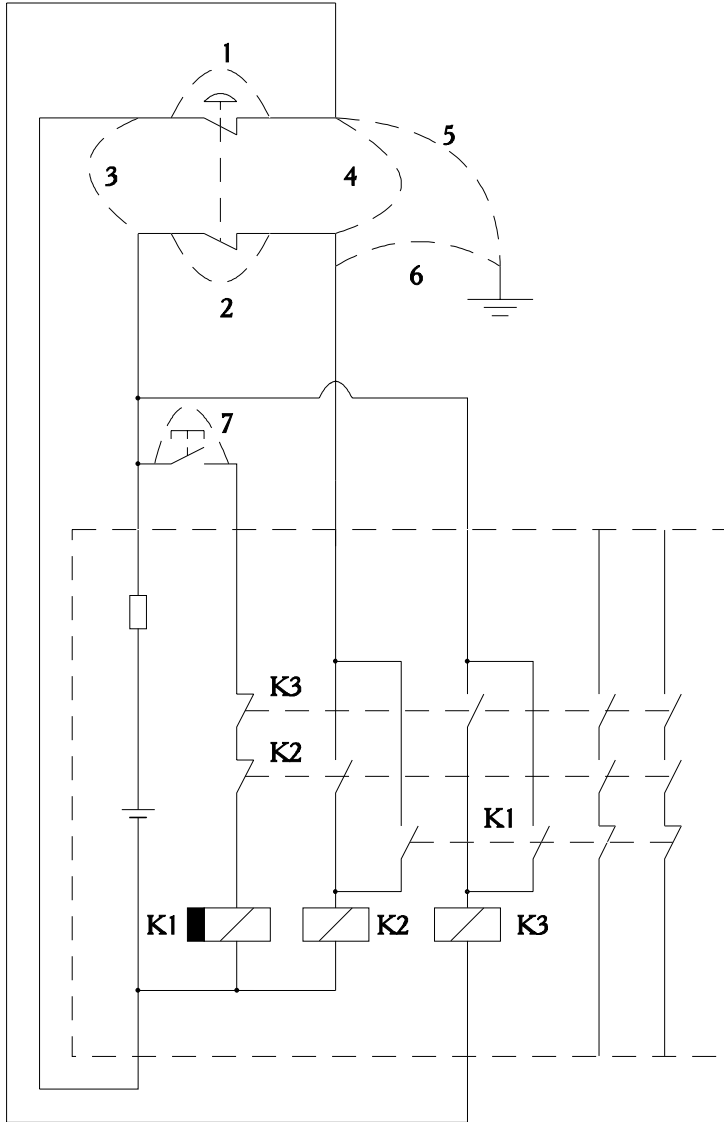
Siirrettävän turvalaitteen turvallisuuskriittisiä toimintoja valvotaan kaupallisella turvarelepaketilla. Turvarelepaketti liitetään laitteeseen ainoastaan, jos sillä ohjataan turvallisuuskriittisiä kohteita tai jos siitä on hyötyä valvonnassa. Relepaketti pystyy oman toimintakunnan lisäksi valvomaan myös muiden laitteiden toimintaa. Valvonta perustuu tilojen vaihtumiseen. Jos ohjattava rele ei vaihda oikea-aikaisesti tilaansa, voidaan olettaa, että siinä on vikaa. Kuvassa A1 on erään turvarelepaketin piirikaavio ja kuvaus toiminnasta vikatilanteissa.

Kuvan A1 turvarelepaketissa on kaksi vertailevaa tuloa, joihin on kytketty hätäpysäyttimen koskettimet. Vertailtavien tulojen tulee toimia samanaikaisesti, jotta uudelleenikäynnistäminen olisi mahdollista. Valvottavat piirit kytketään kuittauspainikkeen kanssa sarjaan. Siten voidaan varmistaa, että kontaktori, jota turvarelepaketti ohjaa, todella päästää hätäpysäytystilanteessa. Vikatilanteissa uudelleenikäynnistys ei ole mahdollista.

Turvarelepaketissa valvonnan luotettavuus perustuu pakkotoimisiin releisiin. Näiden releiden koskettimet on sidottu siten, että ne ovat toisiinsa nähden aina samassa asennossa myös tavallisimmissa vikatilanteissa. Tavallisimmissa vikatilanteissa releen koskettimet jumiutuvat tiettyyn asentoon esim. koskettimen hitsautumisen seurauksena. Jos releen kosketin katkeaa, se jää omaan lokeroonsa eikä pääse aiheuttamaan muualla oikosulkua. Tavallisissa releissä yhden koskettimen hitsautuminen saattaa sallia vielä muiden koskettimien liikkumisen. Jos muut koskettimet pääsevät toimimaan yhden koskettimen vikaantuessa, ei muiden koskettimien asentoa pystytä käyttämään valvonnassa. Jotta releen pakkotoimisuudesta olisi valvonnassa hyötyä, tarvitaan tietynlaisia kytkentöjä, joita hyödynnetään esim. turvarelepaketissa.

Turvarelepaketit soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa nopealla suunnittelulla halutaan saavuttaa korkea turvallisuustaso. Turvarelepaketissa on valmiina sisäiset valvonnat ja se pystyy valvomaan myös ulkopuolisia laitteita vertailemalla ja seuraamalla tilan vaihtoa. Siten turvarelepakettia voidaan käyttää myös nopeasti muuttuvissa kohteissa.

- 1 ja 2 Oikosulku kytkimen yli (häätäpysäytyspiiri ei aktivoidu uudelleen)
- 3 ja 4 Oikosulku häätäpysäytyspiirien välillä (releet päästävät)
- 5 ja 6 Maasulku (- napaan) (tilanteesta riippuen rele päästää tai ei uudelleenaktivoitu)
Katkos aiheuttaa releen päästämisen
- 7 Oikosulku kuittauspainikkeen yli (pysäytystilanteen jälkeen automaattikuittaus)



Kuva A1. Turvarelepaketilla (katkoviivalla erotettu alue) pystytään valvomaan ulkopuolisten piirien turvallisuutta. Kuvaan on listattu vikatyyppejä, joita piiri pystyy valvomaan.

Hälytysvilkut

Hälytysvilkkuina käytetään eniten halogeenivaloja ja xsenon-lamppuja. Halogeenimajakassa on pyörivä peili, jonka ansiosta valokeila välähtää kaikkiin suuntiin tietyllä taajuudella. Lamppu palaa koko ajan tasaisesti. Halogeenivilkkuja on myös n. 1 Hz:n taajuudella syttyviä ja sammuvia malleja. Niissä halogeenivilkku asetetaan osoittamaan haluttuun suuntaan. Xsenon-vilkuissa ladataan kondensaattoria ja, kun saavutetaan haluttu jännite,

kondensaattoriin varattu energia siirretään xsenon-lamppuun. Lamppu välähtää nopeasti ja kirkkaasti. Tavallisesti xsenon-lampun valoteho ilmoitetaan energian yksikkönä (joule). Markkinoilla on 5, 10 ja 15 J:n lamppeja.

Hälytysääni

Hälytyssummereilla saadaan 70 - 120 dB:n voimakkuuksinen varoitusääni. Ääni voi olla tasainen, vaihteleva tai katkonainen. Matalalla taajuudella toimivat summerit ovat kookkaampia kuin korkealla taajuudella toimivat. Summeri pitäisi valita kohteen mukaan siten, että hälytysääni havaitaan selvästi taustamelusta. Tavallisesti tähän riittää 15 dB:n ympäristön A-painotettua äänitasoa voimakkaampi ääni, jonka taajuus on välillä 300 Hz - 3000 Hz. Tarkempia ohjeita on esitetty standardissa ”SFS-EN 457 Koneturvallisuus. Kuuloon perustuvat vaarasignaalit. Yleiset vaatimukset, suunnittelu ja testaus”. Varoitusääninä on mahdollista käyttää myös puheviestiä. Puheviestin äänenpainetaso on tavallisesti 70 dB - 110 dB.

Kosketusanturit

Turvalaitteena käytetyn kosketusanturin toiminta perustuu pneumaattisen, optisen tai sähköisen viestin voimakkuuden vähenemiseen. Esimerkiksi sähköjohdon katkeaminen johtaa turvalliseen tilaan. Tavallisimpia kosketusantureita ovat tuntomatot, jotka havaitsevat päälle astuvan ihmisen, ja tuntoreunat, jotka reagoivat reunan painumiseen.

Lähestymiskytkimet

Lähietäisyydeltä tunnistavien antureiden toiminta perustuu tavallisesti lähetetyn ja kohteesta heijastuvan viestin vertailuun. Kohteesta heijastavat anturit soveltuvat lisäturvalaitteeksi mm. liikkuviin automaattikoneisiin. Tavallisimpia lähestymiskytkimiä ovat optiset lähestymiskytkimet ja ultraäänianturit.

Viivalta havaitsevat anturit

Viivalla tai tasolla oleva kohde havaitaan parhaiten vastakkain olevilla lähettimillä ja vastaanottimilla. Antureiden toiminta perustuu lähettimen ja vastaanottimen välisen yhteyden katkeamiseen. Lähettimen ja vastaanottimen välinen viesti on tavallisesti optinen, mutta myös mikroaalloilla ja ultraäänellä toimivia laitteita on olemassa. Eräät valoverhot ja valokennot on suunniteltu erityisesti turvallisuutta vaativiin kohteisiin.

Laajaa aluetta valvovat anturit

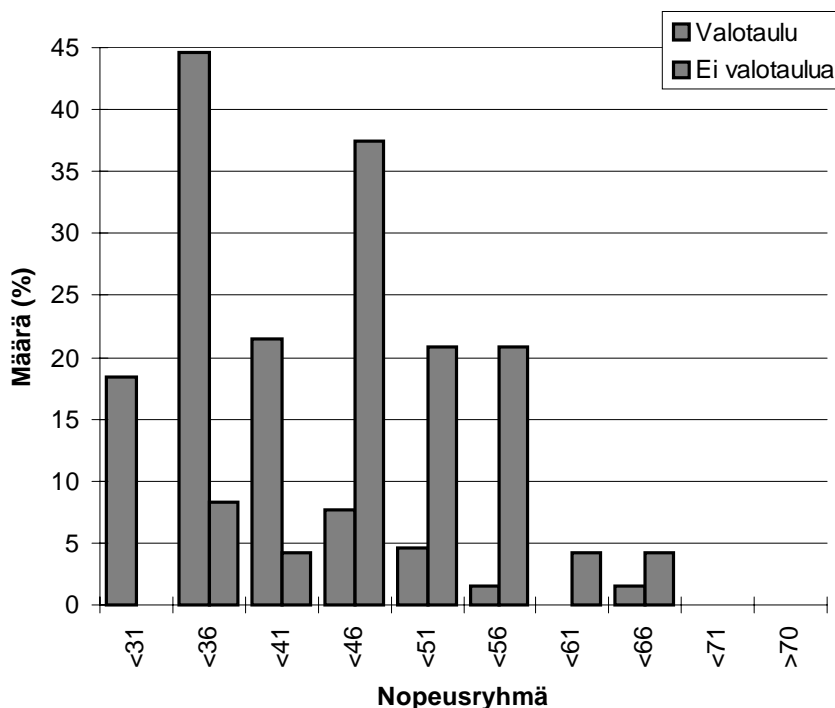
Laajojen alueiden valvontaan käytetään passiivisia infrapunailmaisimia tai mikroaaltoantureita. Passiivinen infrapunailmaisin tunnistaa lämpösäteilyn muutokset ja siten myös liikkuvan ihmisen. Mikroaaltoanturi havaitsee liikkeen vertaamalla lähetetyn ja vastaanotetun säteilyn taajuuksia. Antureita käytetään esimerkiksi varashälyttiminä ja oven avaamisen ohjaajina sekä järjestelmää täydentävinä antureina.

TIETYÖMAAN VAROITUSLAITTEEN KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Taulukko B1 ja kuva B1 näyttävät tuloksia mittauskohteessa, jossa valotaulu erottui selvästi lievässä sumussa. Valotaulu on alentanut selvästi autoilijoiden keskinopeutta. Silti keskinopeus on hieman yli nopeusrajoituksen (30 km/h).

Taulukko B1. Mitatut autojen nopeudet Ylöjärvellä valtatie 3:lla 5.10.1995. Mittausaikaan oli lievää sumua. Autoja oli yhteensä 89 kpl.

	Henkilöautojen keskinopeus	Kuorma-autojen keskinopeus
Varoituslaite käytössä	35,38	35,36
Ei varoituslaitetta	46,75	45,57

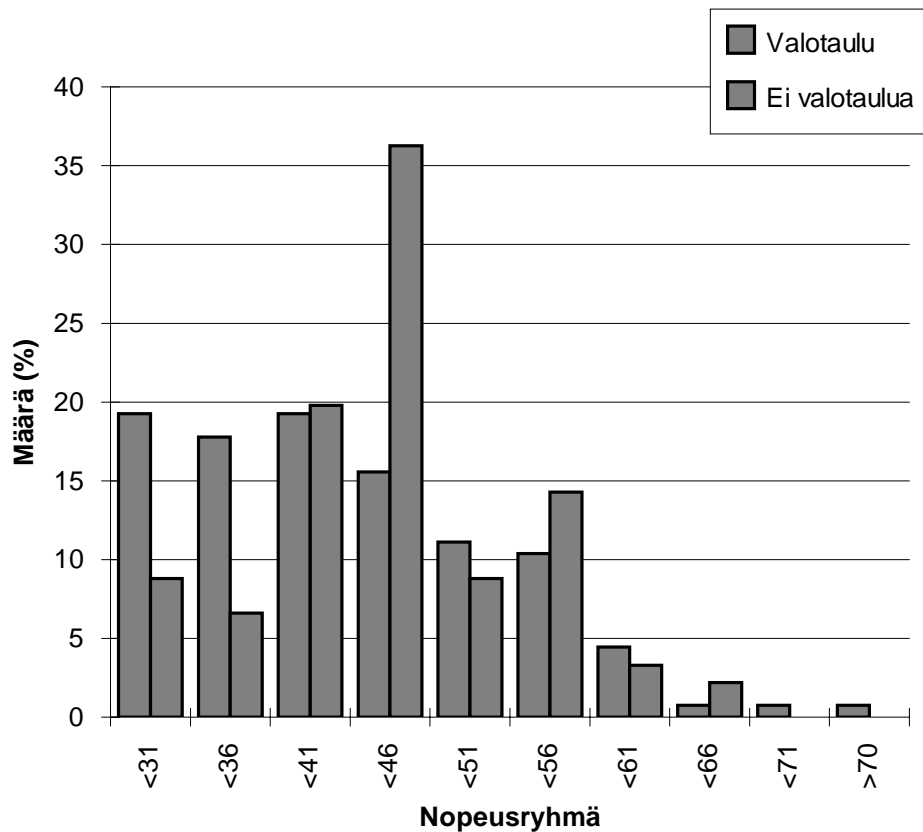


Kuva B1. Autojen nopeudet kohteessa, jossa taulu erottui sumuisessa ilmassa erittäin hyvin.

Taulukko B2 ja kuva B2 näyttävät tuloksia mittauskohteessa, jossa kirkkaan auringonpaisteen vuoksi valotaulu erottui vain tyydyttävästi. Valotaulu on vaikuttanut joidenkin autoilijoiden ajokäyttäytymiseen ja valotaulua käytettäessä keskiarvo on jonkun verran pienempi kuin ilman valotaulua. Kaksi autoilijaa on ajanut muita nopeammin (n. 70 km/h) käytettäessä valotaulua.

Taulukko B2. Mitatut autojen nopeudet Kyröskoskella valtatie 3:lla 10.10.1995. Mittausaikaan oli kirkas auringonpaiste. Autoja oli yhteensä 226 kpl.

	Henkilöautojen keskinopeus	Kuorma-autojen keskinopeus
Varoituslaite käytössä	40,95	36,37
Ei varoituslaitetta	43,57	38,14

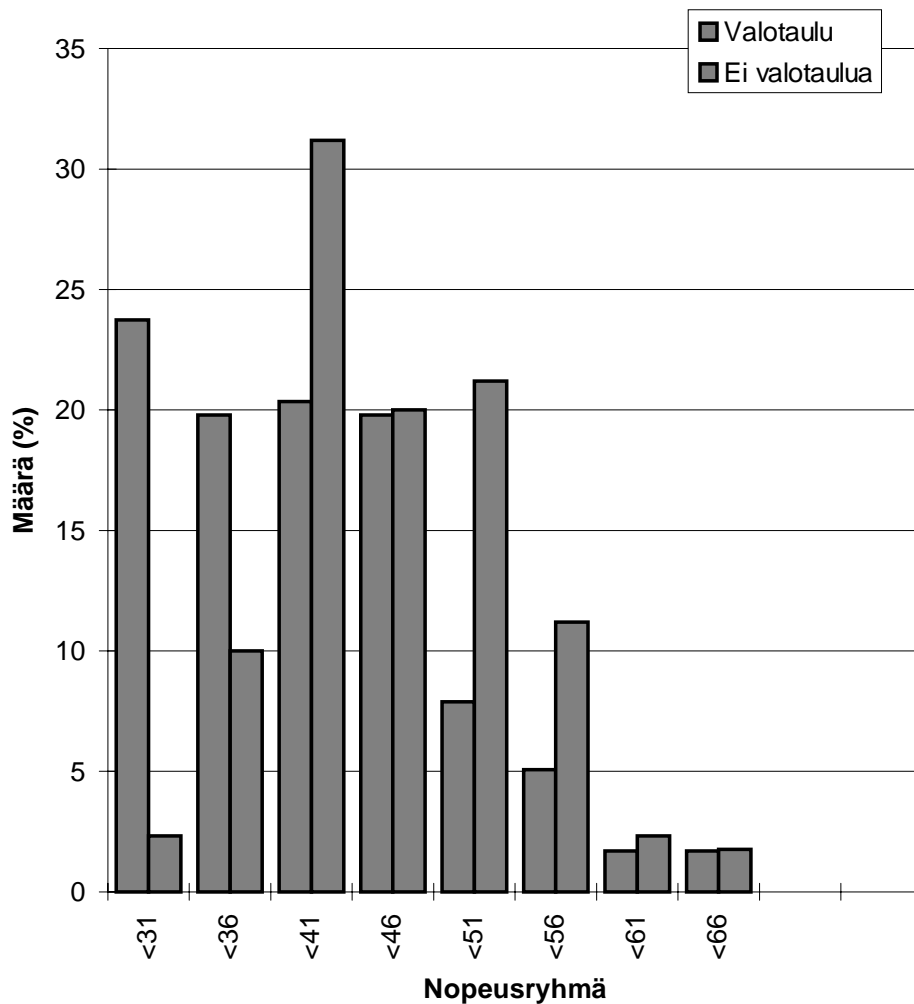


Kuva B2. Autojen nopeudet kohteessa, jossa kirkkaan auringonpaisteen vuoksi taulu erottui tyydyttävästi.

Taulukko B3 ja kuva B3 näyttävät tuloksia mittauskohteessa, jossa kirkkaan auringonpaisteen vuoksi valotaulu erottui vain tyydyttävästi. Valotaulua käytettäessä ovat nopeudet olleet pienempiä kuin ilman valotaulua.

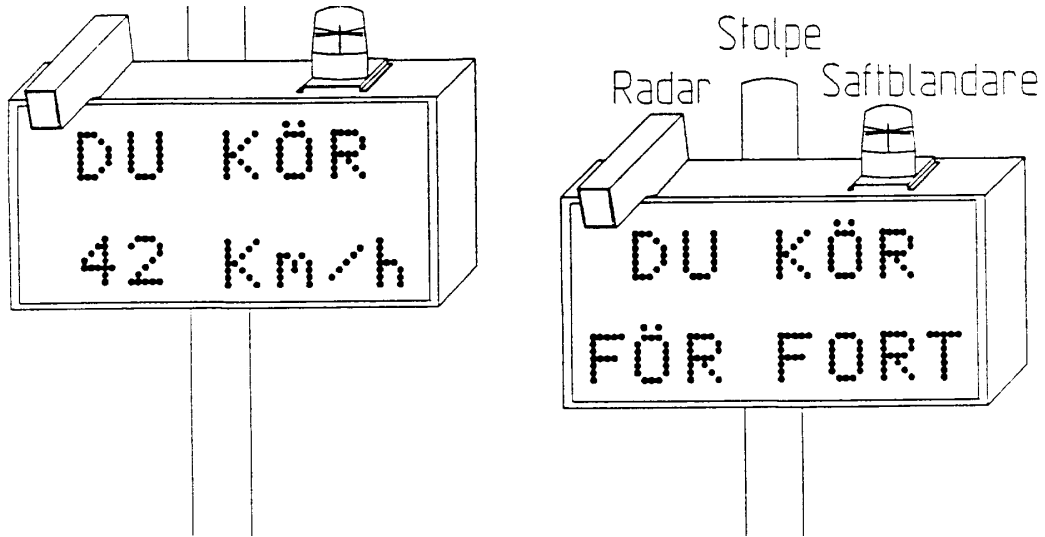
Taulukko B3. Mitatut autojen nopeudet Ylöjärvellä valtatie 3:lla 11.10.1995. Mittausaikaan oli kirkas auringonpaiste. Autoja oli yhteensä 347 kpl.

	Henkilöautojen keskinopeus	Kuorma-autojen keskinopeus
Varoituslaite käytössä	38,12	35,6
Ei varoituslaitetta	43,18	41,74

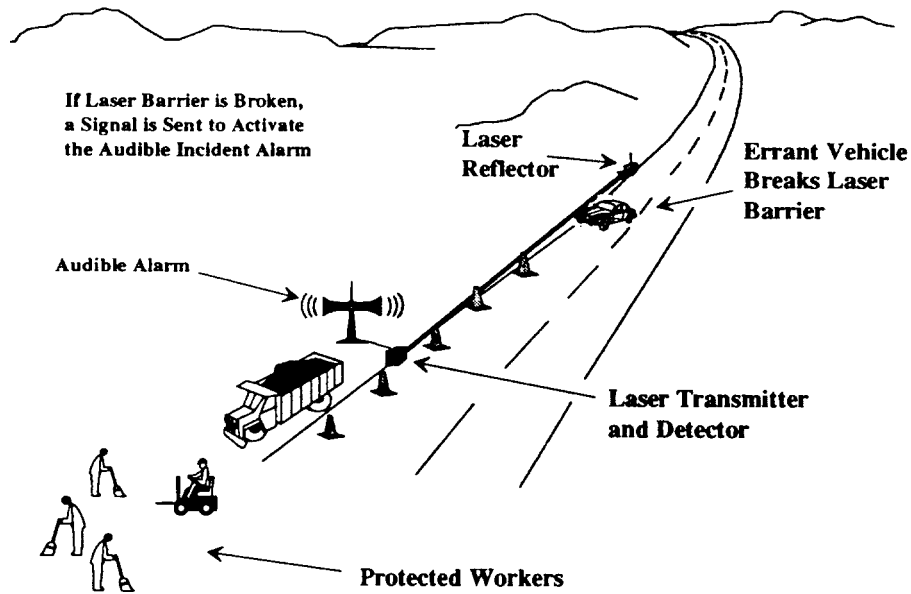


Kuva B3. Autojen nopeusluokat kohteessa, jossa kirkkaan auringonpaisteen vuoksi taulu erottui tyydyttävästi.

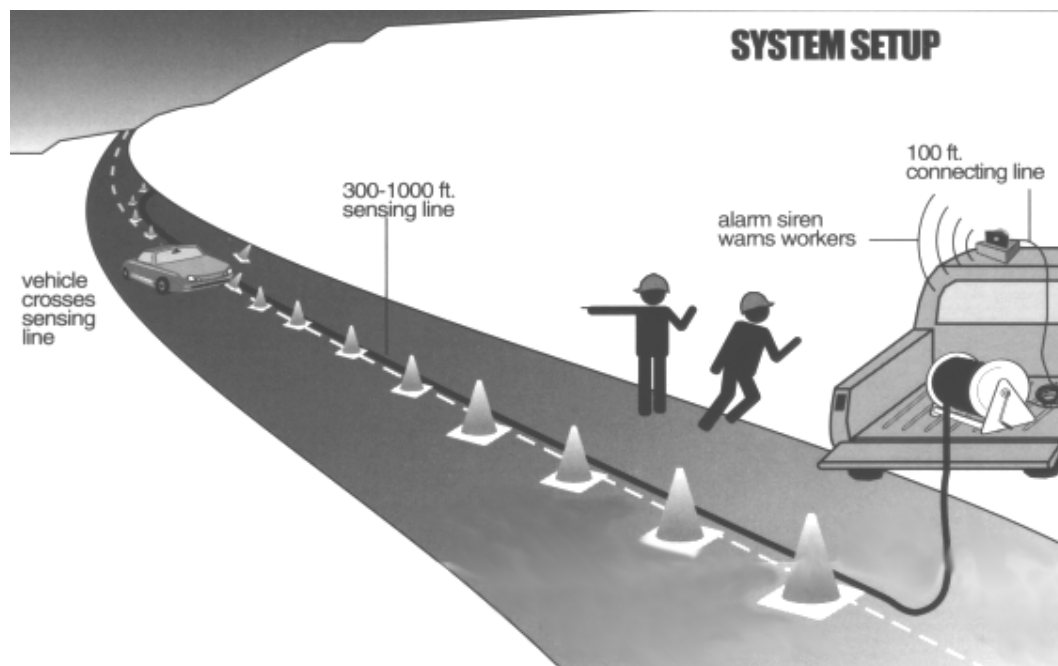
TIETYÖMAAN TURVALAITTEITA



*Kuva C1. Ruotsissa käytetty ylinopeudesta varoittava valotaulu. Kuvassa kaksi eri versiota.
[Safe Traffik esite]*



Kuva C2. Tietyömaan varoituslaite, joka varoittaa tietyömaalle ajavista autoista. Autot havaitaan laservalokennolla. [K. Higginbotham: A road crew portable laser warning system concept development and demonstration, NCHRP-IDEA projektiesite. Loral, Manassas, Virginia]



Kuva C3. Yhdysvalloissa käytetty tietyömaan turvalaite. Auton ajaessa letkun päälle varoitetaan työntekijöitä työmaalle ajavasta autosta. [BTM International Ltd:n Kenco-varoituslaitteen tuote-esite]